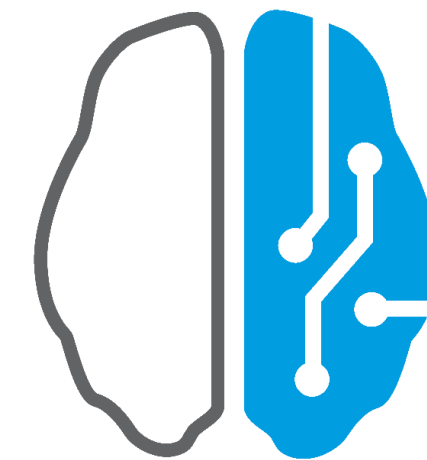


U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T



Intelligent
Embedded Systems

Probabilistische Prognosen
(mit künstlichen neuronalen Netzen)

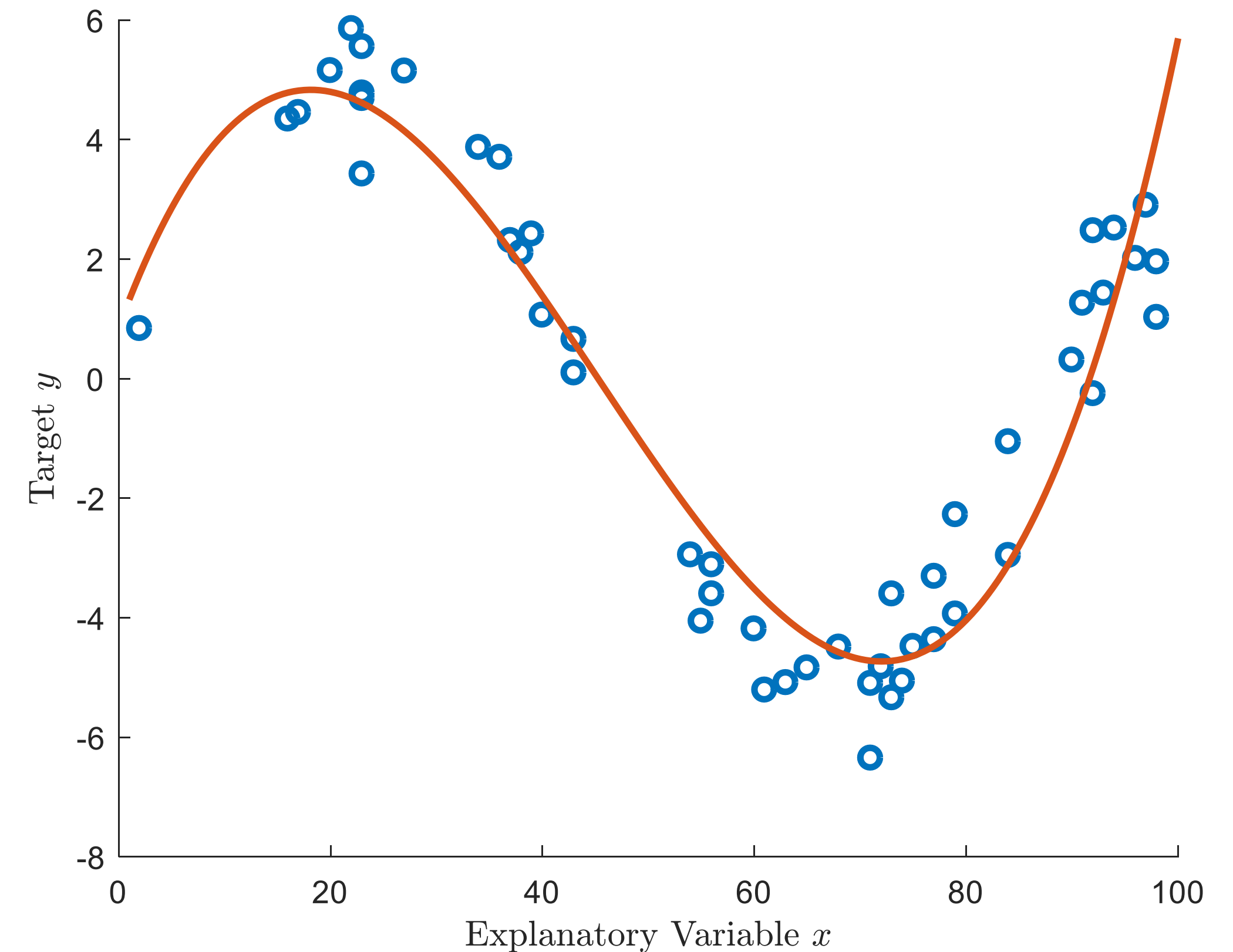
André Gensler

Dienstag, 24. Oktober 2017

PROGNOSE

Idee:

- Vorhersage einer **Zielgröße** auf Basis
 - bekannter **Ausgangslage**
 - Kenntnis des **Vorhersageprozesses**



PROGNOSE

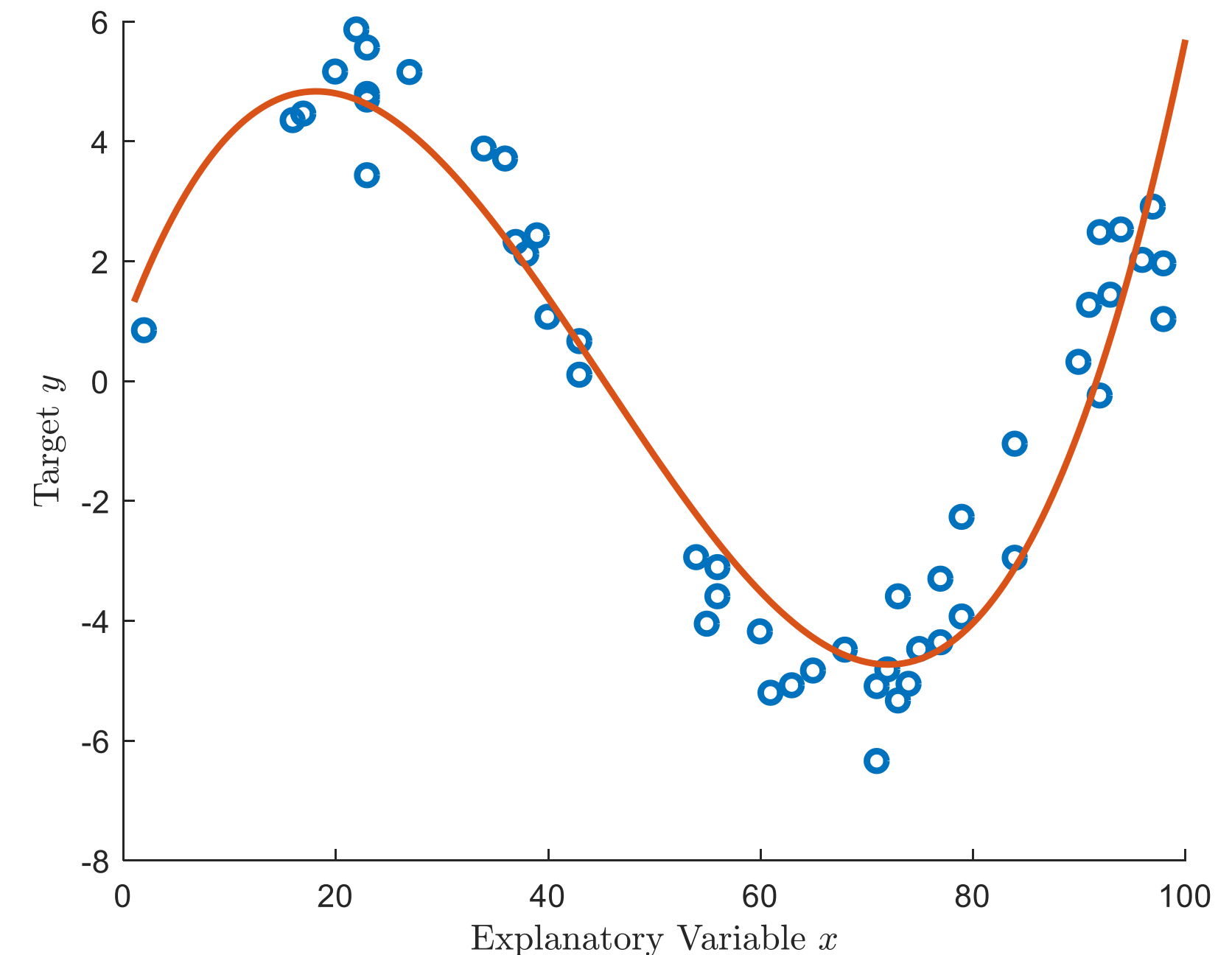
- Traditionelle Methode: Design eines expliziten Modells (Design von Domänenexperten)
 - z. B. Modellierung des physikalischen Zusammenhangs
 - **Problem:** Explizite Modelle oftmals sehr **komplex**, Datenerhebung **kostenintensiv** oder Zusammenhänge **unbekannt**
- Machine Learning (ML): Nutzung eines selbstlernenden Modells (z. B. künstliches neuronales Netz) zur Modellierung des **Zusammenhangs** von Eingangsvariablen und Vorhersagegröße auf Basis **historischer Daten**

PROGNOSE

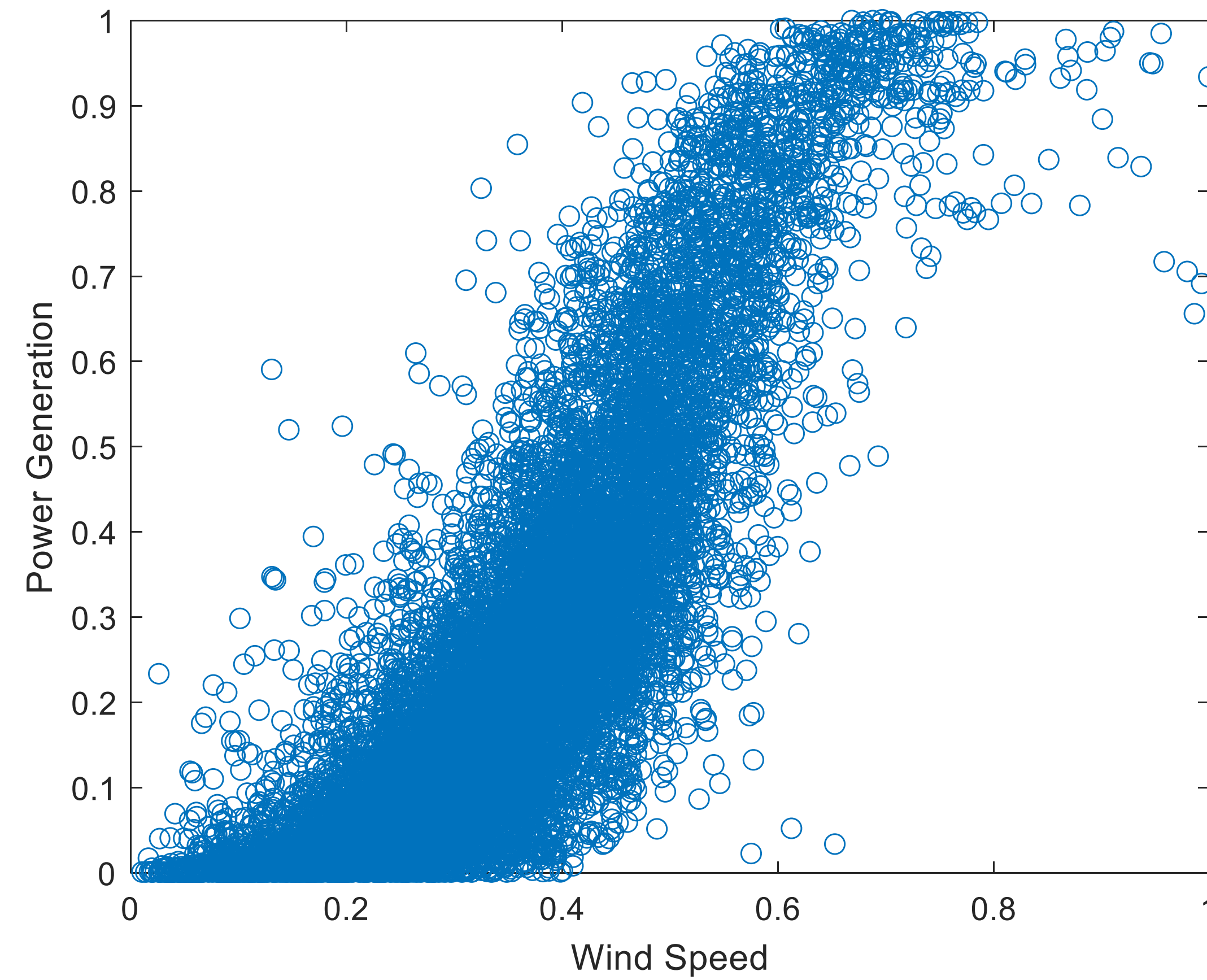
Expertendesign	Machine Learning
<ul style="list-style-type: none">+ Nachvollziehbarkeit (für Experten)+ keine Datengrundlage erforderlich– Anfällig für systematische Fehler– Nicht immer erstellbar	<ul style="list-style-type: none">+ Vorhersagequalität+ einfacher Einsatz– Historische Daten erforderlich– Oftmals „Grey Box“ Verfahren

