

# Integration von Demand Side Management in Prozesskaskaden

---

Reduzierung von Speicheranforderungen und Kosteneinsparungen

Lilli Sophia Röder<sup>1</sup>, Arne Gröngröft<sup>1</sup>, Julia Riese<sup>2</sup>, Marcus Grünewald<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig, Deutschland | <sup>2</sup>Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland

PAAT Jahrestagung- Frankfurt, 20.-21.11.2023

Finanziert von: Betreut durch:



# Demand Side Management



Ausbau von  
Erneuerbaren  
Energien



Schwankende  
Strom-  
bereitstellung  
aber starrer  
Strom-  
Verbrauch



Bedarf an  
mehr  
Flexibilität  
im  
Stromnetz



Synchronisie-  
rung des  
Strombedarfs  
mit der  
Bereitstellung

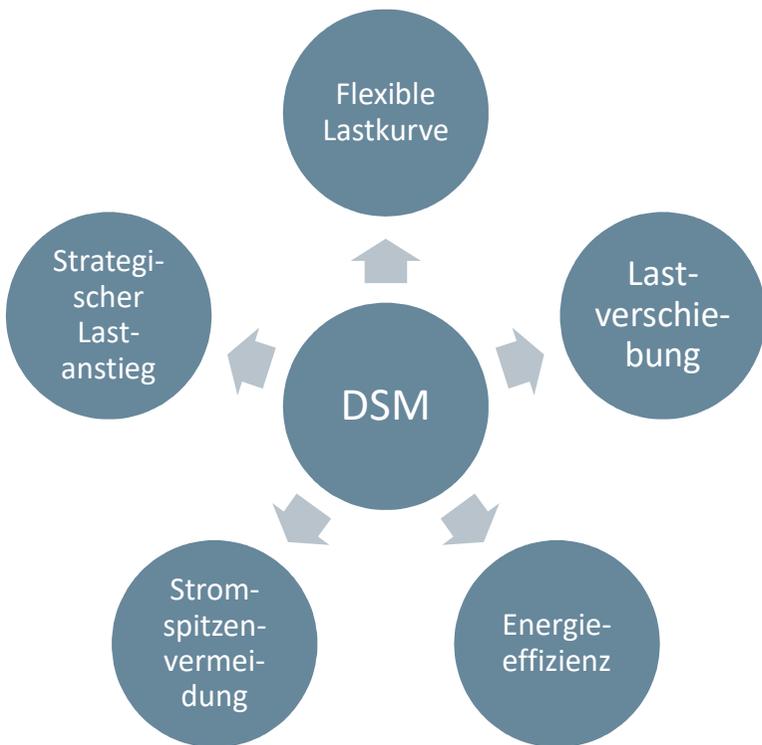
## Allgemeine Definition:

Demand Side Management (DSM) bedeutet das aktive Beeinflussen von Stromlasten als Reaktion auf ein externes Preissignal

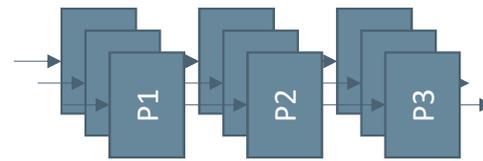


**Frage:**  
Ist ein spezifischer Prozess aus  
wirtschaftlicher Sicht für DSM  
sinnvoll einsetzbar?

# Möglichkeiten für Erhöhung des DSM Potentials

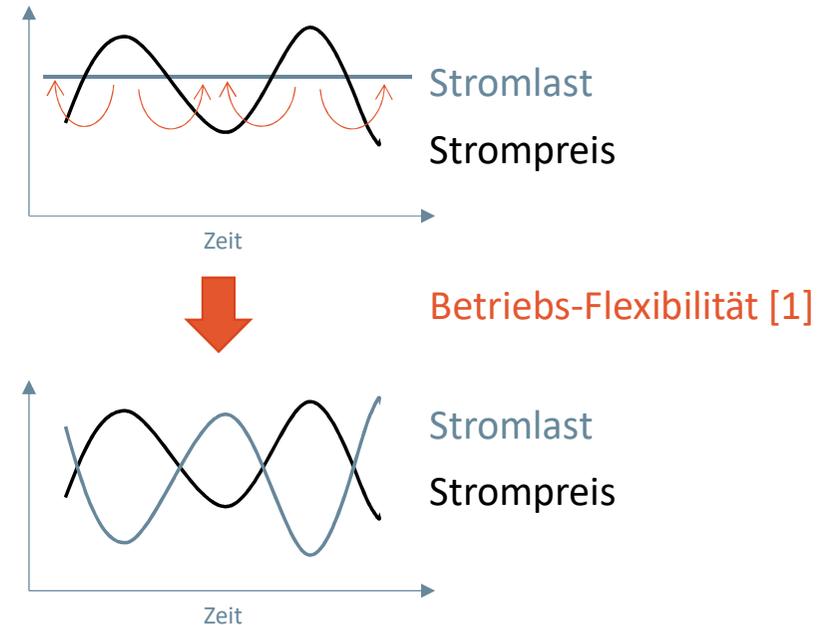


**Lastseite:**  
Kontinuierlich betriebene  
Industrieprozesse



Überdimensionierung

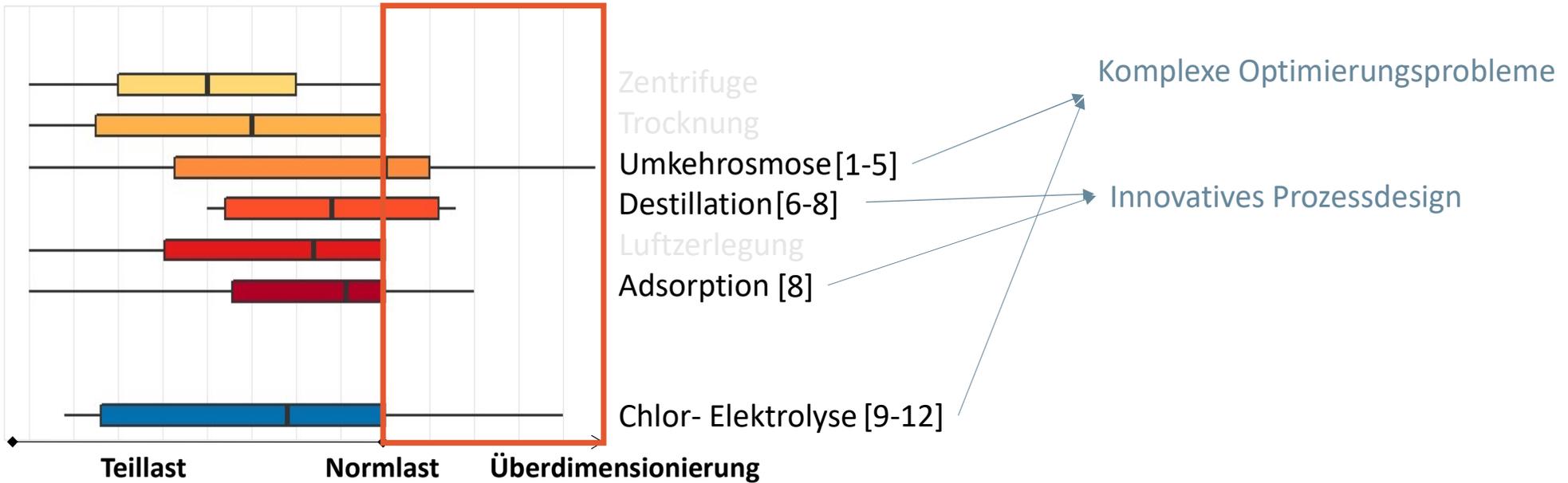
↑ CAPEX €



↓ OPEX €

## Auszug aus Review zu flexiblen Arbeitsbereichen in DSM Literatur

Röder et al. (2022) - DOI:10.1002/er.8353



[1] Käufler et al. 2012      doi:10.5004/dwt.2011.2347  
 [2] Bognar et al. 2013      doi:10.1080/19443994.2012.715093  
 [3] Jiang et al. 2015      doi:10.1016/j.desal.2014.10.016  
 [4] Ghoheity und Mitsos 2010      doi:10.1016/j.desal.2010.06.041

[5] Williams et al. 2012      doi:10.1016/j.desal.2012.06.009  
 [6] Riese et al. 2018      doi: 10.3303/CET1869132  
 [7] Fasel et al. 2020      doi:10.1002/cite.202000055  
 [8] Herrmann et al. 2020      doi:10.1002/cite.202000063

