



Biogasanlagen als zukunftsorientierter Baustein der nachhaltigen und regionalen Energieversorgung

Bachelor-Thesis

B. Eng. Energietechnik (Schwerpunkt Energiesysteme)

27.05.2026

Jonathan Möschet

- 1. Einleitung und Problematik**
- 2. Untersuchte Betriebskonzepte**
- 3. Bewertungssystem**
 - Berechnungstool
- 4. Festgelegte Parameter**
- 5. Musteranlage**
 - Festlegen der Eingangswerte
 - Bewertung
 - Ergebnisse und Sensitivitätsanalyse
- 6. Fazit und Ausblick**

1. Einleitung

Allgemeine Daten

• Biomasse

- 7,8 % der dt. Stromerzeugung
- 9,1 GW installierte Leistung (3,5 %)
- Drittgrößter erneuerbarer Stromlieferant
- Aktuell kontinuierlicher Grundlastbetrieb

• Biogas

- 9000 Biogasanlagen in Deutschland
- 6 GW installierte Leistung (2,26 %)
- Starker Zubau in 2000-2010
- Aktuell kaum neue Anlagen

Mögliche Rolle von Biogas

• Strom

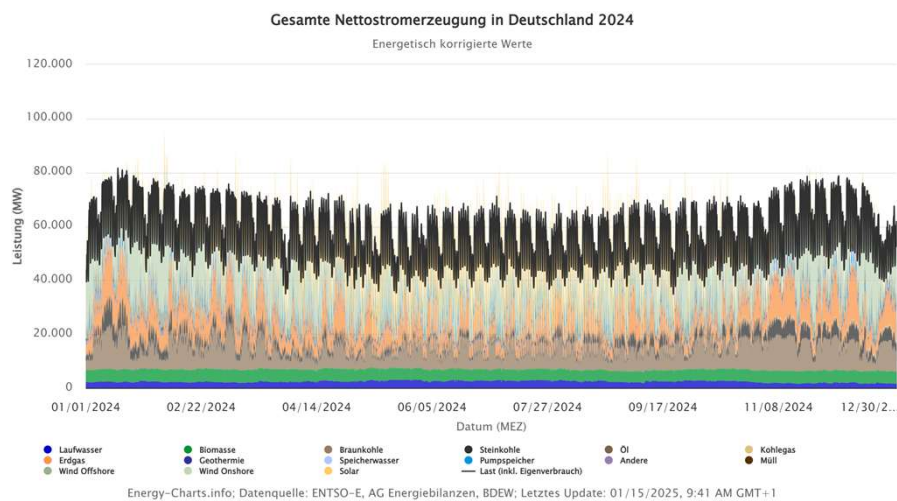
- Bedarfsorientierte Stromproduktion zum Ausgleich von Wind & PV
- Verstärkter Effekt durch Überbauung

• Wärme

- Relevanz durch Kommunale Wärmeplanung
- Wärmeplanungsgesetz
 - Neue Wärmenetze ab 2025 zu 65 % aus EE
 - Bestandsnetze bis 2030 30 % und bis 2040 80 % EE erreichen

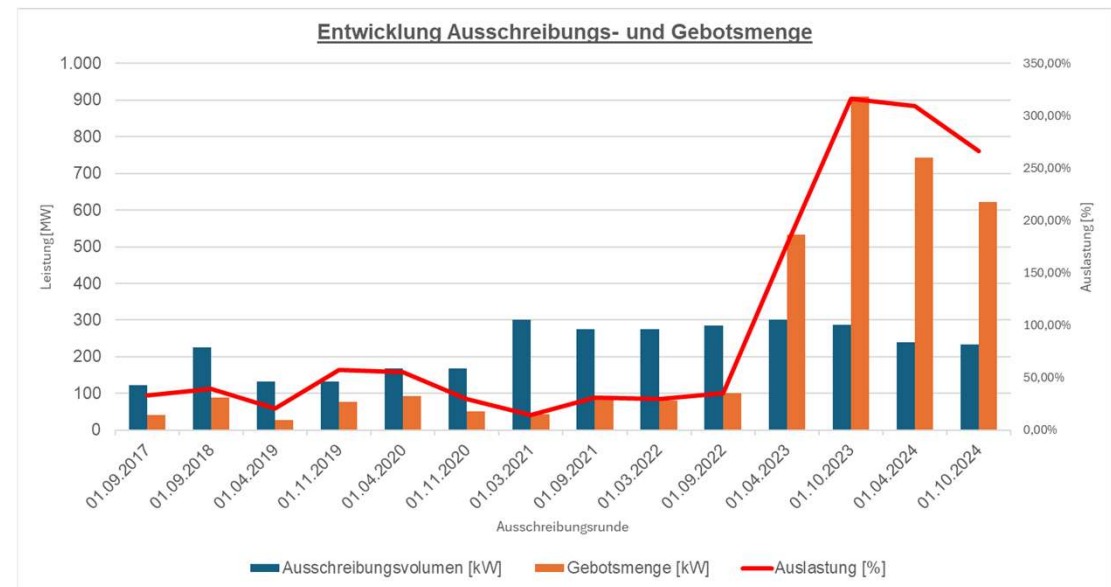
• Biogas

- Mögliche GEG-Änderung: „**Biogastreppe**“ bringt hohen bedarf



Ausschreibungen für Biomasse

- EEG-Ausschreibungen für Biomasse 2x jährlich
 - Vergütung über Marktprämie
 - Bemessungsleistung maximal 45 % der installierten Leistung
 - Maisdeckel 30 %
 - Ausschreibungsvolumen wurde erhöht
- Ausschreibungen seit 2 Jahren stark überzeichnet (durch Altanlagen)
 - Bis zu 300 %!
 - 1500 ungefördernte Anlagen in den letzten 3 Ausschreibungen



Biogasanlagen

- Auslaufende Förderung sehr vieler Biogasanlagen in den nächsten Jahren
- Überzeichnete Ausschreibungen
- **Von EEG unabhängige alternative Betriebskonzepte werden benötigt, um den Anlagenbetrieb möglichst aufrechterhalten zu können !**

Ziel der Arbeit:

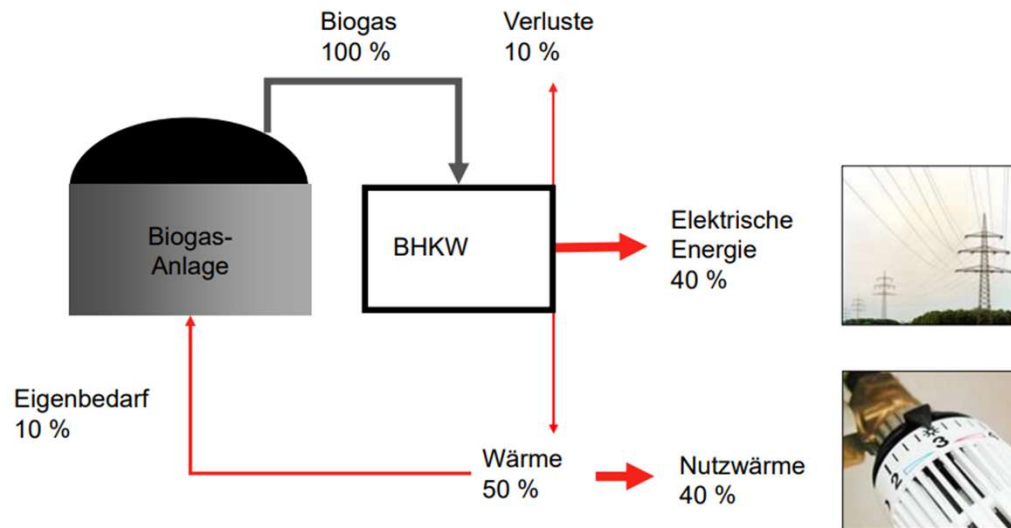
- Alternative Betriebskonzepte, die einen Weiterbetrieb ermöglichen
- Berechnungstool erarbeiten
- Aspekte der Energiewende berücksichtigen

