



# Biomethan und Wasserstoff für Sektorkopplung und Klimaschutz – Ergebnisse des Projekts “Grünes Gas”

Christian Remy  
51. Berliner Wasserwerkstatt

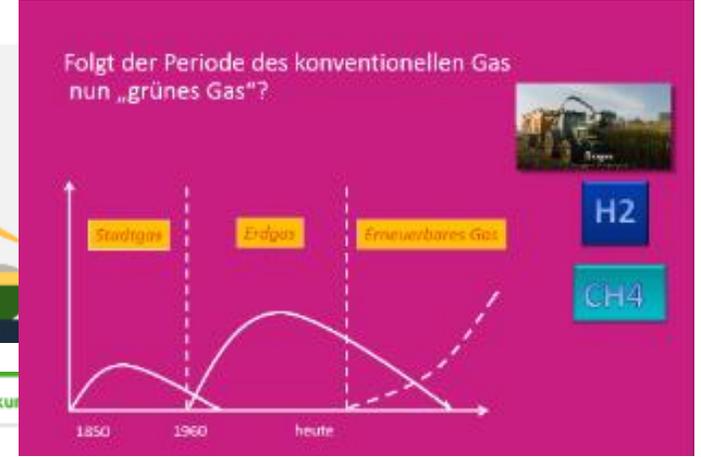


# Inhalt

- 01** Einführung  
Hintergrund, Ziele, Vorgehen
- 02** Fallstudien  
Klärwerk Schönerlinde  
Biogasanlage Bardowick  
Freiwillige Feuerwehr Frohnau
- 03** Potential für Berlin
- 04** Zusammenfassung

# Einführung

# Motivation für das Projekt "Grünes Gas"



## Grünes Erdgas in Deutschland

Dass Gas immer grüner wird, beweist die Deutschland Energie- und Wasserwirtschaft.

Die interaktive Karte zeigt grüne Projekte in Deutschland, die grüner werden lassen. Dazu gehören Power-to-Gas-Anlagen sowie Tankstellen, an denen Biogas erhältlich ist.

Bei Klick auf das Icon werden weitere Informationen verfügbar. Zusätzlich können die Bundesländer einzeln abgerufen werden.

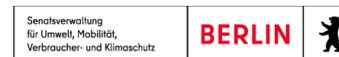
## Wasserstoff: Die Farbenlehre (ohne Gewähr)



# Projektziele und Förderung



- Beitrag zum Klimaschutz durch Produktion „grüner“ Gase
  - Szenarien für Sektorkopplung mit Praxispartnern entwickeln
  - Prüfung technischer, rechtlicher, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte
  - Bestimmung der Potentiale für Berlin
- 
- Förderung: Berliner Programm für Nachhaltige Entwicklung (#1292-B5-0)
  - Laufzeit: 15.06.2020 – 28.02.2022
  - Zusammenarbeit mit Praxispartnern (+ Sponsoring)



# Vorgehen im Projekt

- 1) Szenarienentwicklung für Fallstudien
- 2) Technologierecherche → Eingangsdaten
- 3) Simulation mit Energiemodell → Energiebilanzen
- 4) Bewertung → CO<sub>2</sub>e- und Kostenbilanz
- 5) Management + Kommunikation

# Fallstudien

# Fallstudie: Klärwerk Schönerlinde

Klärwerk für >800.000 Einwohnerwerte

- Strombedarf > 24 GWh/a
- Hoher Wärmebedarf (u.a. Heizung Faultürme)

Energiequellen:

- Faulgas aus Klärschlamm (~ 8 Mio m<sup>3</sup>/a)
- Windräder (3 x 2 MW Nennleistung)

Energieerzeugung aktuell:

- Mikrogasturbinen
- BHKW
- Heizkessel



Quelle: BWB 2021c

# Zukünftige Entwicklung am Standort

- Ausbau des Klärwerks = mehr Abwasser
- Neue Verfahrensstufen (Ozonung, Flockungsfiltration)
- Außerbetriebnahme Schlamm-trocknung
- Ersatz Mikrogasturbinen

→ Wie sieht eine optimale Energienutzung/-versorgung des Klärwerks Schönerlinde in naher Zukunft (2026) aus?



