

# MACHBARKEITSSTUDIE ZUR ENERGIESPEICHERUNG IN BESTEHENDEN THERMISCHEN ENERGIEVERTEILUNGSNETZEN IM INDUSTRIELLEN UND PRIVATEN SEKTOR

17. Symposium Energieinnovation  
Alexander Emde, M. Eng.



# Agenda

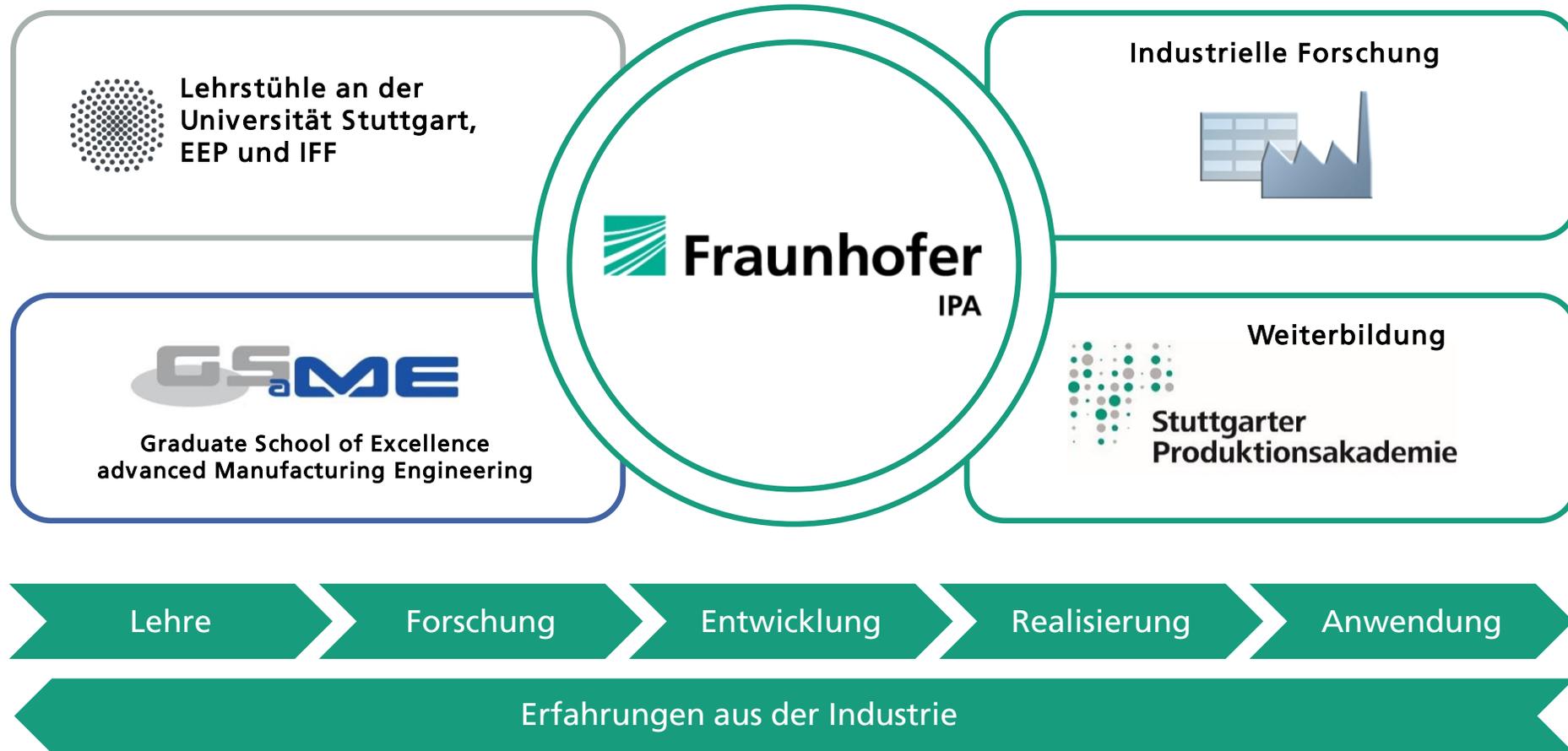
- 1 Einführung
- 2 Problemstellung und Motivation
- 3 Grundlagen und Referenzsystem
- 4 Machbarkeitsstudie
- 5 Fazit und Ausblick

# Agenda

- 1** Einführung
- 2** Problemstellung und Motivation
- 3** Grundlagen und Referenzsystem
- 4** Machbarkeitsstudie
- 5** Fazit und Ausblick

# Vernetzung von Wissenschaft und Praxis

## Fraunhofer IPA als Basis für den Wissenstransfer



# Kopernikus-Projekte für die Energiewende

GEFÖRDERT VOM

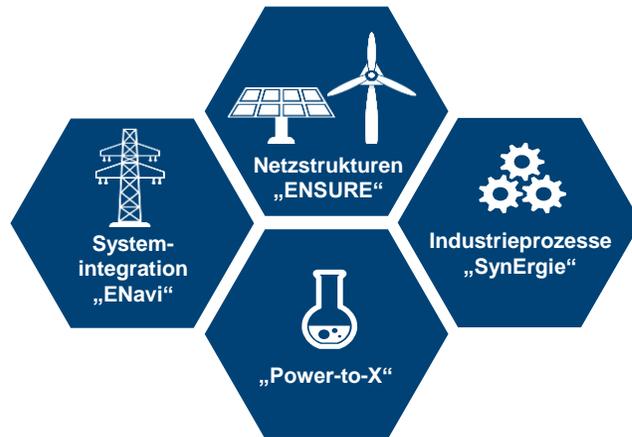
**KOPERNIKUS**  
**»PROJEKTE**  
Die Zukunft unserer Energie



**400** Millionen  
Euro über 10 Jahre

**> 200** Partner  
Aus allen gesellschaftlichen Bereichen

**4** Kopernikus-Projekte  
werden gefördert



» Bis 2025 bringen wir neue Energiekonzepte auf den Weg, die im großtechnischen Maßstab angewendet werden können – und die auch gesellschaftlich mitgetragen werden «

*Ehem. Bundesforschungsministerin Johanna Wanka*

# Ziel des Kopernikus – Synergie Projekts

GEFÖRDERT VOM

**KOPERNIKUS**  
**»PROJEKTE**  
Die Zukunft unserer Energie



## Ziel des Projekts

Das Kopernikus-Projekt SynErgie hat zum Ziel, innerhalb der nächsten zehn Jahre alle technischen und **marktseitigen Voraussetzungen in Einklang mit rechtlichen und sozialen Aspekten** zu schaffen, um den **Energiebedarf der deutschen Industrie** effektiv mit dem volatilen Energieangebot **zu synchronisieren.**

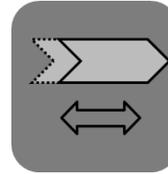


# Energieflexibilitätsmaßnahmen innerhalb von Synergie

## Fokussierung auf Energiespeicherung in der Industrie



- Wechsel der Energiequelle



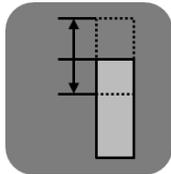
- Anpassung von Prozessstarts



- Speicherung von Energie



- Anpassung von Pausenzeiten



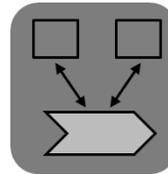
- Anpassung von Prozessparametern



- Unterbrechung von Prozessen



- Anpassung von Schichtzeiten



- Anpassung von Maschinenbelegung



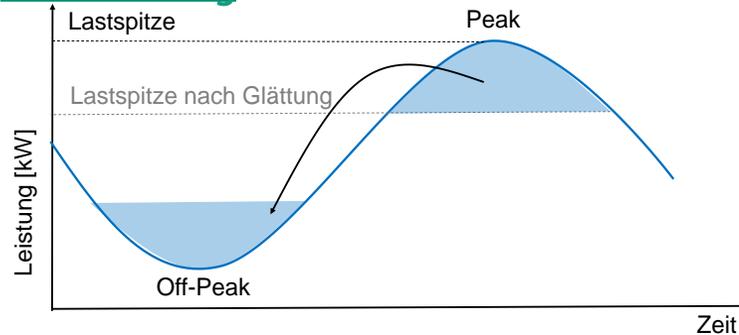
- Anpassung der Auftragsreihenfolge

# Energieflexibilität durch Energiespeicherung

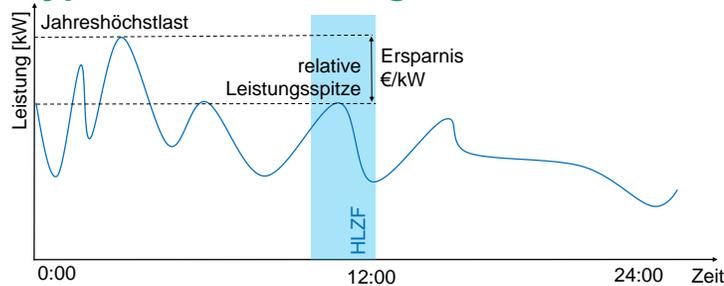
## Anwendung in der Praxis

### Netzentgeltreduktion

#### Peak-Shaving



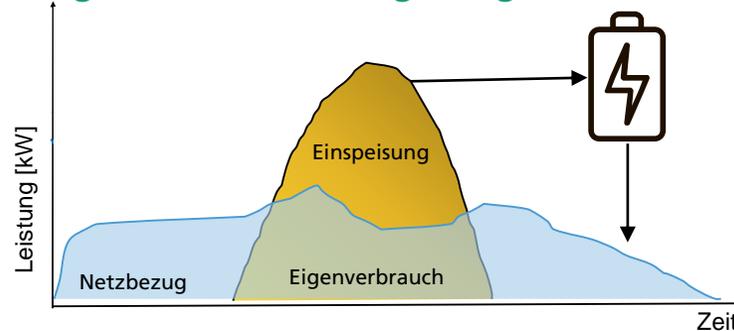
#### Atypische Netznutzung



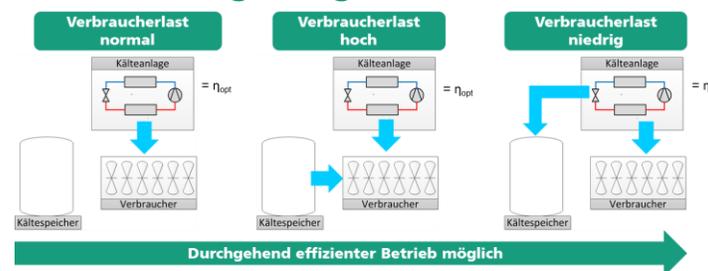
Emde et al. (2021): Methode zur Auslegung von energieträgerübergreifenden hybriden Energiespeichern

