

15.02.2024 | 18. Symposium Energieinnovation, 14.-16.02.2024, Graz/Austria

# Daily Decision Model for Industrial Energy Flexibility Considering Economic Risk through Conditional Value-at-Risk

Isabella BIANCHINI, Lea BITTEROLF, Alexander SAUER

**Vortragende:** Yvonne Eboumbou



# Agenda

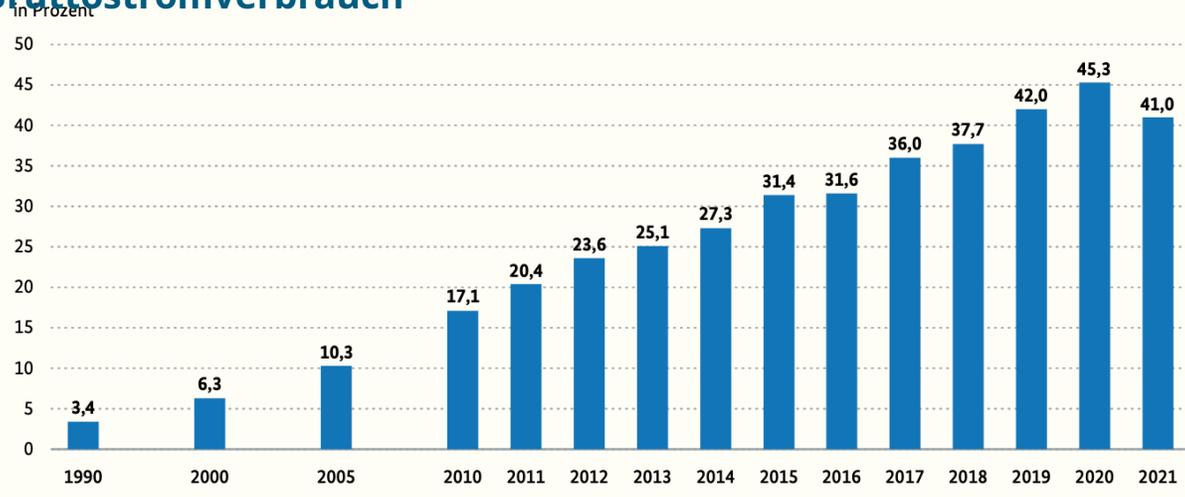
---

1. Motivation
2. Energieflexibilität für industrielle Unternehmen
3. Day-Ahead Planungsmodell für industrielle Energieflexibilität unter der Betrachtung von Risiko
4. Ergebnisse des täglichen Planungsmodells
5. Untersuchung des Einflusses verschiedener Verteilfunktionen
6. Zusammenfassung und Fazit

# 1. Motivation

## CO<sub>2</sub>-neutrale, nachhaltige aber volatile Energieerzeugung

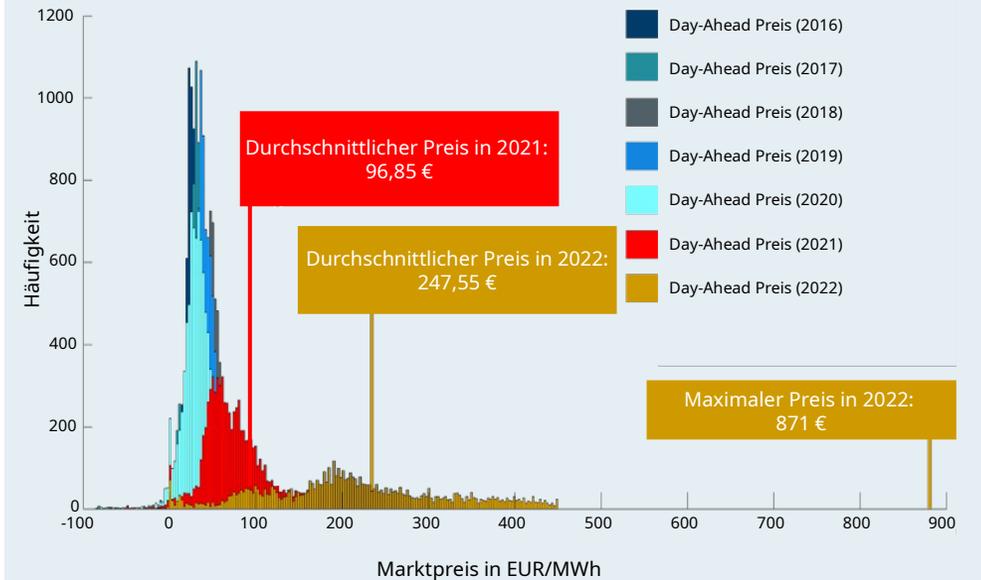
### Anstieg des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

- ▶ Industrieunternehmen müssen sich den Veränderungen anpassen, um profitabel zu bleiben
- ▶ Senkung der Energiekosten durch Energieflexibilität

