



Digitalisierung, Energiewirtschaft und der Wert von Information

Prof. Dr. Felix Müsgens

@

Jahreskonferenz des Virtuellen Instituts Smart Energy (VISE)

Köln, 25 November 2024

- ◆ Digitalisierung und Transformation des Energiesystems als „Twin-Transition“ (und Jahrhundertaufgabe)
- ◆ Zwei Leitfragen für diesen Vortrag:
 1. Was meint die Digitalisierung im Energiesystem praktisch?
 2. Wie können wir den Wert von Digitalisierung quantifizieren?

Digitalisierung am Beispiel



1. Endkundenvertrieb Strom/Gas:

- hoher Wettbewerbsdruck
- Margensteigerung durch automatisierte, digitale Prozesse

2. Energiesystemmodellierung

2009	8 Rechenkerne	32 GB Arbeitsspeicher	10 h Rechenlaufzeit
2024	1024 Rechenkerne	2.000 GB Arbeitsspeicher	10 Tage Rechenlaufzeit

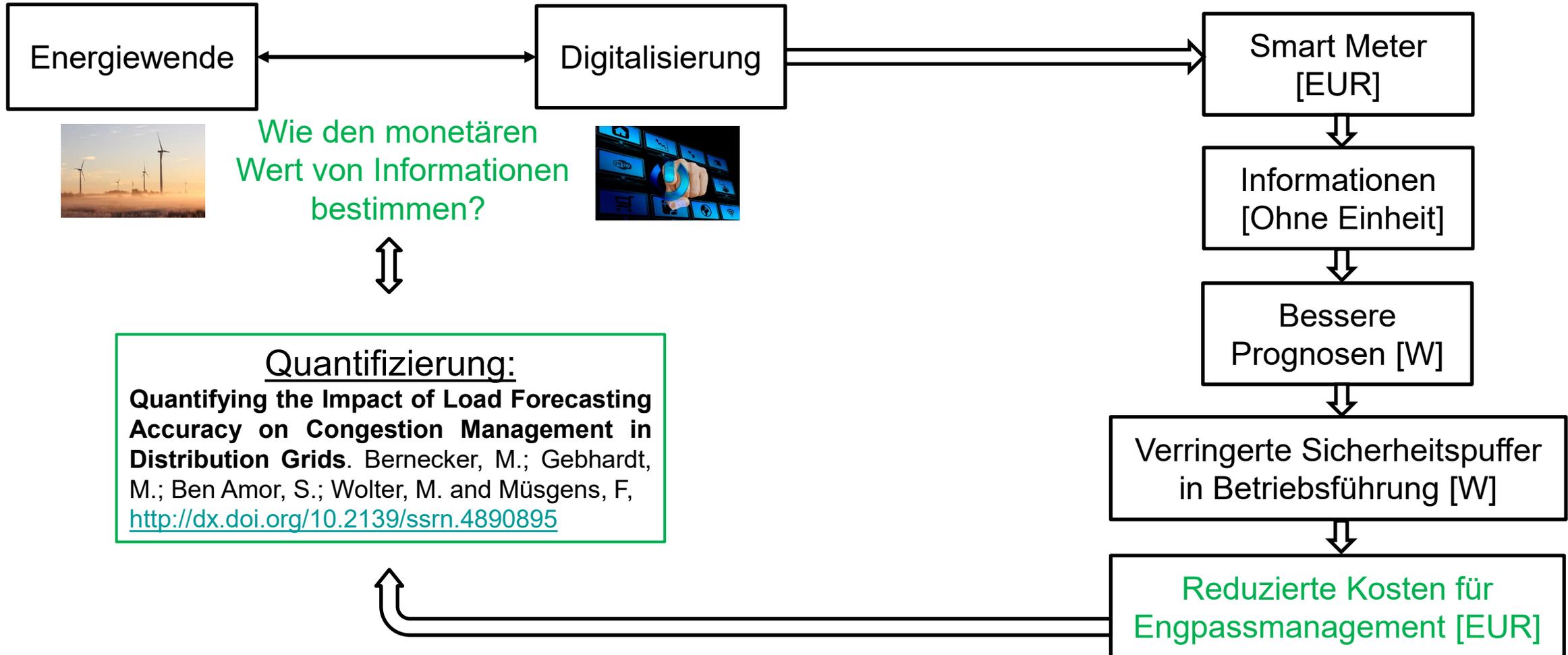
Digitalisierung – erweiterte Betrachtung

„Wichtige Aspekte der Digitalisierung im Energiesystem:

- ♦ **Intelligente Messsysteme (Smart Metering):** Smart Meter sind digitale Zähler, die den Energieverbrauch in Echtzeit messen und diese Daten an Energieversorger oder Netzbetreiber senden können. Das ermöglicht eine präzisere Abrechnung und eine bessere Analyse des Verbrauchsverhaltens. Verbraucher können über Smart Metering ihren eigenen Energieverbrauch überwachen und dadurch bewusster mit Energie umgehen, was zu Energieeinsparungen führen kann.
- ♦ **Smart Grids (Intelligente Stromnetze):** Smart Grids sind digital gesteuerte Stromnetze, die den Energiefluss zwischen Erzeugern und Verbrauchern intelligent und flexibel steuern können. Durch den Einsatz von Sensoren, Kommunikationssystemen und Steuerungstechnologien können Smart Grids den Energieverbrauch besser an die Energieerzeugung anpassen, was vor allem bei schwankenden erneuerbaren Energien (wie Wind- und Solarenergie) wichtig ist. Diese Netze können auch Ausfälle besser erkennen und beheben sowie die Integration von dezentralen Energieerzeugern (z.B. Photovoltaikanlagen auf Hausdächern) erleichtern.
- ♦ **Dezentrale Erzeugung und virtuelle Kraftwerke:** Mit der zunehmenden Nutzung erneuerbarer Energien, die oft dezentral in kleinen Anlagen (z.B. Wind- oder Solaranlagen) erzeugt werden, entstehen viele kleine Einspeiser ins Netz. Durch digitale Vernetzung können diese dezentralen Anlagen zu sogenannten virtuellen Kraftwerken zusammengefasst werden. Diese virtuellen Kraftwerke steuern die Einspeisung und die Speicherung von Energie digital, sodass sie wie ein einziges großes Kraftwerk agieren können. Das ermöglicht eine stabilere Netzsteuerung und eine bessere Nutzung erneuerbarer Energien.
- ♦ **Künstliche Intelligenz und Datenanalyse:** KI und Big-Data-Analysen helfen, den Betrieb von Energieanlagen und -netzen zu optimieren. Beispielsweise können Wetterdaten und historische Verbrauchsdaten genutzt werden, um die Energieproduktion und -nachfrage besser vorherzusagen. Dies ist besonders wichtig, um schwankende erneuerbare Energien effizient zu integrieren und die Speicherung der Energie sowie den Netzbetrieb zu verbessern.
- ♦ **Elektromobilität und intelligente Ladeinfrastrukturen:** Mit der zunehmenden Verbreitung von Elektrofahrzeugen (EVs) spielt die digitale Steuerung der Ladeinfrastruktur eine zentrale Rolle. Die Ladevorgänge können so gesteuert werden, dass sie in Zeiten erfolgen, in denen viel erneuerbare Energie verfügbar ist, oder um Lastspitzen zu vermeiden. Intelligente Ladesysteme können auch in ein Smart Grid integriert werden, um bidirektionales Laden zu ermöglichen (Vehicle-to-Grid), bei dem die Batterien der Elektrofahrzeuge auch als Energiespeicher für das Netz genutzt werden können.
- ♦ **Blockchain-Technologien im Energiemarkt:** Blockchain-Technologien können genutzt werden, um Peer-to-Peer-Energiehandel zu ermöglichen. So können beispielsweise Privatpersonen mit Solaranlagen den überschüssigen Strom direkt an andere Verbraucher verkaufen. Diese Technologie ermöglicht eine dezentrale und transparente Abrechnung von Energieflüssen und kann damit traditionelle Strukturen des Energiemarktes aufbrechen.“

Quelle: OpenAI. (2024). Digitalisierung des Energiesystems. Abgerufen am 22.10.24, von ChatGPT.

