

# 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

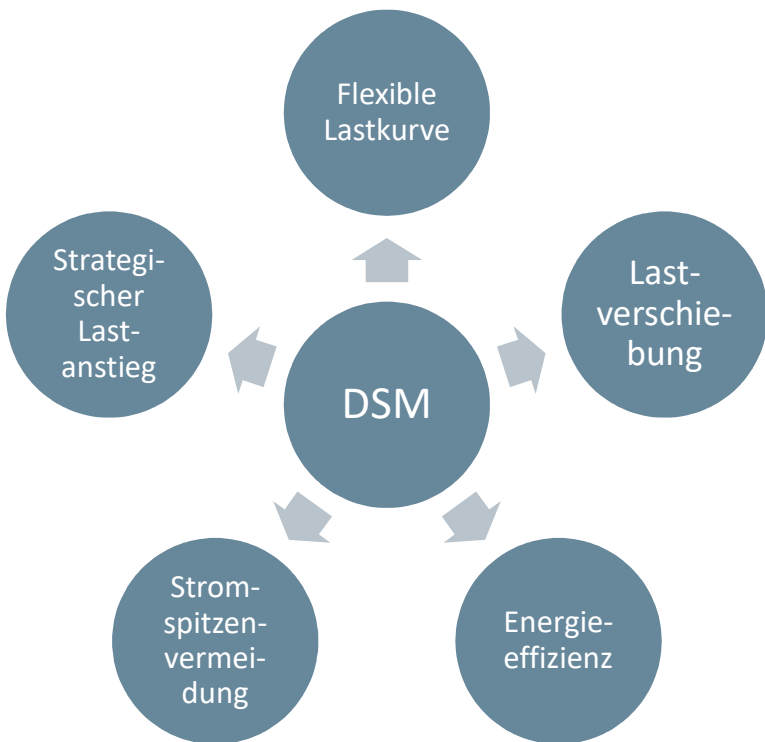
## Allgemeine Definition:

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

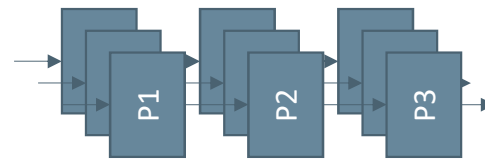


**Frage:**  
Ist ein spezifischer Prozess aus  
wirtschaftlicher Sicht für DSM  
sinnvoll einsetzbar?

# Möglichkeiten für Erhöhung des DSM Potentials

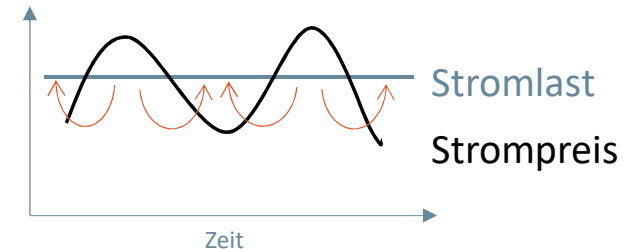


**Lastseite:**  
Kontinuierlich betriebene  
Industrieprozesse



Überdimensionierung

↑ CAPEX €



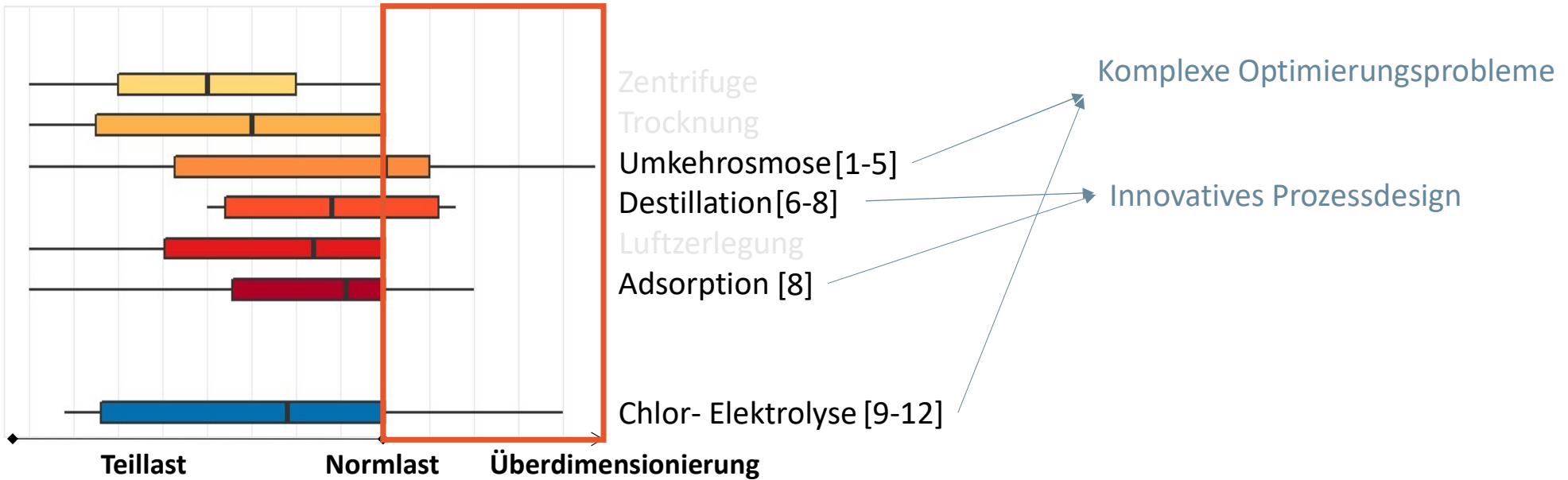
Betriebs-Flexibilität [1]



↓ OPEX €

## Auszug aus Review zu flexiblen Arbeitsbereichen in DSM Literatur

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



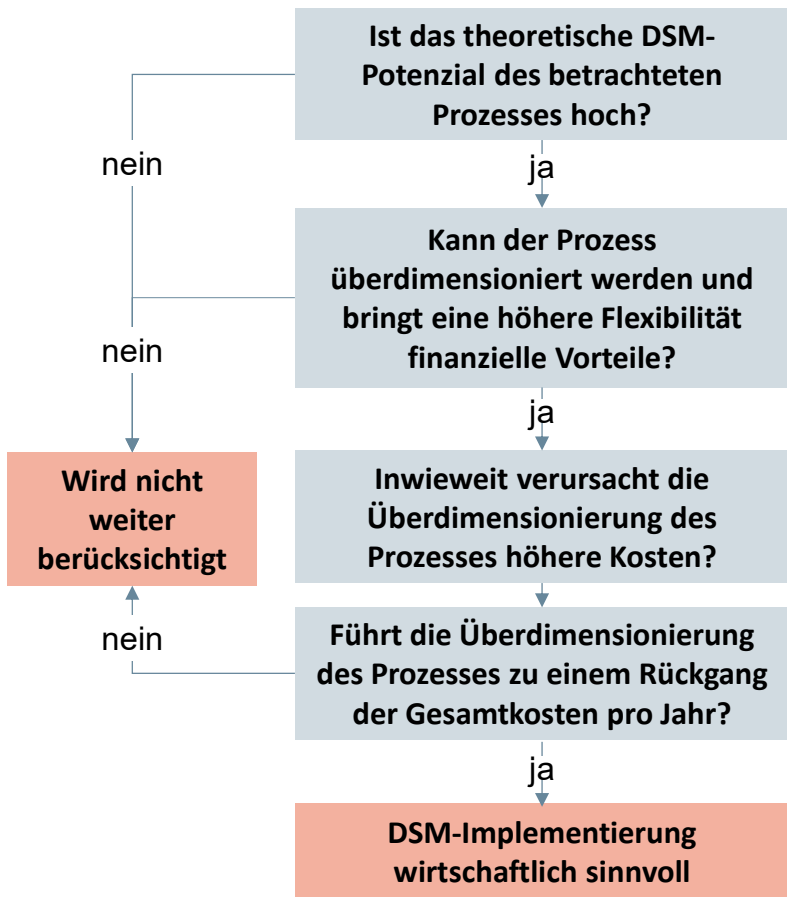
[1] Käufler et al. 2012 doi:10.5004/dwt.2011.2347	[5] Williams et al. 2012 doi:10.1016/j.desal.2012.06.009	[9] Bree et al. 2018 doi: 10.1002/aic.16352
[2] Bognar et al. 2013 doi:10.1080/19443994.2012.715093	[6] Riese et al. 2018 doi: 10.3303/CET1869132	[10] Otashu and Baldea 2020 doi:10.1016/j.apenergy.2019.114125
[3] Jiang et al. 2015 doi:10.1016/j.desal.2014.10.016	[7] Fasel et al. 2020 doi:10.1002/cite.202000055	[11] Roh et al. 2019 doi: 10.1016/j.apenergy.2019.113880
[4] Ghoheity und Mitsos 2010 doi:10.1016/j.desal.2010.06.041	[8] Herrmann et al. 2020 doi:10.1002/cite.202000063	[12] Schäfer et al. 2020 doi: 10.1002/aic.17010

