

# ENERGIEFLEXIBILITÄT IN PRODUKTIONSSYSTEMEN

Simon\*, Schultz\*, Keller\*, Glasschröder, Reinhart  
TU Graz | 14. Symposium Energieinnovation 2016

---

# AGENDA

## ENERGIEFLEXIBILITÄT IN PRODUKTIONSSYSTEMEN

---

- Definitionen
- Ausgangssituation und Motivation
- Stand der Forschung und Handlungsbedarf
- Bewertung von Energieflexibilität
- Umsetzung in der Produktionsplanung
- Umsetzung in der Produktionssteuerung
- Zusammenfassung

---

# AGENDA

## ENERGIEFLEXIBILITÄT IN PRODUKTIONSSYSTEMEN

---

- Definitionen
- Ausgangssituation und Motivation
- Stand der Forschung und Handlungsbedarf
- Bewertung von Energieflexibilität
- Umsetzung in der Produktionsplanung
- Umsetzung in der Produktionssteuerung
- Zusammenfassung

# DEFINITIONEN

## Relevante Begrifflichkeiten

### Produktionssystem

*„Unter einem Produktionssystem wird dabei ein soziotechnisches System verstanden, welches Input (z. B. Know-How, Methoden, Material, Finanzmittel, Energie) in wertschöpfenden (z. B. Fertigung oder Montage) und assoziierten Prozessen (z. B. Transport) zu Output (z. B. Produkte, Kosten, Reststoffe) transformiert.“<sup>1</sup>*

### Energieflexibilität

*„Energieflexibilität [ist] die Fähigkeit [...], sich schnell und mit sehr geringem finanziellen Aufwand an Änderungen des Energiemarktes anzupassen.“<sup>2</sup>*

---

# AGENDA

## ENERGIEFLEXIBILITÄT IN PRODUKTIONSSYSTEMEN

---

- Definitionen
- **Ausgangssituation und Motivation**
- Stand der Forschung und Handlungsbedarf
- Bewertung von Energieflexibilität
- Umsetzung in der Produktionsplanung
- Umsetzung in der Produktionssteuerung
- Zusammenfassung

# AUSGANGSSITUATION UND MOTIVATION

## EINFLUSS DER ENERGIEWENDE AUF DIE STROMPREISENTWICKLUNG

### Deutschland als Vorreiter

- Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022
- Steigerung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien von aktuell 28 % auf 80 % bis zum Jahr 2050
- Vorrangiger Ausbau von Windkraft und Photovoltaik

### Auswirkungen

- Energieangebot wird zunehmend wetterabhängig und damit volatil
- Große regionale Unterschiede bei der Stromerzeugung
- Ausbaurkosten der Energiewende fließen über Umlagen in die Stromkosten ein

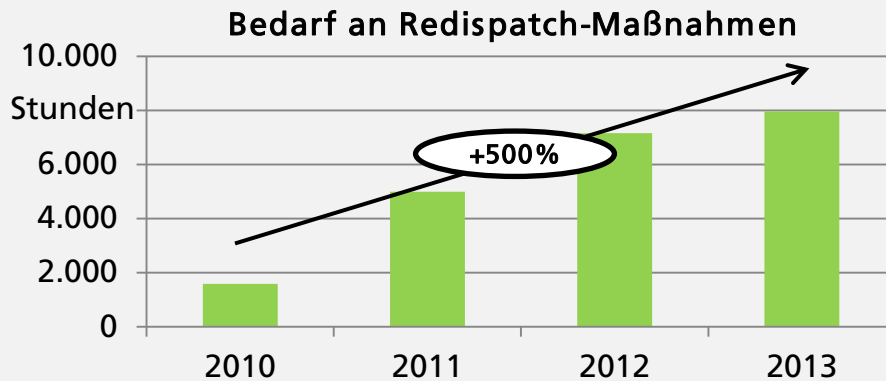


**Die Substitution der Kernenergie durch erneuerbare Energien stellt die zukünftige Herausforderung für das deutsche Stromsystem dar.**