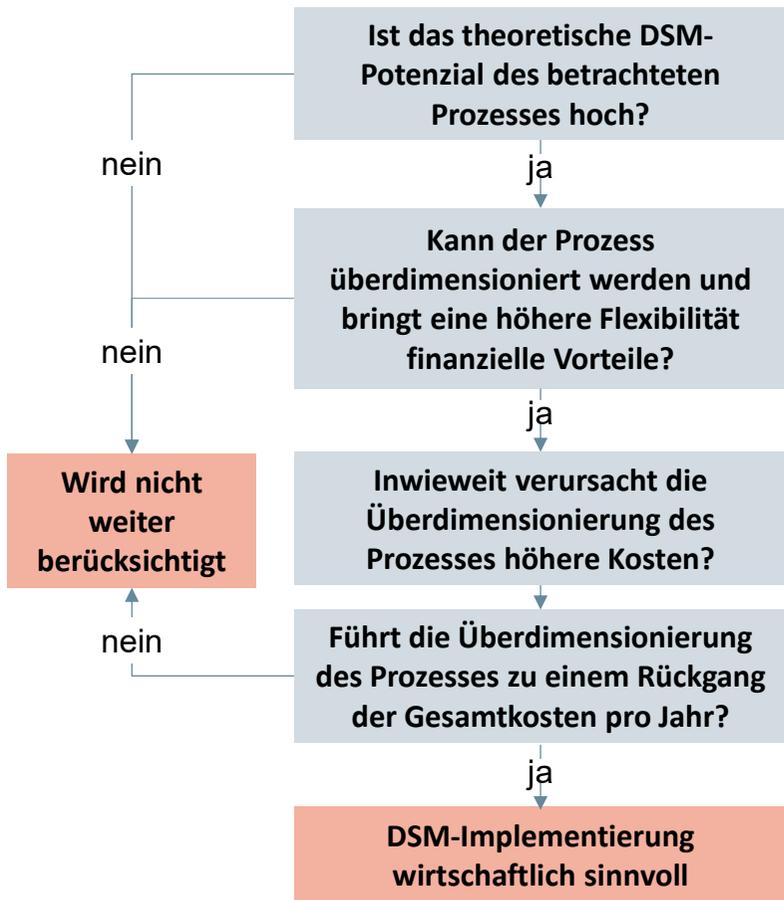
[9] Bree et al. 2018      doi: 10.1002/aic.16352  
 [10] Otashu and Baldea 2020      doi:10.1016/j.apenergy.2019.114125  
 [11] Roh et al. 2019      doi: 10.1016/j.apenergy.2019.113880  
 [12] Schäfer et al. 2020      doi: 10.1002/aic.17010

## Überdimensionierung für Erhöhung des DSM Potentials

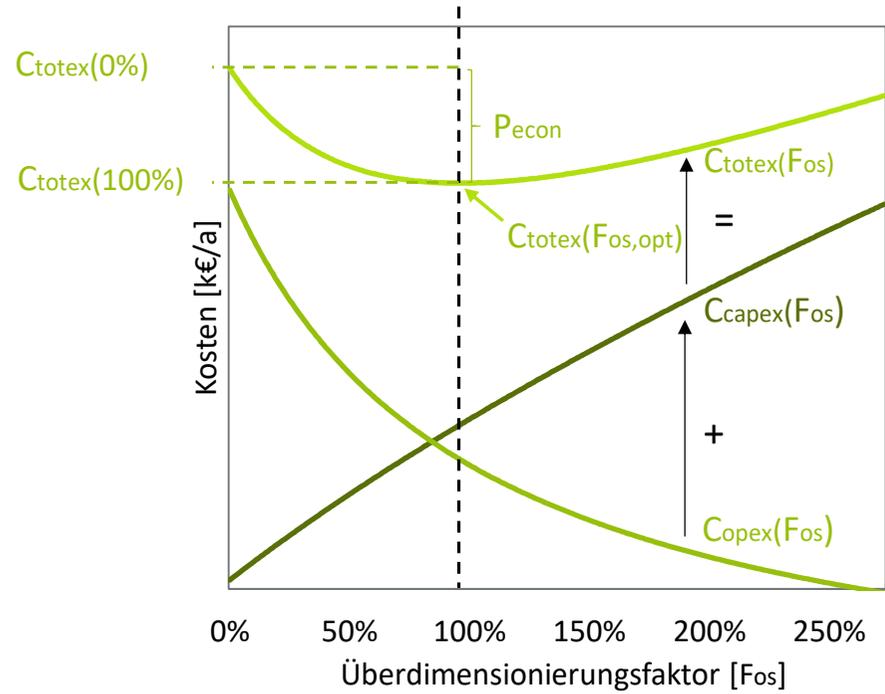
**Allgemein**  
**Frage:** Ist ein spezifischer Prozess **aus wirtschaftlicher Sicht** für Demand Side Management geeignet?

**Schritt 1:** Entwicklung eines Tools zur schnellen Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Überdimensionierung zur DSM-Einführung bei neuen Prozessen

# Wirtschaftlichkeit einer Überdimensionierung zur DSM-Einführung



**Schritt 1:** Entwicklung eines Entscheidungshilfe-Tools zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Überdimensionierung zur DSM-Einführung



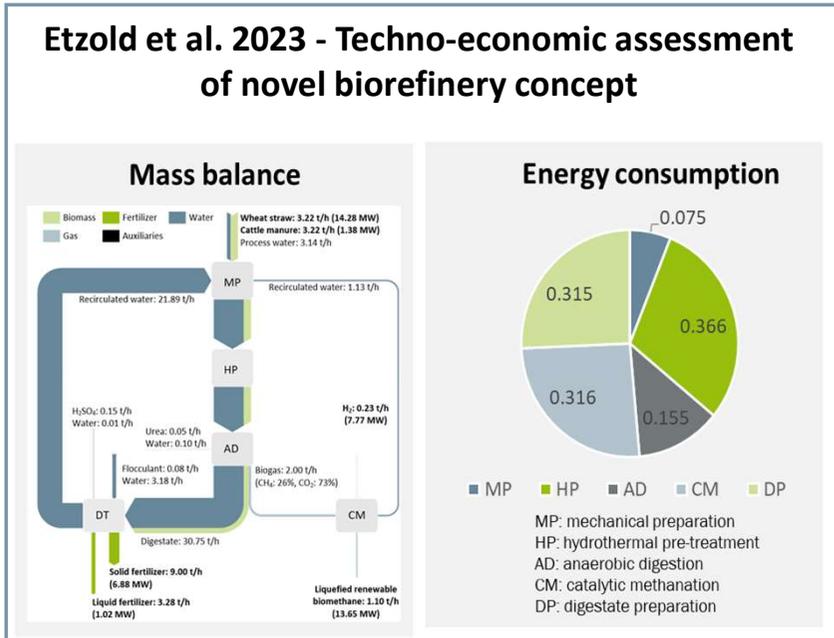
## Überdimensionierung für Erhöhung des DSM Potentials

**Allgemein Frage:** Ist ein spezifischer Prozess **aus wirtschaftlicher Sicht** für Demand Side Management geeignet?

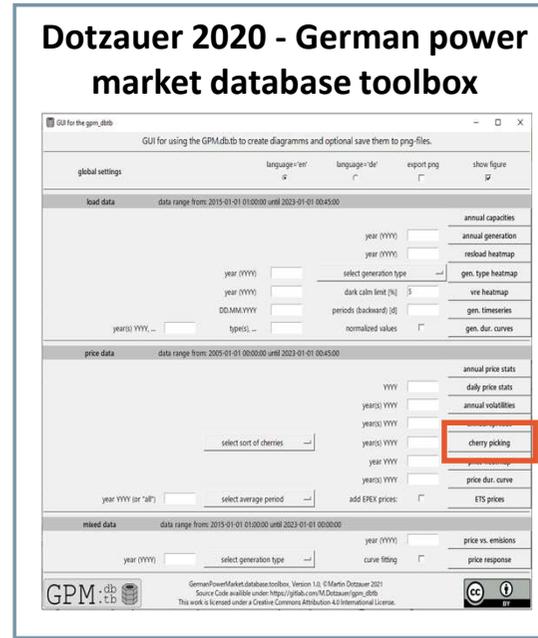
**Schritt 1:** Entwicklung eines Tools zur schnellen Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Überdimensionierung zur DSM-Einführung bei neuen Prozessen