ML TECHNIKEN

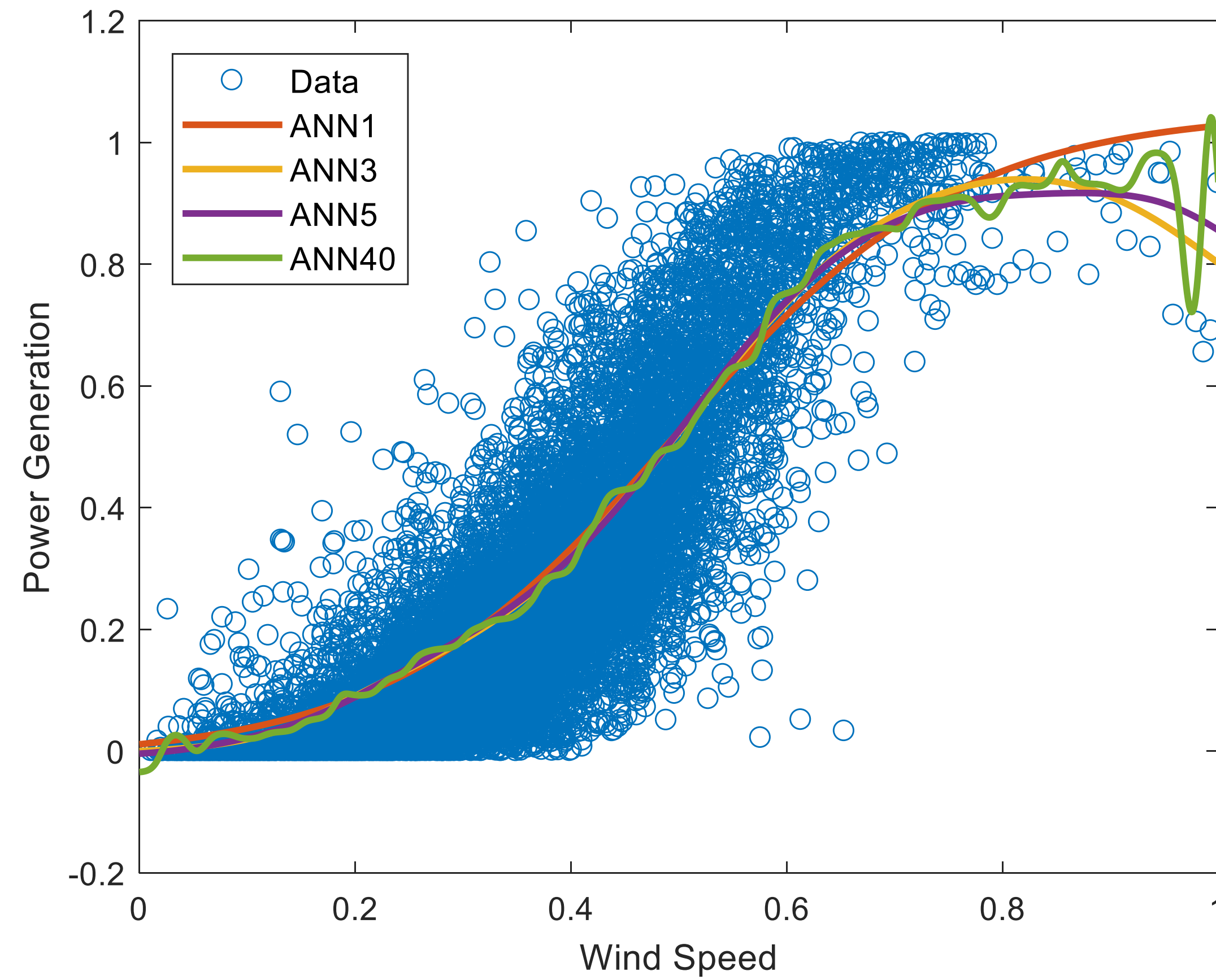
- Es existieren viele ML Verfahren, z. B. Künstliche Neuronale Netze, Support Vector Machines, ...
- Erzeugen eine Vorhersage:
 - Vorhersagefunktion $y = f(x|\theta)$
 - mit erklärender Variable x
 - und Vorhersage y



VORHERSAGE BEISPIEL



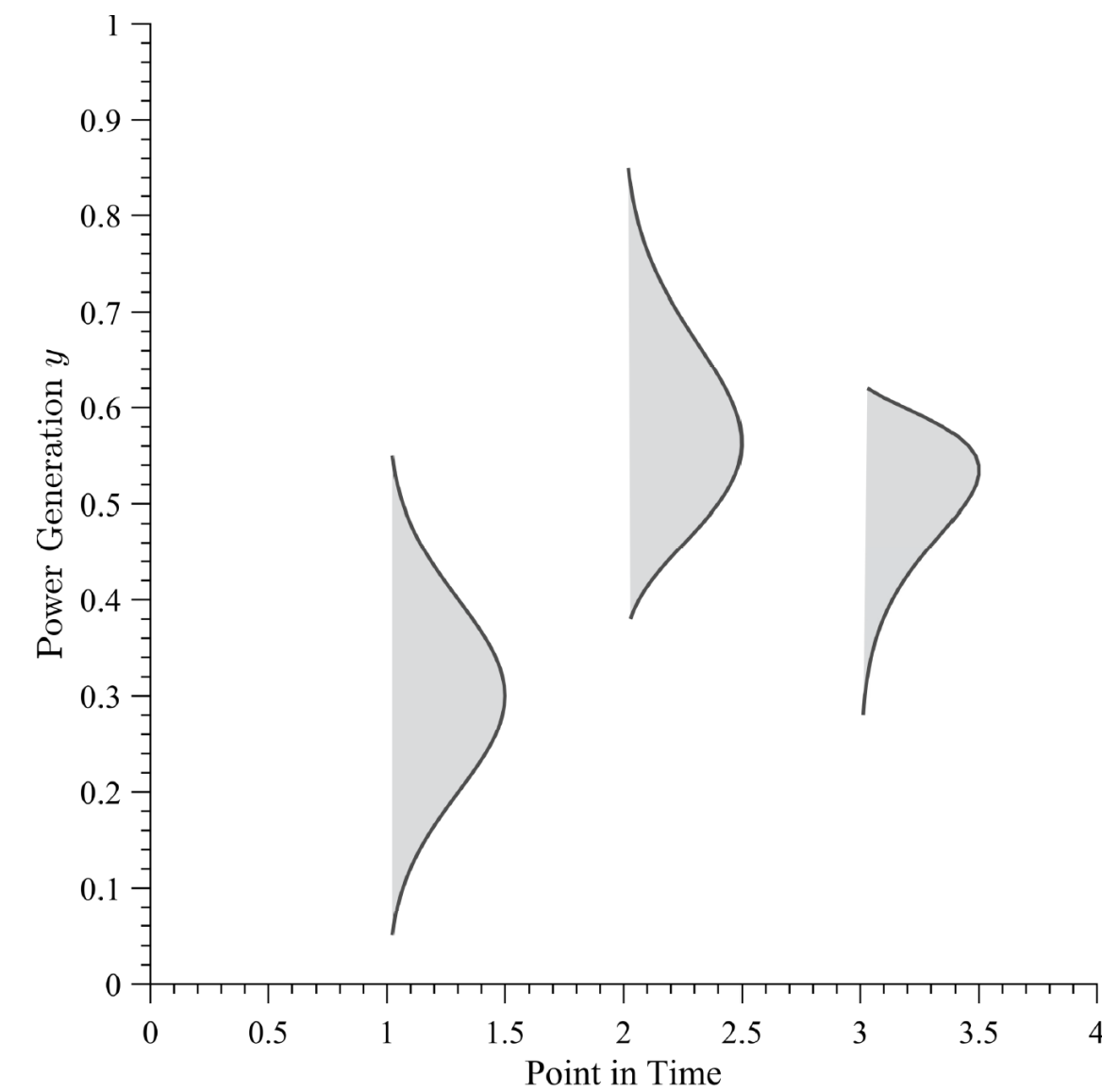
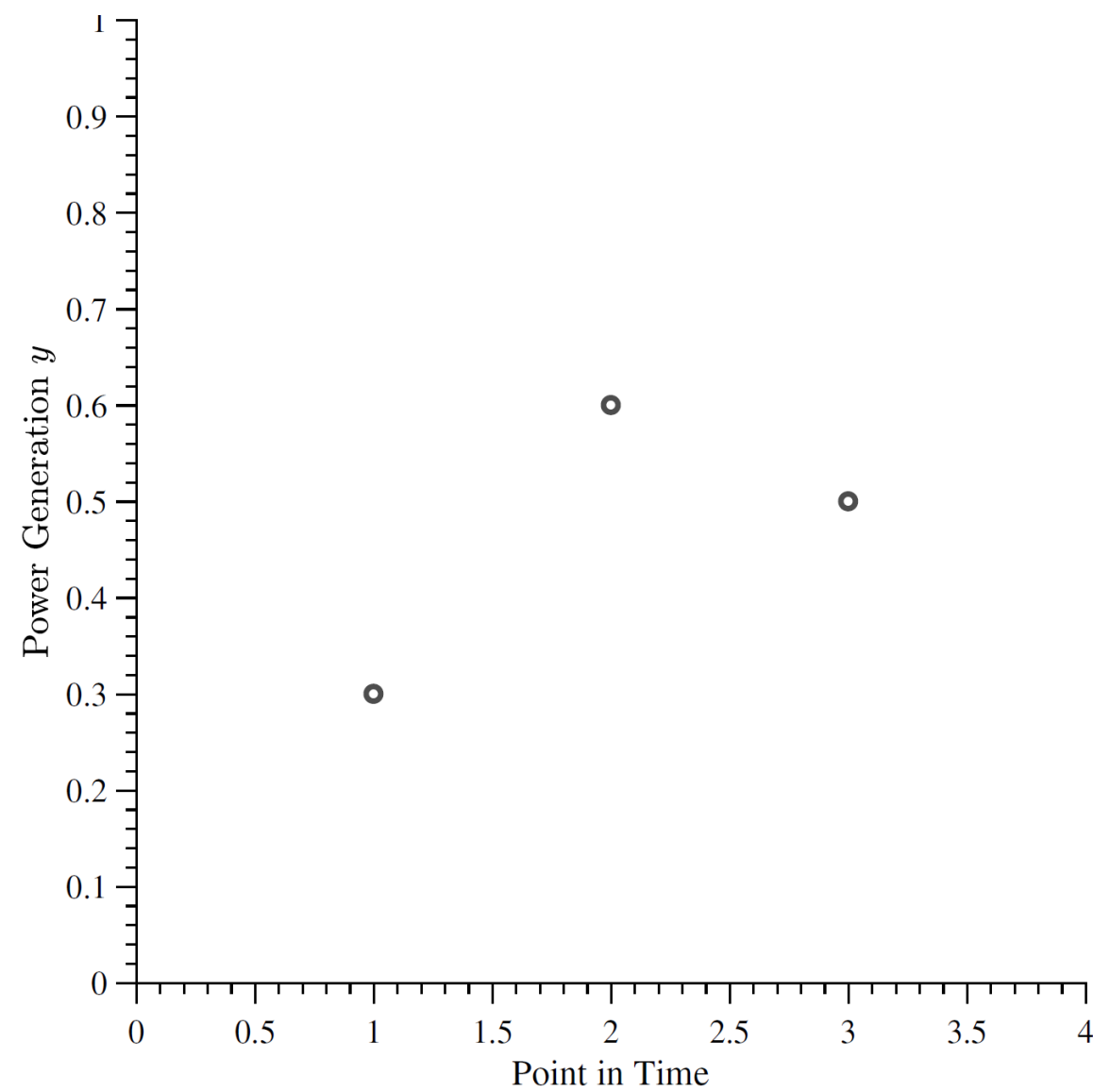
VORHERSAGE BEISPIEL



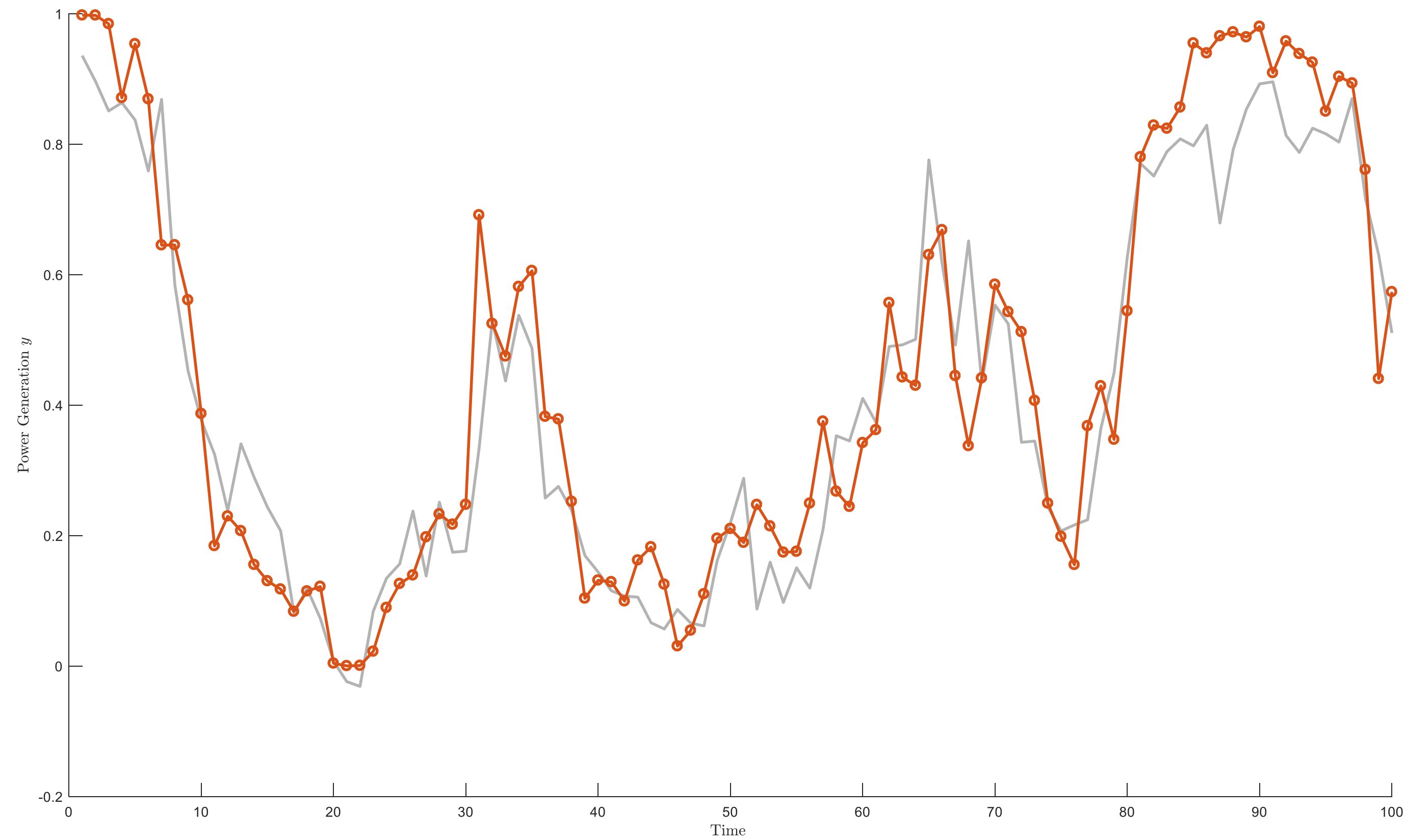
Probabilistische Prognosen erfassen **situationsadaptiv**
die **Höhe** und **Richtung der Unsicherheit**
einer Vorhersage.

