AUSLEGUNG VON HYBRIDEN ENERGIESPEICHERN

Vortrag zum 16. Symposium Energieinnovation der TU Graz

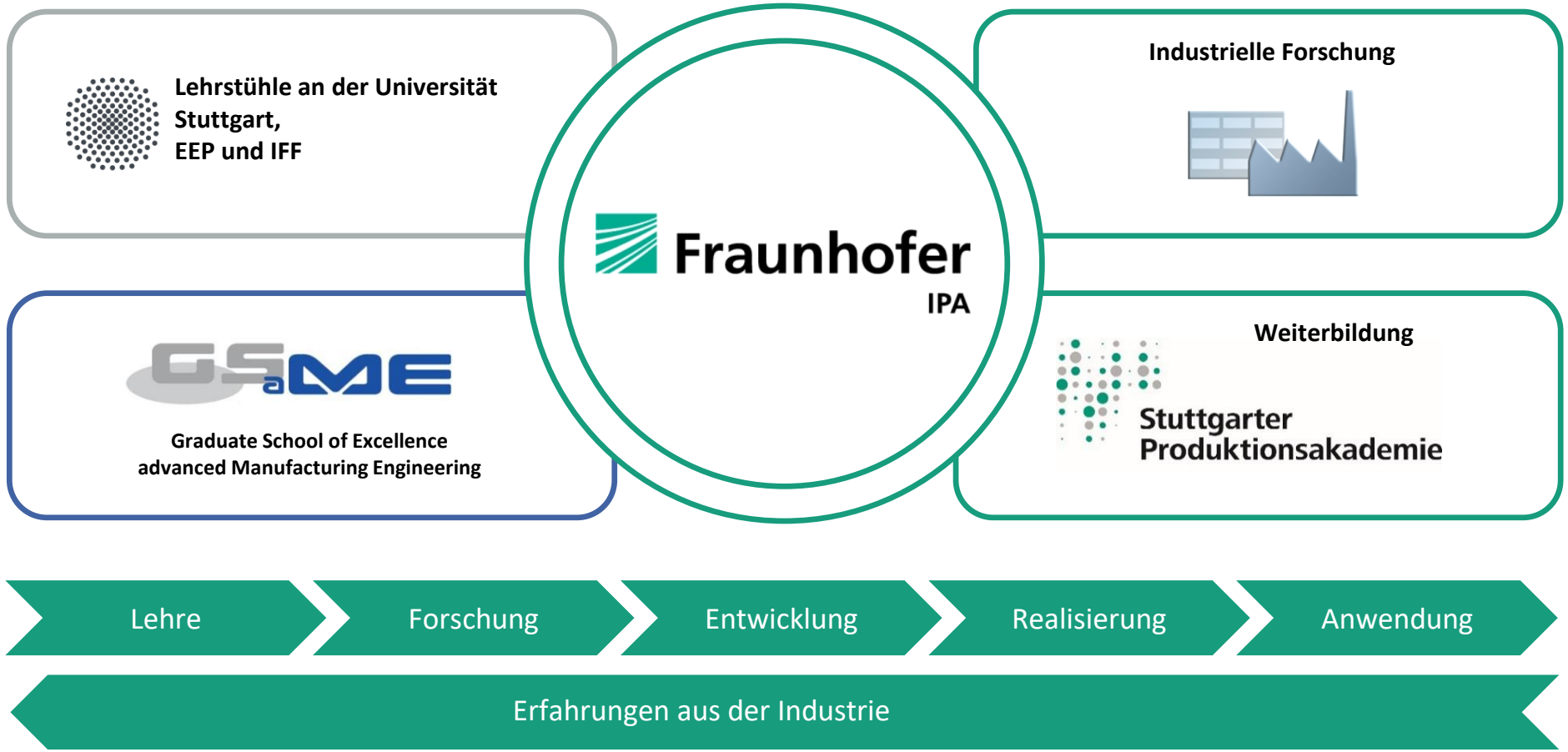
Alexander Emde, M.Eng.

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Vernetzung von Wissenschaft und Praxis

Fraunhofer IPA als Basis für den Wissenstransfer



© Fraunhofer IPA

Kopernikus-Projekte für die Energiewende

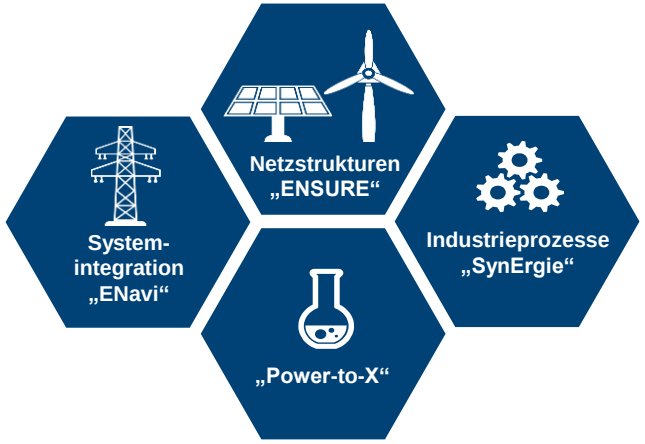
KOPERNIKUS »PROJEKTE
Die Zukunft unserer Energie

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

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

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Kopernikus-Projekte als Maßnahme

Synergie – Koordiniert vom Fraunhofer IPA

KOPERNIKUS PROJEKTE
Die Zukunft unserer Energie

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

NEUE NETZ-STRUKTUREN **ENSURE**

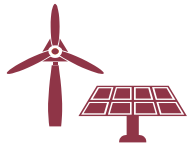
- Speicherausbau
- Verknüpfung der Energienetze (Strom, Wärme, Gas)
- Smart Grids
- Bessere Verteilnetze
- Innovative Betriebsmittel und Technologien
- Europäisches Hochspannungs-gleichstromnetz
- Inselnetze und Autarke Regionen

POWER-TO-X

- flexiblere Nutzung von Strom aus volatilen erneuerbaren Energien
- Speicherung von Energie in flüssigen und gasförmigen Substanzen sowie Basis-Chemikalien

INDUSTRIE-PROZESSE **SYNERGIE**

- Anpassung energieintensiver Industrieprozesse an die regenerative fluktuierende Stromversorgung
- angepasste Technologien für die industriellen Schlüsselprozesse



SYSTEM-INTEGRATION **ENAVI**

- Verständnis des komplex vernetzten Energiesystems
- Integration von Komponenten des zukünftigen Energiesystems
- Abschätzung der kurz-, mittel- und langfristigen Folgen von Maßnahmen im Energiesystem
- Erstellung transdisziplinärer Optionen für Maßnahmen

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Ziel des Kopernikus – Synergie Projekts

GEFÖRDERT VOM
KOPERNIKUS »PROJEKTE Die Zukunft unserer Energie
Bundesministerium für Bildung und Forschung

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**.

