

---

# MIT GRIDS ZUR PROAKTIVEN ZUSAMMENARBEIT IN INDUSTRIE- UND GEWERBEPARKS

---

08.07.2020 – ENERGY SAXONY #ENERGIETalk



# Fraunhofer-Institut Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

## Kurzprofil

- Gründung 1991
- Standorte: **Chemnitz**  
Dresden, Zittau, Wolfsburg, Leipzig
- Ca. 620 MitarbeiterInnen
- ca. 40 Mio. € Forschungsvolumen



Forschung unter dem Leitthema »Ressourceneffiziente Produktion«



## Kompetenzbereiche:

- Werkzeugmaschinen und Automatisierung
- Mechatronik und Leichtbaukomponenten
- Spanende Technologien
- Umformtechnologie
- Fügen und Montage
- Produktionsmanagement

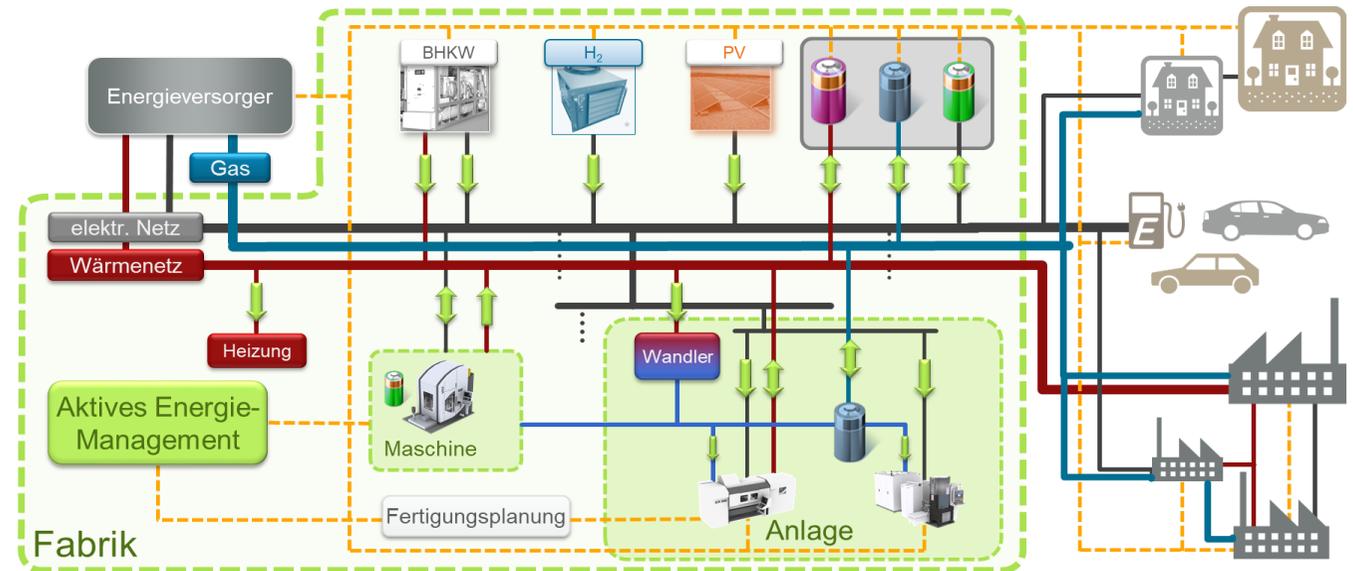


#zukunftsabrik @  Fraunhofer  
IWU

# #zukunftsabrik

## Schwerpunkte

- Regenerative Energien (auch **grüner Wasserstoff**)
- Aktives Energiemanagement
- Geschlossene Kreisläufe
- Produktions-/Gebäudeinfrastruktur
- Produktionsplanung/-steuerung (MES)
- Fabrikplanung
- Ökologische Bewertung



## Fabrikbetrieb

- energieeffizient
- energieflexibel
- CO<sub>2</sub>-neutral/-frei
- wirtschaftlich !

# TU Chemnitz - Professur BWL III – Unternehmensrechnung und Controlling

## Inhaber der Professur Prof. Dr. Uwe Götze

- 16 wissenschaftliche Mitarbeiter
- ca. 80 Abschlussarbeiten/Jahr
- u.a. Studiendekan  
Wirtschaftsingenieurwesen
- 246 Veröffentlichungen
- 16 Herausgeberschaften
- seit Oktober 2016: Prorektor für  
Transfer und Weiterbildung



### Kostenrechnung und -management

- Theorie des  
Kostenmanagements
- Instrumente des  
Kostenmanagements (TCO,  
LCC, Target Costing, ...)

### Controlling

- Prozess-, Produktions-,  
Logistik- und Supply Chain  
Controlling
- Investitionscontrolling
- Anreizsysteme im Controlling

### Strategisches Management

- Standortstrukturgestaltung
- Supply Chain Management
- Szenario-Technik
- Geschäftsmodellentwicklung

## Forschungsfelder

### Kostenorientierte Produktentwicklung

- Target Life Cycle Costing, u.a.  
für Aluminiumwerkstoffe
- Angebotskalkulation

### Management und Technik

- Energieeffiziente Produktion
- Elektromobilität
- Energie-, IT-, Verkehrsnetze
- Bewertung von Prozessketten

### Investitionsrechnung und -management

- Lebenszyklusorientiertes  
Investitionsmanagement
- Investitionsentscheidungen  
in divisionalen Unternehmen

FORSCHUNGSPROJEKTE



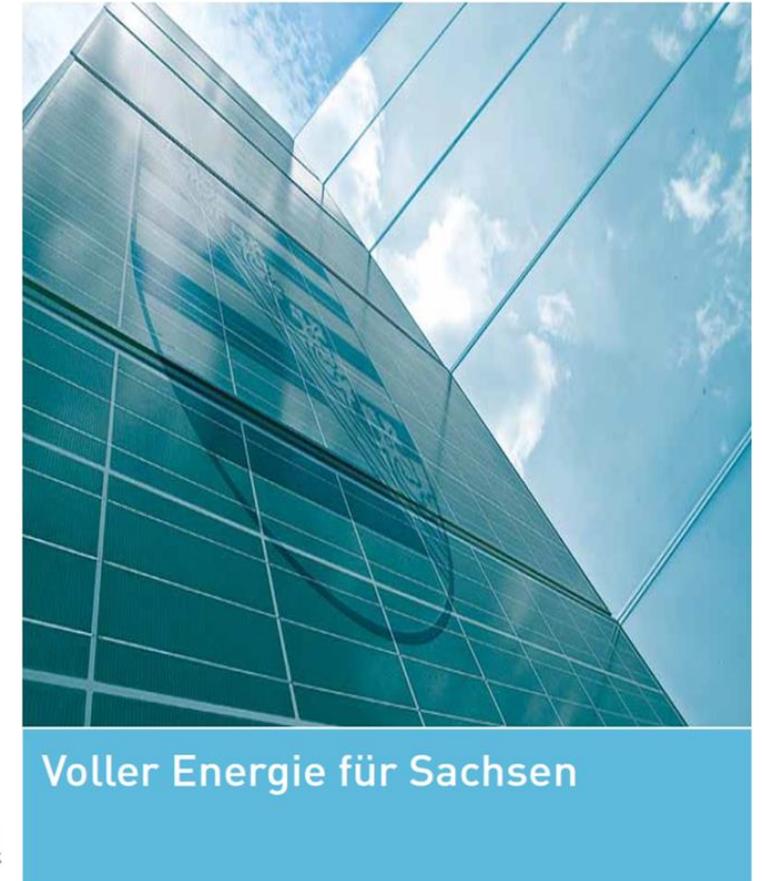
- Sächsisches Kompetenzzentrum Energie: unabhängige Beratung zu erneuerbaren Energien, Energieeffizienz und nachhaltiger Energieversorgung
- für Unternehmen, Wissenschaftliche Einrichtungen, Verwaltungen / Kommunen, Haushalte, Schulen, ...
- Initiierung von Lösungsstrategien sowie Begleitung von Modellprojekten und Verbundvorhaben
- Weiterbildungsprogramme und Öffentlichkeitsarbeit
- Netzwerkbildung (mit Innungen, Verbänden etc.)

Gesellschaftsanteile:

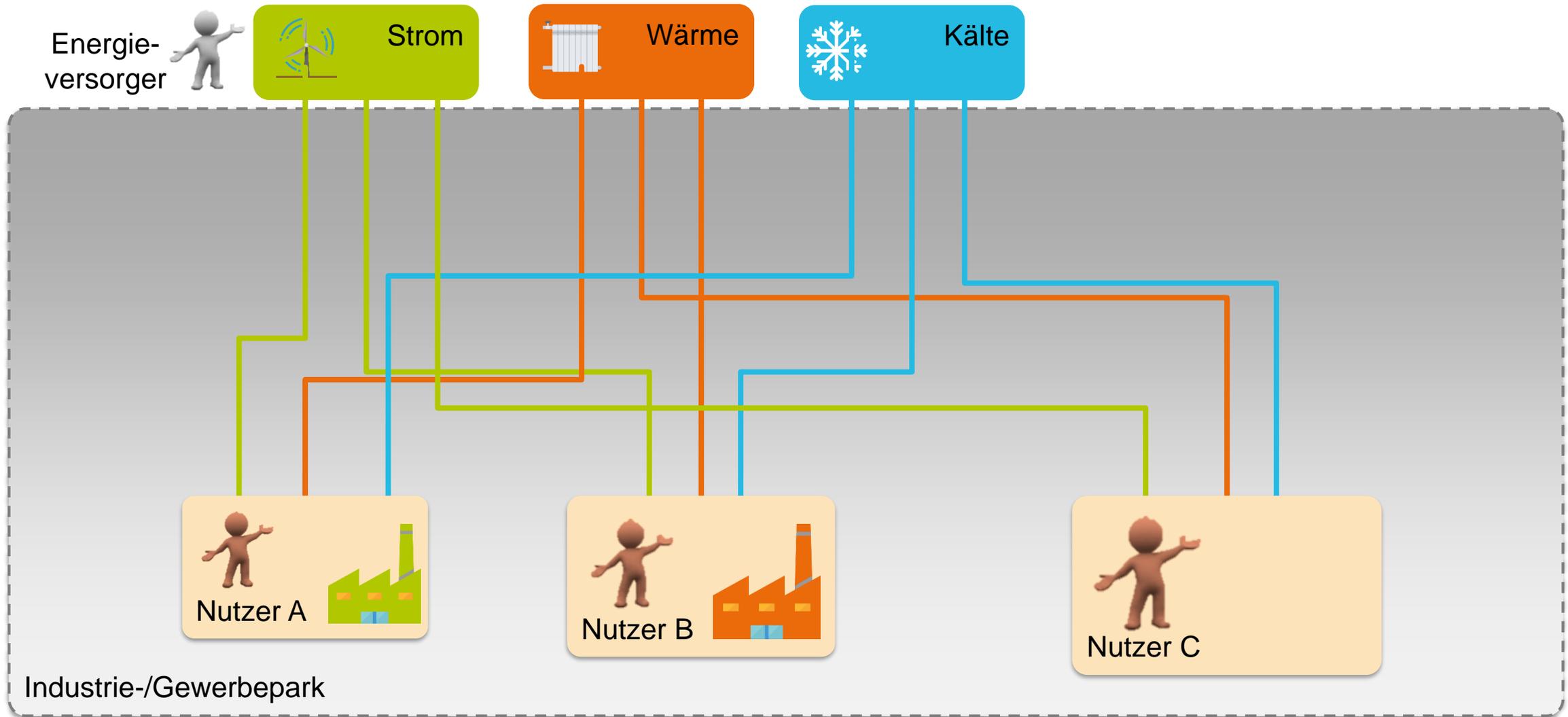
51 %



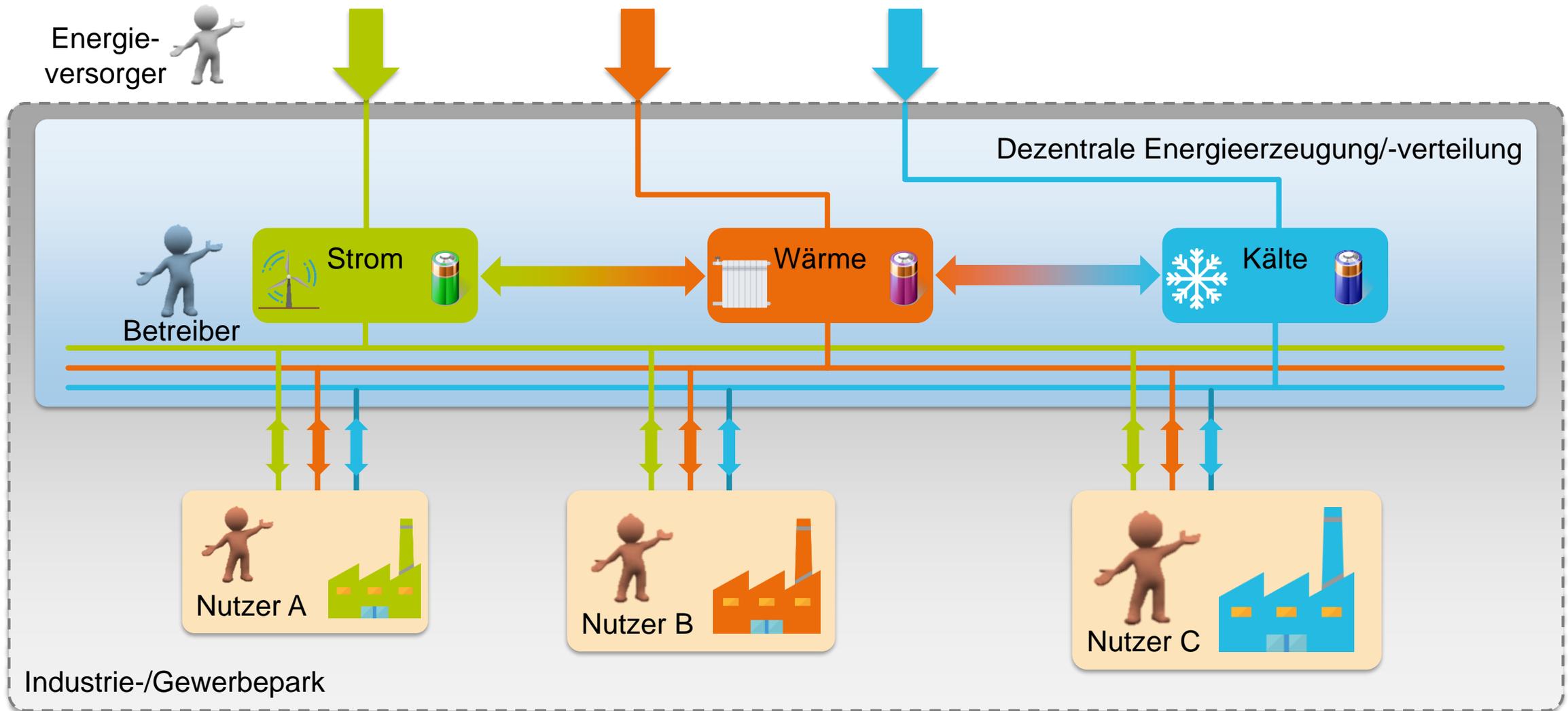
49 %



# Energieversorgung Gewerbegebiete – status quo

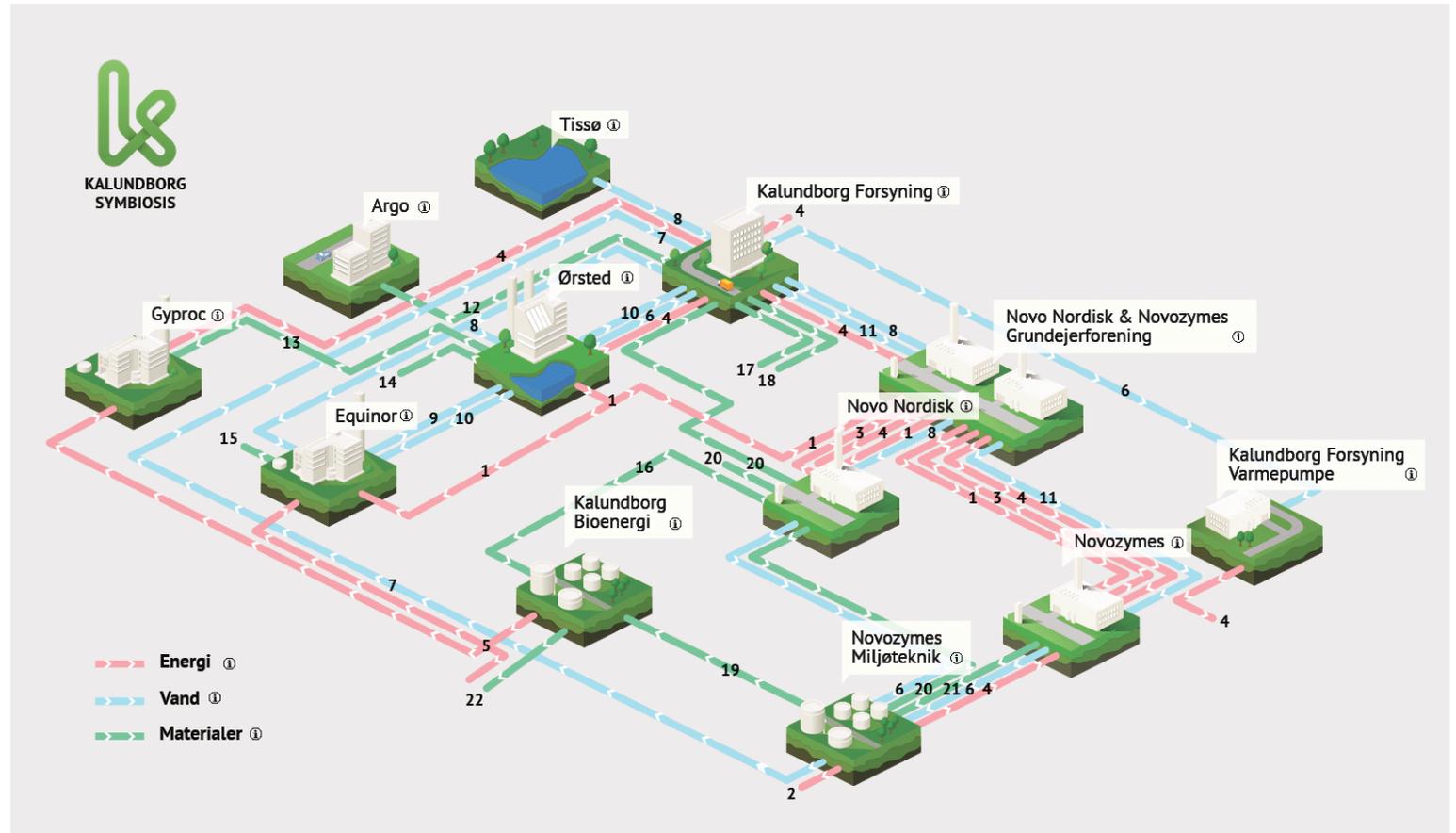


# GRIDS - Konzept



# Vorbild für das Projekt GRIDS

- Industrielle Symbiose / Circular Economy
- Erstmals 1972 in Kalundborg (Dänemark)
- Prinzip: Nutzung von „Abfallprodukten“ eines Unternehmens als Ressource für andere



# Was wollen wir konkret erreichen?

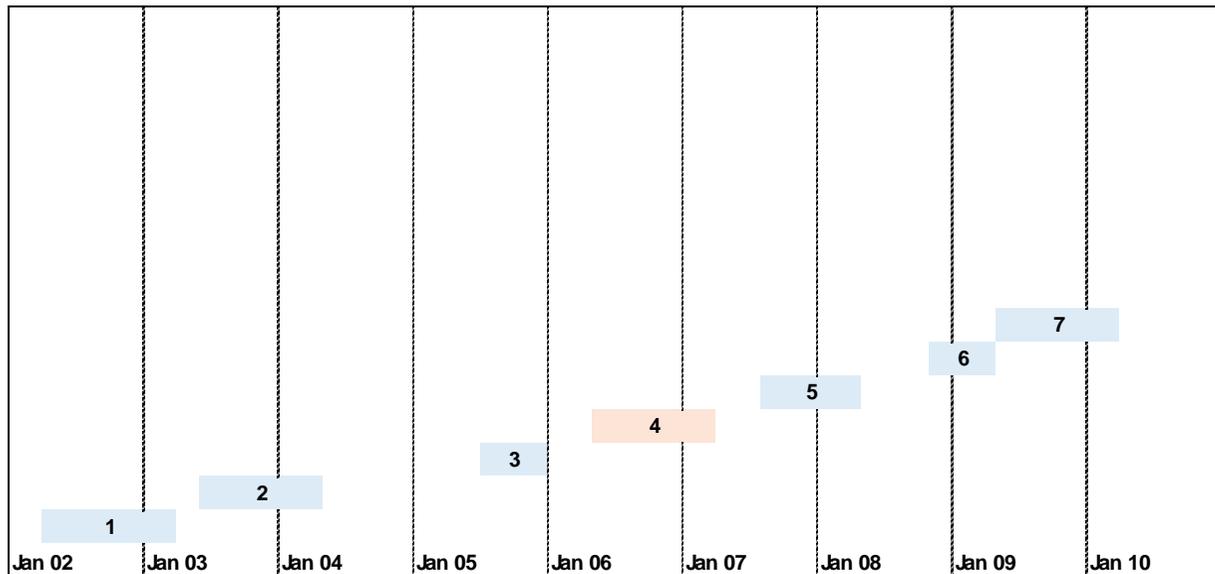
- **Systematische Erfassung** von Nutzeranforderungen
  - Eröffnung **neuer Geschäftsfelder und -modelle** auf den Gebieten Systemdienstleistungen/  
Energiemarkthandel
  - Bewertung der **Wirtschaftlichkeit** und der **ökologischen Nachhaltigkeit** von  
Versorgungskonzepten
  - **Kooperationsmodelle** für Infrastrukturbetreiber, Medienlieferanten und Endkunden
- 
- Dezentrale **Smart Grid Lösungen**
  - **Betriebsführungsstrategien** zur Steuerung von Energiequellen, -speichern und -senken

Organisatorisch

Technisch

# Übersicht GG-Süd in Limbach-Oberfrohna I

- Eigentümer: Stadt Limbach-Oberfrohna
- Größe: 35,4 ha → Ausbau um 10,7 ha geplant



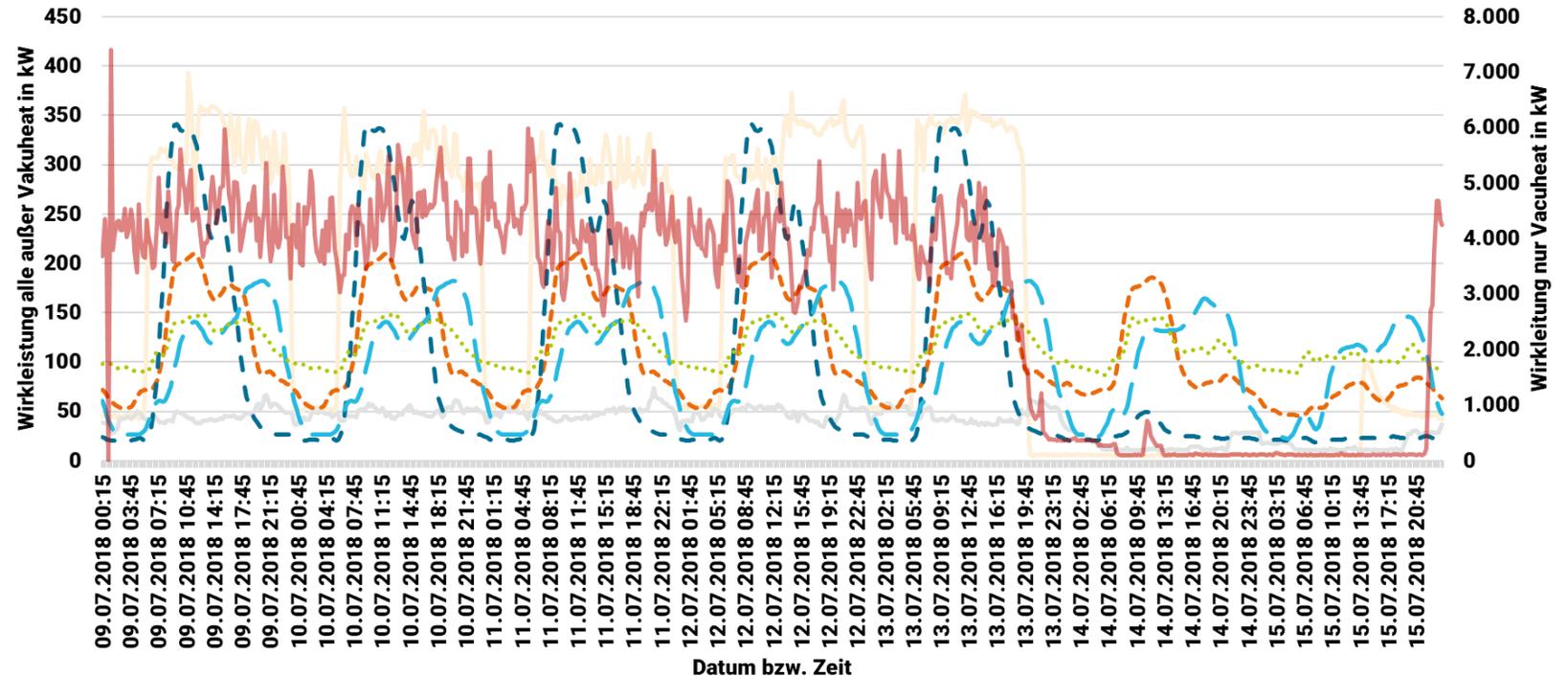
Übersicht Historie GG-Süd

Hürde 1: Schlecht vorhersehbare Entwicklung



# Übersicht GG-Süd in Limbach-Oberfrohna II

- Teilweise lückenhafte Messreihen der befragten Unternehmen
- Große Unterschiede im Gesamtbezug Elektroenergie
- Annäherung über Standardlastprofile



