

# Rhein Ruhr **Power**



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## **Dampfkraftwerke als Partner für die Erneuerbaren Energien**

**Dr.-Ing. Hendrik Lens**

STEAG Energy Services GmbH, Essen

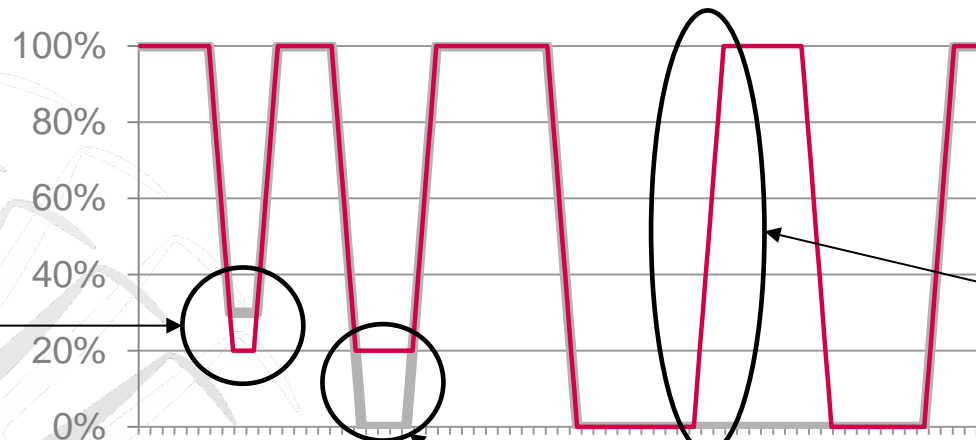
Flexible Kraftwerke für die Energiewende

3. November 2015, Berlin

# Anforderungen an das Partner-Dampfkraftwerk

## Flexiblere Fahrweise

— Iststand ohne Flexibilisierung  
— Mit erhöhter Flexibilität



1

Technische Maßnahmen wie Einmühlenbetrieb können die Mindestlast absenken.

2

Tiefere Mindestlast verhindert bei kurzen Schwachlastphasen die Beanspruchung der Anlage durch Ab- und Anfahren.