**Bioraffinerien** ←

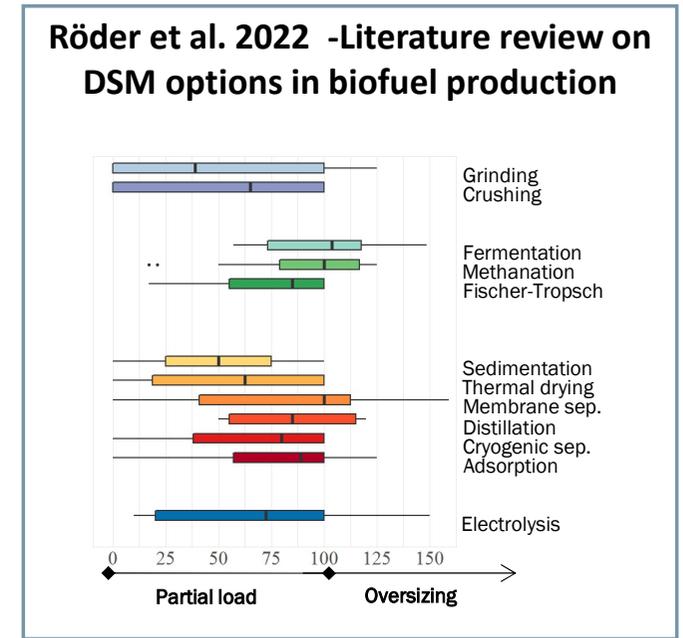
**Schritt 2:** Identifizierung eines Industriebereichs mit hohem DSM-Anteil, der noch nicht im detailliert für die Anwendung von DSM untersucht wurde



Investitionskosten und Massen und Energiebilanz der Anlage



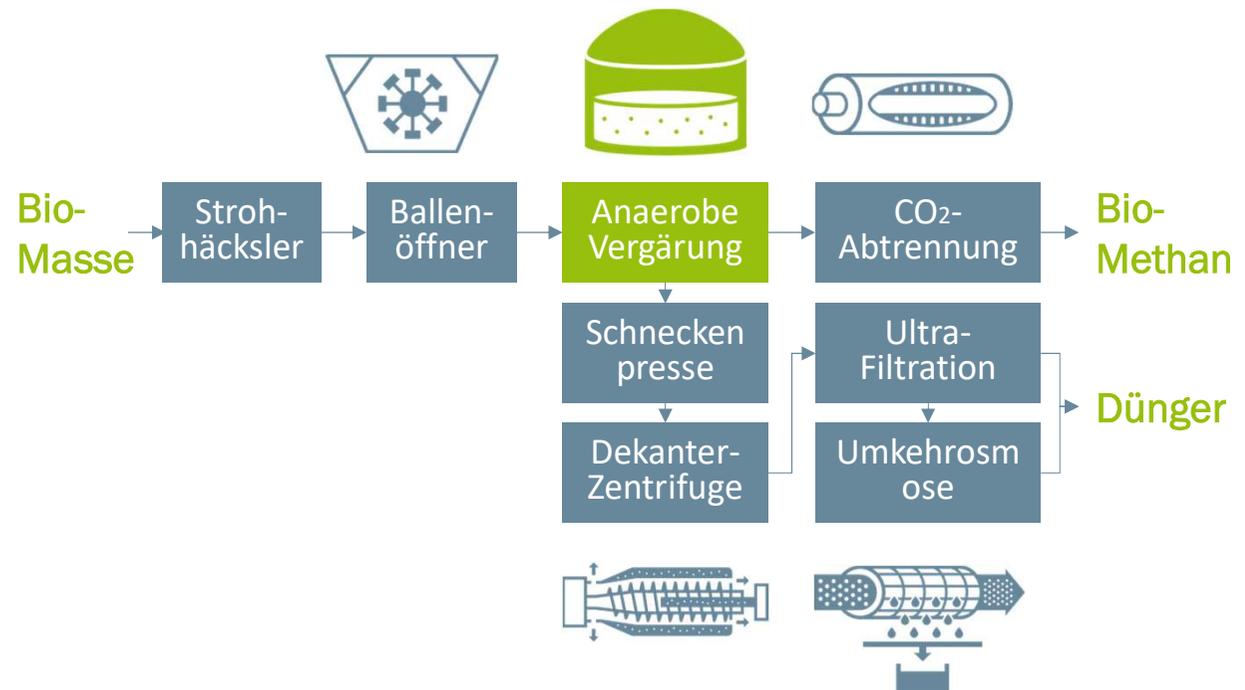
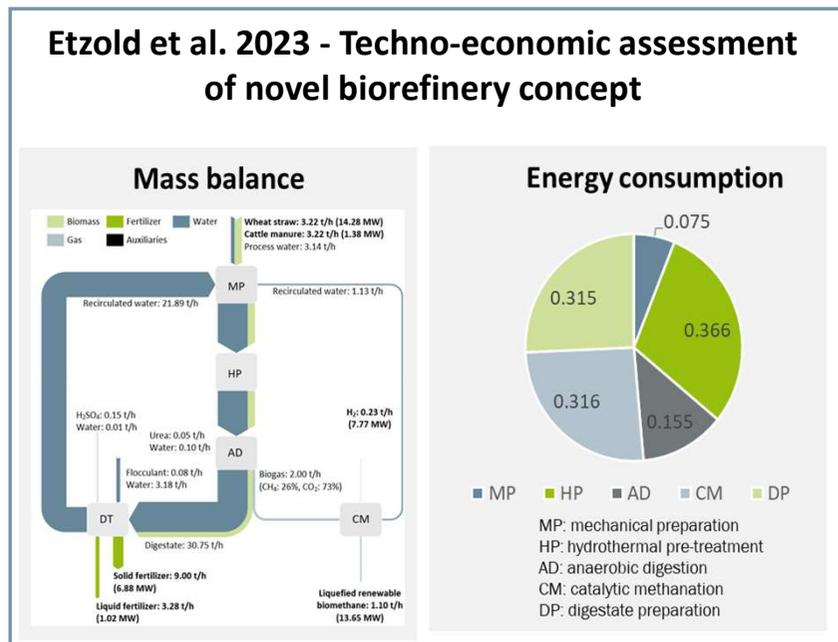
Strompreisveränderung bei Vermeidung der Strompreisspitzen



Abschaltflexibilität der einzelnen Anlagenprozesse

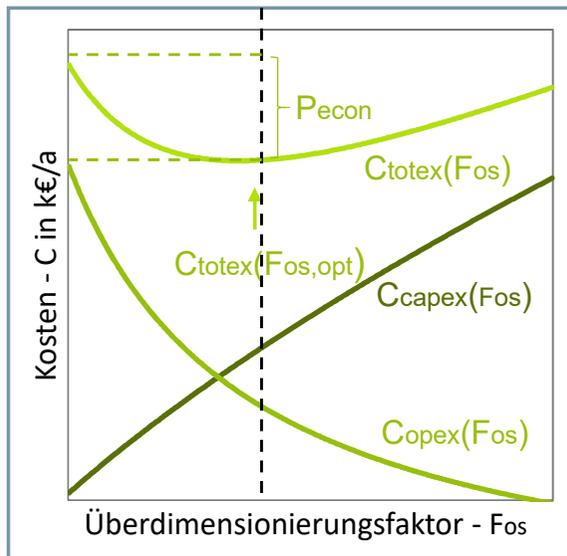


PILOT  
SBG



Ergebnisse Schritt 3:

# Anwendung des Entscheidungshilfe-Tools auf einzelne Prozesse



	$C_{totex,0}$ [€/Tag]	$F_{os,opt}$ [%]	$C_{totex,min}$ [€/Tag]	$P_{econ}$ [k€/Jahr]	$t_{pb}$ [a]
Ballenöffner	47	90	44	2,7	8
Strohhäcksler	104	184	91	13	6
CO <sub>2</sub> - Abtrennung	601	0	601	-	-
Schnecken- presse	44	0	44	-	-
Dekanter- Zentrifuge	358	238	317	41	8
Ultrafiltration	406	0	406	-	-
Umkehrosiose	114	372	94	20	6