## Überdimensionierung für Erhöhung des DSM Potentials

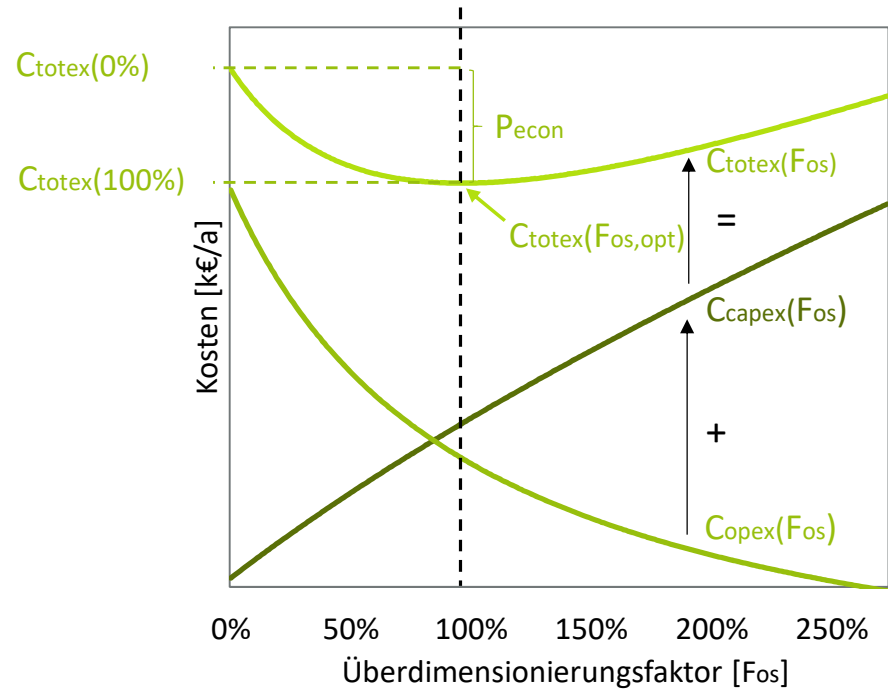
**Allgemein Frage:** Ist ein spezifischer Prozess **aus wirtschaftlicher Sicht** für Demand Side Management geeignet?

**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



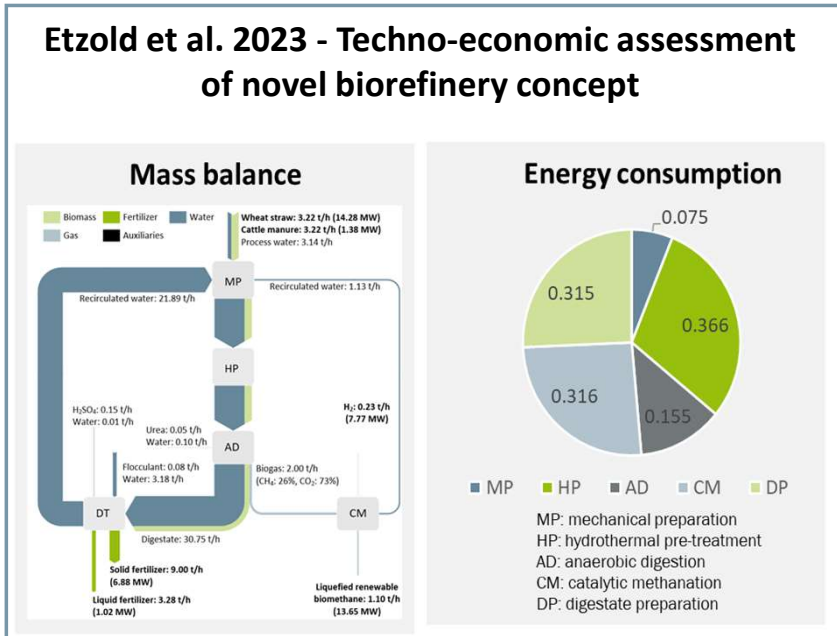
## Überdimensionierung für Erhöhung des DSM Potentials

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

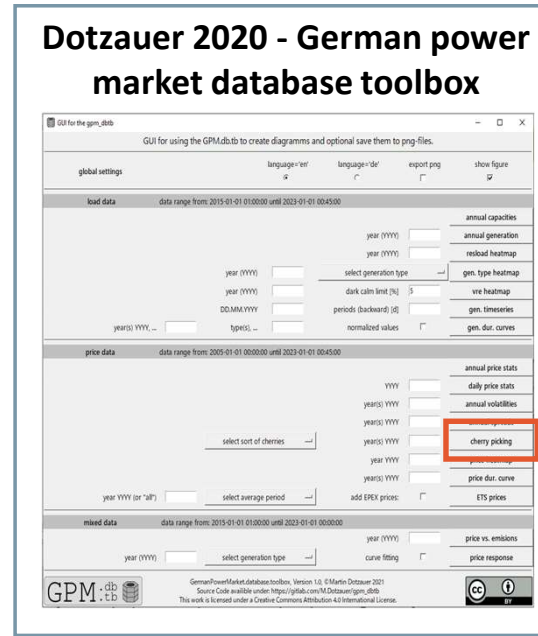
**Schritt 1:** Entwicklung eines Tools zur schnellen Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Überdimensionierung zur DSM-Einführung bei neuen Prozessen

**Bioraffinerien** ←

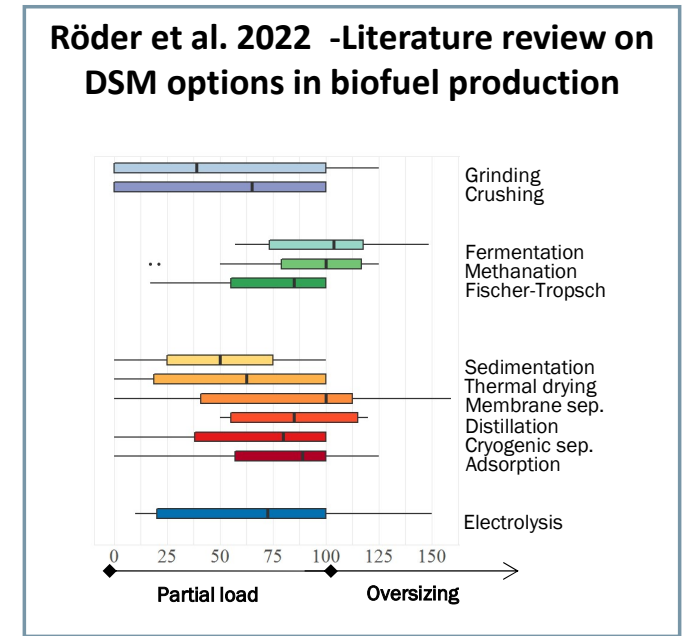
**Schritt 2:** Identifizierung eines Industriebereichs mit hohem DSM-Anteil, der noch nicht im detailliert für die Anwendung von DSM untersucht wurde