Quellen: BUA, BMU & BMWi 2009, dena, sueddeutsche.de

# AUSGANGSSITUATION UND MOTIVATION

## FOLGEN DES AUSBAUS REGENERATIVER ENERGIEN



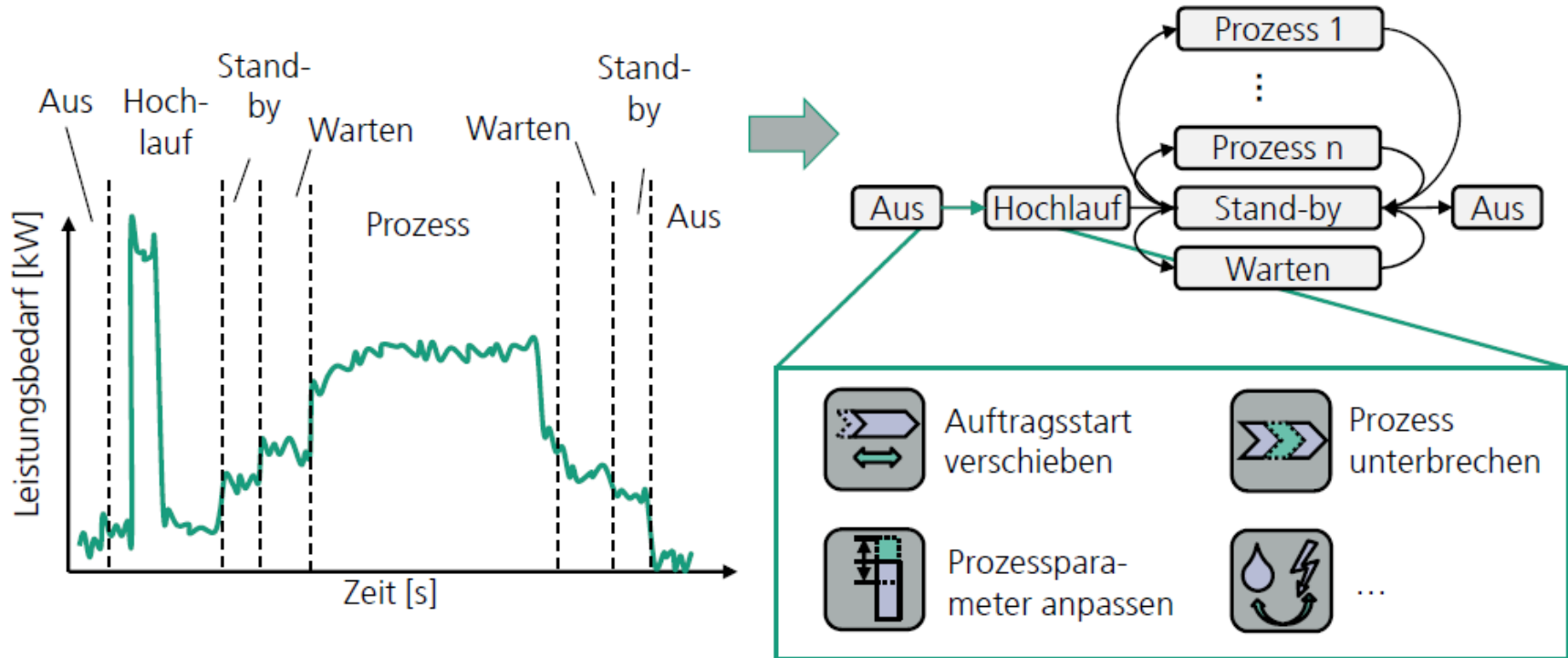
■ Der Bedarf an Redispatch-Maßnahmen steigt, z.B. mittels:

- Leitungsausbau
- Speicher
- flexibler Lasten

- Der Strommarkt 2.0 sieht daher eine stärkere Flexibilisierung vor:
- Regelleistungsmärkte für neue Anbieter öffnen
  - Netzentgeltsystematik weiterentwickeln
  - Regeln für die Aggregation von flexiblen mittelgroßen und kleinen Verbrauchern

▶ Der Bedarf an flexiblen Lasten ist erkannt.