Zwei von vier Prozesse in Gärrest-  
aufbereitungskaskade für DSM geeignet

## Überdimensionierung für Erhöhung des DSM Potentials

**Allgemein Frage:** Ist ein spezifischer Prozess **aus wirtschaftlicher Sicht** für Demand Side Management geeignet?

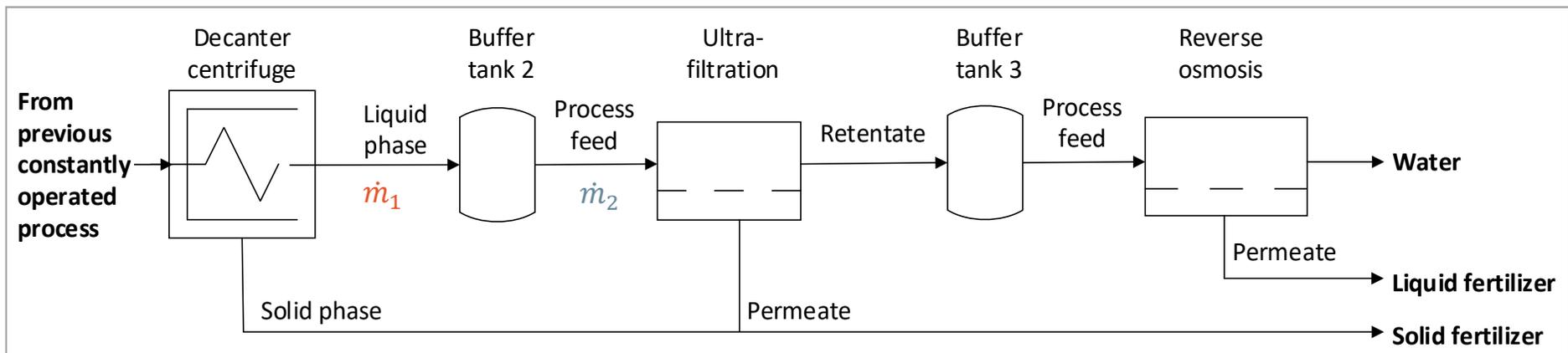
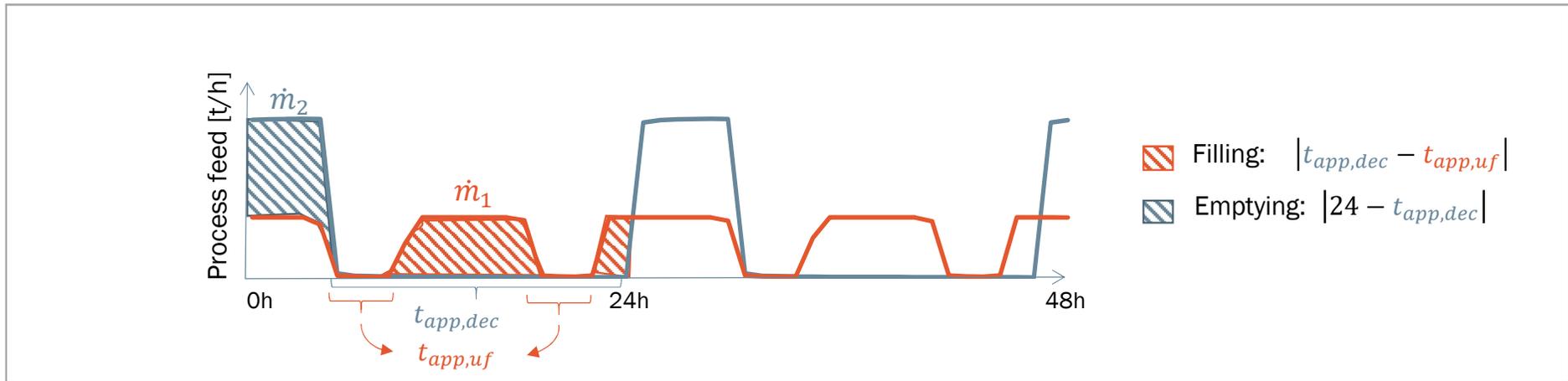
**Schritt 1:** Entwicklung eines Tools zur schnellen Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Überdimensionierung zur DSM-Einführung bei neuen Prozessen

**Schritt 2:** Identifizierung eines Industriebereichs mit hohem DSM-Anteil, der noch nicht im detailliert für die Anwendung von DSM untersucht wurde

**Schritt 3:** Anwendung des Entscheidungshilfe-Tools in einer Case Study des identifizierten Industriezweiges auf einzelne Prozessschritte

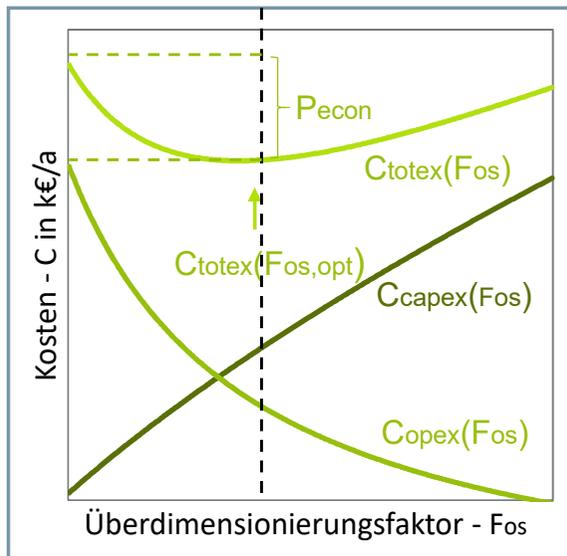
**Schritt 4:** Erweiterung des Entscheidungshilfe-Tools zur Betrachtung einer gesamten Prozesskette anstelle einzelner Prozessschritte

# Erweiterung des Entscheidungshilfe-Tools um Speichervolumenberechnung



Ergebnisse Schritt 4:

# Anwendung des Entscheidungshilfe-Tools auf Prozesskaskade



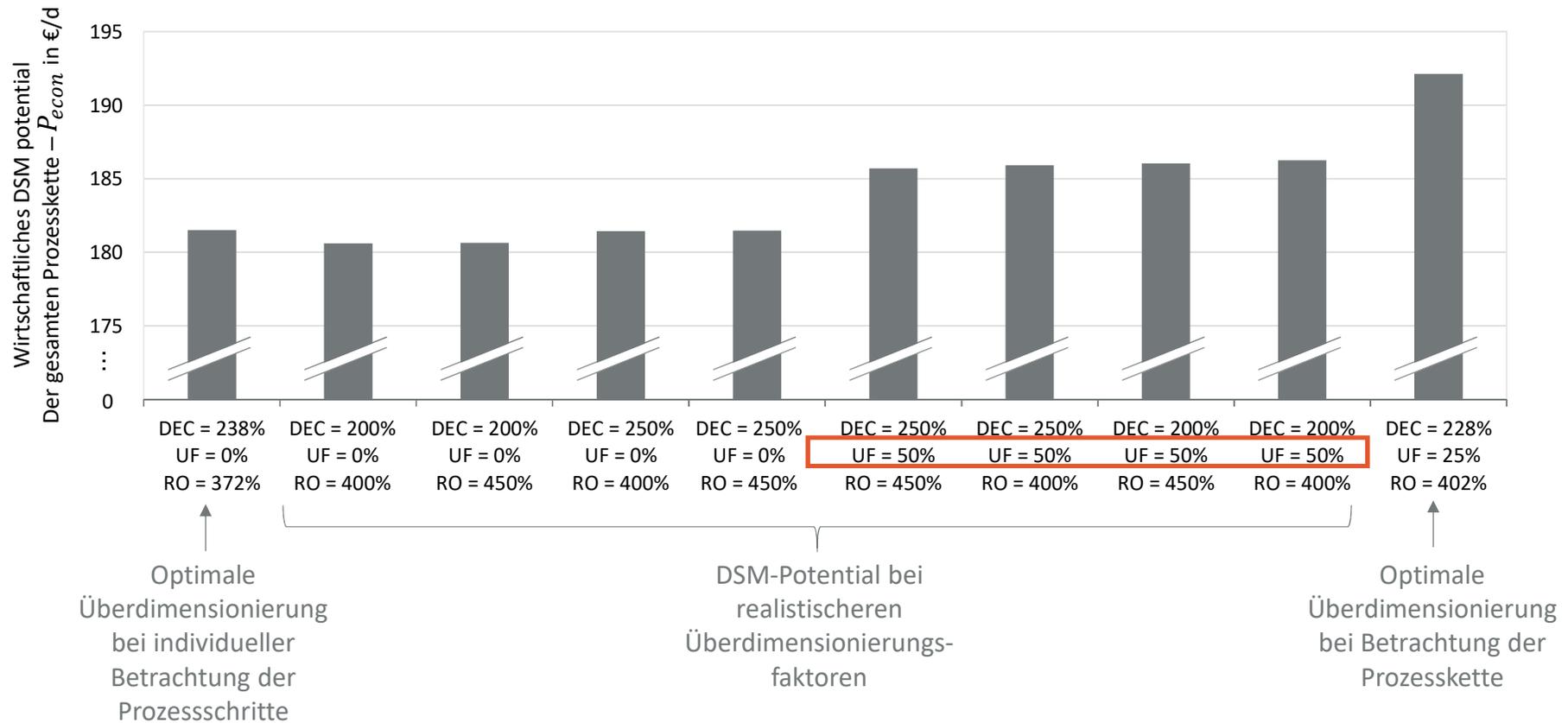
	$C_{totex,0}$ [k€/Jahr]	$F_{os,opt}$ [%]	$C_{totex,min}$ [k€/Jahr]	$P_{econ}$ [k€/Jahr]	$t_{pb}$ [a]
Ballenöffner	47	90	44	2,7	8
Strohhäcksler	104	184	91	13	6
CO <sub>2</sub> -Abtrennung	601	0	601	-	-
Schneckenpresse	44	0	44	-	-
Dekanter-zentrifuge	358	238	317	41	8
Ultrafiltration	406	25	406	1,8	4
Umkehrosiose	114	402	94	20	6

