

# KI als Beschleunigerin der Energiewende

Katharina Strecker (ZSW), Holger Behrends (DLR), Ulrich Frey (DLR), Lilli Frison (Fraunhofer ISE), Ulrich Paetzold (KIT), Oscar Ramírez-Agudelo (DLR)

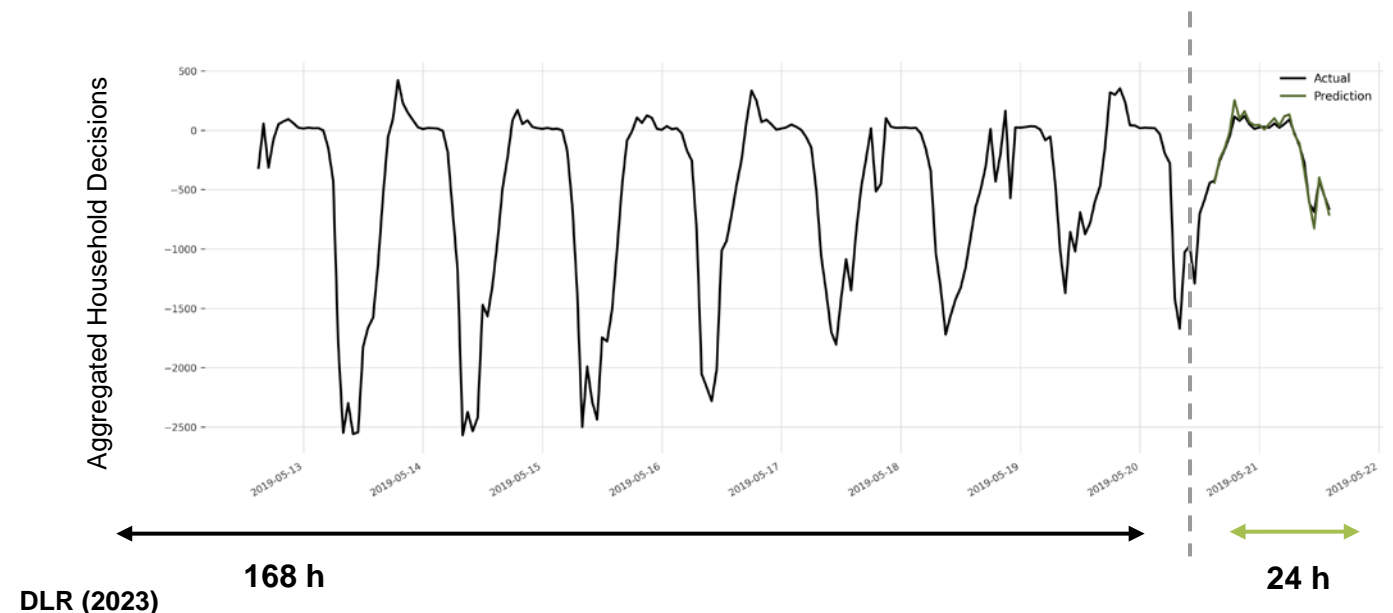


## Rückblick & Status Quo: KI-Methoden für EE

- Künstliche Intelligenz (KI) ist kein neues Thema für die Energiebranche
- KI-Methoden sind seit Jahrzehnten in vielen Prozessen der EE Forschung und im Energiesystem integriert
- Die Energiebranche ist eine der Kernbranchen von KI und wird es vorerst bleiben
  - Daten sind oft als Tabellen und Zeitreihen verfügbar
  - Trainingsdauer und Datenlabeling sind oft weniger zeitintensiv

Beispiele etablierter KI-Anwendungen:

- Prognosen
- Intelligente Betriebsführung und Planung



# KI-Methoden bewältigen die Herausforderungen der Energiewende

Die Energiewende wirft neue und verschärfte Herausforderungen auf:

- Erhöhter Bedarf an **Flexibilität** des Energiesystems
- Erhöhter Bedarf an **Stabilität** des Energiesystems

KI-Methoden können diese Herausforderungen adressieren und damit Blockaden in der Energiewende lösen.

Die Stärken von KI-Methoden hierfür sind:

- Berücksichtigung komplexer **Zusammenhängen**
- Transfer von **ähnliche Muster aus der Datenhistorie für neue Szenarien**
- **Schnelles, automatisiertes und intelligentes Agieren**
- ...

