

# Wege zur Effizienzsteigerung von Biogasanlagen: Flexibilitätsprämie in der Praxis Mehrertrag durch bedarfsorientierte Stromerzeugung



Energieagentur  
Rheinland-Pfalz  
Biogas-Infotag

Wittlich, 25. März 2015

# CUBE Engineering GmbH

## Ingenieurbüro für EE und Energieeffizienz



Dienstleistungen und Gutachten für Entwicklung Planung, Bau, Betrieb von Windenergie-, PV-Anlagen und Kraftwärmekopplungssysteme (Analysen, Messungen, Projektmanagement, Beratung, Prüfung, Betrieb, Schulungen)



### WIND POWER

von 100 kW bis 1.500 MW el.



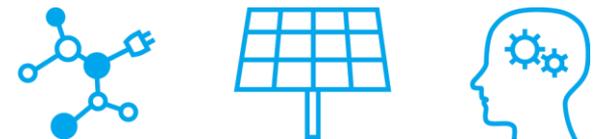
### SOLAR POWER

von 500 kWp bis 50 MWp el.



### SMART POWER

Dezentrale Energiesysteme >50kW

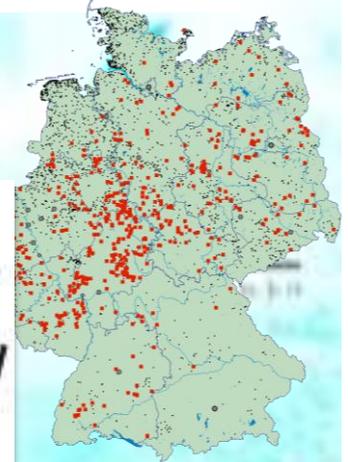


# CUBE im Überblick

- Unabhängiges Ingenieurbüro für erneuerbare Energien, akkreditiert
  - 3 Büros: Kassel (Hauptsitz), Hannover und Hamburg
  - 20 Jahre Erfahrung
  - 40 Länder
  - 65 Mitarbeiter
  - 1.300 Kunden
  - 4.000 Projekte
  - 15.000 MW inst. Leistung
- Mitarbeit in Forschungsprojekten zur Energieerzeugung



**CUBE**  
Engineering GmbH



# CUBE-Dienstleistungen für Biogasbetreiber und Stromhandel

## Forschung & Entwicklung

## Flex-Ertragsschätzung

## Flex Analyse (für Biogas und Biomethan):

- genaue Potenzialermittlung durch Simulation
- Optimierung der Konfiguration BHKW und Speicher

## FlexTOP - täglich optimierter Fahrplan für Flex-Betrieb

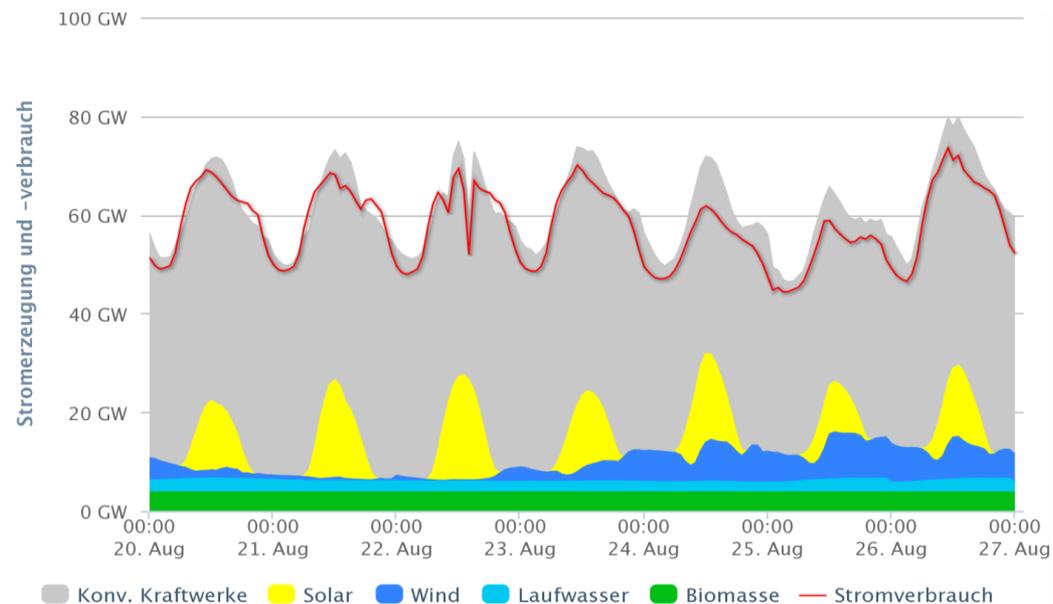
## Netzstranganalyse - Simulation zur Netzverträglichkeit

## IDEA - Simulationen für EE + BHKW in Einzelstandorten

[www.cube-engineering.com](http://www.cube-engineering.com)

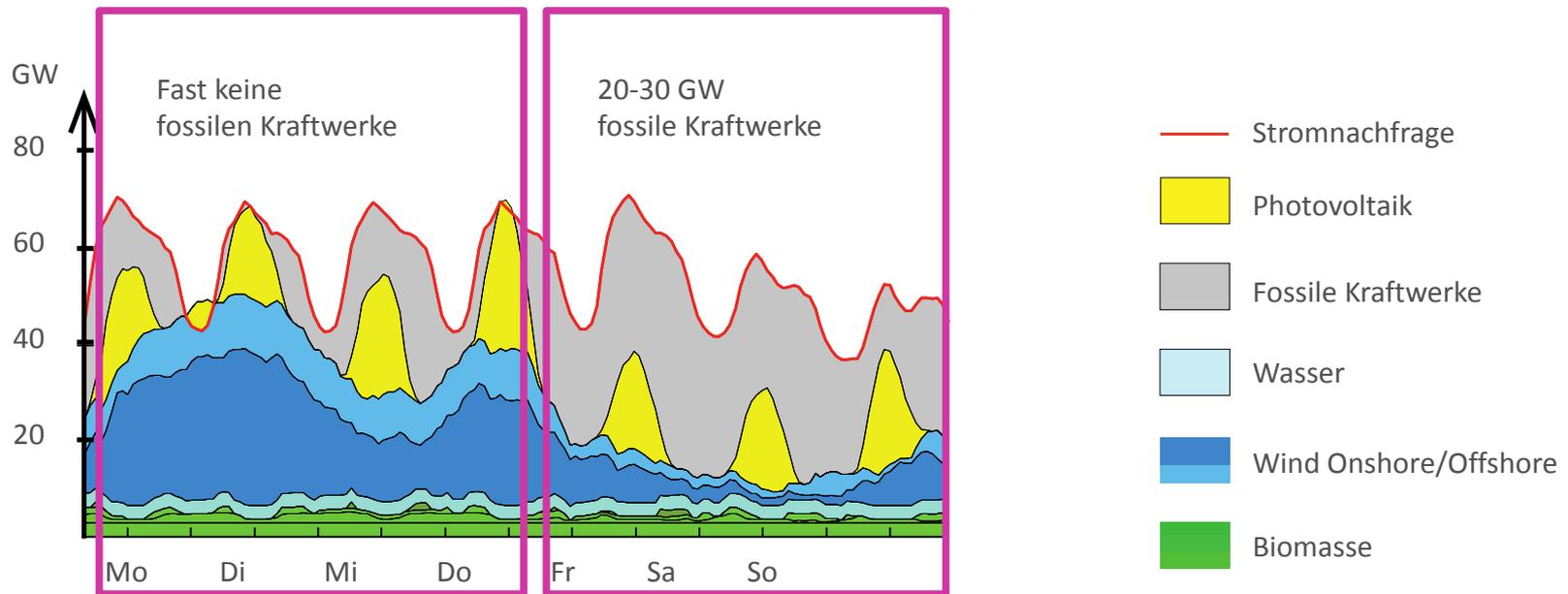
# Energiewende 1.0: EE verdrängen fossile Energieträger