# STAND DER FORSCHUNG UND HANDLUNGSBEDARF BEEINFLUSSUNG DER LAST DURCH ZUSTANDSWECHSEL

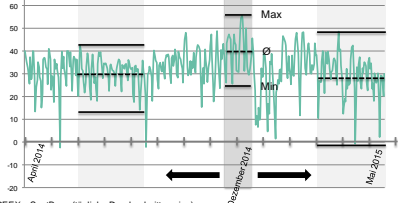


▶ Zur Bewertung von Energieflexibilität werden mögl. Zustandswechsel betrachtet




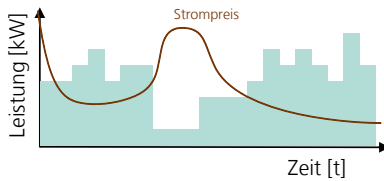
# STAND DER FORSCHUNG UND HANDLUNGSBEDARF KATEGORIEN VON MAßNAHMEN DER ENERGIEFLEXIBILITÄT

**Saisonal** 



▪ Verschiebung von Teilen der Produktion in den Sommer

**Wochen/Tage** 

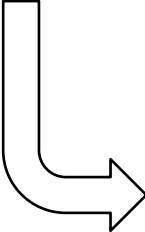


▪ Energiebedarf eines Lasers abh. von Art & Dicke des Materials

**Minuten** 



▪ Anpassung des Energiebedarfs einer Werkzeugmaschine

	Saisonal	Monatlich	Täglich	15 Minuten	
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">             Technisch              Organizational           </div>		Anlage			Fokus von Graßl 2015
		System			Fokus des Papers
		Segment			
		Fabrik			

▶ Vollständige Bewertungsmethode existiert bisher nur auf der Anlagenebene

---

# AGENDA

## ENERGIEFLEXIBILITÄT IN PRODUKTIONSSYSTEMEN

---

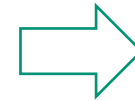
- Definitionen
- Ausgangssituation und Motivation
- Stand der Forschung und Handlungsbedarf
- **Bewertung von Energieflexibilität**
- Umsetzung in der Produktionsplanung
- Umsetzung in der Produktionssteuerung
- Zusammenfassung

# LÖSUNGSANSATZ

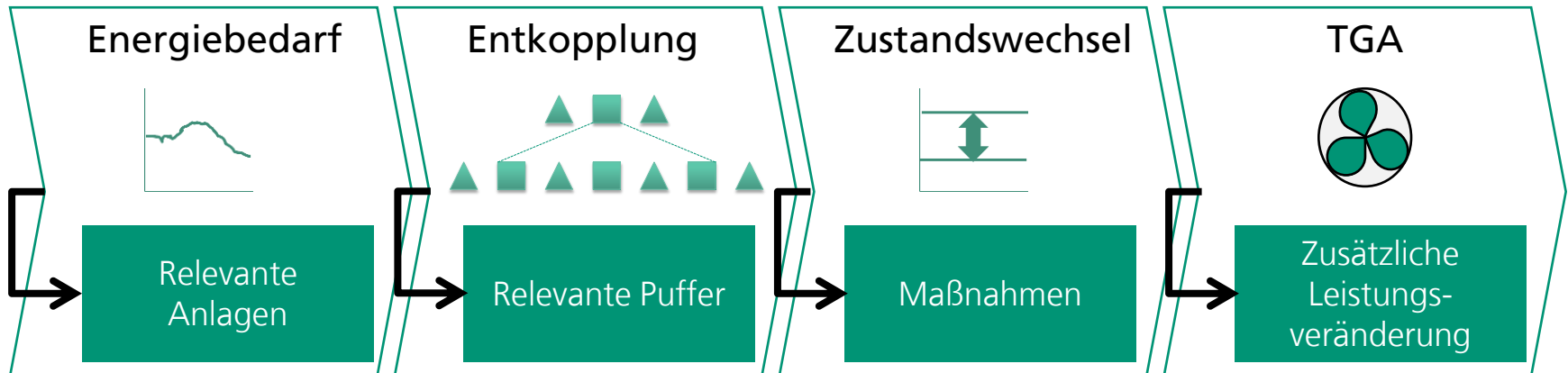
## IDENTIFIZIERUNG VON MAßNAHMEN ZUR ENERGIEFLEXIBILITÄT