PROBABILISTISCHE VORHERSAGEN

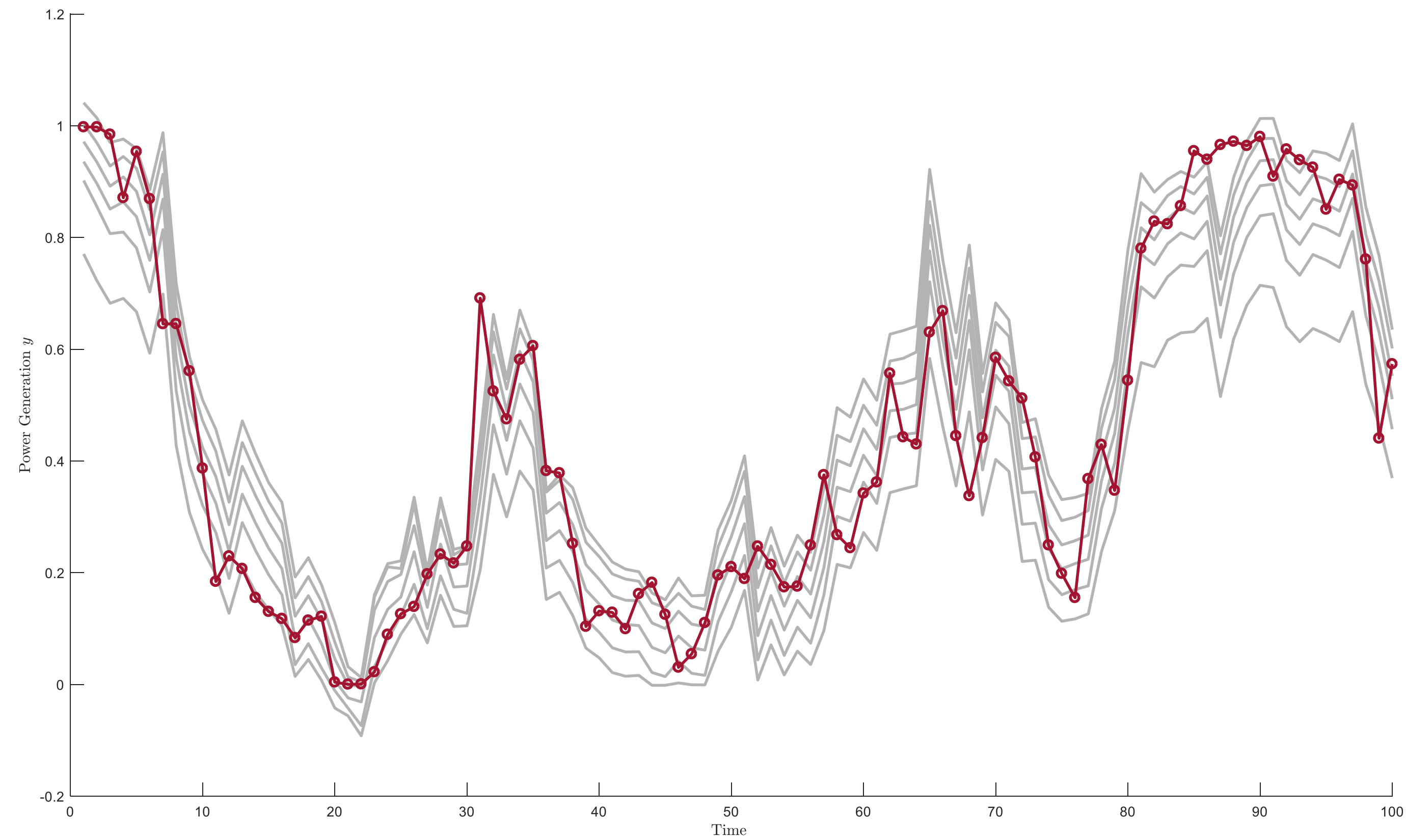
- Vorhersage der **Wahrscheinlichkeit** der Werte der Zielgröße
- sinnvolle Repräsentation als **Dichtefunktion**, z.B. Normalverteilung $p(y) = \mathcal{N}(y|\mu, \sigma)$



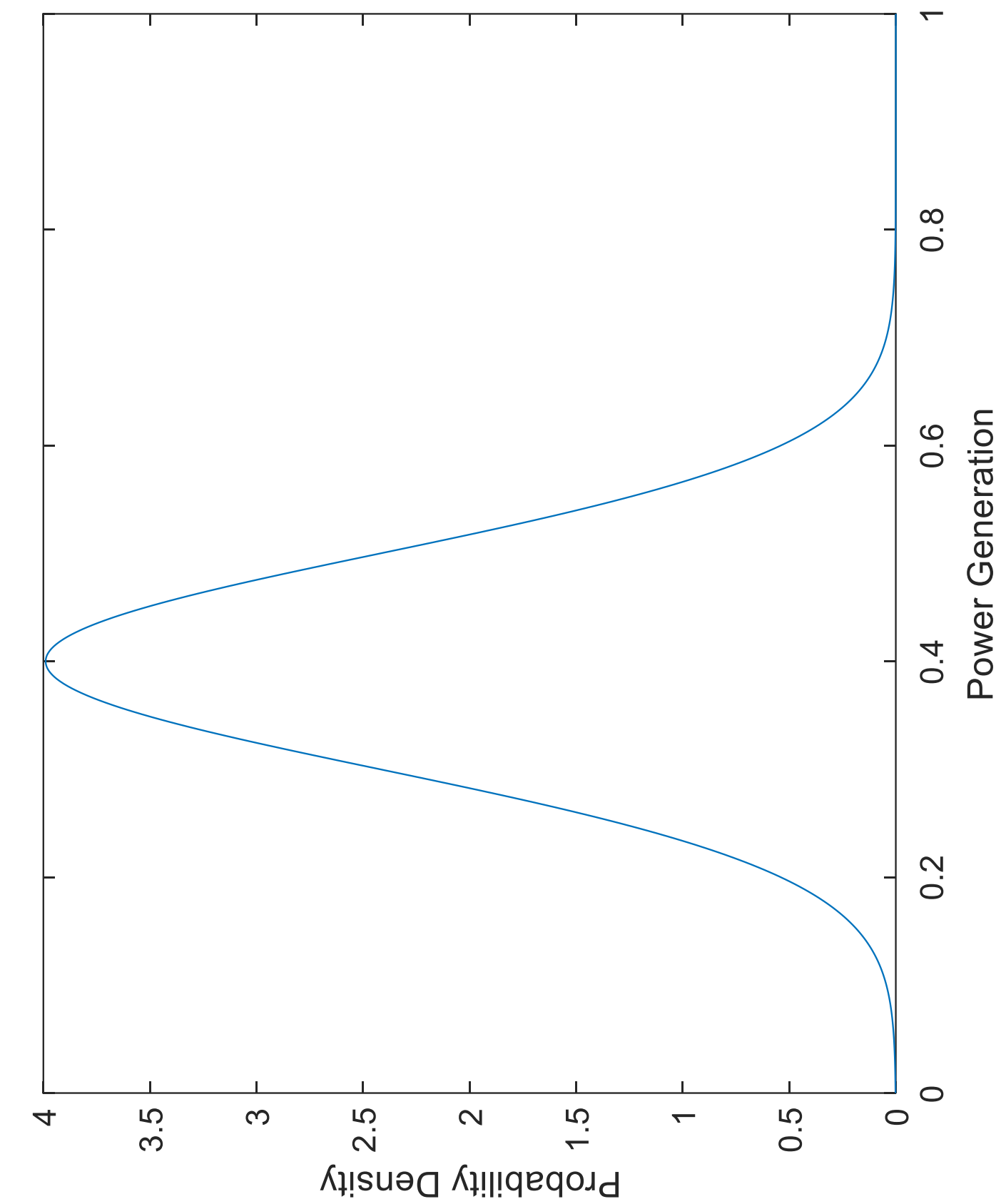
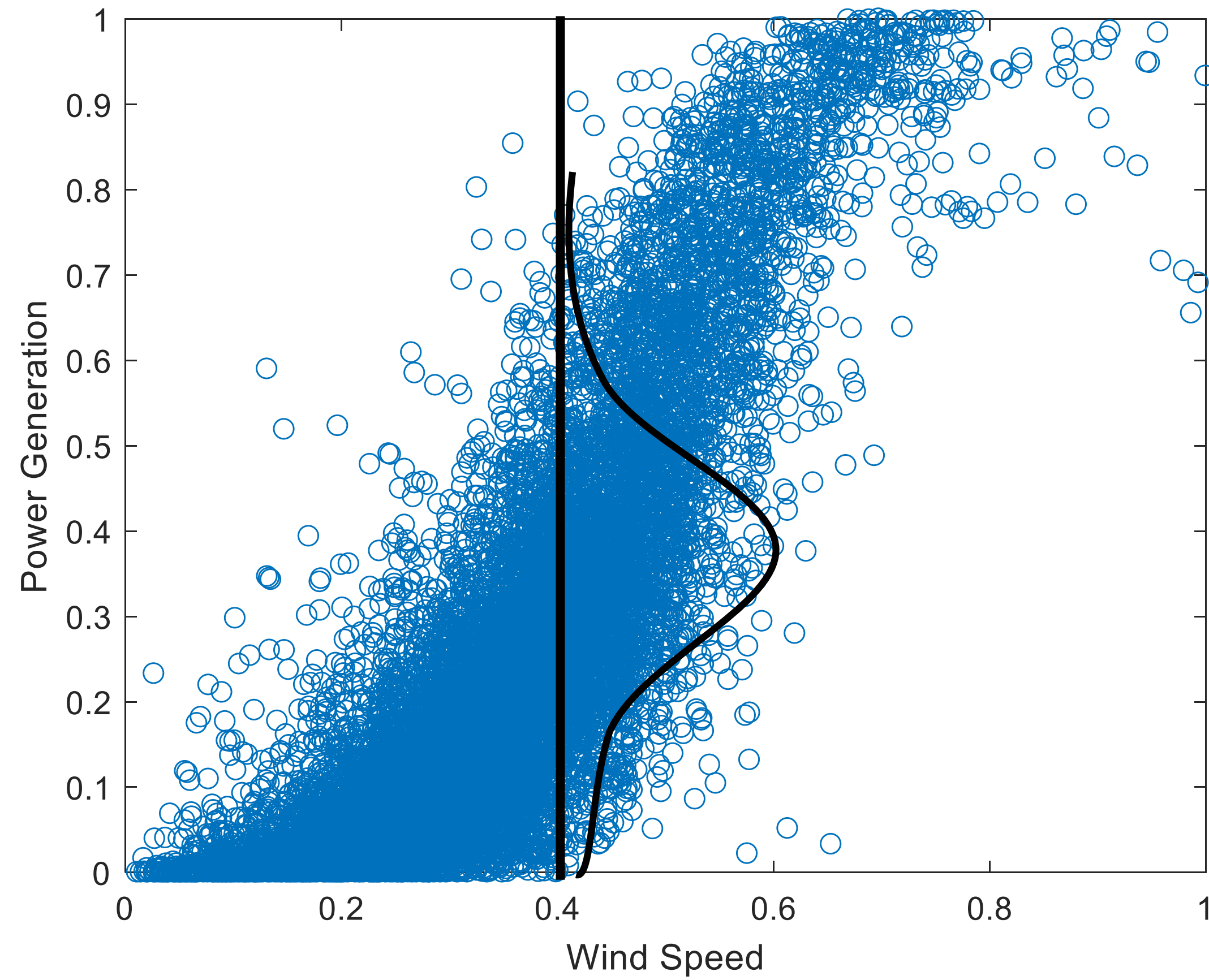
PROBABILISTISCHE VORHERSAGEN