Investitionskosten und Massen und Energiebilanz der Anlage

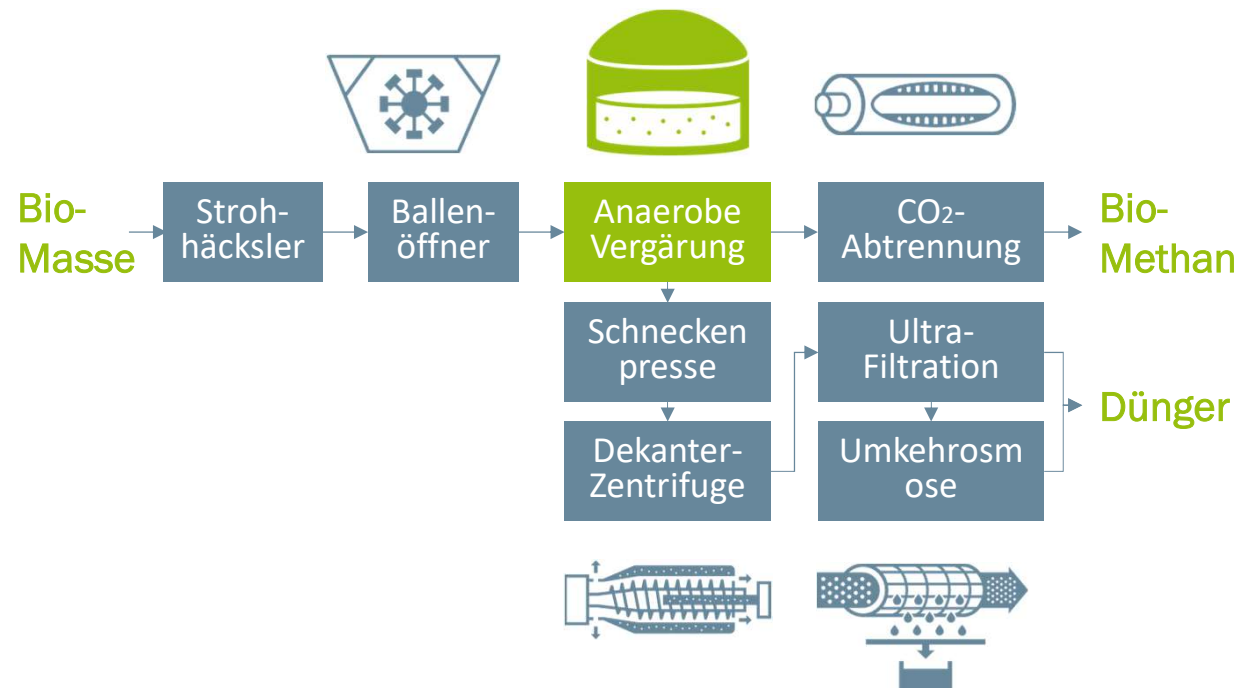
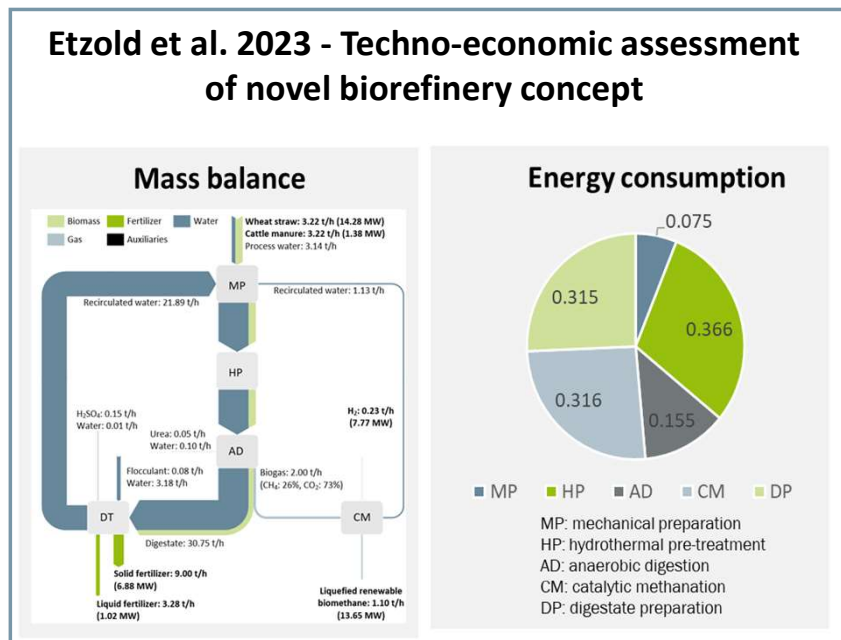


Strompreisveränderung bei Vermeidung der Strompreisspitzen



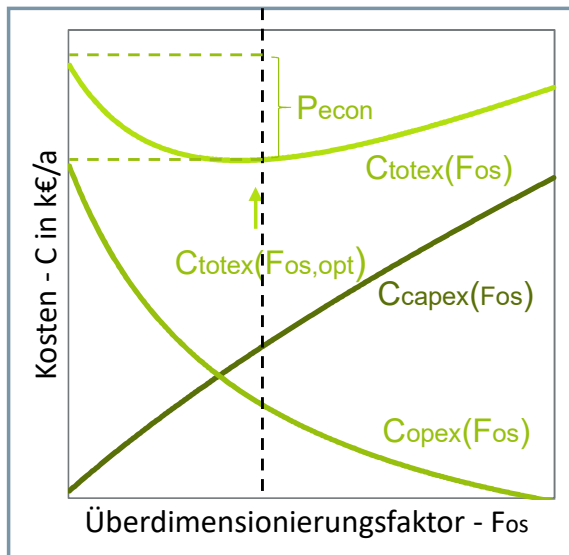
Abschaltflexibilität der einzelnen Anlagenprozesse





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	-	-
Schneckenpresse	44	0	44	-	-
Dekanter-Zentrifuge	358	238	317	41	8
Ultrafiltration	406	0	406	-	-
Umkehrosmose	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?

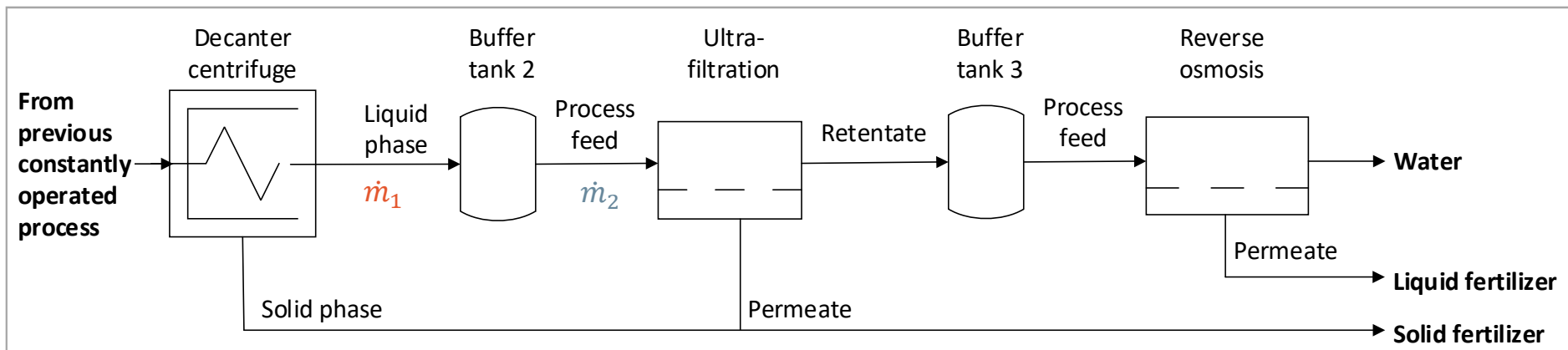
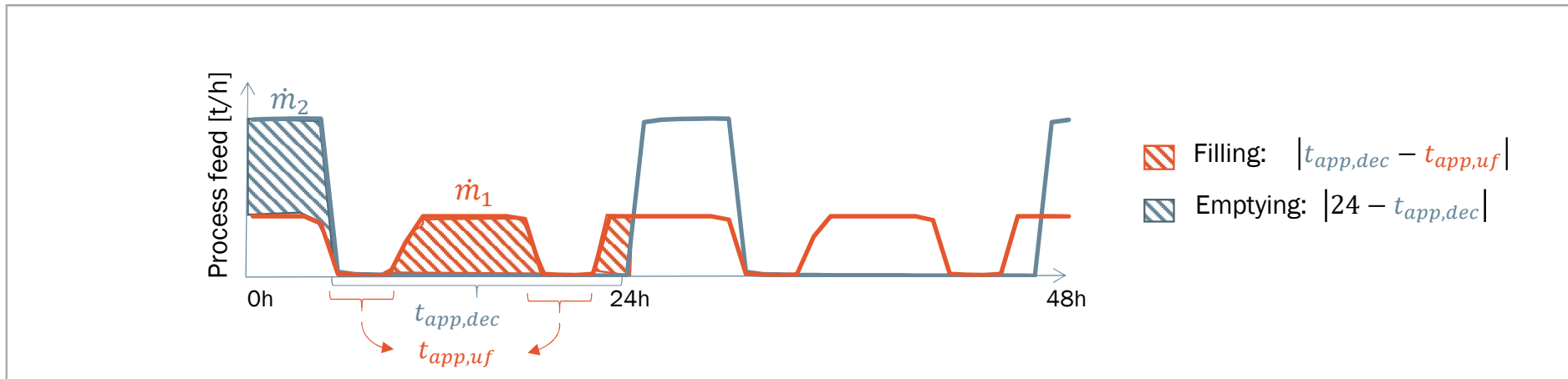
**Schritt 1:** Entwicklung eines Tools zur schnellen Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Überdimensionierung zur DSM-Einführung bei neuen Prozessen