3

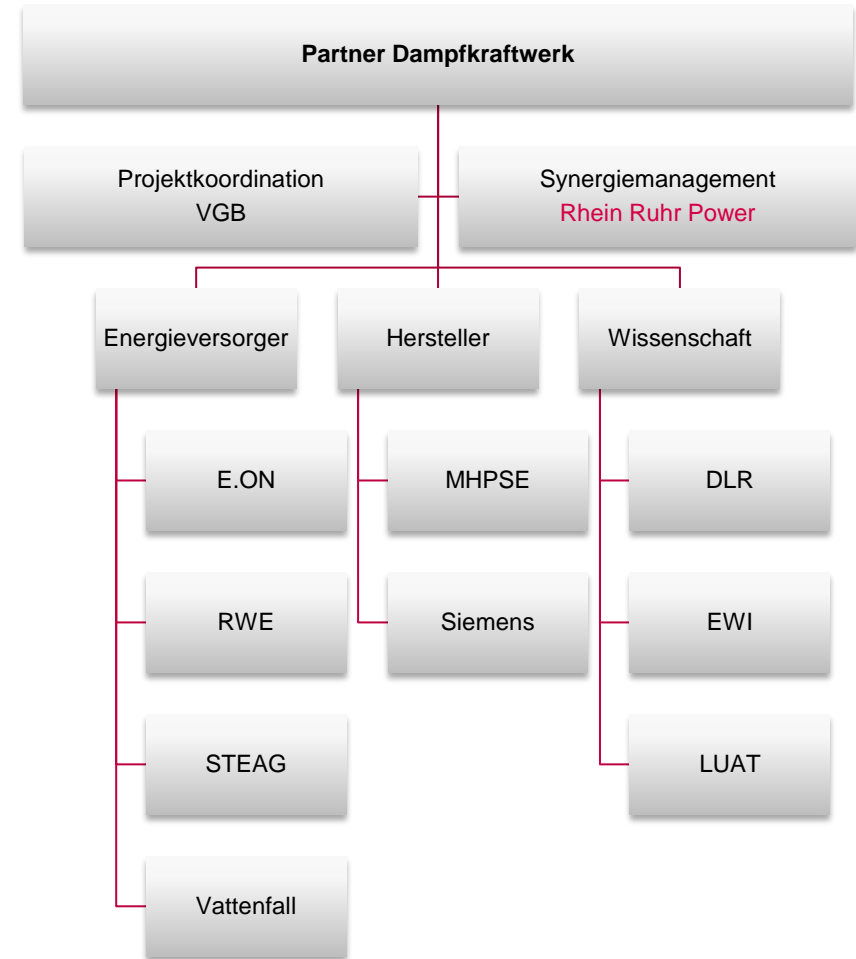
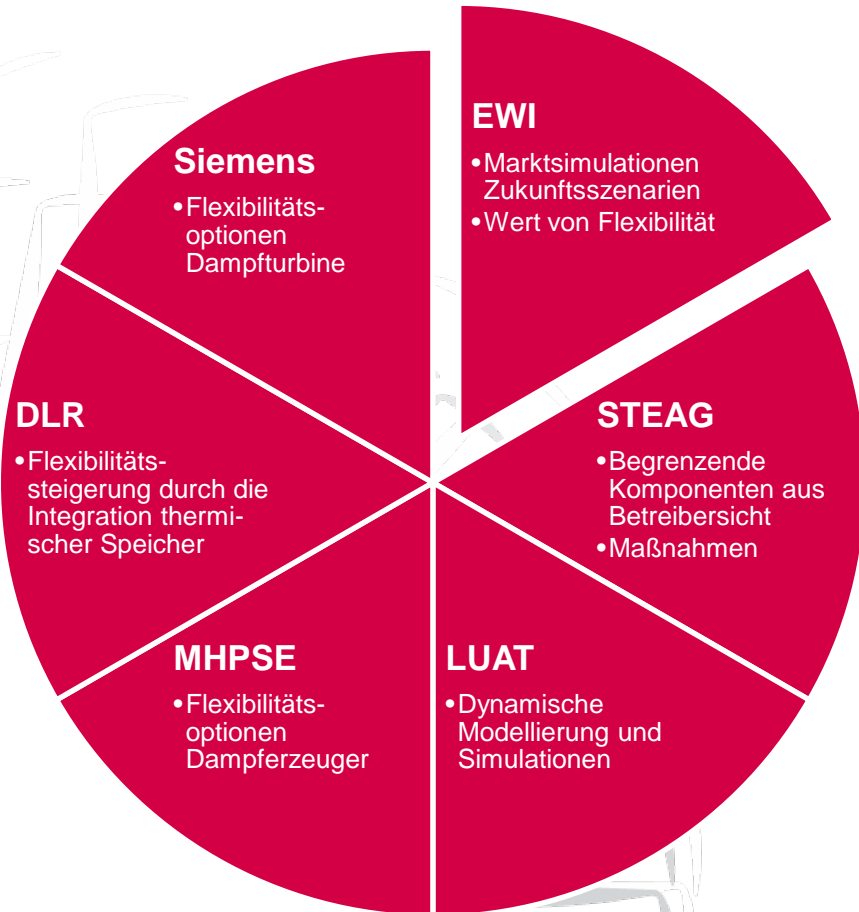
Optimierung des Anfahrvorgangs macht diesen schneller und günstiger. Anfahren lohnt sich eher.

**Lastverlauf**

Das Partner-Dampfkraftwerk kann die benötigte Flexibilität durch technische Maßnahmen erreichen.