### Verteilung des Strompreises zwischen 2016 und 2022

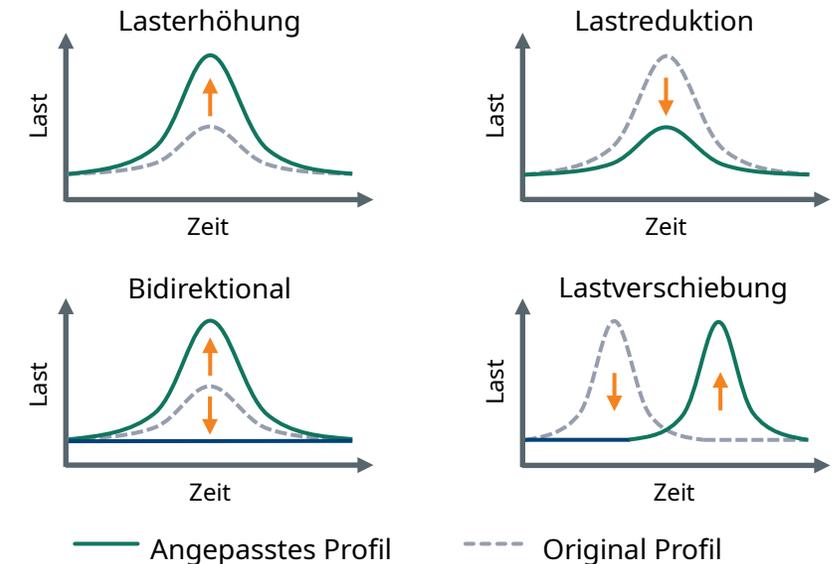


Kopernikus-Projekt Synergie (FIM/FIT)

## 2. Energieflexibilität für industrielle Unternehmen

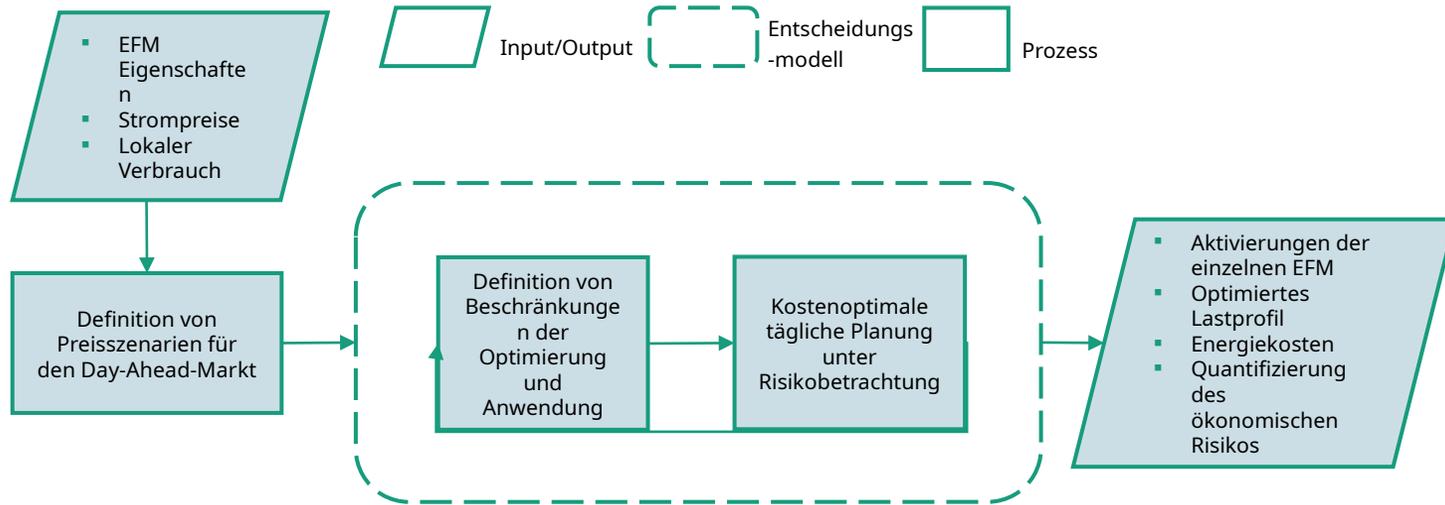
- **Energieflexibilität:** Die Fähigkeit eines Produktionssystems, sich schnell und mit sehr geringem Aufwand an Änderungen des Energiemarktes anzupassen.
- **Energieflexibilitätsmaßnahmen (EFM):** bewusste Handlung zur Durchführung einer definierten Zustandsänderung
- Industrielle Unternehmen müssen im Voraus ihre EFM planen und unterliegen dadurch **Risiken** wegen Preis-, Last- und erneuerbare Energieerzeugungsvorhersagen
- Quantifizierung des Risikos hilft in der Entscheidungsfindung in der Aktivierung von Energieflexibilitätsmaßnahmen
- **Lösungsidee:** Szenarien des unsicheren Parameters sind mit bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeiten verfügbar und EFM-Einsatz wird mithilfe **stochastischer Programmierung** in Optimierungsprobleme definiert

