

## Handlungsleitfaden zur Umsetzung der bedarfsgerechten Stromerzeugung

Martin Dotzauer



# Agenda



- Flexibilisierung wozu und wie?
- Ansatzpunkte für Flexibilität
- Parameter für Fahrplansynthese
  - Flexibilisierungsfaktoren
  - Funktionale Zusammenhänge
  - Fahrplanrelevante Einflussgrößen
- Praxiserfahrungen

# Flexibilisierung wozu?



Bedarf für Speicher- und Ausgleichstechnologien durch EE-Ausbau

- Bedarfsgerechte Stromerzeugung / Bereitstellung von Residuallast
- Systemdienstleistungen wie Regelenergie oder Blindstrom
- Intelligente Netze, Speicher, flexibler Verbrauch, flexible Kraftwerke,

Zusätzliche Zielfunktionen von Biogasanlagen als flexible Kraftwerke

- Erneuerbare Stromerzeugung
- Dezentrale und Klimaschonende KWK
- Kreislaufwirtschaft im Ländlichen Raum

# Flexibilisierung wie:



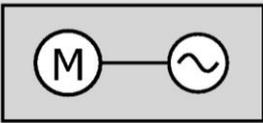
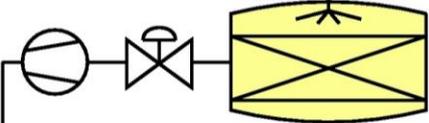
## Zeitliche Auflösung

- Kurzfristig (Regelenergie)
- Mittelfristig (Tagesfahrplan)
- Langfristig (Wochen,- Saisonfahrplan)

## Räumliche Entkoppelung

- Vor-Ort-Verstromung – Gasspeicher begrenzt Lastverschiebung
- Biomethaneinspeisung – Gasnetz übernimmt Speicherfunktion

# Ansatzpunkte für Flexibilität

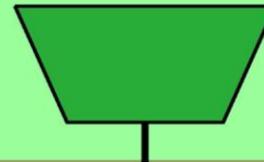
Prozess / Funktion		Gradient	Amplitude	Dauer
<b>Fütterung</b> - Substratmanagement - Wochen- oder Saisonfahrplan		+ 20%/h - 10%/h	max 125% min 50%	ohne Limitierung
<b>Fermentation / Gaserzeugung</b> - Speicherung von Zwischenprodukten bei mehrstufigen Vergärungsanlagen		+ 100%/h - 100%/h	max 100% min 0%	Abh. von Zwischen-speicher
<b>Gasspeicher</b> - Rohgasspeicherung - Schnittstelle für Power to Gas		+ 20%/min - 50%/min	max 90% min 10%	Abh. von Gaserz. & Gasverbr.
<b>Vor-Ort-Verstromung</b> - Erweiterung der installierten Leistung - IKT zur Einbindung in virtuelle Kraftwerke		+ 20%/min - 50%/min	max 100% mind. 50% min 0%	Abh. von Gaserz. & Gasspeicher
<b>Biomethanpfad</b> - Räumliche und Zeitliche Trennung von Gaserzeugung und Verstromung				

M.Dotzauer DBFZ (2014)

-> 5

## Fütterung

- Substratmanagement
- Wochen- oder Saisonfahrplan

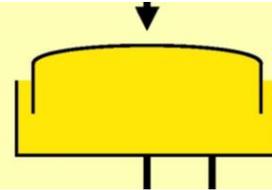


- Zuverlässige Gaserzeugung ist Voraussetzung für geregelten Anlagenbetrieb (Fahrplantreue)
- Substratmanagement
- Reaktionsgeschwindigkeit bzw. Abbaukinetik ist je nach Substrat und Fermenterverhalten (Biologie und Physik) unterschiedlich
- Anwendung bisher überwiegend für langsame Lastanpassungen bei Wochen- und Saisonfahrplänen
- Durch Prozesstrennung oder gezielte Nutzung schnell umsetzbarer Substrate auch kurzfristige Anpassungen der Gasproduktion möglich

-> 5

## Gasspeicher

- Rohgasspeicherung
- Schnittstelle für Power to Gas

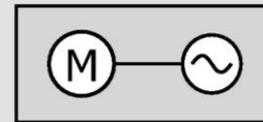


- Speicherzeit bezieht sich auf die Gaserzeugung (Bemessungsleistung)
- Real nutzbares Normvolumen weicht vom Bruttobetriebsvolumen ab
- Limitiert Freiheitsgrade für Fahrpläne oder ist deren Resultat
- Fermentergebundene Systeme nur begrenzt erweiterbar (Statik, Genehmigung)
- Genaue Füllstandsmessung für präzise Leistungsregelung notwendig

