



Forecasting Renewables

Machine-Learning-basierte Ertragsprognosen für erfolgreiche Erneuerbare

November 2023



Frage:

Wieviel Ausgleichsenergiekosten lassen sich pro Monat und 10 MW installierter Leistung mit einer soliden Prognose einsparen?

500€ – 3.000€

3.000€ – 8.000€

8.000€ – 15.000€

15.000€ – 20.000€

4cast – *heartbeat of renewables*

Genauere Ertragsabschätzungen für die Energiewende

“ DER PRÄZISE BLICK IN DIE ZUKUNFT –
ERNEUERBARE WERDEN BERECHENBAR. ”



Warum Ertragsprognosen relevant sind

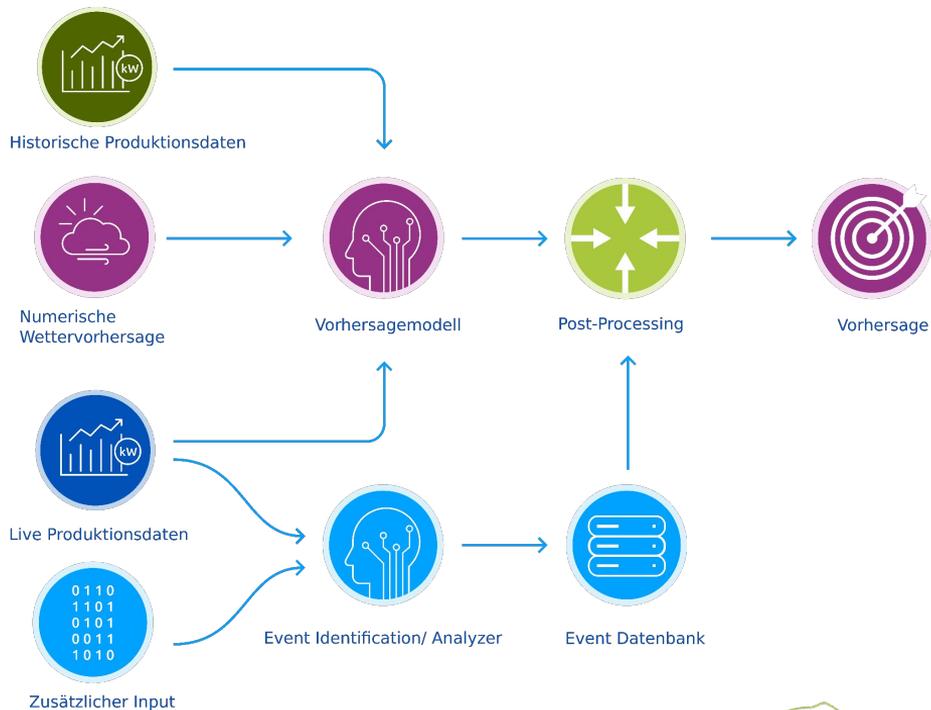
Investiere an der richtigen Stelle



- Stromproduktion ist wetterabhängig
- Schwankungen der Netzstabilität
- Schwankungen der Energiepreise
- für (kurzfristige) Handelsentscheidungen müssen Erträge abgeschätzt werden
- Ausgleichsenergiekosten sparen

Prognoseerstellung

Illustration der Datenverarbeitung



Ertragsprognose für Wind-
und Solarenergie



Vorhersagezeiträume

- Intraday
- Day-Ahead
- Long-term

Zentrale Bedeutung von Datenqualität

Mehr Daten - Mehr Möglichkeiten

Verfügbare (historische) Produktionsdaten

Keine Daten

Wenige Daten

„Fülle“ an Daten

Mögliches Modell

→ Physikalisches Modell



→ Machine-Learning Modell



→ Deep-Learning Modell





Die Modelle

Physikalisches Modell
Machine-Learning Modell
Deep-Learning Modell





Physikalisches Modell

Auf Grundlage physikalischer Gesetzmäßigkeiten

- Berechnung der Stromproduktion mithilfe der Physik
- Unabhängig von Produktionsdaten
- Realistische Näherungen