Die Größen der **Designoptimierung** nicht im Handel erhältlich

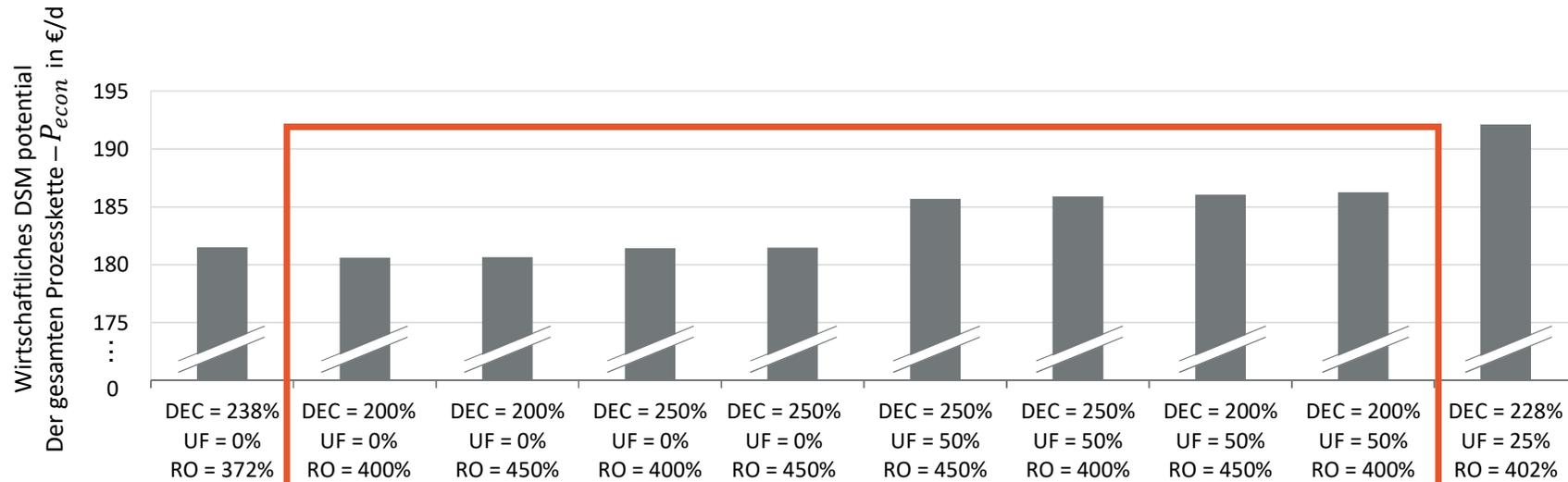
Prozesskette in Gärrest-aufbereitungskaskade für DSM geeignet

Ergebnisse Schritt 4:

# Anwendung des Entscheidungshilfe-Tools mit realistischen Überdimensionierungsfaktoren

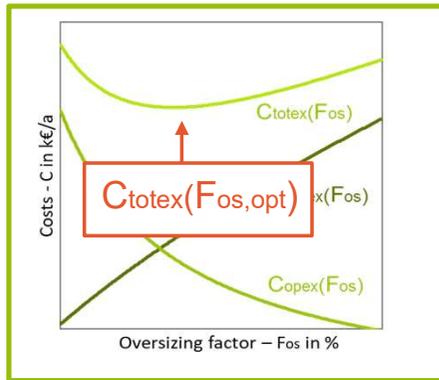


# Ausblick



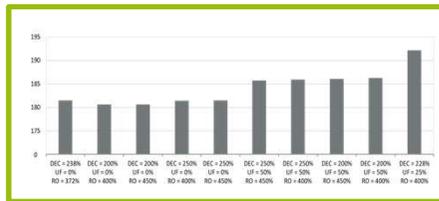
- Dynamische Betriebsoptimierung der Prozesskette, als Reaktion auf Strompreisänderungen bei realistischen Überdimensionierungsfaktoren
- Betrachtung des An und Abfahrverhaltens der Prozessschritte bei flexiblem Betrieb
- Berücksichtigung der Trenneffizienzverluste durch flexiblen Betrieb

# Zusammenfassung

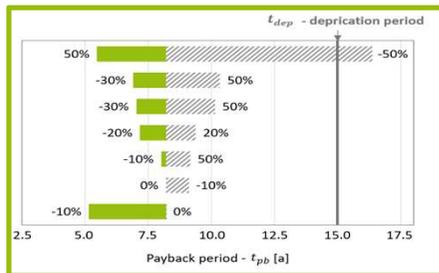


- Es wurde ein Tool zur Bewertung wirtschaftlicher Parameter für die Integration von DSM für kontinuierlich betriebene Prozesse entwickelt.

- Der Schlüsselaspekt ist die Bestimmung des Ausmaßes, in dem ein Prozessschritt überdimensioniert werden sollte, um die Flexibilität zu maximieren, aber keine übermäßigen zusätzlichen Kosten zu verursachen.



- Die Betrachtung der gesamten Prozesskaskade unter Berücksichtigung einer parallelen Flexibilisierung von in Reihe geschalteten Prozessen kann zu einer Erhöhung des wirtschaftlichen-DSM potentials führen.



- Die größten Unsicherheitsfaktoren, welche die Wirtschaftlichkeit von DSM in kontinuierlich betriebenen Prozessen beeinflussen, sind Strompreisschwankungen und Investitionskosten für Prozess- und Zwischenspeicher.

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Lilli Sophia Röder  
Abteilung für Bioraffinerien  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Separationstechnik und Verfahrensentwicklung

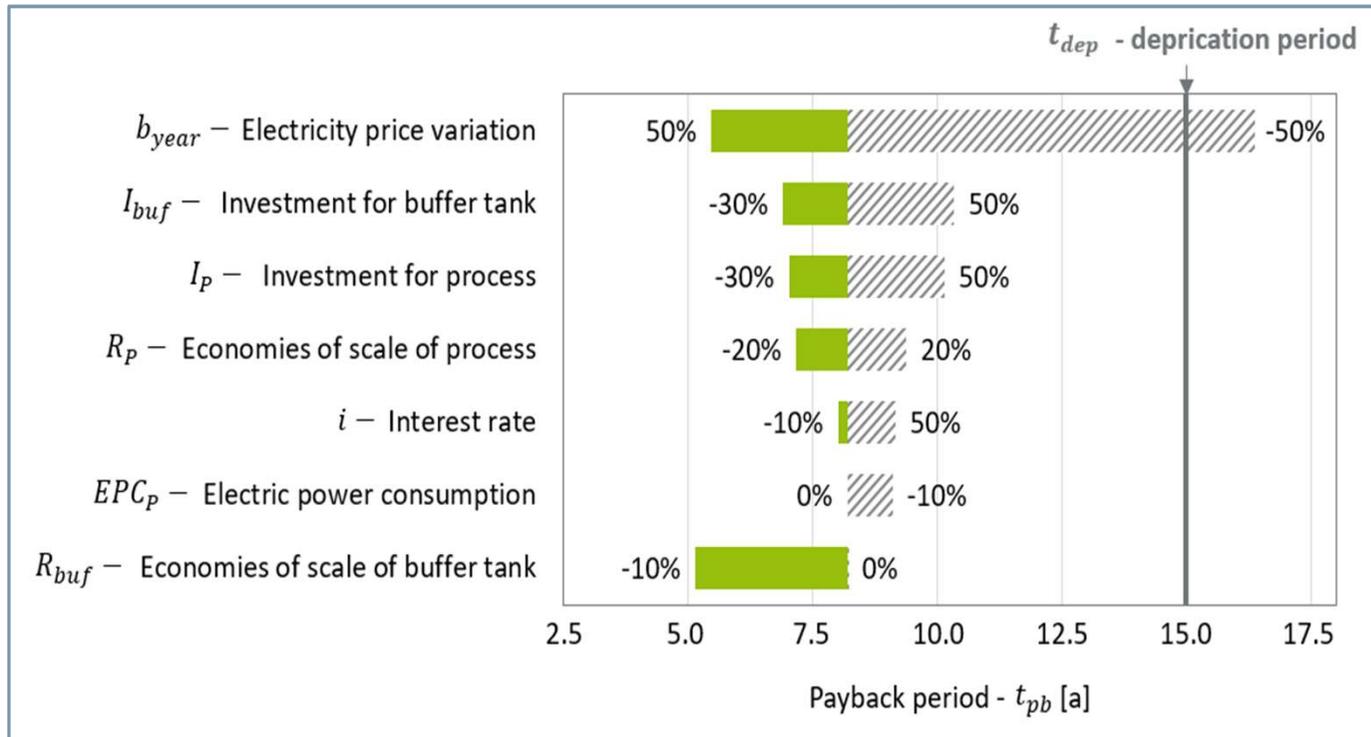
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH  
Torgauer Straße 116  
D-04347 Leipzig

[lilli.sophia.roeder@dbfz.de](mailto:lilli.sophia.roeder@dbfz.de)  
+49 (0)341 2434-424