- Bisher gilt: „Produce and forget“: gleiche EEG-Vergütung, egal wann
- Solarstrom passt kostendämpfend in den Mittagsspitzenbedarf
- Strombedarf: 50 – 80 GW (Gigawatt), regelmäßig
- EE-Angebot: 5 – 40 GW Wind und Sonne (zunehmend fluktuierend!)



Stand: 27.08.2013, 12:15

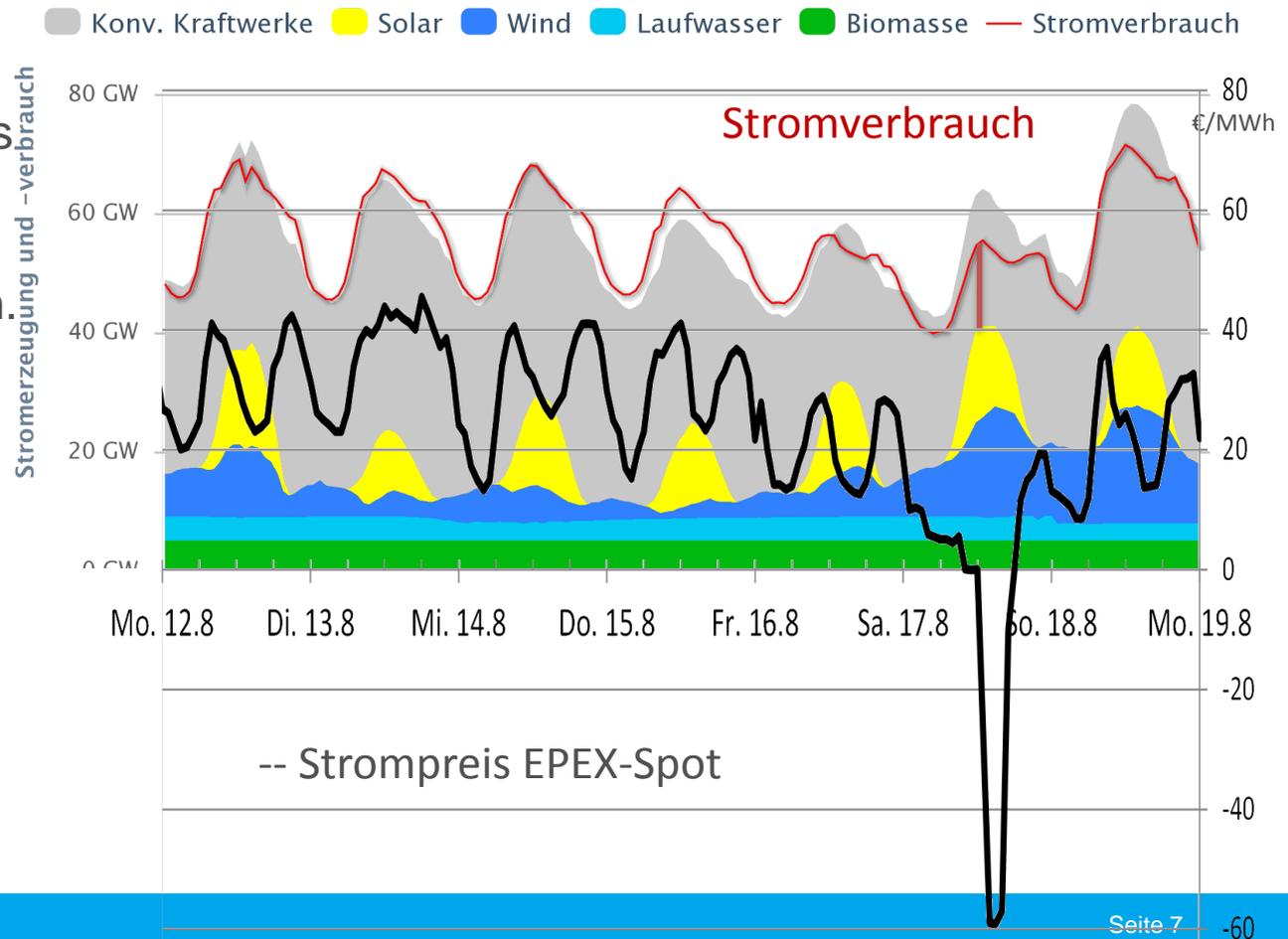
# Stark wechselnde Residuallasten durch Einspeisung von Wind und Sonne



Agora Energiewende (2012)

# Markt als Steuerzentrale: EPEX-Preise spiegeln den Bedarf

Bsp.  
Woche 12-19.8.14  
Direktvermarktung des Stroms gibt Anreize, steuerbare Anlagen ab- oder anzuschalten.  
Negative Preise: must-run-Kraftwerke überfordern den Exportmarkt.



# Flexibilitätsvarianten

1. Nur Regelleistung, ohne BHKW-Zubau
2. Stundenplan + Regelleistung
3. Flexibler Fahrplan
  - Stundenmarkt + Intraday
  - + Viertelstunden day ahead
  - + Regelleistung pos.