Park
Spezifikationen

Einstrahlung auf
das Modul

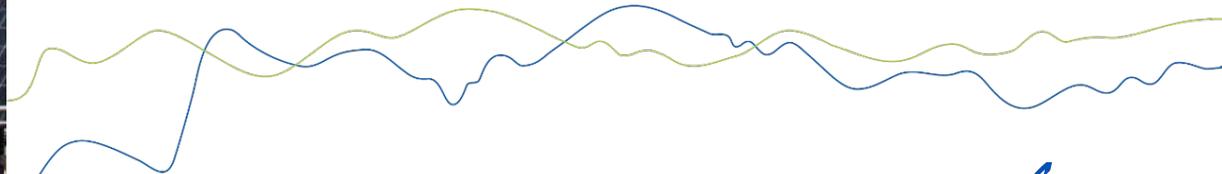
Temperatur des
Moduls



Abschattung

Orographie

Leistungs-
kennlinie

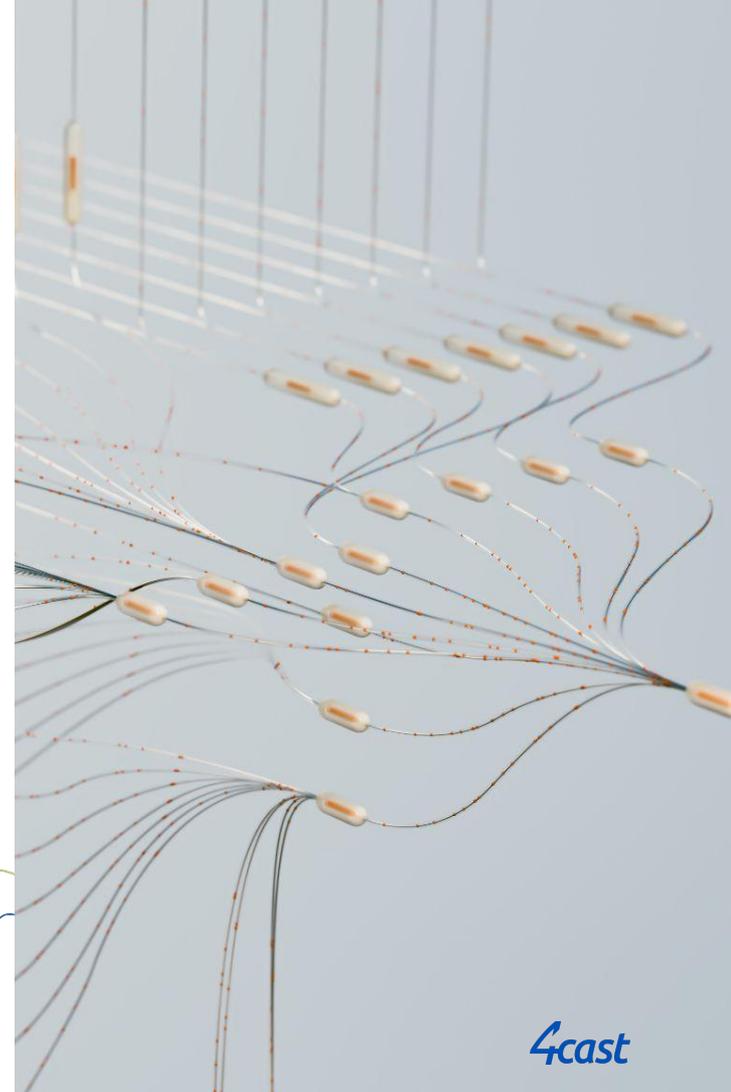


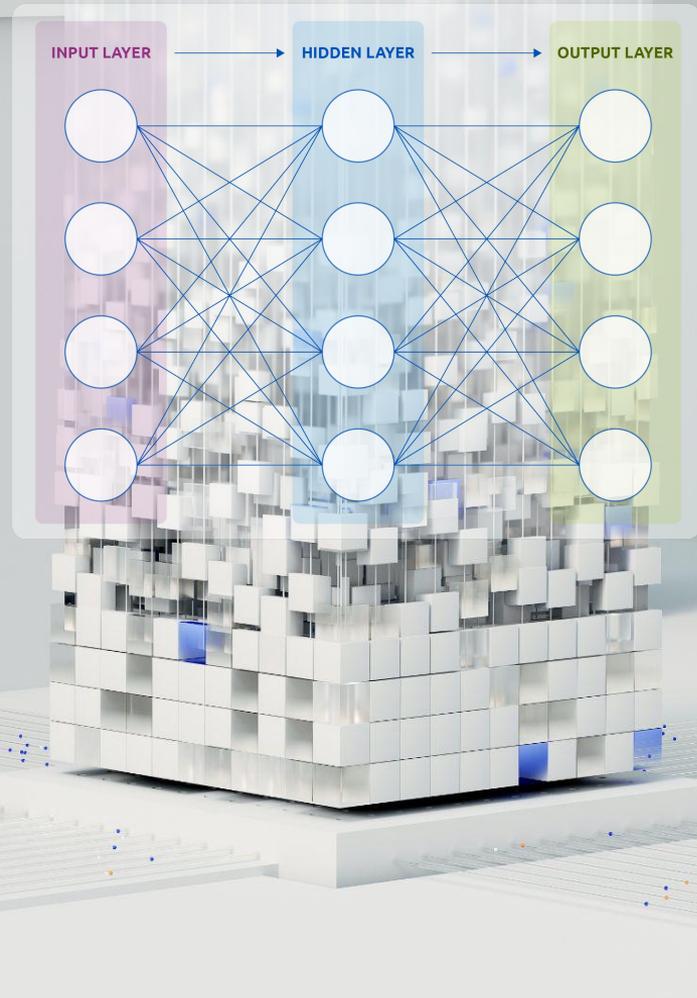
Machine Learning

Erkennung von Mustern



- Statistik statt Physik
- Data-Cleaning (Datenaufbereitung)
- Lernen von Mustern statt Auswendiglernen
- Vorhersage basierend auf den erkannten Mustern