### Eigenverbrauchsoptimierung

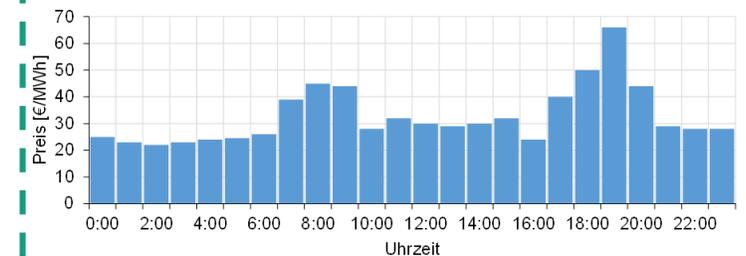
#### Eigenverbrauchssteigerung



#### Effizienzsteigerung



### Nutzung eines dynamischen Strompreises



Typischer Preisverlauf im Day-Ahead-Markt

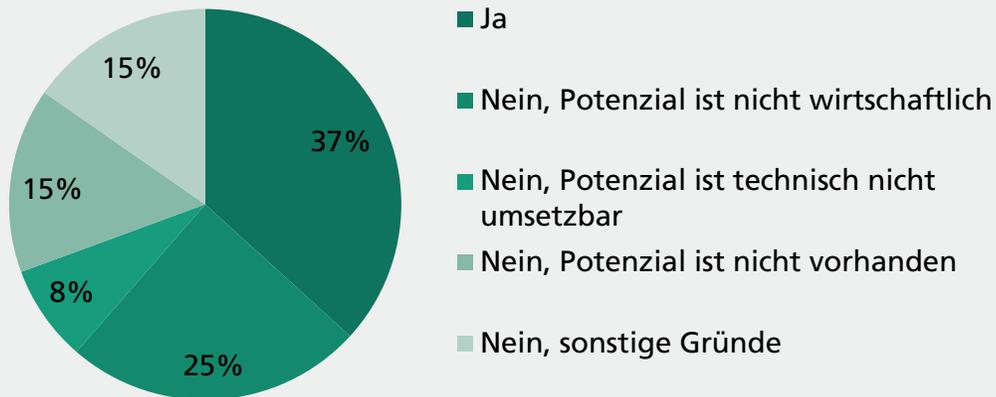
# Agenda

- 1 Einführung
- 2 Problemstellung und Motivation
- 3 Grundlagen und Referenzsystem
- 4 Machbarkeitsstudie
- 5 Fazit und Ausblick

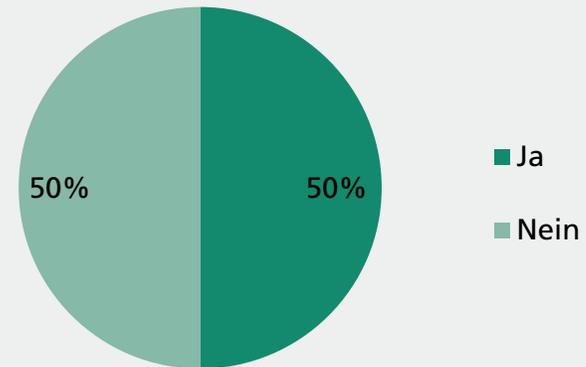
# Interesse an Energiespeichern

Viele Unternehmen besitzen keinen Energiespeicher, das Interesse ist aber vorhanden

Nutzen Sie bereits Energiespeicher im Unternehmen?  
(m/n=136)



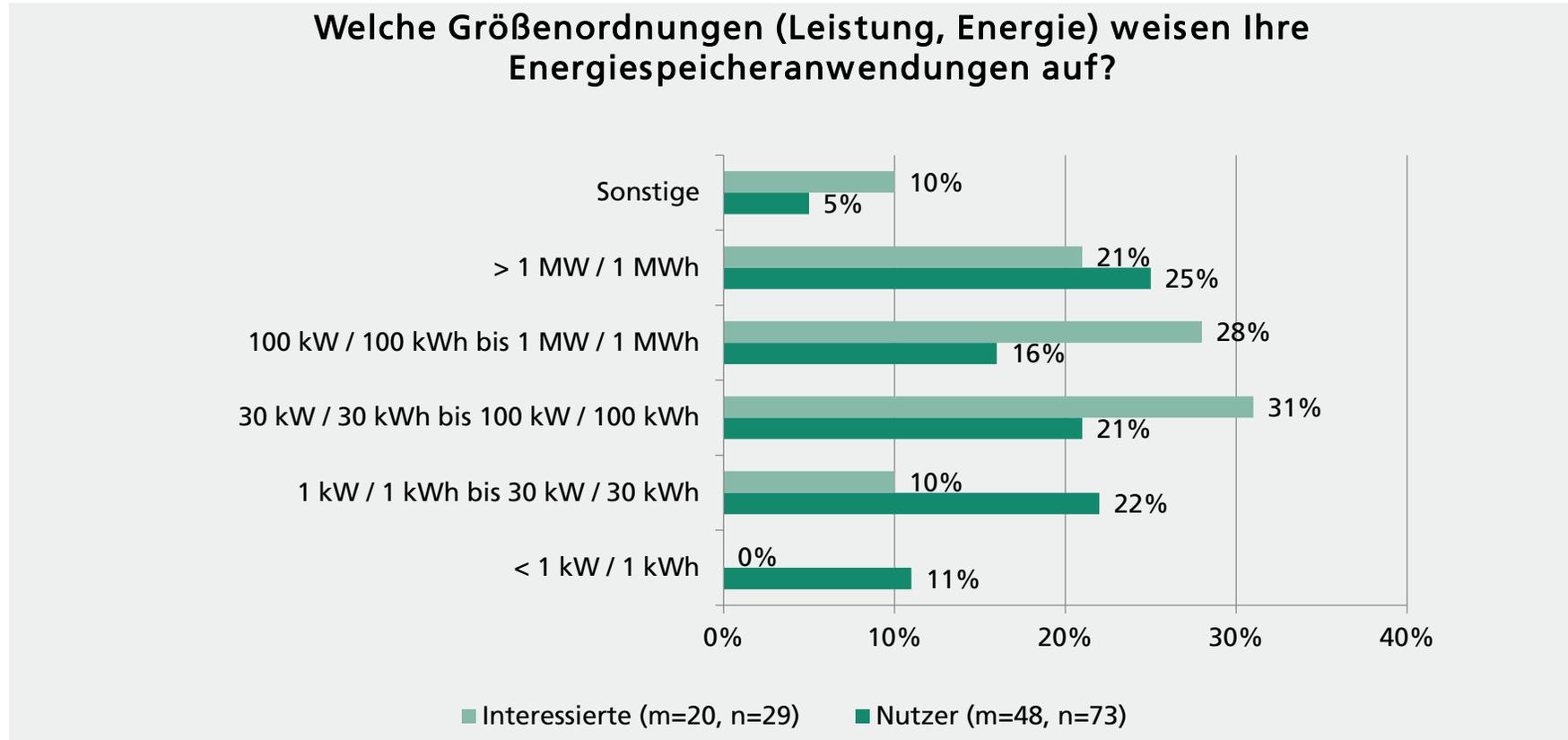
Falls nein: Haben Sie Interesse Energiespeicher im Unternehmen zu integrieren?  
(m/n= 42)