# Dampfkraftwerke als Partner für die Erneuerbaren Energien

## Übersicht über die Teilprojekte



# Referenzanlagen

## Kriterien

- Bestandsanlagen in Deutschland
- Ausreichend Daten verfügbar
- Stein- und Braunkohle

## Kraftwerk Schwarze Pumpe

- Braunkohle
- Zwei Blöcke à je 800 MW
- Inbetriebnahmejahr: 1997
- Betreiber: Vattenfall

## Kraftwerk Voerde

- Steinkohle
- Zwei Blöcke à je 761 MW
- Inbetriebnahmejahr: 1982 / 1985
- Betreiber: STEAG

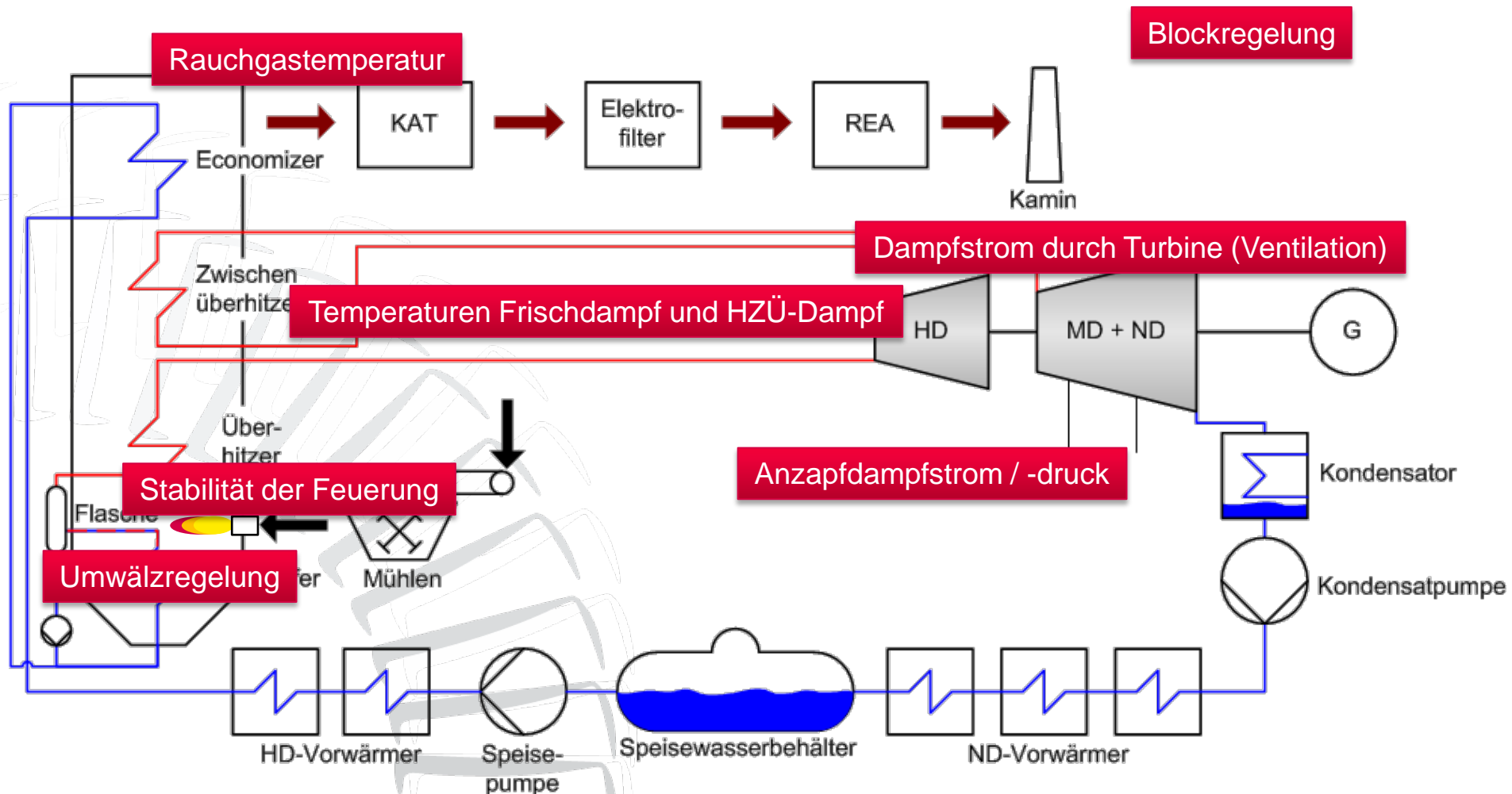