- Anfällig für Veränderungen in der Umgebung



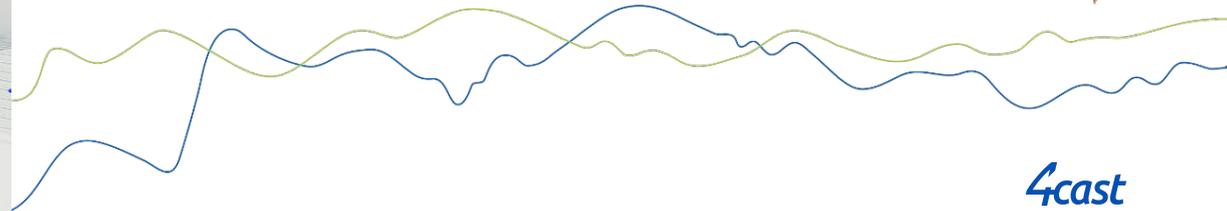


Deep Learning

Künstliche neuronale Netze



- Unterkategorie von Machine Learning
- Namensgebend sind die hidden-layers
- Sprachmodelle, Bilderkennung, usw.
- Kann chronologische Abfolge in Zeitreihen verstehen
- Datenhungrig

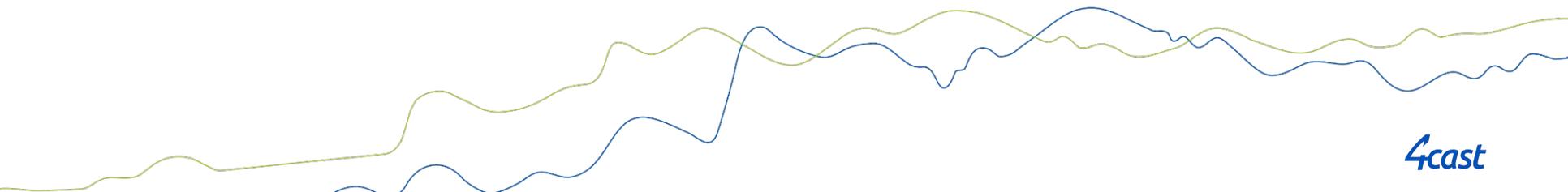
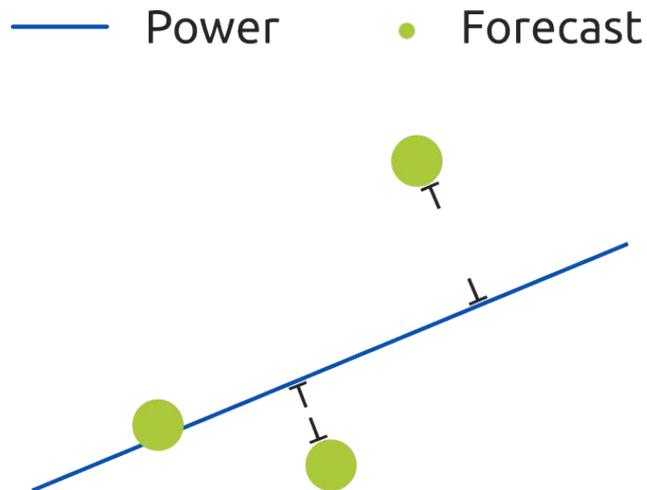