PROBABILISTISCHE VORHERSAGEN

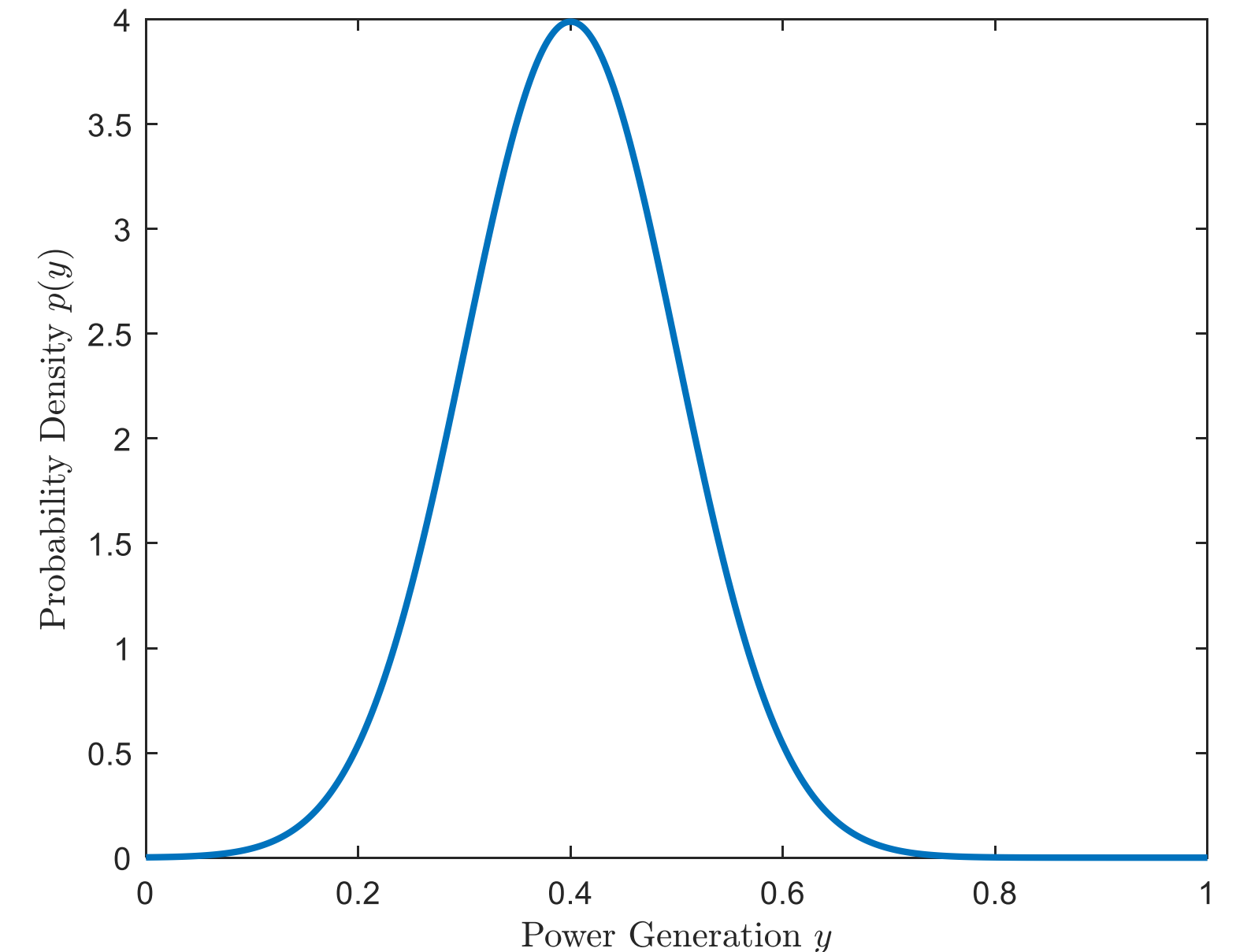


VORHERSAGE BEISPIEL



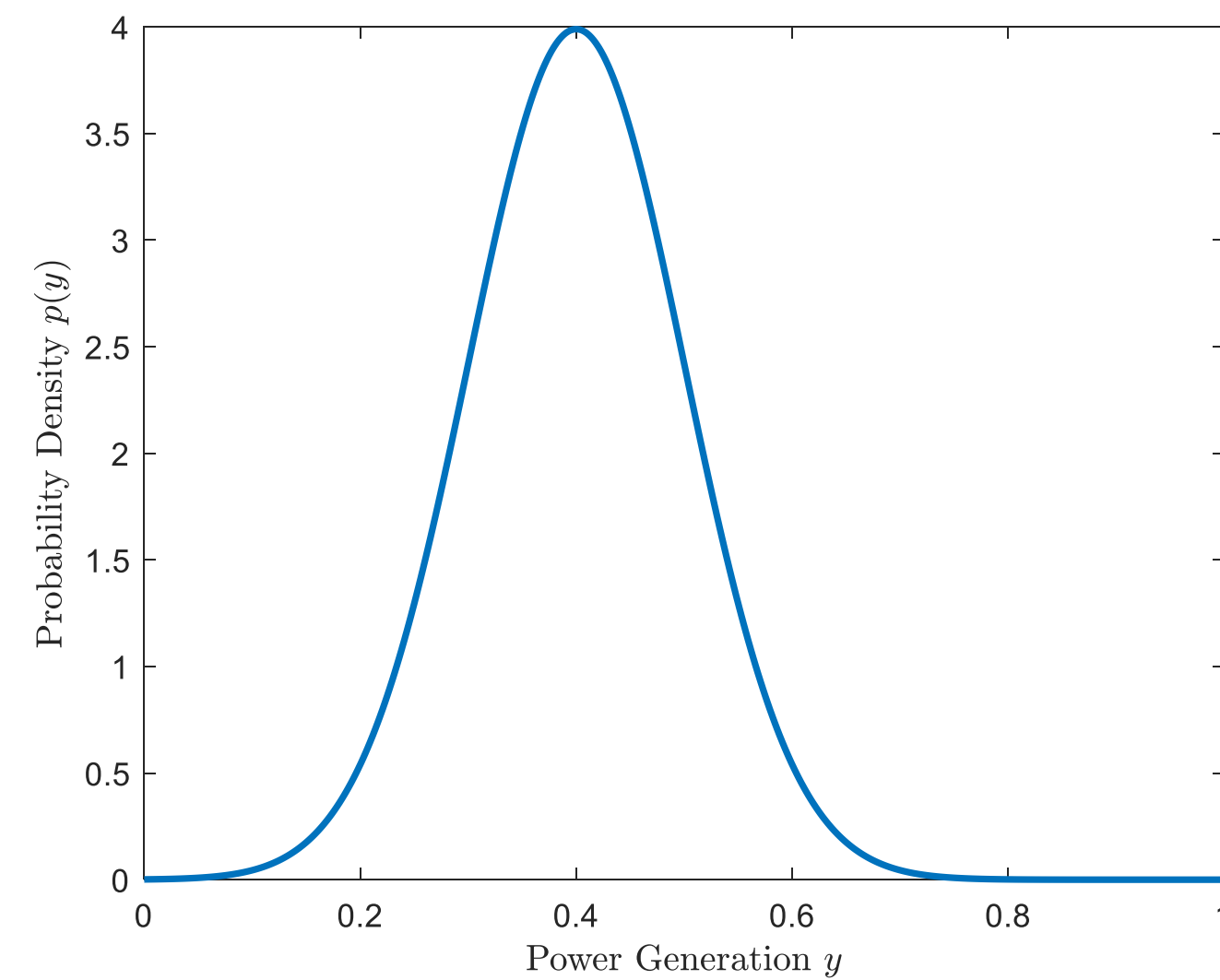
WARUM PROBABILISTISCHE VORHERSAGEN ?

- Quantifizierung der **Unsicherheit**
- **Worst Case & Best Case** Schätzungen möglich
- Definition **optimaler Entscheidungsfunktionen** möglich



WARUM PROBABILISTISCHE VORHERSAGEN ?

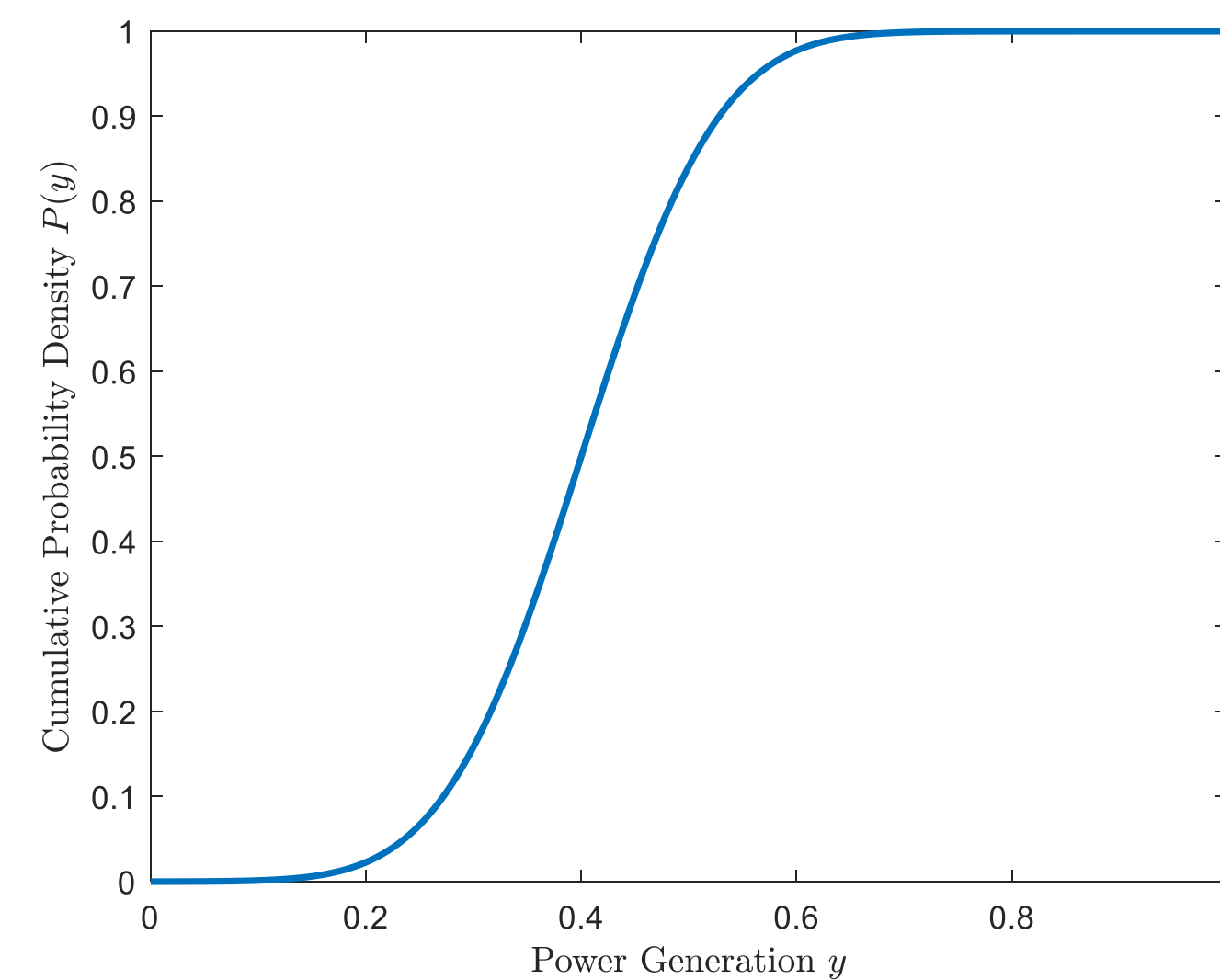
PDF



$$P(y) = \int_{-\infty}^y p(y') dy'$$

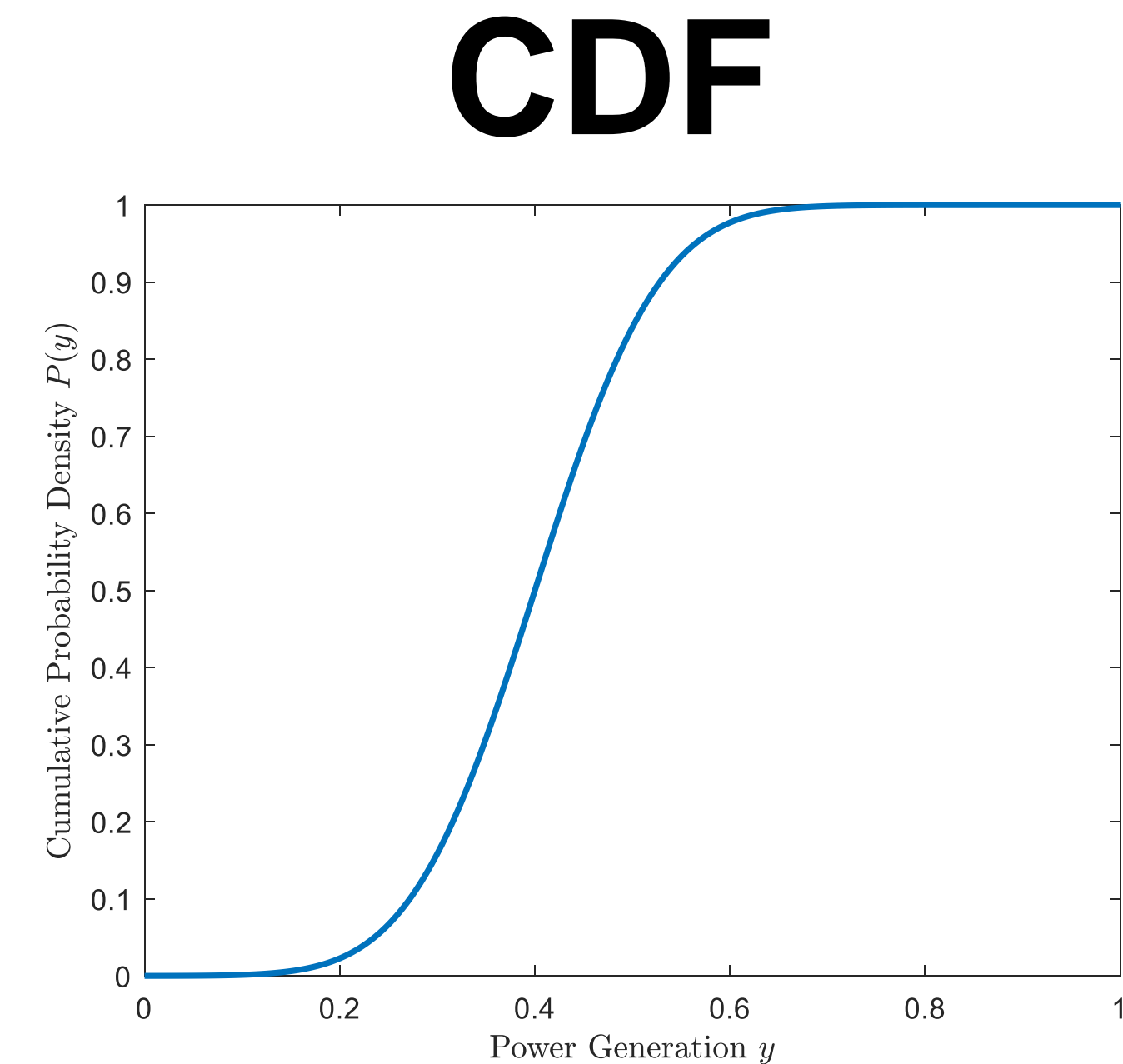


CDF



WARUM PROBABILISTISCHE VORHERSAGEN ?