-> 5

## Vor-Ort-Verstromung

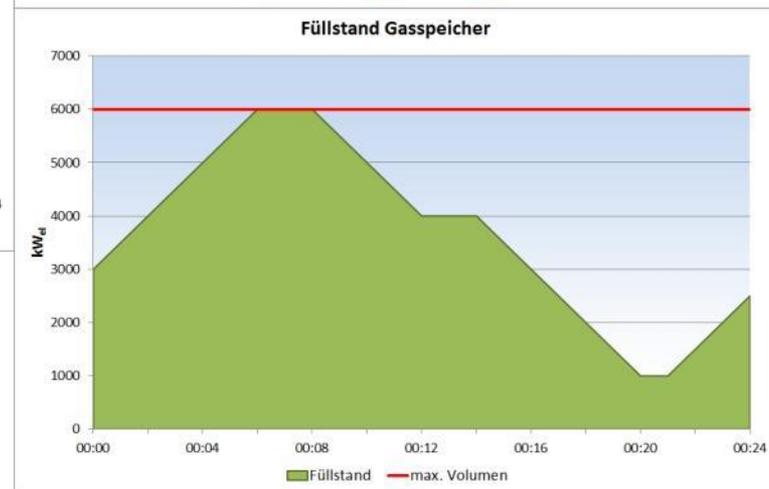
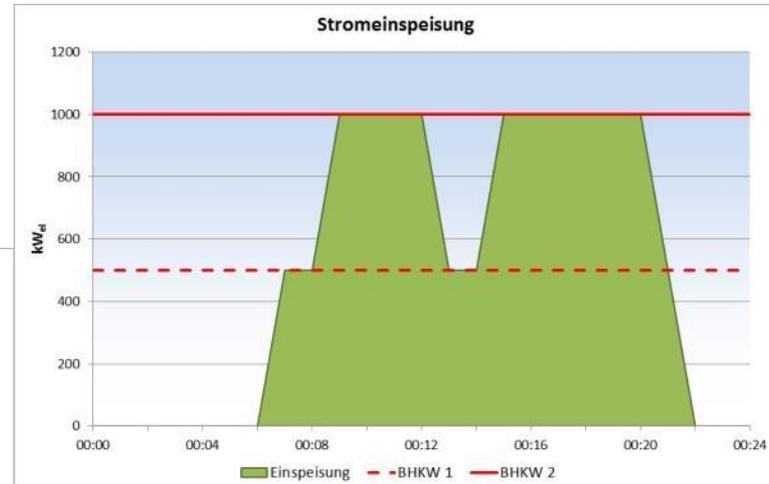
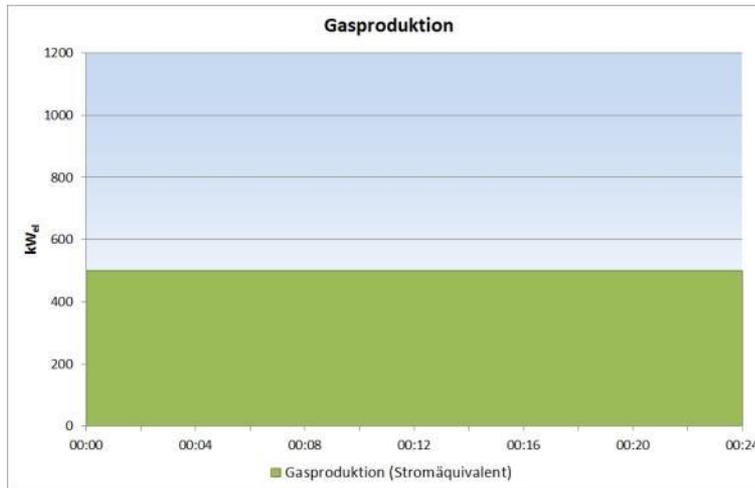
- Erweiterung der installierten Leistung
- IKT zur Einbindung in virtuelle Kraftwerke



- Leistungsquotient (PQ) = installierte Leistung / Bemessungsleistung
- Bsp. PQ=2 entspricht 1.000 kWel installierte Leistung bei 500 kWel Bemessungsleistung
- Weitere Relevante Faktoren
  - Wirkungsgrade bei Voll- und Teillast
  - Mindestleistung
  - Anfahrgeschwindigkeit
  - Verschleißverhalten bei Kalt- und Warmstart