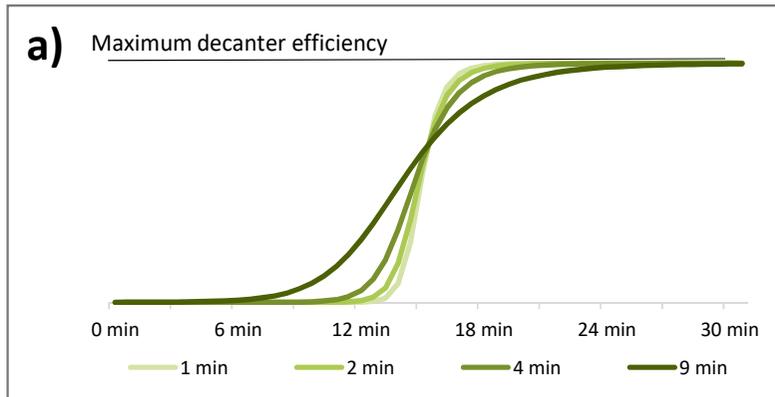
# Sensitivitätsanalyse

## Dekanterzentrifuge

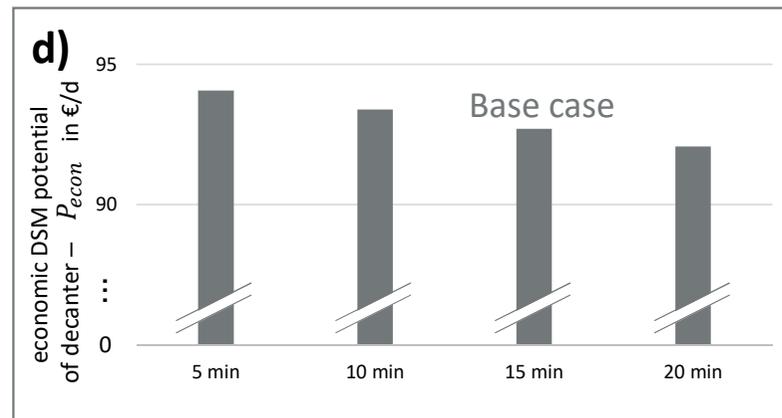
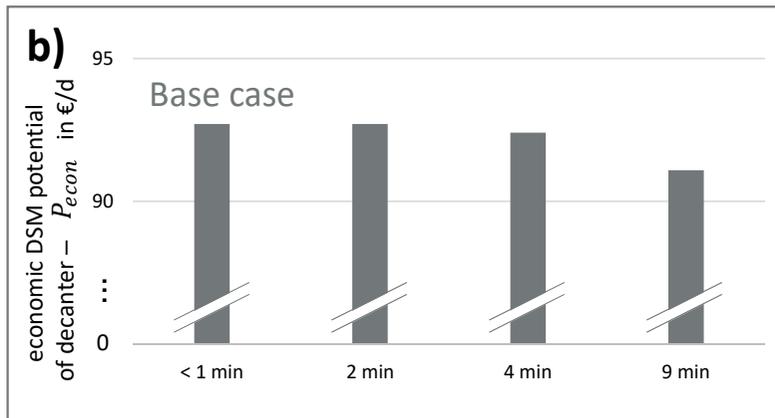
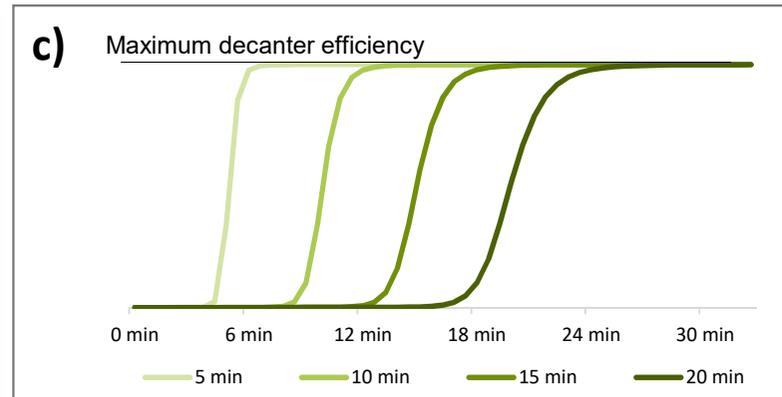


# Sensitivitätsanalyse Dynamische Werte

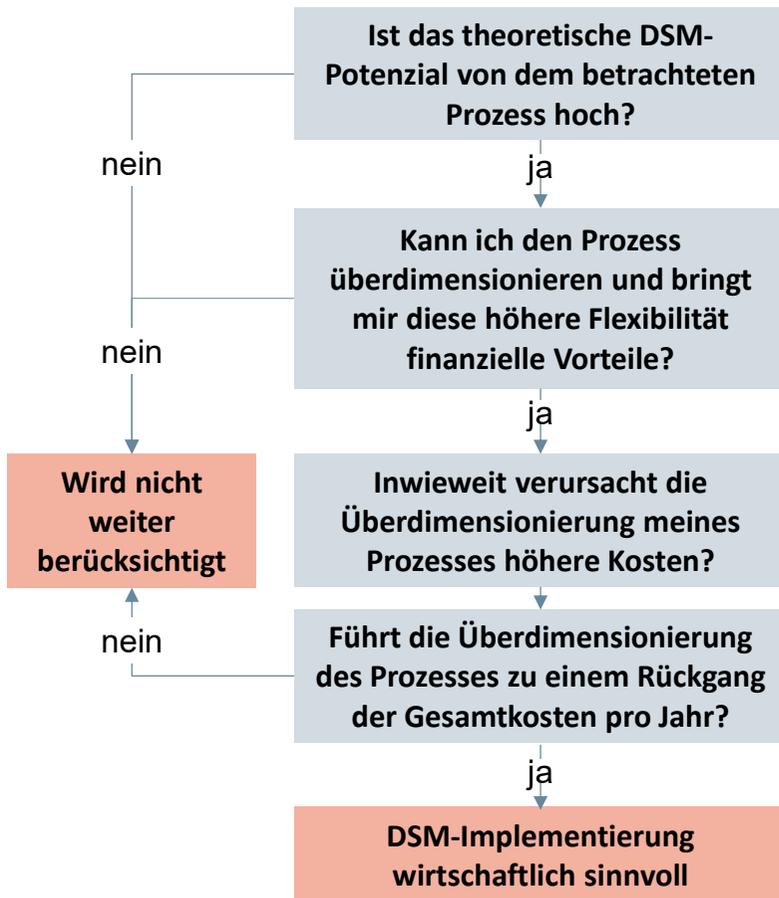
Sensitivity analysis of start-up steepness



Sensitivity analysis of start-up shift



# Entwicklung eines Entscheidungshilfe-Tools zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer DSM-Einführung



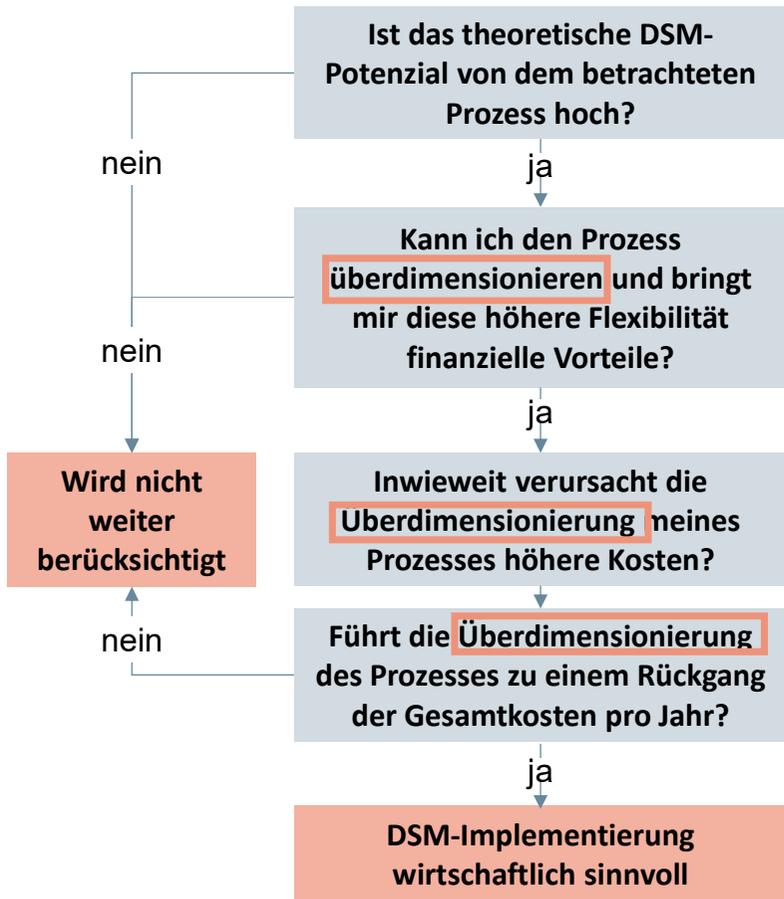
$$C_{opex}(F_{os}) = \left( a_{year} - b_{year} * \left( \tau - \frac{\tau}{F_{os} + 1} \right) \right) * EPC * \tau_{oph}$$

$$C_{capex}(F_{os}) = I_{ref,P} * r_P * (F_{os} + 1)^{R_P} + I_{ref,buf} * r_{buf} * \left( \frac{(\dot{m}_{buf}) * \left( \tau - \left( \frac{\tau}{F_{os} + 1} \right) \right)}{V_{ref}} \right)^{R_{buf}}$$

$$C_{totex}(F_{os}) = C_{opex}(F_{os}) + C_{capex}(F_{os})$$

# Entwicklung eines Entscheidungshilfe-Tools zur Abschätzung der wirtschaftlichen Auswirkungen von Überdimensionierung für DSM