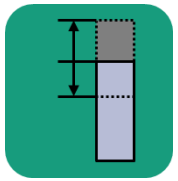
© Fraunhofer IPA
Fraunhofer IPA

Energieflexibilitätsmaßnahmen innerhalb von Synergie

Fokussierung auf Energiespeicherung in der Industrie

- Wechsel der Energiequelle

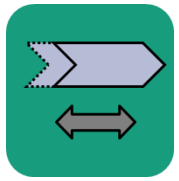
- Speicherung von Energie



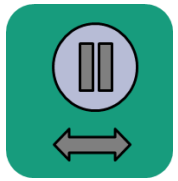
- Anpassung von Prozessparametern

- Anpassung von Schichtzeiten

- Anpassung der Auftragsreihenfolge

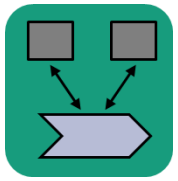


- Anpassung von Prozessstarts



- Anpassung von Pausenzeiten

- Unterbrechung von Prozessen



- Anpassung von Maschinenbelegung

*Energieflexibilitätsmaßnahmen nach Graßl 2015

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Agenda

1. Problemstellung und Motivation
2. Konzeptvorstellung
3. Fallstudie anhand realer Energieverbräuche eines Industrieunternehmens
4. Fazit und Ausblick

© Fraunhofer IPA

Agenda

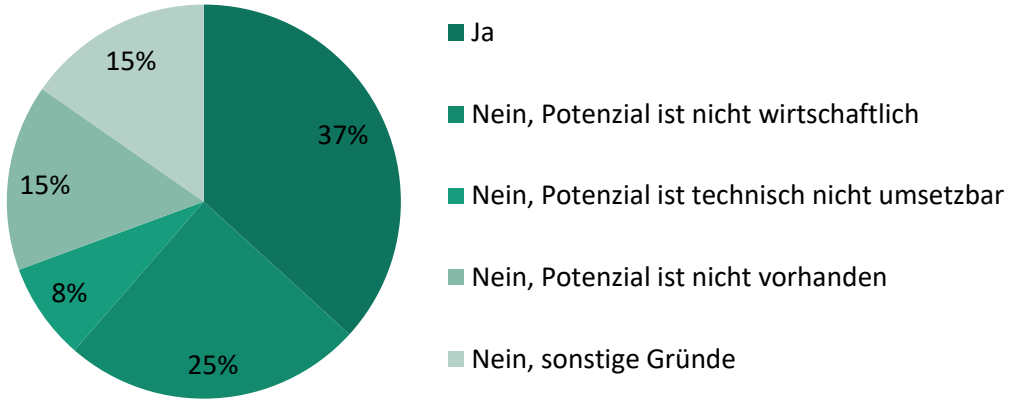
1. **Problemstellung und Motivation**
2. **Konzeptvorstellung**
3. **Fallstudie anhand realer Energieverbräuche eines Industrieunternehmens**
4. **Fazit und Ausblick**

© Fraunhofer IPA

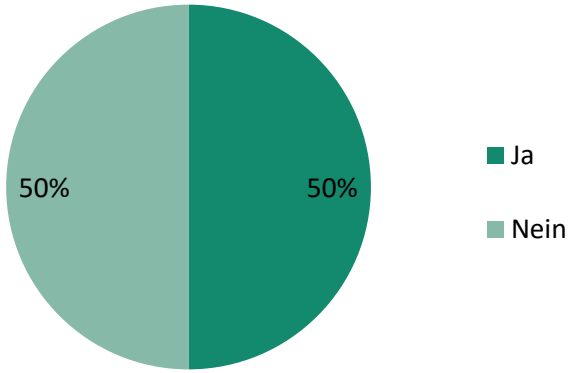
Interesse an Energiespeichern

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)



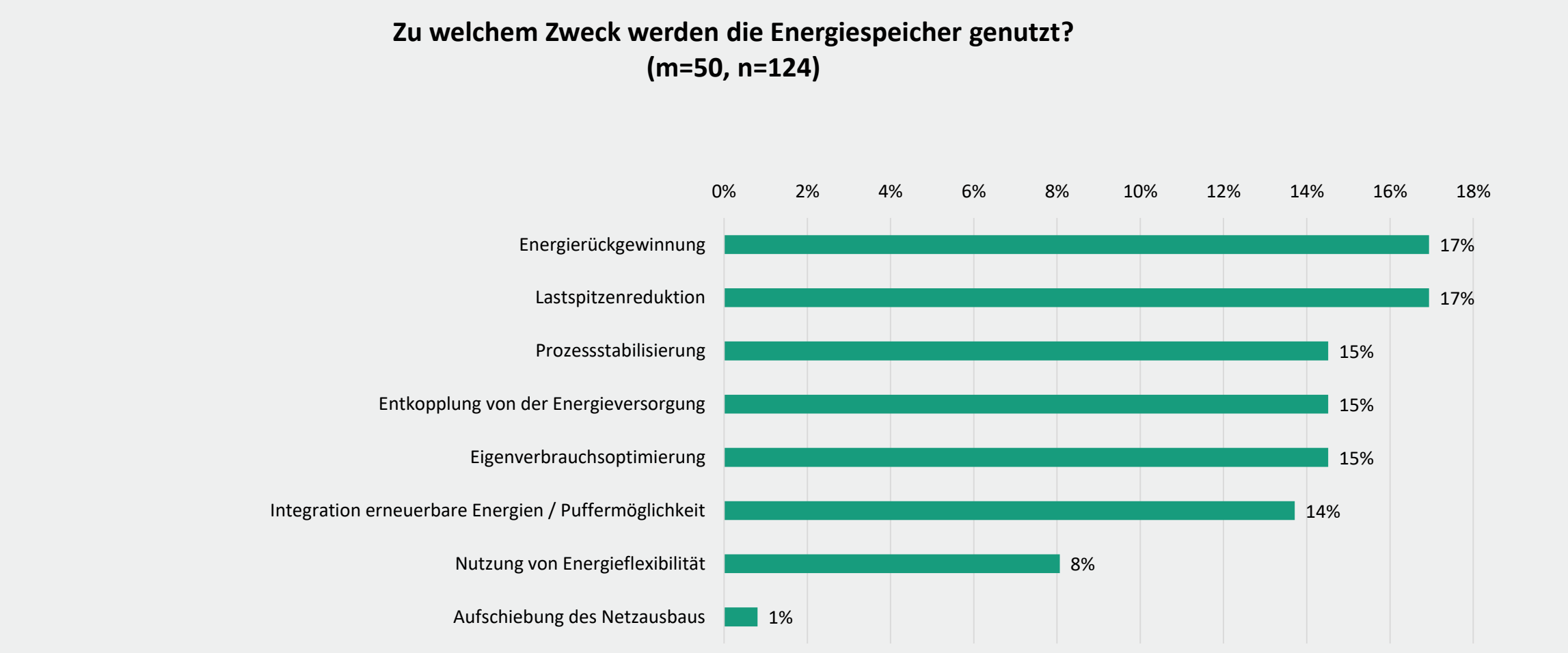
Zimmermann und Emde et al.: Energiespeicher in Produktionssystemen, 2019