Energieversorgung

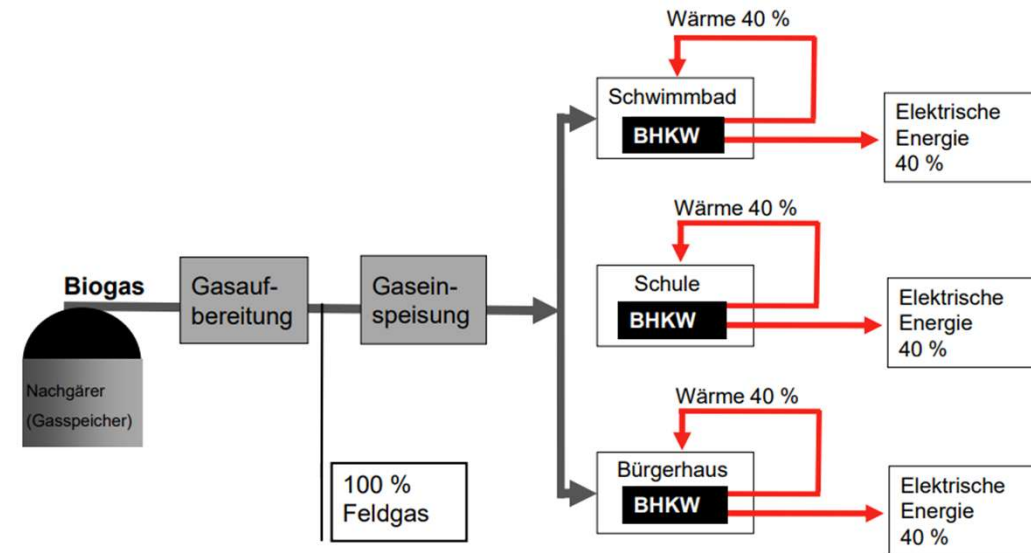
- Bedarf für **steuerbare EE-Stromerzeugung**
- **Kommunale Wärmeplanung**
 - 2030 30 % und 2040 80 % Erneuerbare Energie in bestehenden Wärmenetzen

2. Untersuchte Betriebskonzepte

Direkte Biogasnutzung

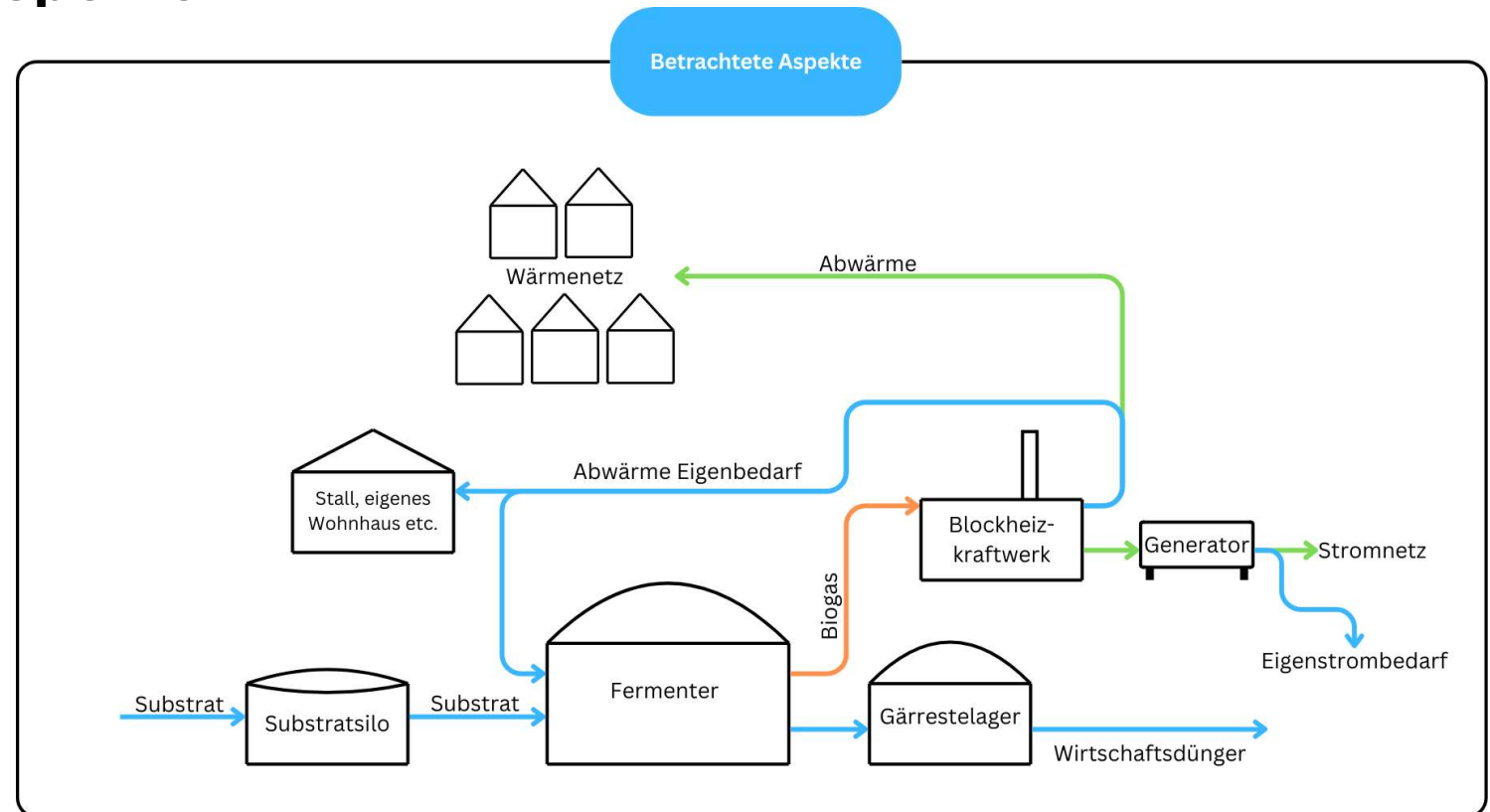


Biomethaneinspeisung

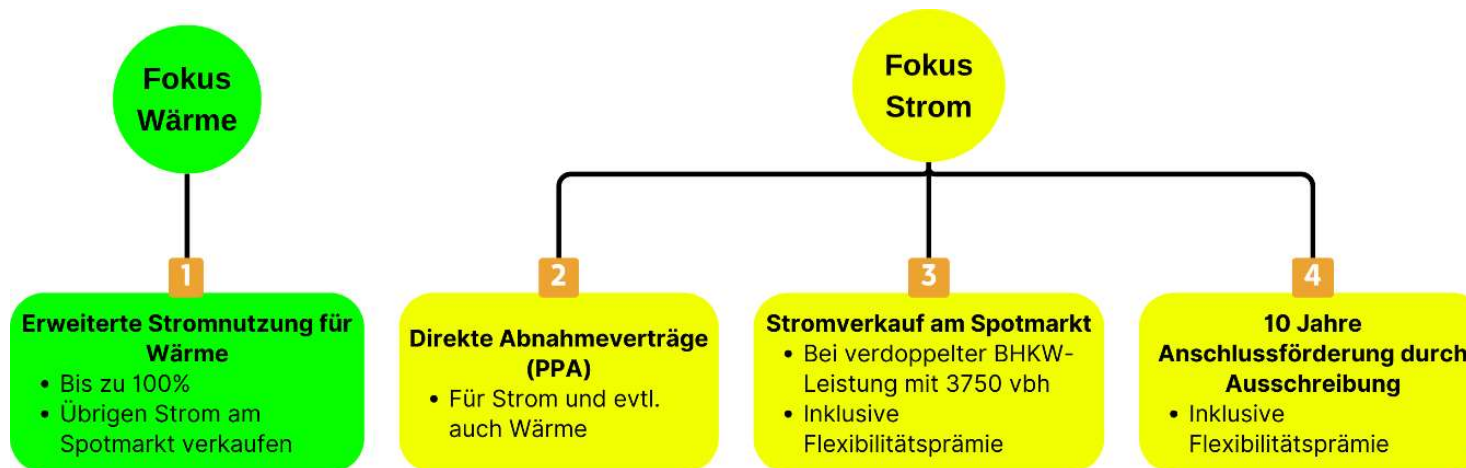


➤ Betrachtete Aspekte

- Blau:** Gegeben
- Grün:** Untersuchte Aspekte
- Orange:** Übergabepunkt



➤ **Eingrenzung auf 4 näher untersuchte Betriebskonzepte:**



Farbliche Darstellung für bessere Übersicht:

BK 1: Erweiterte Stromnutzung für Wärme
BK 2: Stromdirektlieferung (PPA)
BK 3: Stromverkauf am Spotmarkt
BK 4: 10-jährige Anschlussförderung nach EEG