Bewertungskriterien

Qualität der Prognose interpretieren

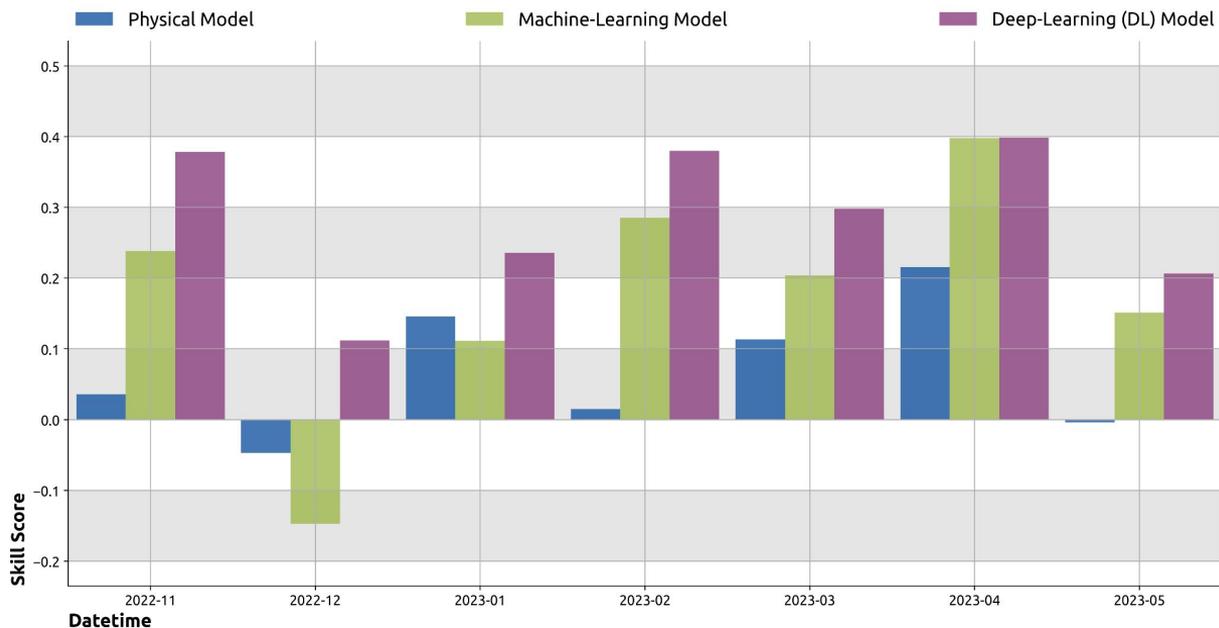
$$\text{MAE} = \frac{\sum_t^n |\text{forecast}_t - \text{power}_t|}{n}$$

$$\text{Skill Score} = 1 - \frac{\text{MAE}_{\text{forecast}}}{\text{MAE}_{\text{reference}}}$$