### ■ Prämissen

- Geringer finanzieller Aufwand
- Berücksichtigung des vorhandenen Messequipments
- Produktionssystem-Ebene



### ■ Bestandteile



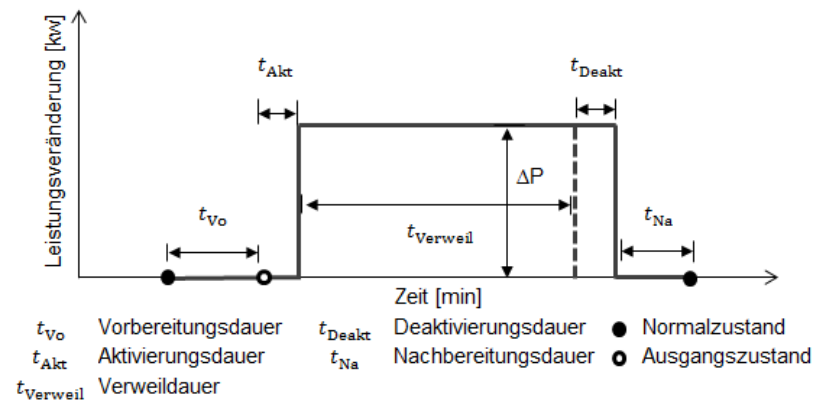
▶ Ergebnis: Katalog mit technisch möglichen Maßnahmen

# LÖSUNGSANSATZ

## TECHNISCHE BEWERTUNG UND KOSTENFUNKTIONEN VON MAßNAHMEN FÜR DIE PPS

### Zeitliche Eigenschaften

1. Definition der benötigten Werte
2. Berücksichtigung von Wechselwirkungen und Systemzuständen

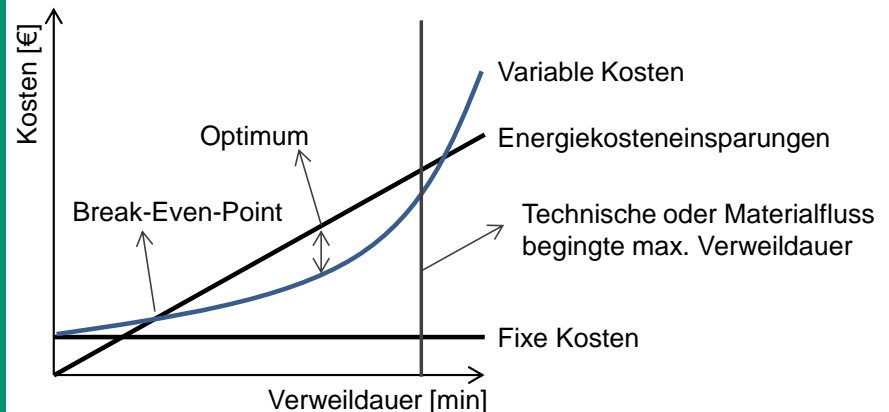


Anzahl Wiederholmöglichkeit

$$= \frac{\varnothing t_{Vo} + \varnothing t_{Akt} + \varnothing t_{Verweil} + \varnothing t_{Deakt} + \varnothing t_{Na}}{\text{Betrachtungszeitraum}}$$