Quelle: BWB 2019

# Technologie zur Gasnutzung bzw. Erzeugung



- BHKW: Erzeugung von Strom und Wärme aus Biogas
- Aminwäsche: Aufbereitung von Biogas  
→ Trennung in CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> (= „Biomethan“)
- Elektrolyse: H<sub>2</sub>O + EE-Strom → H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> + Wärme
- Methanisierung: 4H<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O

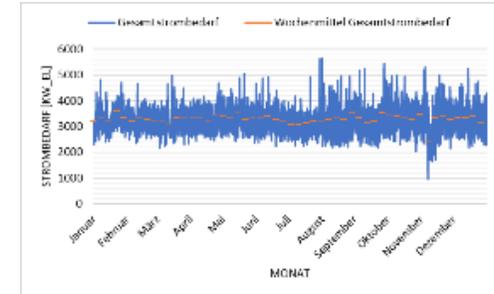
# Definition der Szenarien

Szenario	Referenz: neue BHKW	Aminwäsche		Elektrolyse			Aminwäsche + Elektrolyse + Methanisierung		
Windkraft	6 MW	6 MW	6 MW	6 MW	6 MW	6 MW	6 MW	6 MW	6 MW
BHKW (Steuerung)	3,3 MW (Gas)	3,3 MW (Strom)	-	3,3 MW (Gas)	3,3 MW (Gas)	3,3 MW (Gas)	-	3,3 MW (Strom)	3,3 MW (Strom)
Amin- wäsche	-	500 m <sup>3</sup> /h	1000 m <sup>3</sup> /h	-	-	-	1000 m <sup>3</sup> /h	500 m <sup>3</sup> /h	200 m <sup>3</sup> /h
Elektrolyse (Steuerung)	-	-	-	4 MW (ÜS WEA)	1 MW (konstant)	1 MW (Last- profil)	1 MW (Last- profil)	1 MW (Last- profil)	1 MW (Last- profil)
Methan- isierung	-	-	-	-	-	-	80 m <sup>3</sup> /h	80 m <sup>3</sup> /h	80 m <sup>3</sup> /h
Produkt	-	Biomethan		Wasserstoff + Sauerstoff			Biomethan + Sauerstoff		
Nutzung	-	Einspeisung Gasnetz		Einspeisung Gasnetz (H <sub>2</sub> )			Einspeisung Gasnetz		

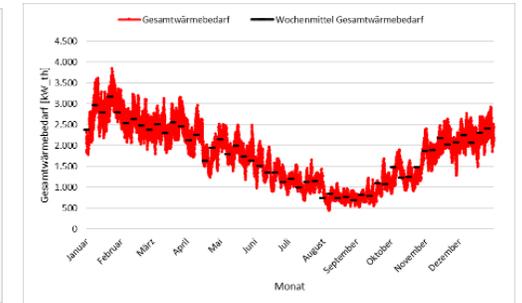
# Dynamische Modellierung (MS Excel)

- Betriebsdaten (BWB 2019)
- Umrechnung auf Bezugsjahr 2026
- Abbildung neuer Aggregate
- Bilanzierung:
  - Eigendeckung Strom und Wärme
  - Einspeisung und Bezug Strom/Gas
  - Speicherstände, Auslastung, ...
- Ergebnis:
  - Größe der Aggregate, Auslastung
  - Jahressummen: Energiebilanz, daraus CO<sub>2</sub>e-Bilanz und Kostenbetrachtung