Herausforderung: Ein abstraktes Konzept zu quantifizieren

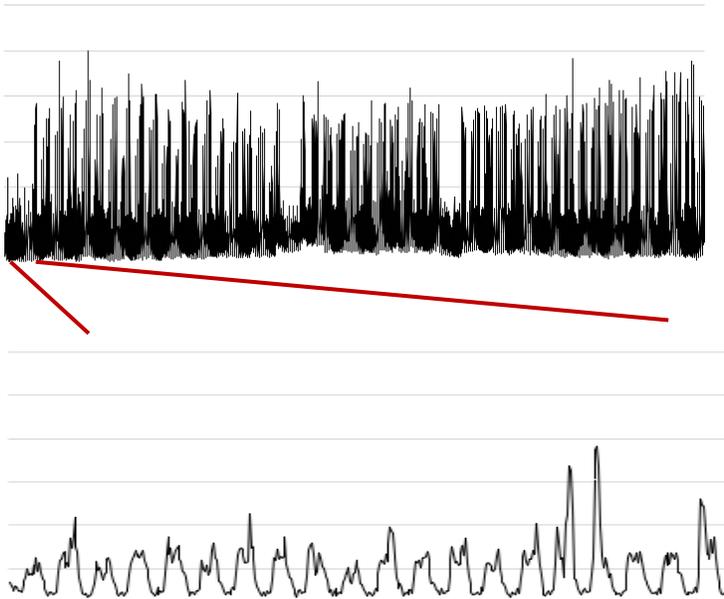


Impact of Information on Load Forecast Accuracy

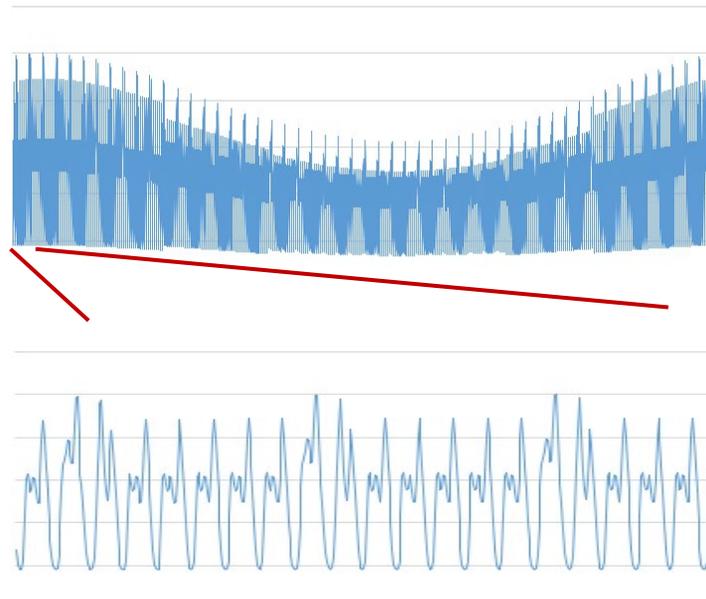
Data set:

- 6300 smart meter installed in a local distribution grid in Bavaria
- Provision of four years of hourly load timeseries data