## Achtung, Verwechslungsgefahr: Flexibilität ≠ Regelleistung!

EPEX-Spotmarkt: Marktvolumen 50 – 80 GW Leistung

- Durch Terminkontrakte gedeckt (Erzeuger, Vertriebe, Handel)
- Kontrakte werden am Spotmarkt ausgeglichen:
  - day ahead (Handel am Vortag, ganze Lieferstunden)
  - Intraday (Handel bis 45 Min. vor Lieferung, ¼-Lieferstunden)

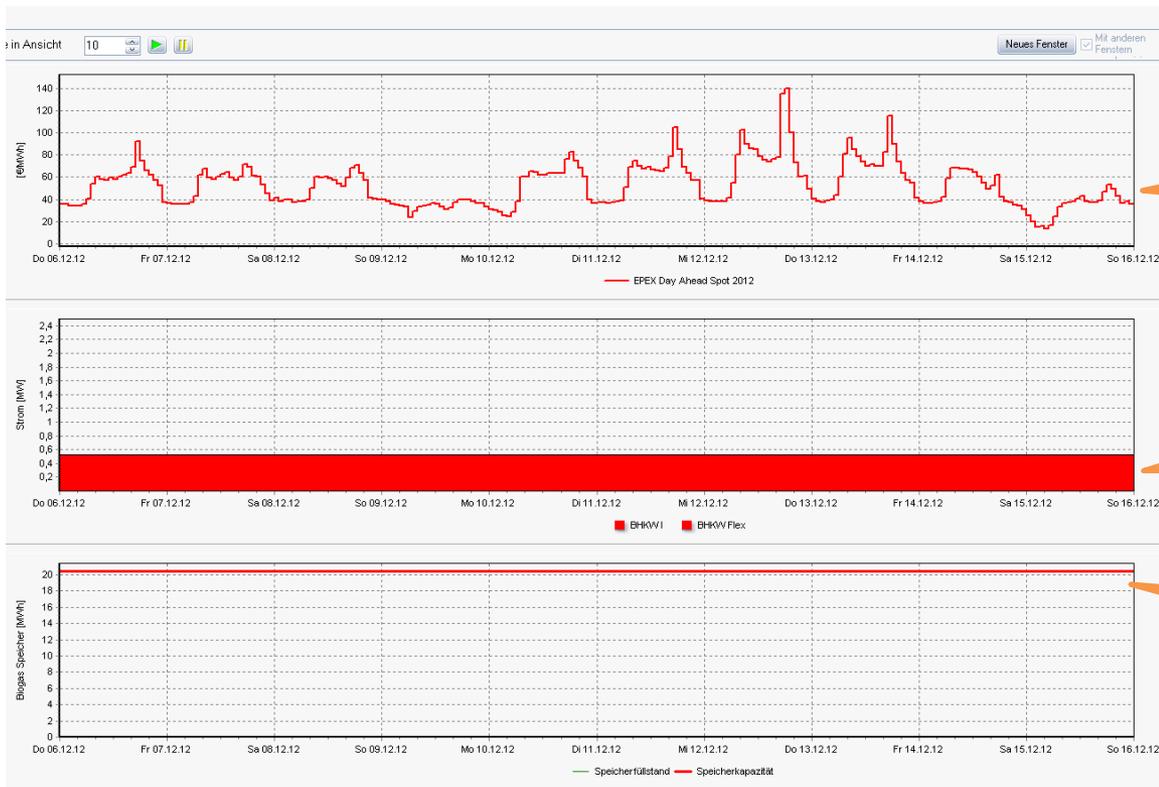
Regelleistung ist was übrig bleibt, die „Nachsteuerung“ der Marktfehler!

Regelleistung Marktvolumen = 4 – 5 GW Leistung maximal

- ÜNB gleicht aus und ruft RL ab bei
  - Prognoseabweichungen: Minutenreserve, Sekundärregelung
  - Frequenzschwankungen: Primärregelleistung  
(auch: Ausgleichsenergie bei Fahrplanabweichung)

# Bedarfsorientierte Einspeisung EPEX Spotmarkt: bisher

Normalfall: BHKW mit 500 kW im Dauerbetrieb



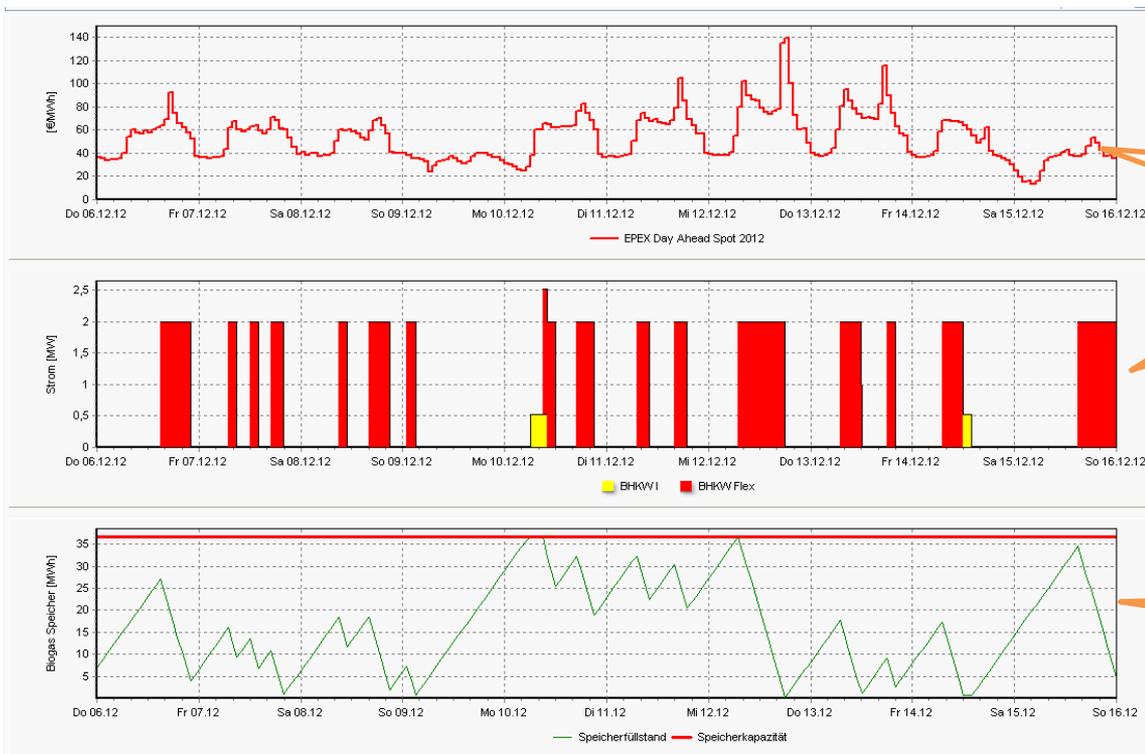
Strompreis EPEX:  
0 – 12 Ct/kWh  
2013: 3,778 Ct/kWh

Standardbetrieb:  
Dauerlast mit  
Durchschnittserlös

Gasspeicherstand:  
gleichbleibend

# Direktvermarktung: Erzeugung folgt EPEX Spotmarkt

BHKW mit 500 kW + 2 MW im Flex-Betrieb  
mit Gasspeicher und Wärmepuffer



Bedarfsorientierter  
Betrieb möglichst zur  
Hochpreiszeit

Speicher: voll/leer im  
Tagesrhythmus

# Für bedarfsorientierten Betrieb Mehr BHKW Leistung nötig

zusätzliches BHKW heißt auch...