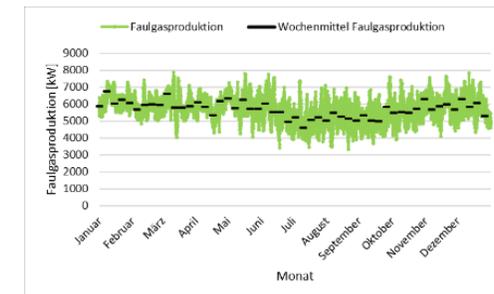
## Strombedarf



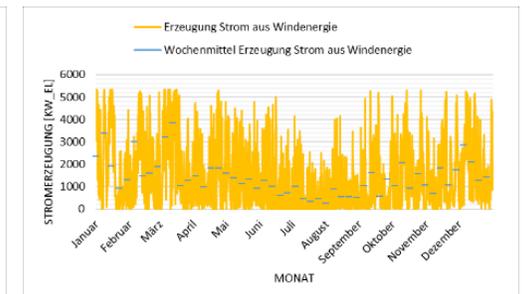
## Wärmebedarf



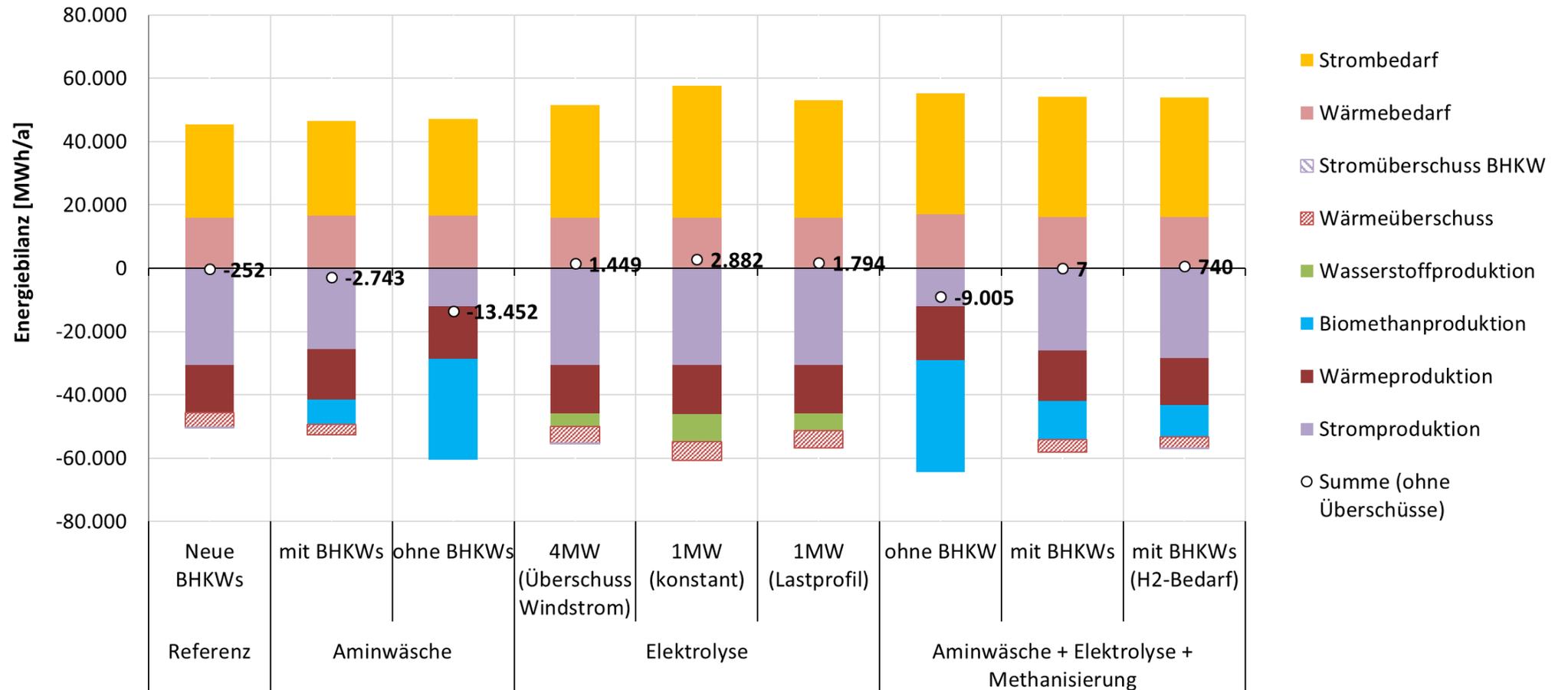