Kraftwerk Schwarze Pumpe. Quelle: Vattenfall



Kraftwerk Voerde. Quelle: STEAG

# Technische Begrenzungen in Bezug auf Mindestlast (Beispiel Steinkohlekraftwerk)



# Im Projekt im Detail untersuchte Maßnahmen für die Flexibilisierung

## Feuerung

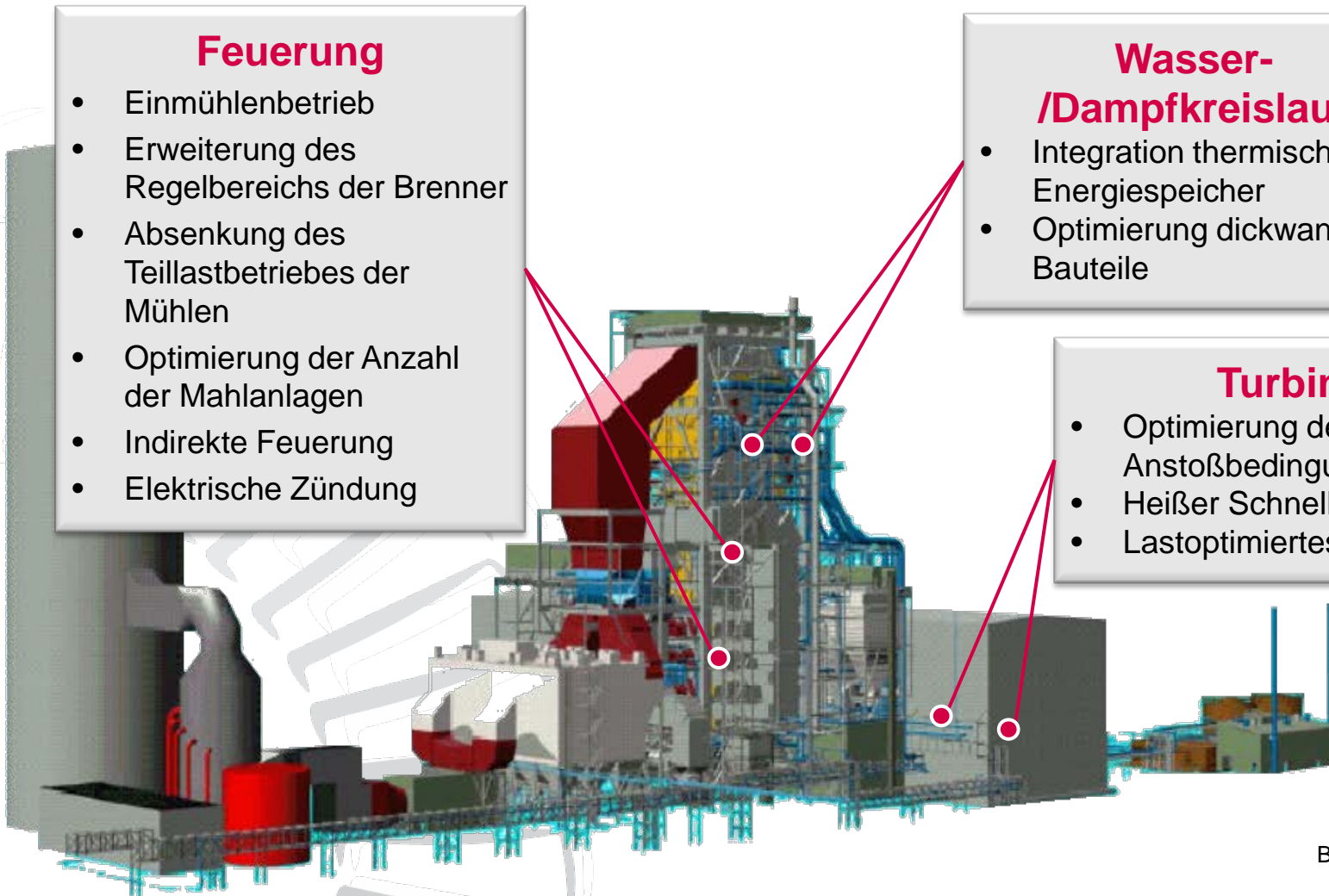
- Einmühlenbetrieb
- Erweiterung des Regelbereichs der Brenner
- Absenkung des Teillastbetriebes der Mühlen
- Optimierung der Anzahl der Mahlanlagen
- Indirekte Feuerung
- Elektrische Zündung