### Arten von Energieflexibilitätsmaßnahmen



Reinhart et al. 2012, Grassl 2015, Tristan et al. 2020

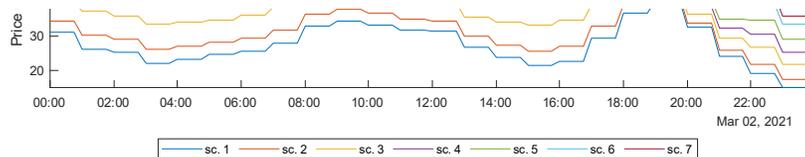
# 3. Day-Ahead Entscheidungsmodell für industrielle Energieflexibilität unter der Betrachtung von Risiko



Betrachtete Energieflexibilitätsmaßnahmen:

- Energiespeicher (ESS)
- Ladesäulen für Elektrofahrzeuge (EV)
- Druckluftspeicher (CA)

Methodik angelehnt an Bianchini et al., Industrial Energy Flexibility Scheduling Based on Conditional Value at Risk, 2023.



- Ziel: Minimierung der Kostenvariation, bestehend aus:
  - Der zu erwartenden stochastischen Kostenvariation
  - Dem Risikomaß Conditional Value-at-Risk (CVaR)
  - Dem Gewichtungsfaktor  $\omega$  für Risikobereitschaft

(eq.1)

Abb. 1: Preisszenarien für einen Herbstwochentag.

# 4. Ergebnisse des täglichen Entscheidungsmodells

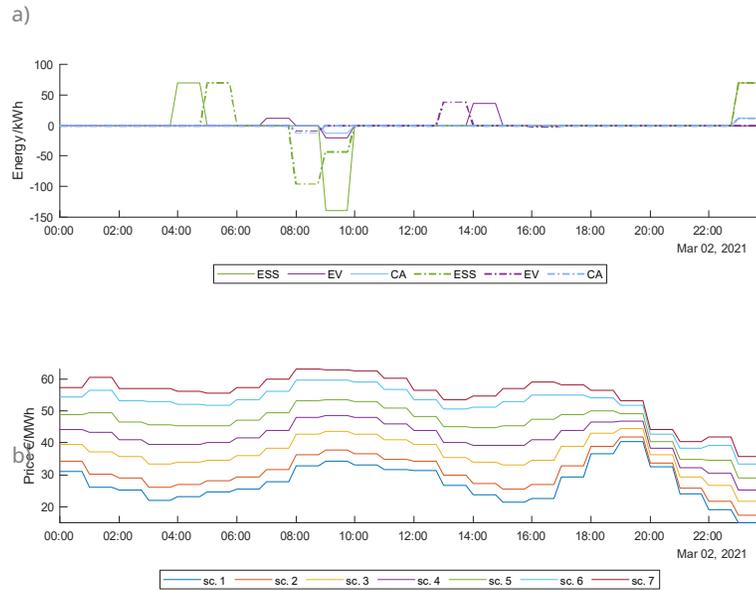
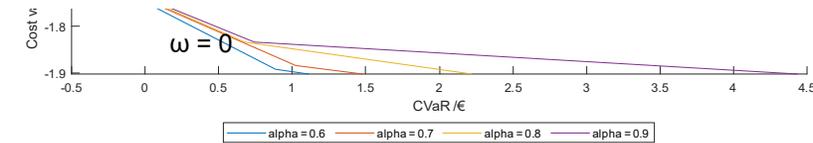


Abb. 2: Ergebnisse des Entscheidungsmodells für Energieflexibilität an einem typischen Herbsttag für den risikoaversen ( $\omega = 0,2$ ) und den risikobereiten ( $\omega = 0,9$ ) Ansatz mit einem Konfidenzniveau  $\alpha = 0,9$ : stündliche EFM-Planung (oben, a, Linie: risikobereit; gestrichelte Linie: risikoavers) und entsprechende Preisszenarien (unten, b).



$\omega = 1$

Abb. 3: Kostenvariation und CVaR für verschiedene Werte des Konfidenzniveaus  $\alpha$ .