- Trafo und Netzanschluss
- Biogasspeicher
- Gasstrecke, Gaskühlung
- Wärmeeinbindung
- Wärmepufferspeicher

Genehmigung:

- Fast immer: BImSchG
- Evt. StörfallVO
- Keine Problem:  
35 BauGB: 2,3 Mio Nm<sup>3</sup>

Netzeinspeisung

- muss beantragt werden
- ist für Flex immer möglich



# Flexible Stromeinspeisung: Flexibilitätsprämie



# Ertragspotenzial Flexprämie

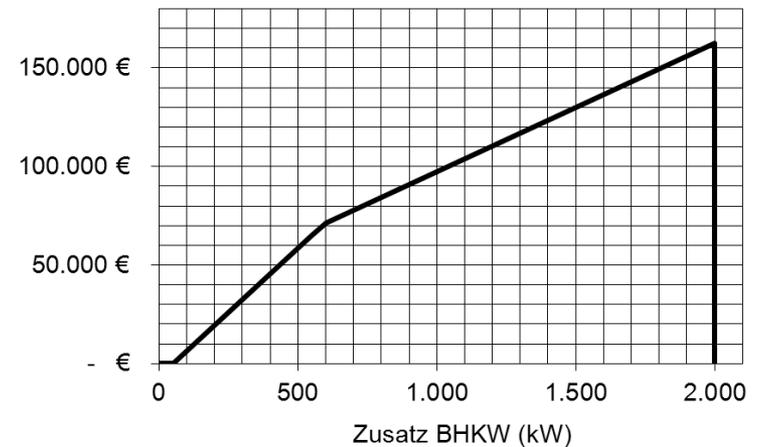
FlexPrämie wird für **nicht genutzte BHKW-Leistung gezahlt:**

**10 Jahre x 130 € je kW Zusatzleistung\***

oder: **10 Jahre x 130 € je kW x installierte Leistung\*\* x 0,5**  
(wenn Zusatzleistung > installierte Leistung x 0,5)

max. installierte Leistung ist das  
5-fache der Bemessungsleistung

jährliche Flexibilitätsprämie für Biogas-BHKW  
mit 500 kW Bemessungsleistung



Grafik: CUBE Engineering

## Flexibilität für Einsteiger

- Dauerlauf Bestands-BHKW: SRL oder MRL negativ
  - Investition: minimal
  - Preis: gesunken, Aussichten: unklar
- Flex + Alt-BHKW: „Mitnahmeeffekt“
  - Ein altes BHKW wird wieder ans Netz gehängt
  - Durch die Zusatzleistung entsteht Anspruch auf Flexprämie
- Flex + 100 % „Schlaufuchs“
  - neues BHKW im Dauerlauf: SRL/MRL negativ
  - altes BHKW dauerhaft aus: SRL/MRL positiv

## Flexibilität herkömmlich

- Flex + 100 % - HT/NT
  - Beide BHKW laufen HT – SRL/MRL neg
  - Beide BHKW ruhen NT: SRL/MRL positiv
  - Problem Wochenende: 60 Stunden NT

# Flex 100 % HT-NT



# Flex 100 % Fahrplan



## Flexibilität Spotmarkt-orientiert

- Flex mit Leistungszubau von + 100 bis + 400 %
- BHKW-Fahrplan optimiert nach
  - Biogasverfügbarkeit – Speicherstand
  - Wärmebedarf – Puffertemperatur
  - Spotmarktpreis – Prognose
  - Wirkungsgrade verschiedener BHKW
  - Minimierung Kosten und Starthäufigkeit

### Optionen

- Regelleistung
- Day ahead Viertelstundenmarkt
- Intraday Viertelstundenmarkt

# Flex 370 %

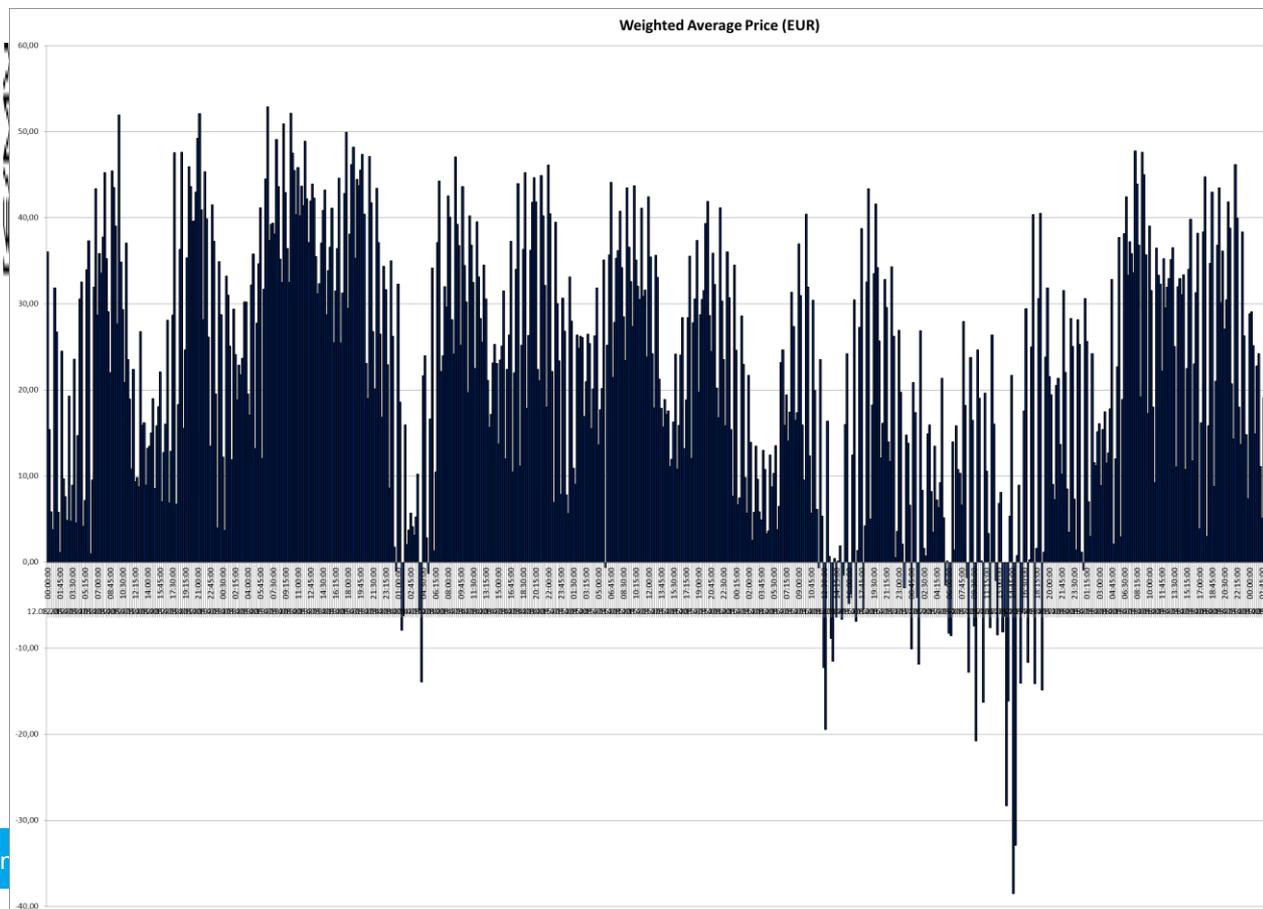


# Flex 370 % + Speicher



# Intraday-Handelspreise

- Mittlere Handelspreise
- In Zukunft: day ahead-Markt



## Intervallbetrieb: technische Folgen

### Anforderungen

- Start: > 12 Stunden vorgeplant, auf Wunsch ferngesteuert
- 200 – 500 Startvorgänge pro Jahr zusätzlich (nicht 20 pro Tag)
- nur noch > 1.750 – 4.000 Betriebsstunden pro Jahr