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Einsatzmöglichkeiten

Breite Einsatzmöglichkeiten von Energiespeichern in Unternehmen



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

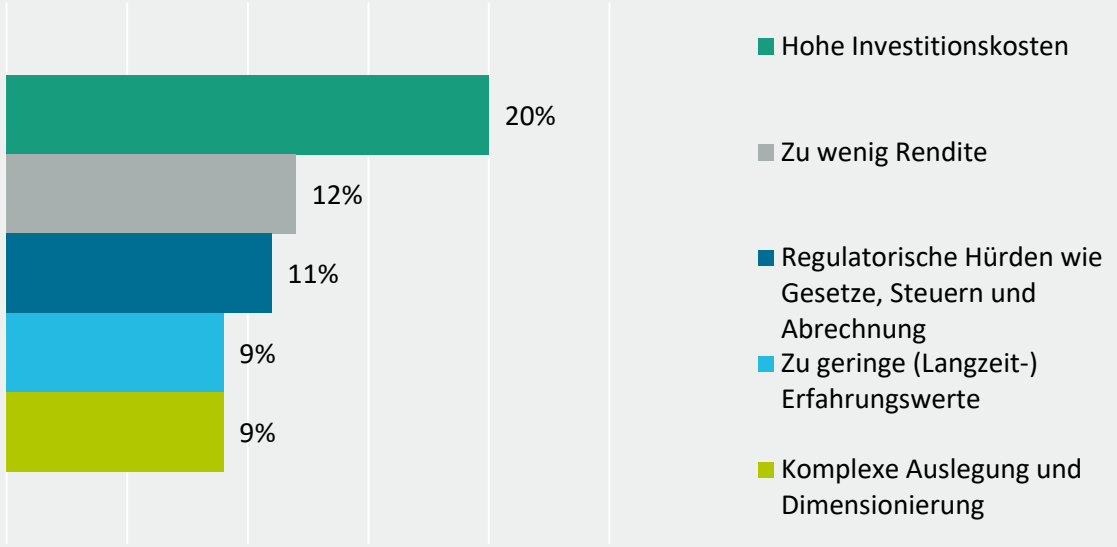
© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

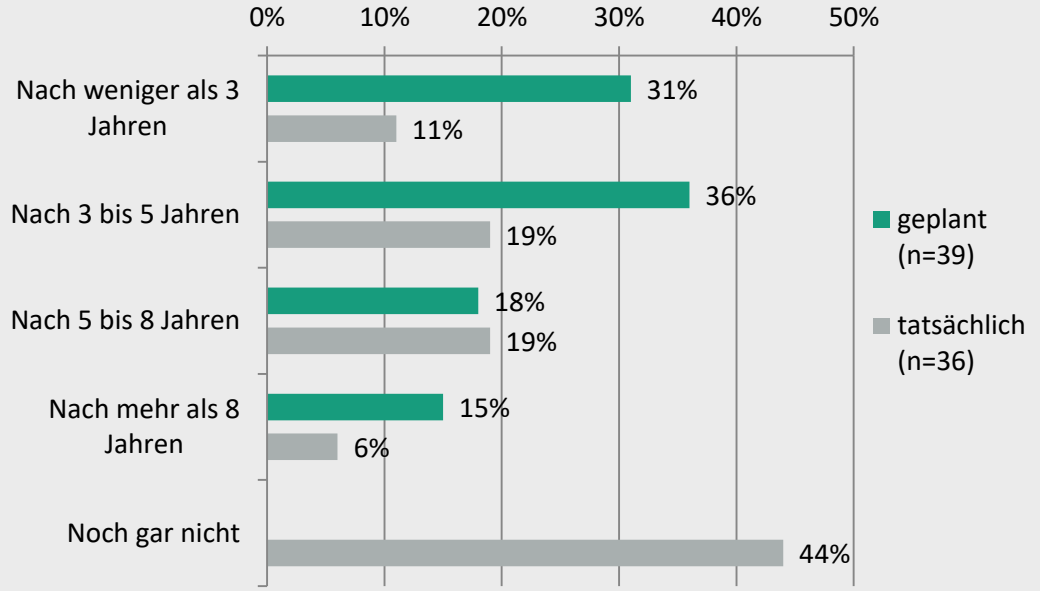
Herausforderungen von Energiespeichern

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



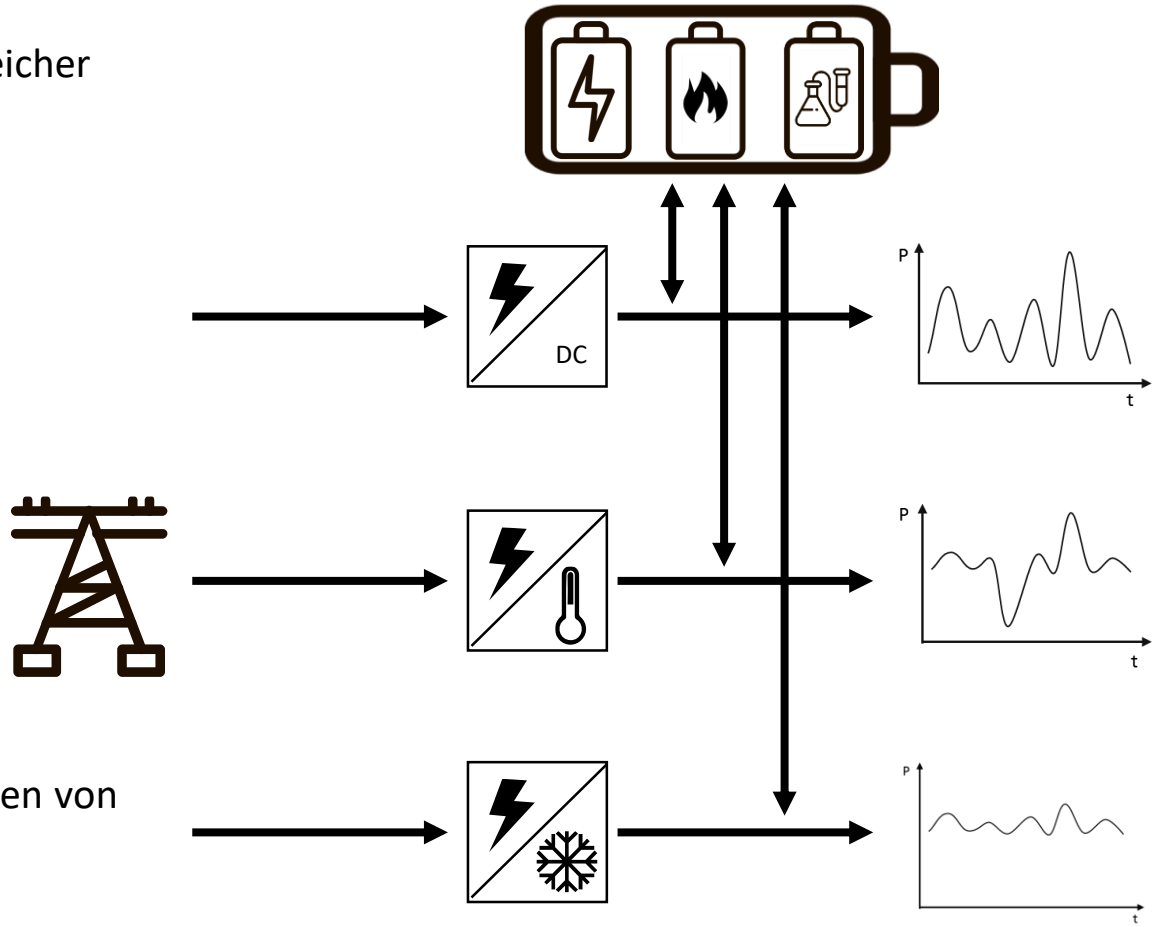
Zimmermann und Emde et al.: Energiespeicher in Produktionssystemen, 2019

© Fraunhofer IPA

Potenzielle Lösung für die Herausforderungen: Hybride Energiespeicher?