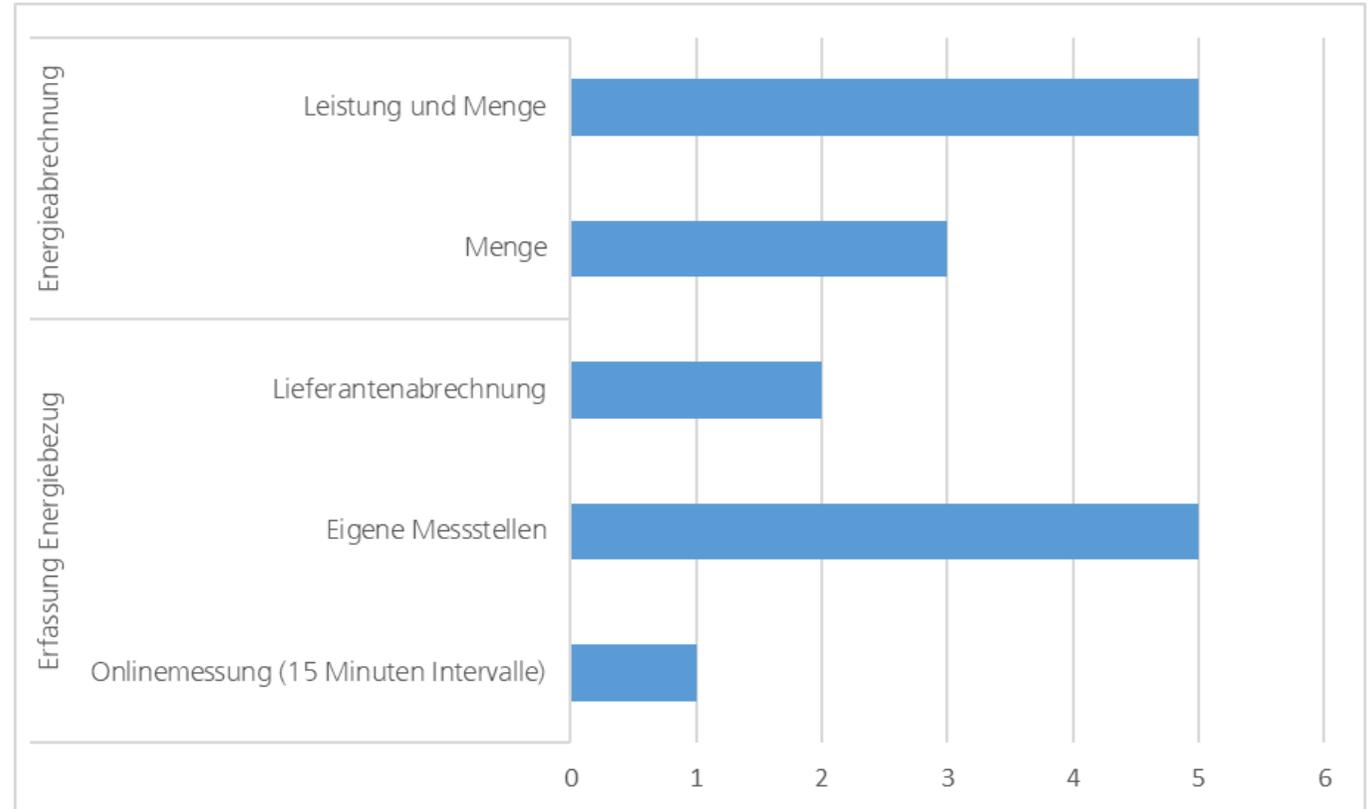
Lastgang Sommer 2018

Hürde 2: Lückenhafte Datengrundlage

# Übersicht GG-Süd in Limbach-Oberfrohna III

- Sehr heterogene Systemlandschaften (ERP, MES, Gebäudeautomatisation)
- Anreize zur Netzstabilisierung durch Leistungsentgelte fehlen bei rund einem Drittel der befragten Firmen
- Teilweise erfolgt die Erfassung des Energiebezugs nur über die Lieferantenabrechnung

→ Teilweise noch **Fehlende Transparenz**



Ergebnisse Befragung Nutzer GG-Süd

Hürde 3: Heterogenität der Nutzer

# Betreiberszenarien Gewerbepark

1

Gebündelter Einkauf  
benötigter  
Energienmengen bzw.  
-träger am Markt



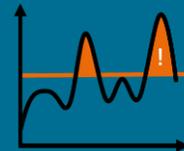
2

Ausbau der  
Erzeugung  
erneuerbarer Energie  
und Direktlieferung im  
Gewerbepark



3

Nutzer-übergreifendes  
Lastspitzen-  
management

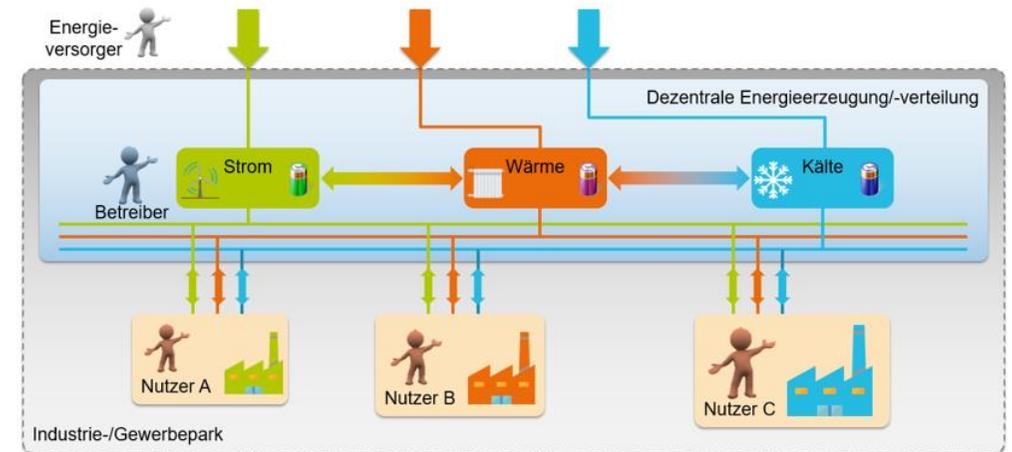
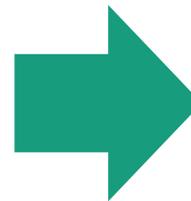
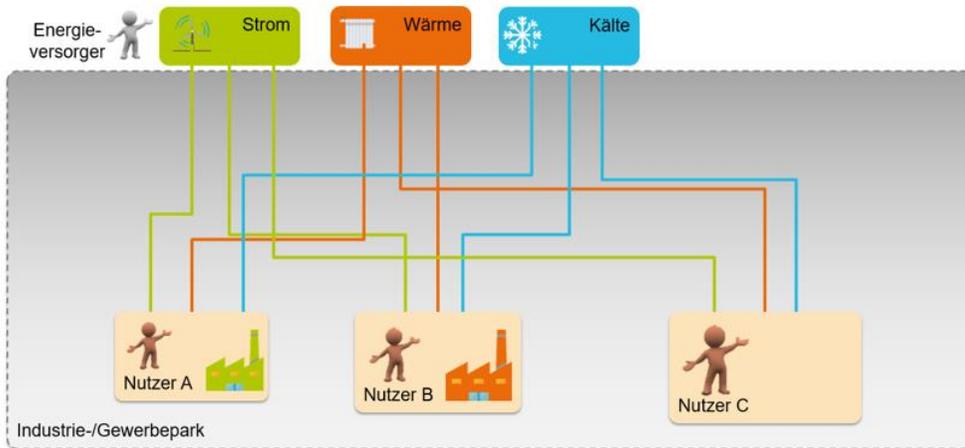


4

Zentrale  
Bereitstellung von  
Druckluft



# Gebündelter Energieeinkauf



## ■ Vorteile:

- Bessere Konditionen für einzelne Unternehmen
- Stärkere Kundenbindung
- Höhere Transparenz
- Energiemanagementdienstleistung könnte zum Geschäftsmodell dazugehören

# Potential Erneuerbarer Energien I



## ■ Untersucht:

■ Photovoltaik

■ Windenergie

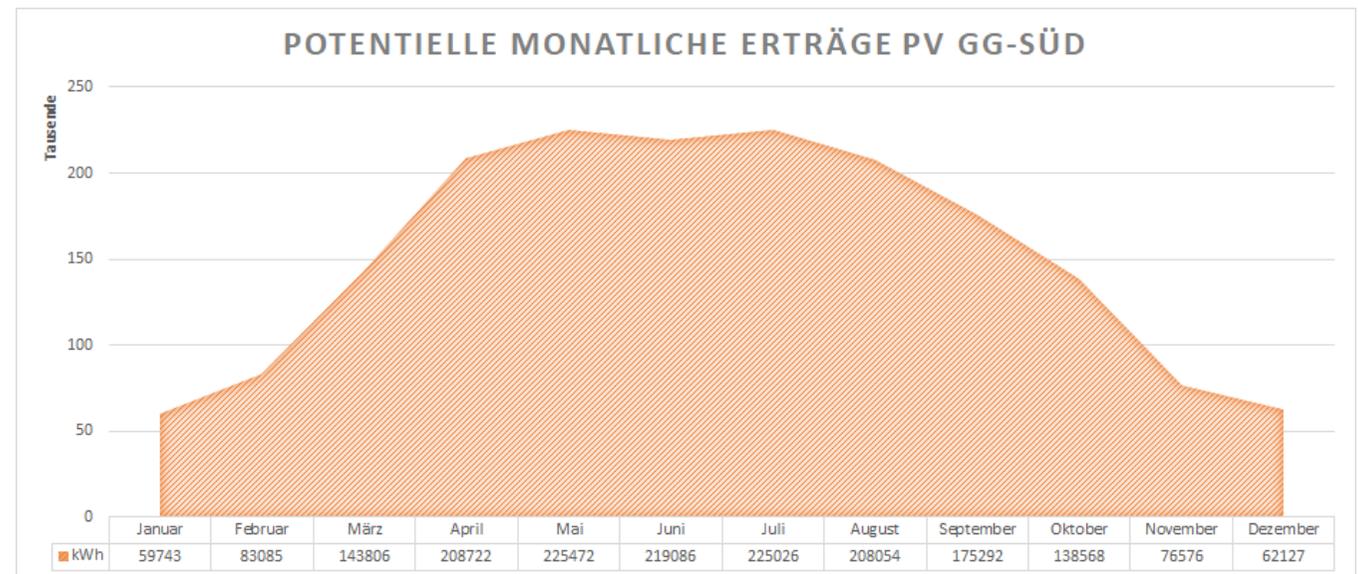
■ Geothermie

## ■ Großes **PV-Potential**

→ ca. 17.000 m<sup>2</sup> ungenutzte  
Dachfläche

(Annahme, dass 50% der absoluten  
Fläche genutzt werden können)

■ Geschätzter jährlicher Ertrag von  
1825 MWh möglich

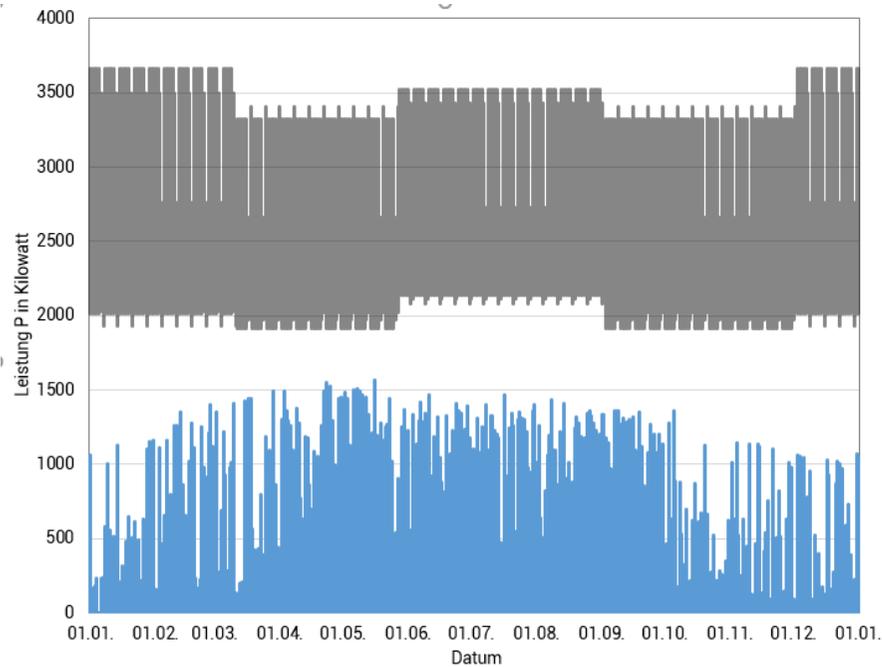


# Potential Erneuerbarer Energien II



Anteil Heute:  
**0,69%**

Anteil Maximaler Zubau:  
**7,79 %**



Energiespeicher nötig?

Nicht zwingend!