Zimmermann und Emde et al.: Energiespeicher in Produktionssystemen, 2019

# Größenordnung von Energiespeicheranwendungen

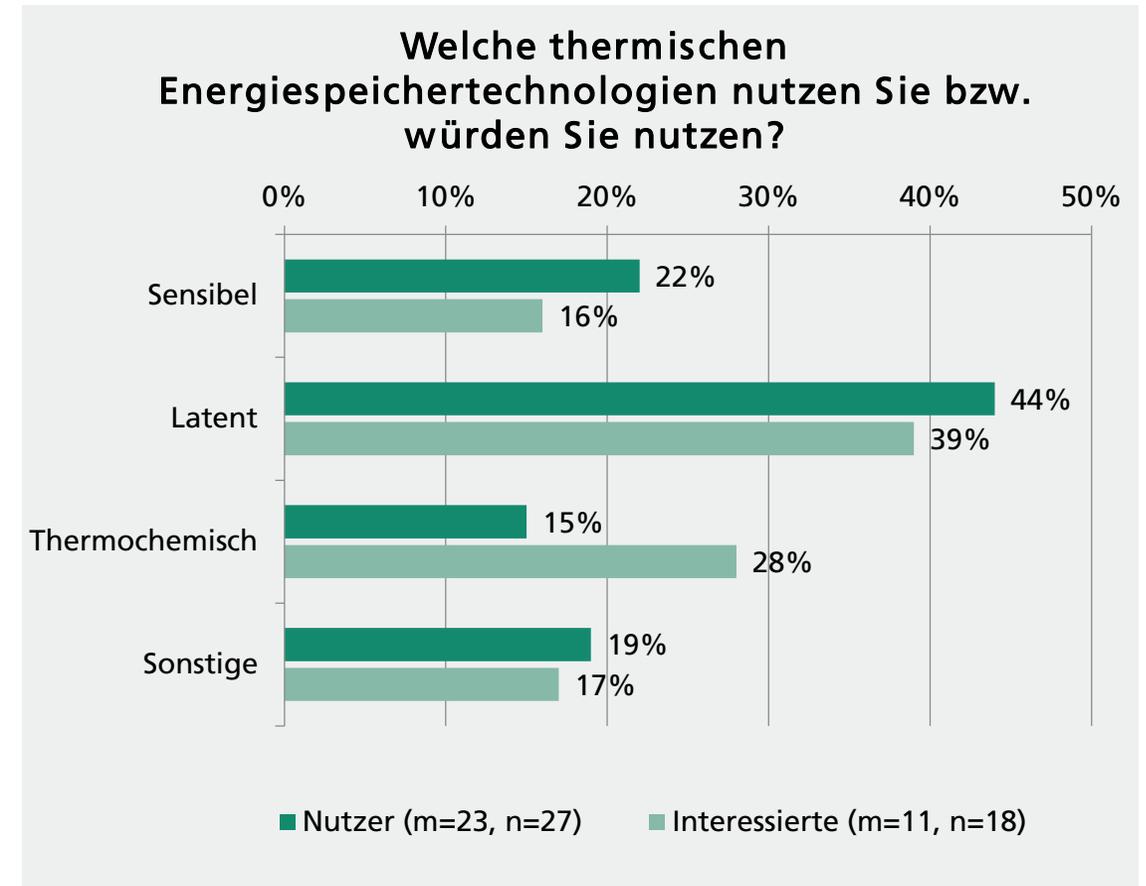
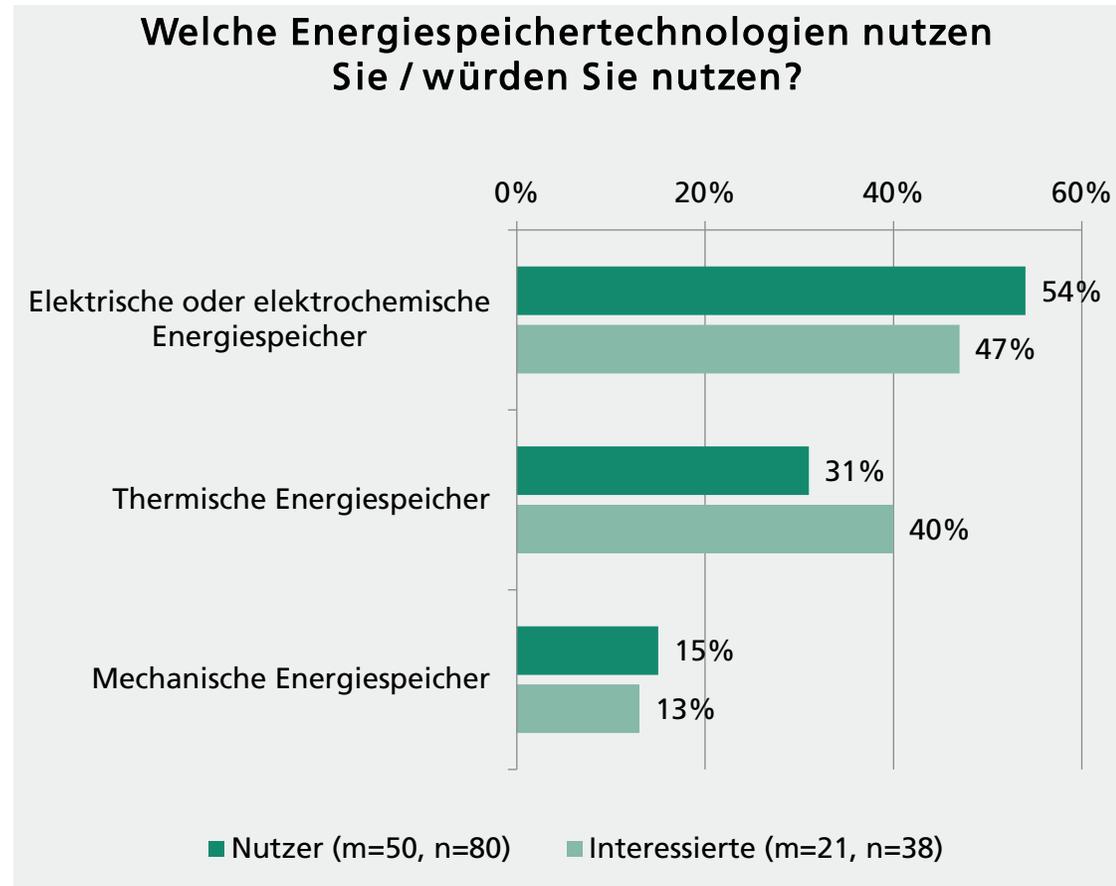
## Tendenz geht zu großen zentralen Energiespeichern



Zimmermann und Emde et al.: Energiespeicher in Produktionssystemen, 2019

# Status Quo von Energiespeichertechnologien

## Elektrochemische und thermische Energiespeicher stehen im Fokus

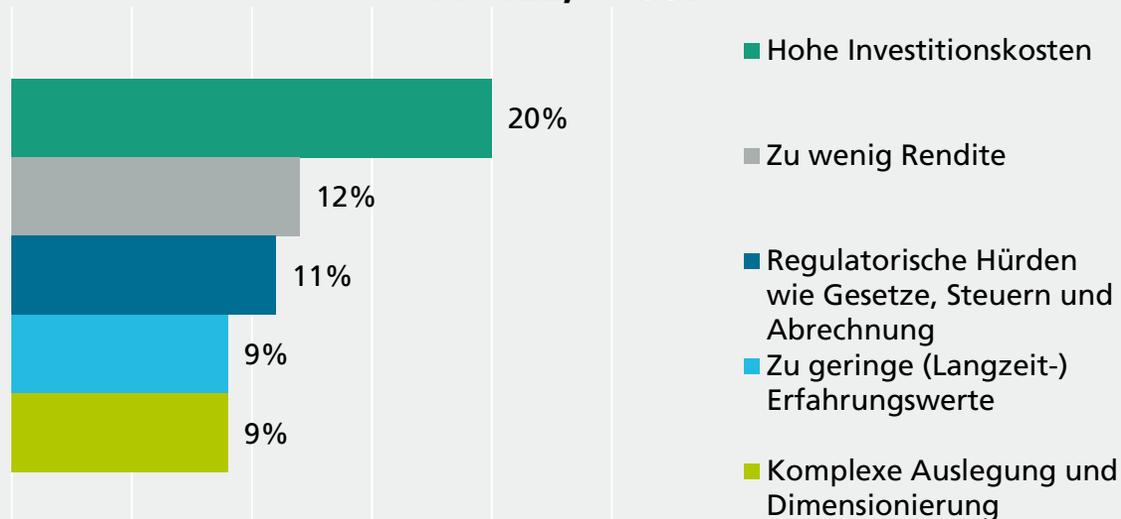


Zimmermann und Emde et al.: Energiespeicher in Produktionssystemen, 2019

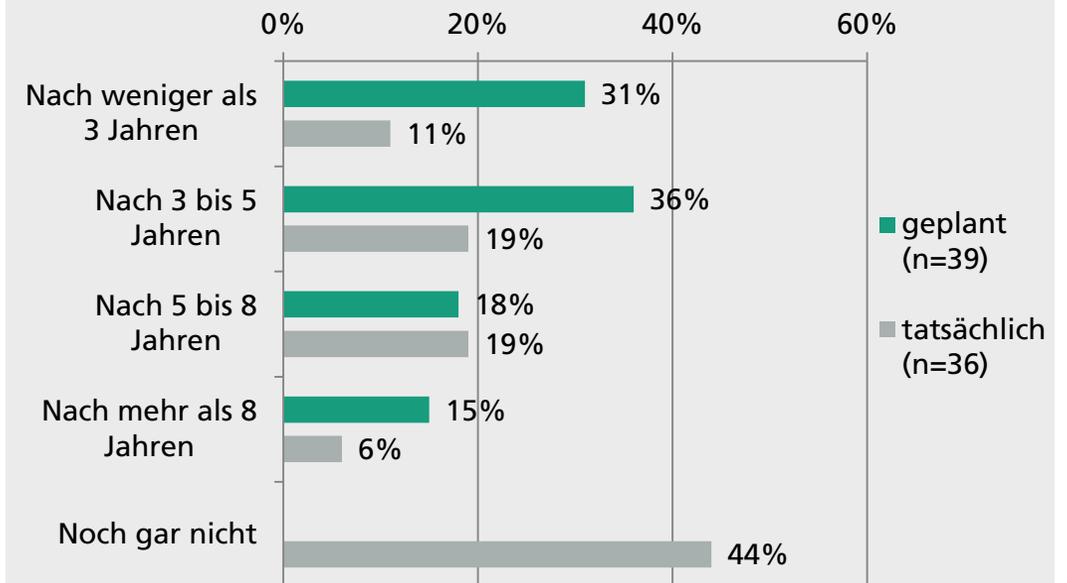
# Herausforderungen von Energiespeichern

## Wirtschaftlichkeit und mangelndes Wissen sind die größten Hemmnisse für einen Einsatz von Energiespeichern

Welche Herausforderungen bei der Nutzung von Energiespeichern gibt es aus heutiger Sicht? (Darstellung der 5 häufigsten Antworten)  
m=122, n=537



Vergleich zwischen geplanter und tatsächlicher Amortisationsdauer



Zimmermann und Emde et al.: Energiespeicher in Produktionssystemen, 2019

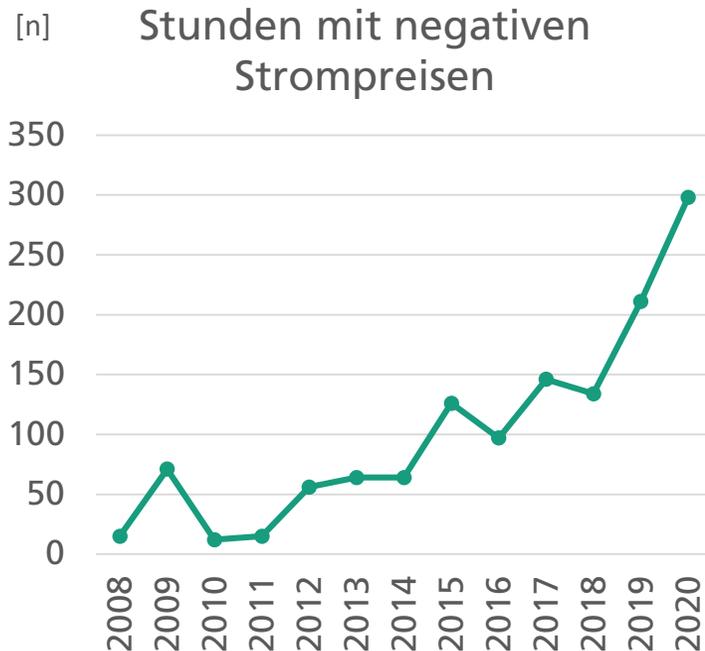
# Agenda

- 1 Einführung
- 2 Problemstellung und Motivation
- 3 Grundlagen und Referenzsystem
- 4 Machbarkeitsstudie
- 5 Fazit und Ausblick