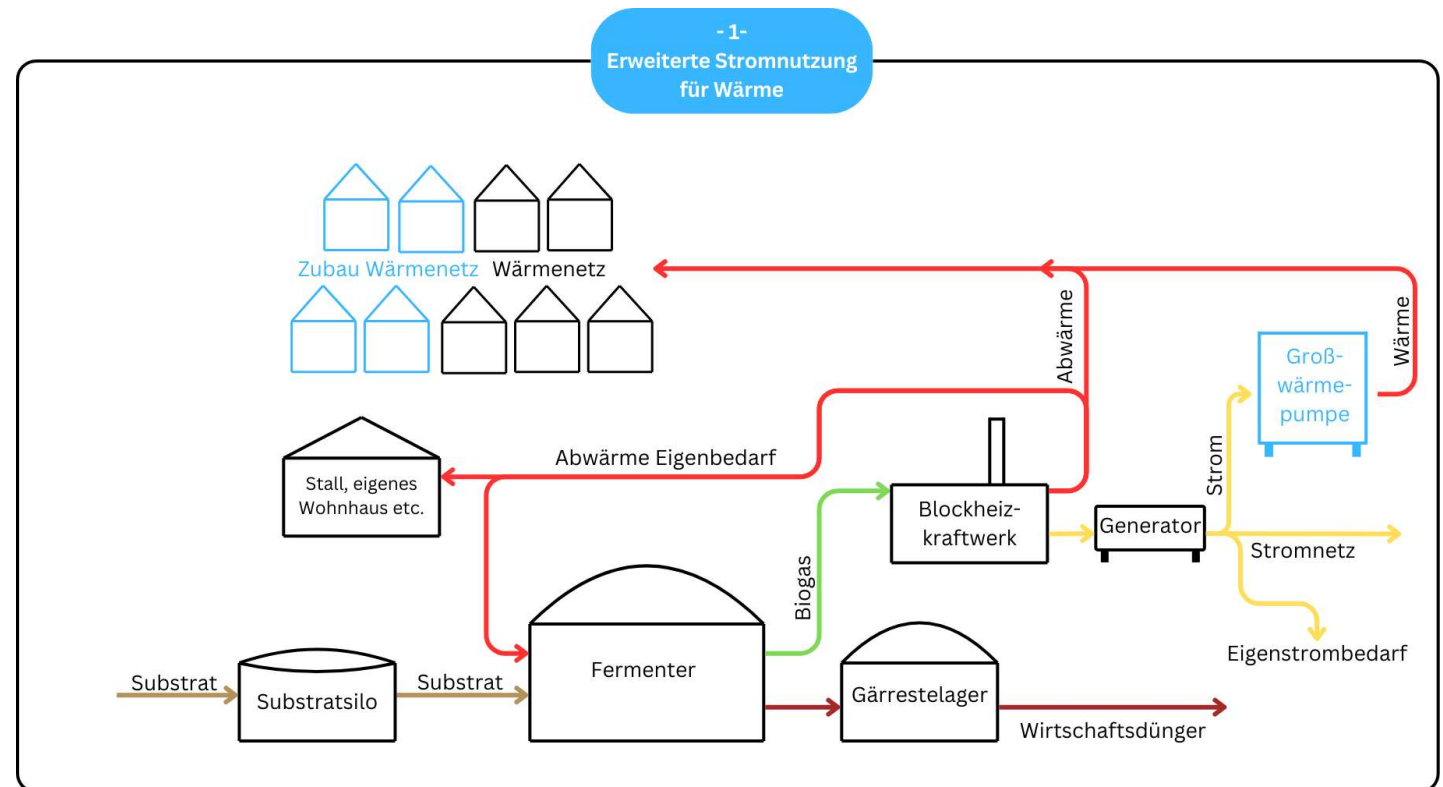
➤ Betriebskonzept 1: Erweiterte Stromnutzung für Wärme

Bauliche Veränderungen:

- Bau / Ausbau Wärmenetz
- Großwärmepumpe
- Wegfallende / verminderte Netzeinspeisung

Prinzip:

- Wärme aus Biogasverbrennung geht in Wärmekreislauf
- Strom wird in GWP in Wärme umgewandelt
- Arbeitszahl (COP) ca. 3



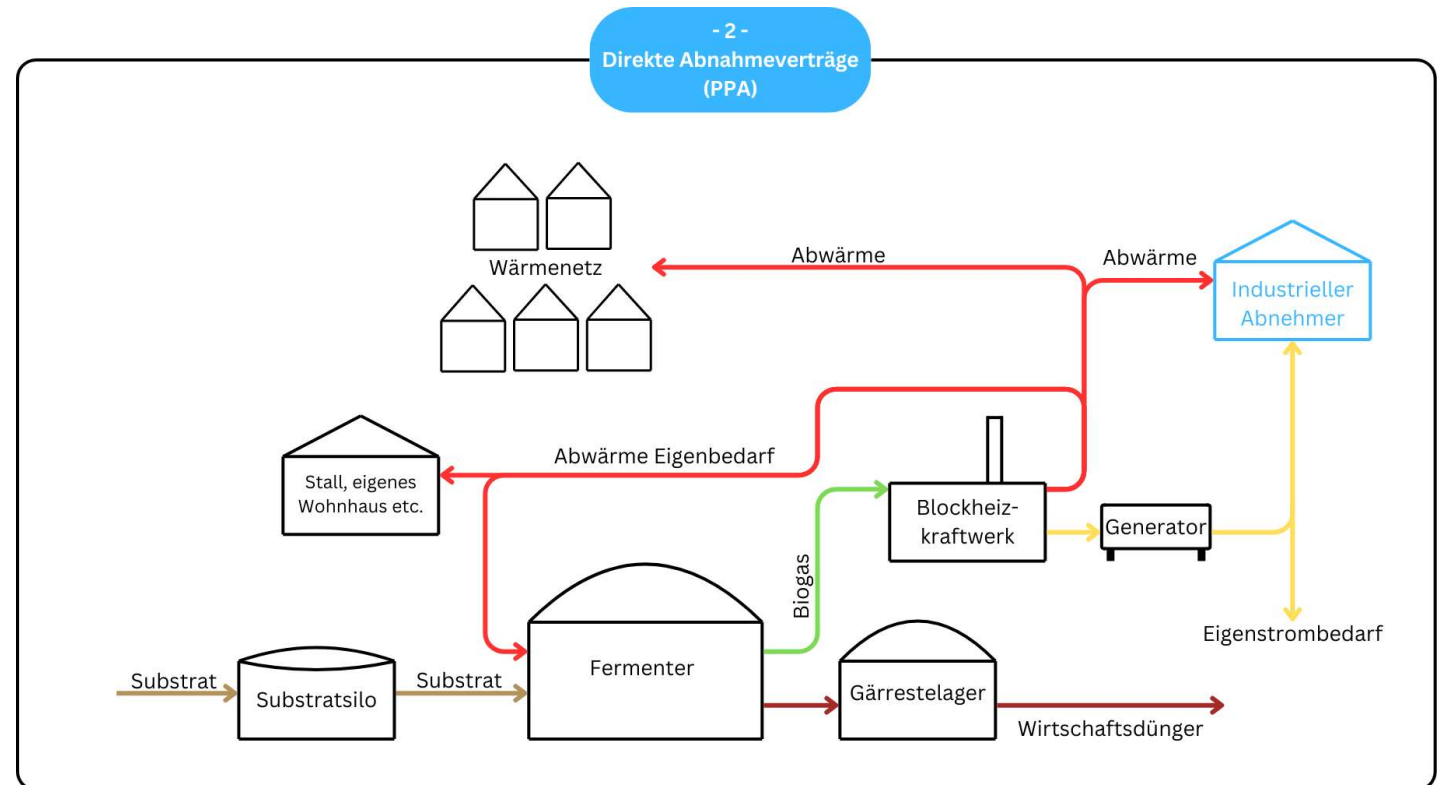
➤ Betriebskonzept 2: Direkte Abnahmeverträge (PPA)

Bauliche Veränderungen:

- Direktstromleitung
- Evtl. Direktwärmeleitung

Prinzip:

- Abnehmer wird kontinuierlich mit Strom versorgt
- Strom- (und Wärmeabnahme) über festen Preis