### Kostenfunktion

1. Dynamische Bewertung der Kosten in Abhängigkeit der Verweildauer
2. Berücksichtigung von Opportunitätskosten



▶ Ergebnis: Technisch bewertete Maßnahmen mit hinterlegter Kostenfunktion

---

# AGENDA

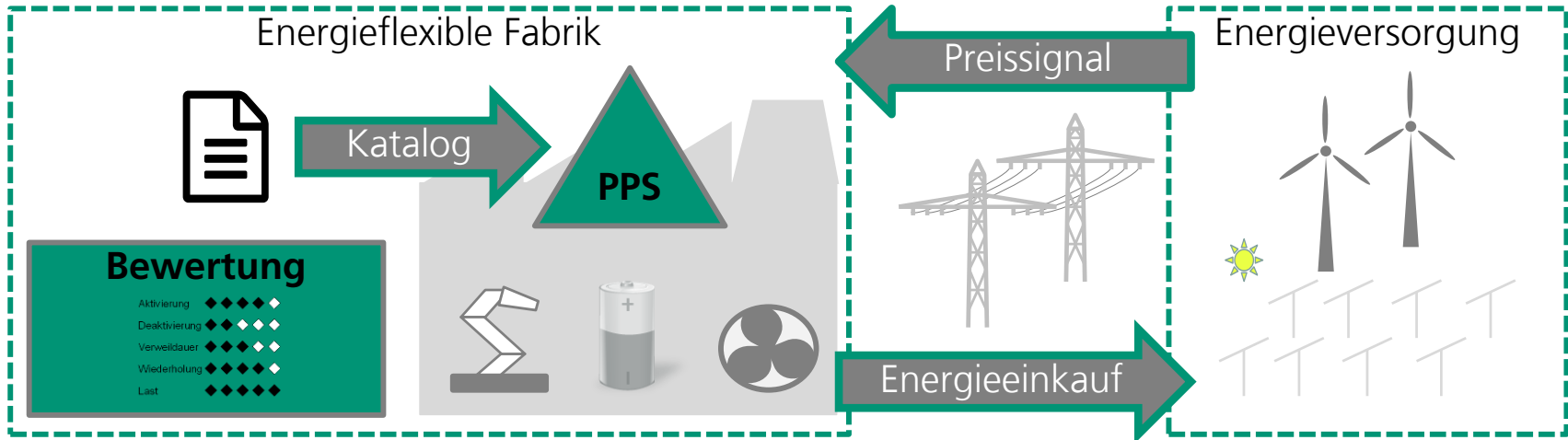
## ENERGIEFLEXIBILITÄT IN PRODUKTIONSSYSTEMEN

---

- Definitionen
- Ausgangssituation und Motivation
- Stand der Forschung und Handlungsbedarf
- Bewertung von Energieflexibilität
- **Umsetzung in der Produktionsplanung**
- Umsetzung in der Produktionssteuerung
- Zusammenfassung

# UMSETZUNG IN DER PRODUKTIONSPLANUNG

## ANWENDUNG DES MAßNAHMENKATALOGS IN DER PPS



- Mittelfristiges Erweiterungsmodul im ERP-System
- Kurzfristiges Erweiterungsmodul im Maschinenbelegungsmodul
- Automatische Optimierung der Produktionsreihenfolge anhand der Fertigungsinformationen der Produkte wie z. B. Arbeitspläne und dem Energieprofil