### Motorschonende Maßnahmen

- Warmhaltung bei Ruhe (60 C aus Wärmespeicher)
- Gasaustausch durch Bypass (Problem: Satellit)

### Automatisches Startprogramm – Vorlaufzeit beliebig

- Druckschmierung vor Start
- Zusätzliche Aufheizung?
- Anlasser?
- Anlauframpe (kurz, wg. Gasverlust, Ausgleichsenergie)

Teillastbetrieb: lohnt nicht, Wirkungsgradverluste  
(nur bei SRL oder PRL)

## Flexibilität: wann lohnt es sich ?

- Flexibilisierung lohnt sich für (fast) jede Biogasanlage,
  - wahrscheinlich ab 250 kW
  - recht sicher ab 400 kW
  - Nicht, wenn Hochtemperatur-Wärmenutzung
- Noch wirtschaftlicher, wenn
  - ohnehin ein Gärrestlager gebaut wird:  
richtige Größe für Flex-Gasspeicher prüfen!
  - bei Änderungen am BHKW oder Fermenter (Ersatzbedarf)
- Unbedingt *eilig* überlegen, wenn
  - EEG nur noch weniger als 10 Jahre
  - schon Flexprämie gezogen wird, aber nur „schüchtern“
- All anderen Flexprämie vor 2016 planen und nutzen

# Neue Fragen an die Konfiguration der Biogasanlage – BHKW und Speicher

- Verschiedene BHKW-Leistungsgrößen:
  - Flexprämie vs. Investitionskosten
  - Wartungskosten
  - Wirkungsgrad
- Biogas-Speichervarianten
  - bestehender Speicher, Nutzung Gärrestlager
  - Verschiedene Speichervolumen (1/3-, Kugelschnitt)
  - Optimierung Kosten/Nutzen (EPEX-Erlöse)
- Wärmespeicher Fermenter
  - Einfluss auf Fermentertemperatur
- Wärmespeicher Wärmenetz
  - optimale Wärmenutzung, Speichergröße

# Planungsgrundlage: Flex Analyse von CUBE

## Biogasanlagen-Dienstleistung:

- Modellierung des Betriebs
- ganzjährige Simulationen in Reihen
- ökonomische Analyse der Rentabilität
- Entscheidungsgrundlage für BHKW, Gas-/Wärmespeicher



Foto: Bioenergiedorf Jühnde eG

Flex Analyse Jühnde

Seite 1 von 25

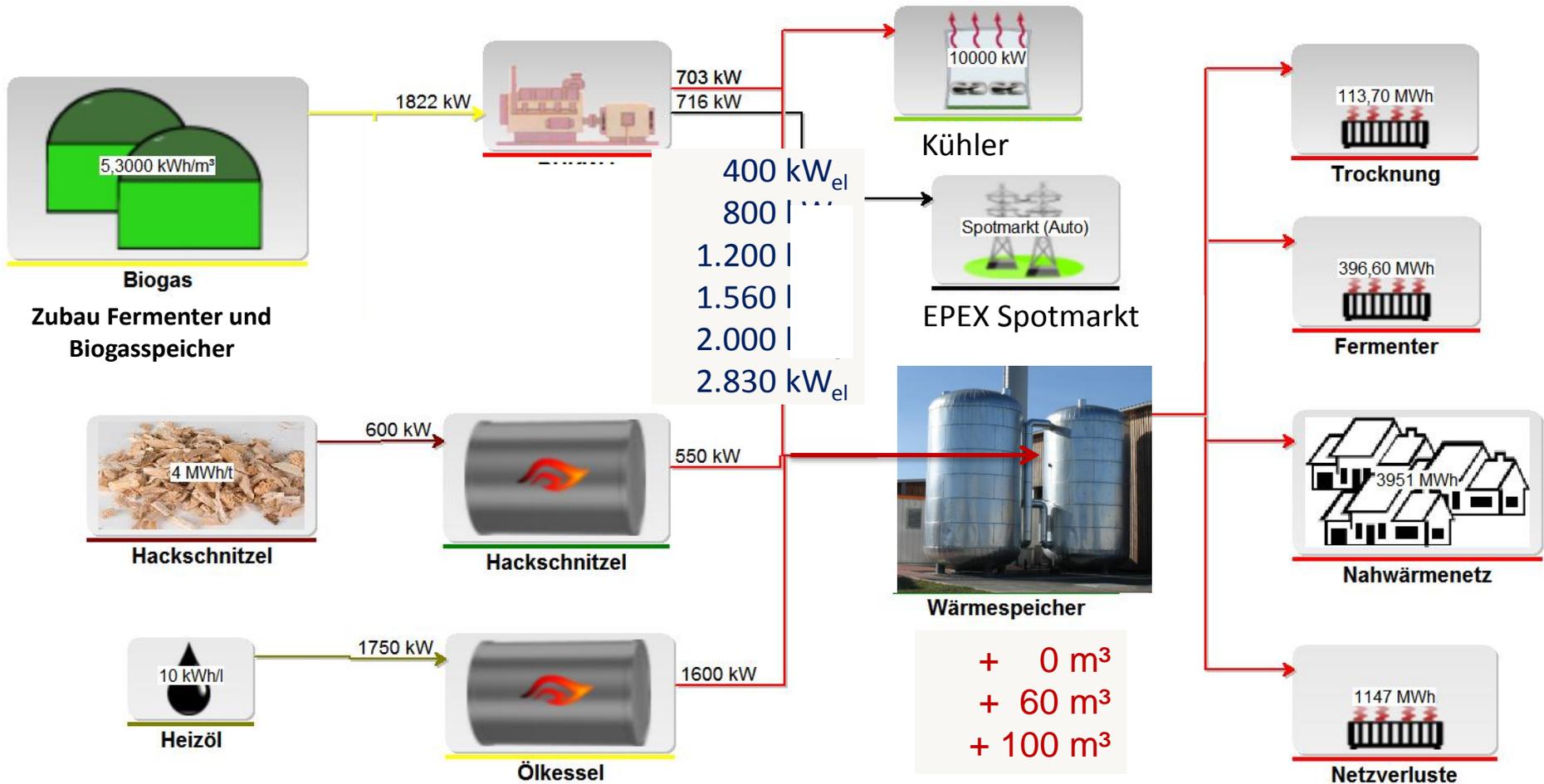
## Flex Analyse für die Biogasanlage **Jühnde**