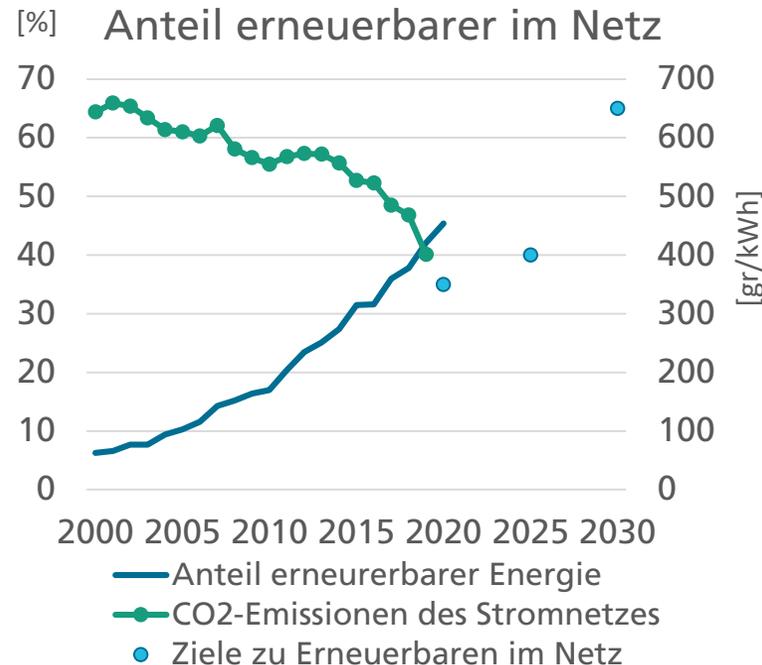
# Energieflexibilität

## Motivation zur industriellen Energiespeicherung

### Steigender Bedarf an Energieflexibilität



### Ökologischer Fußabdruck

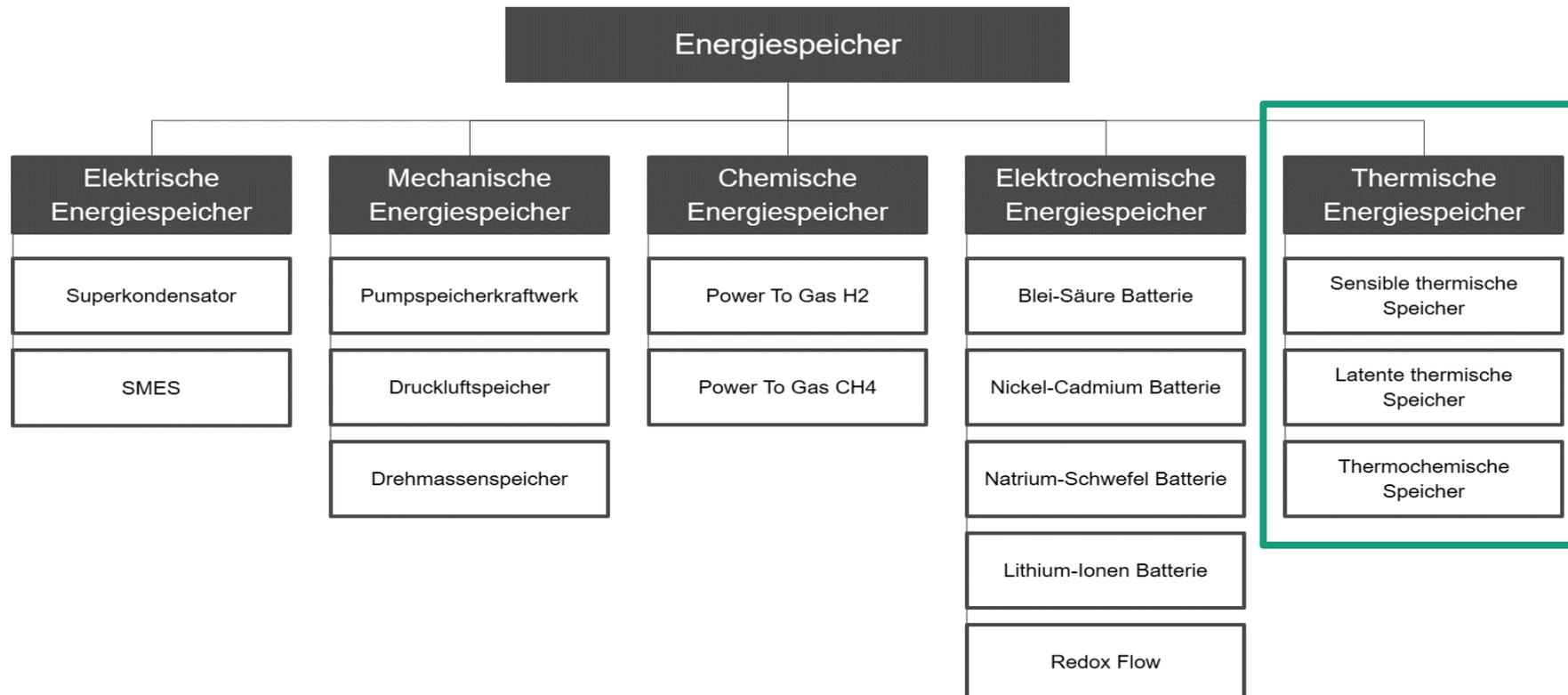


- Der Bedarf an Energieflexibilität steigt stetig
  - Chancen zur ökonomischen und ökologischen Optimierung
  - Unabhängigkeit von Stromnetz
- Optimierungsbedarf bei Industriellen Kälteversorgungssystemen
  - Kosten
  - Emissionen
  - Neue Geschäftsmodelle
- Ein Hilfsmittel stellen thermische Energiespeicher dar

Quellen: Klein, C.; Gailfuß, M.: Negative Strompreise - Fakten und Statistiken.; Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2020) BDEW Strompreisanalyse Januar 2020; Umweltbundesamt. Bilanz 2019: : CO2-Emissionen pro Kilowattstunde Strom sinken weiter

# Energiespeichertechnologien

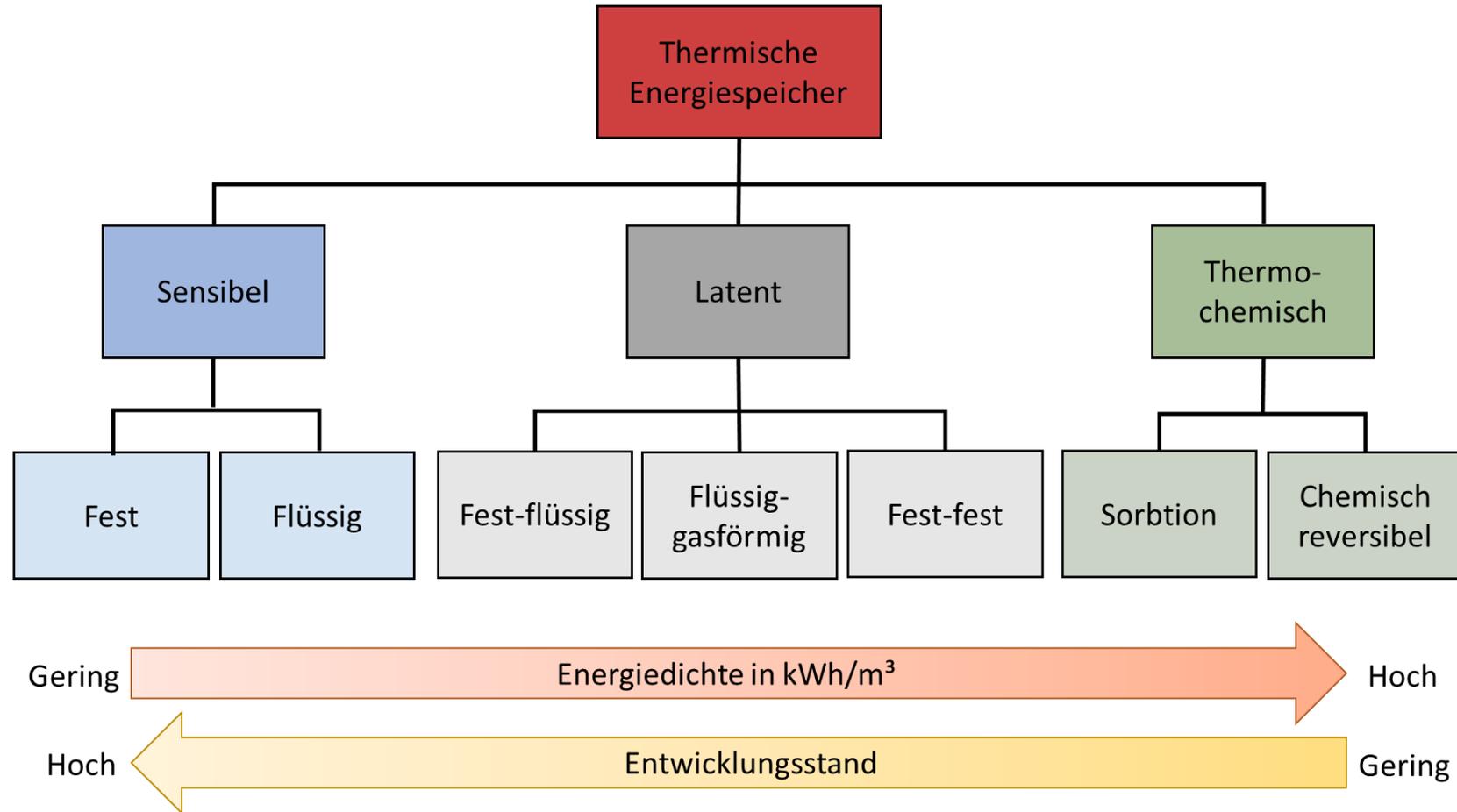
## Übersicht



Sterner und Stadler (2020)