# Grundfunktion flexibler Verstromung

## Gasproduktion



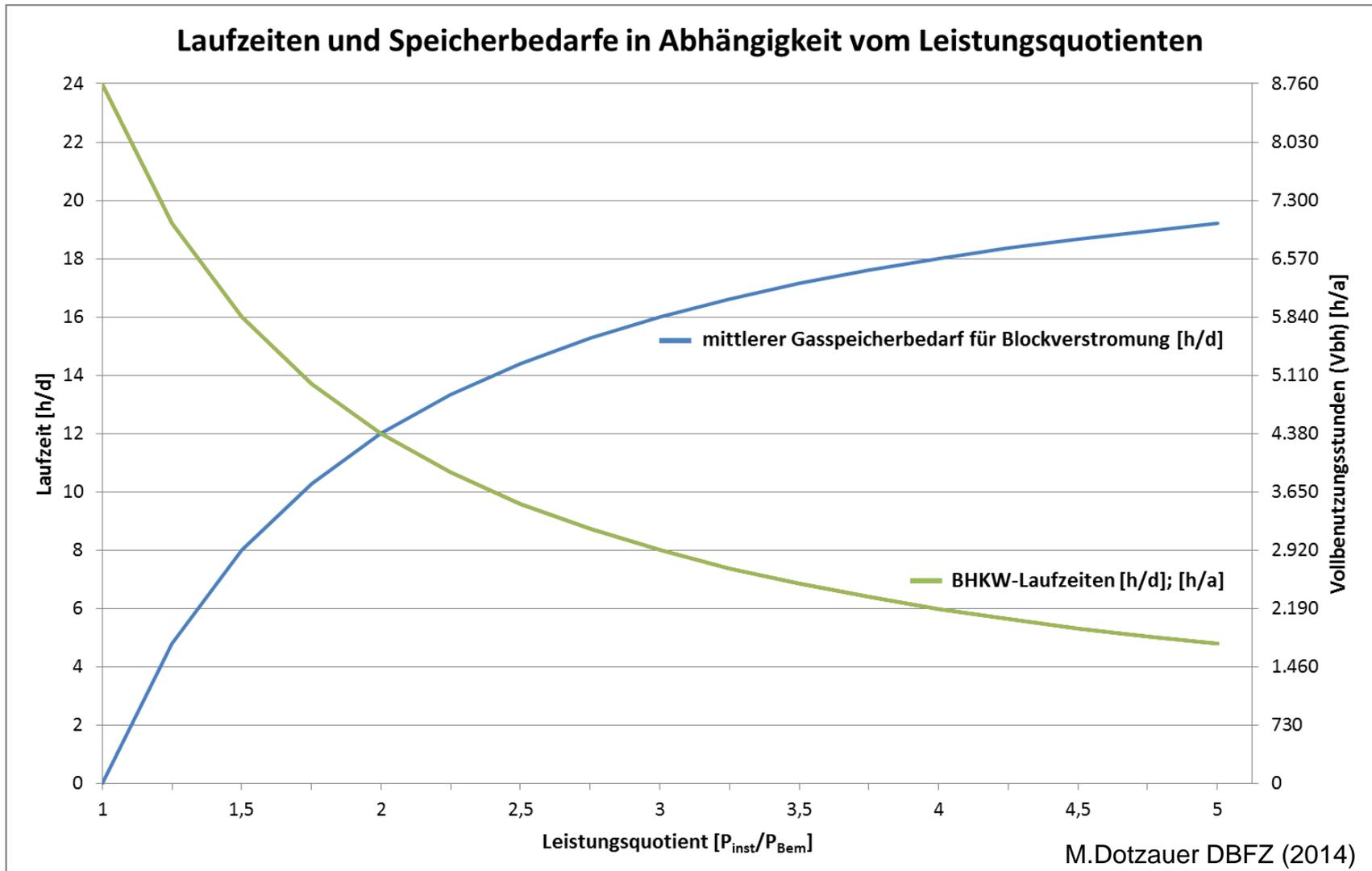
Stromeinspeisung

Gasspeicher

Wofür sollen Festlegungen getroffen werden? – Was folgt daraus?