## Wasser- /Dampfkreislauf

- Integration thermischer Energiespeicher
- Optimierung dickwandiger Bauteile

## Turbine

- Optimierung der Anstoßbedingungen
- Heißer Schnellstart
- Lastoptimiertes Anfahren

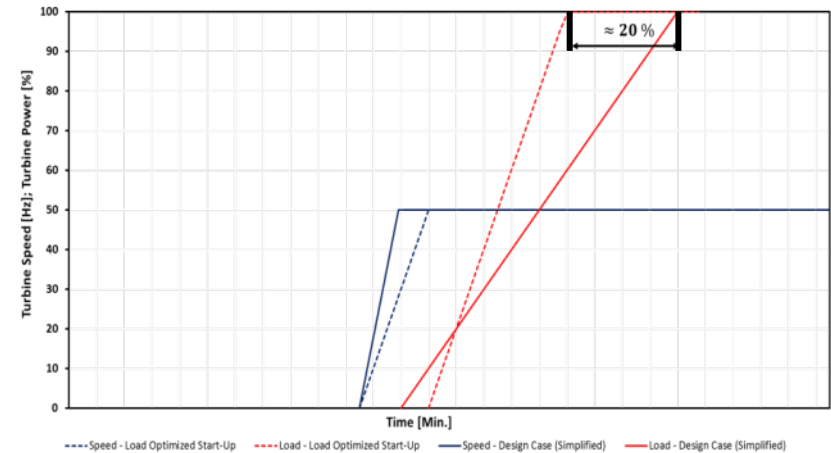


Bildquelle:  
MHPSE

# Technische Untersuchungen zu Flexibilisierungsmaßnahmen (Beispiele)

## Reduzierte Anfahrtzeit der Turbine

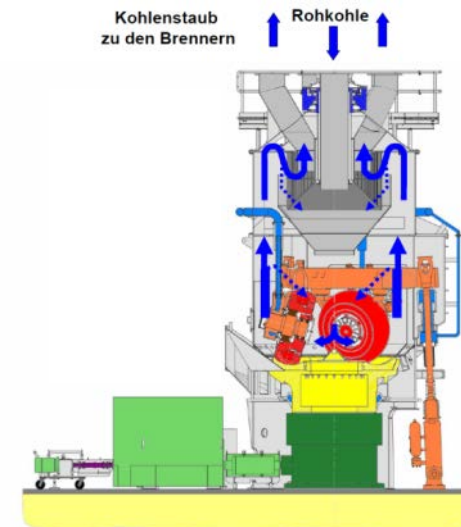
- Für Heißstarts kann die Anfahrtzeit um ca. 20 % reduziert werden
- Anfahrt wird mit geringeren Dampftemperaturen durchgeführt  
→ Dies reduziert thermische Belastungen während des Anfahrvorgangs



Bildquelle: Siemens

## Einmühlenbetrieb

- Üblich ist aus Verfügbarkeits- und Sicherheitsgründen der Betrieb mit mindestens zwei von vier Mühlen
- Einmühlenbetrieb ermöglicht Absenkung der Mindestlast
- Weitere Absenkung über Reduzierung der Mühlenteillast (konstruktive Maßnahmen)

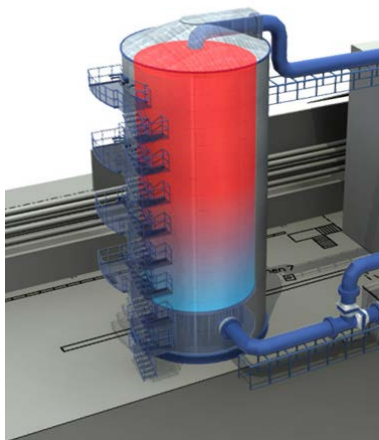


Bildquelle: MHPSE

# Wärmespeicher zur Flexibilisierung von Kraftwerken

## Effektive Integration von Wärmespeichern in den Kraftwerksprozess

- ✓ Erhöhung der Laständerungsgeschwindigkeit
- ✓ Reduzierung der Mindestlast
- ✓ Verbesserung des Teillastverhaltens
- ✓ Reduzierung des Anfahrwärmebedarfs