# Potential Erneuerbarer Energien III



- **Geothermie** → interessant für Neuplanungsprojekte
- Viele Spezifika in der Planung, daher keine Abschätzung möglich
- **Windkraftpotential** besteht am Standort des GG-Süd
- Die planungsrechtlichen Vorgaben  
z.B. § 6 SächsBO und Bebauungsplan ermöglichen nur Kleinwindkraftanlagen
- Beispielrechnung zeigt, dass selbst unter günstigsten Randbedingungen eine Wirtschaftlichkeit fraglich ist



Vision AIR<sup>5</sup>



ANTARIS 3,5 kW

## Schätzung Jährlicher Ertrag Kleinwindkraftanlagen

Modell		Vision AIR <sup>5</sup>	ANTARIS 3,5 kW
Naben höhe	7,5 m	817 [kWh]	2854 [kWh]
	12,5 m	1490 [kWh]	4560 [kWh]

# Ausbau EE und Direktlieferung



- Gründe, warum einzelne Unternehmen nicht in eine eigene Energieversorgung investieren:



Fehlendes Kapital



Fehlendes  
Interesse/Bewusstsein



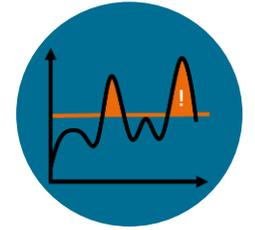
Scheuen Aufwand bzw.  
Risiko



Fehlende  
Wirtschaftlichkeit

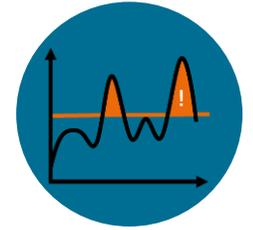
- Eine Betreibergesellschaft könnte Dachflächen mieten und dort PV-Anlagen installieren
- Direktlieferung an die Unternehmen im Gewerbe-/ Industriepark

# Nutzerübergreifendes Lastspitzenmanagement

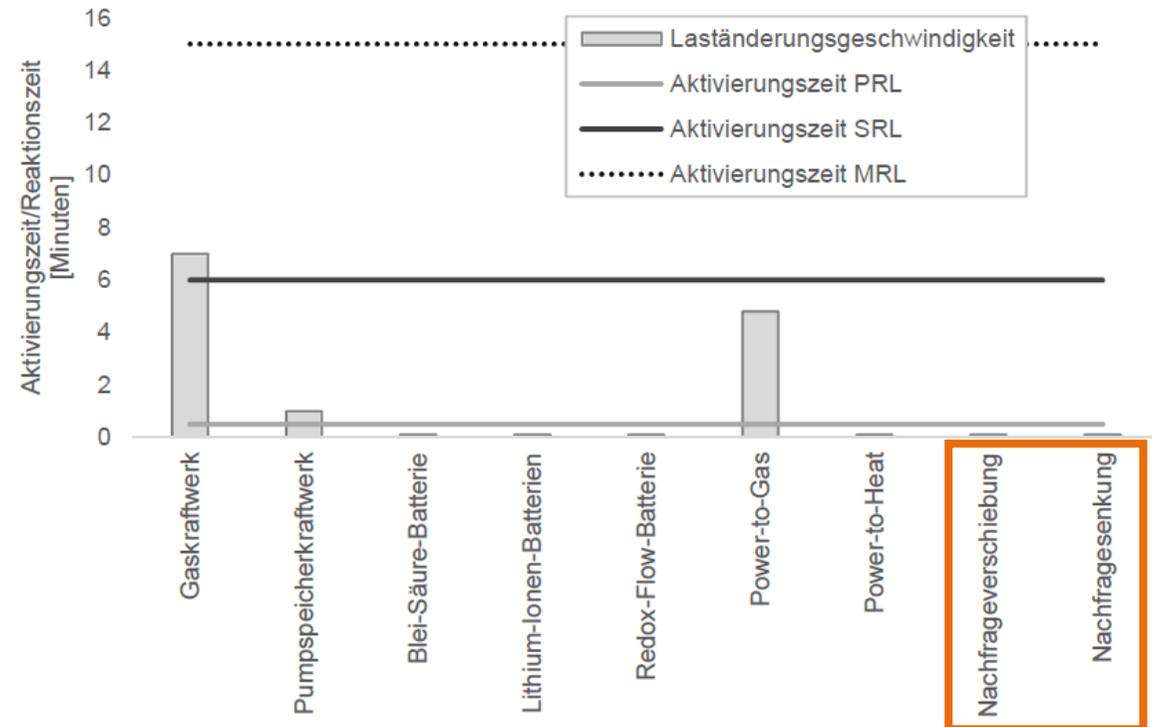


- Größeres Interesse bei einer Firma im GG-Süd
- Lastspitzen kosten dort 115€ je kW → aktuell  $\approx$  1600 kW Maximallast → Verringerung um 200 kW würde bereits eine jährliche Einsparung von 23.000€ bedeuten
- Zumindest im GG-Süd gibt es jedoch relativ wenig steuerbare Verbraucher → vordergründig Lüftung und Klimatisierung
- Problem:
  - Wie werden die potentiellen Einsparungen fair zwischen allen Nutzern verteilt?
  - Abrechnung einer Spitzenlast für den gesamten Gewerbepark?
  - Monetäre Anreize für einzelne Unternehmen Regelenergie auf lokaler Ebene zur Verfügung zu stellen?

# Was ist Energieflexibilität?

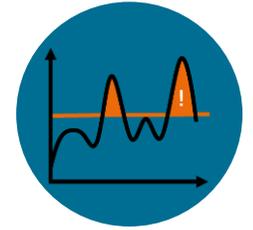


- **Energieflexibilität** beschreibt die Fähigkeit eines Systems zur schnellen Anpassung an die Änderungen des Energiemarktes (Reinhart et al. 2012).
- Durch die schwankende Intensität und Verfügbarkeit von Wind und Sonneneinstrahlung → wachsende Volatilität in der Energieversorgung und somit auch volatile Preise an Energiemärkten.

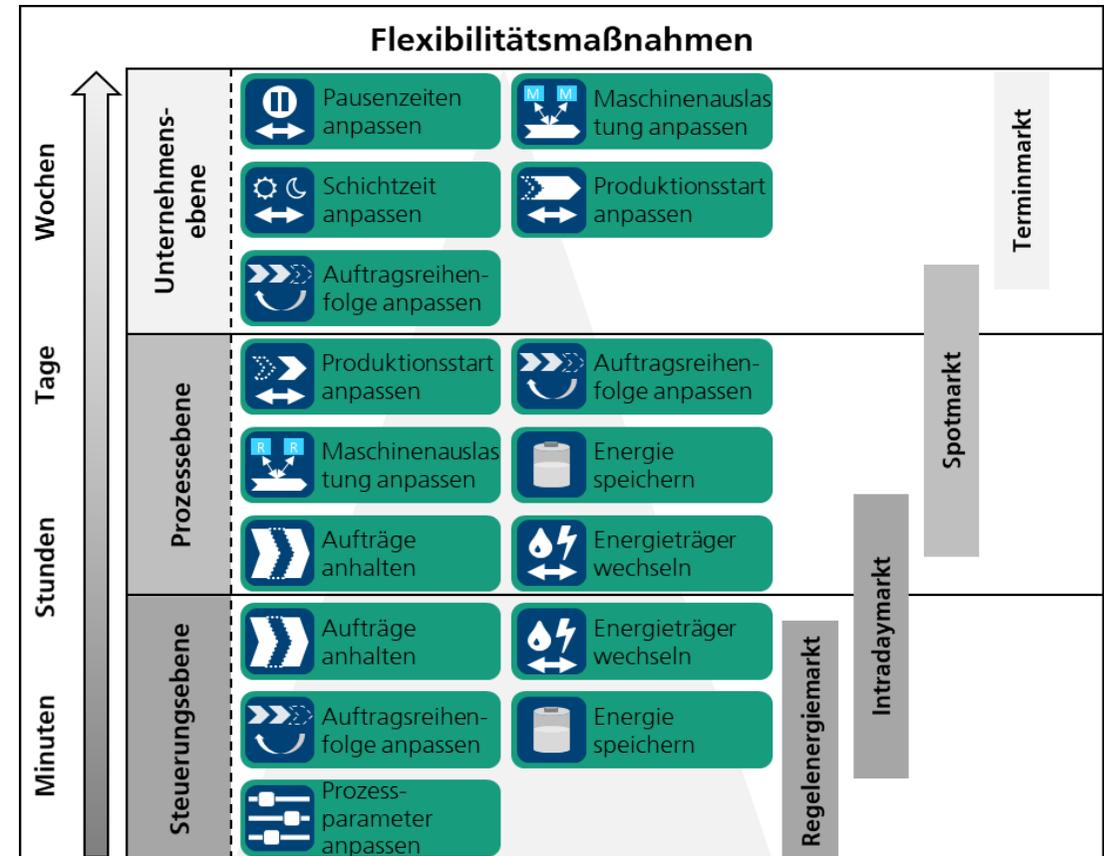


Darstellung Reaktionszeiten einzelner Flexibilitätsoptionen (Zöphel 2016)

# Wie kann Energieflexibilität in der Fabrik erreicht werden?



- Beispielsweise Voraussetzung für Nutzung variabler Energietarife
- In der Regel keine Beeinflussung des Energiebedarfs eines Industrieunternehmens, ohne in dessen Produktionsprozesse und -infrastruktur sowie sonstigen Abläufe direkt einzugreifen
- Zur Abschätzung der Folgen von Energieflexibilitätsmaßnahmen → Nutzung energieorientierter Materialflusssimulation



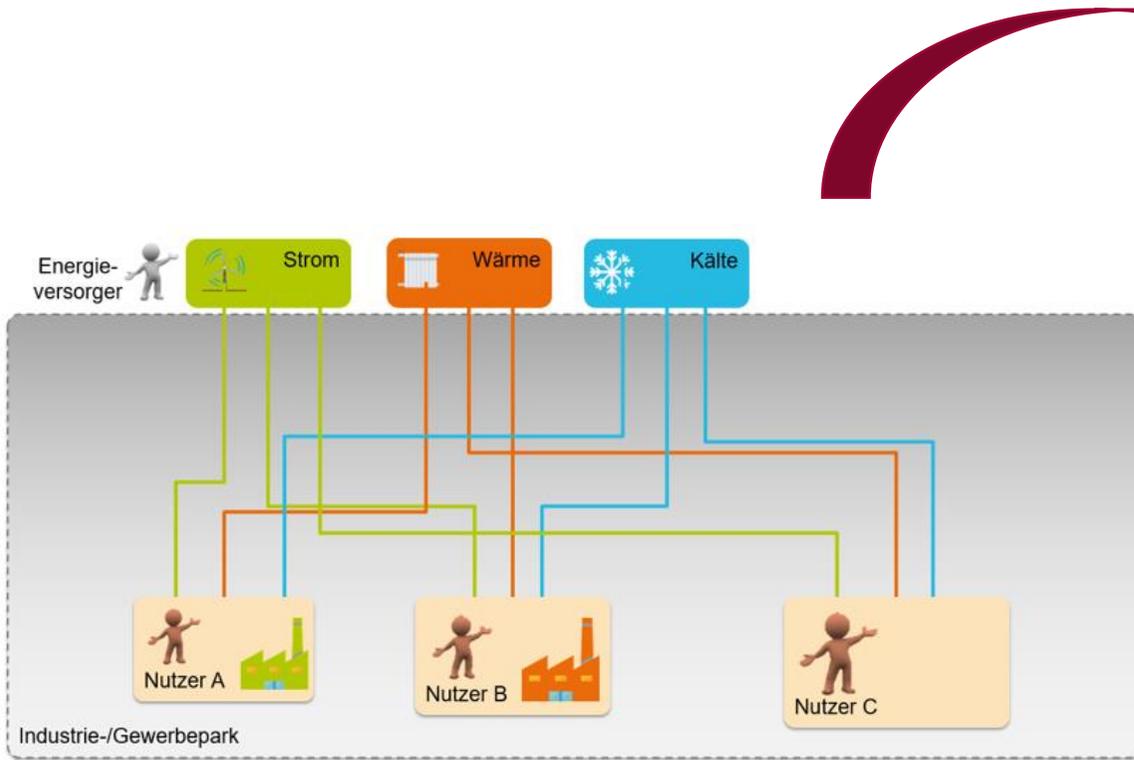
Energieflexibilitätsmaßnahmen nach Seitz et al. (2019) und Rösch et al. (2017)

# Zentrale Bereitstellung von Druckluft

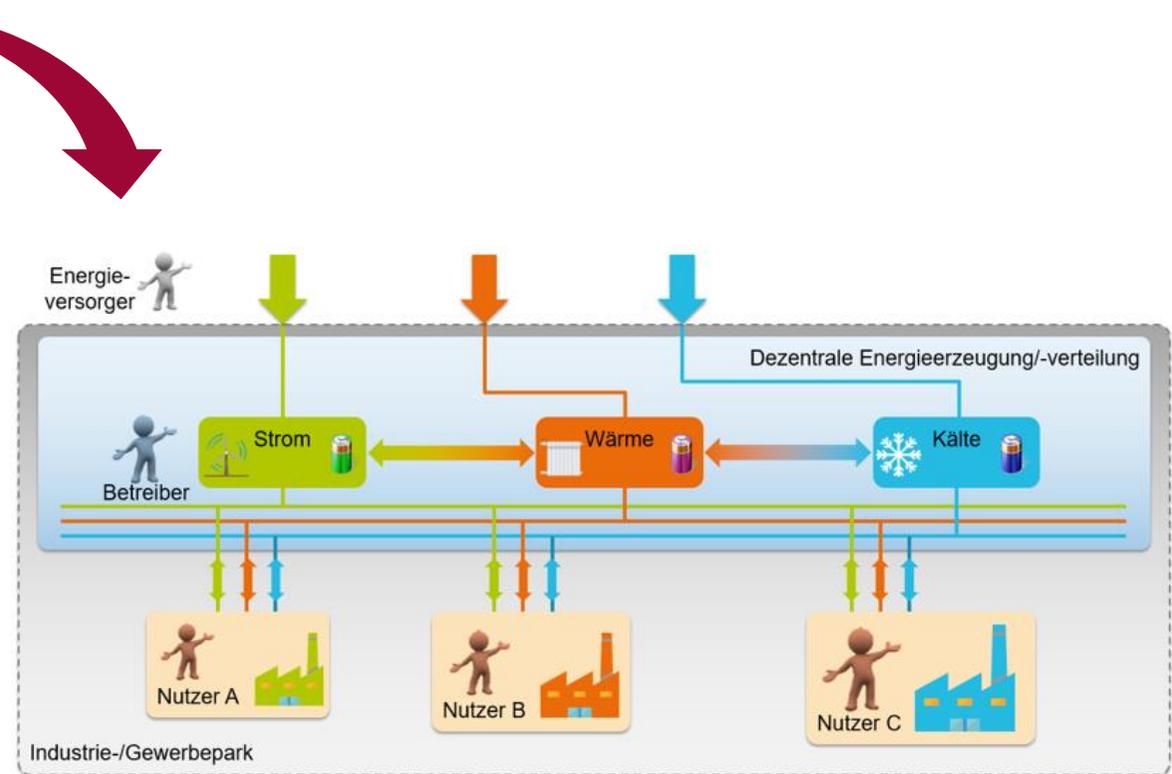


- Druckluft ist die teuerste Energieform, die aus elektrischen Strom umgewandelt wird (Feldmann 2005)
- Gesamtwirkungsgrad der Druckluft von der Erzeugung bis zur Anwendung meist nicht mehr als 10% (Pohl & Hesselbach 2011)
- Druckluft wird bei fast allen Nutzern benötigt
- Bereitstellung erfolgt dezentral und individuell bei den einzelnen Nutzern
- Zentrale Bereitstellung kann ökonomisch und ökologisch sinnvoller sein
  - Wiederverwendung der rückgewinnbaren Wärme
  - Druckluftanlagen werden oft nicht ausreichend gewartet (Stichwort: Leckagen) zentraler Dienstleister könnte hier effizienter agieren
  - Beitrag zur Energieflexibilisierung durch Druckluftspeicher