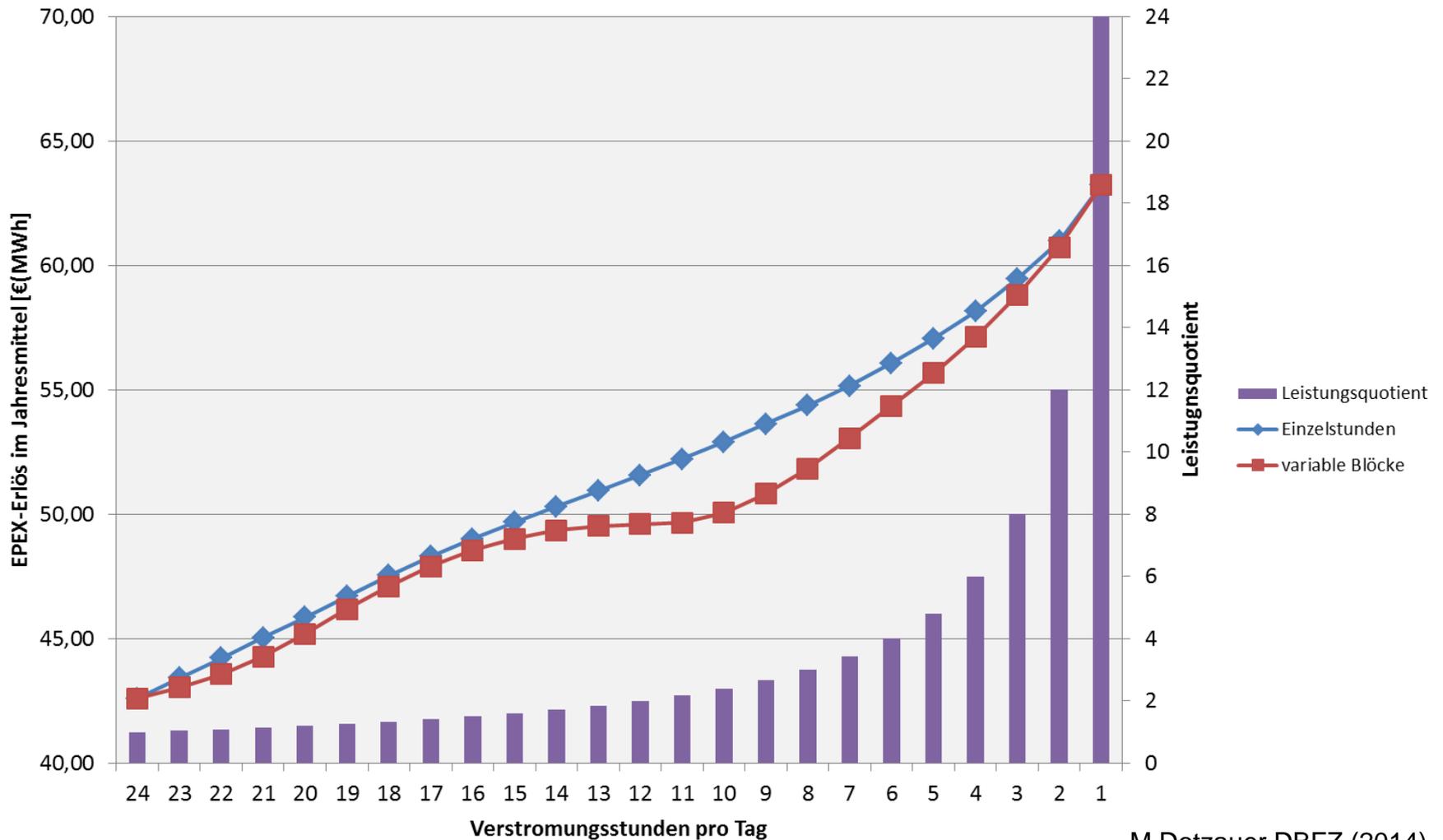
- Technik definiert Betriebsweise (BHKW, Gasspeicher, Peripherie) – flexibel für verschiedene Vermarktungsoptionen
  - Pro: Orientierung an den individuellen Gegebenheiten
  - Contra: Bauliche Begrenzung möglicher Marktoptionen
- Betriebsweise definiert Technik (Fahrplan, Wärmevermarktung, Regelenergie) – Optimierung der Anlagentechnik
  - Pro: Sehr gute Anpassung für bestimmte Anwendungsfälle
  - Contra: Risiko der Marktunsicherheit, ggf. „unflexibel“