**Feststoffspeicher**  
(demonstrationsreife)

**Dampfspeicher**  
(kommerziell)



**Flüssigsalz**  
(kommerziell)

**Phasenwechsel-Speicher**  
(vorkommerziell)





# Integration von Wärmespeichern in Kraftwerke

## Ziel

Identifikation von effizienten Integrationsoptionen

## Vorgehen

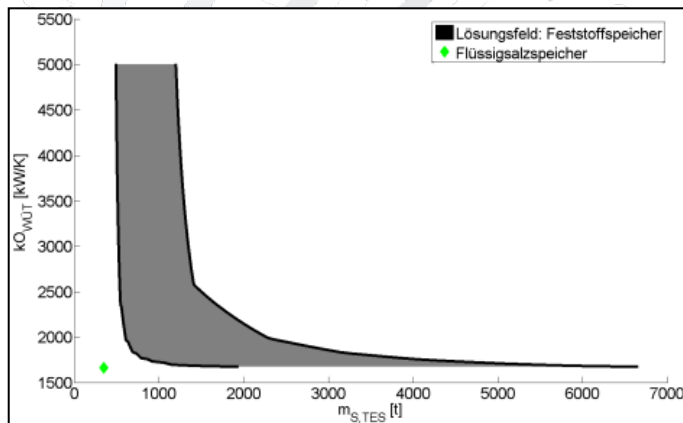
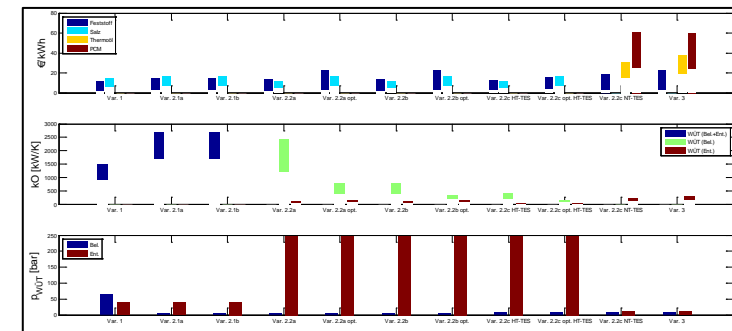
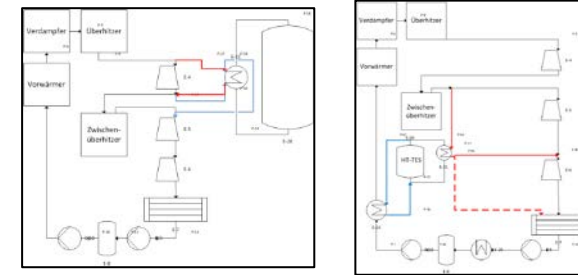
### 1. Konzeptionsphase