Definition und Chancen

- Kombination aus mindestens zwei unterschiedliche Energiespeicher
- Ausgleich jeweiliger Schwächen (im Vergleich zu „Einzelspeicherlösungen“):
  - Erhöhung der Flexibilität
  - Reduzierung der spezifischen Investitionskosten
  - Erhöhung der Systemeffizienz
  - Höhere Lebenserwartung
  - Verbreiterung des Einsatzgebietes
- Hybride Energiespeicher bieten Chancen, die Herausforderungen von Energiespeicherung in Unternehmen zu adressieren



Zimmermann und Emde et al.: Energiespeicher in Produktionssystemen, 2019; Sterner und Stadler: Handbook of Energy Storage, 2019; Bocklisch, 2019; Chong et al, 2019

© Fraunhofer IPA

Agenda

1 **Problemstellung und Motivation**

2 **Konzeptvorstellung**

3 **Fallstudie anhand realer Energieverbräuche eines Industrieunternehmens**

4 **Fazit und Ausblick**

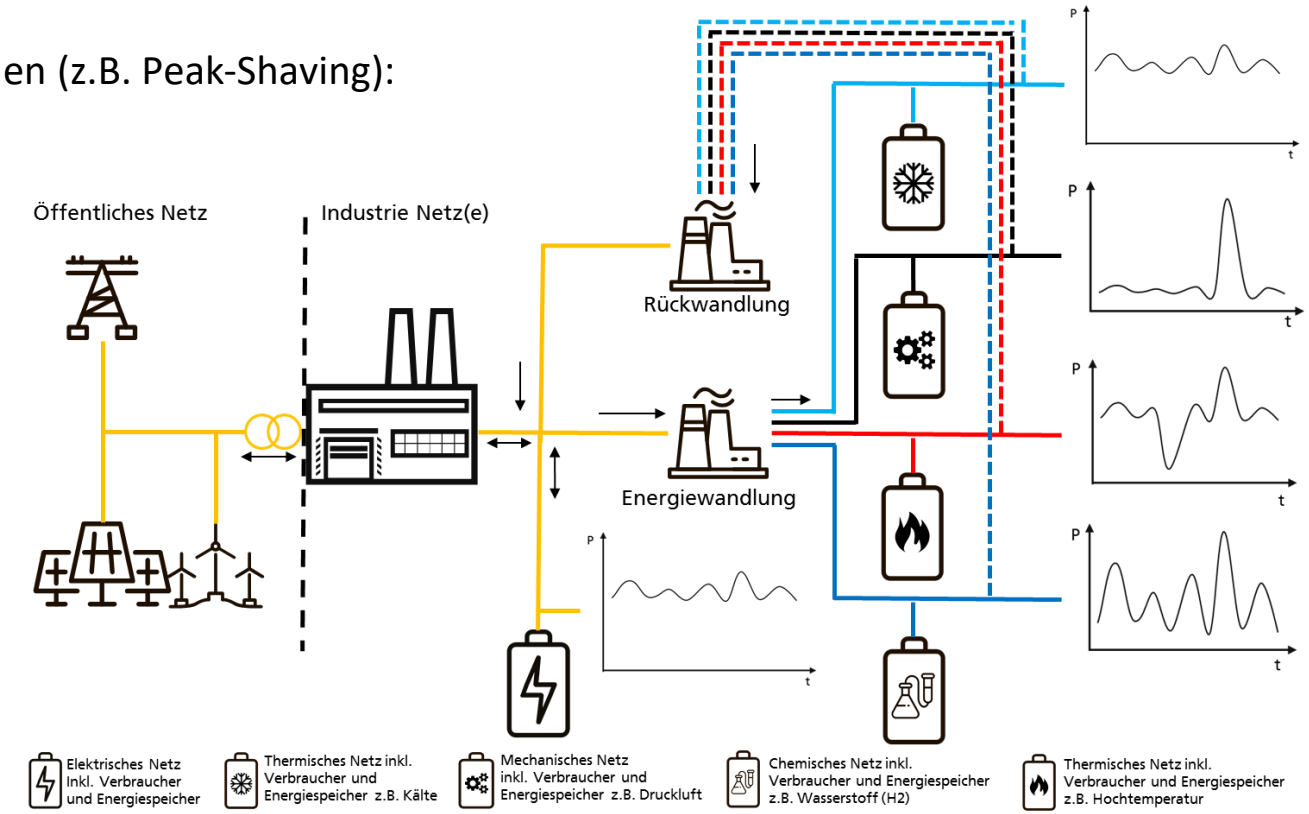
© Fraunhofer IPA

Konzeptvorstellung

Hybrides Energiesystem im Industrienetz

- Zwei oder mehr Energiespeicher werden zu einem hybriden Energiespeicher innerhalb eines industriellen Energienetzes zusammengeschalten