# Thermische Energiespeicher

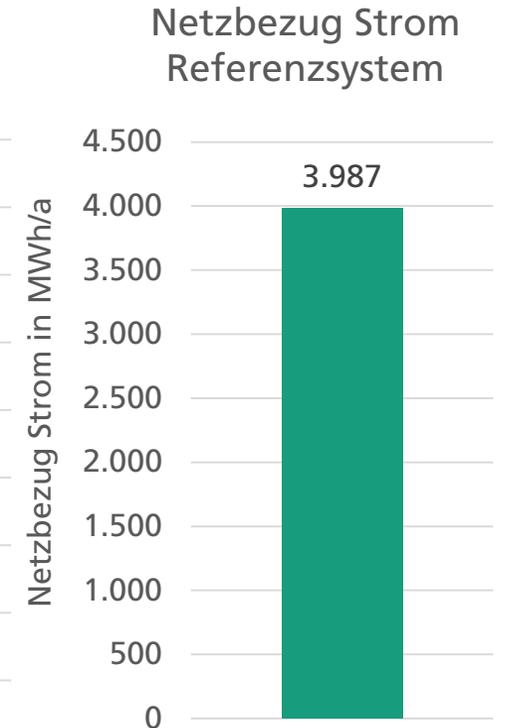
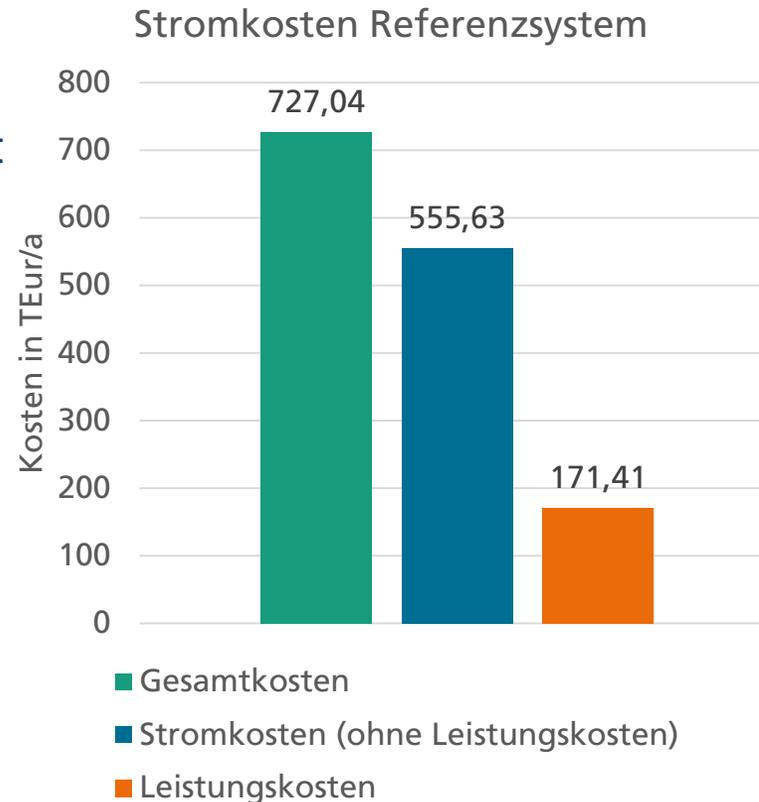
## Übersicht



# Referenzprojekt

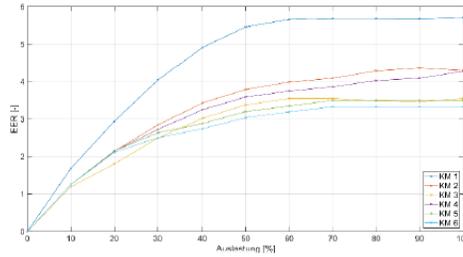
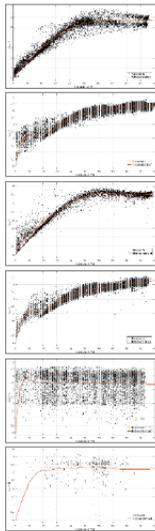
## Kältespeicherung

- Das Referenzsystem ohne Speicher umfasst sechs Kompressionskältemaschinen (KKM)
  - 4 KKM je 2,4 MW Kälteleistung
  - 2 KKM je 1,0 MW Kälteleistung
- Der Kältebedarf ist vorgegeben
- Die Kosten für Strombezug vom Netz ergeben sich aus Tarifpreis, Steuern und Abgaben



# Referenzsystem

## Effizienzsteigerung der Kälteerzeugung

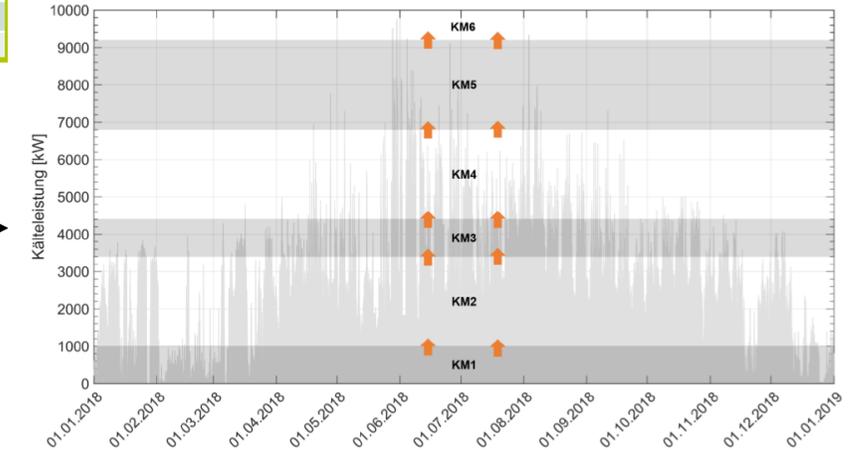
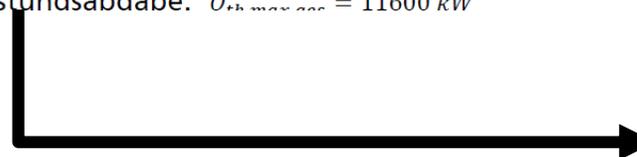


+

Auslastung [%]	EER KM 1	EER KM 2	EER KM 3	EER KM 4	EER KM 5	EER KM 6
0	0	0	0	0	0	0
10	1,68	1,25	1,19	1,25	1,25	1,25
20	2,94	2,14	1,8	2,14	2,15	2,11
30	4,04	2,84	2,49	2,72	2,63	2,5
40	4,91	3,43	3,02	3,25	2,88	2,74
50	5,46	3,79	3,38	3,59	3,2	3,04
60	5,66	3,99	3,55	3,75	3,35	3,19
70	5,69	4,09	3,55	3,86	3,5	3,33
80	5,69	4,29	3,49	4,03	3,5	3,33
90	5,68	4,36	3,46	4,09	3,5	3,33
100	5,71	4,3	3,55	4,28	3,5	3,33

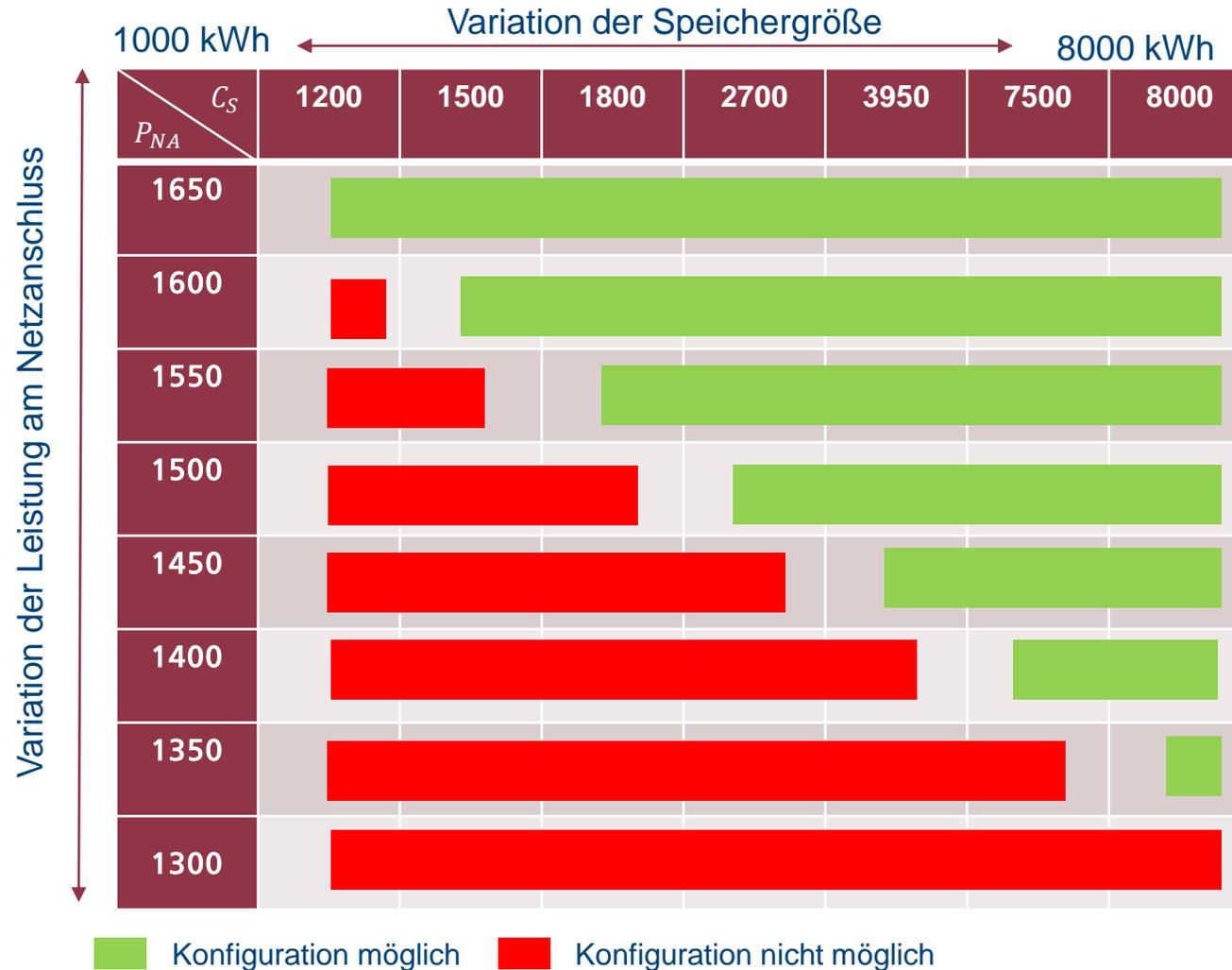
Kältemaschine	Optimaler Betriebspunkt	Auslastung optimaler Betriebspunkt [%]	Auslastung effizienter Betriebsbereich [%]	Maximale thermische Leistung $\dot{Q}_{th,max}$ [kW]
KM 1	5,71	100	60-100	1000
KM 2	4,36	90	80-100	2400
KM 3	3,55	100	60-100	1000
KM 4	4,28	100	80-100	2400
KM 5	3,5	100	70-100	2400
KM 6	3,33	100	70-100	2400

→ max. gesamte thermische Leistungsabgabe:  $\dot{Q}_{th,max,ges} = 11600 \text{ kW}$