# Bewertung der Szenarien mit Hilfe von Life Cycle Costing und Life Cycle Assessment

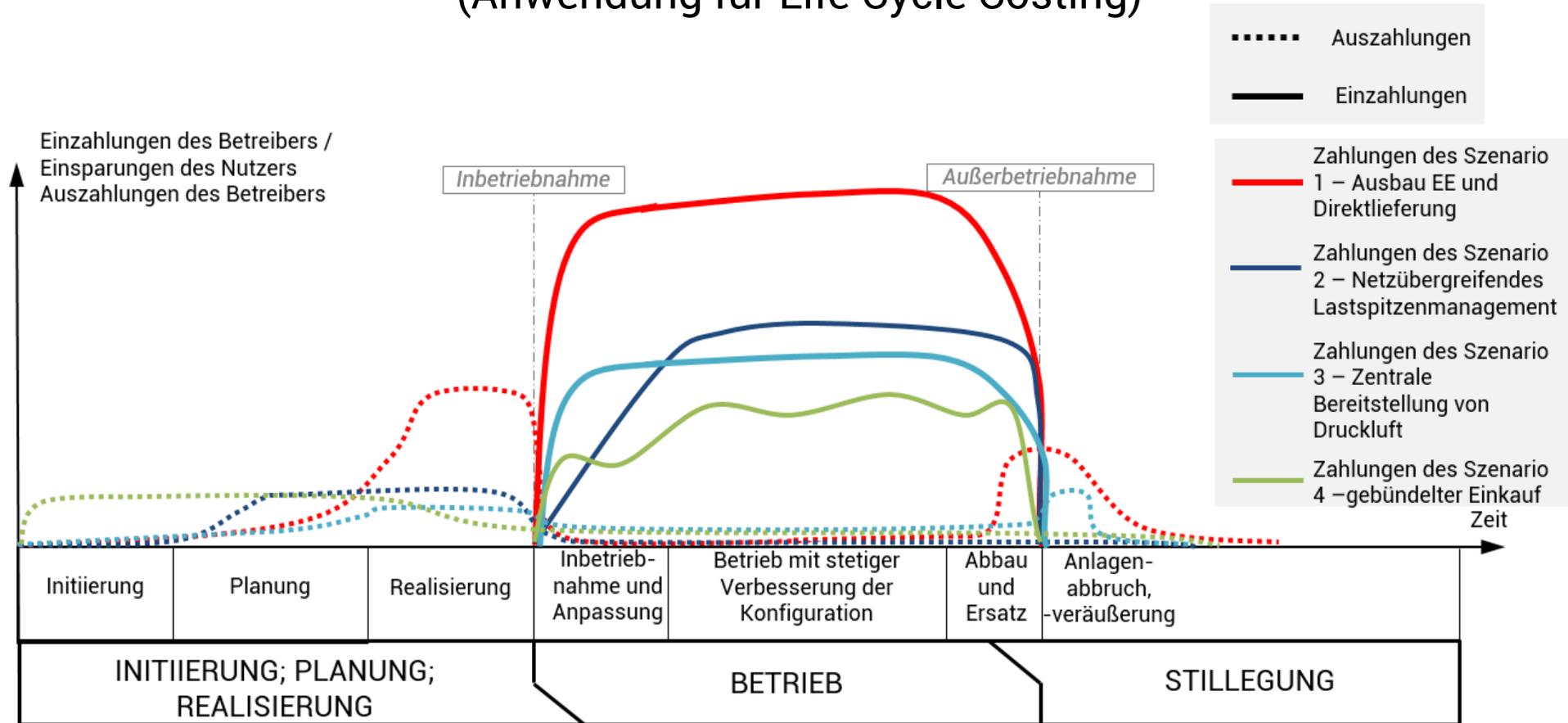


Referenzszenario (Status quo)



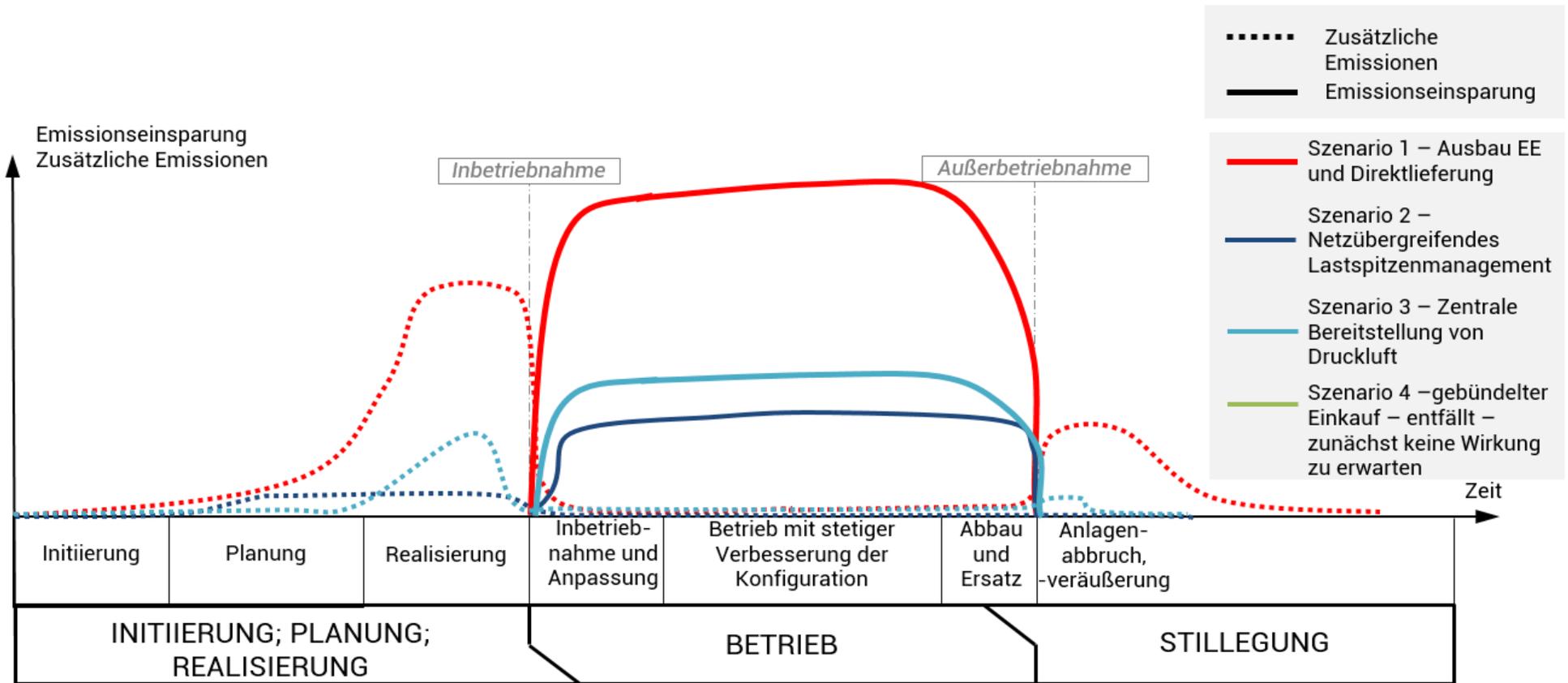
Ökonomische und ökologische  
Verbesserung der Energieversorgung

# Ausgangspunkt: Systemlebenszyklus als Basis einer Bewertung ökonomischer Auswirkungen (Anwendung für Life Cycle Costing)



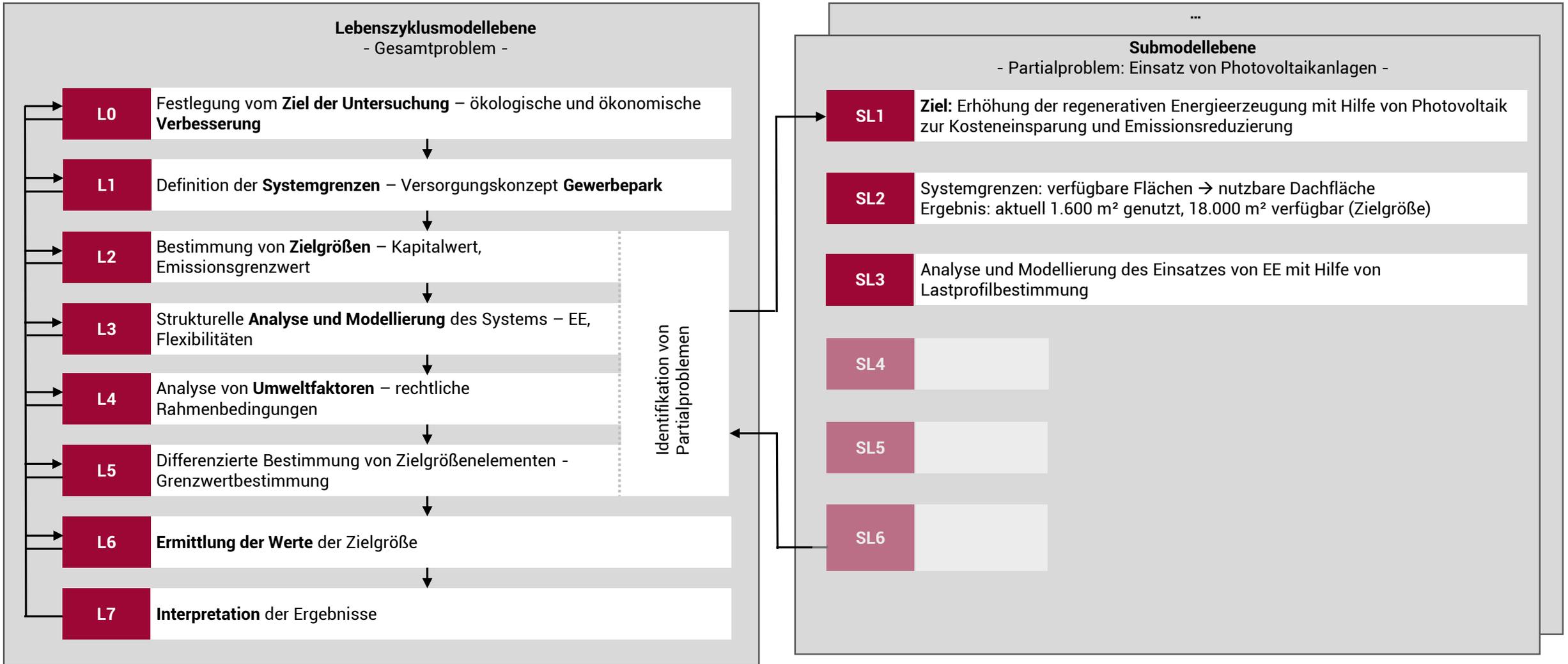
In Anlehnung an: Götze, U. (2010). *Kostenrechnung und Kostenmanagement* (5., verb. Aufl.). Berlin: Springer.  
Sowie an: Meynerts, L. (2015). *Lebenszyklusorientierte Wirtschaftlichkeitsanalysen und -bewertungen im Rahmen der Fabrikplanung*. Chemnitz: Universitätsverlag.