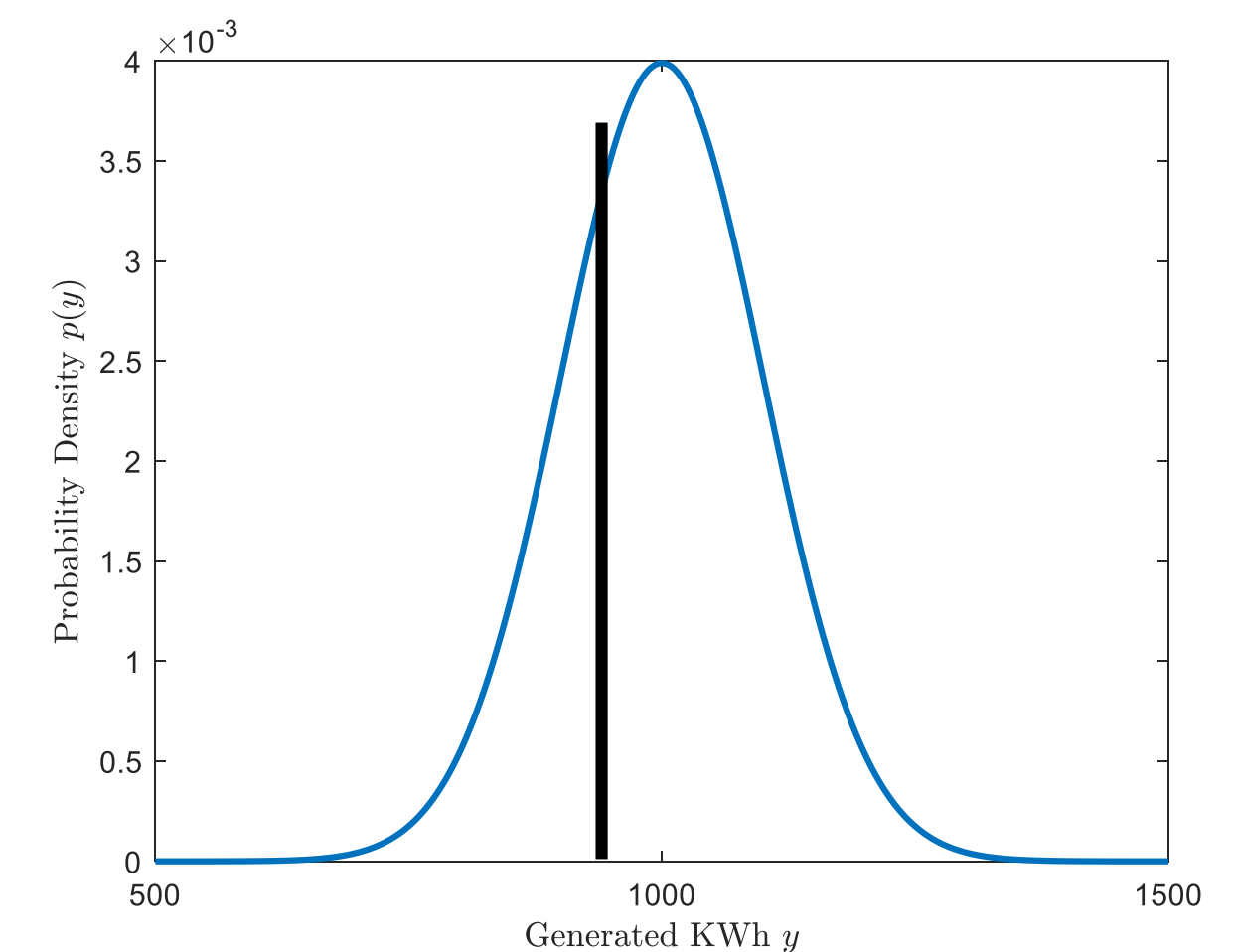
- CDF $P(y)$ **spezifiziert Wahrscheinlichkeit** für $y_{Real} < y$
- Inverse Funktion $P^{-1}(\tau)$
- Beispiele:
 - unterer Extremwert (99% Wahrscheinlichkeit)
 - Wahrscheinlichkeit für Leistung größer als 40%
 - Wahrscheinlichste Leistungsgenerierung
 - 60% Intervall um den Erwartungswert



ÖKONOMISCHE OPTIMIERUNG

- Beispiel: **Gebot für Verkauf von Strom** auf dem Strom-Markt verkaufen
- Vergütung von $0,25\text{€}/KWh$, Überschätzung $c_+ = 0,20\text{€}/KWh$, Unterschätzung $c_- = 0,10\text{€}/KWh$
- deterministische Vorhersage: $y = 1000KWh$
- probabilistische Vorhersage: $p(y) = \mathcal{N}(y|\mu = 1000KWh, \sigma = 100KWh)$
- **Deterministisches Gebot:** $y_{\text{Gebot}} = 1000KWh$
- **Probabilistisches Gebot:**

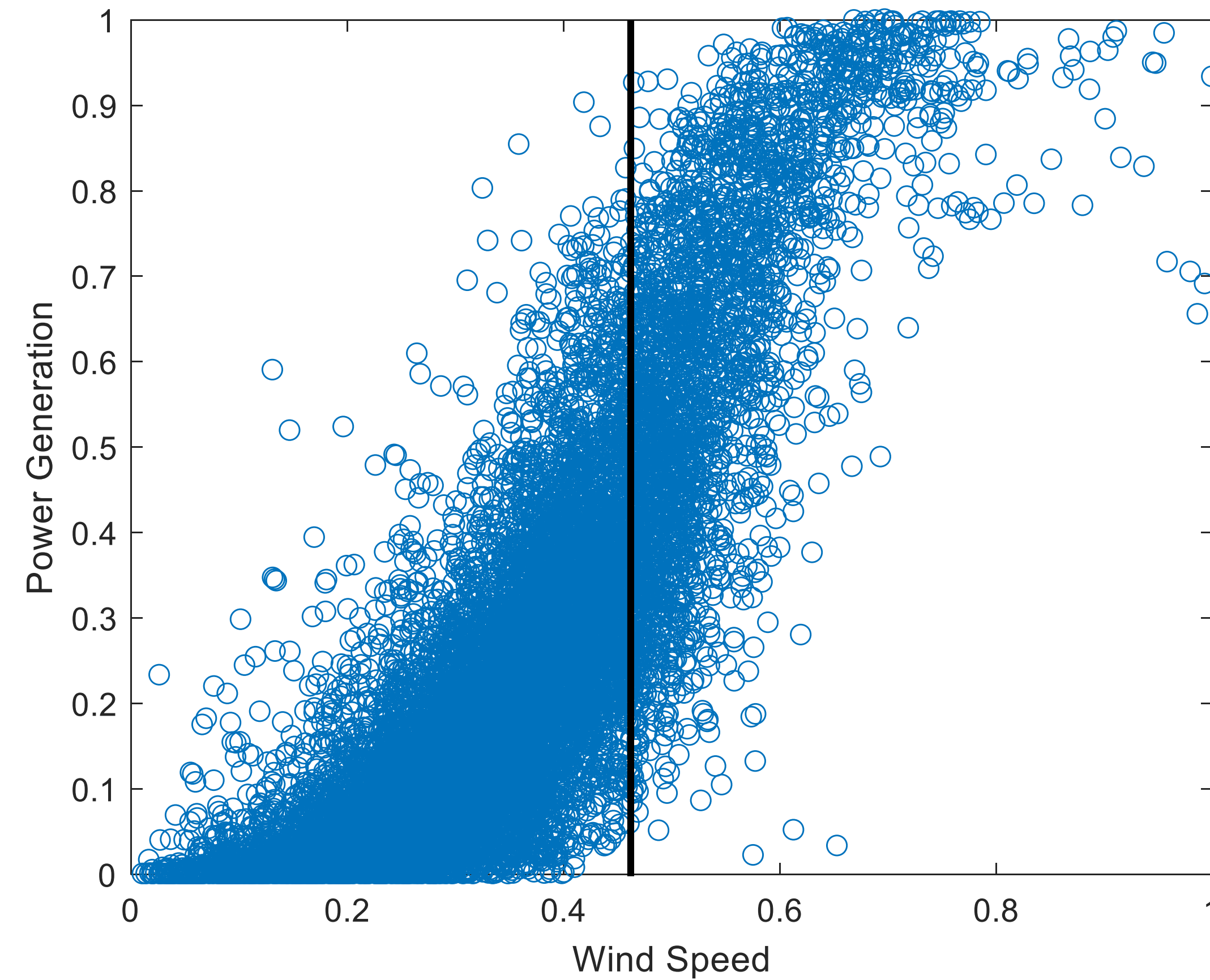
$$y_{\text{Gebot}} = P^{-1}\left(\frac{c_-}{c_+ + c_-}\right) = P^{-1}\left(\frac{0,10}{0,20 + 0,10}\right) = P^{-1}(0,33) \approx 956 KWh$$