- Der risikobereite Ansatz sieht eine Reduktion der ESS-, CA- und EV-Last um 9 Uhr vor, was dem höchsten prognostizierten **Durchschnittspreis** des Tages entspricht (lila Kurve)
- Der risikoaverse Ansatz berücksichtigt mehr das wirtschaftliche Risiko, das mit den **Szenarien mit hohen Preisen** verbunden ist (rote Kurve)
- Höhere Kostenreduktion bedeutet gleichzeitig höheres Risiko

# 5. Untersuchung des Einflusses verschiedener Verteilfunktionen

## Auswahl an Verteilfunktionen

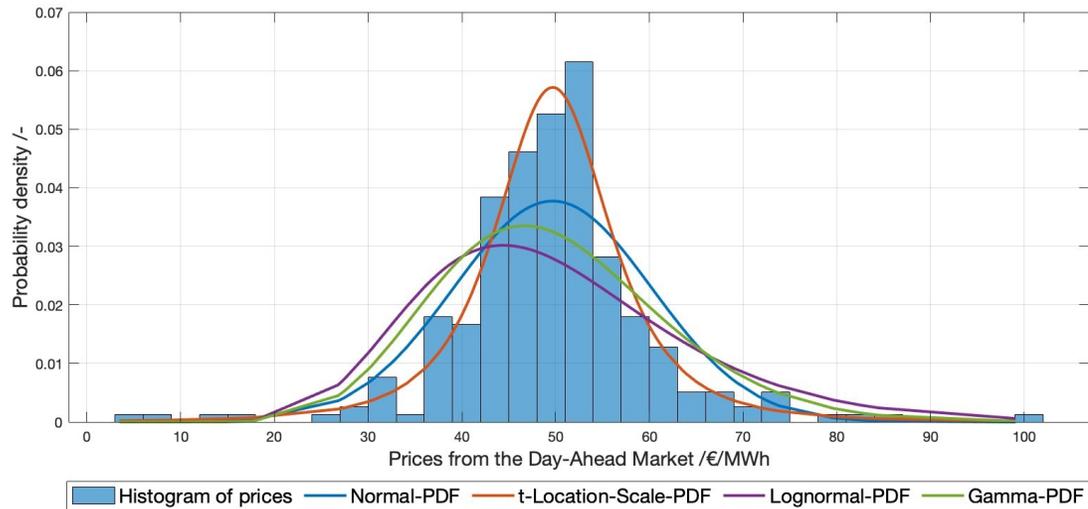


Abb. 4: Histogramm der Strompreise für den Zeitraum von 08:00-09:00 Uhr an einem Wochentag einschließlich der entsprechenden Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen (PDFs) unter Verwendung der in dieser Arbeit ausgewerteten Verteilungen

<b>Normal- verteilung</b>	<b>t-Location-Scale-Verteilung</b>	<b>Lognormal- verteilung</b>	<b>Gamma- verteilung</b>
-------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	------------------------------

## Prozentuale tägliche Kostenabweichung zwischen der Verteilung $\zeta$ und der Normalverteilung über ein Jahr

Verteil- funktion	for $\alpha=0.9$ and $\omega=0.8$ [%]				for all values of $\alpha$ and $\omega$ [%]
	Maximum	MAE*	Minimum	Standard deviation	Maximum standard deviation
<b>t-scale</b>	0,82	0,23	-3,54	0,49	2,09
<b>Lognormal</b>	0,42	0,66	-6,37	1,32	1,49
<b>Gamma</b>	0,42	0,30	-4,31	0,71	1,90

$$\Delta CV^d_{\zeta\%} = \frac{CV^d_{\zeta} - CV^d_{Normal}}{\min(CV^d_{Normal})} * 100$$

→ Keine großen Abweichungen von der Normalfunktion

\*MEA: mean absolute error

# 6. Zusammenfassung und Fazit

---

## Ergebnisse dieses Papers

- Modell schließt die Lücke zwischen EFM-Managementmethoden, die das Risiko nicht berücksichtigen, und Handelsmethoden unter Berücksichtigung des Risikos, die keine industrielle Energieflexibilität beinhalten
- Optimierungsproblem über einen Tag findet das Tagesoptimum
- Mithilfe des Gewichtungsparameters  $\omega$  lässt sich zwischen dem Gleichgewicht von Risiko und Kostenreduktion entscheiden
- Für das Entscheidungsmodell können alle untersuchten Verteilfunktionen für Day-Ahead-Markt-Preise verwendet werden

## Zukünftige Verbesserungen

- Integration zusätzlicher Szenarien für Lastprognose und die Erzeugung durch erneuerbare Energien
- Erhöhung der Anzahl der Szenarien
- Integration von Wärme-und Kältebedarf im Rahmen der Sektorenkopplung

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

---

# Kontakt

---



Isabella Bianchini  
Gruppenleiterin „Industrielle Mikronetze und Energiespeicher“  
Tel. +49 (0)711 970 1959

[Isabella.bianchini@ipa.fraunhofer.de](mailto:Isabella.bianchini@ipa.fraunhofer.de)

Fraunhofer IPA  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)



Fraunhofer-Institut für Produktions-  
technik und Automatisierung IPA