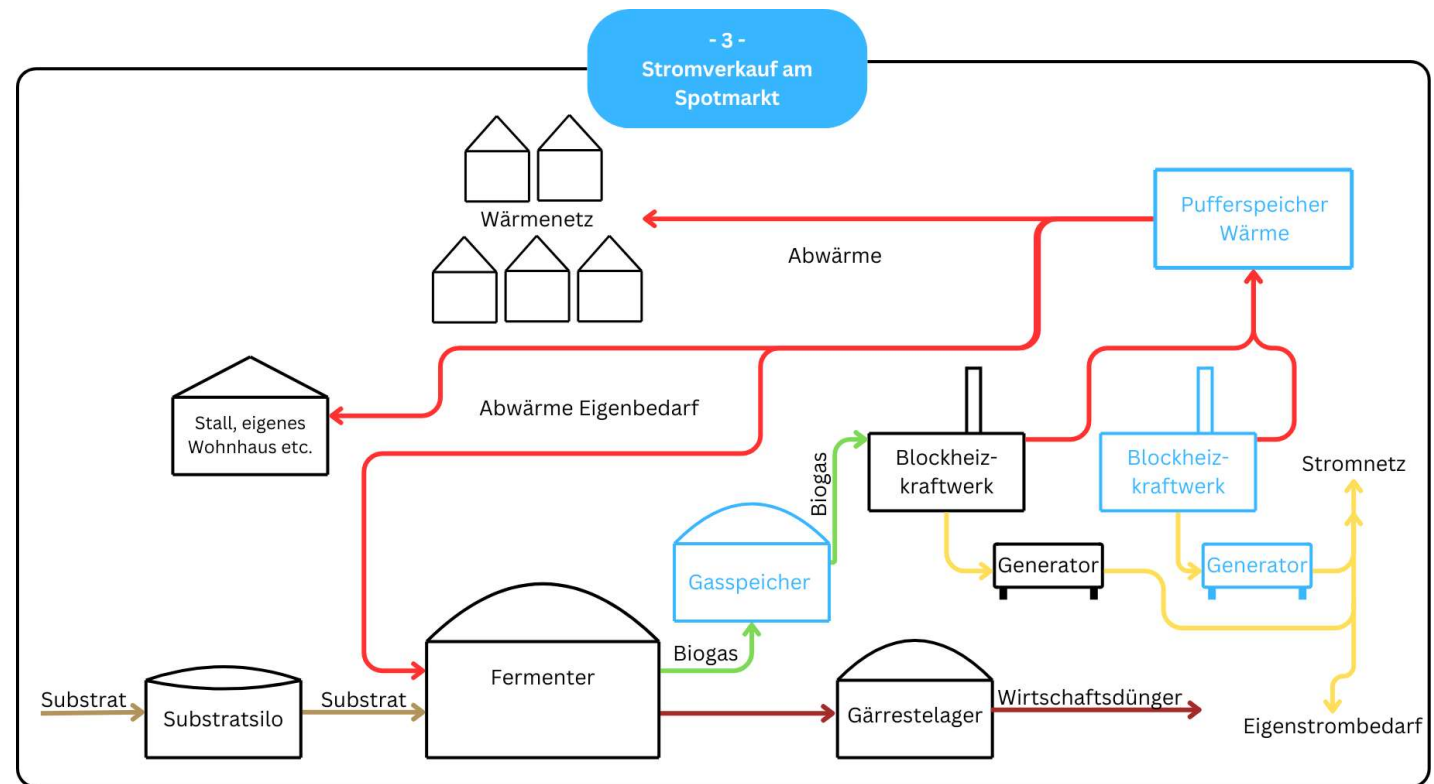
➤ Betriebskonzept 3: Stromverkauf am Spotmarkt

Bauliche Veränderungen:

- Zubau (Verdopplung) der BHKW-Leistung
- Pufferspeicher Wärme
- Gasspeicher

Prinzip:

- Flexibel: Doppelte Leistung über halbe Zeit
- Stromverkauf an Strombörse bei teuren Spotmarktpreisen
- 2024 durchschnittlich 8 ct/kWh, aber in teuersten 3750 Stunden 12 ct/kWh
- Erhalt der Flexibilitätsprämie (130 Euro/kW)



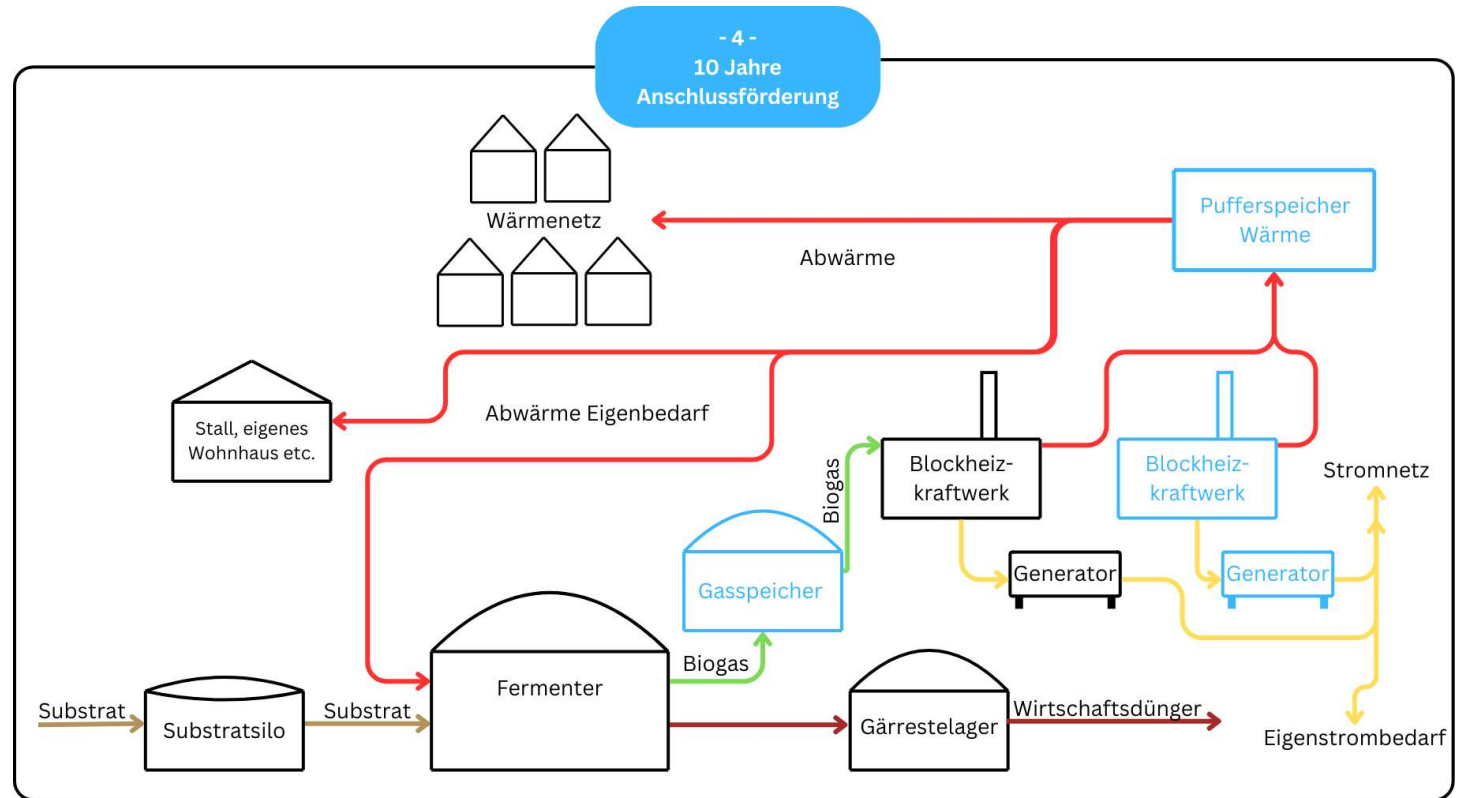
➤ Betriebskonzept 4: 10 Jahr Anschlussförderung durch EEG

Bauliche Veränderungen:

- Zubau (Verdopplung) der BHKW-Leistung
- Pufferspeicher Wärme
- Gasspeicher

Prinzip:

- Erneute Förderung durch EEG
- Verpflichtet zu Flexibilisierung
- Es darf im Jahresdurchschnitt nur 45% der installierten Leistung abgerufen werden (Bemessungsleistung)
- Erhalt der Flexibilitätsprämie (130 Euro/kW)