- Erarbeitung von Integrationskonzepten

### 2. Konzeptbewertung

- System & Integrationsort & Speicheroptionen

### 3. Detaillierte Speicherauslegung



## Ergebnisse

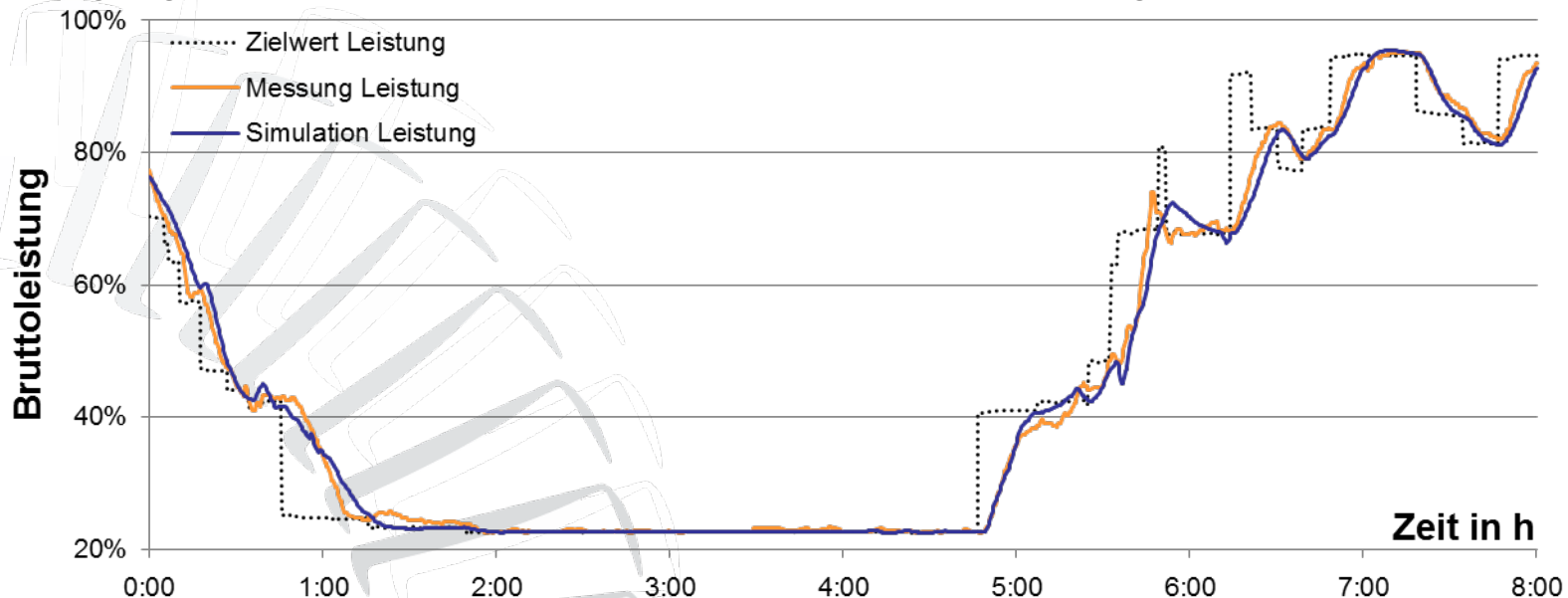
- Vielversprechende Integrationsoptionen im Dampfbereich und im -Rauchgasstrang
- 19 Konzepte (7 Schaltungen x Speichertechnologien)
- Definition von 3 Vorzugsvarianten

## Fazit

Die Integration von Energiespeichern bietet ein großes Potential zur Verbesserung der Betriebsflexibilität