Vorhersage: Photovoltaik

Skill Score, Einsparmöglichkeiten



Ausgleichsenergiekosten
Deutschland* ~125 €/MWh

installierte Leistung: 10 MW

Einsparmöglichkeiten

→ **Physikalisches Modell**



→ 2.090 €/Monat

→ **Machine-Learning
Modell**



→ 5.600 €/Monat

→ **Deep-Learning (DL)
Modell**

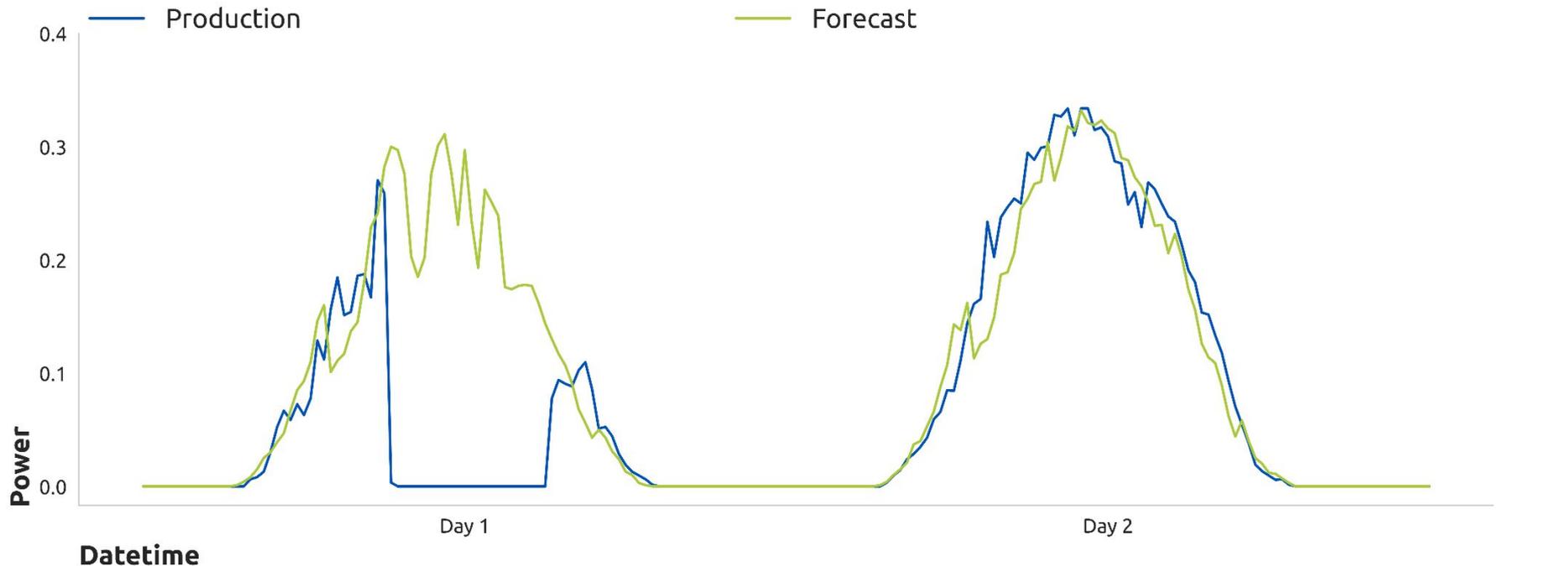


→ 7.800 €/Monat

* 15min Ausgleichsenergiepreis von www.smard.de

Filtern von Events

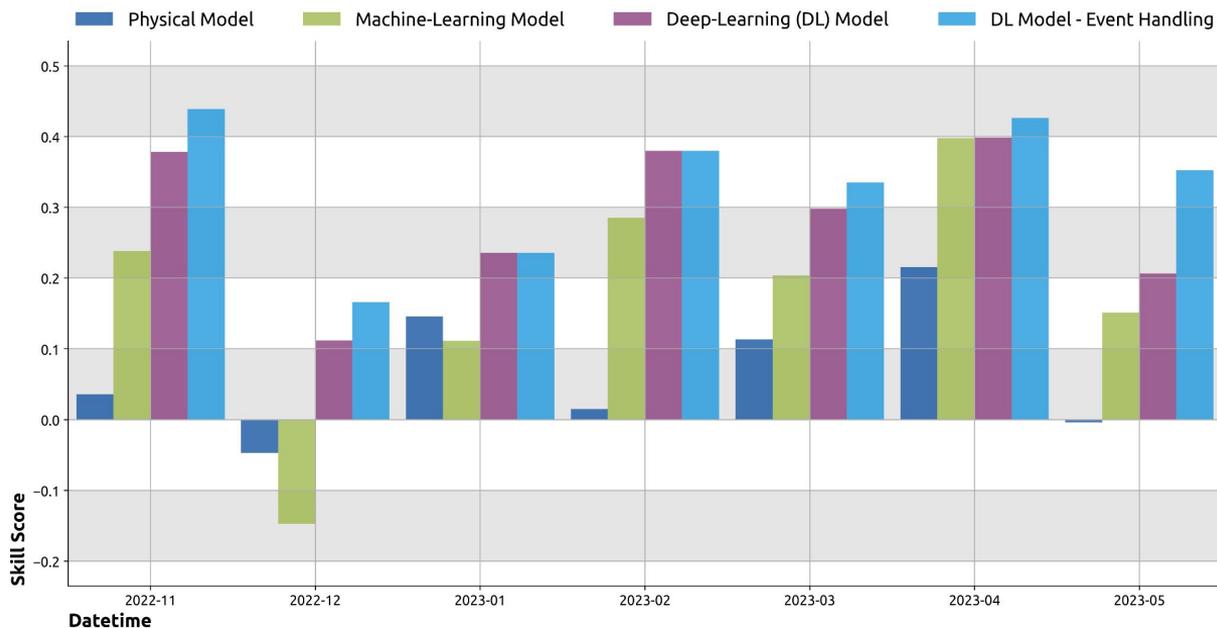
Auswirkungen von Abschaltungen auf die Vorhersage