Datum: 28. Mai 2014  
Bericht Nr. 13-1-5054-DE-

Auftraggeber:  
Bioenergiedorf Jühnde eG  
Eckhard Fangmeier  
Koppelweg 1  
37127 Jühnde  
T: 05502-998384

Bearbeiter:  
Dipl. Wirtsch.-Ing. Thomas Krause M.Sc.  
CUBE Engineering GmbH  
Breitscheidstraße 6  
DE-34119 Kassel  
Tel 0561 / 288 573-0  
Fax 0561 / 288 573-19

# Bioenergiedorf Jühnde Flexibilisierung

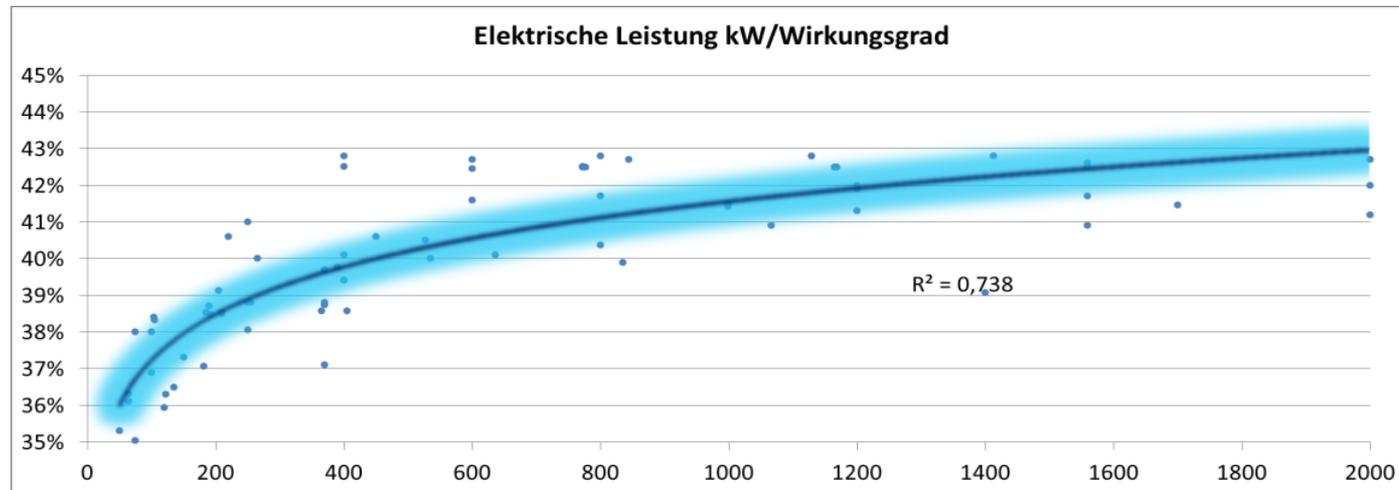


## Weitere Wirkungen der Flexibilisierung: Verfügbarkeit

- im Dauerbetrieb kommt es zu
  - Über-Fütterungen – das Bestands-BHKW kann nicht mehr leisten
  - ungeplantem BHKW-Ausfall – der Speicher wird überfüllt
  - Biogas muss abgefackelt werden
  - Störungen der Biologie: Verlust > 5% kann nicht nachgeholt werden
- Ein zweites Flex-BHKW schafft 100 % Verfügbarkeit
  - Bei BHKW-Havarie: Das zweite BHKW läuft
  - Bei Über-Fütterung: Fahrplanbetrieb wird verlängert
  - Störungen der Biologie: Biogasproduktion kann nachgeholt werden
  - bei Fahrplanabweichungen: Ausgleichsenergiekosten erträglich (Mittelwert 2013: ca. 3,5 Ct/kWh)
  - **Nie wieder Fackelverluste!**

# Weitere Wirkungen der Flexibilisierung: Effizienzsteigerung

- neues, größeres Flex-BHKW hat höheren Wirkungsgrad
  - Mehr Strom aus der gleichen Biogasmenge
  - Einsparung von Substraten, Lohn- und Betriebskosten ca. 12 – 14 Ct/kWh<sub>el</sub>