## Faulgasanfall



## Windstrom

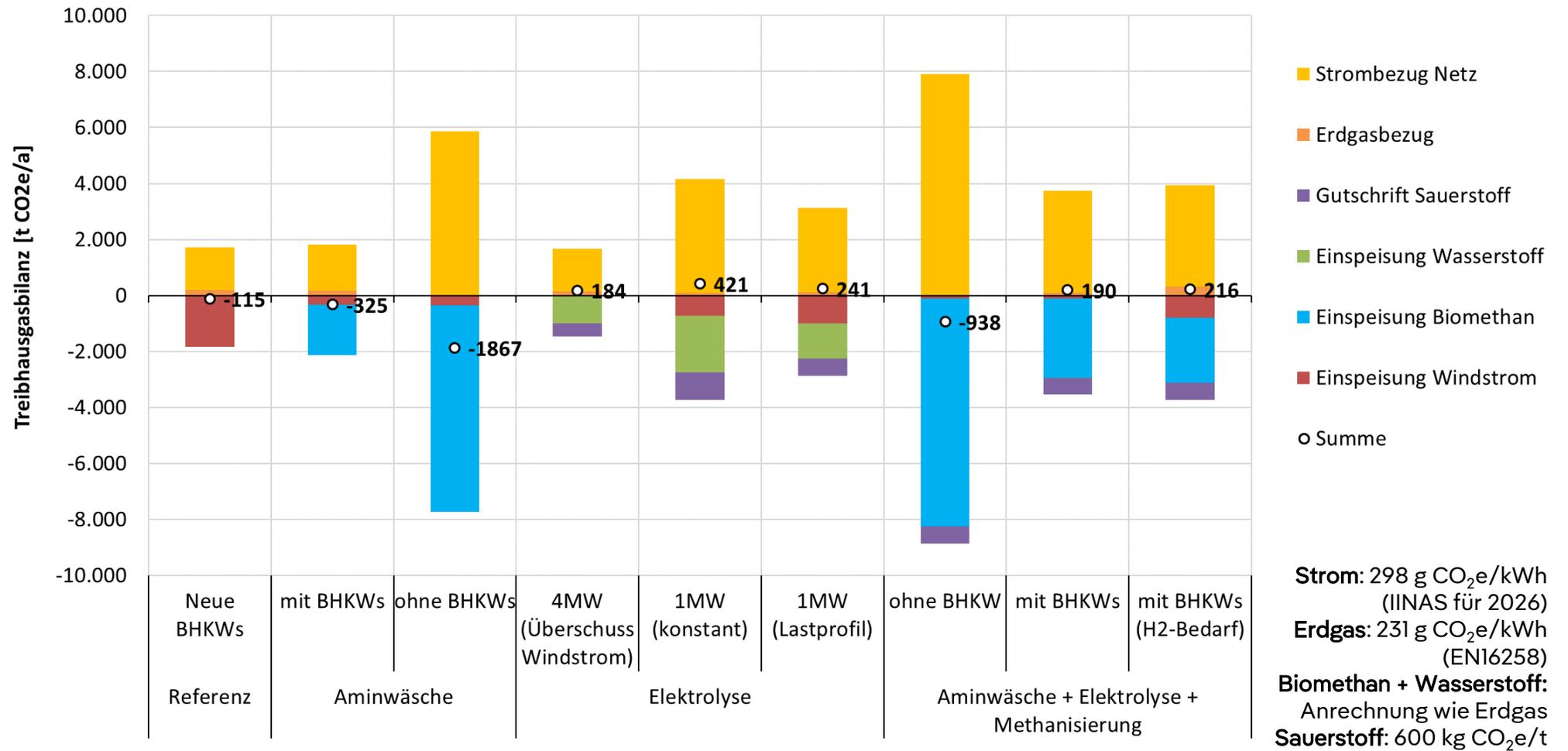


# Energiebilanz für alle Szenarien

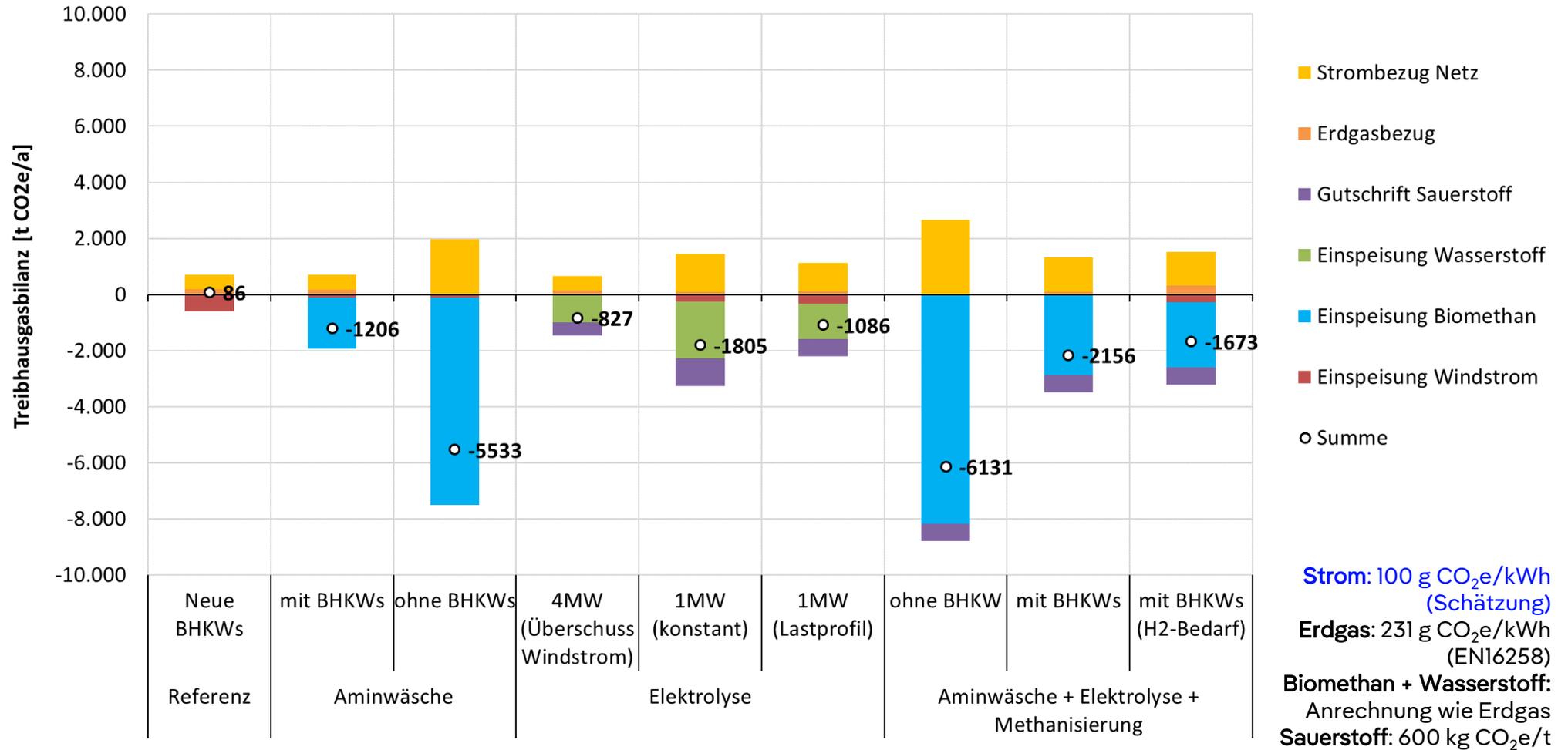


Bilanzgrenze: Klärwerk