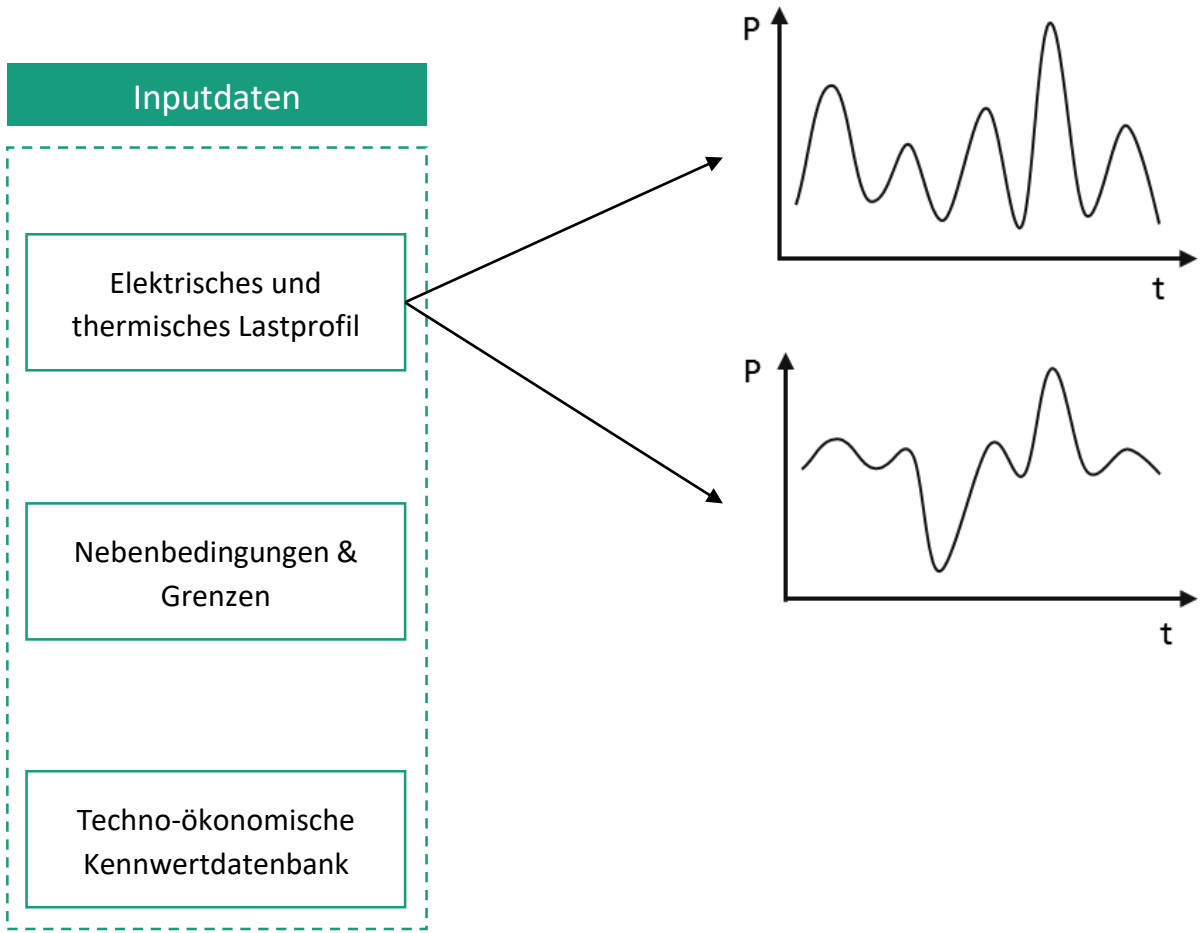
- Gemeinsames Anwendungsziel muss erreicht werden (z.B. Peak-Shaving):
  - Rückwandlung in elektrische Energie
  - Absenkung der Last durch Abschaltung der Energiewandlung
  - End- bzw. Nutzenergieformen der Speicher können sich unterscheiden
  - Produktionsprozesse müssen (durch Speicherung) weiter betrieben werden



© Fraunhofer IPA

Vorgehen zur Auslegung von hybriden Energiespeichern

Phase 1



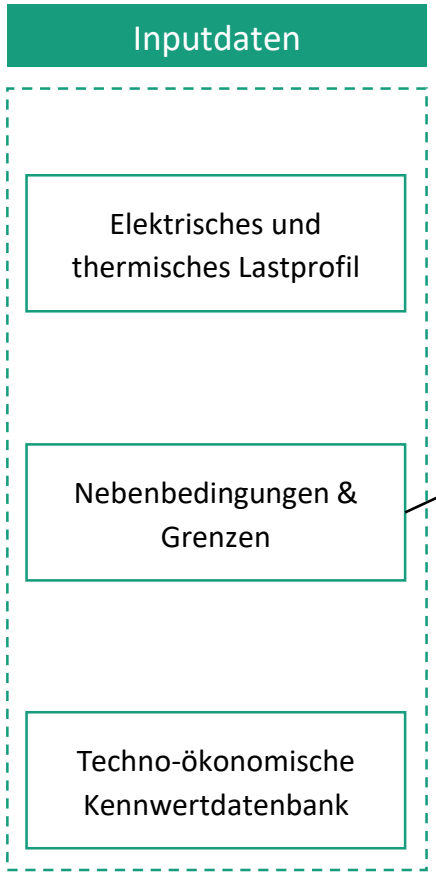
- Reale Lastprofile eines Unternehmens in 15 min Werte

  im Optimalfall über ein Jahr gemessen

© Fraunhofer IPA

Vorgehen zur Auslegung von hybriden Energiespeichern

Phase 1



- Ökonomisches Optimum soll erreicht werden
- Anwendungsziel: Peak-Shaving
- Direkter Verbrauch wird einer Rückwandlung vorgezogen
- Energetische Lasten müssen zu jederzeit gedeckt werden
- Leistung und Kapazität werden als reelle Variablen betrachtet
- Keine Betrachtung der Systemkomplexität oder einer Verlängerung der Lebensdauer
- Jährliche Kosten werden über die Annuitätenmethode bestimmt

© Fraunhofer IPA

Vorgehen zur Auslegung von hybriden Energiespeichern

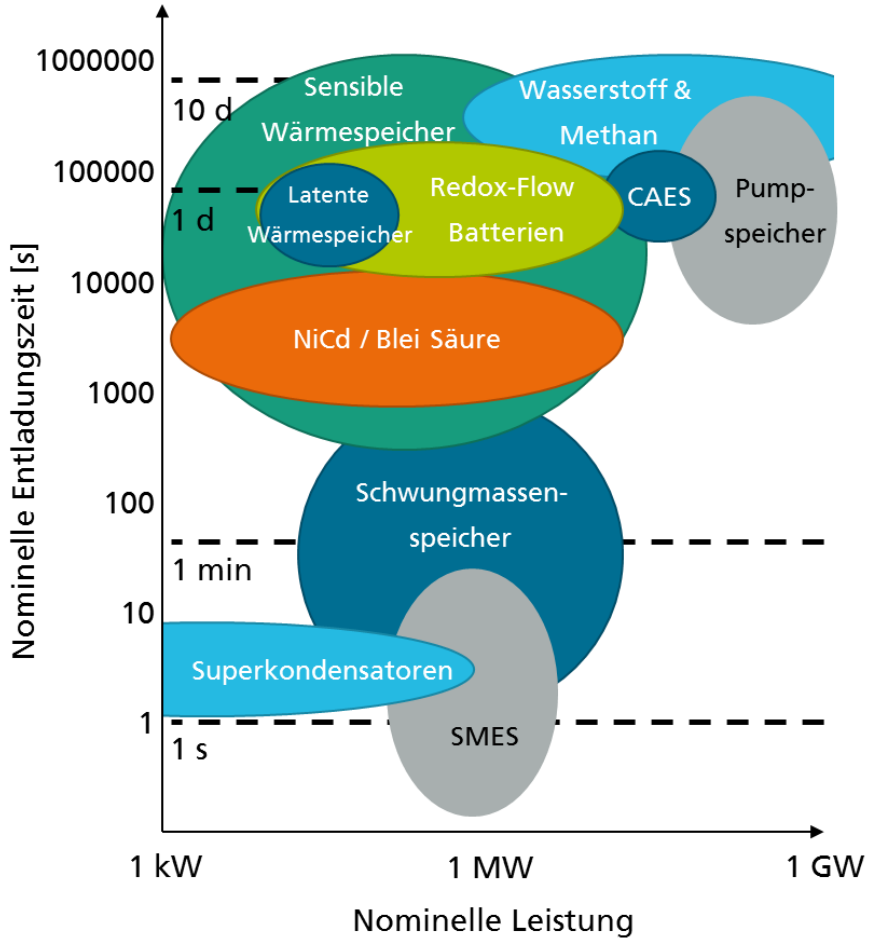
Phase 1

Inputdaten

- Elektrisches und thermisches Lastprofil
- Nebenbedingungen & Grenzen
- Techno-ökonomische Kennwertdatenbank