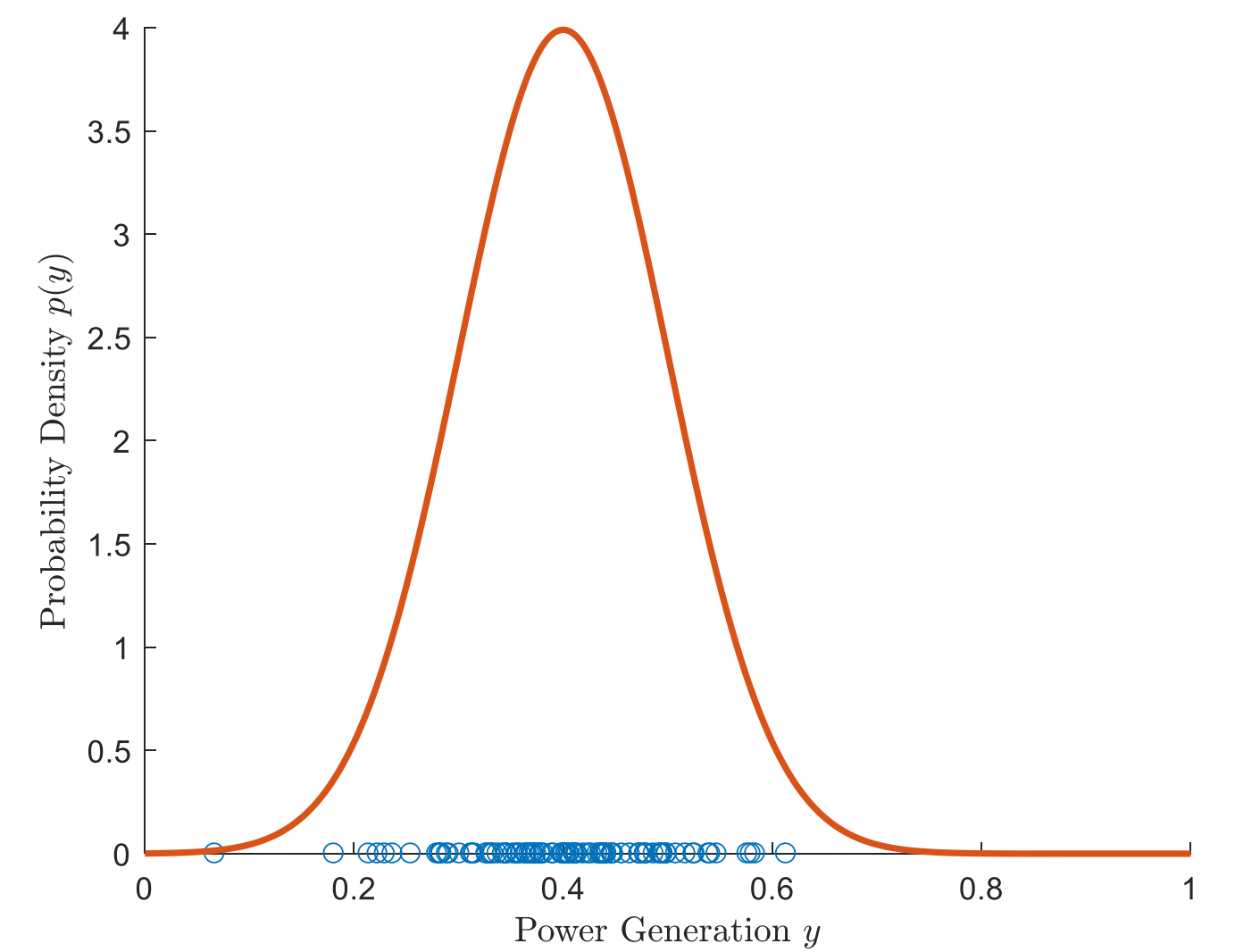
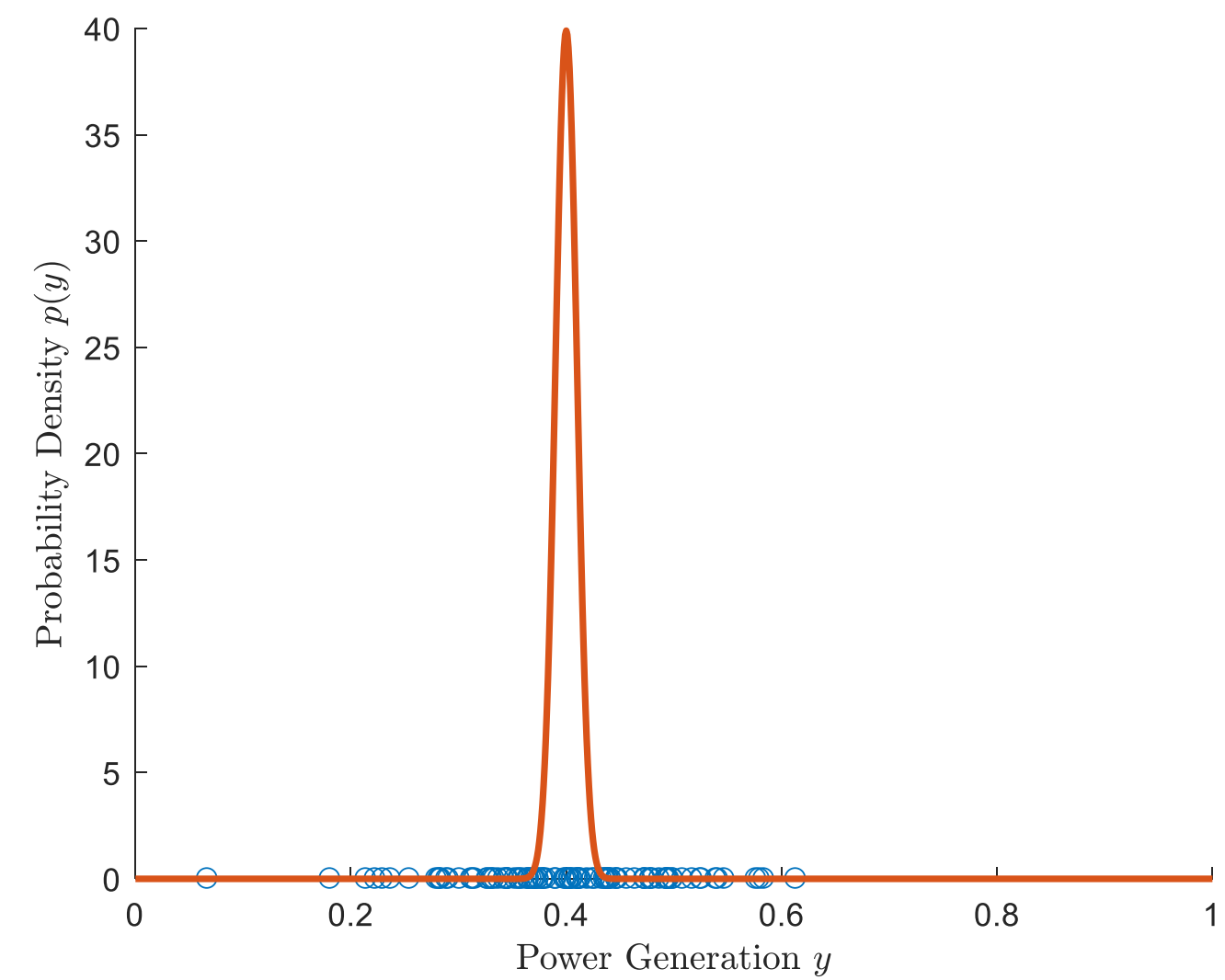
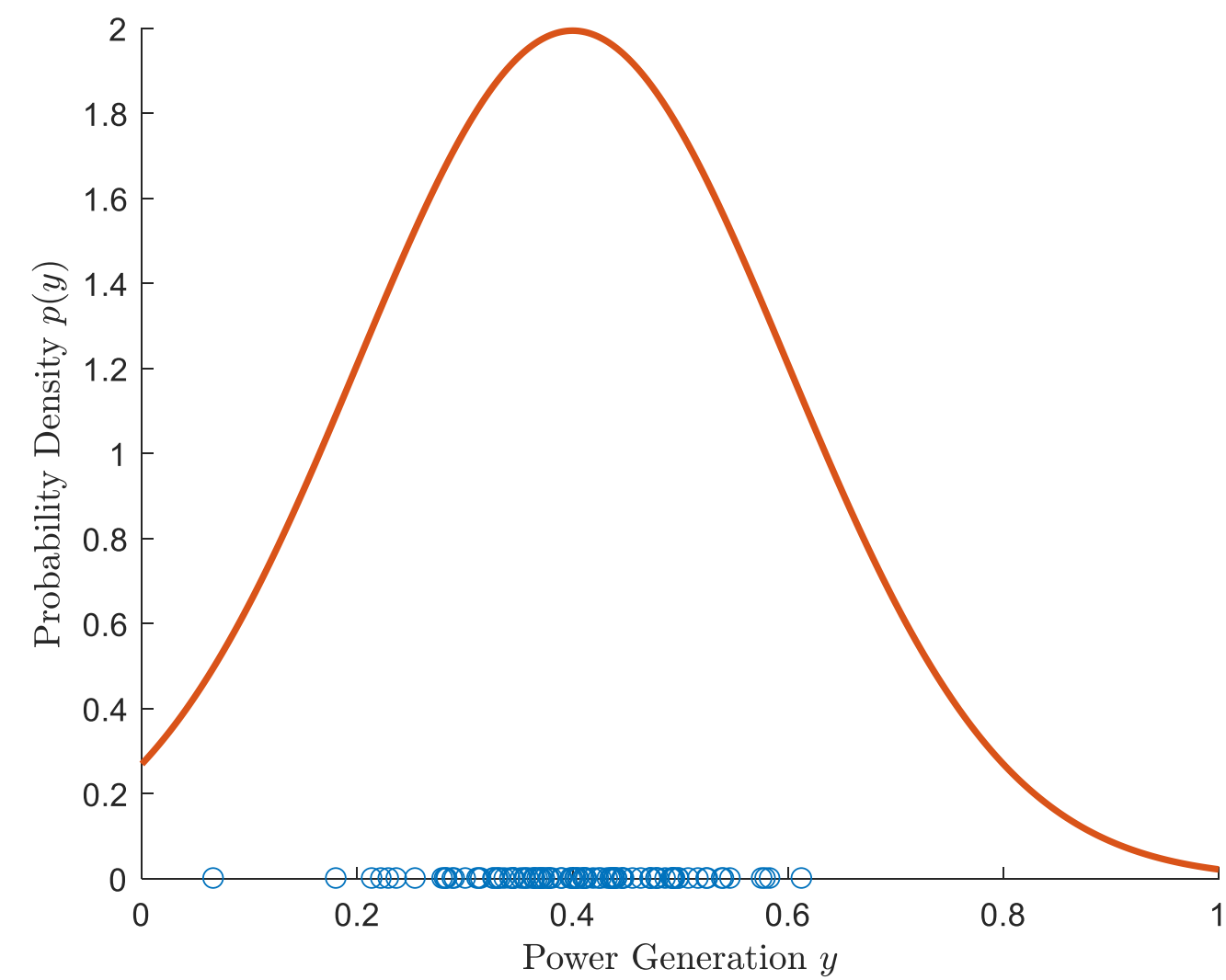
EIGENSCHAFTEN

- **Schärfe:** Die Wahrscheinlichkeitsmasse sollte um das tatsächliche Ereignis y_{Real} konzentriert sein
- **Verlässlichkeit:** Die Unsicherheit (Breite der Dichtefunktion) sollte der tatsächlichen Streuung entsprechen