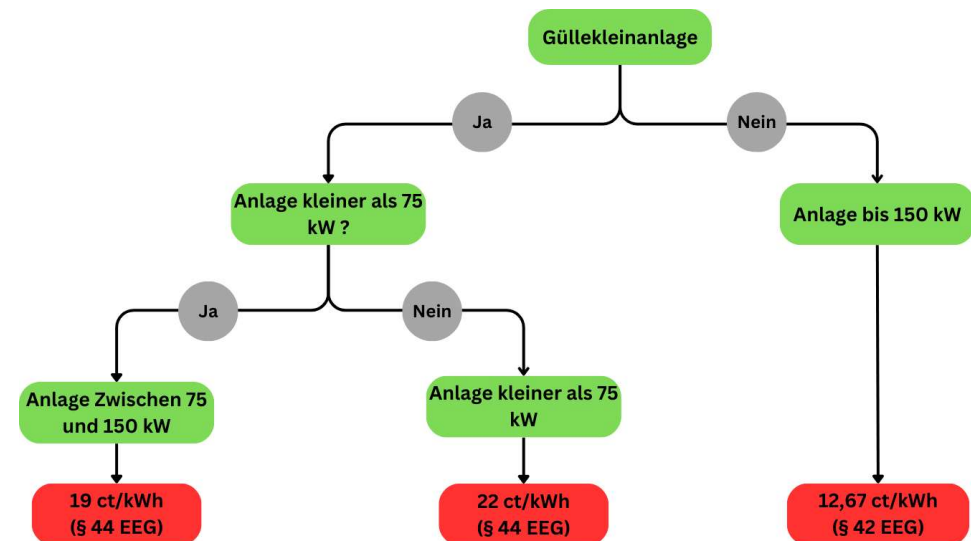
Weitere mögliche Betriebskonzepte:

Großanlagen:

- Biomethaneinspeisung
- Bio-CNG

Kleinanlagen:


- Kleinanlagen
- Güllekleinanlagen
- Vergärung von Bioabfällen
 - bis 500 kW 14,16 ct/kWh
 - bis 20 MW 12,41 ct/kWh





3. Bewertungssystem + Berechnungstool

- Zuerst Eingabe der notwendigen Anlagenparameter
- **Bewertung von Biogasanlagen in 3 Teilschritten**
 - **1. Schritt:** Umsetzbarkeit der Betriebskonzepte
 - **2. Schritt:** Wirtschaftlichkeitsrechnung
 - **3. Schritt:** Gewichtungskriterien und Priorisierung



❖ **1. Schritt: Umsetzbarkeit der Betriebskonzepte**

- Vorauswahl welche Betriebskonzepte unter den vorliegenden Bedingungen prinzipiell möglich sind
- Nicht umsetzbare Betriebskonzepte werden nicht weiter berücksichtigt

Bewertungsschritt 1: Umsetzbare Anlagenkonzepte:

Betriebskonzept	Möglich
1 - Erweiterte Wärmenutzung	Ja
2 - PPA	Nein
3 - Spotmarkt	Ja
4 - 10 Jahre Anschlussförderung	Ja

Anlagenskonzepte eingrenzen
 Bewertung zurücksetzen

❖ 2. Schritt: Wirtschaftlichkeitsrechnung

- Wirtschaftlichkeitsrechnung mit gängigen wirtschaftlichen Kennzahlen
 - Bewertung anhand statischen Gewinns im 1. Jahr

- Sortierung aller Betriebskonzepte anhand statischen Gewinns →
- Sortierung der umsetzbaren Betriebskonzepte (1. Schritt) anhand statischen Gewinns (untere Tabelle) →

Bewertungsschritt 2: Wirtschaftlichkeitsrechnung

Ranking Wirtschaftlichkeit:		
Platzierung	Betriebskonzept	Statischer Gewinn
1.	4 - 10 Jahre Anschlussförderung	364.208,68 €
2.	1 - Erweiterte Wärmenutzung	195.505,22 €
3.	2 - PPA	141.763,34 €
4.	3 - Spotmarkt	117.372,43 €

Ranking Wirtschaftlichkeit - Umsetzbare Konzepte:		
Platzierung	Betriebskonzept	Statischer Gewinn
1.	4 - 10 Jahre Anschlussförderung	364.208,68 €
2.	1 - Erweiterte Wärmenutzung	195.505,22 €
3.	3 - Spotmarkt	117.372,43 €
4.		

Wirtschaftlichkeit Berechnen

Ranking Zurücksetzen

❖ 3. Schritt: Gewichtungskriterien

- Bewertung anhand **6 Gewichtungskriterien**
 - **1-5 Punkte pro Kriterium** (10 bei Wirtschaftlichkeit)
 - **35 Punkte** gesamt
 - Kriterien 1+2 werden berechnet, 3-6 sind festgelegt
- Priorisierung der Ergebnisse
 - **Priorisierung** der Kriterien (**0 bis 3**) durch Betreiber
 - Insgesamt bis zu **105 Punkte**

Bewertungsschritt 3 - Gewichtungskriterien					
Gewichtungskriterien:	Punkte des Konzepts [1 bis 5, Wirtschaftlichkeit 1 bis 10]				Gewichtung des Betreibers [0 bis 3]
	1 - Erweiterte Wärmenutzung	2 - PPA	3 - Spotmarkt	4 - 10 Jahre Anschlussförderung	
1 - Wirtschaftlichkeit	7	4	1	10	2
2 - Investitionskosten	1	2	5	5	2
3 - Komplexität der Veränderungen	2	4	3	3	2
4 - Sicherheit für Betrieb und Preise	3	5	2	5	2
5 - Mögliche Laufzeit des Konzepts	4	4	3	2	2
6 - Netzentlastung (Strom)	3	5	4	4	2
Gesamt:	20	24	18	29	
Gewichtungskriterien inklusive Priorisierung:	Gesamtpunkte des Konzepts				
	1 - Erweiterte Wärmenutzung	2 - PPA	3 - Spotmarkt	4 - 10 Jahre Anschlussförderung	
1 - Wirtschaftlichkeit	14	8	2	20	
2 - Investitionskosten	2	4	10	10	
3 - Komplexität der konzeptionellen Veränderungen	4	8	6	6	
4 - Sicherheit für Betrieb und Preise	6	10	4	10	
5 - Mögliche Laufzeit des Konzepts	8	8	6	4	
6 - Netzentlastung (Strom)	6	10	8	8	
Gesamt:	40	48	36	58	

4. Festgelegte Parameter

- Technische und planerische Daten werden eingegeben (Eingabemaske)
- Generalüberholung und Erneuerung des BHKW vorgesehen
- **Produktionskosten (Ausgaben):**
 - Bisherige **Betriebskosten** werden in Eingabemaske eingegeben
 - **Investitionskosten** und **zusätzliche Betriebskosten** werden anhand eingegebener Daten berechnet

- **Einnahmen:**

- Wärme: $11 \frac{ct}{kWh}$
- Gärreste: $10 \frac{€}{t}$
- Flexibilitätsprämie: $130 \frac{€}{kW}$

Verkaufspreise für Strom		
BK	Preis [ct/kWh]	Vermarktungsart
1	12,00	Spotmarkt (3750 teuerste Stunden)
2	14,00	Direktleitung
3	12,00	Spotmarkt (3750 teuerste Stunden)
4	17,93	EEG-Marktprämie

5. Musteranlage

- Generalüberholung und Erneuerung des BHKW (ca. 20 % Ertragssteigerung)
- Investitionskosten aus spezifischen Investitionskosten berechnet

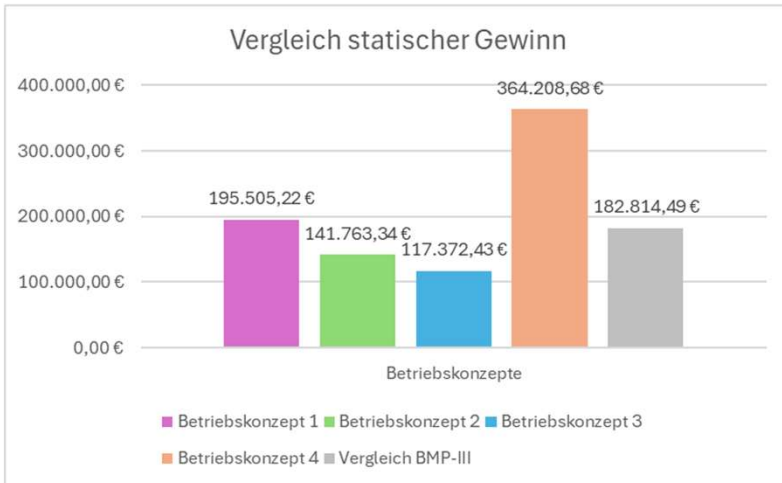
Anlagendaten (aus BMP-II, Inflation berücksichtigt):