# Funktion – Lauf- und Speicherzeit



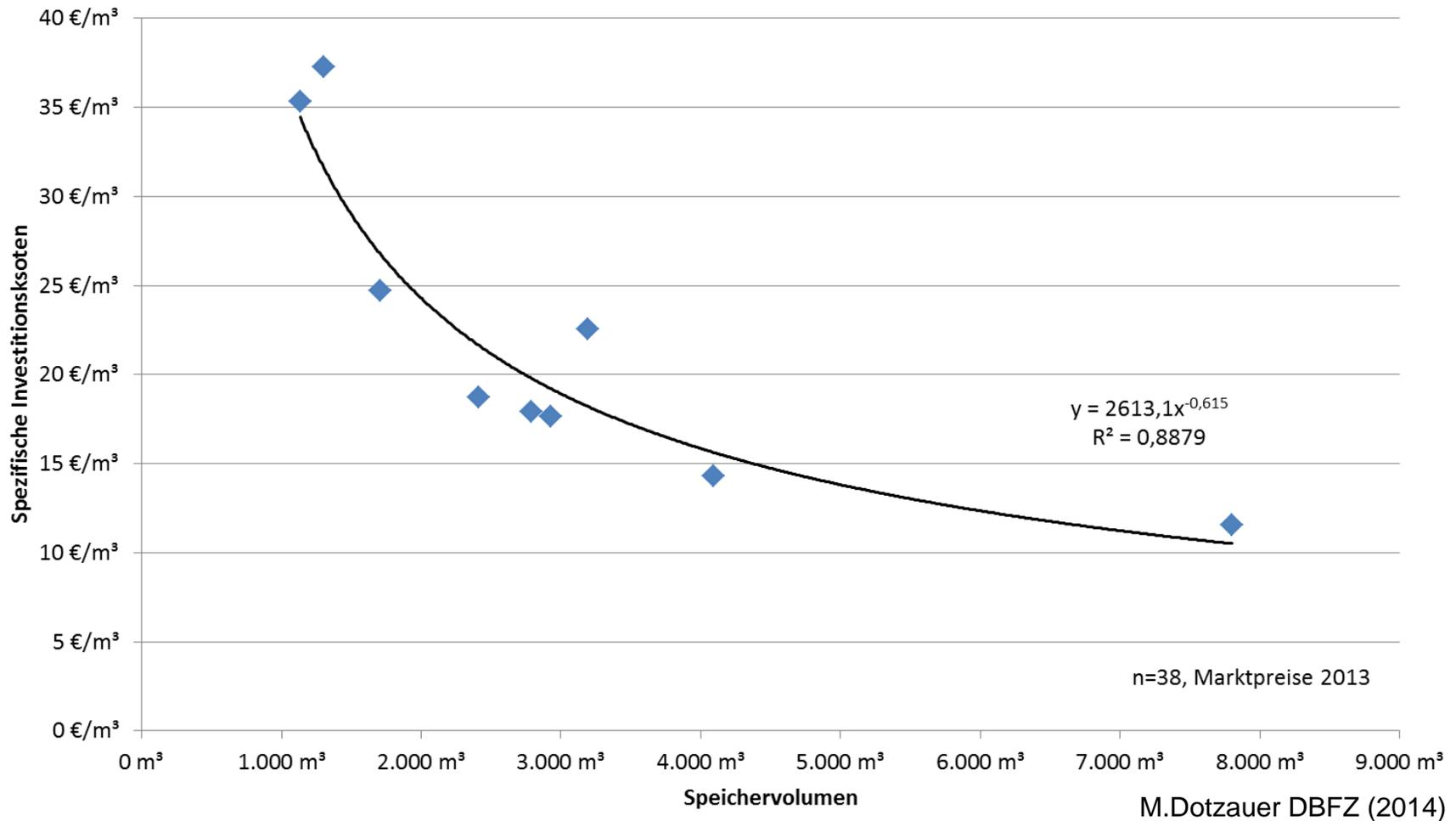
# Funktion der EPEX-Mehrerlöse

## EPEX - Erlöspotentiale tagesoptimierter Vermarktung ex-post 2012



# Funktion der Investkosten

## Kostenfunktion Biogas-Doppelmembranspeicher (Behältergebunden)



- Flexibilisierungsfaktoren
  - Leistungsquotient
  - Gaserzeugung
  - Fahrplantaktung
- Fahrplanrestriktionen
  - Wärmerestriktion
  - Gasspeicher
- Fahrplanoptimierung
  - Fixe Optimierung
  - Gleitende Optimierung

- Gaserzeugung konstant
  - Grundannahme dass die Gaserzeugung und damit die Tagesstrommenge im Schnitt konstant bleibt
  - Flexibilität wird nur über den Gasspeicher bereit gestellt
- Gaserzeugung dynamisch – durch Substratmanagement
  - zeitliche Steuerung der Substratzugabe oder Substratwechsel
  - Bei klassischen Substraten Wochenfahrpläne
  - Bei gezieltem Einsatz von Zuckerrüben oder Quetschgetreide auch Variation des Tageslastgangs möglich (virtueller Gasspeicher)

- Block
  - Wenig Lastwechsel, gut kalkulierbar
  - Bei HT-NT auch Sekundärregelleistung (SRL) möglich
- Doppelblock
  - Moderate Lastwechsel, gute EPEX-Anpassung
- 4h-Scheiben/MRL – konform
  - Immer mit Minutenreserveleistung (MRL) kombinierbar
  - Nicht immer EPEX-idealer Blockzuschnitt
- Einzelstunden
  - Optimale EPEX-Anpassung (in der Regel ergibt sich ein Doppelblock)
  - Z.T. auch einzelne MRL-Scheiben möglich

- Flexibilisierungsfaktoren
  - Leistungsquotient
  - Gaserzeugung
  - Fahrplantaktung
- Fahrplanrestriktionen
  - Wärmerestriktion
  - Gasspeicher
- Fahrplanoptimierung
  - Fixe Optimierung
  - Gleitende Optimierung