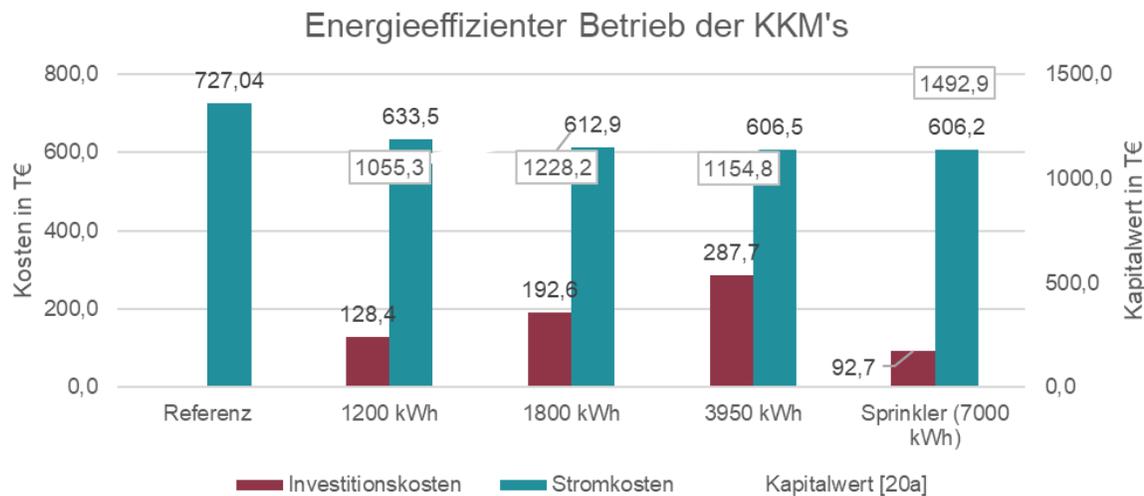
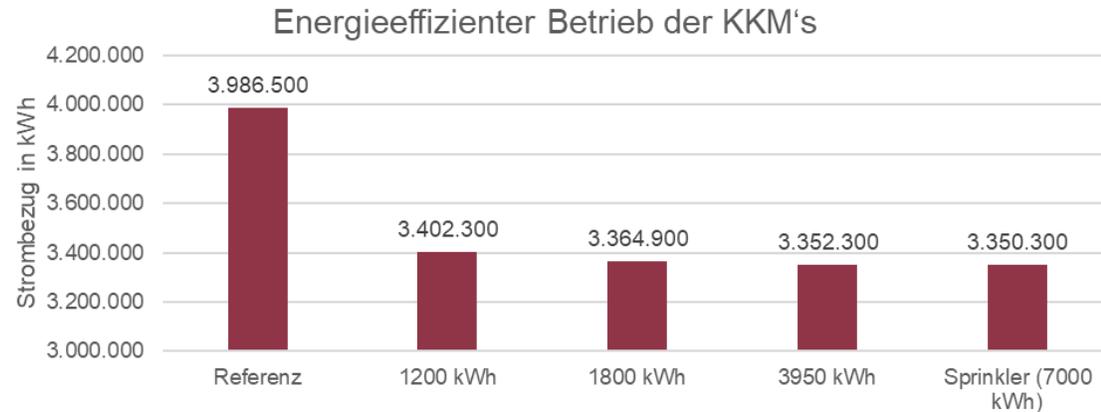
# Referenzsystem

## Mögliche Energiespeicherkapazitäten



# Referenzsystem

## Betrieb des Kältesystem mit Energiespeicher



Investitionskosten für einen sensiblen Energiespeicher mit 1.200 kWh

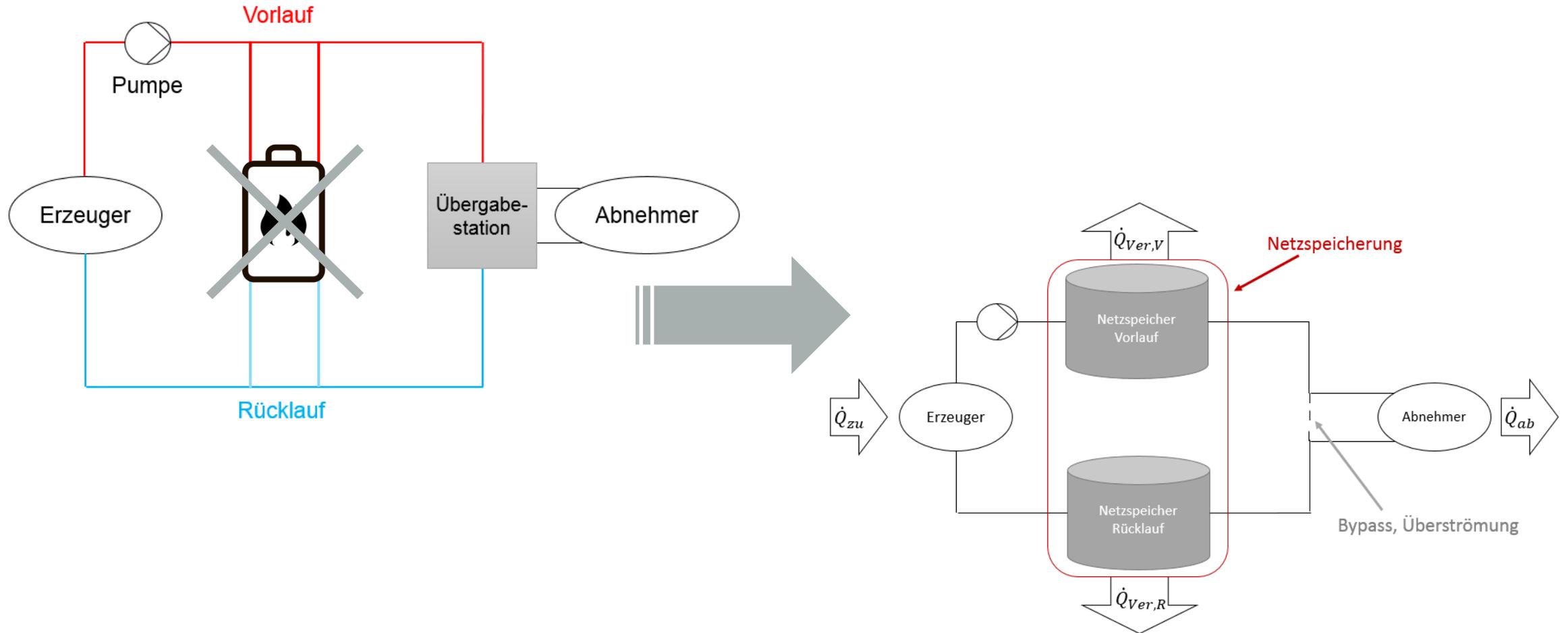
- Ca. 85.000 € (ohne Baukosten)
- Hoher Platzbedarf

# Agenda

- 1 Einführung
- 2 Problemstellung und Motivation
- 3 Grundlagen und Referenzsystem
- 4 **Machbarkeitsstudie**
- 5 Fazit und Ausblick

# Nutzung des bestehenden Energieverteilungssystem

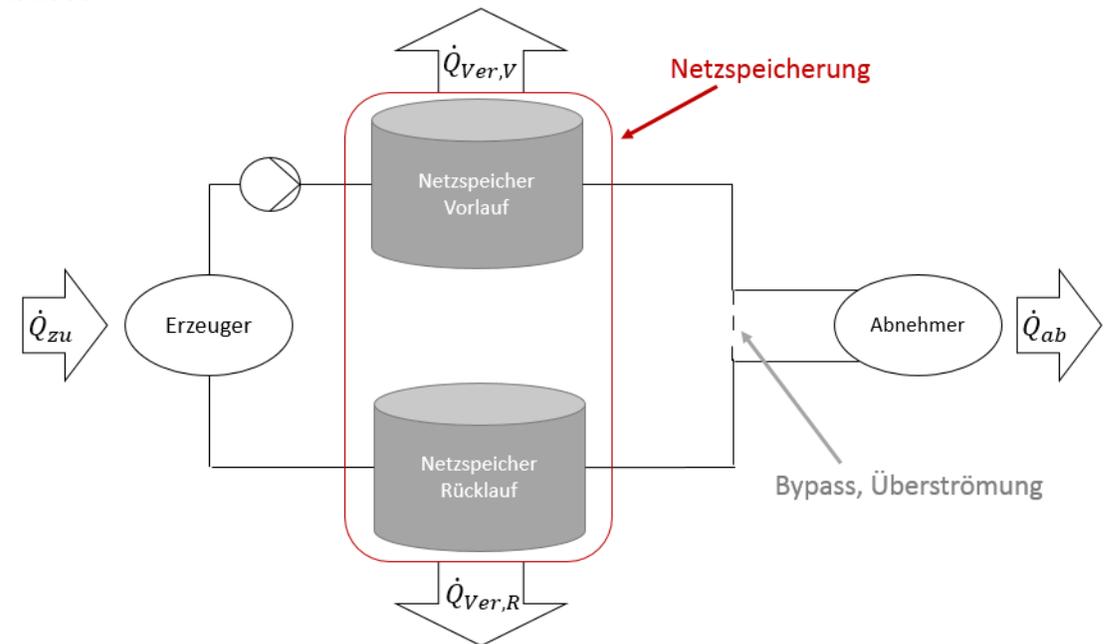
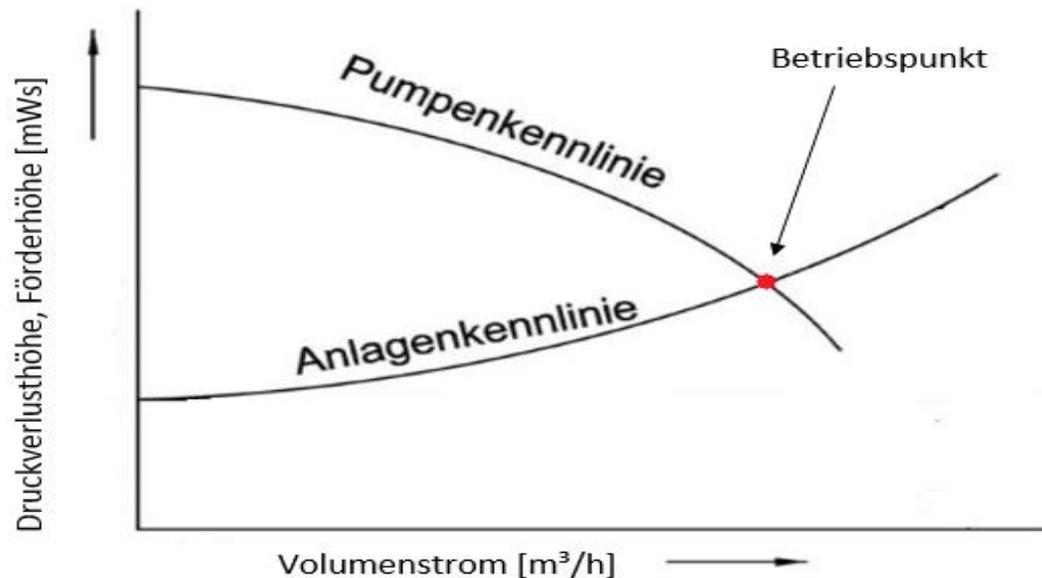
## Erhöhung bzw. Verminderung der Temperatur des Vor- und des Rücklaufs