**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

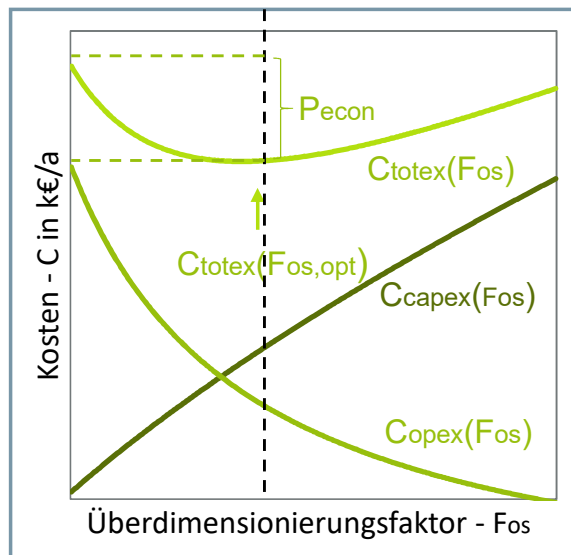
**Schritt 4:** Erweiterung des Entscheidungshilfe-Tools zur Betrachtung einer gesamten Prozesskette anstelle einzelner Prozessschritte

# Erweiterung des Entscheidungshilfe-Tools um Speichervolumenberechnung



Ergebnisse Schritt 4:

# Anwendung des Entscheidungshilfe-Tools auf Prozesskaskade



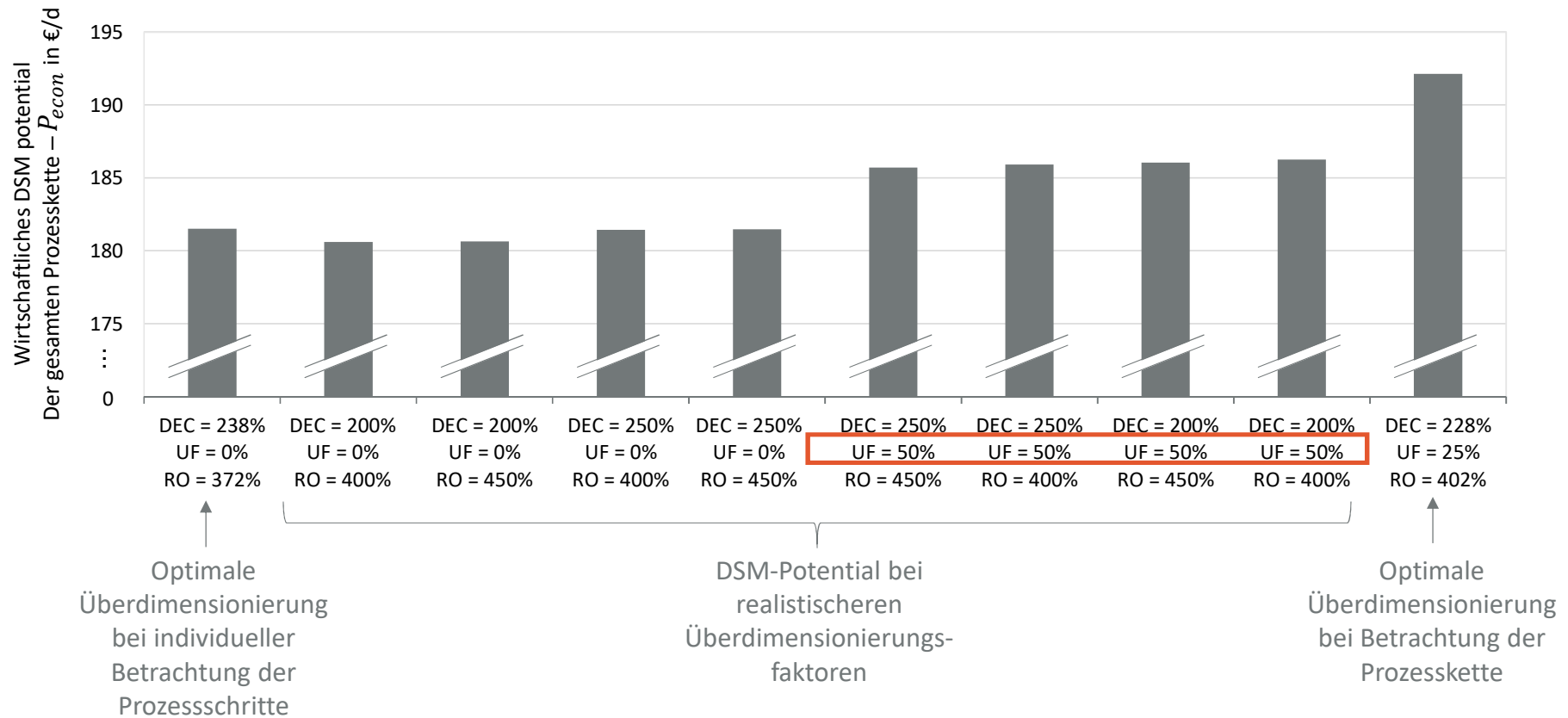
	$C_{totex,0}$ [k€/Jahr]	$F_{os,opt}$ [%]	$C_{totex,min}$ [k€/Jahr]	$P_{econ}$ [k€/Jahr]	$t_{pb}$ [a]
Ballenöffner	47	90	44	2,7	8
Strohhäcksler	104	184	91	13	6
CO <sub>2</sub> - Abtrennung	601	0	601	-	-
Schnecken- presse	44	0	44	-	-
Dekanter- zentrifuge	358	238	317	41	8
Ultrafiltration	406	25	406	1,8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