Umgebungsbedingungen:

- Erhöhter **Wärmebedarf** (500 m Abstand)
- Potenzieller **Stromabnehmer** (3000 m Leitungslänge)
- **Bereitschaft zur Investition**
- **Mais- und Getreideanteil** unter 30 %

Substrat	Masseanteil [%]	Menge [t/a]
Mais	21,05	3.000
Gülle	56,14	8.000
Getreide	8,77	1.250
Grassilage	14,04	2.000

Technische Anlagendaten		
Elektrische Leistung	500	kW
Thermische Leistung	500	kW
Vollbenutzungsstunden	7500	h
Eigenstrombedarf	7,9	%
Eigenwärmebedarf	11,5	%
Jahresstromertrag	3.453.750	kWh
Jahreswärmeertrag	3.318.750	kWh
Wärmebedarf alt und neu	3.000.000 6.000.000	kWh
Wirkungsgrad alt und neu	36,5 und 43,2	%



Alle Ergebnisse zeigen die gleiche Tendenz:

Posten	1	2	3	4
Total Investment (TI)	1.035.223,93 €	1.102.642,68 €	991.051,79 €	991.051,79 €
Kapitalrendite (ROI)	18,89%	12,86%	11,84%	36,75%
Statische Amortisation	3,41	4,29	4,47	2,12
NPV (Dynamisch)	1.435.581,23 €	986.197,69 €	808.876,92 €	2.814.893,00 €
Interne Zinsfuß (IRR)	27,86%	20,52%	19,30%	47,66%
Statischer Gewinn	195.505,22 €	141.763,34 €	117.372,43 €	364.208,68 €

- **Betriebskonzept 4** mit Abstand **beste Ergebnisse**
- Betriebskonzepte 1 und 2 ebenfalls gut, aber an Bedingungen geknüpft
- **Betriebskonzept 3** mit **schlechtesten Ergebnissen** und hoher Unsicherheit
- **Ergebnisse sehr individuell**

Gewichtungskriterien:	Punkte des Konzepts [1 bis 5, Wirtschaftlichkeit 1 bis 10]			
	1 - Erweiterte Wärmenutzung	2 - PPA	3 - Spotmarkt	4 - 10 Jahre Anschlussförderung
1 - Wirtschaftlichkeit	7	4	1	10
2 - Investitionskosten	2	1	5	5
3 - Komplexität der konzeptionellen Veränderungen	2	4	3	3
4 - Sicherheit für Betrieb und Preise	3	5	2	5
5 - Mögliche Laufzeit des Konzepts	4	4	3	2
6 - Netzentlastung (Strom)	3	5	4	4
Gesamt:	21	23	18	29

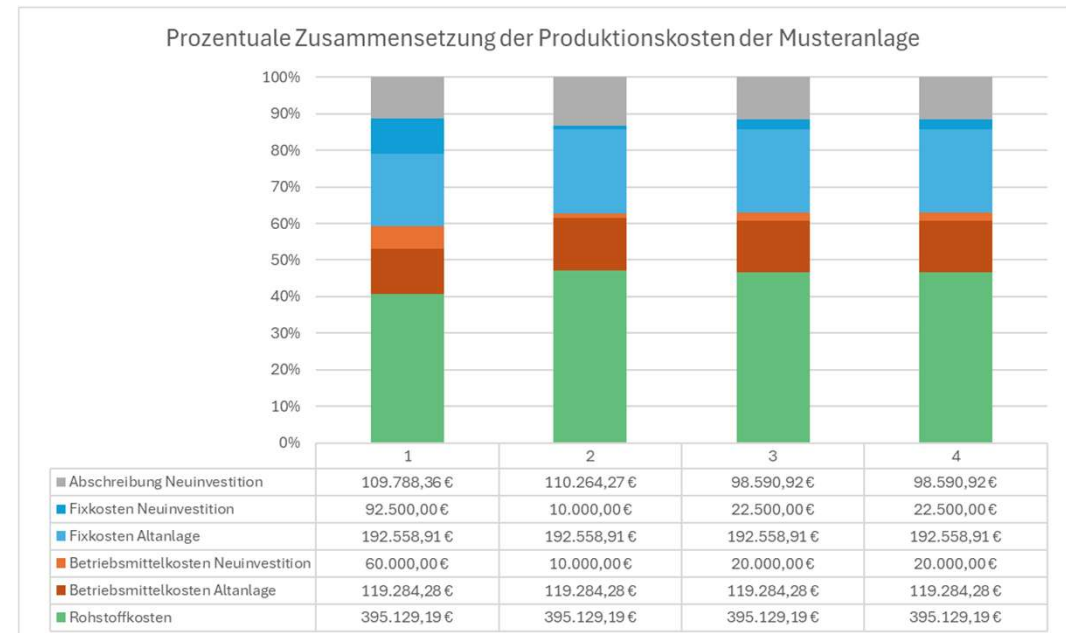
Entscheidende Faktoren

❖ Produktionskosten

- Einfluss der Abschreibung gering (12-13 %)
- Substrate knapp 50 % der Produktionskosten
 - Art der Substrate entscheidend, da deren Kosten stark variieren
- Fixkosten ca. 20-30 %
- Betriebsmittelkosten 14-18 %

Produktionskosten hängen hauptsächlich von OPEX ab!

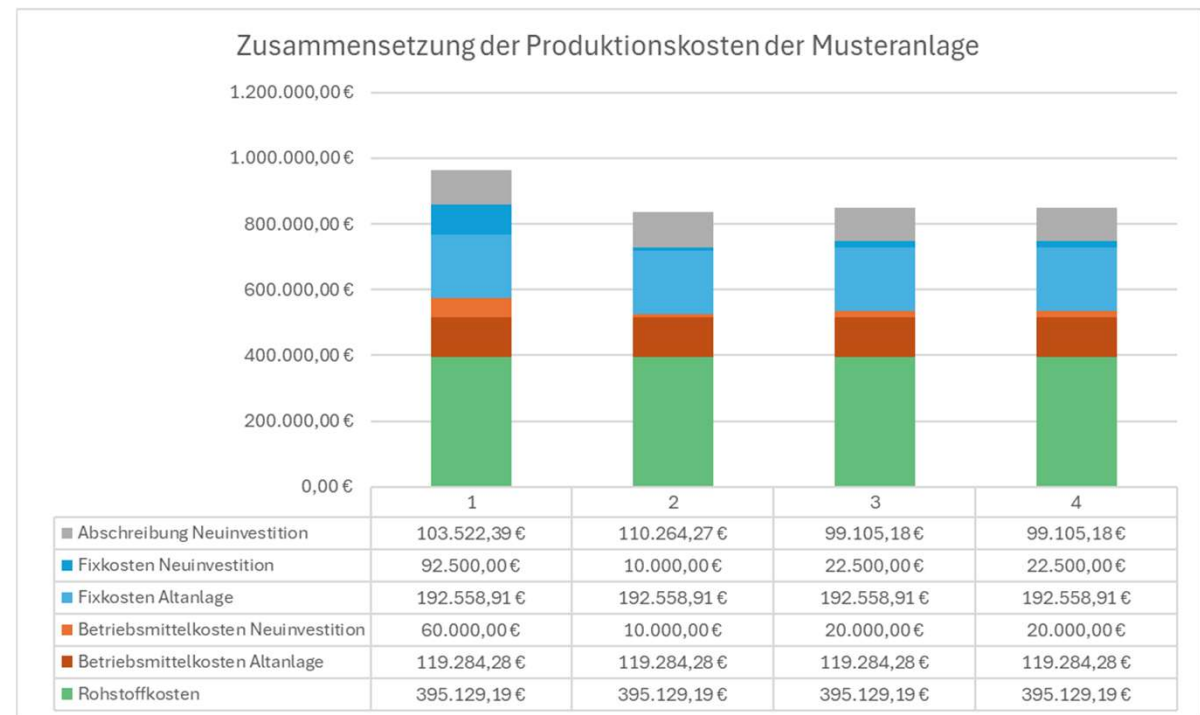
Prozentuale Zusammensetzung der Produktionskosten der Musteranlage