# Nutzung der Speicherfähigkeit des Energieverteilnetz

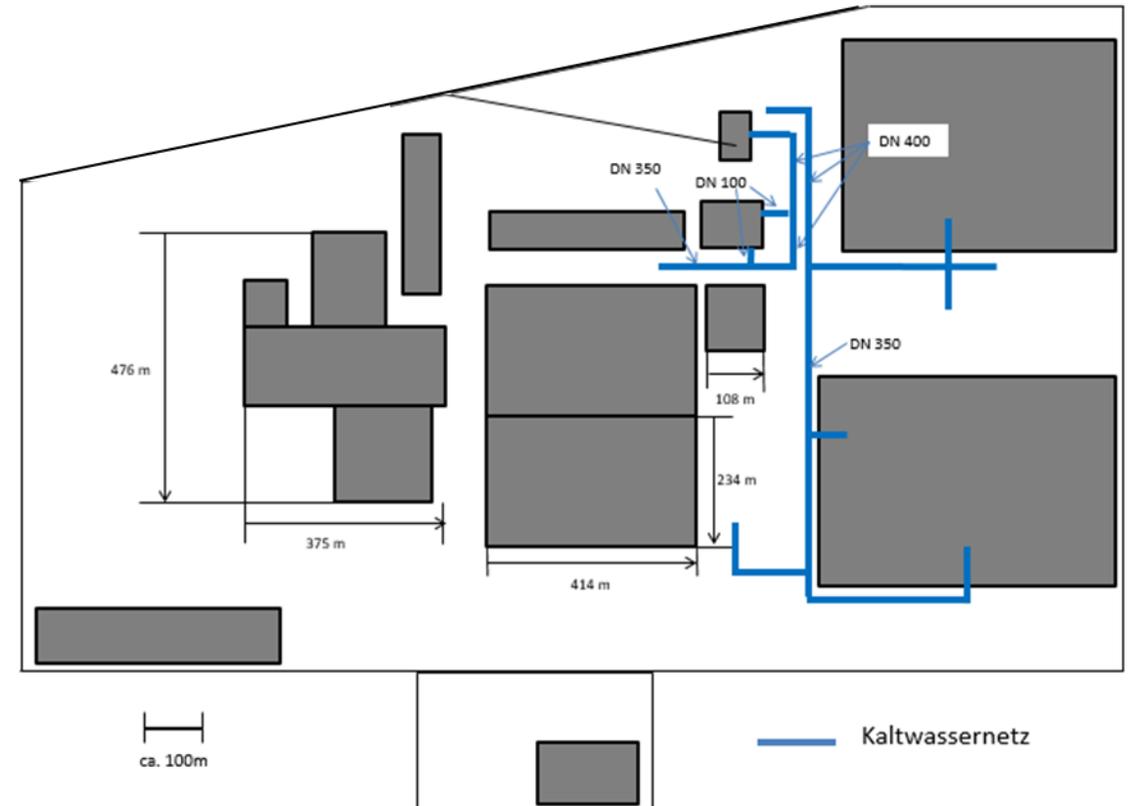
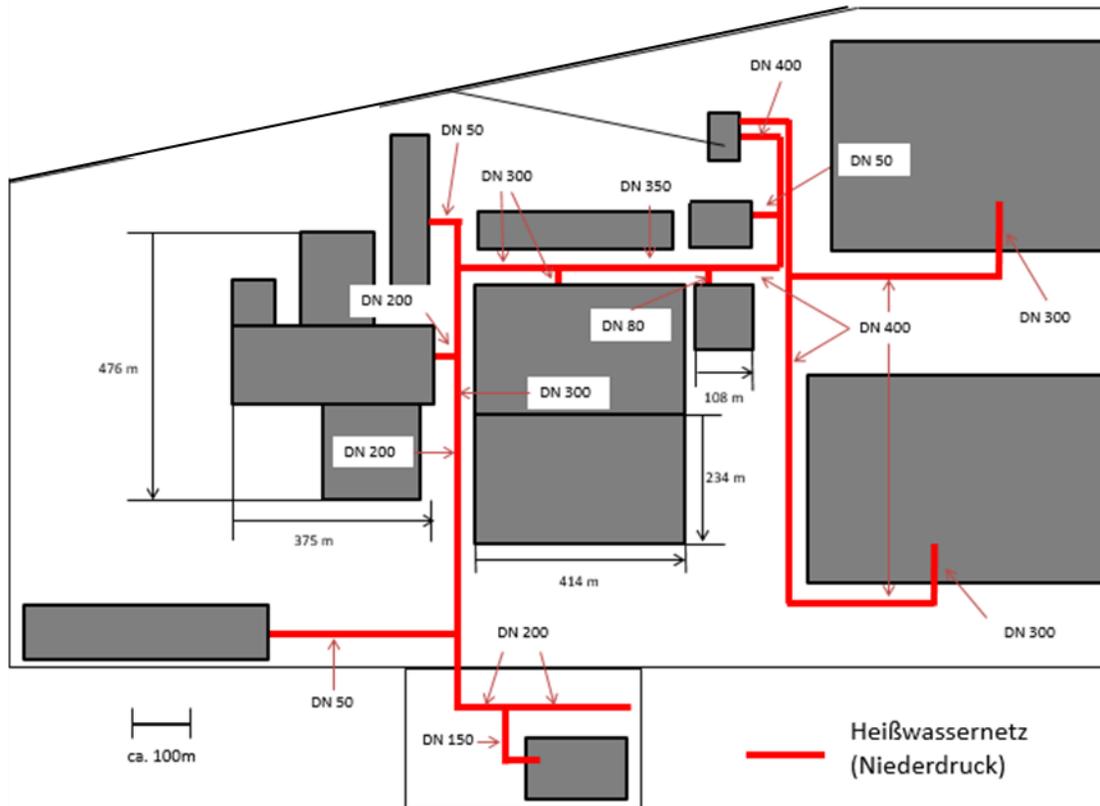
## Mögliche Probleme und was zu beachten ist

- Verluste können sich erhöhen
- Pumpenkennlinien verschieben sich → Anpassung notwendig
- Erzeuger müssen höhere Vorlauftemperaturen erreichen können
- Wärmetauscher/Übergabestationen/Abnehmer müssen höhere Temperaturen aufnehmen können
- Volumenstrom, Massenstrom und Druck können sich ändern



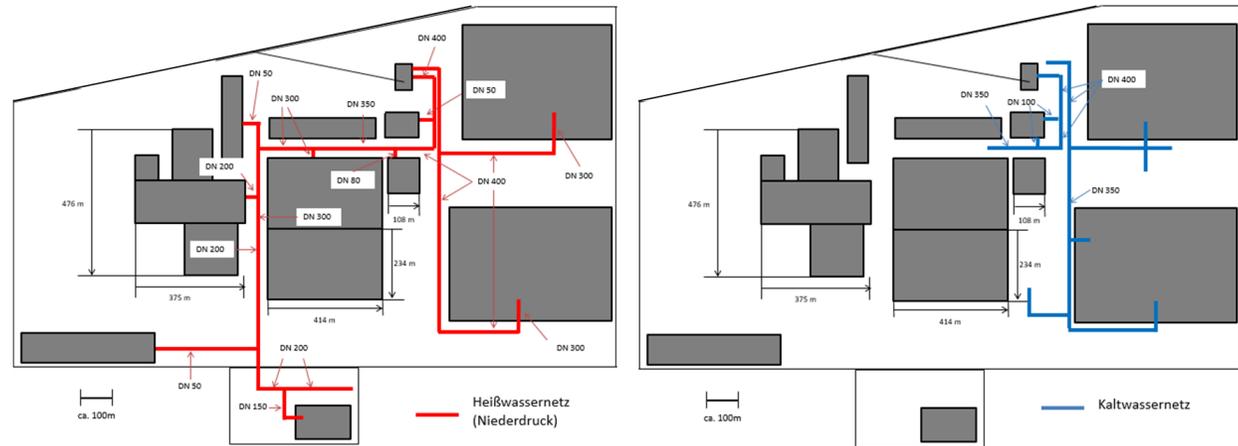
# Referenzsystem

## Analyse des Energieverteilungssystem



# Referenzsystem

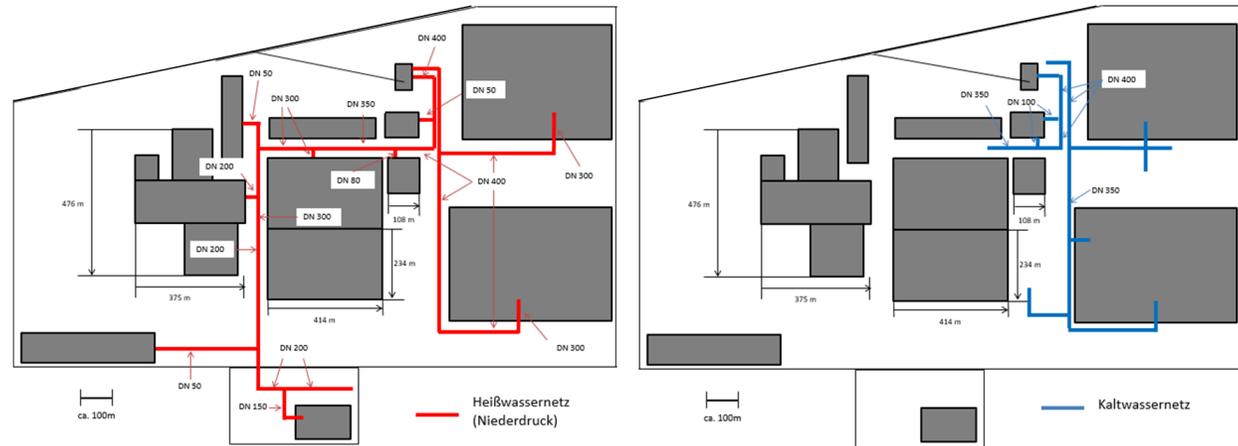
## Analyse des Energieverteilungssystem



Summierte Rohrleitungslänge	9.280 m	4.540 m
Volumen Rohrleitungsnetz	763,52 m <sup>3</sup>	481,36 m <sup>3</sup>
aktuelle Temperatur im Netz	Vorlauf: 95 °C Rücklauf: 50 °C	Vorlauf: 6 °C Rücklauf: 12 °C
Temperaturerhöhung/Temperatursenkung	Vorlauf: + 3 °C Rücklauf: + 5 °C	Vorlauf: - 1 °C Rücklauf: - 3 °C