# CO<sub>2</sub>e-Bilanzen für alle Szenarien (2026)



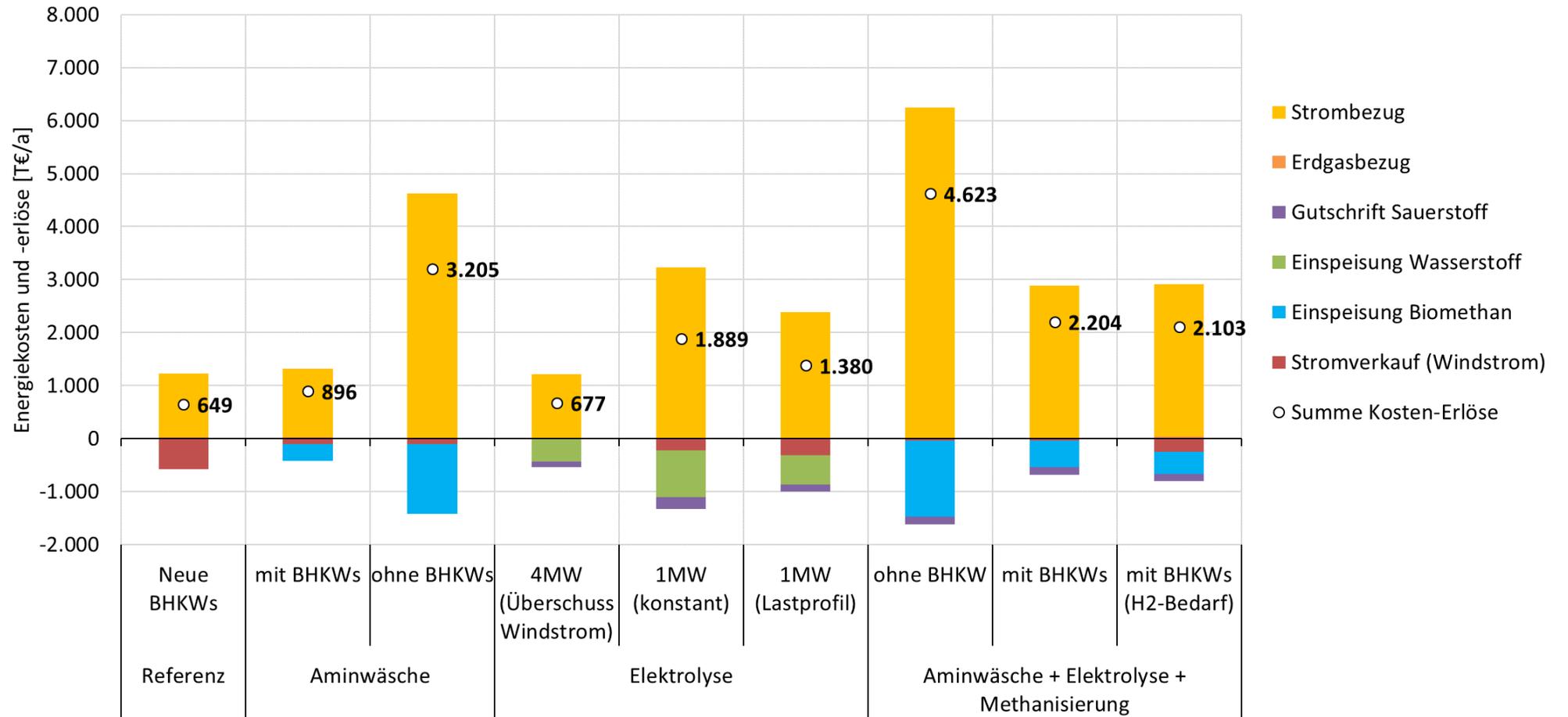
# CO<sub>2</sub>e-Bilanzen für alle Szenarien (2035+)