# Anpassung: Systemlebenszyklus als Basis einer Bewertung ökologischer Auswirkungen (Anwendung für Life Cycle Assessment)

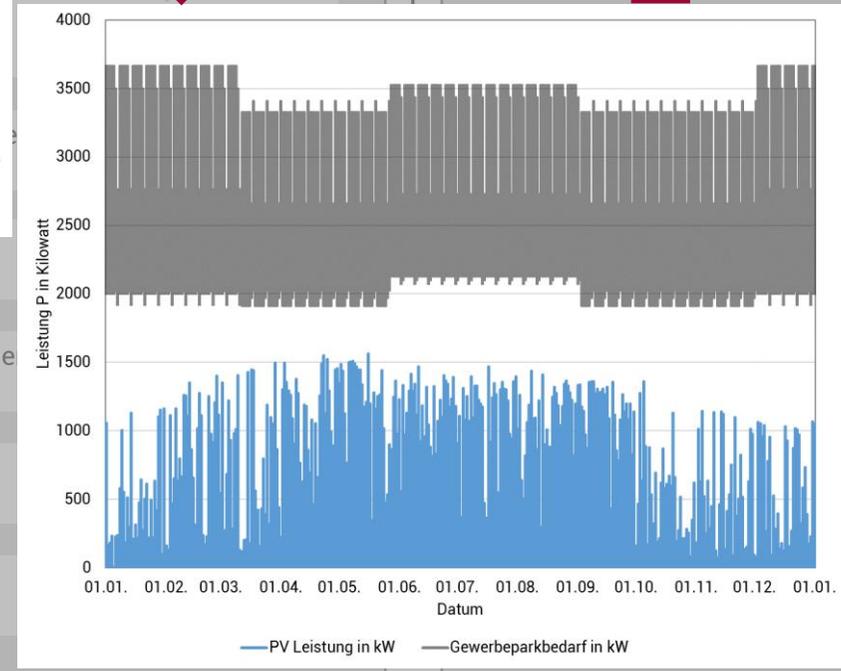
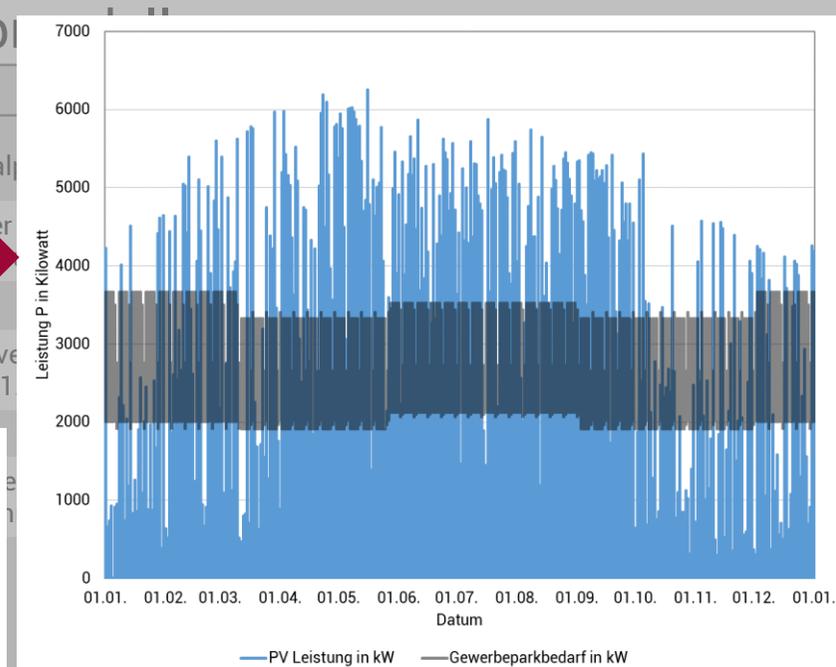
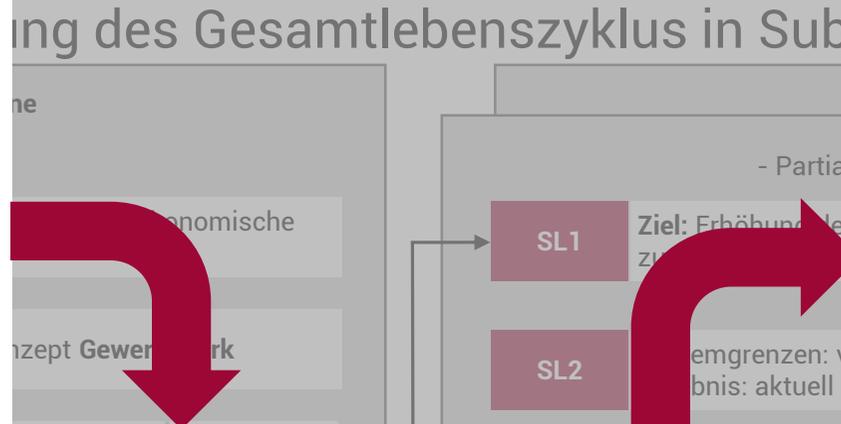
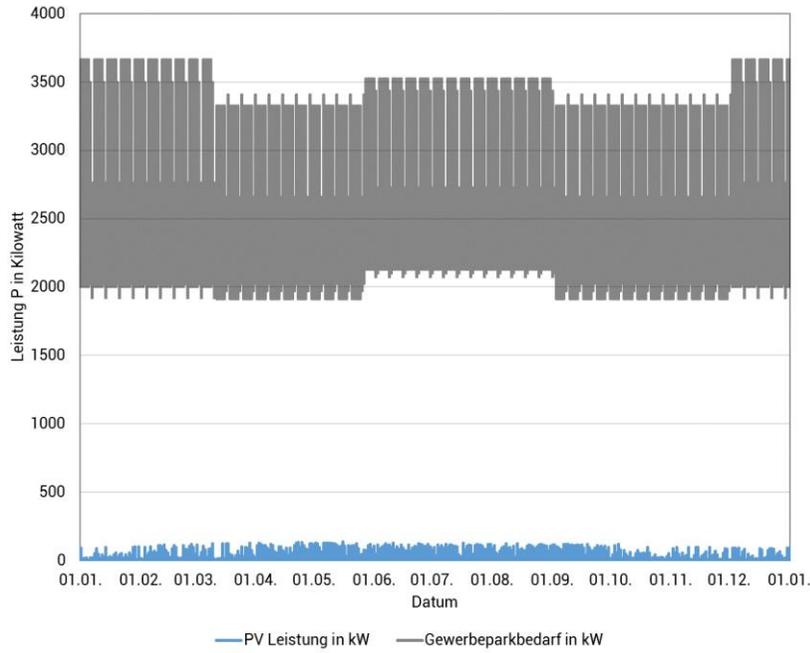


In Anlehnung an: Götze, U. (2010). *Kostenrechnung und Kostenmanagement* (5., verb. Aufl.). Berlin: Springer.  
Sowie an: Meynerts, L. (2015). *Lebenszyklusorientierte Wirtschaftlichkeitsanalysen und -bewertungen im Rahmen der Fabrikplanung*. Chemnitz: Universitätsverlag.

# Aufspaltung des Gesamtlebenszyklus in Submodelle



In Anlehnung an Meynerts, L., Götze, U. (2018). Ökologische Bewertung im Rahmen des Produktions- und Logistikmanagements. In: Corsten, H.; Gössinger, R.; Spengler, T.S. (Hg.): Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken. Berlin/Boston.



### Status quo 160 kW PV-Leistung

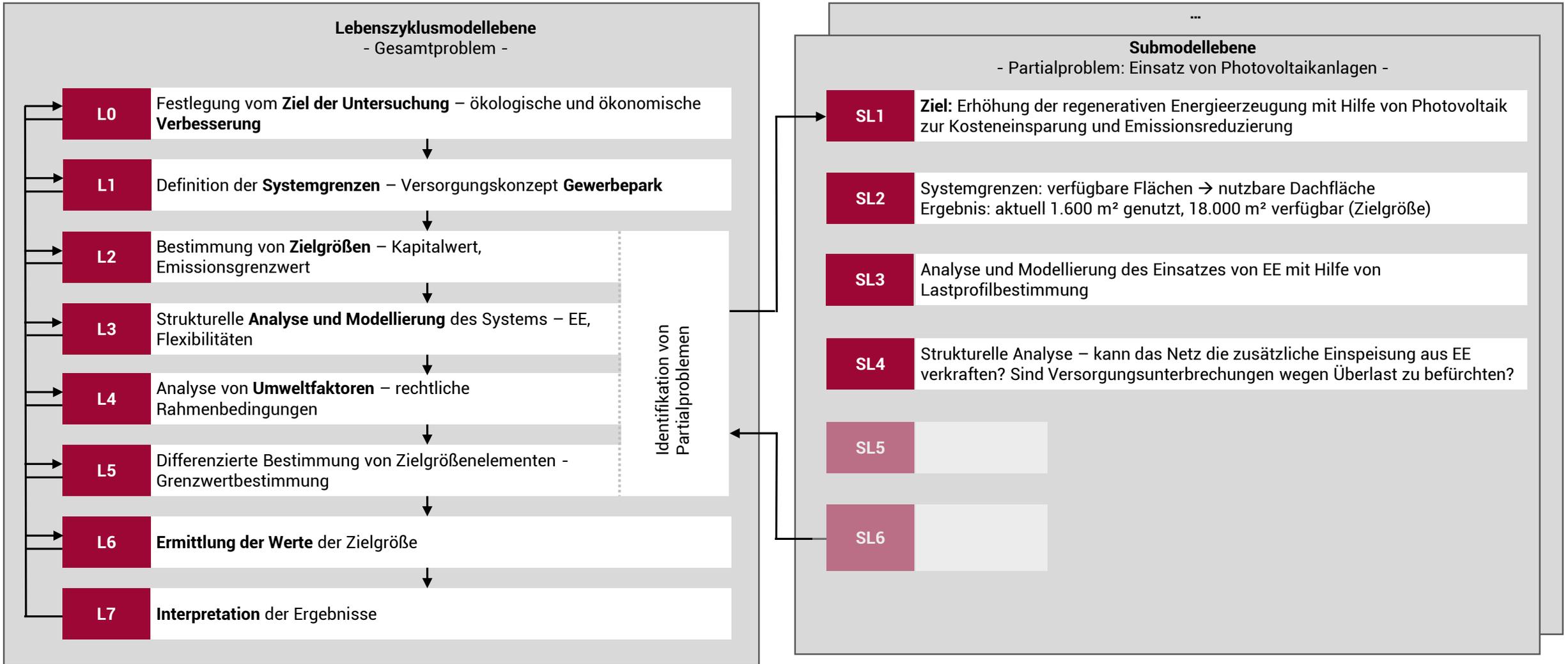
- L5 Differenzierte Bestimmung von Zielgrößenelementen  
Grenzwertbestimmung
- L6 Ermittlung der Werte der Zielgröße
- L7 Interpretation der Ergebnisse

### Erhöhung der Flächenleistung mit dem Faktor vier auf 7.200 kW PV-Leistung

### Dachflächenausnutzung 1.800 kW PV-Leistung

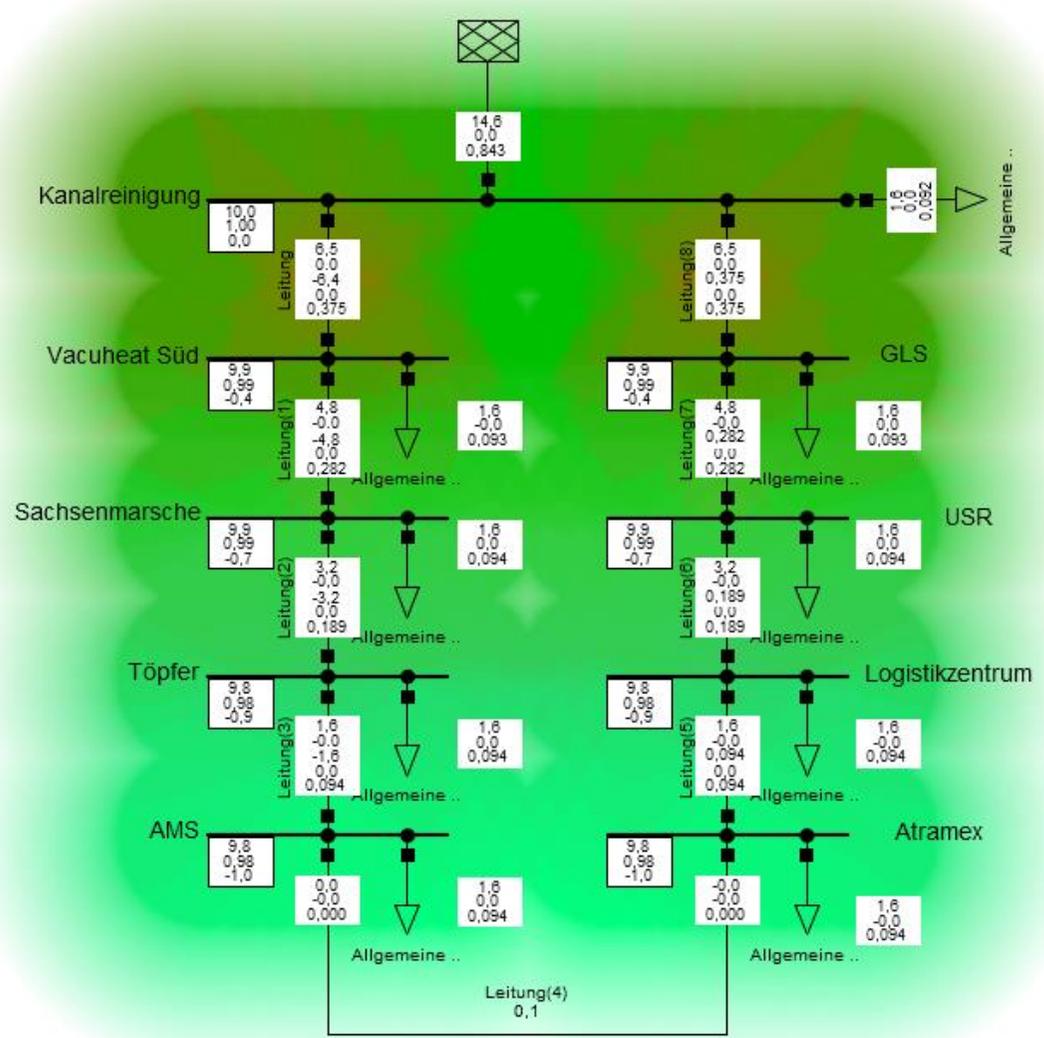
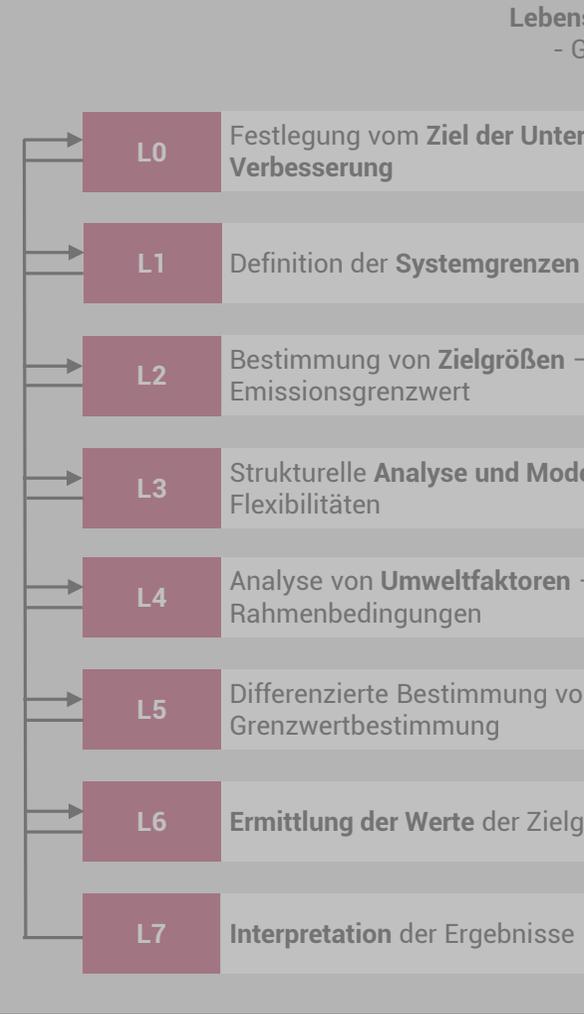
In Anlehnung an Meynerts, H.; Gössinger, R.; Spengler, M. (2010): Logistikmanagements. In: Corsten, J. (Hrsg.): Logistiknetzwerken. Berlin/Boston.