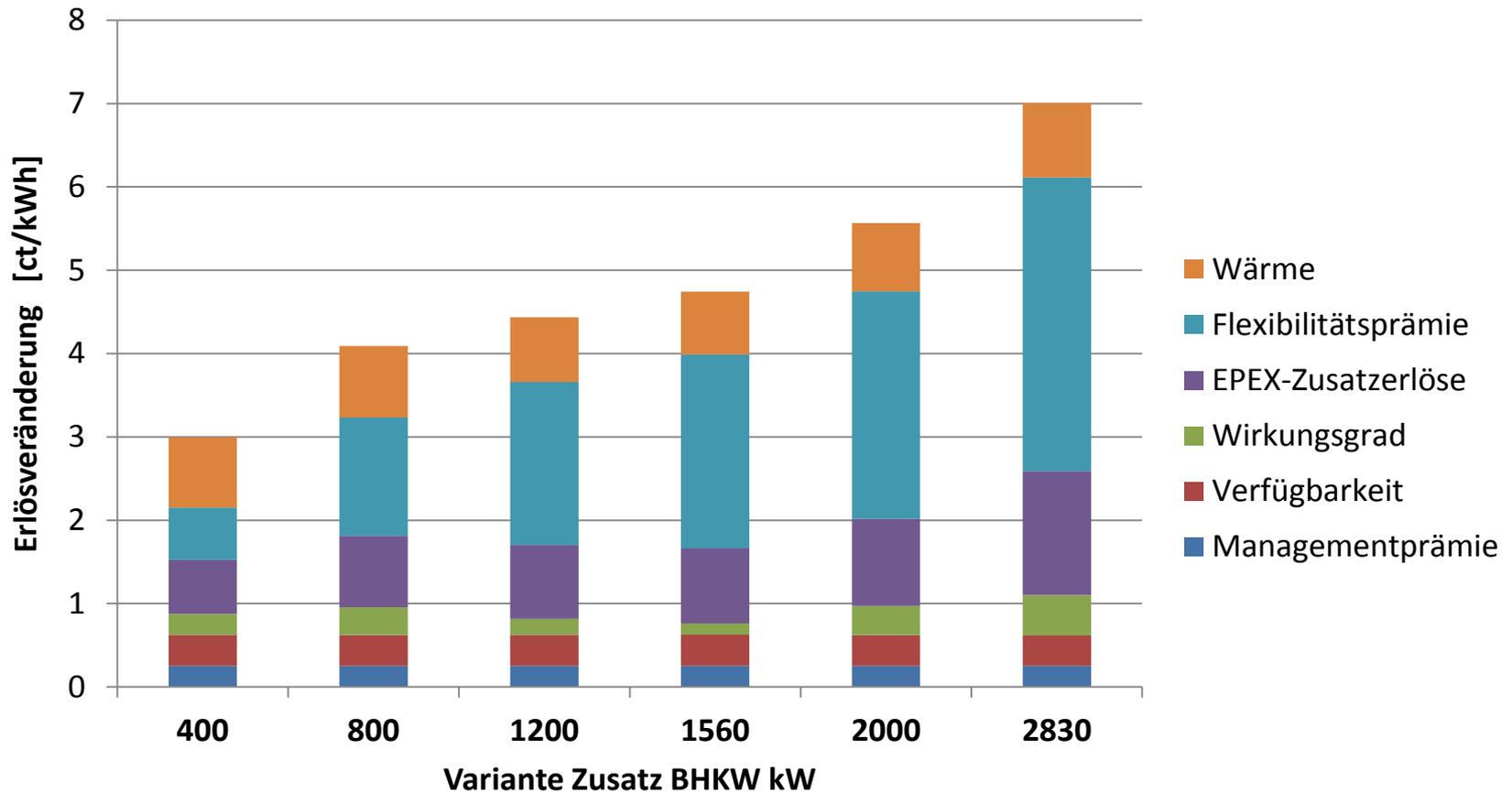


# Ertragspotenziale – Übersicht

1. **Marktprämie** garantiert EEG-Erlösniveau
2. Regelenergie (neg.) mager, im Flexbetrieb noch geringer
3. **Flexibilitätsprämie** deckt zusätzliches BHKW, Trafo, Speicher
4. **EPEX-Zusatzerlöse** können bis 2 Ct/kWh bringen (wachsend)
5. **BHKW-Verfügbarkeit:** 100 % Biogasverwertung durch Zusatz-BHKW = Substrateinsparung
6. **Wirkungsgrad** neues, effizienteres BHKW bringt +5 % bis +15 % weniger Substrateinsatz (oder mehr Strom für Eigenbedarf)
7. **stille Reserven:** Flex-BHKW altern langsamer (2 - 4.000 Bh/a)
8. **Wartungskosten** sinken bei größeren BHKW  
(kann bei häufigen Starts z.T. ausgeglichen werden)
9. **Wärmenutzung:** mehr KWK durch saisonales Fütterungsmanagement  
(weniger im Sommer, mehr im Winter)
10. **Regelleistung und Viertelstundenhandel** (nicht kalkulierbar)