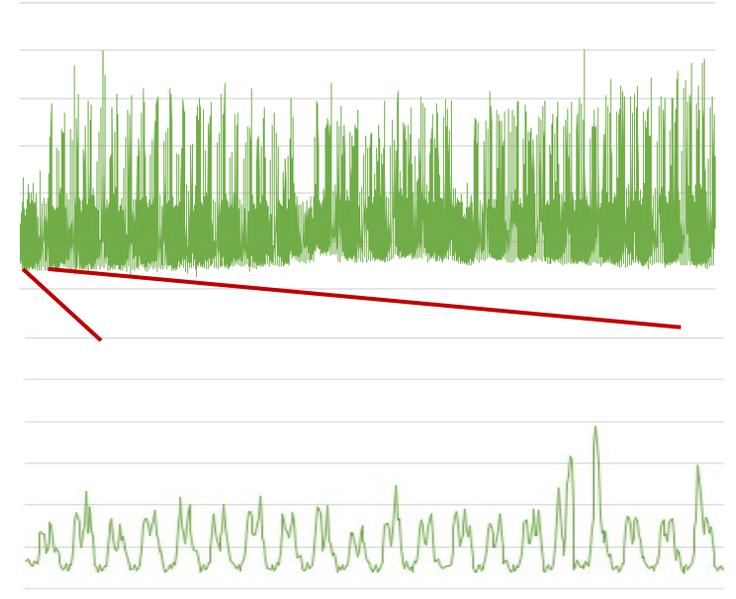
Real load



SLP

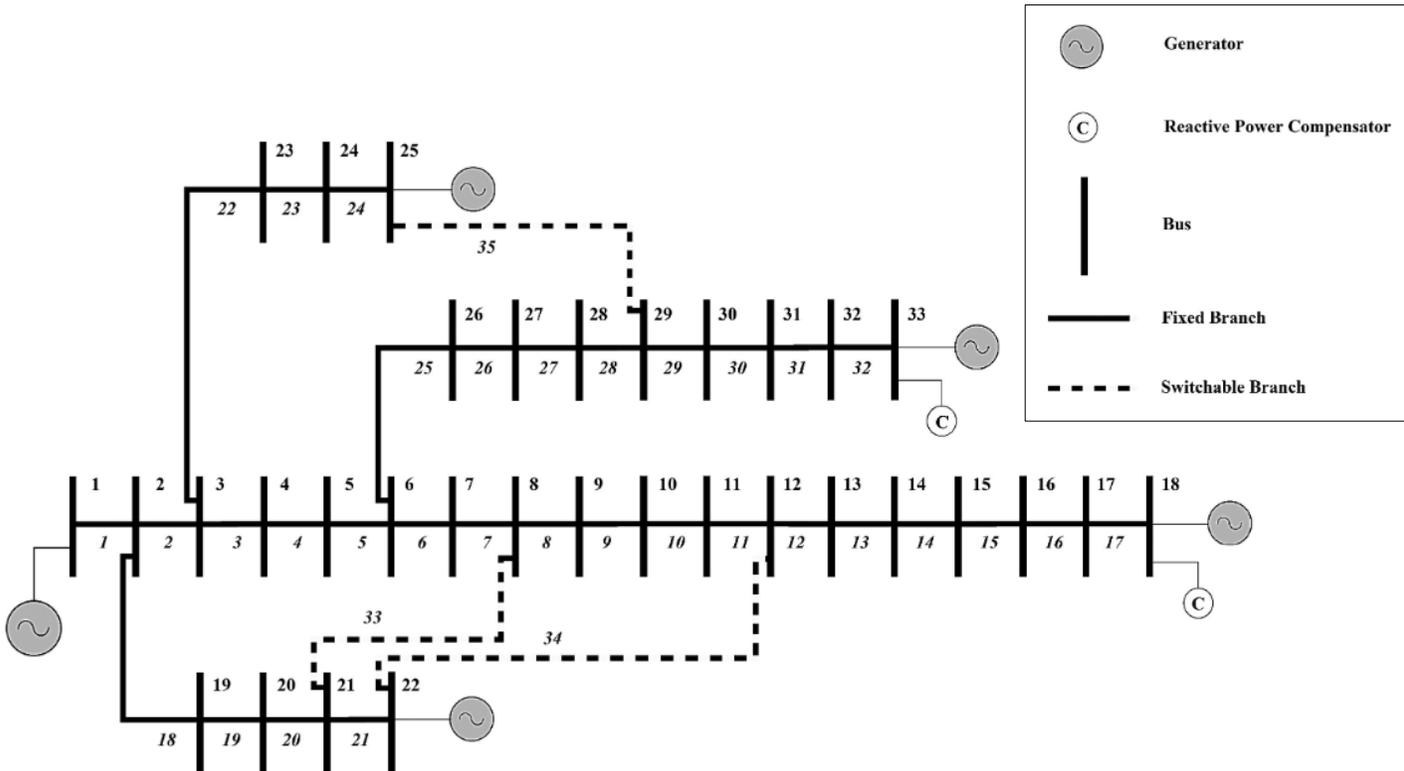


ARIMA



Case Study – Impact of Load Forecast Accuracy on Congestion Management

IEEE 33-node Test System