Entscheidende Faktoren:

❖ Produktionskosten

- Ähnlich von 835.000 bis 960.000 €/Jahr
- BK 1 hat die höchsten Produktionskosten



Allgemein entscheidende Faktoren

❖ Produktionskosten

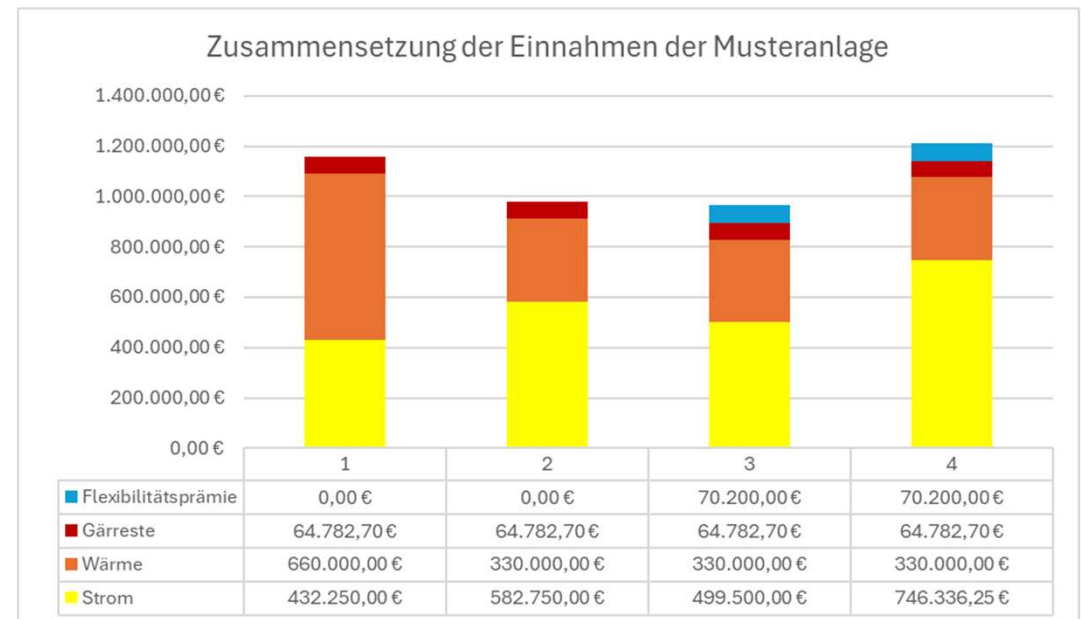
- 20 % Preissteigerung bei Betriebsmittel- und Fixkosten und Substratkosten würden zu großen Gewinneinbußen führen:

Ranking Wirtschaftlichkeit: Einfluss Betriebs-, Fixkosten und Substratkosten		
Platzierung	Betriebskonzept	Statischer Gewinn
1.	4 - 10 Jahre Anschlussförderung	219.802,70 €
2.	1 - Erweiterte Wärmenutzung	19.576,55 €
3.	2 - PPA	2.024,46 €
4.	3 - Spotmarkt	-27.212,03 €

Entscheidende Faktoren

❖ Einnahmen

- Von 964.000 bis 1.157.000 €/Jahr
- BK 1 und 2 mit Vorteilen

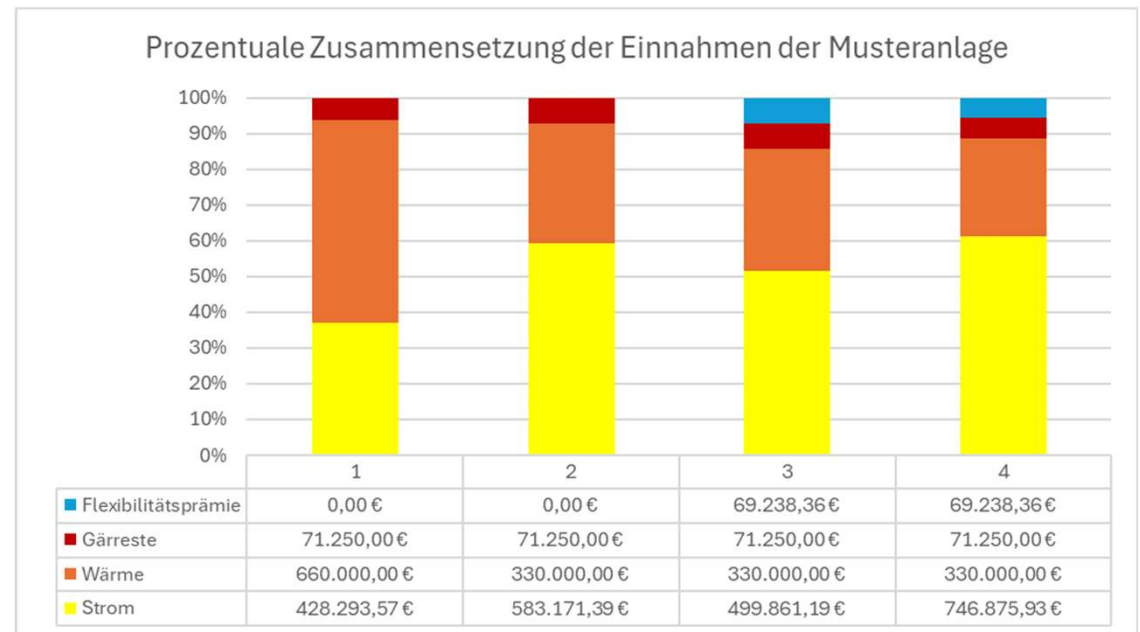


Entscheidende Faktoren

❖ Einnahmen

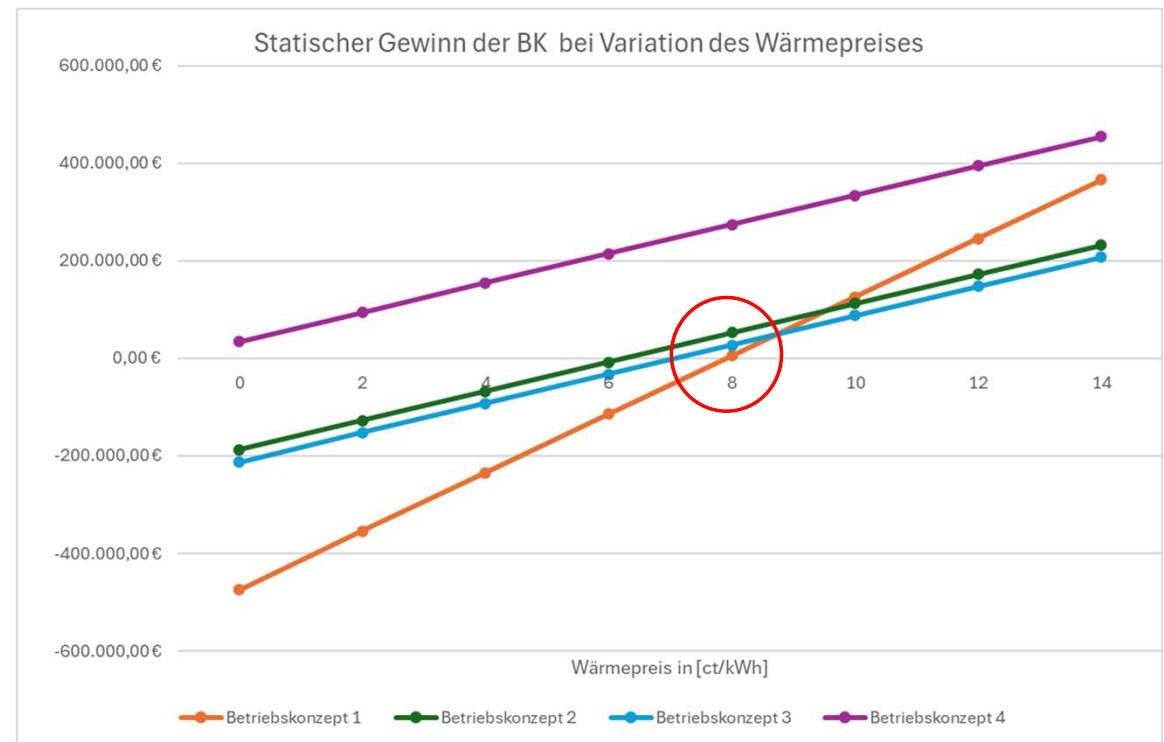
- Strompreis vom Betriebskonzept abhängig
- Flexibilitätsprämie und Verkauf von Gärresten können Gewinne entscheidend verbessern

Einnahmen sind hauptsächlich von Strom- und Wärmepreis abhängig!