# Dynamische Simulationen - Modellvalidierung

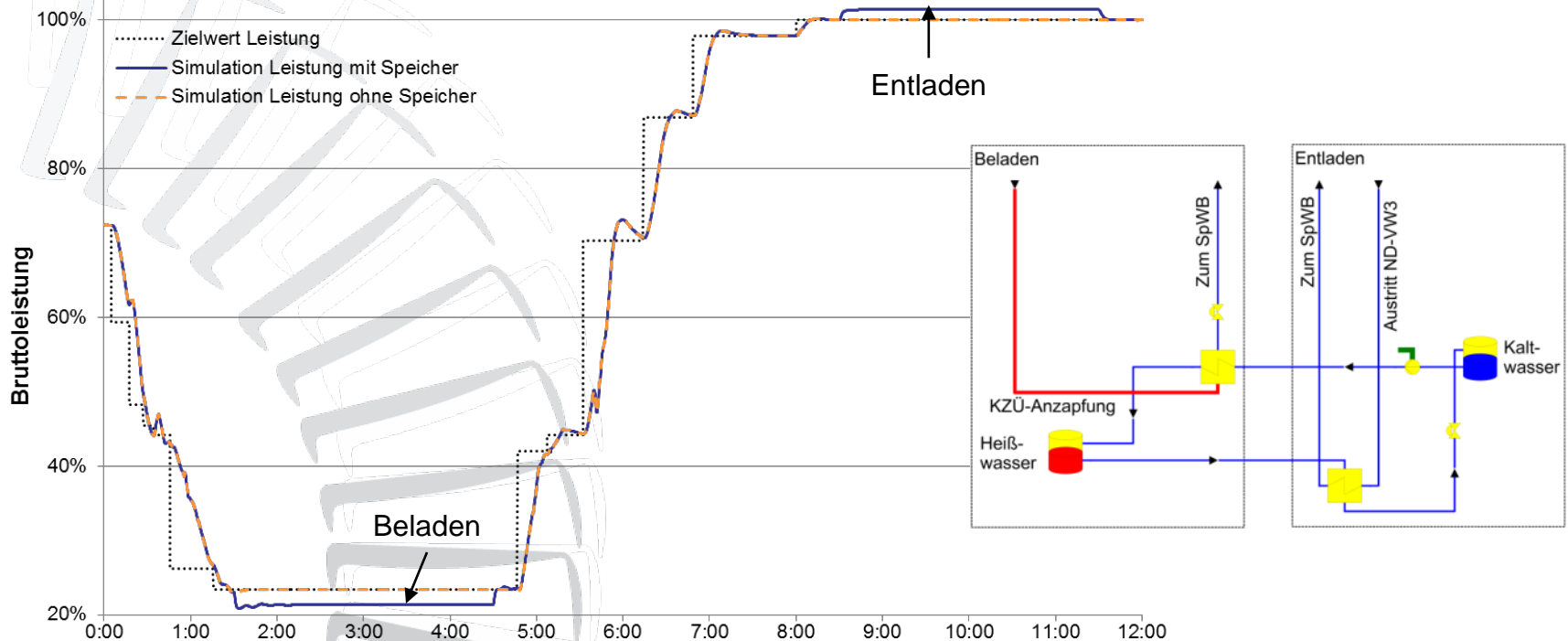
- Typisches Lastprofil für Steinkohlekraftwerke
  - Betrieb in Mindestlast in den Nachtstunden
  - Lastwechsel in Richtung Volllast in den Morgenstunden
- Messwerte vom Kraftwerksbetreiber STEAG aufgezeichnet
- EingangsvARIABLE des Simulationsmodells: Zielwert Leistung



- Gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Messwerten
- Auch wesentliche dynamische Schwankungen werden repräsentiert (z.B. Zuschalten von Kohlemühlen zwischen 5:00 und 6:00)

# Dynamische Simulationen – Integration eines thermischen Speichers

- (Teilweise) Entkoppelung von Dampferzeuger und Dampfturbinen
- Mögliche Zielstellungen:
  1. Lastverschiebung zwischen Mindestlast und Vollast
  2. Erhöhung der Laständerungsgeschwindigkeit
  3. Bereitstellung von Regelenergie
  4. Verbesserung von An- und Abfahrvorgängen



# Fazit für das Partner-Dampfkraftwerk



## Marktwert von Flexibilität

Modellbasierte Marktsimulationen ergeben:

- Notwendigkeit für Flexibilität wird zunehmen
- Elektrische Energieversorgung allein über Erneuerbare Energien ist in den nächsten Dekaden technisch nicht möglich.

## Anforderungen an das Partner-Dampfkraftwerk

- Um partnerschaftlich mit den Erneuerbaren Energien zu arbeiten, müssen Dampfkraftwerke flexibel sein.
- Dampfkraftwerke sind bereits heute viel flexibler als früher und flexibler als gemeinhin angenommen wird.
- Technische Maßnahmen zur weiteren Flexibilisierung stehen zur Verfügung – Investitionen in Flexibilität werden aber derzeit vom Markt nicht honoriert.
- Flexiblere Fahrweise wirkt sich allerdings negativ auf die Lebensdauer aus.

Um den zukünftigen Bedarf an Flexibilität zu decken, müssen weitere, anlagen-schonende Optionen für die Flexibilitätsverbesserung in Betracht gezogen werden.

Insbesondere Speicher können hier eine wichtige Rolle spielen.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt:

**Dr.-Ing. Hendrik Lens**

Gruppenleiter "Advanced Process Control"

STEAG Energy Services GmbH

Rüttenscheider Str. 1-3 | 45128 Essen, Germany

Tel. +49 201 / 801-2891 | E-Mail: [hendrik.lens@steag.com](mailto:hendrik.lens@steag.com)