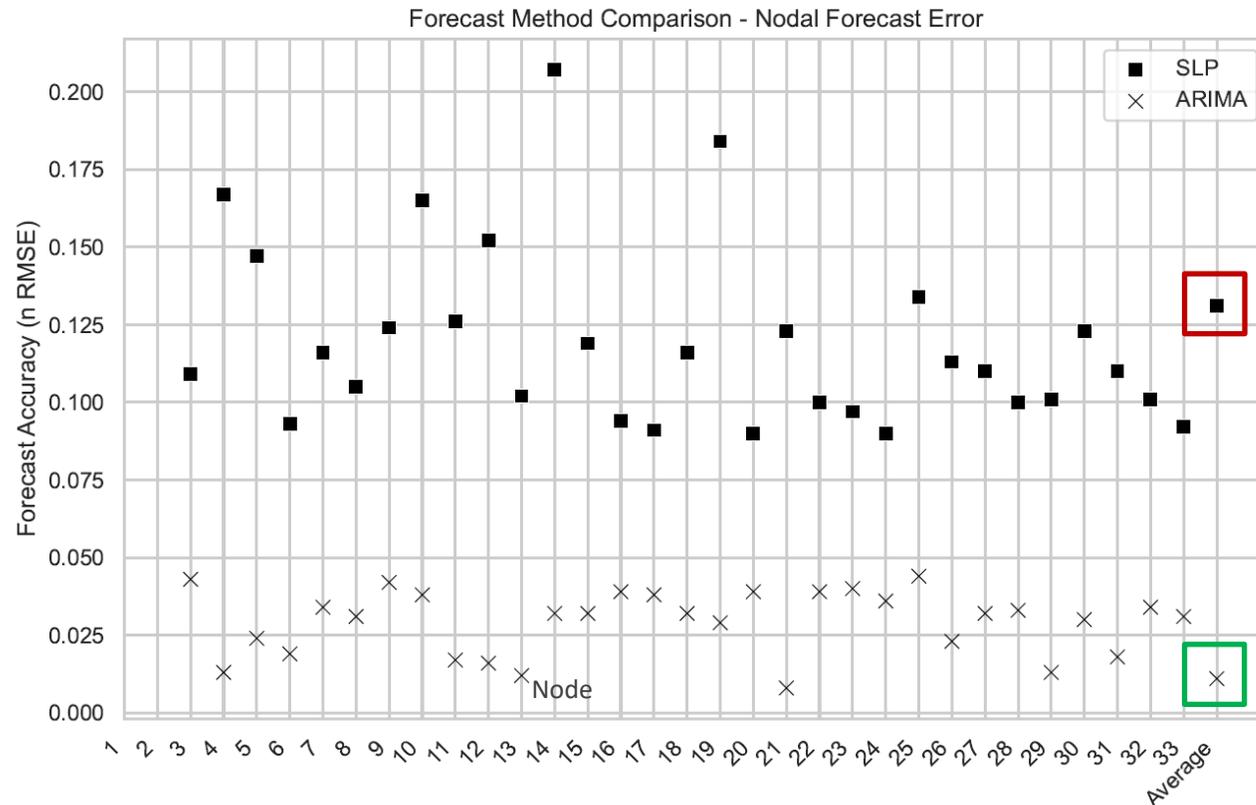


Setup

- 33 Nodes $n \in N$
- 8760 timesteps $t \in T$
- Synthetic load profiles $\forall n \in N$
- Mapped 4580 Smart Meter Profiles to nodes
- Dispatch of generation units
- AC power flow calculation