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

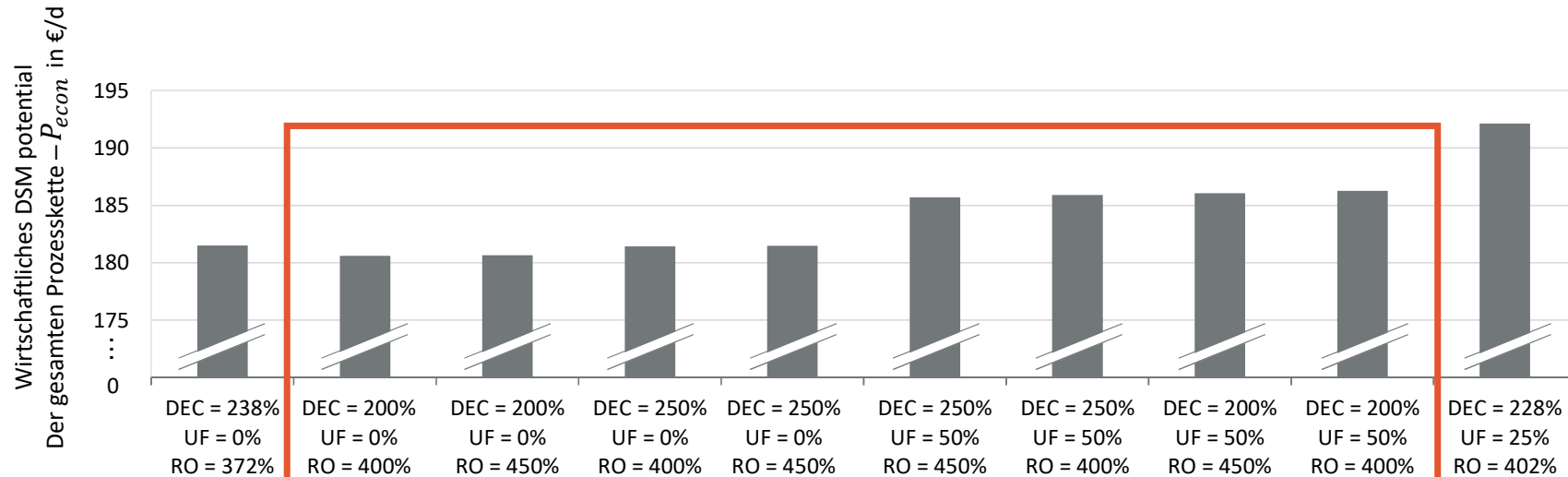
Prozesskette in Gärrest-  
aufbereitungskaskade für DSM geeignet

Ergebnisse Schritt 4:

# Anwendung des Entscheidungshilfe-Tools mit realistischen Überdimensionierungsfaktoren

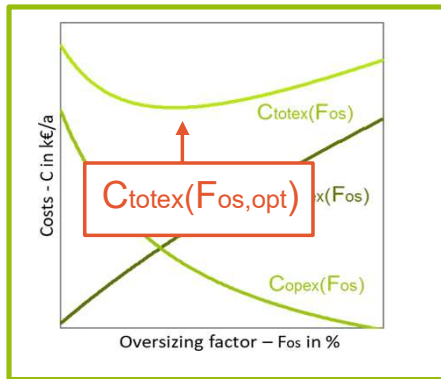


# Ausblick



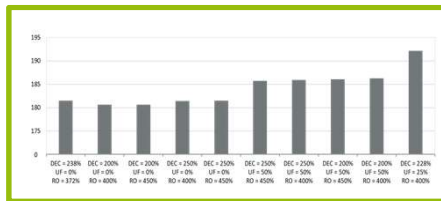
- Dynamische Betriebsoptimierung der Prozesskette, als Reaktion auf Strompreisänderungen bei realistischen Überdimensionierungsfaktoren
- Betrachtung des An und Abfahrverhaltens der Prozessschritte bei flexiblem Betrieb
- Berücksichtigung der Trenneffizienzverluste durch flexiblen Betrieb

# Zusammenfassung

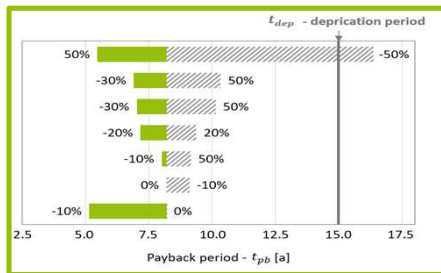


- Es wurde ein Tool zur Bewertung wirtschaftlicher Parameter für die Integration von DSM für kontinuierlich betriebene Prozesse entwickelt.

- 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.



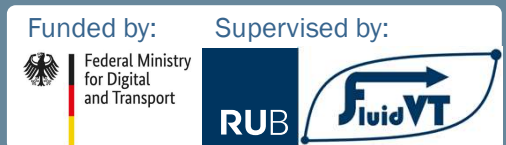
# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



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

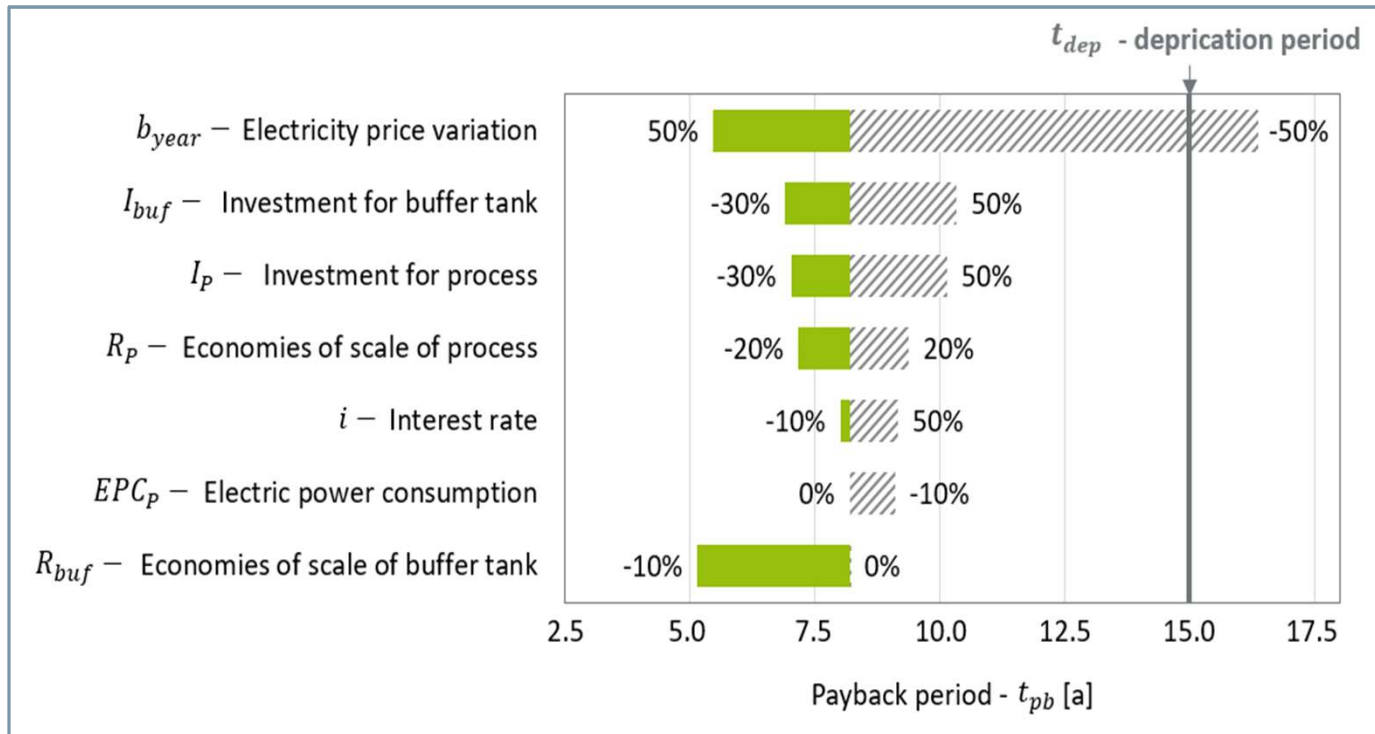
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH  
Torgauer Straße 116  
D-04347 Leipzig