**Schritt 2:** Entwicklung eines Entscheidungshilfe-Tools zur Analyse der wirtschaftlichen Auswirkungen von Überdimensionierung für DSM-Anwendung

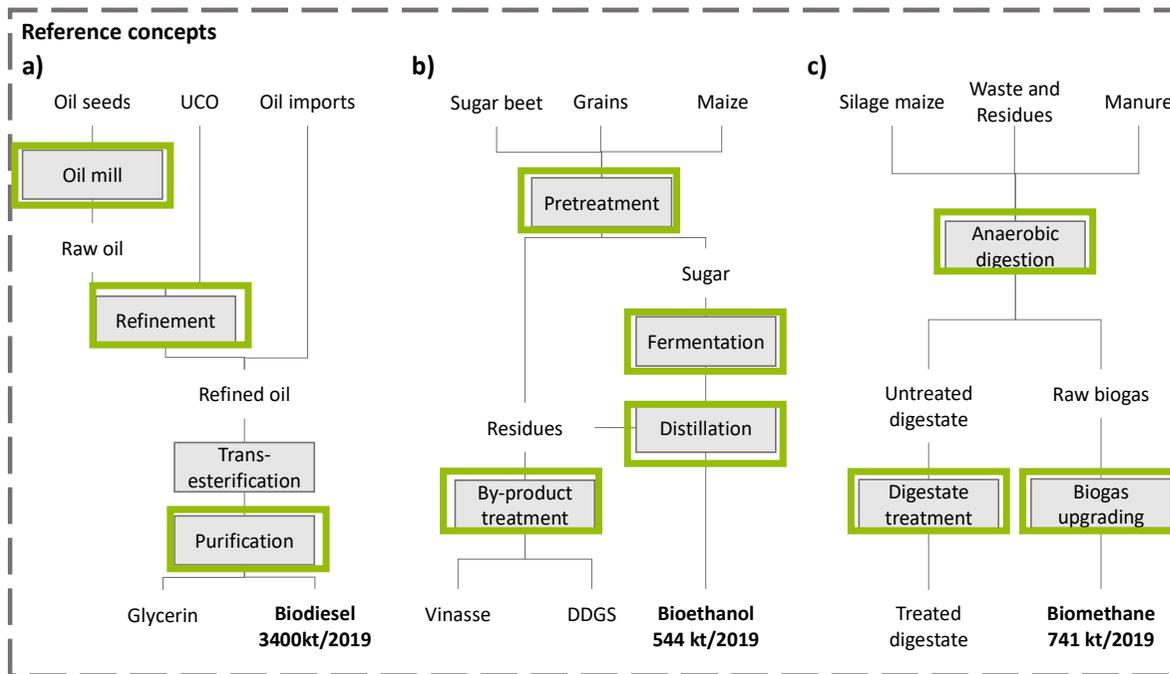


$$C_{opex}(F_{os}) = \left( a_{year} - b_{year} * \left( \tau - \frac{\tau}{F_{os} + 1} \right) \right) * EPC * \tau_{oph}$$

$$C_{capex}(F_{os}) = I_{ref,p} * r_p * (F_{os} + 1)^{R_p} + I_{ref,buf} * r_{buf} * \left( \frac{(\dot{m}_{buf}) * \left( \tau - \left( \frac{\tau}{F_{os} + 1} \right) \right)}{V_{ref}} \right)^{R_{buf}}$$