# Referenzsystem

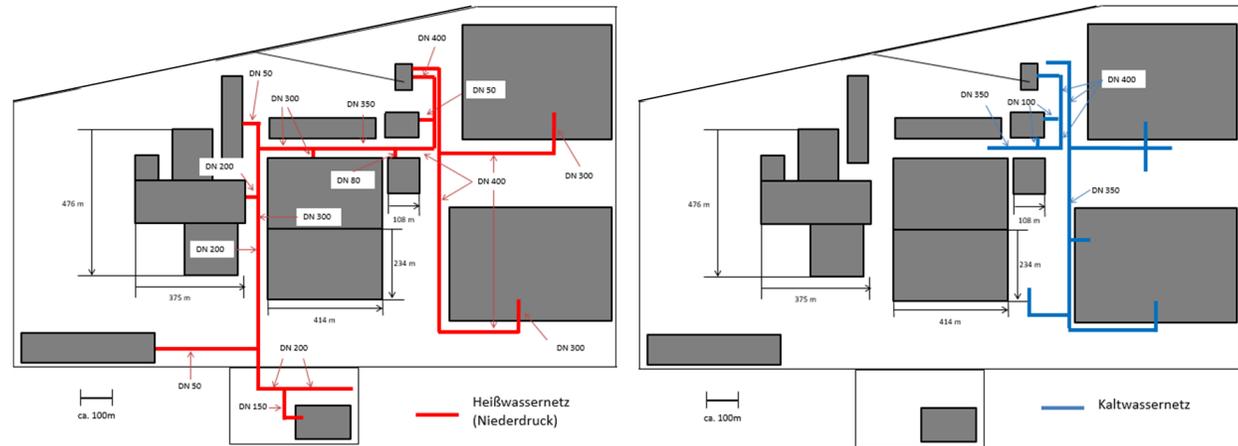
## Analyse des Energieverteilungssystem



Speicherbare Energie...		
<b>Gesamt</b>	<b>3.472 kWh</b>	<b>1.123 kWh</b>
Im Vorlauf	285 kWh	281 kWh
Im Rücklauf	2.187 kWh	842 kWh

# Referenzsystem

## Analyse des Energieverteilungssystem



Anstieg der thermischen Verlustleistung	+ 7 %	+ 33 %
Anteil thermische Verlustleistung an installierter Erzeugungsleistung	0,59 %	0,18 %

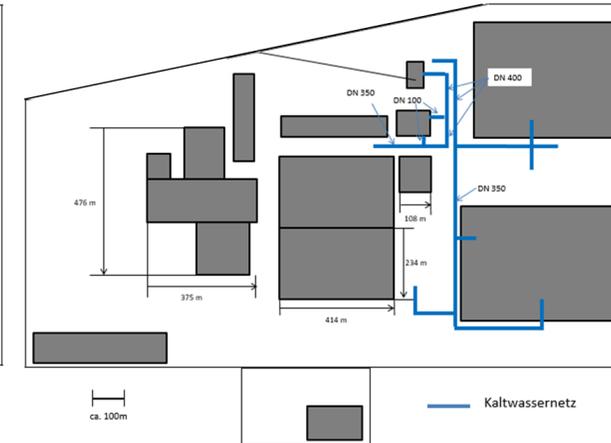
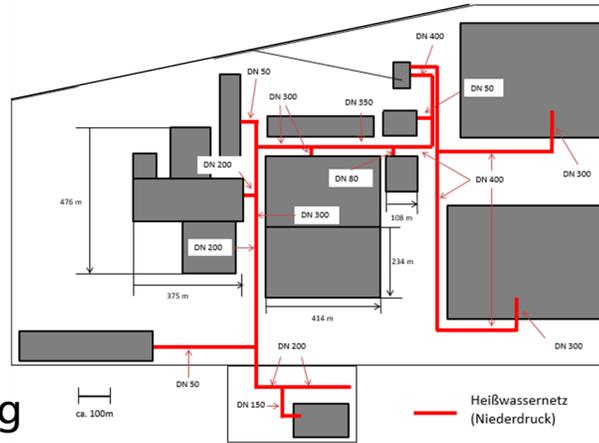
# Referenzsystem

## Analyse des Energieverteilungssystem

- Änderung des Volumenstroms
- Änderung des Druckverlusts

→ Austausch der Pumpen

→ Anpassung der Steuerung und Regelung

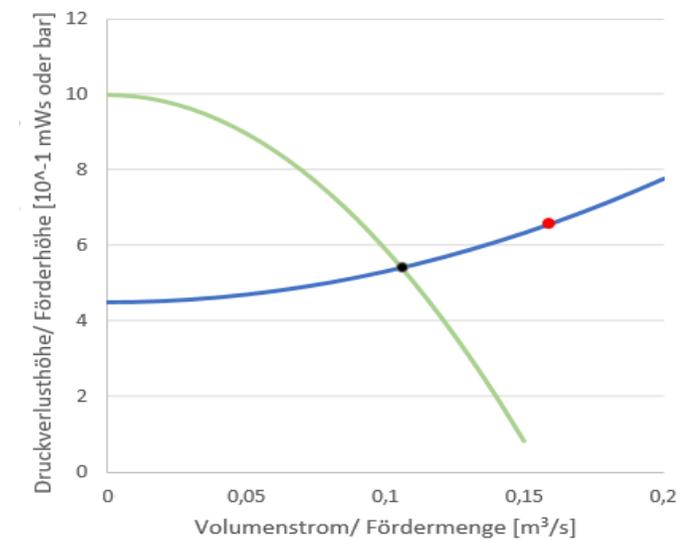
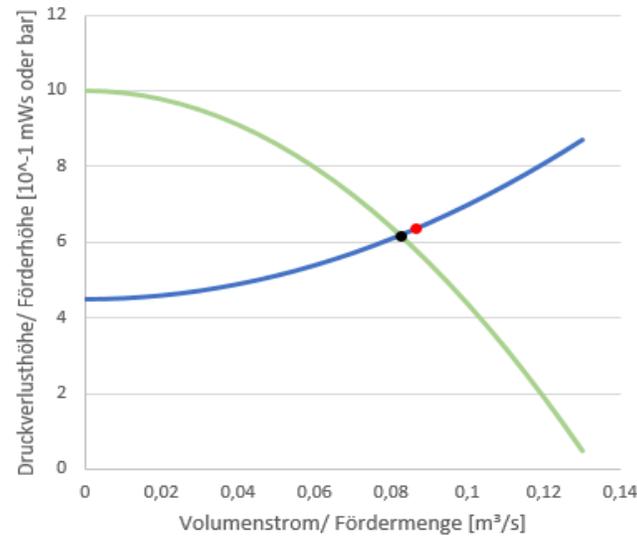


— Netzkenlinie

— Pumpenkenlinie

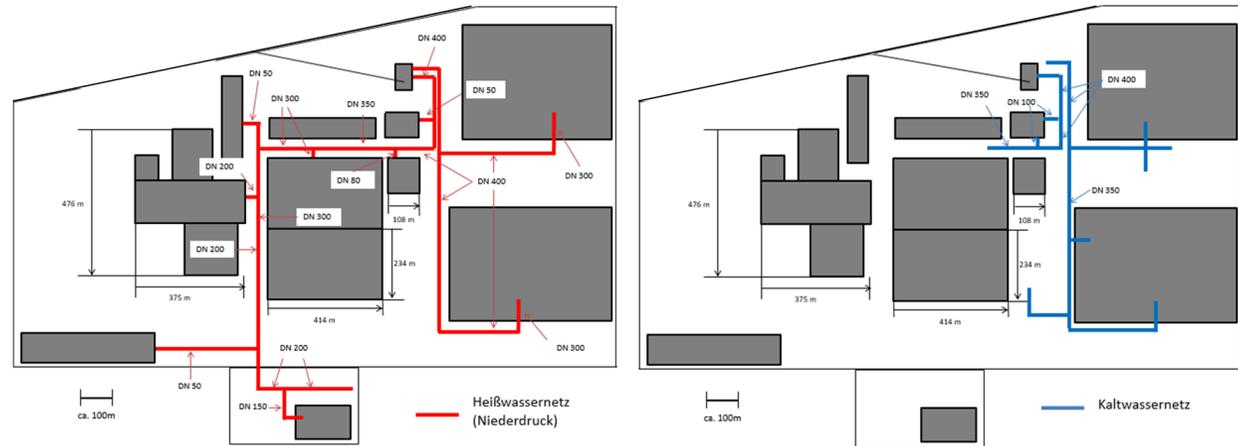
● erforderlicher Betriebspunkt während der Netzspeicherung

● ursprünglich optimaler Betriebspunkt vor der Netzspeicherung



# Referenzsystem

## Vergleich der Investitionskosten



Investitionskosten Netzspeicherung (Pumpen)	14.000 €	15.000 €
Investitionskosten eines Behälterspeichers mit der gleichen Speicherkapazität	128.000 €	85.000 €

# Agenda

- 1 Einführung
- 2 Problemstellung und Motivation
- 3 Grundlagen und Referenzsystem
- 4 Machbarkeitsstudie
- 5 Fazit und Ausblick

# Fazit und Ausblick

## Energiespeicherung in bestehen Energieverteilsystemen

- Technische Umsetzung ist prinzipiell möglich
- Investitionskosten sind geringer im Vergleich zu einem Behälterspeicher mit der gleichen Kapazität (Kosten für Bau und Anpassung der Steuerung wurden nicht berücksichtigt)
- Regelungstechnische Anpassungen müssen vorgenommen werden
- Kein zusätzlicher Platzbedarf
- Die technischen Anlagen (Erzeuger, Abnehmer, Pumpen, Verteilnetz) müssen einen gewisse Flexibilität vorweisen, um die Energiespeicherung in bestehenden Energieverteilsystemen zu ermöglichen.

# Fraunhofer IPA

## Ihr Ansprechpartner



Wir produzieren Zukunft  
[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)  
[www.wir-produzieren-zukunft.de](http://www.wir-produzieren-zukunft.de)

M. Eng. Alexander Emde  
Industrielle Energiesysteme  
+49 711 970-1916  
[alexander.emde@ipa.fraunhofer.de](mailto:alexander.emde@ipa.fraunhofer.de)

# Backup: New Agenda