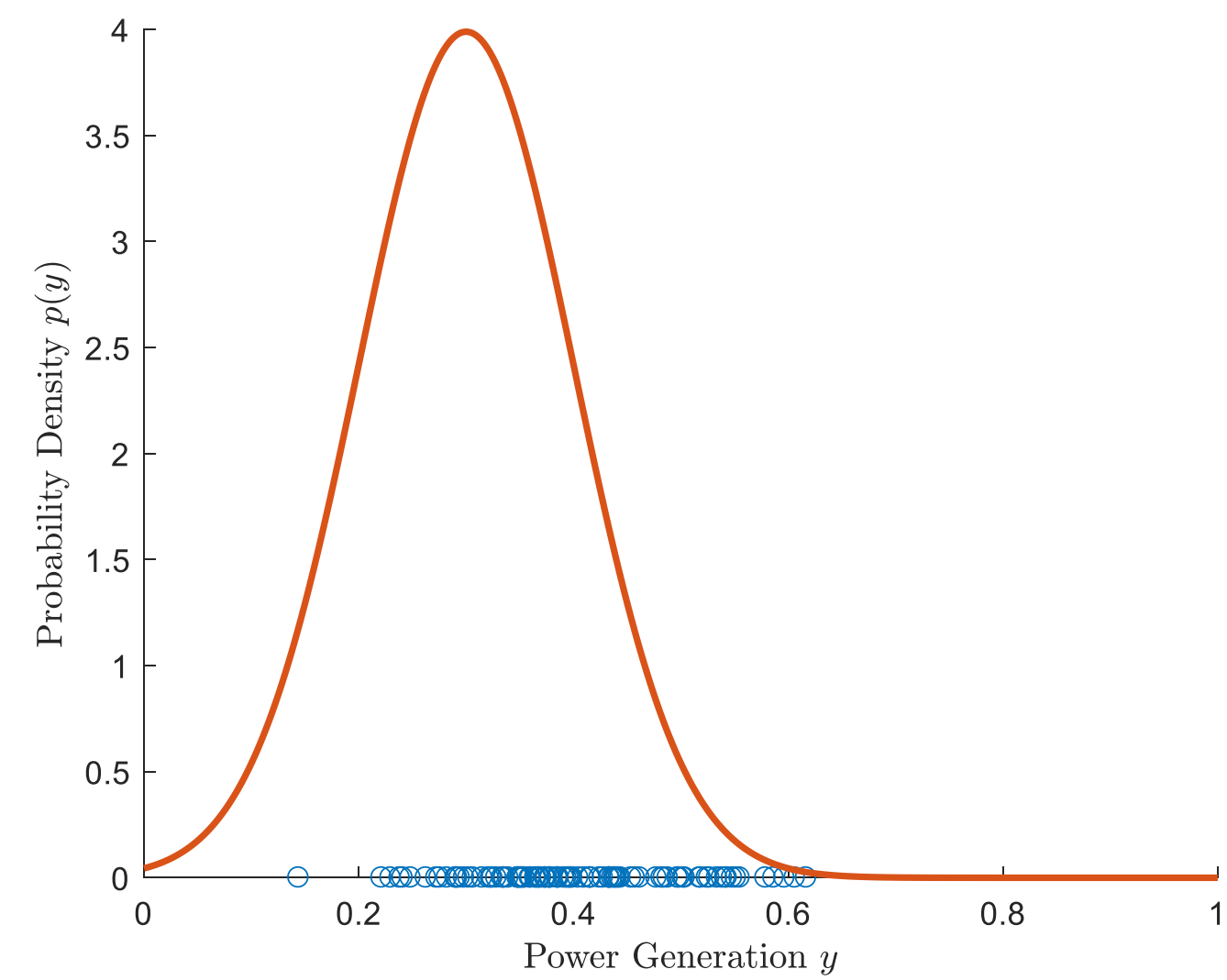
VORHERSAGE BEISPIEL



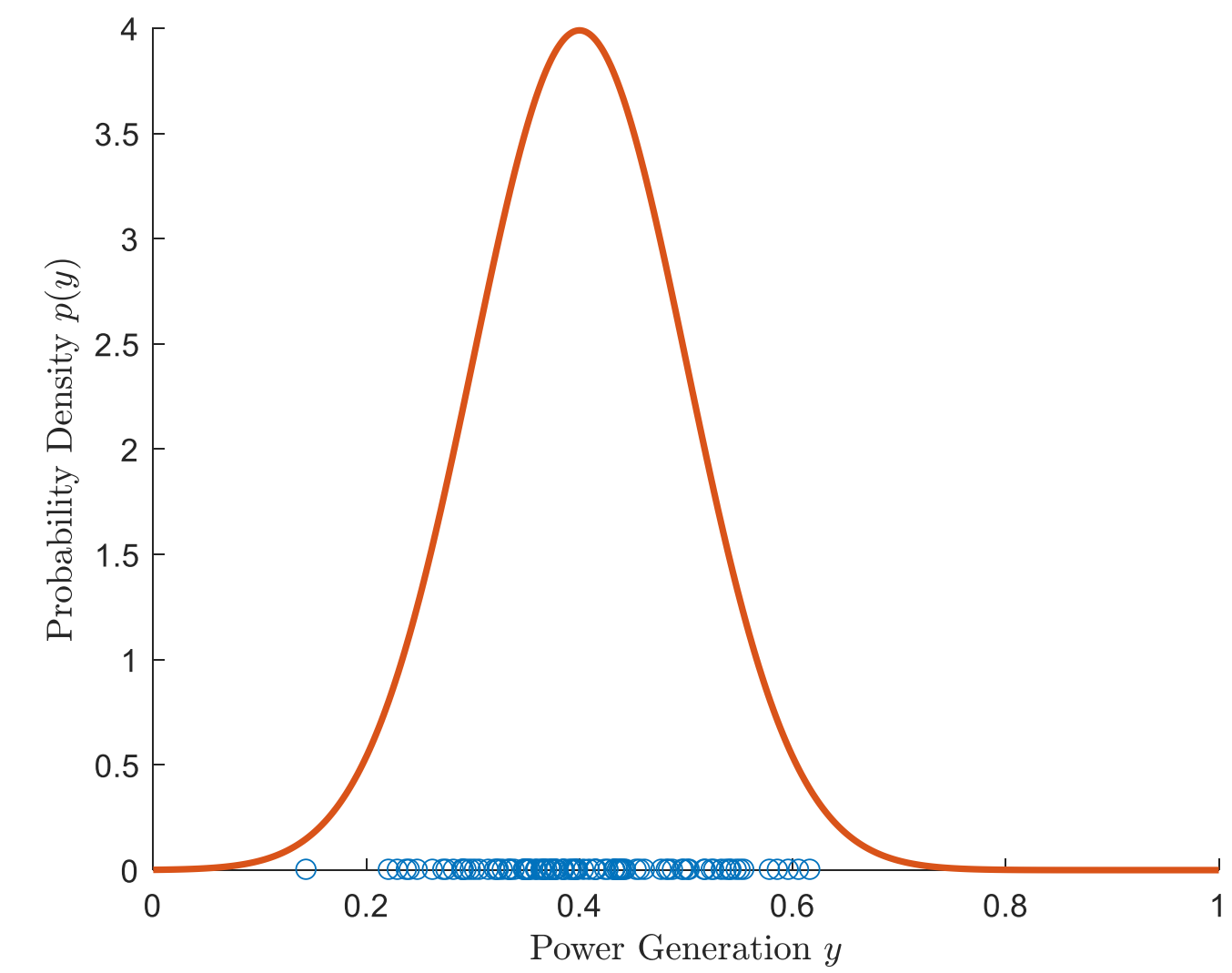
VERLÄSSLICHKEIT



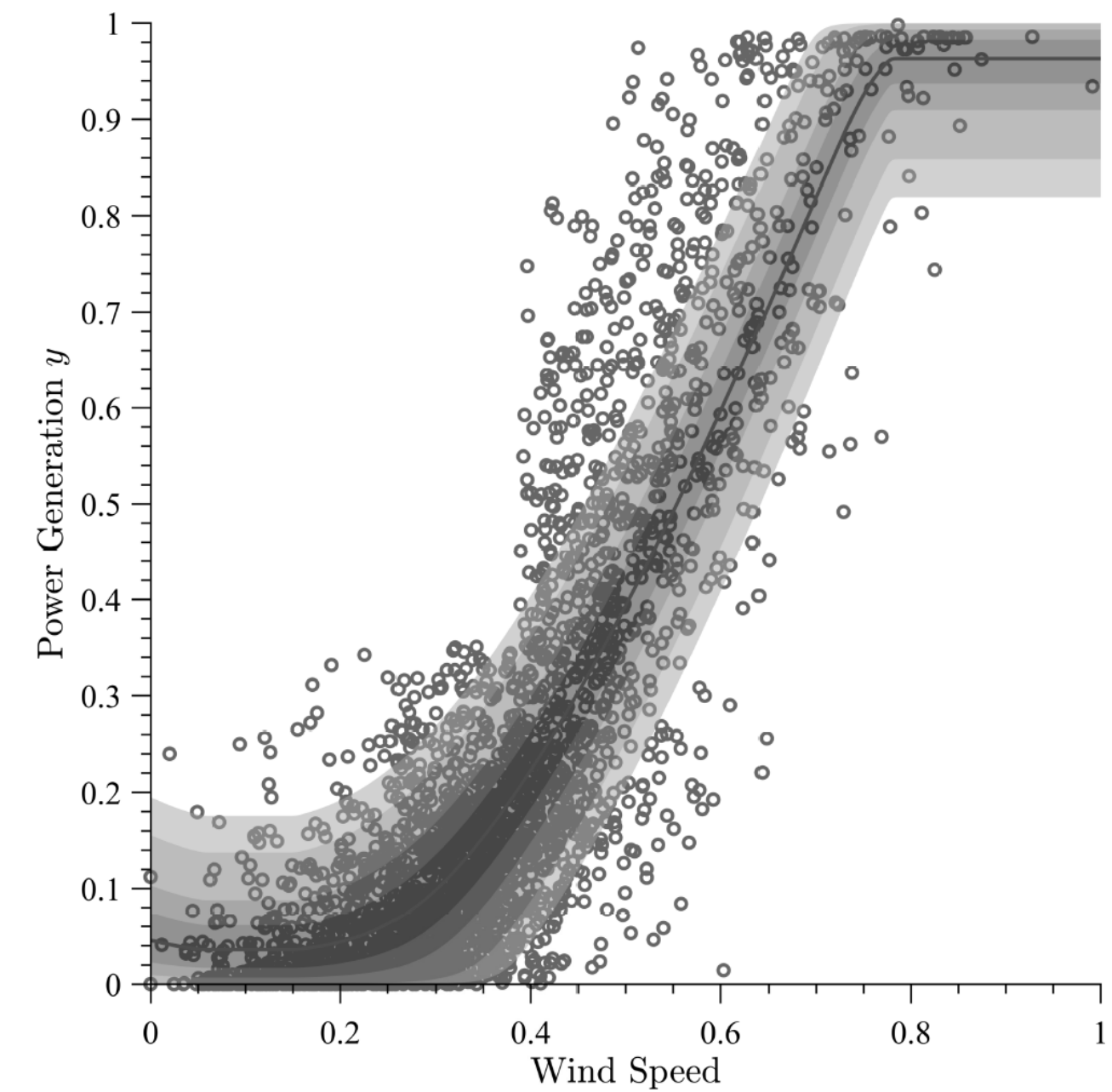
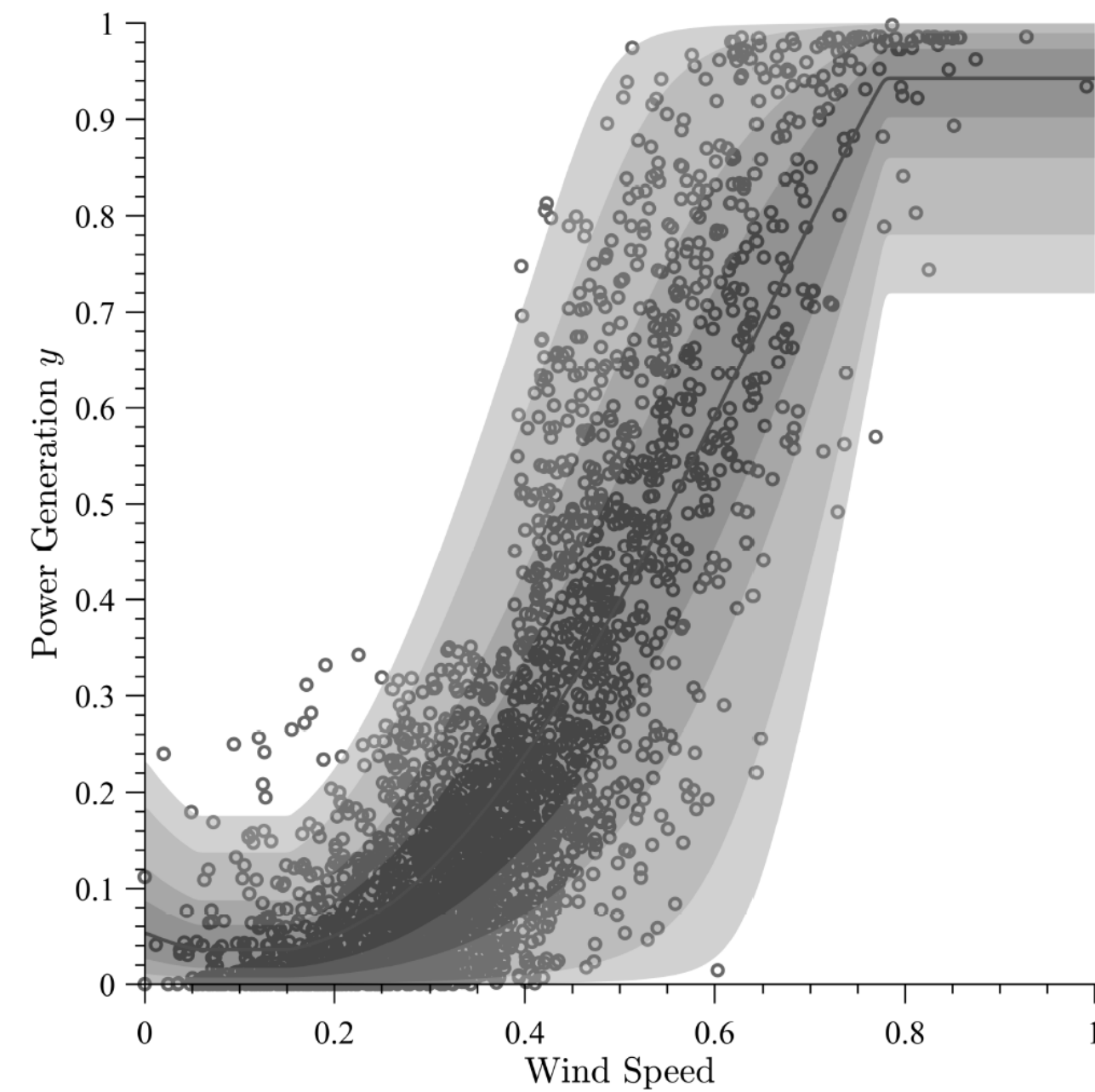
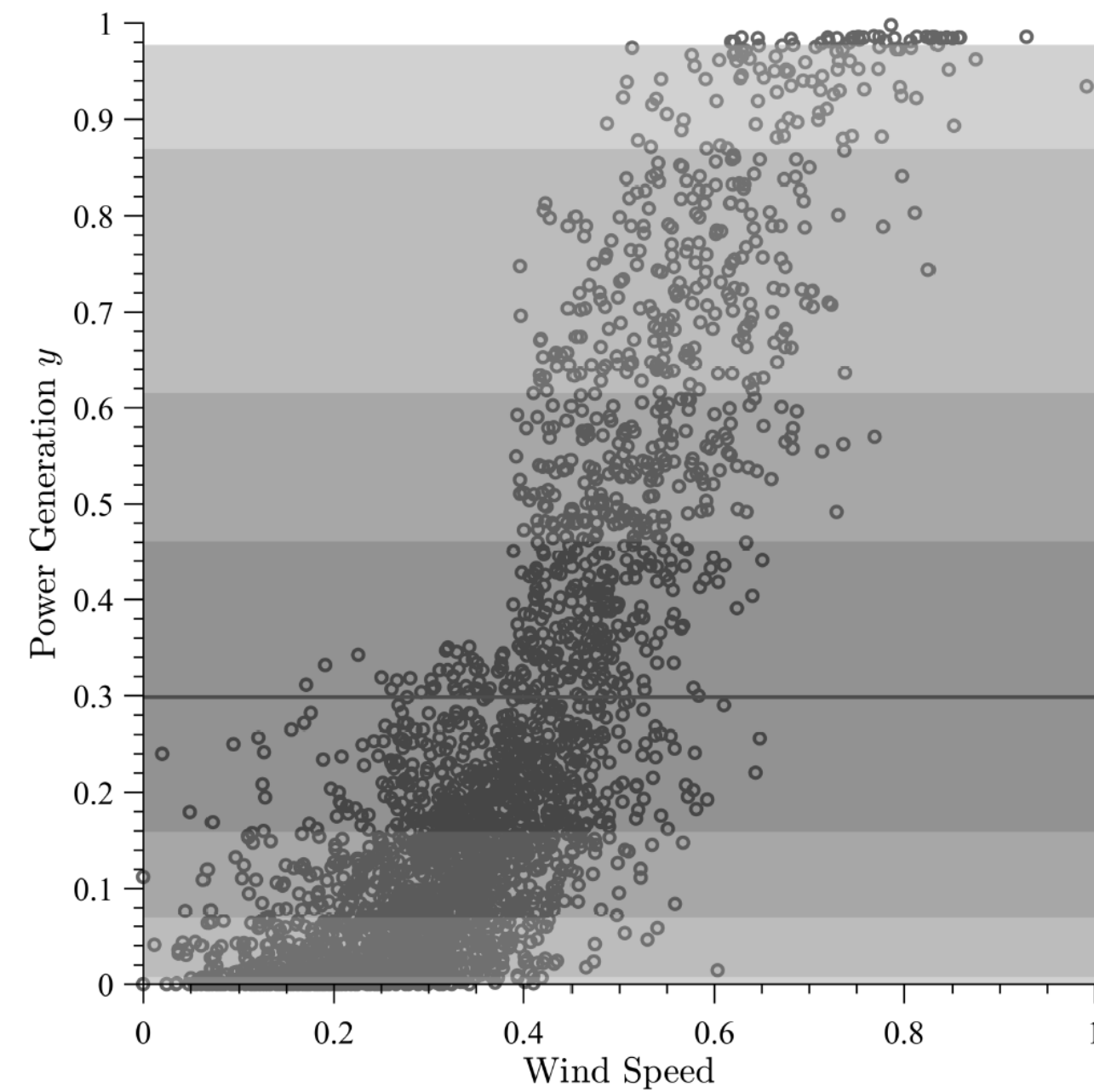
SCHÄRFE