# Forschungsbeiträge für KI-Methoden im zukünftigen Energiesystem

## Projekt AI4HP

### Ziel:

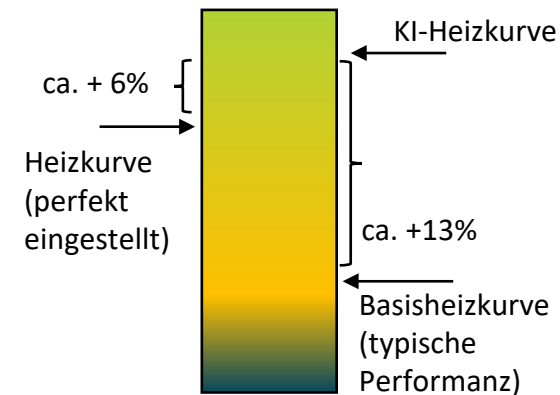
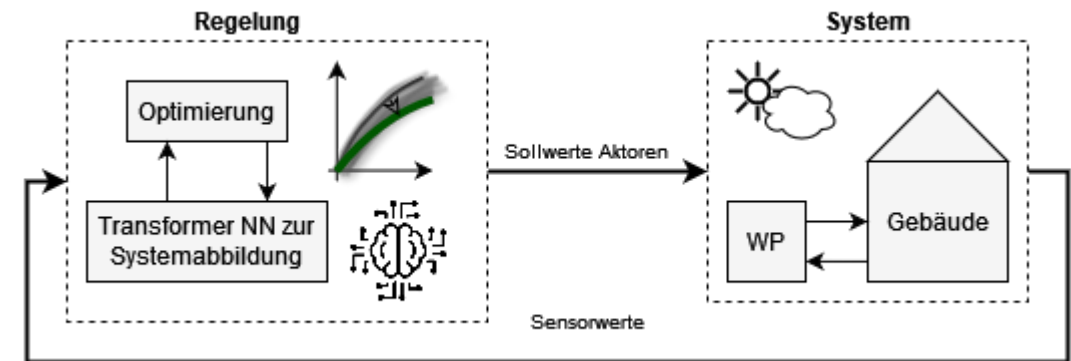
„Intelligenten Wärmepumpen“, die sich mithilfe von KI adaptiv an veränderte Randbedingungen anpassen

### Beispiel KI-Nutzung: KI für einen adaptiven Heizkurvenalgorithmus

- Neuronales Netz (NN) bildet das thermische Verhalten des Gebäudes anhand von Sensordaten und Wettervorhersagen ab.
- Optimierung findet beste Heizkurve für das Gebäude

### Ergebnisse (Simulation)

- Verbesserter COP-Wert um ca. 0.2
- Einsparung Energieverbrauch um ca. 13% Einsparung
- Test in realen Gebäuden in Umsetzung



Erwartbare Einsparung Energieverbrauch Adaptive Heizkurve gegenüber herkömmlichen Heizkurven

(ISE 2023)

# KI-Methoden bewältigen die Herausforderungen der Energiewende

Die Energiewende wirft neue und verschärfte Herausforderungen auf:

- Erhöhter Bedarf an Flexibilität des Energiesystems
- Erhöhter Bedarf an Stabilität

KI-Methoden können diese Herausforderungen adressieren und damit Blockaden in der Energiewende lösen.

Vorteile von KI und maschinellem Lernen hierfür sind:

- Berücksichtigung komplexer **Zusammenhängen**
- Transfer von **ähnliche Muster aus der Datenhistorie für neue Szenarien**
- **Schnelles, automatisiertes und intelligentes Agieren**
- **Erkennung von Abweichungen** und Ereignissen