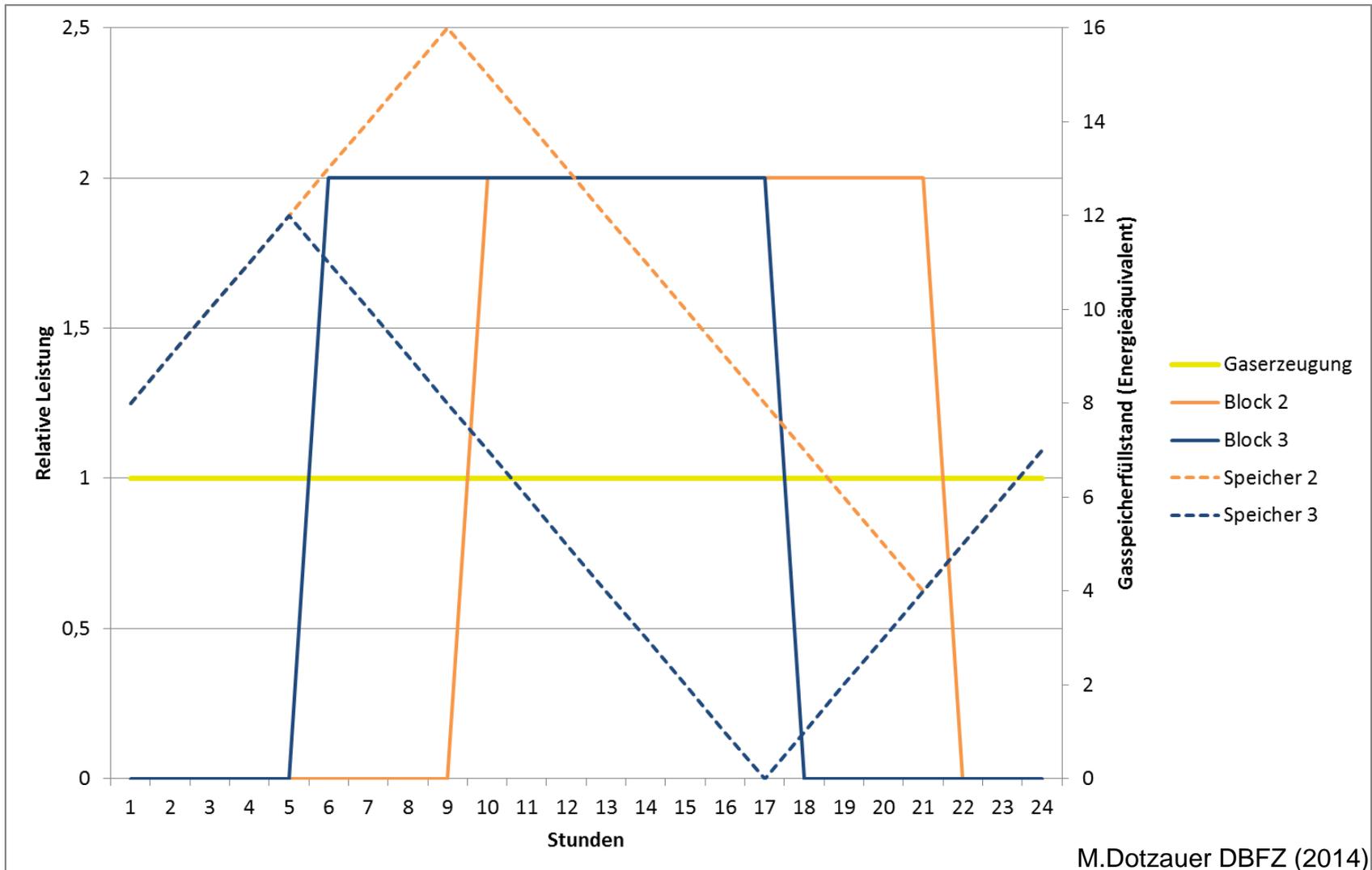
Wärmelieferverpflichtungen begrenzen Flexibilität  
oder erfordern Wärmespeicher bzw. Sekundärwärmeerzeuger

- Wärmebedingte Mindestlasten führen zum Teillastbetrieb
- Prioritäten von Wärmesenken:  
Wärmenetz (Vollversorgung) > Wärmenetz (Grundversorgung) >  
Fermenterheizung > Trocknungsprozesse
- Wärmeauskopplung kann vergütungsrelevant sein (EEG 2012)
- Wärmeauskoppelung generiert Zusatzerlöse  
(KWK-Bonus, Wärmepreis)
- Wärmebedarf kann mittelfristig bzw. saisonal schwanken  
daraus folgt eine zeitlich schwankende Bandbreite der Flexibilität

- Gasspeicher nimmt in der Niedriglastzeit Gas auf
- Gasspeicher ergänzt in der Hochlastzeit die Gaserzeugung
- Arbeitsnormvolumen kann deutlich unter Bruttovolumen liegen (60%)
  - Umrechnungsfaktor Betriebs- in Normvolumen 0,81 (40° C, 100% rel.F., 1013mbar)
  - Nettovolumen-Abschläge für Auflage Mittelstütze und Luftspalt der Außenmembran jeweils ca. 10%
- Optimale Speicherbewirtschaftung durch Druckkaskade oder aktiven Gastransport
- Idealer Weise als Ersatz abgeschriebener behältergebundener Doppelmembranspeicher (mind. 1/3 bzw. 1/2 Kugel)

- Flexibilisierungsfaktoren
  - Leistungsquotient
  - Gaserzeugung
  - Fahrplantaktung
- Fahrplanrestriktionen
  - Wärmerestriktion
  - Gasspeicher
- Fahrplanoptimierung
  - Fixe Optimierung
  - Gleitende Optimierung

# Vergleich der Gasspeicherbedarfe für fixe und gleitende Optimierung



# Parameter - Fahrplanoptimierung fix



- Wiederkehrende Preismuster an der EPEX
- Realisierung des wesentlichen Mehrerlöspotentials
- Sehr niedriger Aufwand für Prognose und Fahrplanerstellung
- Statischer Gasspeicherbedarf
- Geringer Managementaufwand