Case Study – Forecast Accuracy & Uncertainty Simulation

Forecast Accuracy: SLP vs. ARIMA

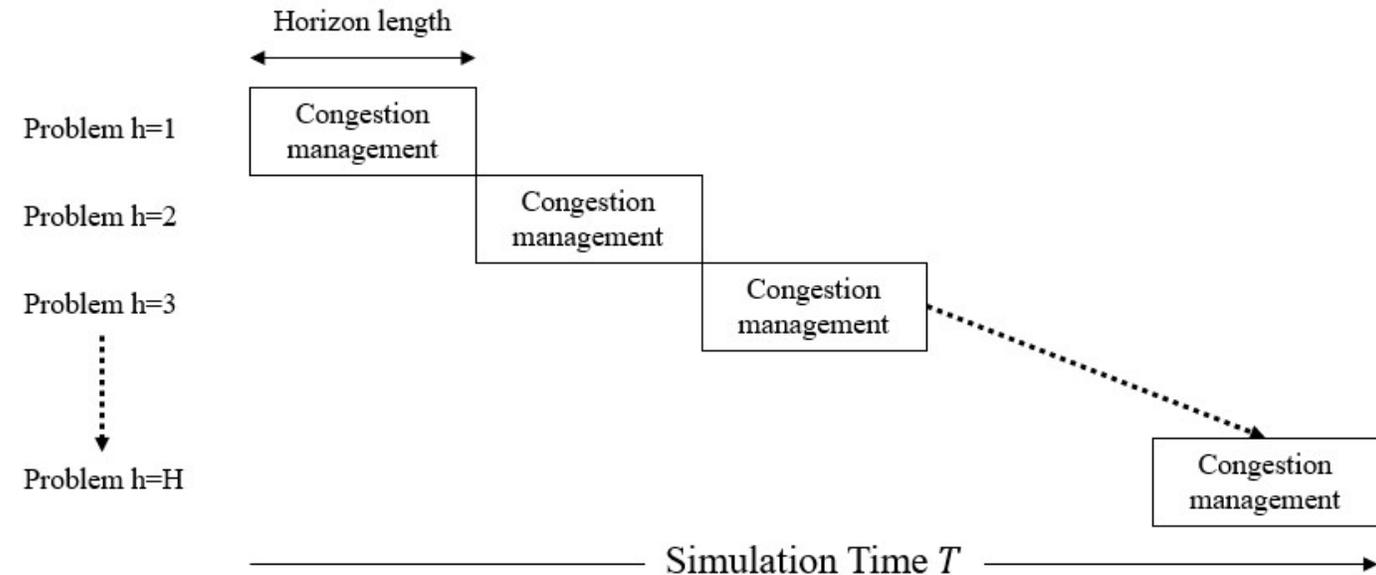


Uncertainty Simulation

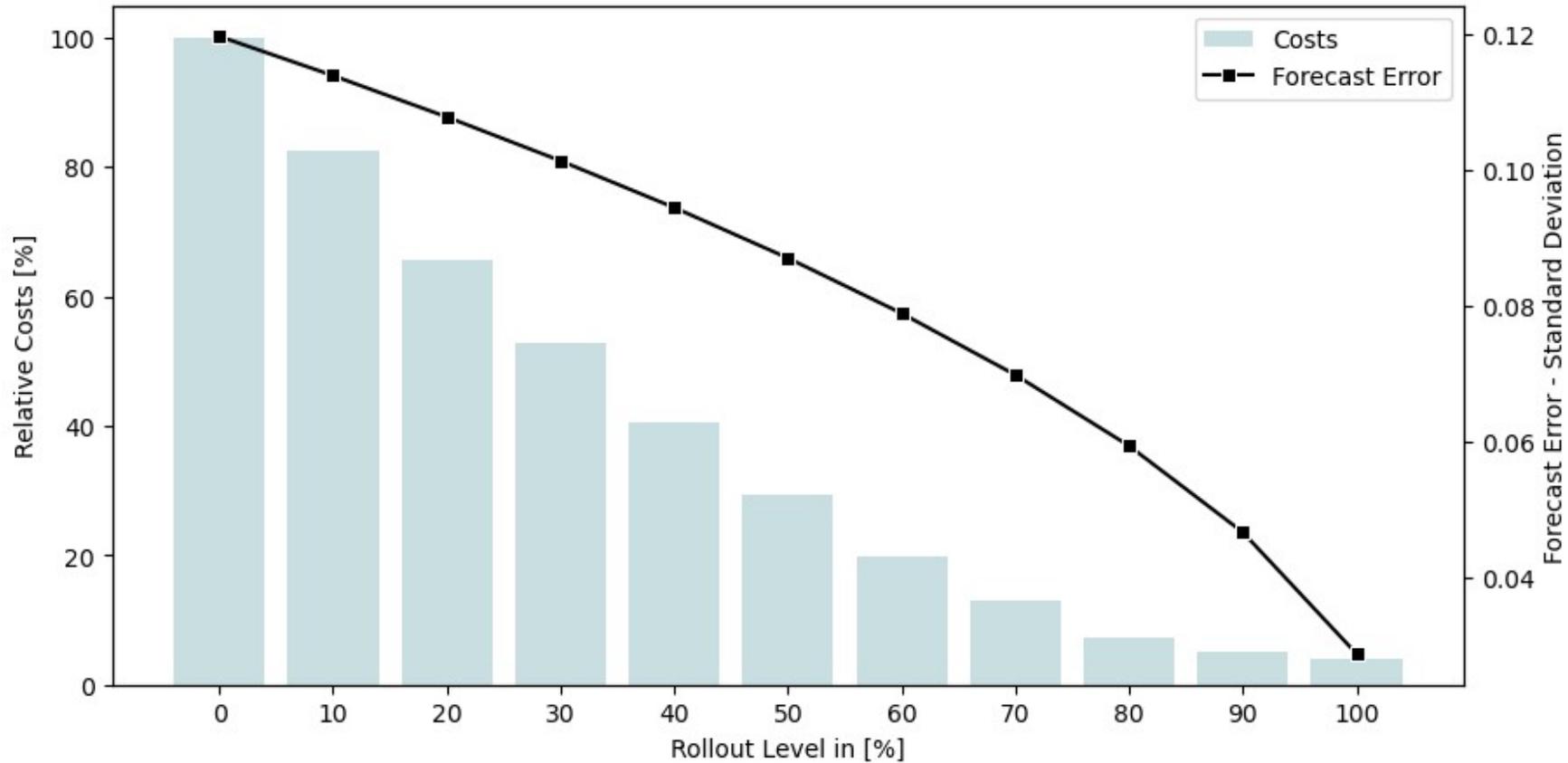
- **Assumption:**
 $forecasted\ load = Real\ load + Error$
 $\triangleright \widetilde{l}_{n,t} = l_{n,t} + \epsilon_{n,t}$
- **Random variable:** $\epsilon_{n,t} \sim N(\mu, \sigma^2)$
 $\triangleright \mu = 0$
 $\triangleright \bar{\sigma}_{SLP} > \bar{\sigma}_{ARIMA}$
- **Monte Carlo Simulation** of $\epsilon_{n,t}$
 $\triangleright 100\ samples\ \forall n \in N, \forall t \in T$
 $\triangleright 100\ samples\ of\ \widetilde{l}_{n,t}$
 $\triangleright 100\ samples\ of\ line\ flows\ and\ voltage\ levels$