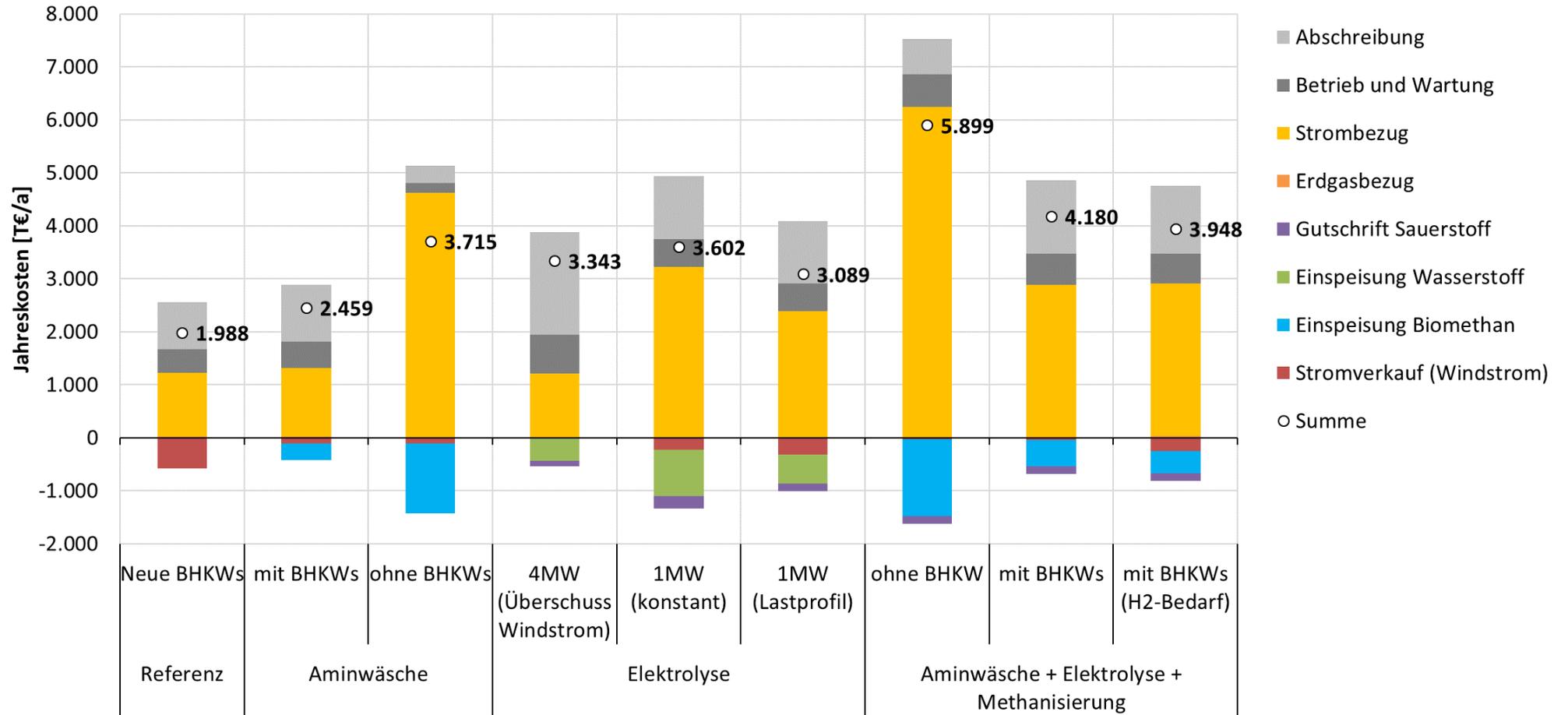
# Übersicht Preisfaktoren (2026)

Komponente	Preisfaktor	Einheit	Quelle
Strombezug	235	€/MWh	Prognose BWB
Einspeisung Windstrom	94	€/MWh	EE-Vergütung (bis 2032)
Erdgasbezug	30	€/MWh	Schätzung
Einspeisung Biomethan	41	€/MWh	Erdgas + CO <sub>2</sub> -Faktor (BEHG 2026)
Einspeisung Wasserstoff	100	€/MWh	Schätzung KWB
Gutschrift Sauerstoff	140	€/t	KWB