# Parameter - Fahrplanoptimierung gleitend



Option A - Anlagenbetreiber meldet Fahrplan an den Vermarkter

- Hoher Aufwand für den Betreiber, geringer Mehrwert für Vermarkter

Option B - Vermarkter optimiert Fahrplan nach Betreibervorgabe

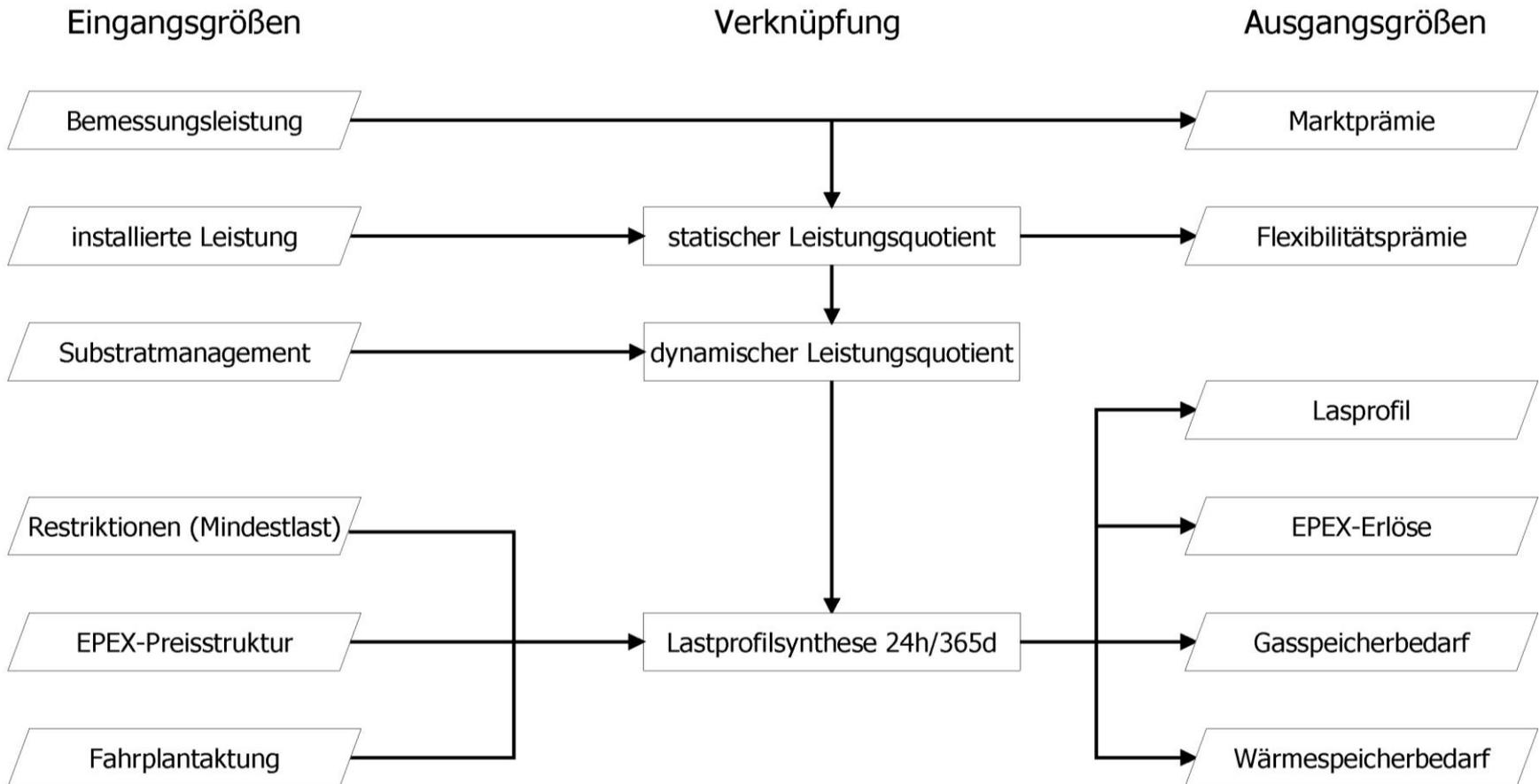
- Berücksichtigung von Restriktionen (Wärme, Wartung)
- Kompromiss zwischen Aufwand, Ertrag und Anlagenmanagement

Option C - Vermarkter regelt die Anlage frei

- Berücksichtigung von Restriktionen (Wärme, Wartung)
- maximaler Mehrerlös Anforderungen an Anlagenbetrieb