$$C_{totex}(F_{os}) = C_{opex}(F_{os}) + C_{capex}(F_{os})$$

Hohe Flexibilität

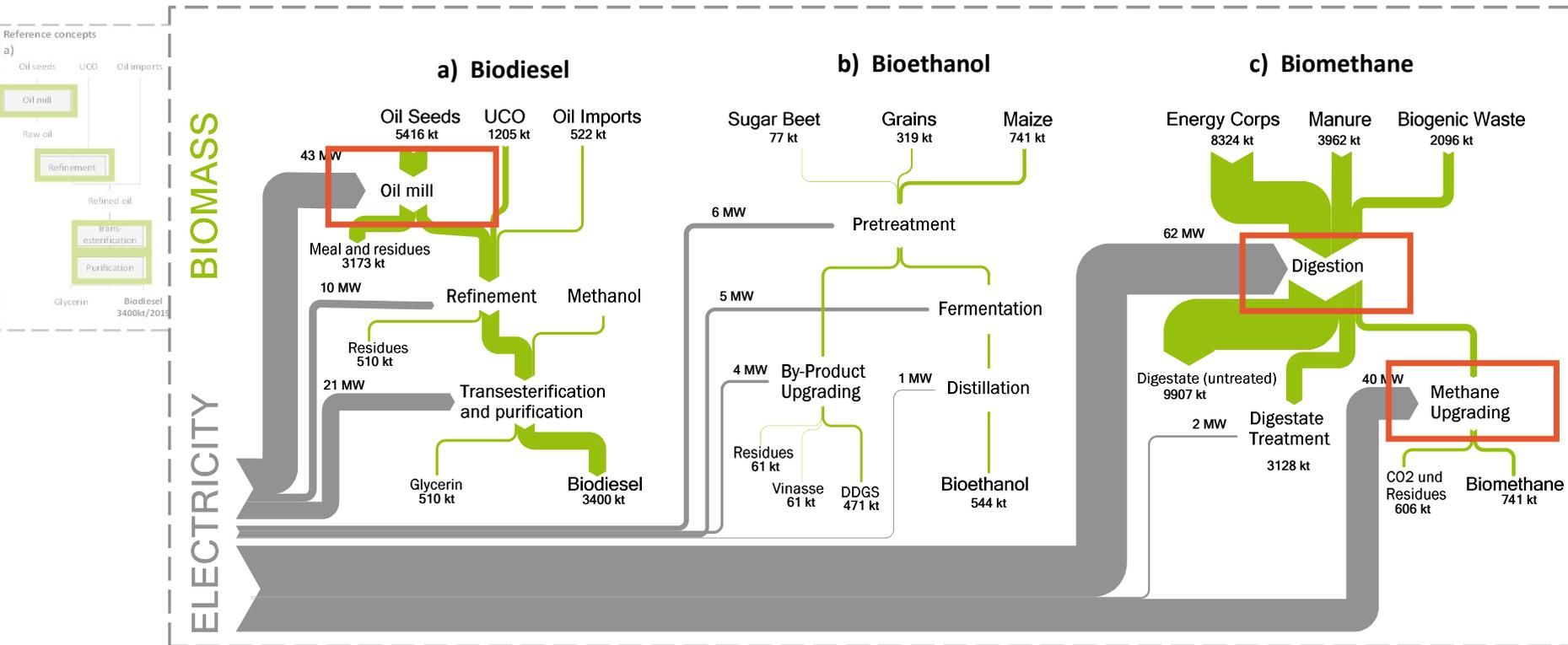


<sup>1</sup> DOI:10.1002/er.8353

# Identifizierung eines neuen Industriebereichs für DSM

Hohe Flexibilität

Hoher Stromverbrauch<sup>2</sup>



<sup>1</sup> DOI:10.1002/er.8353

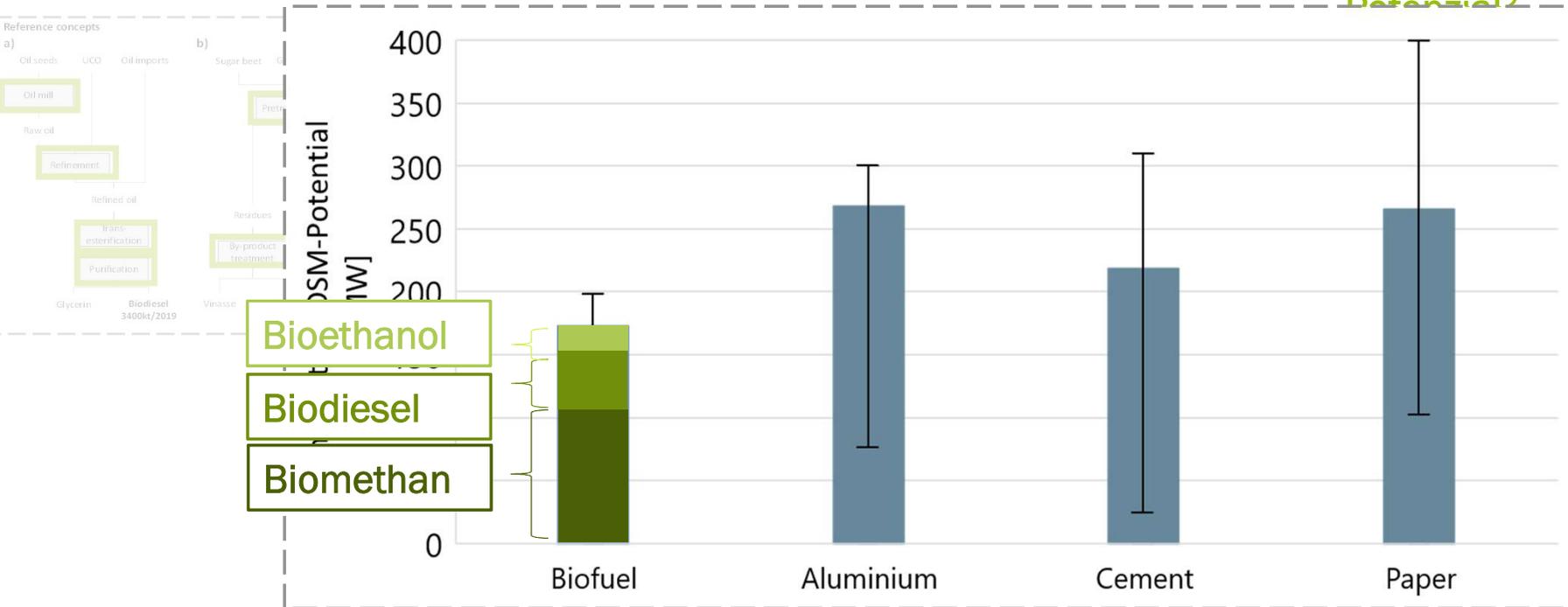
<sup>2</sup> DOI: 10.1002/bbb.2452

# Identifizierung eines neuen Industriebereichs für DSM

Hohe Flexibilität

Hoher Stromverbrauch<sup>2</sup>

Hohes theoretisches DSM-Potenzial<sup>2</sup>



<sup>1</sup> DOI:10.1002/er.8353

<sup>2</sup> DOI: 10.1002/bbb.2452

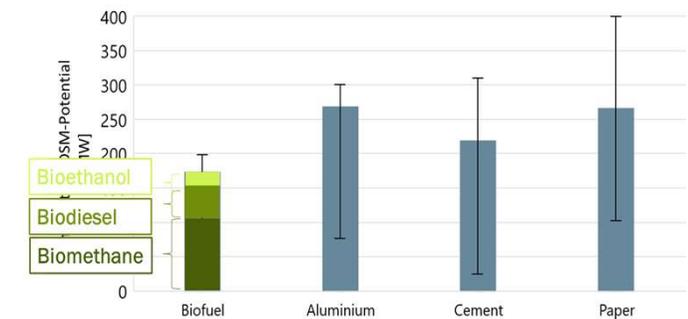
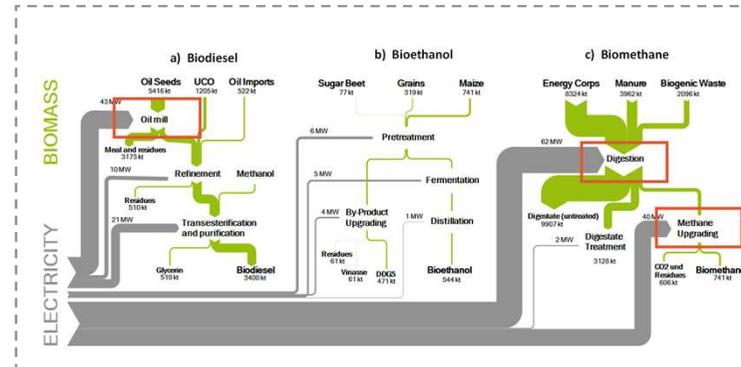
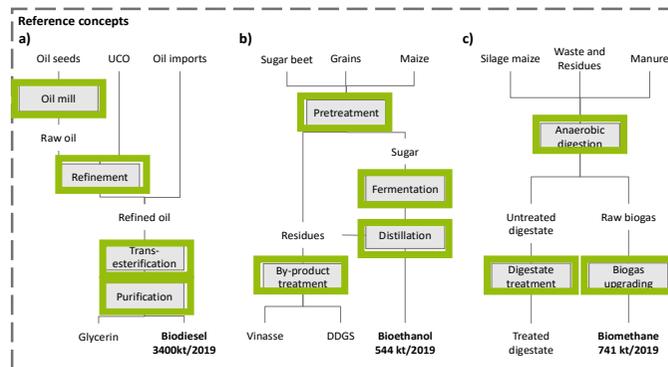
## Ergebnisse Schritt 1

# Identifizierung eines neuen Industriebereichs für DSM

Hohe Flexibilität<sup>1</sup>

Hoher Stromverbrauch<sup>2</sup>

Hohes theoretisches DSM-Potenzial<sup>2</sup>



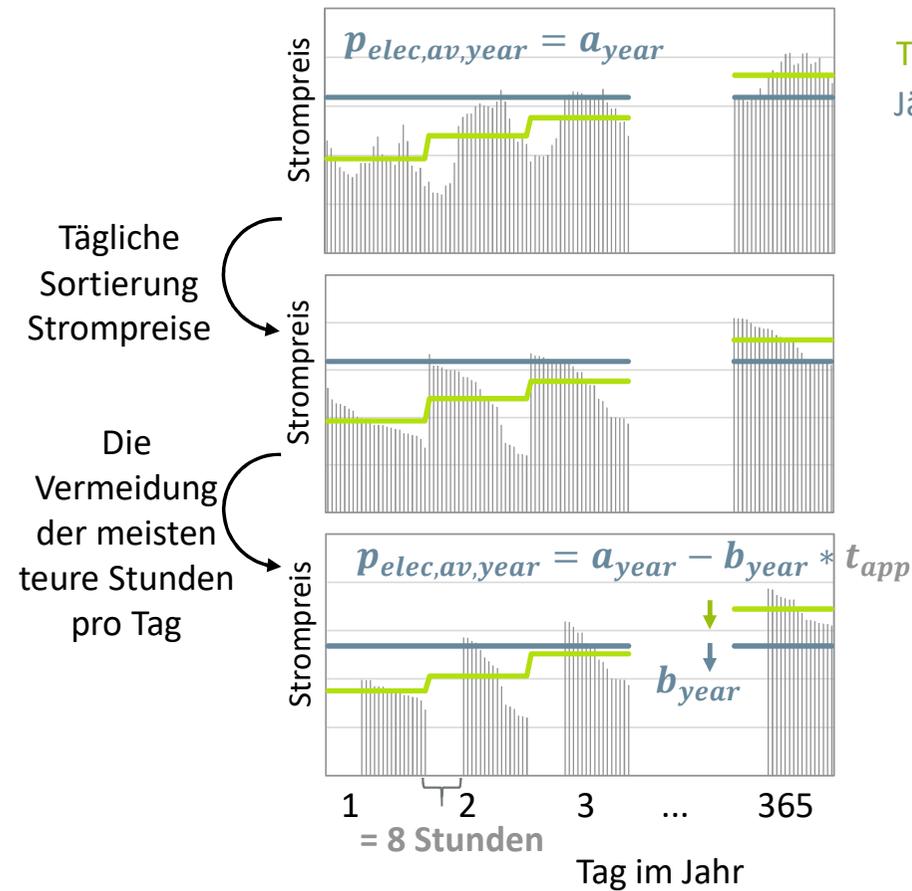
**Schritt 1:** Identifizierung eines neuen Industriebereichs, der noch nicht für die Umsetzung von DSM optimiert wurde

<sup>1</sup> DOI:10.1002/er.8353

<sup>2</sup> DOI: 10.1002/bbb.2452

Ist mein Prozess für die Umsetzung von Demand Side Management geeignet?

## Entscheidungshilfe für die DSM-Implementierung



Täglicher Durchschnitt  
Jährlicher Durchschnitt

Tägliche  
Sortierung  
Strompreise

Die  
Vermeidung  
der meisten  
teuren Stunden  
pro Tag

Ist mein Prozess für die Umsetzung von Demand Side Management geeignet?

## Entscheidungshilfe für die DSM-Implementierung