# Forschungsbeiträge für KI-Methoden im zukünftigen Energiesystem

## Projekt PV-DiStAnS

### Ziel:

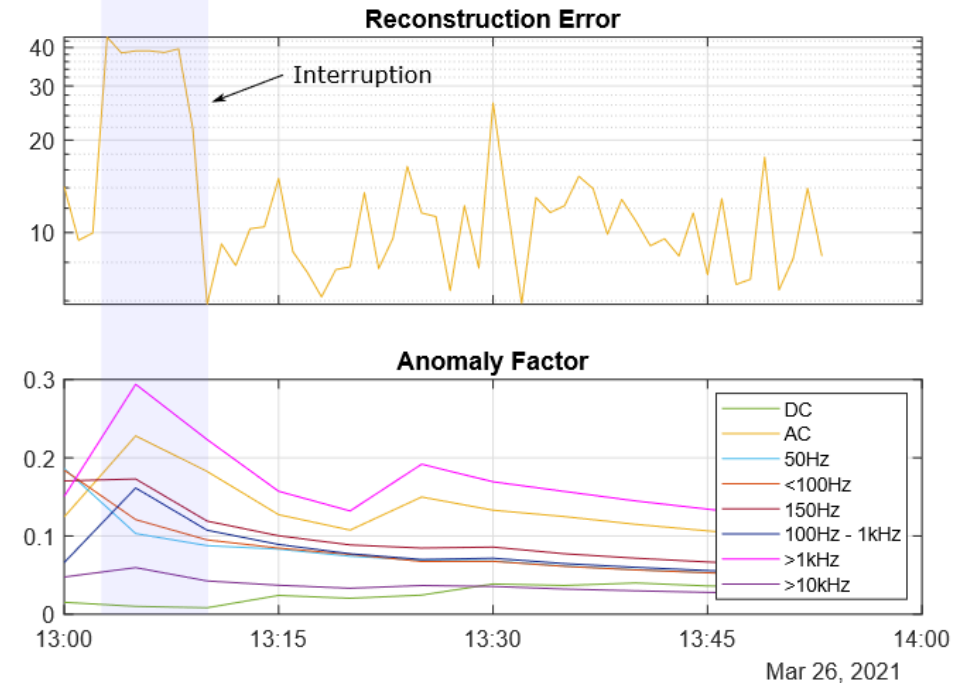
- KI-basierte Zustandsbewertung und Fehleranalyse in PV-Großanlagen
- Erkennung von Isolationsfehlern, elektrischen Lichtbögen, erhöhten Serienwiderständen, Degradationseffekten

### Eingesetzte KI-Methoden:

- KI analysiert elektrischen Verhaltens der Anlage über die Zeit
- Abweichungen vom normalen Anlagenbetrieb werden mit einer Kombination aus Variational Autoencoder-Algorithmen und Pattern Recognition erkannt und klassifiziert

### Auswirkung:

- Minimierung von Stillstandszeiten durch vorausschauende Wartung
- Erhöhung der Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von PV-Großanlagen



(DLR 2022)

# Ausblick: KI-Methoden im zukünftigen Energiesystem

Die Potenziale im Energiesystem für den Einsatz von KI sind groß mit steigender Tendenz. Gründe dafür sind:

- Wachsende Datenverfügbarkeit
- Digitalisierung schafft neue Anwendungsfelder
- Verbesserte Qualität der KI-Methoden
- Neue, entscheidende KI-Methoden aus internationale KI-Forschung  
→ ermöglichen neue Anwendungsfelder in der Energiebranche und EE-Forschung

Beispiele aufstrebender KI-Methoden mit vielen Potenzialen:

- Erklärbare KI (Explainable AI)
- Generative KI (GenAI)
- Foundation Modelle
- Automatisiertes Maschinelles Lernen (AutoML)
- KI-Methoden für kleine Geräten mit geringem Stromverbrauch (EdgeAI und TinyML)

# Aufstrebende KI-Methoden: Generativen KI (GenAI)

## Potenziale von GenAI:

### 1) GenAI-basierte Chat-Programme können die tägliche Arbeit in der EE-Branche erleichtern durch:

- Schnelles Auffinden von Informationen in (interne) Wissensdatenbanken
- Automatisierte Aufbereitung komplexer, technischer Informationen für Laien