# Parameter - Gesamtkonzept

## Modellsystematik Flexibilisierungskonzepte



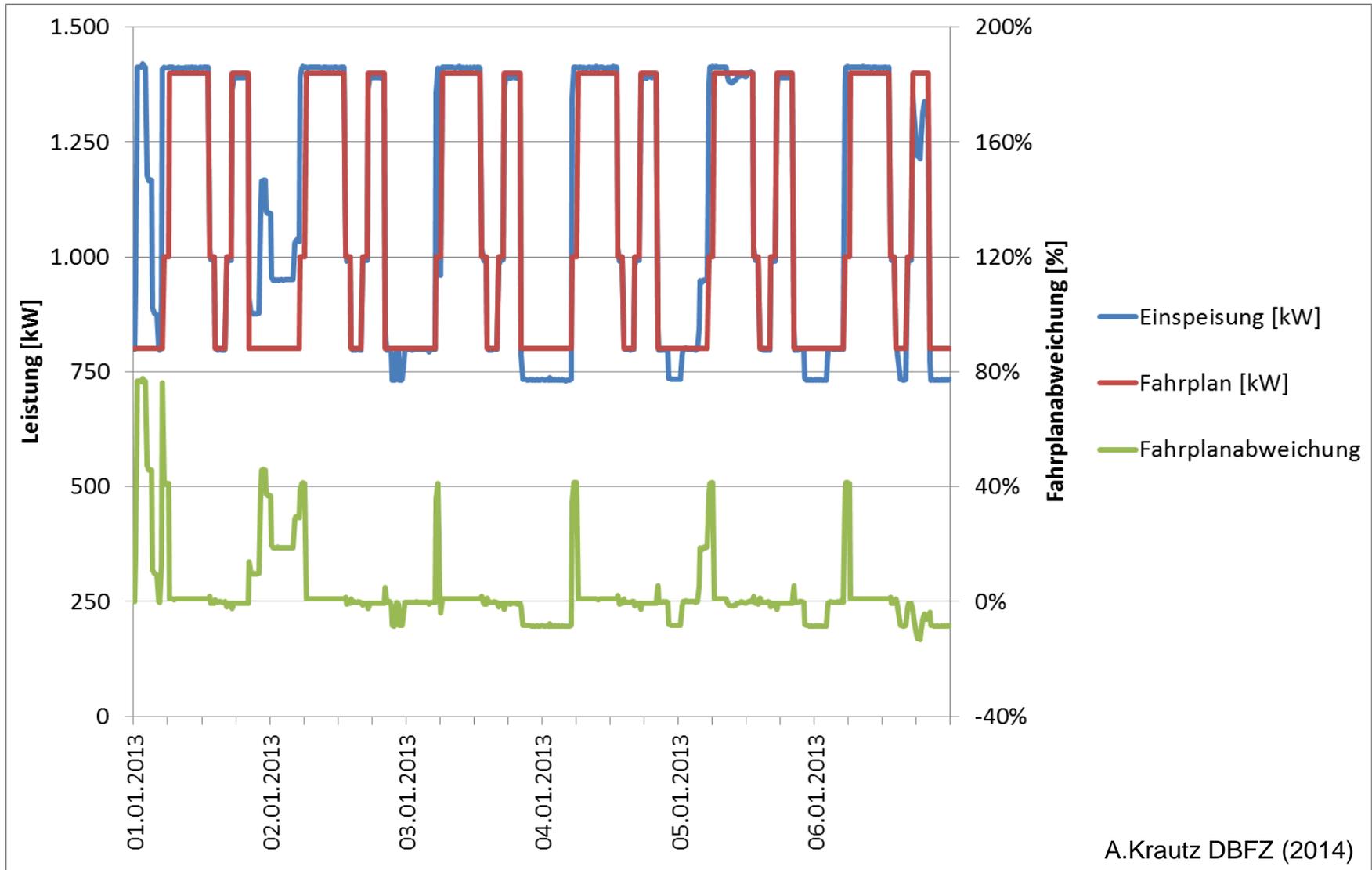
Formale Anforderungen (Zeitbedarf wird unterschätzt)

- Netzverträglichkeitsprüfung, ggf. MS-Richtlinie über 1MW
- Auswirkungen auf den Genehmigungsstatus
- Umweltgutachterliche Prüfung (Probefahrt Doppelhöcker)
- Anmeldung bei der BNetzA und dem Anlagenregister

Technische Anforderungen (mehr als nur BHKW und Gasspeicher)

- Liefer- und Montagezeiten für Komponenten berücksichtigen
- Hohe Anlagenverfügbarkeit Grundvoraussetzung
- Genaue Erfassung des Gasspeicherfüllstands notwendig
- IKT-Schnittstelle für Abrechnung / Ansteuerung

# Praxiserfahrungen Fahrplantreue



- Die Ermittlung optimaler Anlagenkonfigurationen und Vermarktungsstrategien wird komplexer
- Es geht theoretisch „unendlich kompliziert“
- Einige grundlegende Aspekte sollten vor größeren Investitionen durchdacht werden
- **Die Erarbeitung von Flexibilisierungskonzepten ist hochgradig Anlagenindividuell**
- Nach geltenden Rahmenbedingungen kann die Flexibilisierung von BGA ein Baustein für die Systemintegration anderer EE darstellen

# Deutsches Biomasseforschungszentrum

gemeinnützige GmbH



Ansprechpartner/Referent

Martin Dotzauer

Martin.Dotzauer@dbfz.de

+49 (0)341 2434 - 385

DBFZ Deutsches  
Biomasseforschungszentrum  
gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116

D-04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434 – 112

E-Mail: [info@dbfz.de](mailto:info@dbfz.de)

[www.dbfz.de](http://www.dbfz.de)