schärfer
→



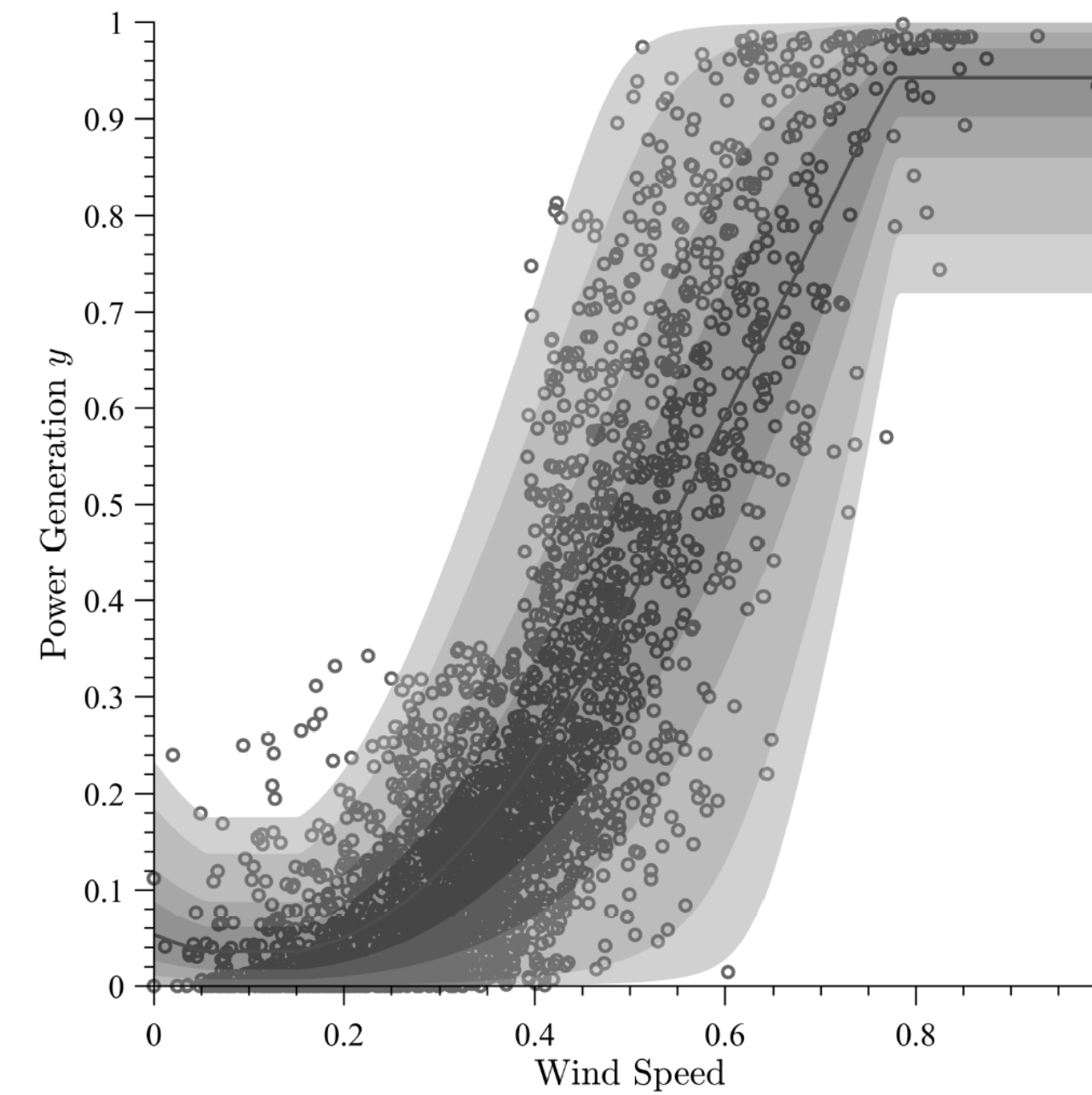
EIGENSCHAFTEN



Intervallfarben: $P(0.001 \dots 0.999)$

EIGENSCHAFTEN

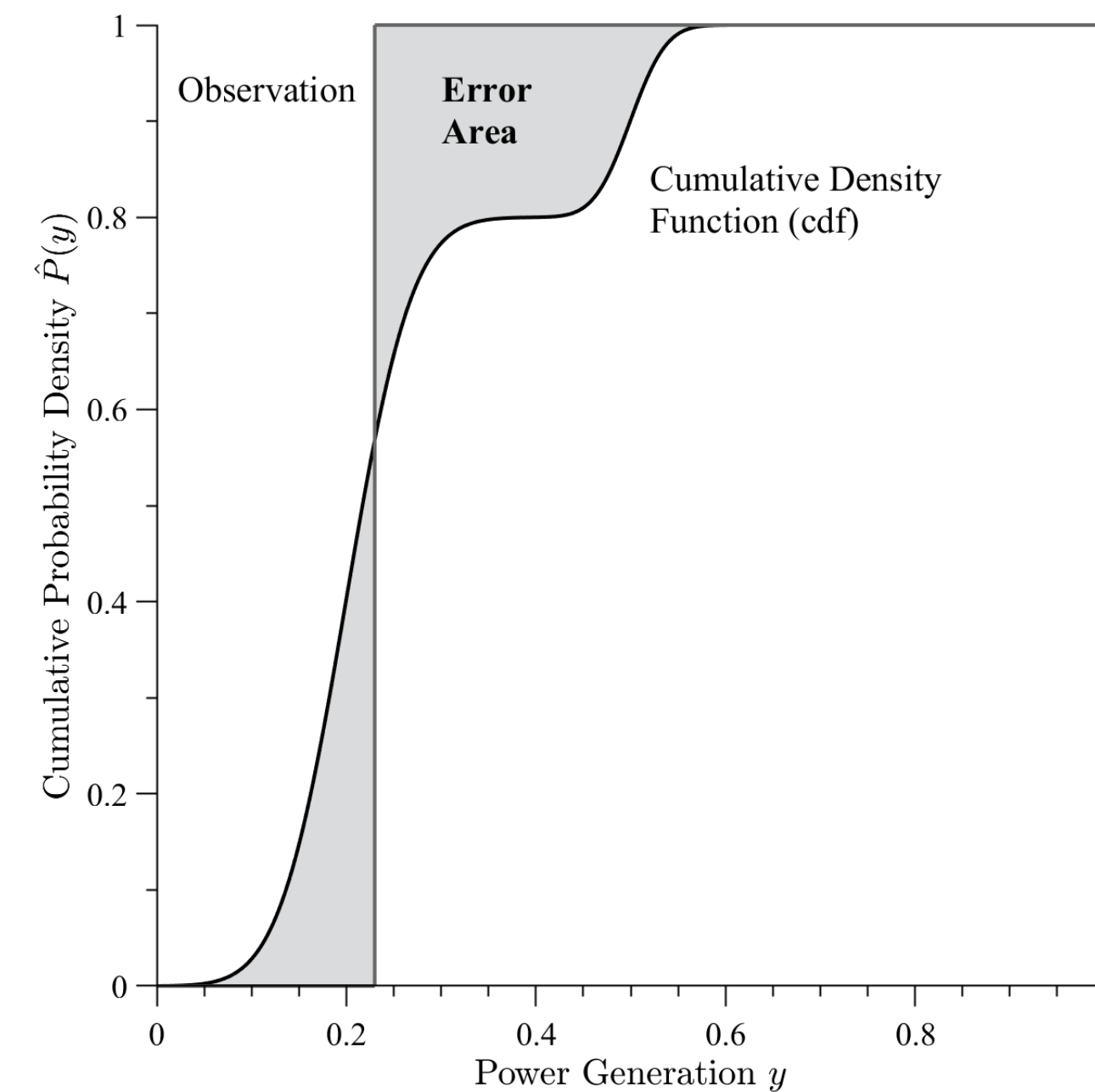
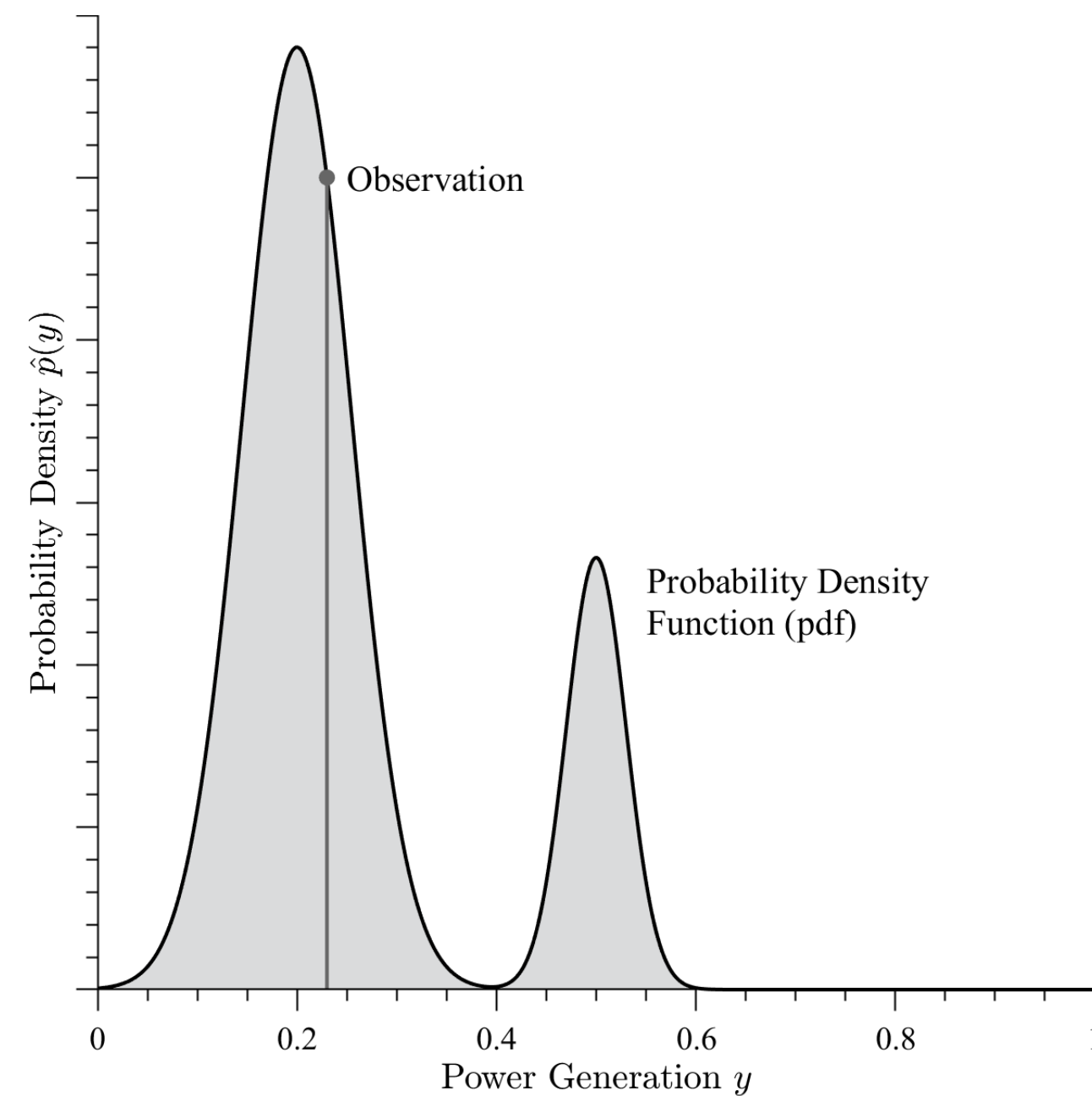
- **Verlässlichkeit ist PRIMÄRE Anforderung.**
Schärfe ist „nice to have“.



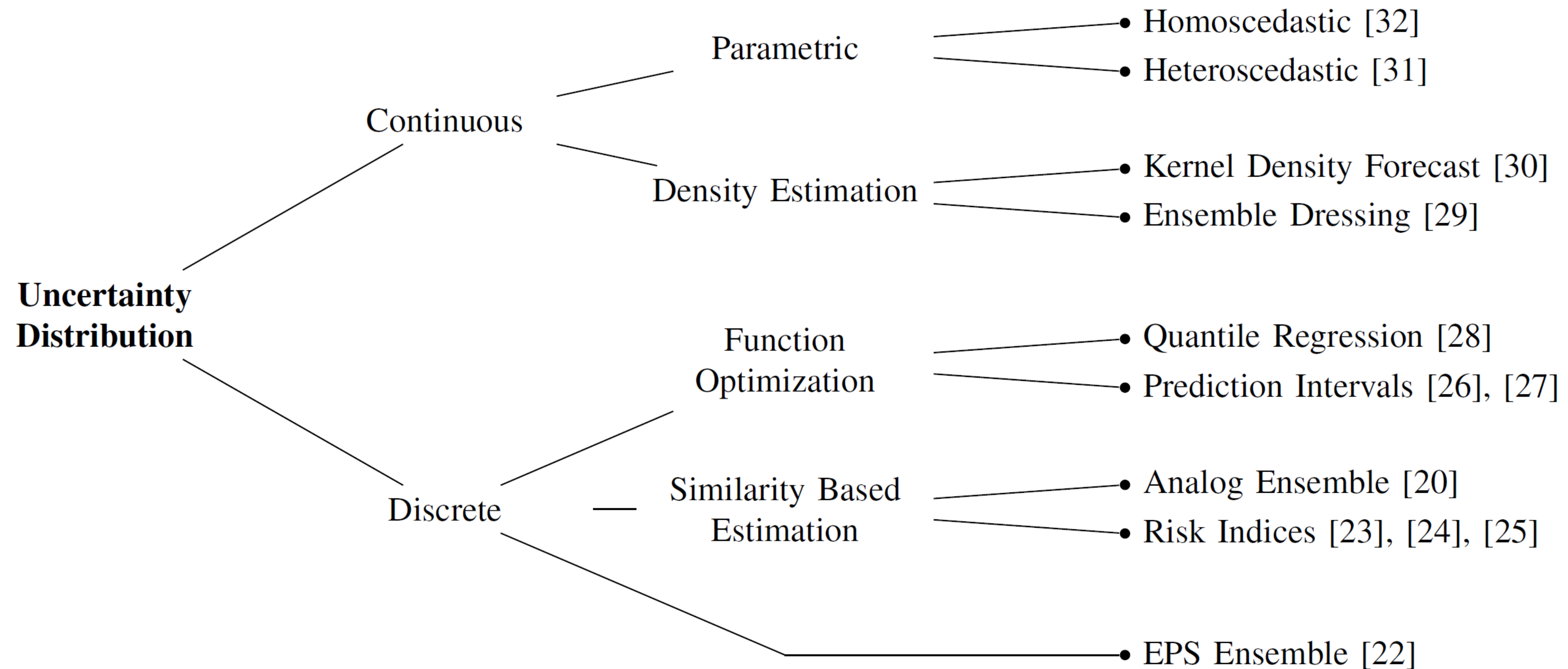
EVALUATION

Continuous Ranked Probability Score (**CRPS**)

$$\text{CRPS} = \int_{-\infty}^{+\infty} \left(P(y) - H(y - y_{\text{Real}}) \right)^2 dy$$



MODELLTYPEN PROB. VORHERSAGEN



ZUSAMMENFASSUNG

- **Probabilistische Vorhersagen** erlauben Einschätzung von **Höhe** und **Richtung der Unsicherheit** einer Vorhersage
- Nutzung erlaubt bessere Optimierung auf **ökonomische Zielfunktionen**
- Probabilistische Vorhersagen müssen **scharf** und **verlässlich** sein
- Evaluation mit Maßen wie dem **CRPS**

ENDE

Fragen ? 😊