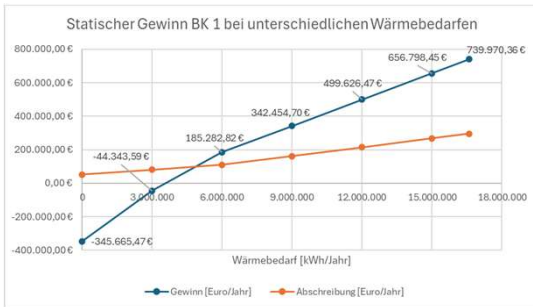
❖ Wärmepreis essenziell

- Gewinne bei Betriebskonzept 1-3 ab etwa. $8 \frac{ct}{kWh}$
- Ohne Wärmenutzung kaum ein wirtschaftlicher Betrieb möglich



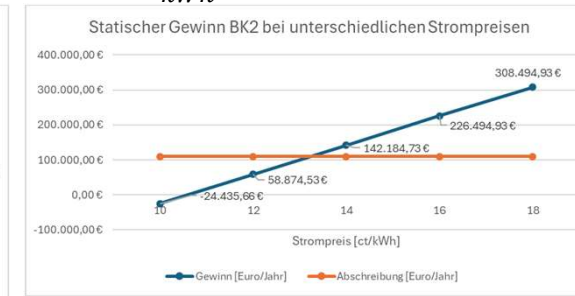
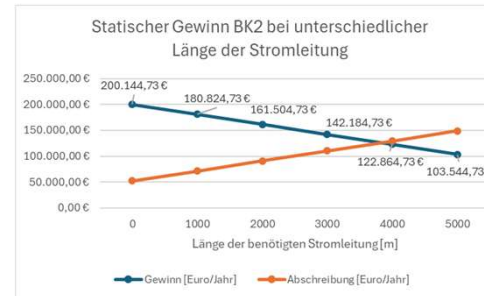
□ Betriebskonzept 1:

- Wärmebedarf – Gewinn ab 4. mio. kWh/Jahr
- Entfernung zum Abnehmer relevant



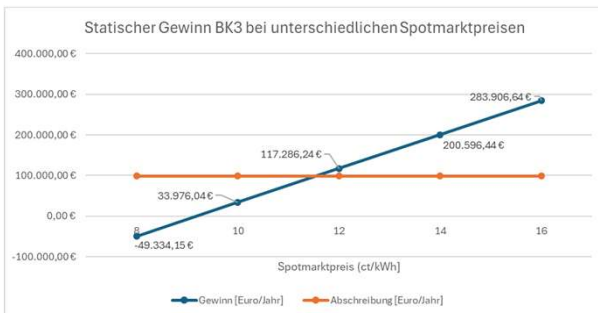
□ Betriebskonzept 2:

- Länge der Stromleitung relevant, aber nicht entscheidend
- Strompreis entscheidend, Gewinn ab $11 \frac{ct}{kWh}$



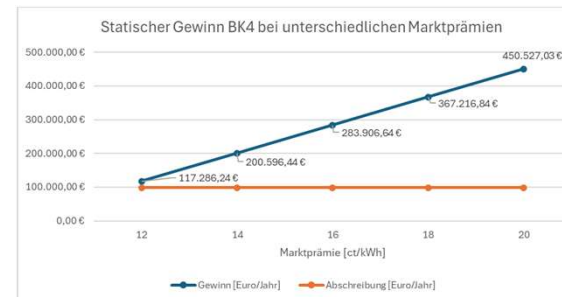
□ Betriebskonzept 3:

- Spotmarktstrompreis entscheidend, Gewinn ab $9 \frac{ct}{kWh}$



□ Betriebskonzept 4:

- Höhe der Marktprämie relevant



6. Fazit und Ausblick

Fazit

- **Alle Betriebskonzepte prinzipiell wirtschaftlich umsetzbar**
 - Priorisierung und Gewichtungsfaktoren können zu Entscheidung führen
- **Bei einigen BGA wird kein Betriebskonzept in Frage kommen**
- **Verkauf von Wärm ist idR. essenziell**
- **Betriebskonzept 1**
 - Wärmebedarf erforderlich
 - Bei hohen Wärmebedarfen sehr gut
- **Betriebskonzept 2**
 - Strom- und Wärmeabnehmer erforderlich
- **Betriebskonzept 3**
 - Hohe Unsicherheit, Wirtschaftlichkeit schwierig
- **Betriebskonzept 4**
 - Deutlich am besten

Chancen

- Höheres **Ausschreibungsvolumen**
- **Kommunale Wärmeplanung**
 - Viele Kommunen planen aktuell Neubau und Ausbau von Wärmenetzen
- Mögliche GEG-Änderung: „**Biogastreppe**“
 - Könnte Biogasbedarf und –preise deutlich erhöhen
- Steigender Bedarf von planbarer **EE-Stromerzeugung** durch Wind & PV

Herausforderungen

- **Verpflichtende Überbauung** (Bemessungsleistung)
- **Maisdeckel**
- Große Konkurrenz durch **Überzeichnung der Ausschreibungen**
- **Wirtschaftlichkeit** ggfs. problematisch

Das ist Eurowind Energy

Gegründet in

2006

Gründer

JENS RASMUSSEN
SØREN RASMUSSEN
JAKOB K. KORTBÆK

Mitarbeitende

+ 700

Geschäftsleitung

CEO JENS RASMUSSEN
CFO SØREN BÆK JUST

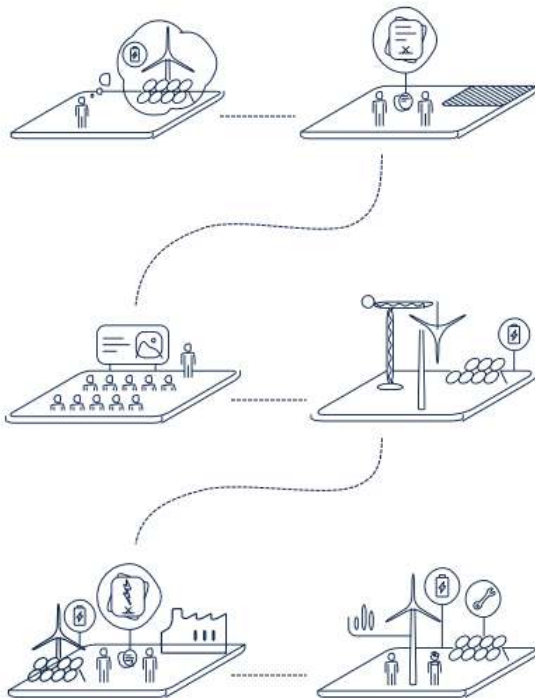
Länder

16

Firmenzentrale

Mariagervej 58 B
9500 Hobro
Denmark

Wir entwickeln, bauen und setzen um



2006

Gegründet

+34

Nationalitäten

1,3 GW

In Betrieb

16

Märkte

> 700

Mitarbeiter

58 GW

Pipeline (Gross)

Unsere Standorte in Deutschland

Eurowind Energy GmbH
Stahlwiete 21a
22761 Hamburg

Eurowind Energy GmbH
Unterm Bornrain 2
35091 Marburg / Cölbe

Eurowind Energy GmbH
August-Bebel-Straße 48
16816 Neuruppin

Eurowind Energy GmbH
Marie-Curie-Ring 31
24941 Flensburg

Eurowind Energy GmbH
Ferdinand-Rhode-Straße 20
04107 Leipzig

Eurowind Energy GmbH
Deutsche-Med-Platz 2
18057 Rostock





Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

Kontakt Daten:



Jonathan Möschet
Werkstudent Projektentwicklung
Email: jme@eurowindenergy.com

**Eurowind
Energy**TM

Stefan Franke
Büroleiter Marburg
Email: sfr@eurowindenergy.com
Telefon: 06421 380-2113