Vorhersage: Photovoltaik



Skill Score, Einsparmöglichkeiten



Ausgleichsenergiekosten
Deutschland* ~125 €/MWh

installierte Leistung: 10 MW

Einsparmöglichkeiten



→ **Physikalisches Modell**
→ 2.090 €/Monat



→ **Machine-Learning Modell**
→ 5.600 €/Monat



→ **Deep-Learning (DL) Modell**
→ 7.800 €/Monat



→ **DL Modell – Event Handling**
→ 9.200 €/Monat

* 15min Ausgleichsenergiepreis von www.smard.de

Vorhersage: Windkraft

Skill Score, Einsparmöglichkeiten



Ausgleichsenergiekosten
Deutschland* ~125 €/MWh

installierte Leistung: 10 MW

Einsparmöglichkeiten



→ **Physikalisches Modell**
→ 3.000 €/Monat



→ **Machine-Learning Modell**
→ 13.600 €/Monat

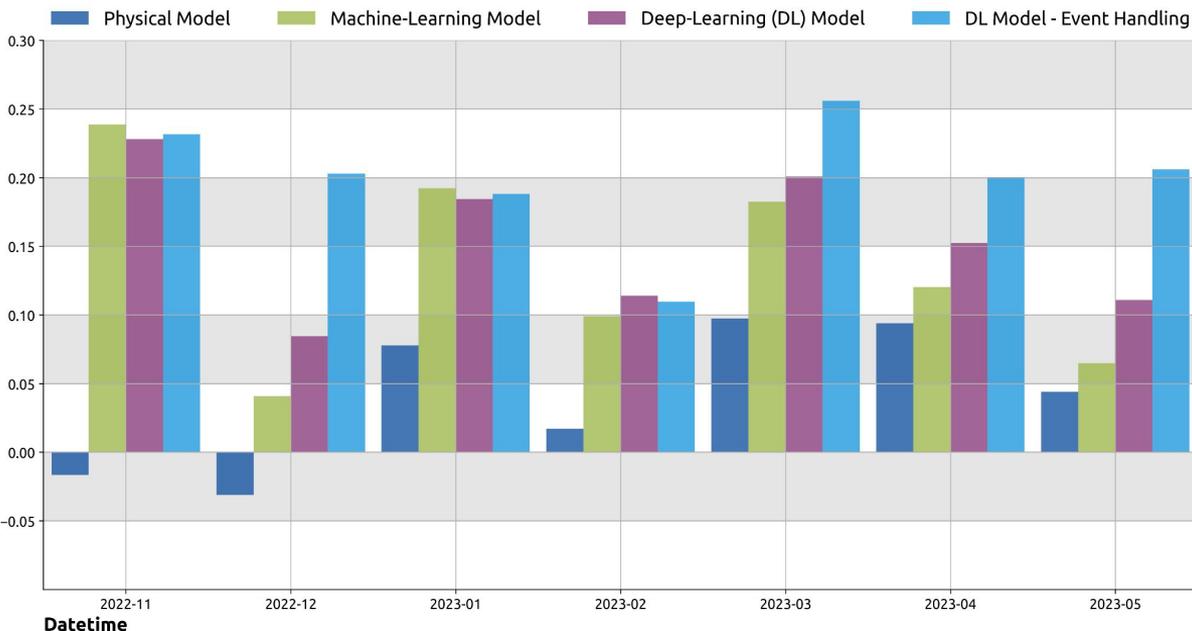


→ **Deep-Learning (DL) Modell**
→ 15.400 €/Monat



→ **DL Modell – Event Handling**
→ 20.100 €/Monat

* 15min Ausgleichsenergiepreis von www.smard.de



4cast

*Vielen Dank
und wir freuen uns, Sie uns an
unserem Stand zu treffen!*

Verknüpfen Sie sich auf
[LinkedIn](#)

Dr. Philipp Loske
philipp.loske@4-cast.de

4cast GmbH & Co. KG
Friedrich-Ebert-Str 8
14467 Potsdam
hello@4-cast.de