# Aufstrebende KI-Methoden: Generativen KI (GenAI)

## Potenziale von GenAI:

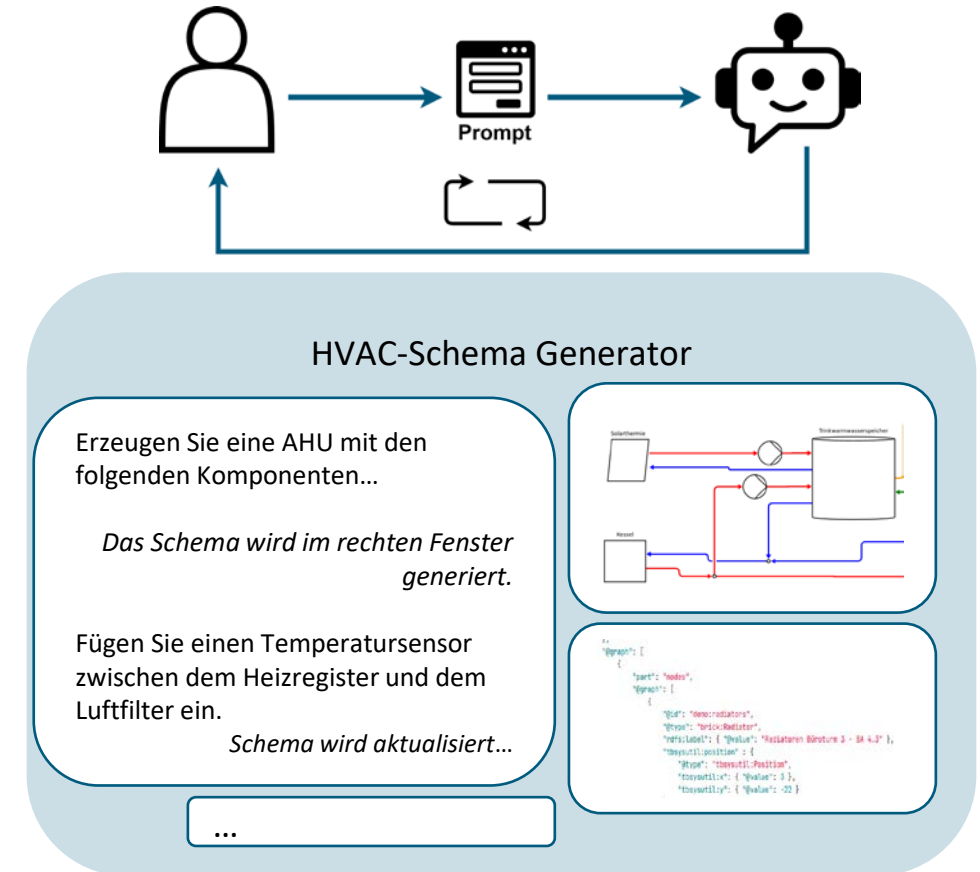
### 1) GenAI-basierte Chat-Programme können die tägliche Arbeit in der EE-Branche erleichtern durch:

- Schnelles Auffinden von Informationen in (interne) Wissensdatenbanken
- Automatisierte Aufbereitung komplexer, technischer Informationen für Laien

### 2) Generierung neuer Daten beispielsweise auf Basis von Prompts:

- Zeitreihendaten für Szenarienanalysen und KI-Trainings
- Datensätze ohne realen Personenbezug
- Erstellung oder Bearbeitung von Bilddaten
- Automatisierte Generierung von Programmcode oder technischen Zeichnungen

### Beispiel: Automatische Schemagenerierung anhand Anlagenbeschreibungen



(ISE 2024)

# Aufstrebende KI-Methoden: Erklärbare KI

## Potenziale von Erklärbarer KI:

- 1) Bisher intransparente KI-Methoden können verständlicher gemacht werden
- 2) Erklärbare KI kann für die Erkenntnisgewinnung für die EE-Forschung verwendet werden