Betrachtete Parameter:

- Energiedichte
- Selbstentladung
- Lebensdauer
- Wirkungsgrad
- Energiespezifische Investitionskosten
- Leistungsspezifische Investitionskosten
- Verhältnis Kapazität zu Leistung
- Möglichkeit einer unabhängige Skalierur

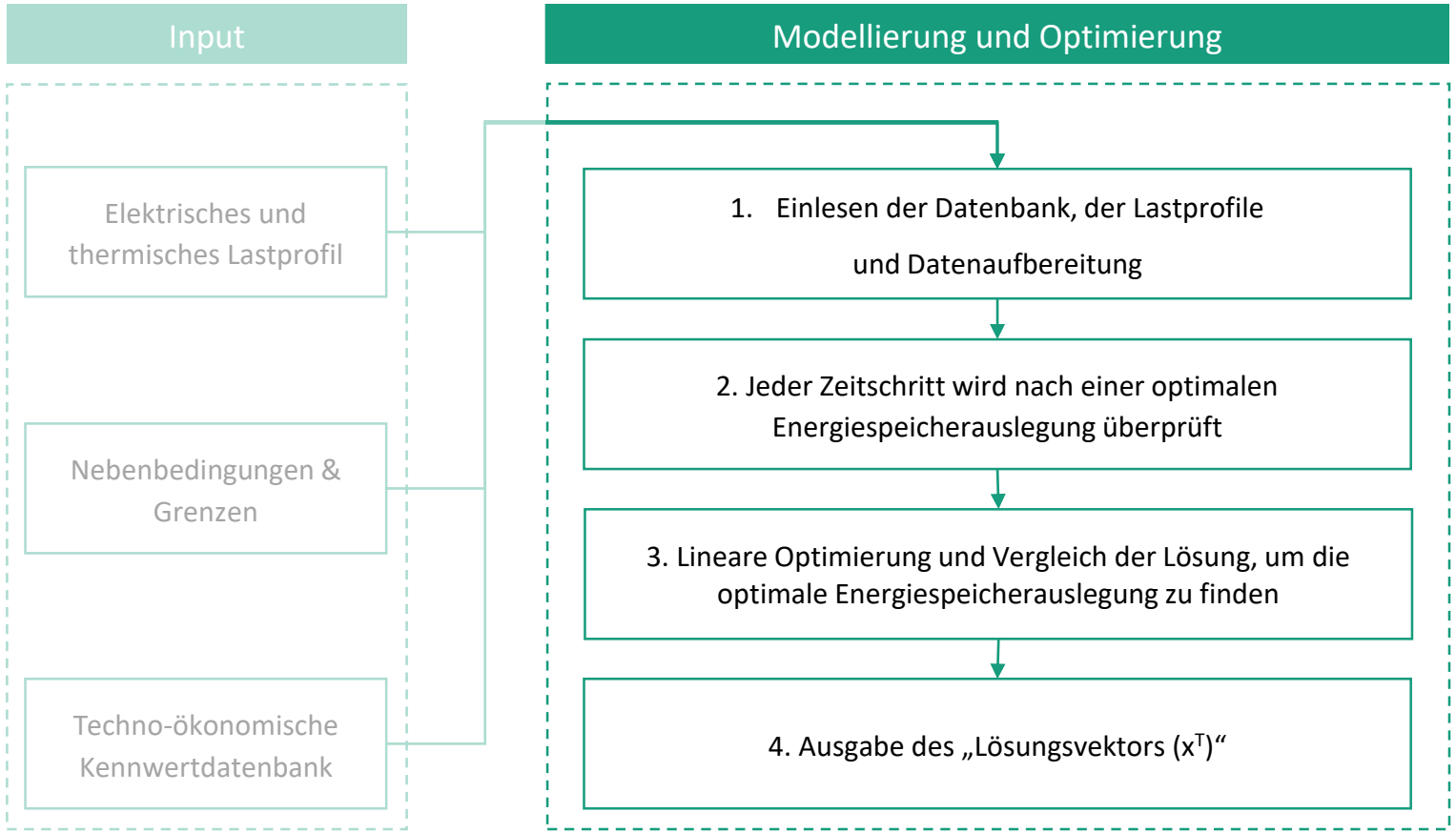


Angepasst von F. Hanning et al. : Stand und Entwicklungspotenzial der Speichertechniken für Elektroenergie – Ableitung von Anforderungen an und Auswirkungen auf die Investitionsgüterindustrie