# Aufspaltung des Gesamtlebenszyklus in Submodelle



In Anlehnung an Meynerts, L., Götze, U. (2018). Ökologische Bewertung im Rahmen des Produktions- und Logistikmanagements. In: Corsten, H.; Gössinger, R.; Spengler, T.S. (Hg.): Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken. Berlin/Boston.

# Last- und Spannungsniveau eines untersuchten Gewerbeparks bei vierfacher Normallast

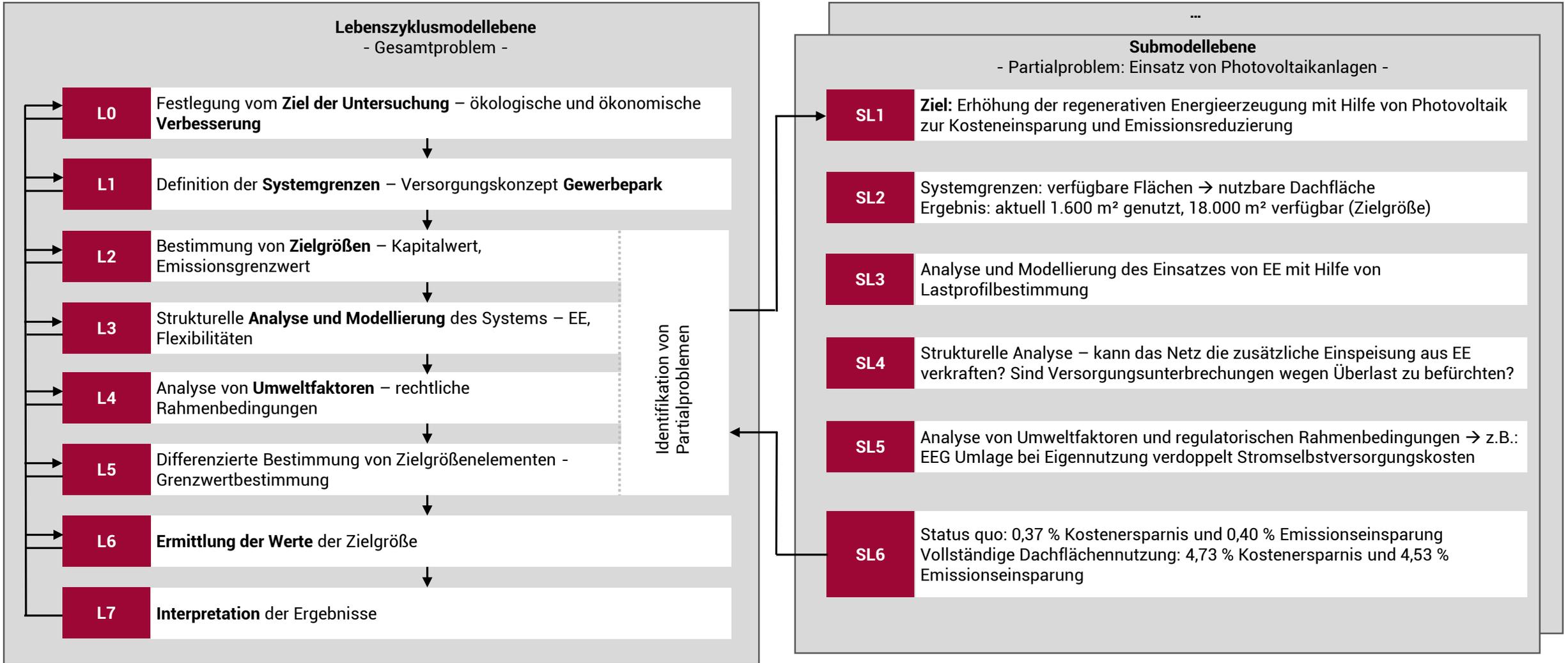


Submodellebene  
Einsatz von Photovoltaikanlagen -  
ativen Energieerzeugung mit Hilfe von Photovoltaik  
Emissionsreduzierung  
e Flächen → nutzbare Dachfläche  
genutzt, 18.000 m<sup>2</sup> verfügbar (Zielgröße)  
des Einsatzes von EE mit Hilfe von  
n das Netz die zusätzliche Einspeisung aus EE  
ngsunterbrechungen wegen Überlast zu befürchten?

In Anlehnung an Me  
H.; Gössinger, R.;

Logistikmanagements. In: Corsten,  
gsnetzwerken. Berlin/Boston.

# Aufspaltung des Gesamtlebenszyklus in Submodelle

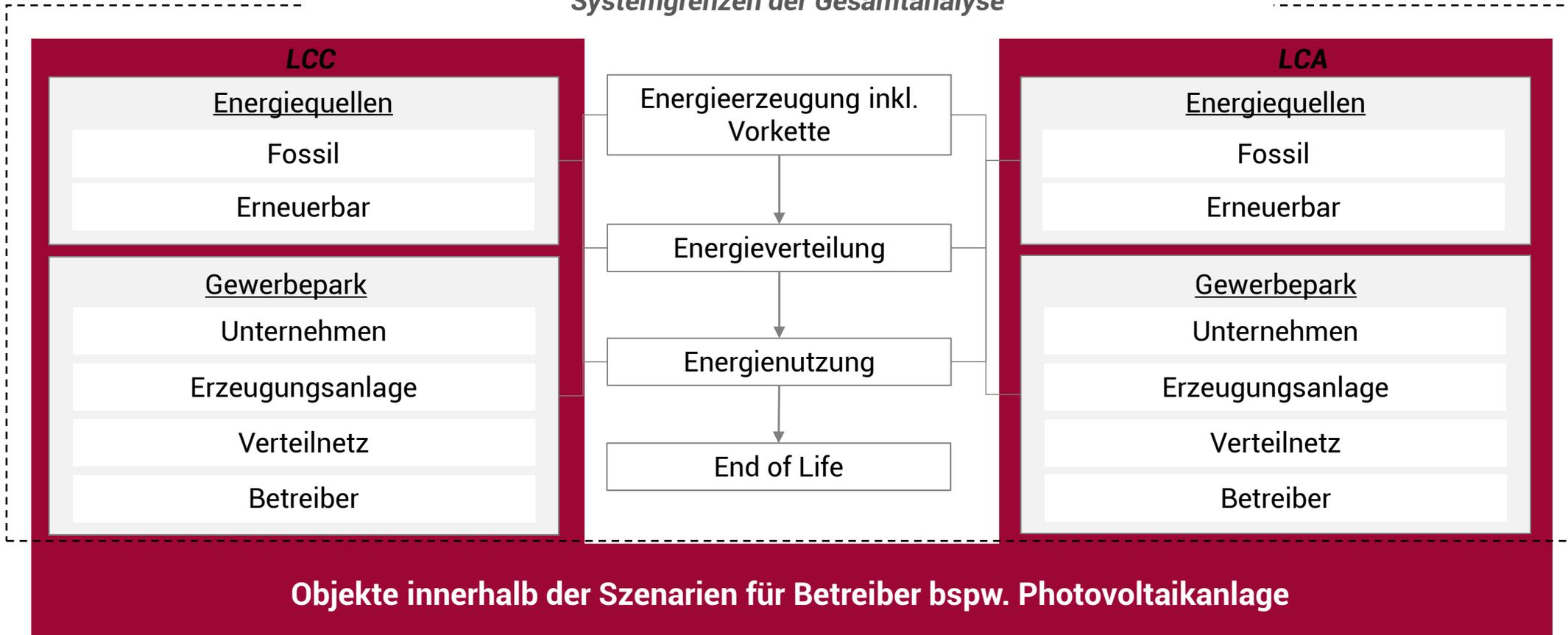


In Anlehnung an Meynerts, L., Götz, U. (2018). Ökologische Bewertung im Rahmen des Produktions- und Logistikmanagements. In: Corsten, H.; Gössinger, R.; Spengler, T.S. (Hg.): Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken. Berlin/Boston.

# Integriertes LCA/LCC

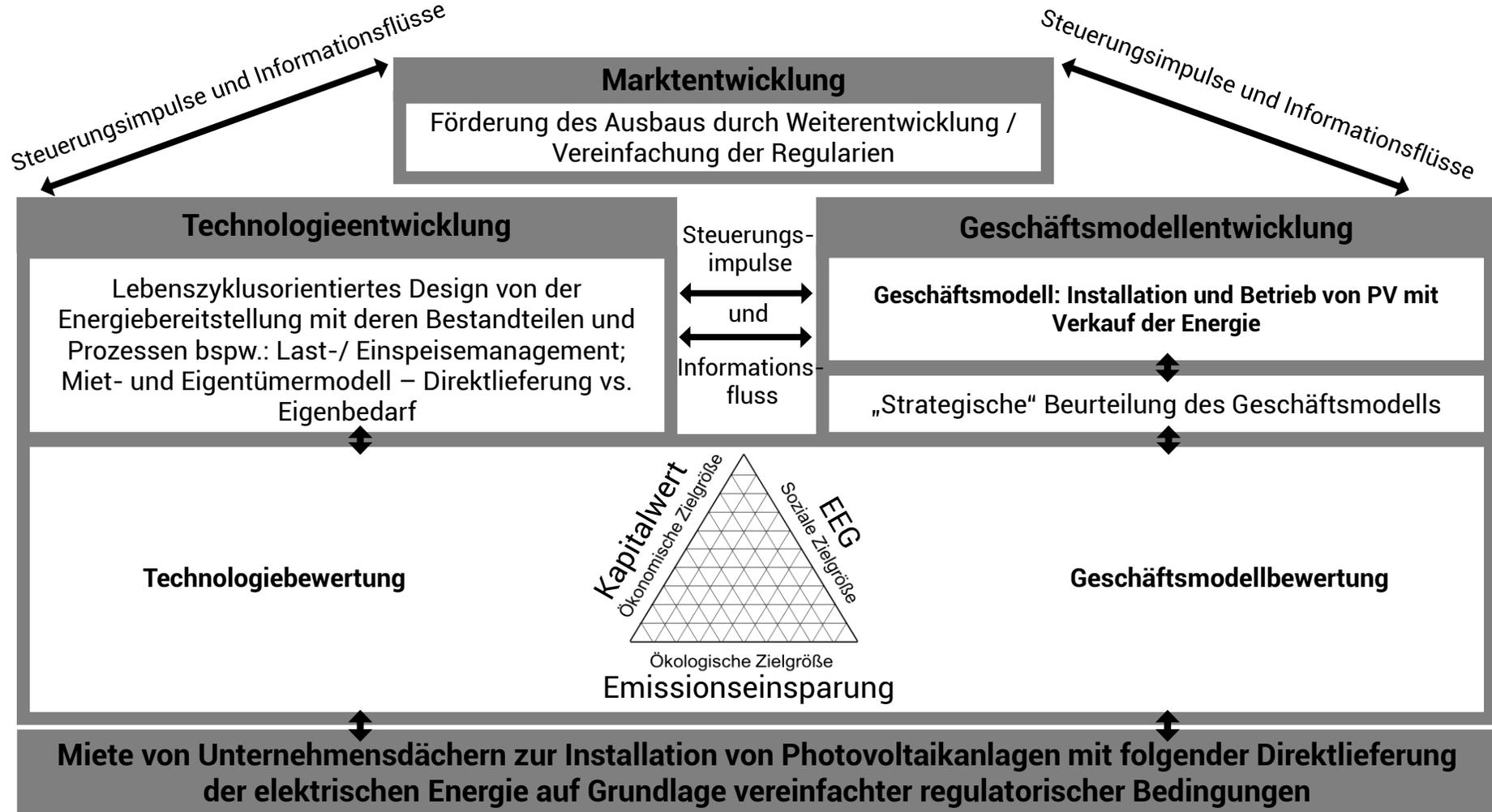
## Gleiche Systemgrenzen für beide Methoden