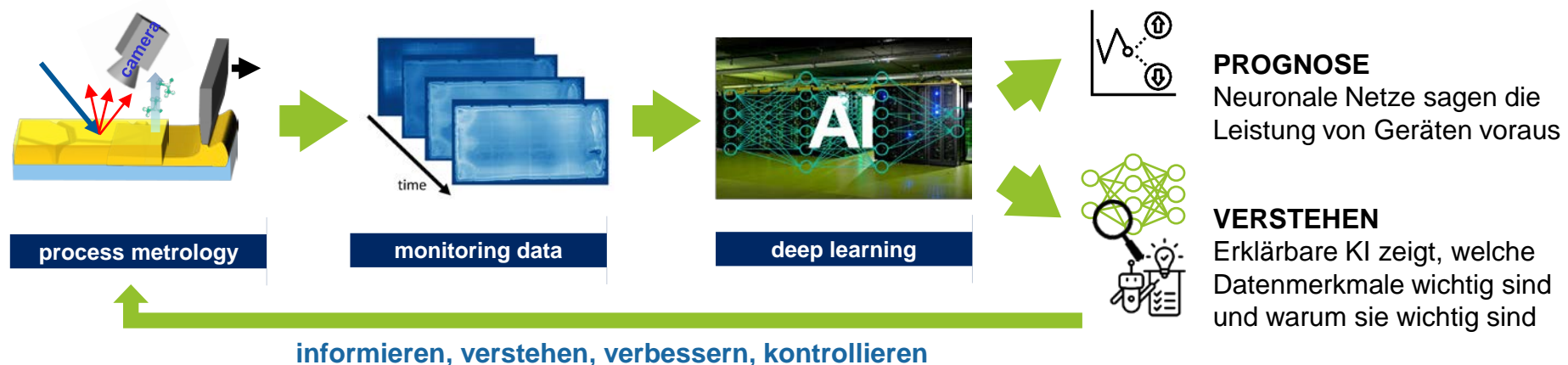
# Aufstrebende KI-Methoden: Erklärbare KI

## Potenziale von Erklärbarer KI:

- 1) Bisher intransparente KI-Methoden können verständlicher gemacht werden
- 2) Erklärbare KI kann für die Erkenntnisgewinnung für die EE-Forschung verwendet werden

### Projekt: Accelerated Materials Discovery for Next Generation (Tandem) Photovoltaics

- Erklärbare KI macht die Zusammenhänge zwischen den im Prozess erfassten Daten und der Leistung des Systems für den Menschen verständlich.



(KIT 2024)

# Fazit

## KI kann die Energiewende beschleunigen denn:

- Die Branche ist bereits mit der Technologie vertraut und die Digitalisierung schreitet voran.
- KI-Methoden sind entscheidend um mehr Flexibilität und Stabilität im Energiesystem zu ermöglichen.
- Neue KI-Methoden eröffnen Forschungs- und Anwendungsfelder, die bisher nicht möglich waren.
- Prozesse werden automatisierter, intelligenter, effizienter aber auch zugänglichere für Laien.

## Um das zu ermöglichen bräuchte es:

- **Leitfäden** für die (deutsche) Energiebranche zur Unterstützung bei der Zurechtfindung der Umsetzung des **europäischen AI Act**.
- Anreize für **Veröffentlichung** von **qualitativ-hochwertigen** und **auffindbaren Datensätzen** um die Forschung und damit auch die Qualität der resultierenden KI-Modelle zu verbessern.

# Quellen

KIT (2024): [Zusammenführung und deutsche Übersetzung]

L. Klein et al. 2024. „Discovering Process Dynamics for Scalable Perovskite Solar Cell Manufacturing with Explainable AI“. *Adv. Mater.* 2024, 36, 2307160.

<https://doi.org/10.1002/adma.202307160>

F. Laufer et al. 2024 *under review*

DLR (2022): [Zusammenstellung aus]

H. Behrends et al. 2022. „Analysis of Residual Current Flows in Inverter Based Energy Systems Using Machine Learning Approaches“. *Energies* 2022 15, 582. <https://doi.org/10.3390/en15020582>

DLR (2023):

U. Frey et al. 2023. “Uncertainties and interactions in various transition pathways of a decentralized energy system“. (Präsentation, International Ruhr Energy Conference (INREC) 2023, 2023-09-05 - 2023-09-06, Essen, Deutschland.)

ISE (2023):

L. Frison et al. 2024. "Adaptive neural network based control approach for building energy control under changing environmental conditions", *Proceedings of the 6th Annual Learning for Dynamics & Control Conference*, PMLR 242:1741-1752

ISE (2024):

*Potentiale Generative KI für optimierten Gebäudebetrieb*, (Präsentation, noch unveröffentlicht)

Titelbild:

Bild generiert mit der Hilfe von DALL-E 3 <https://openai.com/index/dall-e-3/>