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



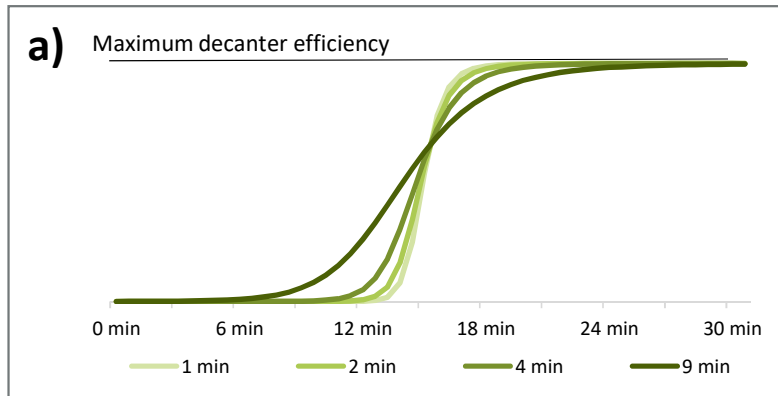
# Sensitivitätsanalyse

## Dekanterzentrifuge

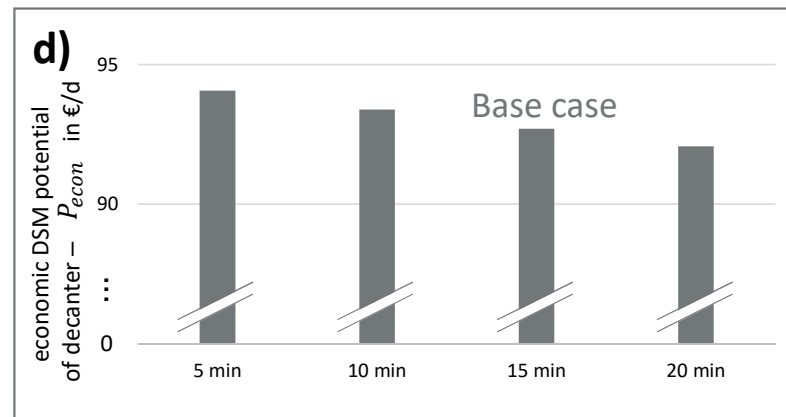
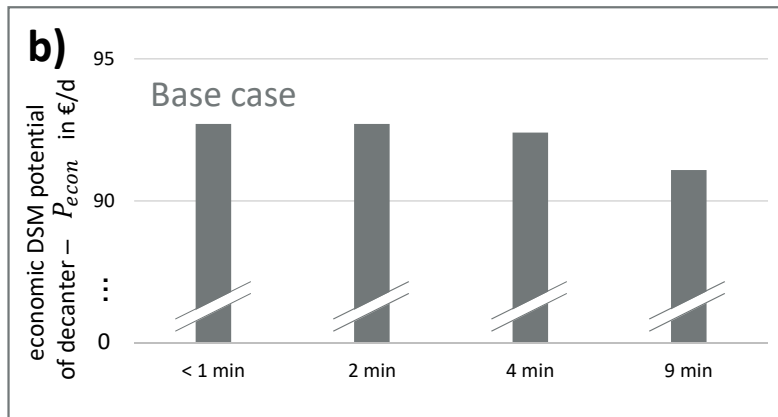
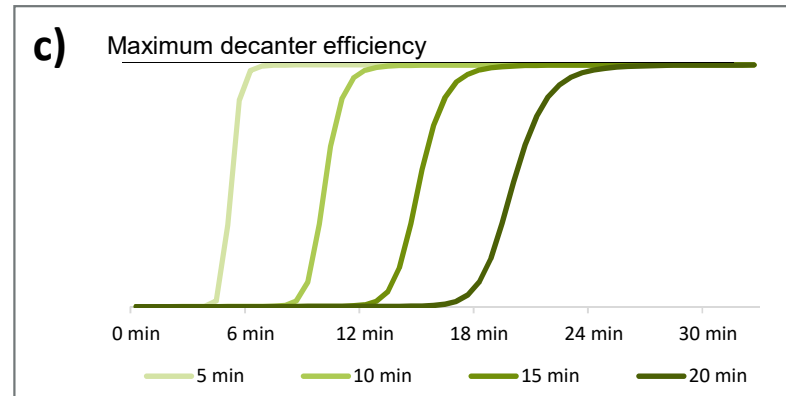


# Sensitivitätsanalyse Dynamische Werte

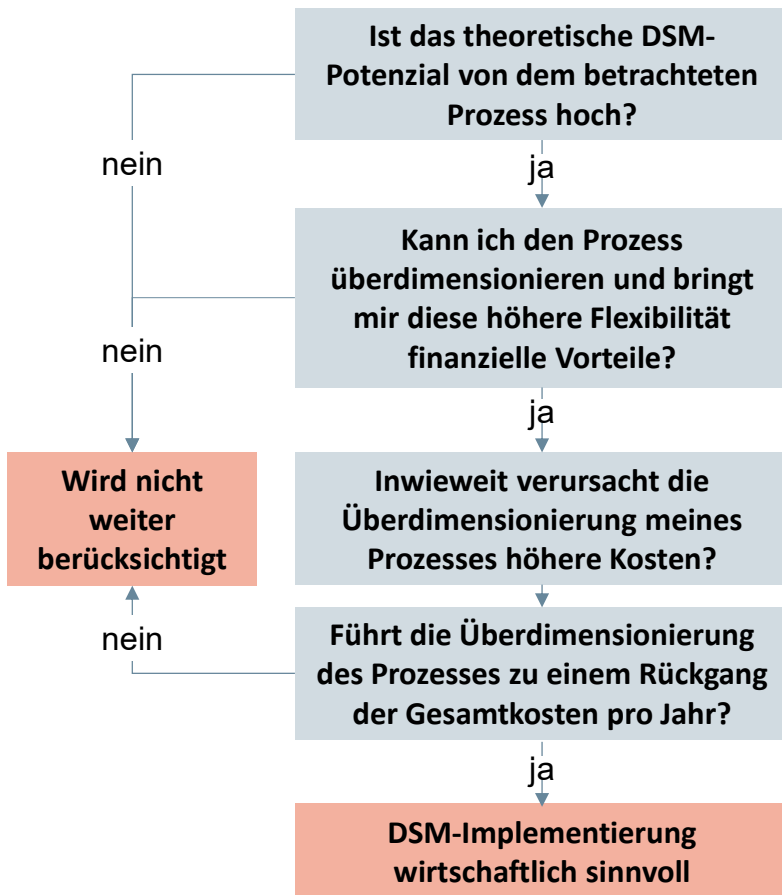
Sensitivity analysis of start-up steepness



Sensitivity analysis of start-up shift



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



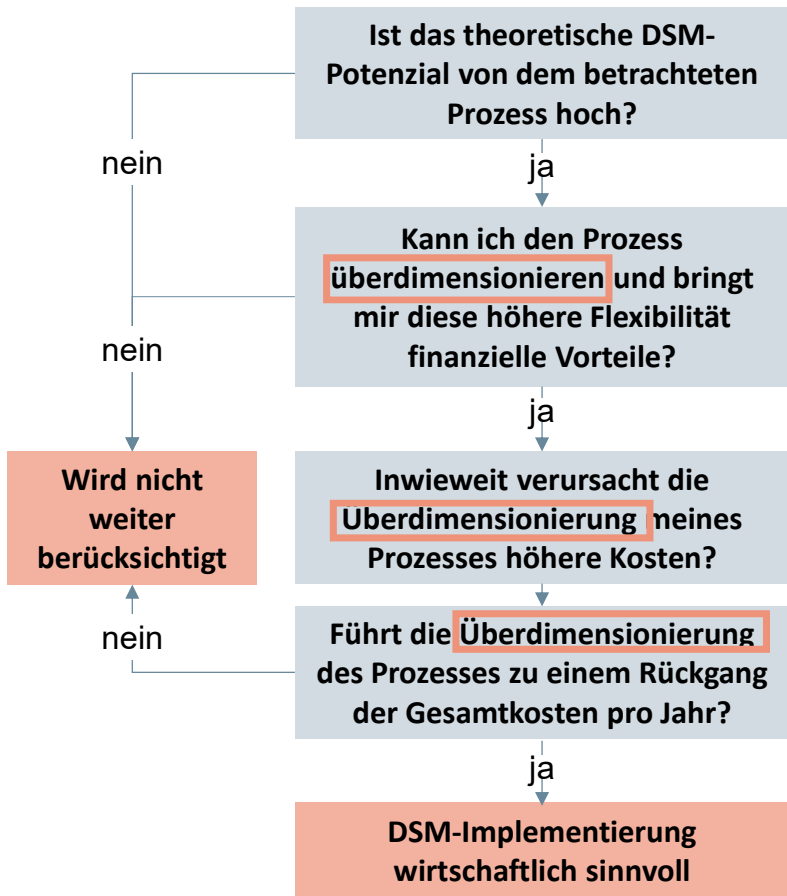
$$C_{opex}(F_{os}) = \left( a_{year} - b_{year} * \left( \tau - \frac{\tau}{F_{os} + 1} \right) \right) * EPC * \tau_{oph}$$