© Fraunhofer IPA

Vorgehen zur Auslegung von hybriden Energiespeichern

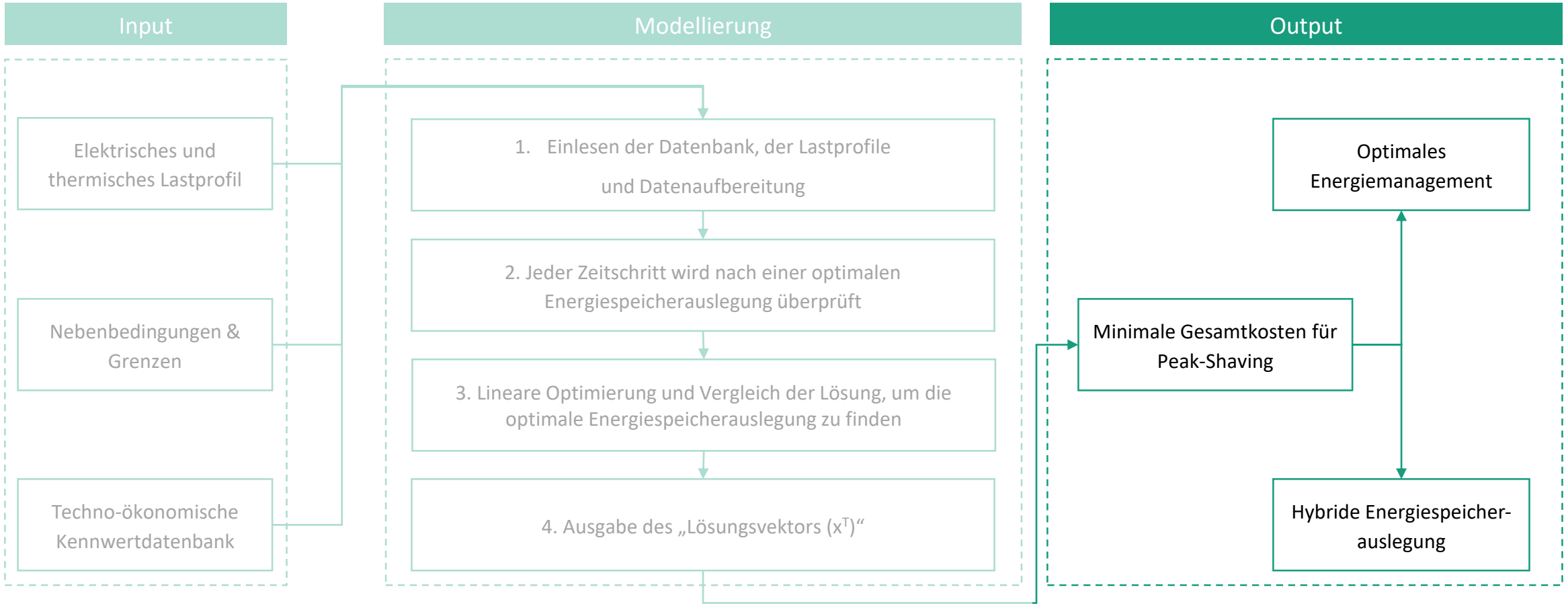
Phase 2



© Fraunhofer IPA

Vorgehen zur Auslegung von hybriden Energiespeichern

Phase 3



© Fraunhofer IPA

Agenda

1 **Problemstellung und Motivation**

2 **Konzeptvorstellung**

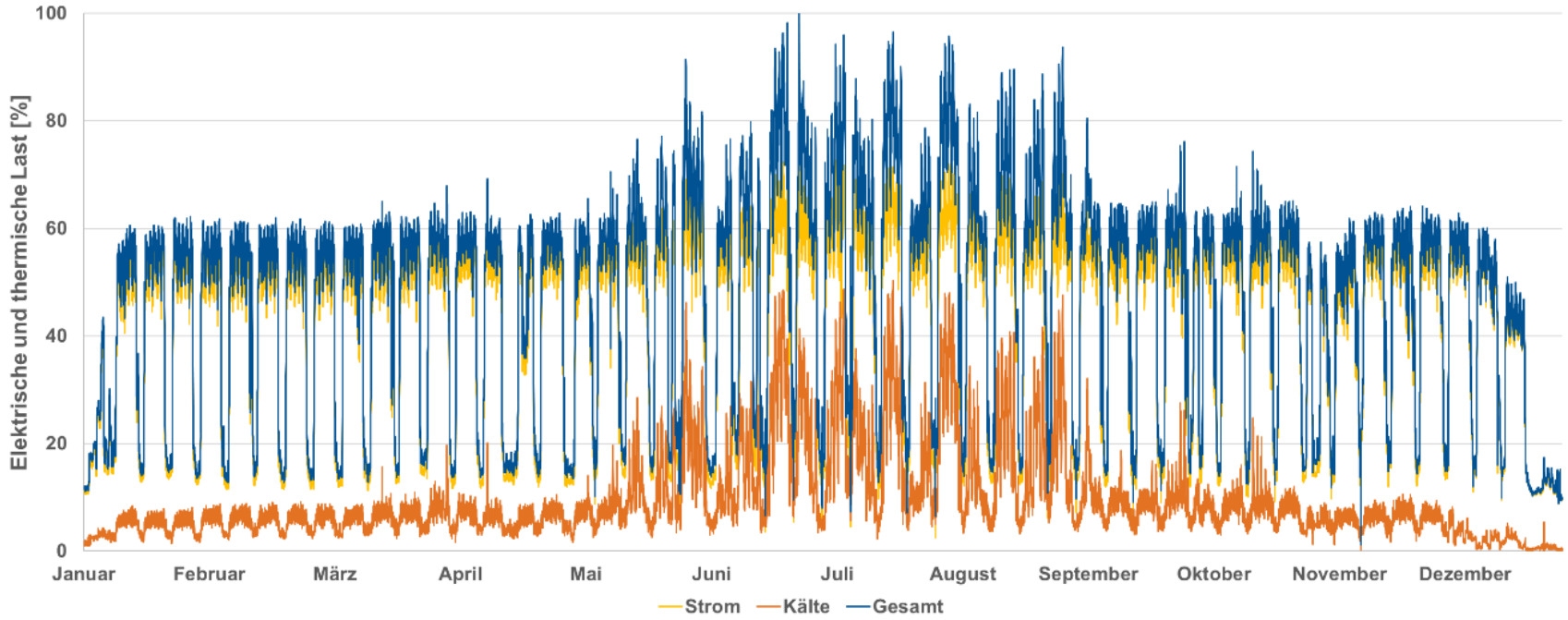
3 **Fallstudie anhand realer Energieverbräuche eines Industrieunternehmens**

4 **Fazit und Ausblick**

© Fraunhofer IPA

Fallbeispiel

Thermischer und elektrischer Lastverlauf eines Jahres



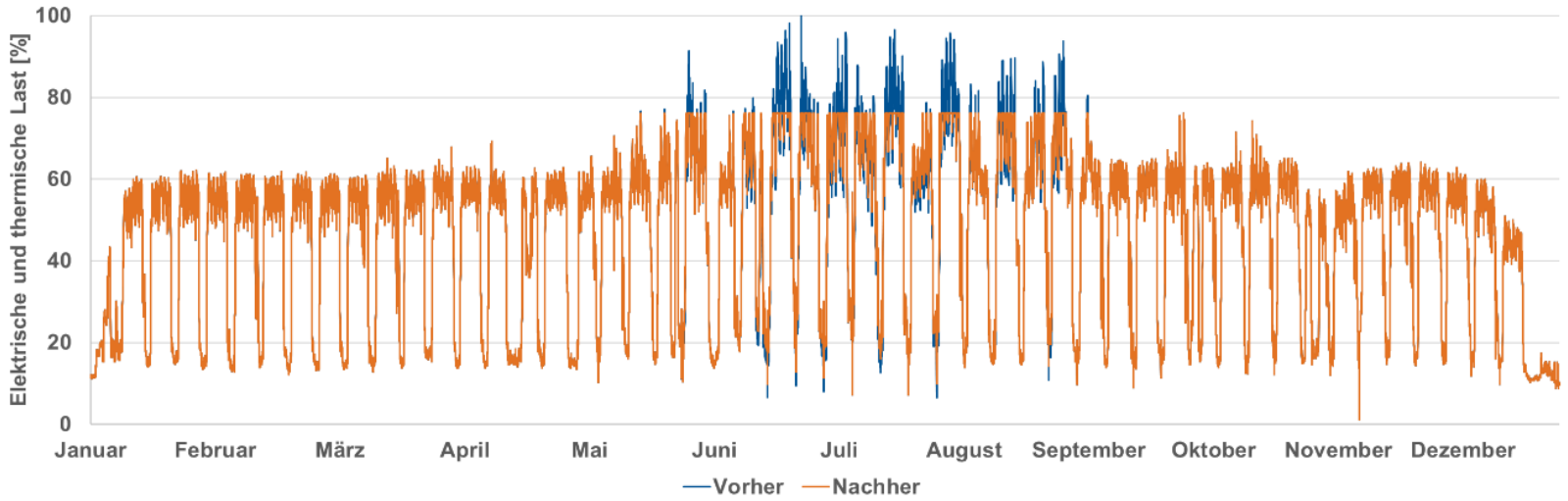
- Drei verschiedene Szenarien werden untersucht:
  - Auslegung eines optimalen hybriden Energiespeichers
  - Auslegung eines optimalen elektrochemischen Einzelspeichers (bevorzugter Typ von Energiespeicherung)
  - Auslegung eines elektrochem. Einzelspeichers mit den Investitionskosten des hybriden Energiespeichers