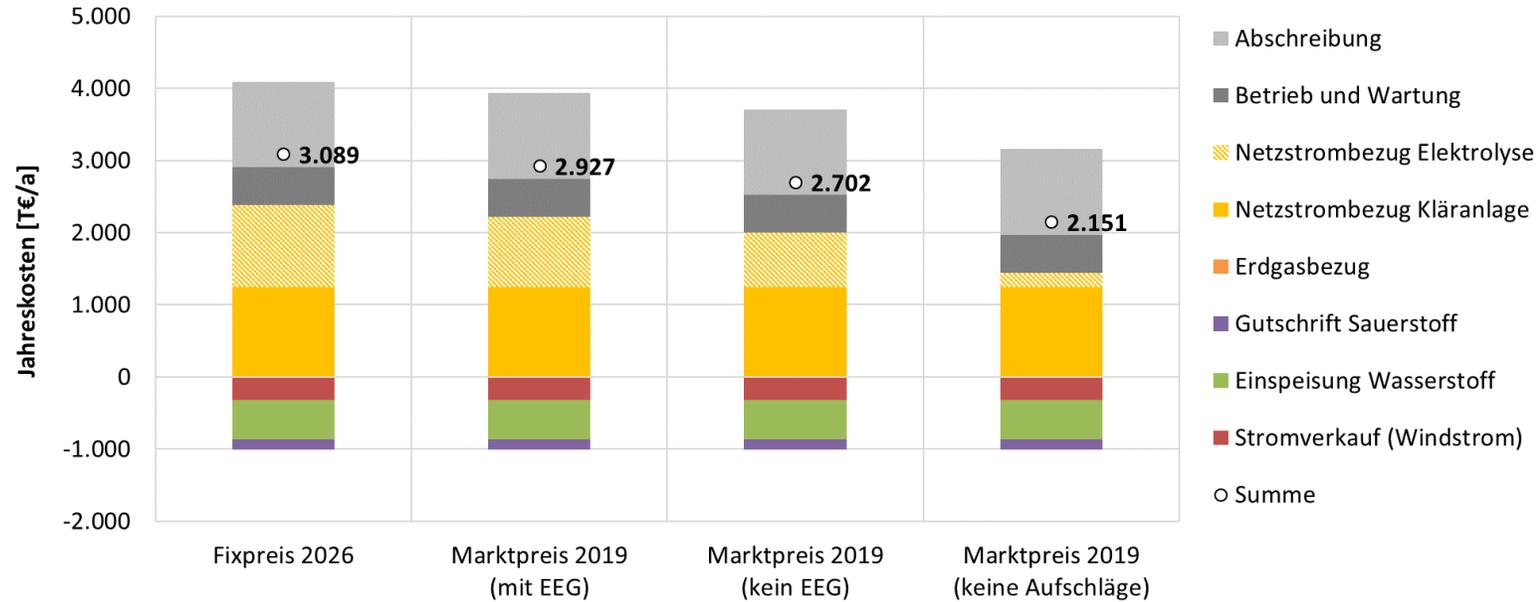
# Energiekosten und Erlöse für alle Szenarien (2026)



# Jahreskosten für alle Szenarien (2026)



# Variation Strompreis für Elektrolyse



Lieferpreis	76	43	43	43
EEG-Umlage	47	47	-	-
Netznutzung	93	93	93	-
BK-Umlage	7	7	7	-
Stromsteuer	21	21	21	-
<b>Summe</b>	<b>235</b>	<b>201</b>	<b>155</b>	<b>43</b>

Strompreise in [€/MWh]  
 Marktpreis = Lieferpreis nach EEX  
 alle Werte gerundet

# Rechtsrahmen: Definition von „grünem“ Wasserstoff?

- Herstellung von „grünem“ Wasserstoff: Delegated act der EU (Entwurf)  
→ direkte Umsetzung in deutsches Recht
- Voraussetzungen:
  - Zusätzlichkeitskriterium der EE-Anlage → keine EE-Bestandsanlagen zu nutzen!!
  - EE-Strombezug aus Netz: EE-Anlage OHNE Förderung und zeitgleich/später gebaut
- Wichtig für: Energiesteuer, THG-Quotenhandel, CO<sub>2</sub>-Bepreisung (BEHG, ETS), ggf. „Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungsgesetz“, ...
- Für KA Schönerlinde: Windstrom wäre nicht nutzbar für „grünen“ Wasserstoff

# Fazit für KW Schönerlinde

- Einspeisung von Biomethan ist ökologisch sinnvoll (Einsparung von bis zu 1750 t CO<sub>2</sub>e/a), mit steigendem Grünstromanteil im Netz immer besser
- Elektrolyse nur mit günstigem EE-Strom vorteilhaft, auch mit nachfolgender Methanisierung (Wirkungsgradverluste)
- Szenarien sind noch nicht wirtschaftlicher als BHKWs durch hohen Strompreis (Abgaben!) und relativ niedrige Gaserlöse, daher ist hohe Eigenversorgung mit Strom günstiger
- Flexibilität der „grünen Gase“ (Speicherbarkeit) ist noch nicht im Marktpreis abgebildet!