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

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

# 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

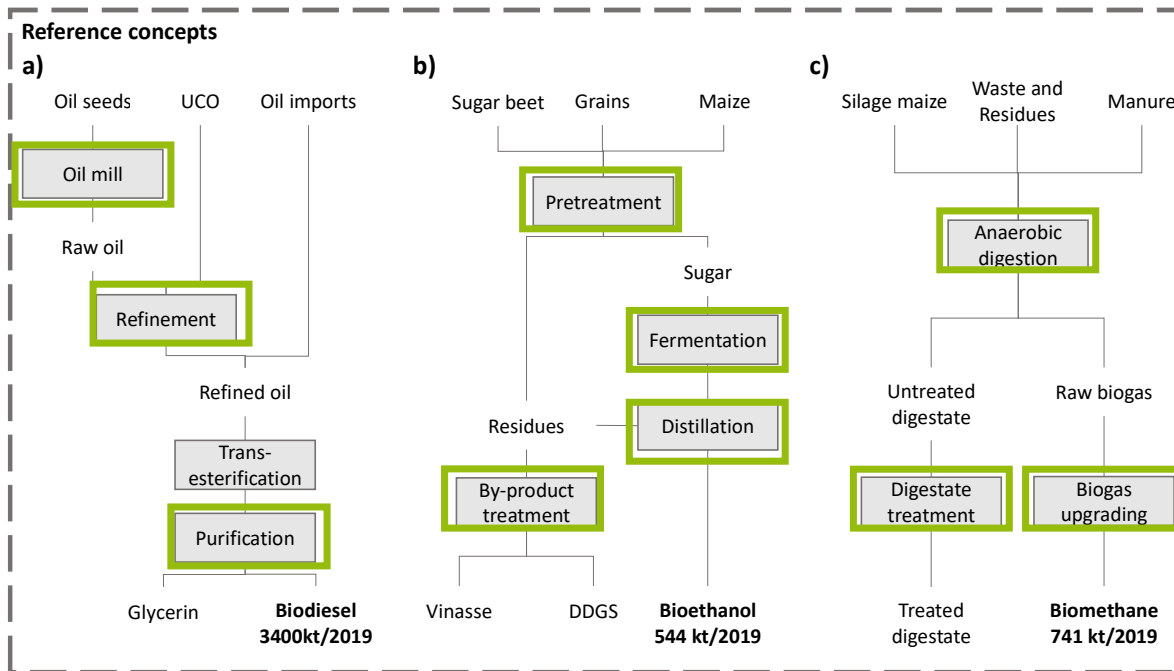


$$C_{opex}(F_{os}) = \left( a_{year} - b_{year} * \left( \tau - \frac{\tau}{F_{os} + 1} \right) \right) * EPC * \tau_{oph}$$