Case Study – Methodology

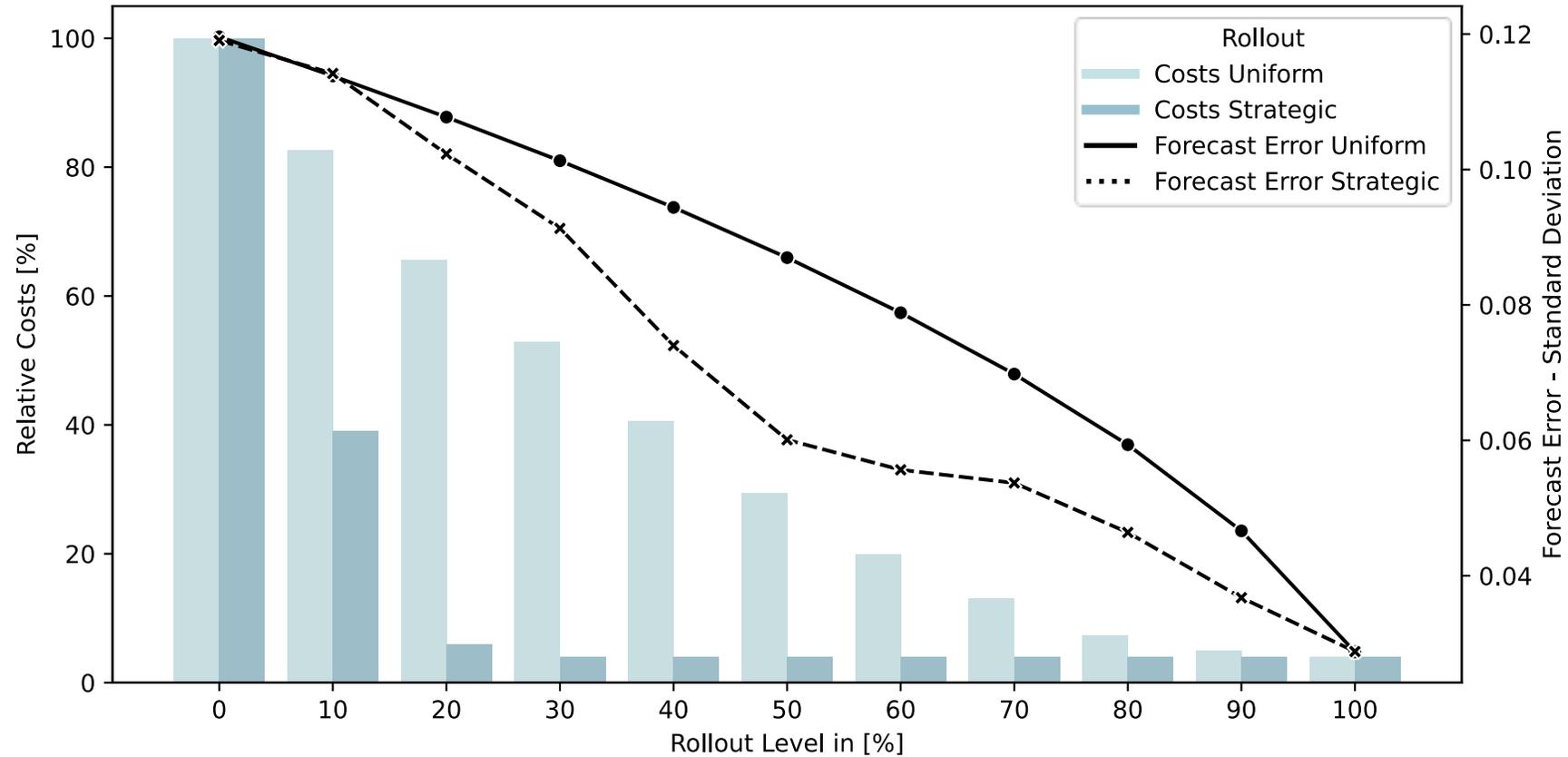
- Rolling Horizon
- Linear Optimization
- Day-Ahead Forecast
- Generator Rescheduling
- Congestion Management Costs
- Two Smart Meter Rollout Strategies
 - Uniform Rollout
 - Strategic Rollout