# Bioenergiedorf Jühnde

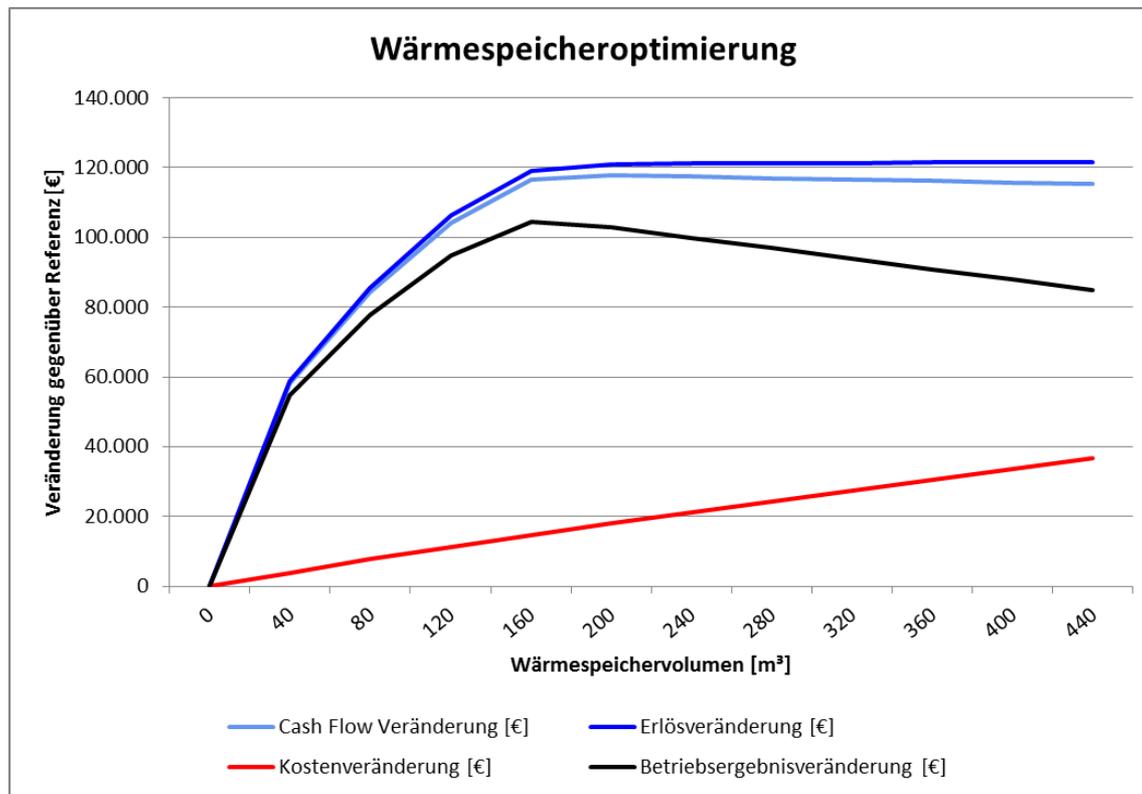
## Übersicht Erlöse Varianten



## Ergebnis: mit Fremdfinanzierung

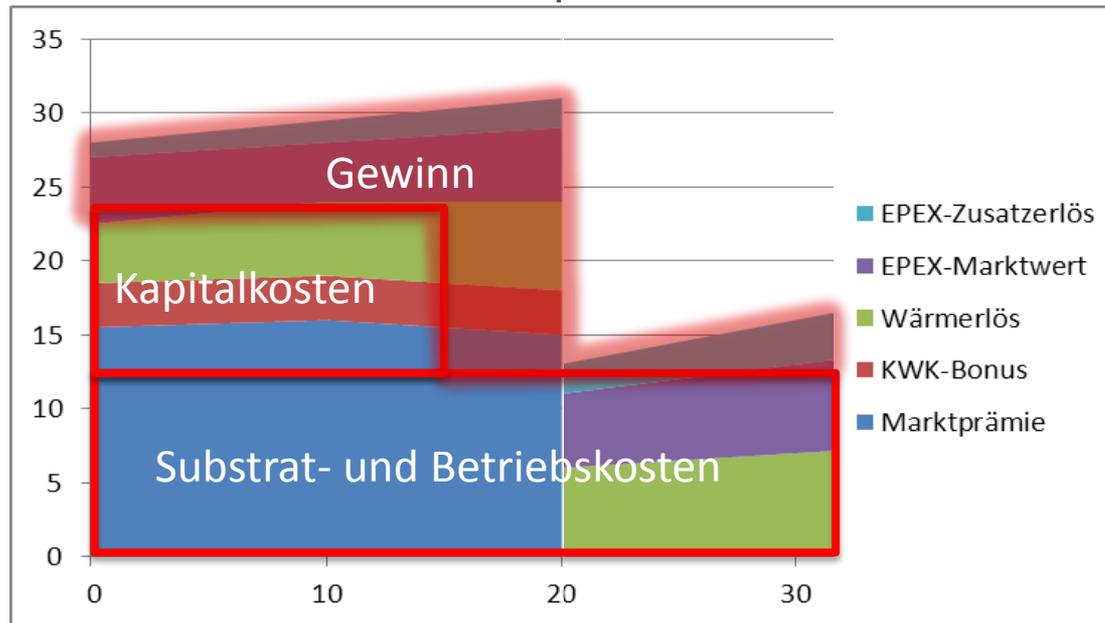
Ohne Fremdfinanzierung	A	B	C	D	E
Kostenveränderung [€]	105.608	109.853	122.007	132.393	142.018
Betriebsergebnis [€]	<b>68.806</b>	<b>82.388</b>	<b>95.683</b>	<b>110.871</b>	<b>134.685</b>
Cash Flow [€]	135.428	156.915	185.357	212.654	248.199
Rendite der Gesamtinvestition [% p.a.]	10,3%	11,1%	10,7%	10,9%	11,9%
Cash Flow bezogen auf Investition [%]	20,3%	21,1%	20,7%	20,9%	21,9%
Amortisation Gesamtinvestition [Jahre]	4,9	4,7	4,8	4,8	4,6

# Optimierung Wärmepuffer (Beispiel)



## Weitere Wirkungen der Flexibilisierung: Nach-EEG-Perspektive

- Nach 20 Betriebsjahren entfallen EEG-Marktprämie, KWK-Bonus
- Betrieb der Biogasanlage nur möglich mit > 12 Ct/kWh Erlös
- Nur EPEX-Erlös (derzeit 3, vielleicht 5 - 6 Ct/kWh) -> Stilllegung
- Auch „echte“ Wärmenutzung (z.B. : 5 Ct/kWh) -> reicht noch nicht!
- Chance: Strommarkterlös in Hochpreiszeiten



## Schritte zur Flexibilisierung

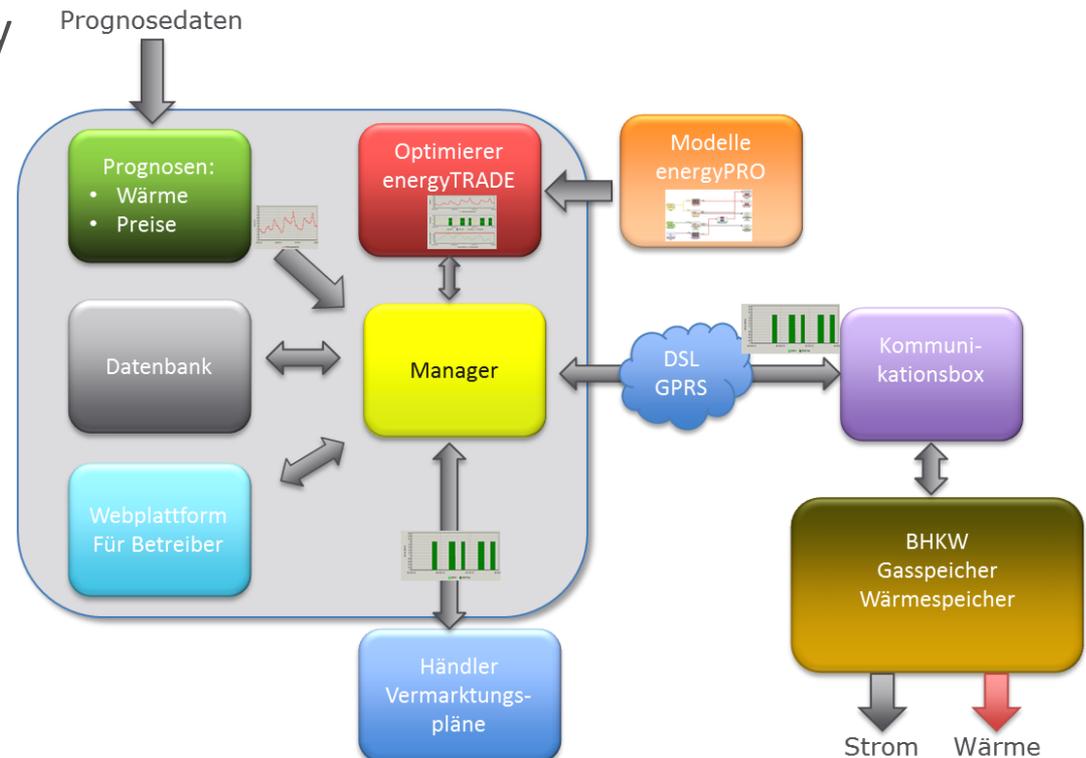
1. (wenn Zweifel bestehen) Flex Potenzialabschätzung (CUBE)
2. Flex Analyse zur Wirtschaftlichkeit der Varianten (CUBE)
3. Angebote einholen, Entscheidung für eine Konfiguration
4. Netzanschlussbegehren (Netzbetreiber)
5. Technische Detailplanung (Anlagenplaner)
6. Genehmigungsantrag
7. Finanzierung
8. Bestellung und Bau
9. (ggf. Anpassung Direktvermarktungsvertrag)
10. Mitteilung Inanspruchnahme Flexprämie (BNetzA und Anlagenregister)
11. Inbetriebnahme
12. Flex-Gutachten (Umweltgutachter)

## Individuelle Einsatzoptimierung (FlexTOP): aktuelles Entwicklungsprojekt

EPEX Preisprognosen (Energy  
Brainpool)  
+ Wettervorhersage

Anlagen-Modell mit:  
Gasproduktion, Gasspeicher,  
Wirkungsgraden, Wärme-  
bedarf, Wärmespeicher,  
geplante Stillstände etc.  
=> Optimale Einsatzplanung

Automatisierte Übertragung  
an Anlage und Händler  
=> sicherer optimaler Ertrag



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Contact: [P.Ritter@cube-engineering.com](mailto:P.Ritter@cube-engineering.com)  
[T.Krause@cube-engineering.com](mailto:T.Krause@cube-engineering.com)  
[U.Welteke-Fabricius@cube-engineering.com](mailto:U.Welteke-Fabricius@cube-engineering.com)