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

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

Hohe Flexibilität

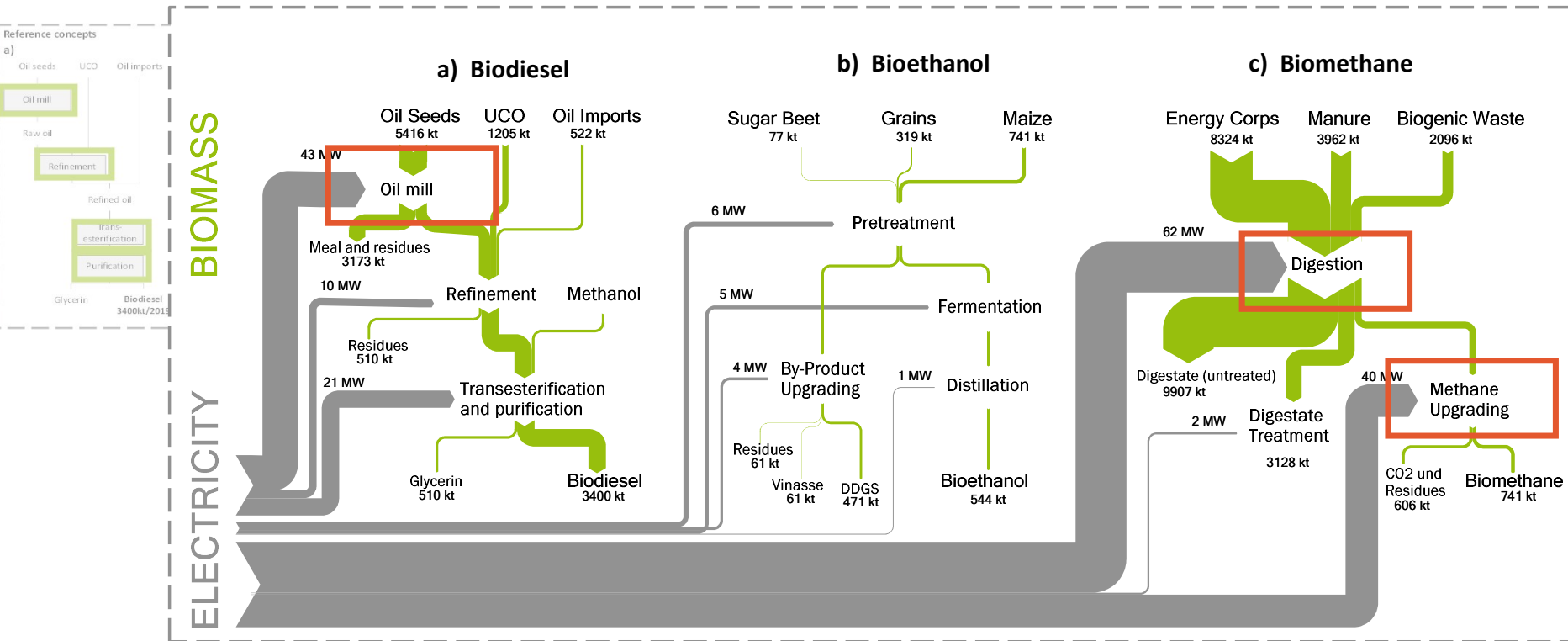


<sup>1</sup> DOI:10.1002/er.8353

# Identifizierung eines neuen Industriebereichs für DSM

Hohe Flexibilität

Hoher Stromverbrauch<sup>2</sup>



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

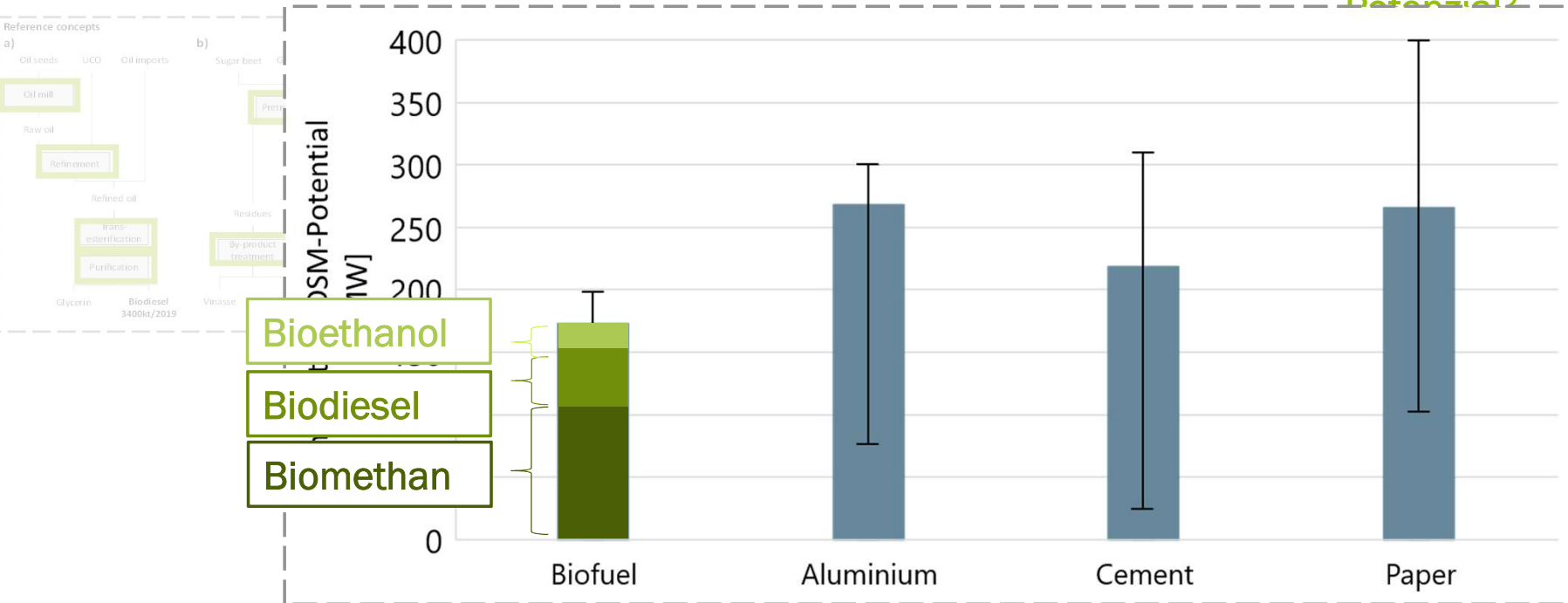
<sup>2</sup> DOI: 10.1002/bbb.2452

# Identifizierung eines neuen Industriebereichs für DSM

Hohe Flexibilität

Hoher Stromverbrauch<sup>2</sup>

Hohes theoretisches DSM-Potenzial<sup>1</sup>



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

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



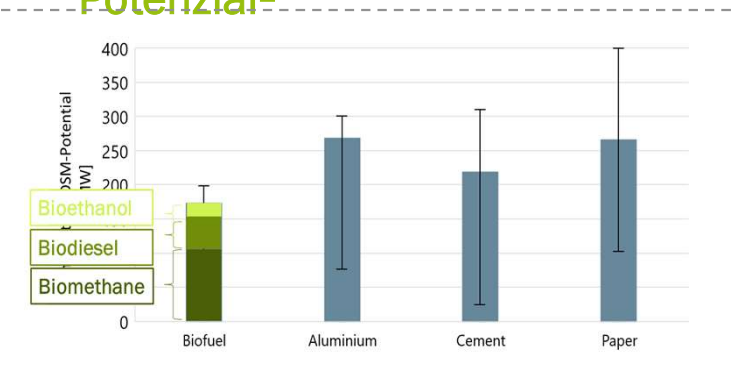
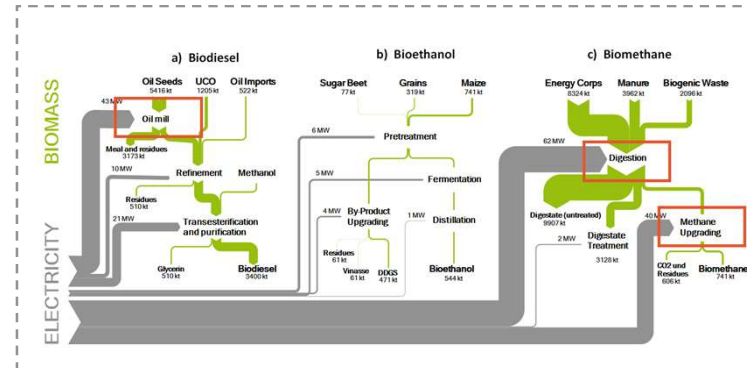
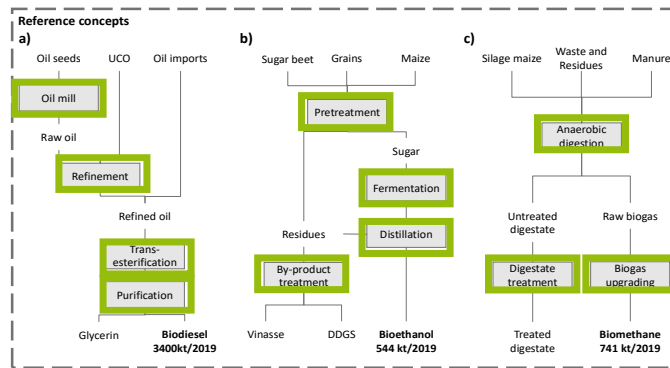
## Ergebnisse Schritt 1

# Identifizierung eines neuen Industriebereichs für DSM

Hohe Flexibilität<sup>1</sup>

Hoher Stromverbrauch<sup>2</sup>

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



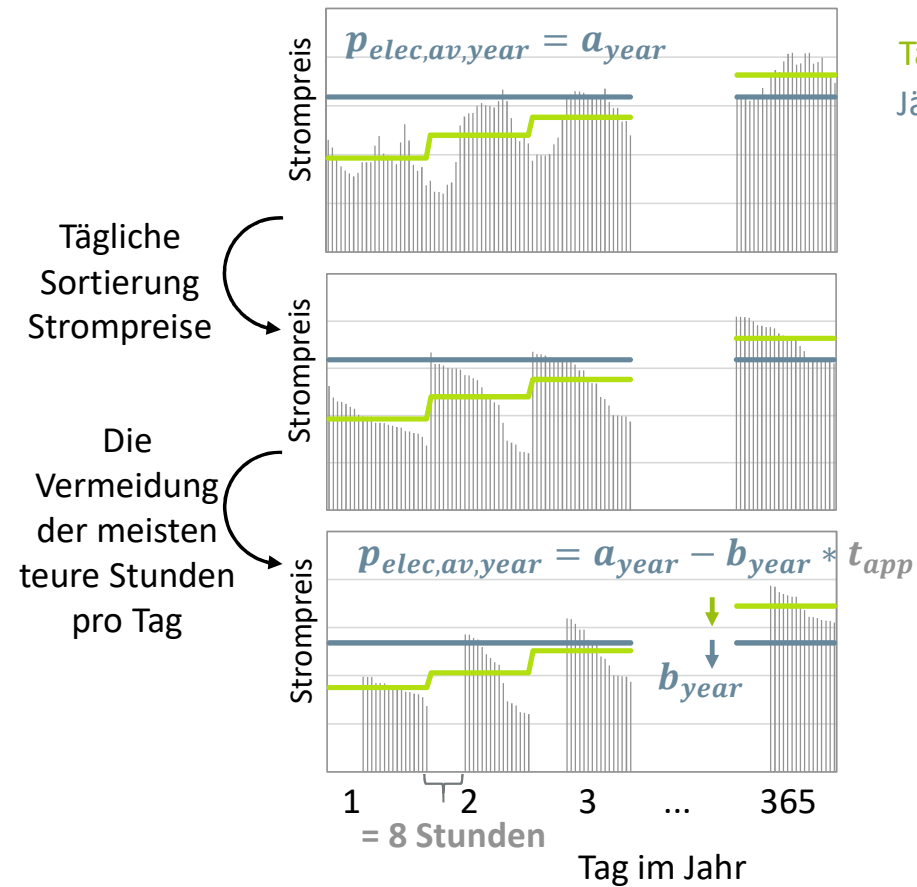
**Schritt 1:** Identifizierung eines neuen Industriebereichs, der noch nicht für die Umsetzung von DSM optimiert wurde

<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