Case Study – Uniform Rollout and Congestion Management Costs

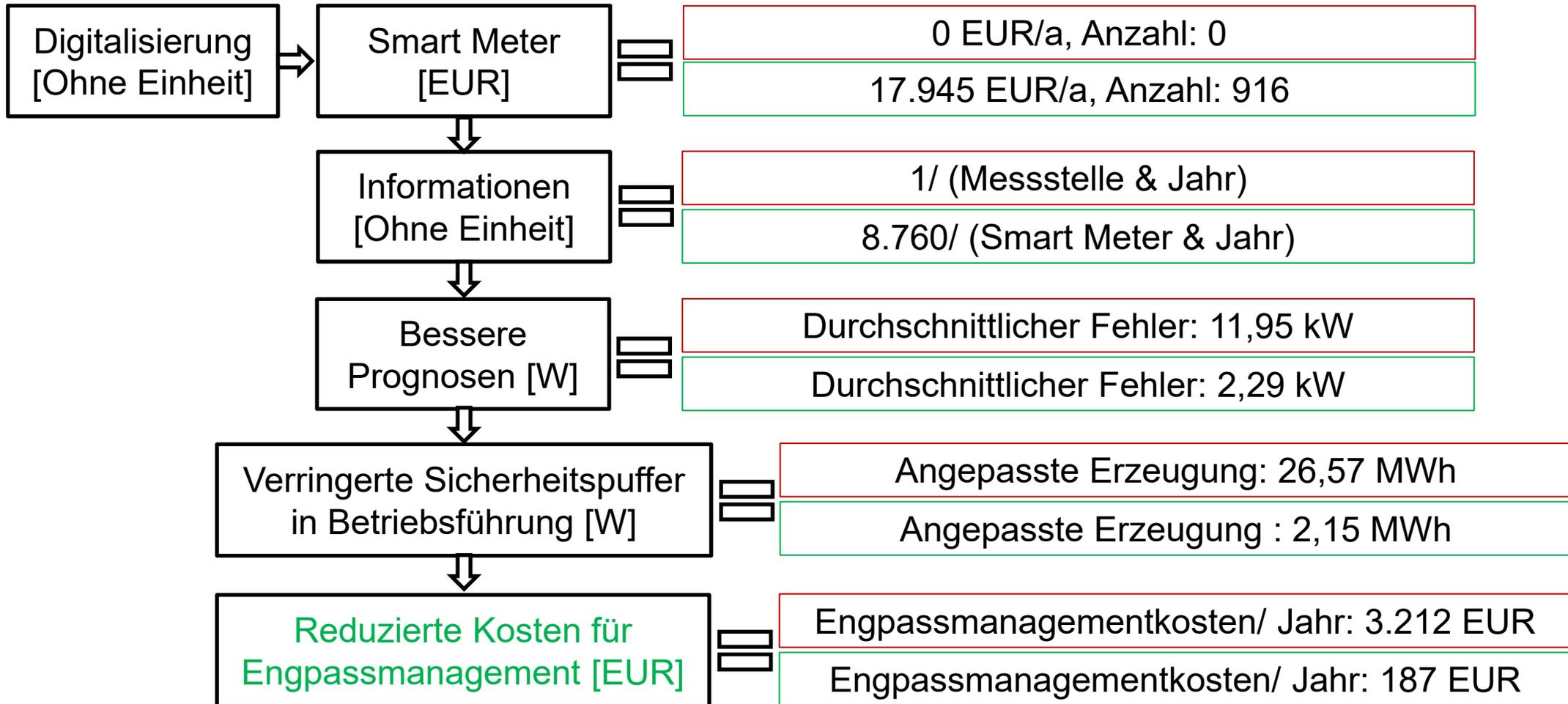


Case Study – Strategic Rollout vs. Uniform Rollout



Herausforderung → Ergebnis Vergleich

Kein Rollout
 Strategischer Rollout



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Brandenburgische Technische Universität

Prof. Dr. Felix Müsgens

Lehrstuhl Energiewirtschaft

<https://www.b-tu.de/fg-energiewirtschaft>

[Energie Innovationszentrum - BTU Cottbus-Senftenberg \(b-tu.de\)](https://www.b-tu.de/fg-energiewirtschaft)

[Google Scholar](#)

[Researchgate](#)

[Energy Economics – YouTube](#)

[LinkedIn](#)

102 Millionen Euro für die zukünftige Energiemodellregion Lausitz

12.10.2022

Wissenschaftsministerin Dr. Manja Schüle und Sandra Langhof-Siewert von der Staatskanzlei des Landes Brandenburg übergeben den Zuwendungsbescheid an das neue Energie-Innovationszentrum (EIZ) der BTU. Über 90 Wissenschaftler*innen aus 14 Fachgebieten forschen gemeinsam mit mehr als 40 Partnereinrichtungen an der effektiven und effizienten Energieversorgung der Zukunft.

Cottbus entwickelt sich derzeit zu einem der dynamischsten Energieforschungsstandorte Deutschlands. Denn: Die Bundesregierung hat sich mit der Energiewende ein ambitioniertes Ziel gesetzt, für dessen Erreichung grundlegende Veränderungen unserer Systeme für die Energieversorgung notwendig sind. Eine Herausforderung insbesondere für die Lausitz als traditionellem Zentrum der Braunkohlenförderung und -verstromung: Sie muss sich neu aufstellen. Deshalb entwickeln in einem neuen Forschungs-Cluster Wissenschaftler*innen der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) und eines interdisziplinären Partnernetzwerks innovative



Das Energie-Innovationszentrum geht an den Start. Freude nach der Überreichung des Zuwendungsbescheides: (v.l.n.r.) Prof. Mario Ragwitz (Institutsleiter des Fraunhofer IEG), Prof. Johannes Schiffer (Projektleitung EIZ), BTU-Präsidentin Prof. Gesine Grande, Wissenschaftsministerin Dr. Manja Schüle, Prof. Felix Müsgens (Projektleitung EIZ)