▶ Erstellung Fertigungsplan & Übergabe des Energieprofils an die P-Steuerung

---

# AGENDA

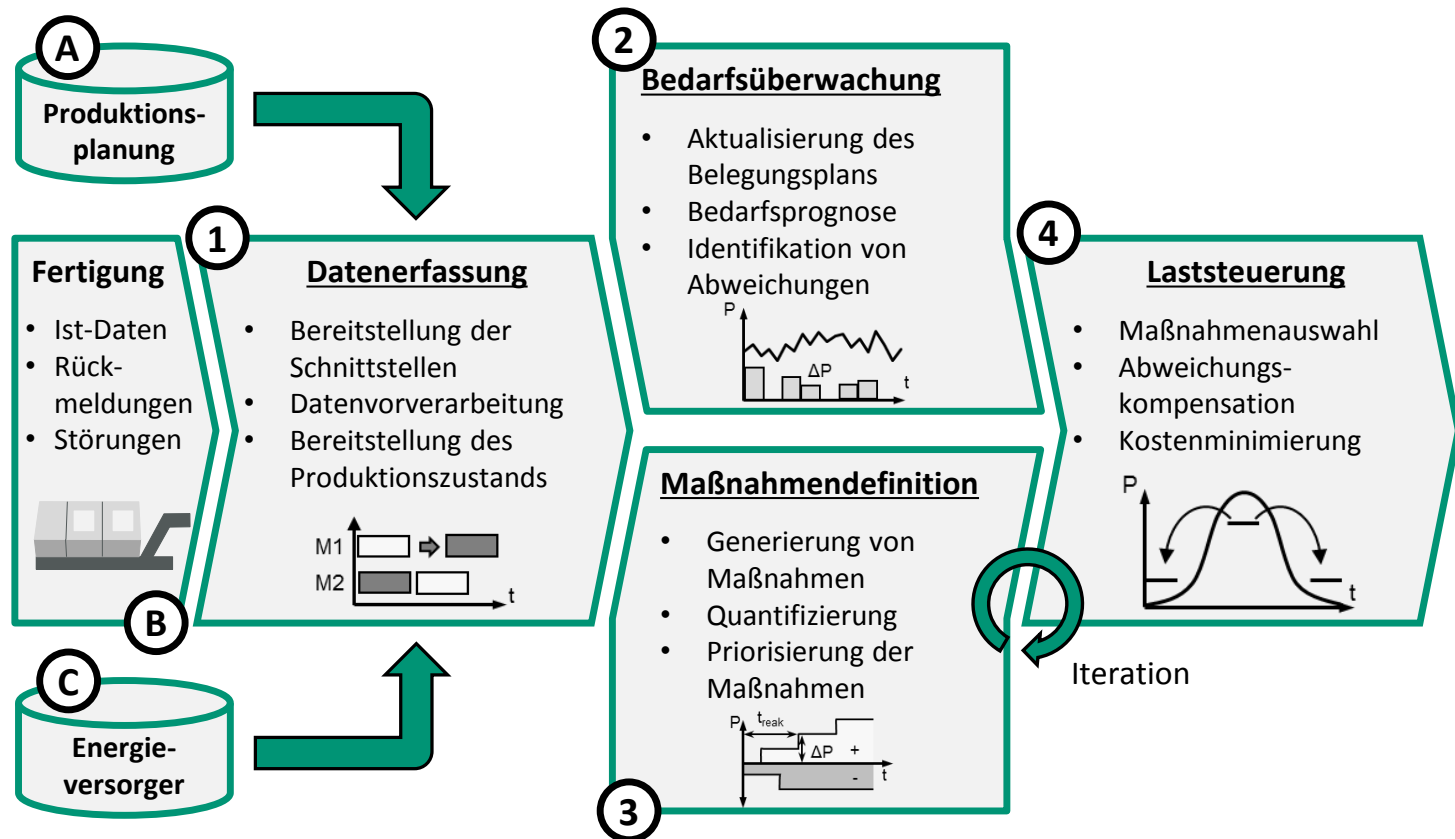
## ENERGIEFLEXIBILITÄT IN PRODUKTIONSSYSTEMEN

---

- Definitionen
- Ausgangssituation und Motivation
- Stand der Forschung und Handlungsbedarf
- Bewertung von Energieflexibilität
- Umsetzung in der Produktionsplanung
- **Umsetzung in der Produktionssteuerung**
- Zusammenfassung

# UMSETZUNG IN DER PRODUKTIONSSTEUERUNG

## LASTMANAGEMENT ALS BESTANDTEIL DER UNTERTÄGIGEN PRODUKTIONSSTEUERUNG



▶ Maßnahmenauswahl durch geeignete Algorithmen z.B. im MES



---

# AGENDA

## ENERGIEFLEXIBILITÄT IN PRODUKTIONSSYSTEMEN

---

- Definitionen
- Ausgangssituation und Motivation
- Stand der Forschung und Handlungsbedarf
- Bewertung von Energieflexibilität
- Umsetzung in der Produktionsplanung
- Umsetzung in der Produktionssteuerung
- Zusammenfassung

# ZUSAMMENFASSUNG

## BEWERTUNG DER ENERGIEFLEXIBILITÄT IN PRODUKTIONSSYSTEMEN



- Produzierende Unternehmen können durch den Einsatz ihrer Energieflexibilität einen Beitrag zur Umsetzung der Energiewende leisten
- Die Bewertung der Potentiale gelingt in 3 Schritten
- Die konkreten Maßnahmen werden von der PPS automatisiert zum optimalen Zeitpunkt umgesetzt