### Systemgrenzen der Gesamtanalyse

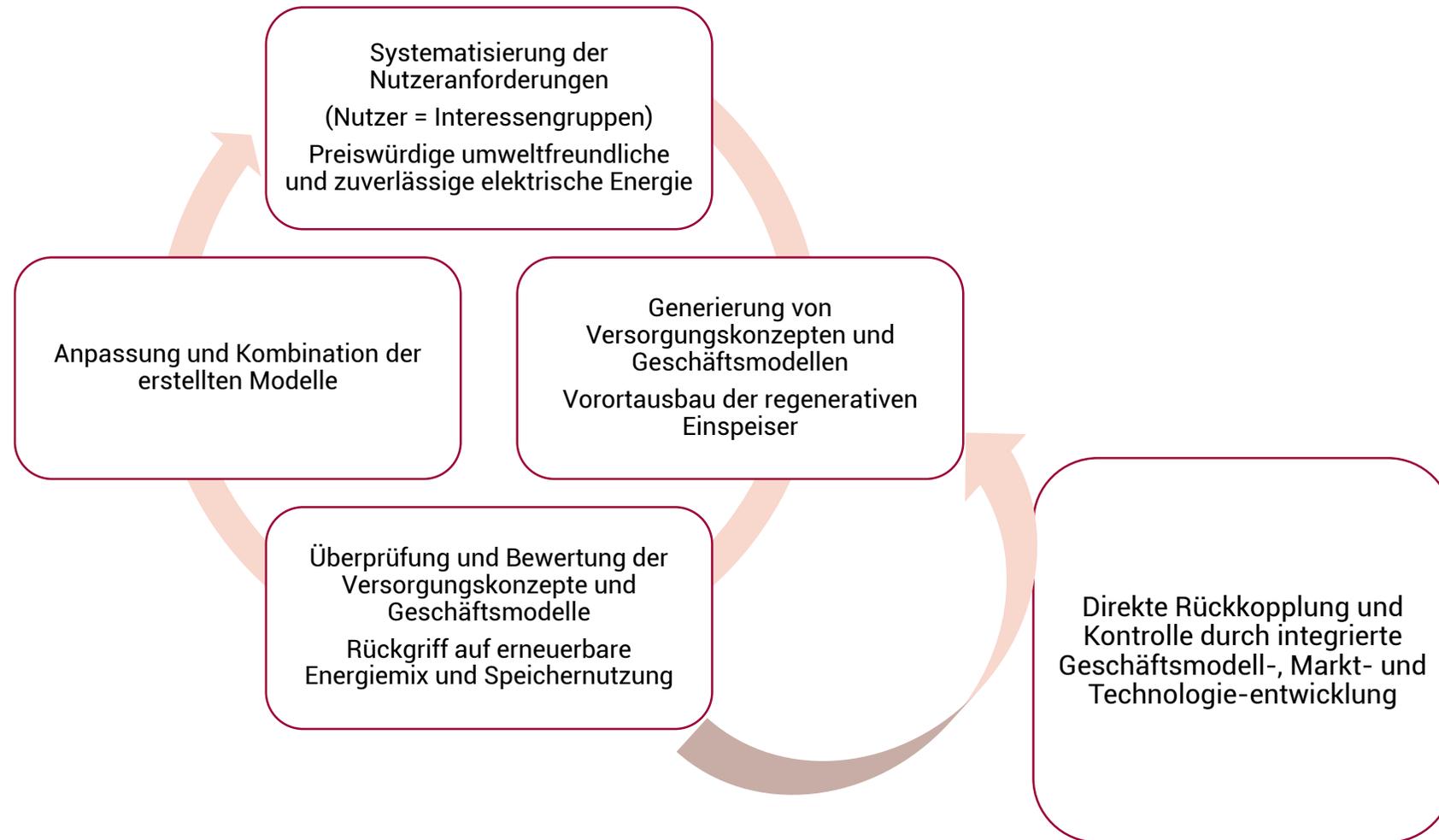


In Anlehnung an Meynerts, L. et al (2017). Concept of (Integrated Life Cycle Assessment and Costing) – Application to the Case of Designing a Hybrid Train. In: Procedia CIRP, The 24th CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Vol. 61.

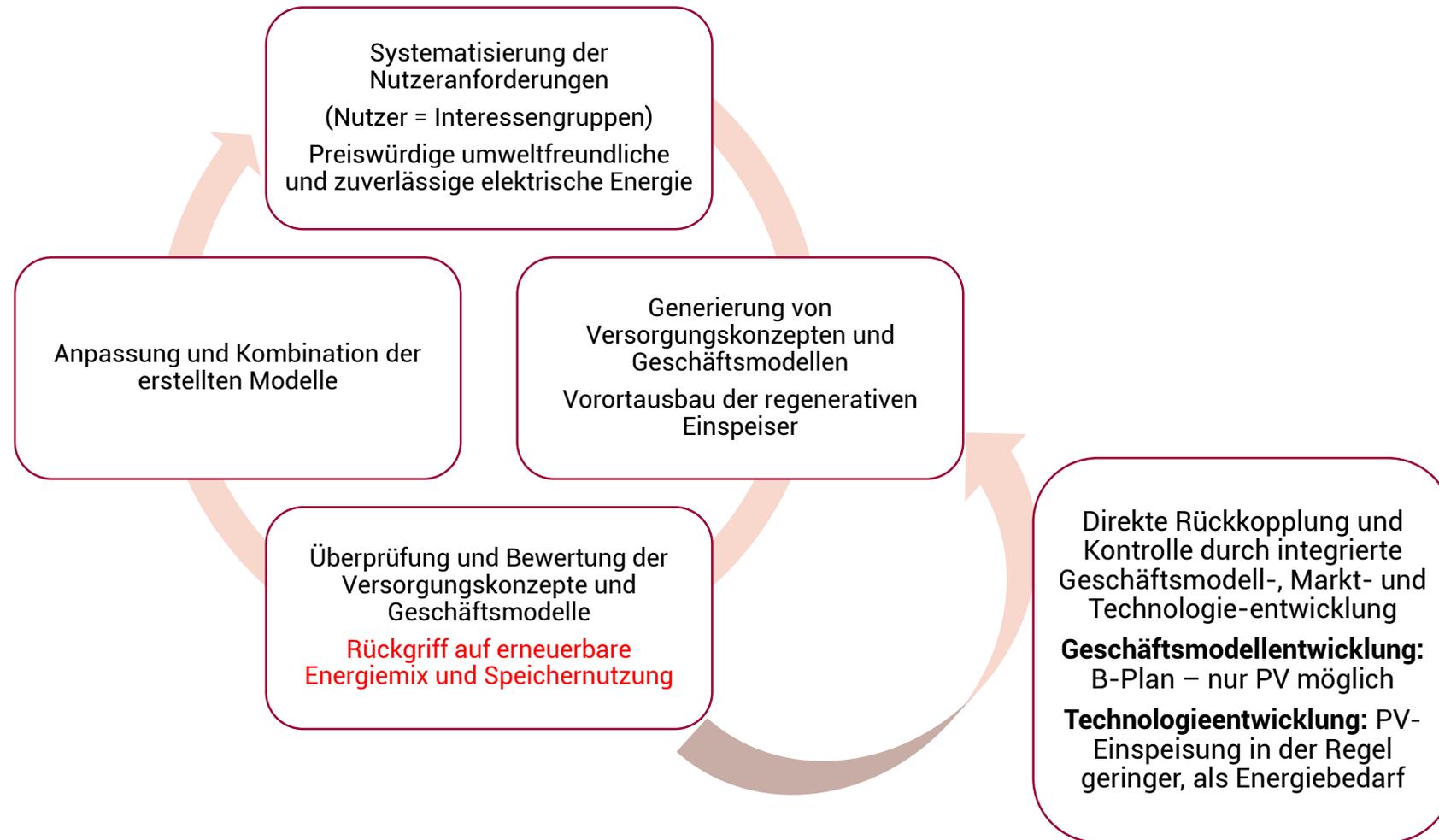
# Geschäftsmodellentwicklung – Methode zur integrierten Markt-, Technologie- und Geschäftsmodellentwicklung am Beispiel Szenario 1 – Ausbau EE und Direktlieferung



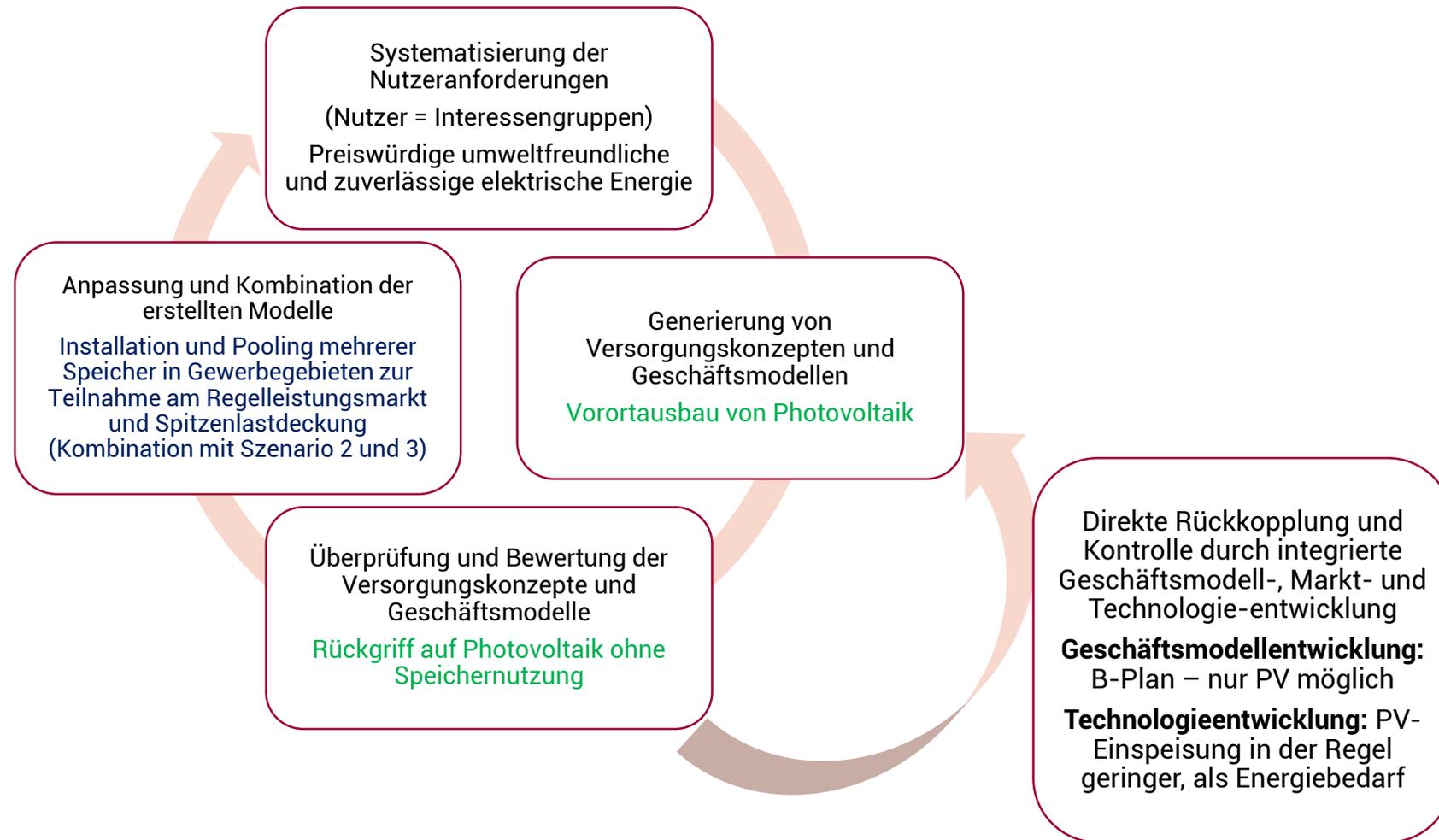
# Geschäftsmodellentwicklung – zyklisches Vorgehen am Beispiel Szenario 1 – Ausbau erneuerbarer Energien und Direktlieferung aus Betreiberperspektive



# Geschäftsmodellentwicklung – zyklisches Vorgehen am Beispiel Szenario 1 – Ausbau erneuerbarer Energien und Direktlieferung aus Betreiberperspektive



# Geschäftsmodellentwicklung – zyklisches Vorgehen am Beispiel Szenario 1 – Ausbau erneuerbarer Energien und Direktlieferung aus Betreiberperspektive



---

# GRIDS - GRÜNE ENERGIE FÜR INDUSTRIELLE VERBÜNDE

Sprechen Sie uns an:

---

## Maximilian Stange

Wissenschaftlicher Mitarbeiter »Zukunftsfabrik«

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU)

Telefon: 0371 5397-1820

Mail: [maximilian.stange@iwu.fraunhofer.de](mailto:maximilian.stange@iwu.fraunhofer.de)



## Benjamin Jacobsen

Wissenschaftlicher Mitarbeiter – Professur für Unternehmensrechnung und Controlling

Technische Universität Chemnitz

Telefon: 0371 531-30084

Mail: [benjamin.jacobsen@wirtschaft.tu-chemnitz.de](mailto:benjamin.jacobsen@wirtschaft.tu-chemnitz.de)



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
CHEMNITZ