© Fraunhofer IPA

Ergebnis

Vergleich der Auslegung und der Lastspitzenreduktion

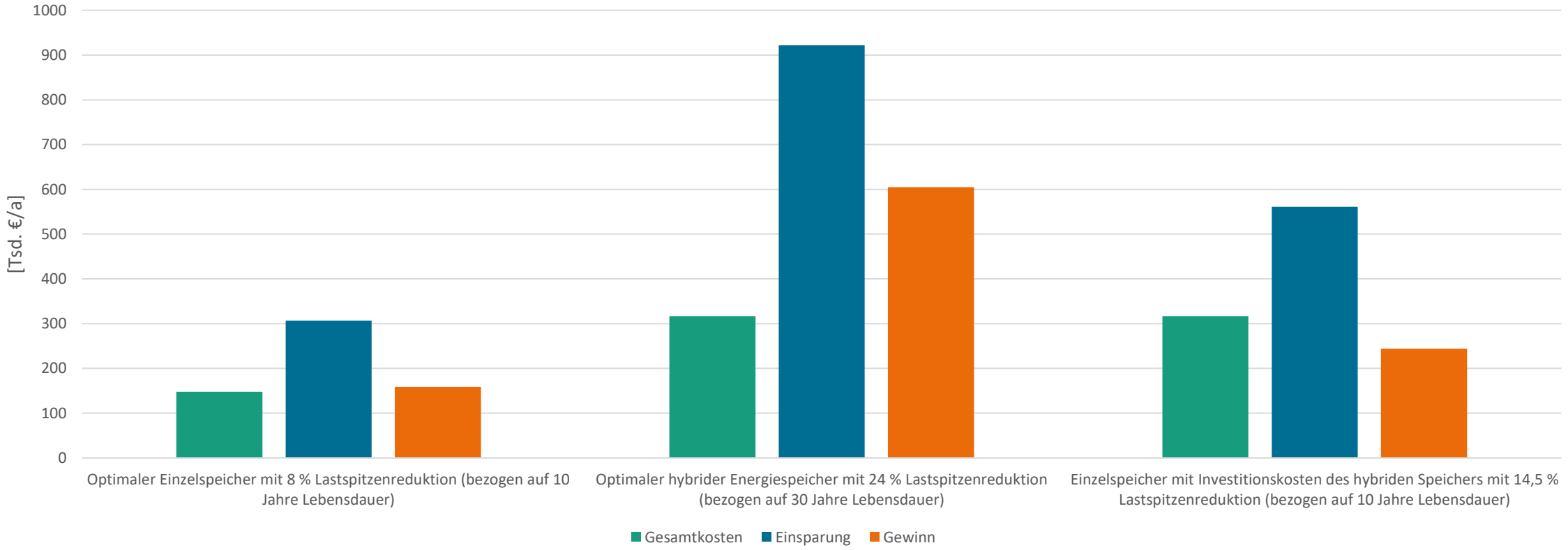
	Optimaler hybrider Energiespeicher		Optimaler Einzelspeicher
	CAES inkl. Rückwandlung	**Sensibler therm. Energiespeicher**	**BSA**
CAPEX [€/a]	83.788	233.230	148.600
Kapazität [kWh]	1.099,9	507.480	5.156,9
Ladeleistung [kW]	36,495	3.792,5	3.450,9
Entladeleistung [kW]	2.116	14.505	3.450,9
Lastspitzenreduktion [%]	24 (CAES + sensibler therm. Energiespeicher)		8



© Fraunhofer IPA

Ergebnis

Vergleich der Szenarien



© Fraunhofer IPA

Agenda

1 **Problemstellung und Motivation**

2 **Konzeptvorstellung**

3 **Fallstudie anhand realer Energieverbräuche eines Industrieunternehmens**

4 **Fazit und Ausblick**

© Fraunhofer IPA

Fazit
Großes Potential für hybride Energiespeicher

- Die hybride Energiespeicher- und die Einzelspeicherlösung führen zu einem ökonomischen Auslegungsoptimum
  - Jede Energiespeicherauslegung kann theoretisch zu einem Optimum führen
- Kapazität und Leistung von hybriden Energiespeichern ist in der Fallstudie sehr groß (im Vergleich zu der elektrochemischen Einzelspeicherlösungen)
  - Damit ist eine höhere Einsparung durch Peak-Shaving möglich, aber mit höheren Investitionskosten verbunden
- Bei gleichen Investitionskosten kann mit einem hybriden Energiespeicher eine höhere Einsparung erzielt werden
  - Die Auslegung und die Errichtung eines Energiespeichers ist von der unternehmensspezifischen Investitionsbereitschaft abhängig

© Fraunhofer IPA

Ausblick

Weiterentwicklungsmöglichkeiten der Auslegung für hybride Energiespeicher

- Weiterentwicklungsmöglichkeit der Modellierung und Auslegung:
  - Erweiterung des Untersuchungsrahmen um weitere Nutzenergieformen und Lastgänge (z.B. Druckluft)
  - Detailliertere Abbildung von Energiewandlungen und -verlusten
  - Erweiterung um weitere Nebenbedingungen (z.B. Berücksichtigung um spezifische Parameter wie €/m² bzw. kWh/m²)
  - Standardisierung der Speichergrößen mithilfe von Herstellerangaben (Abhängigkeit der Speicherskalierung)
  - Detaillierung der Wirtschaftlichkeitsrechnung

➢ Betrachtung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials statt aktuell dem theoretischen Potenzial

© Fraunhofer IPA

Fraunhofer IPA

Ihr Ansprechpartner

Alexander Emde
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Industrielle Energiesysteme

Telefon +49 711 970-1916
Alexander.emde@ipa.fraunhofer.de

www.ipa.fraunhofer.de
www.wir-produzieren-zukunft.de
www.die-uebermorgen-macher.de

Wir produzieren Zukunft

Nachhaltig. Personalisiert. Smart.

Sie bleiben wettbewerbsfähig

Nachhaltig. Flexibel. Wirtschaftlich.

© Fraunhofer IPA