# Fallstudie: Biogasanlage Bardowick



## Bioabfallvergärungsanlage

- Kommunaler Bioabfall
- Kapazität: 36.300 t pro Jahr
- Geschlossenes Gärrestlager

## Energiequellen:

- Biogas (~ 4,6 Mio m<sup>3</sup>/a)

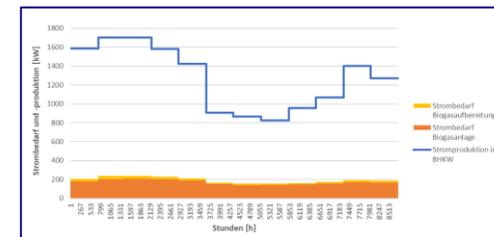
## Energieerzeugung aktuell:

- BHKW
- Eigenversorgung + Einspeisung Strom
- Hoher Wärmeüberschuss, keine Nutzungsmöglichkeit vor Ort

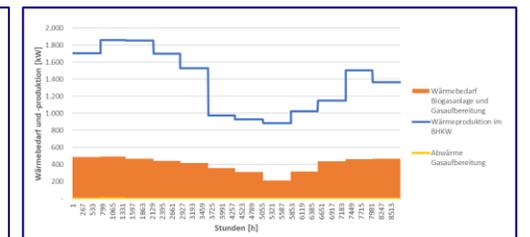


Quelle: Veolia 2019

## Strombedarf/ -produktion



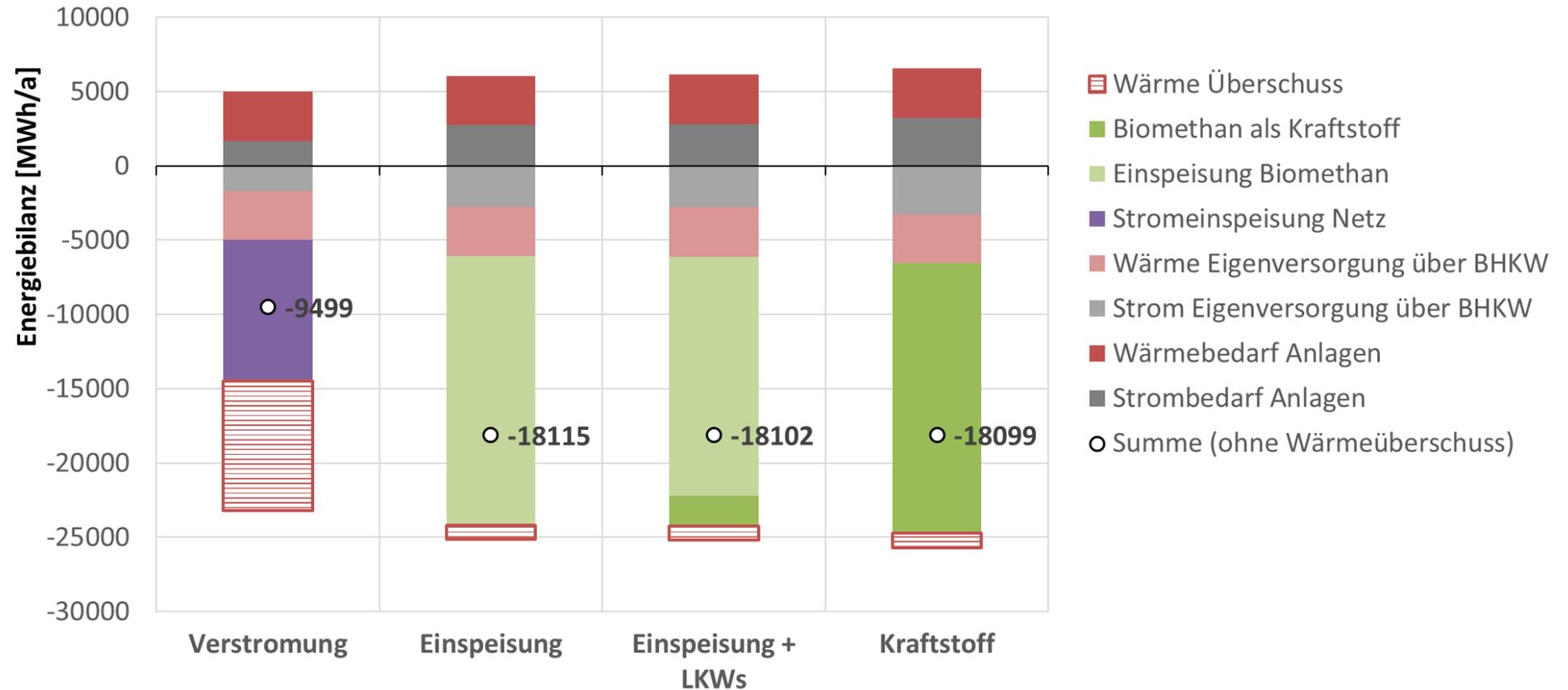
## Wärmebedarf/ -produktion



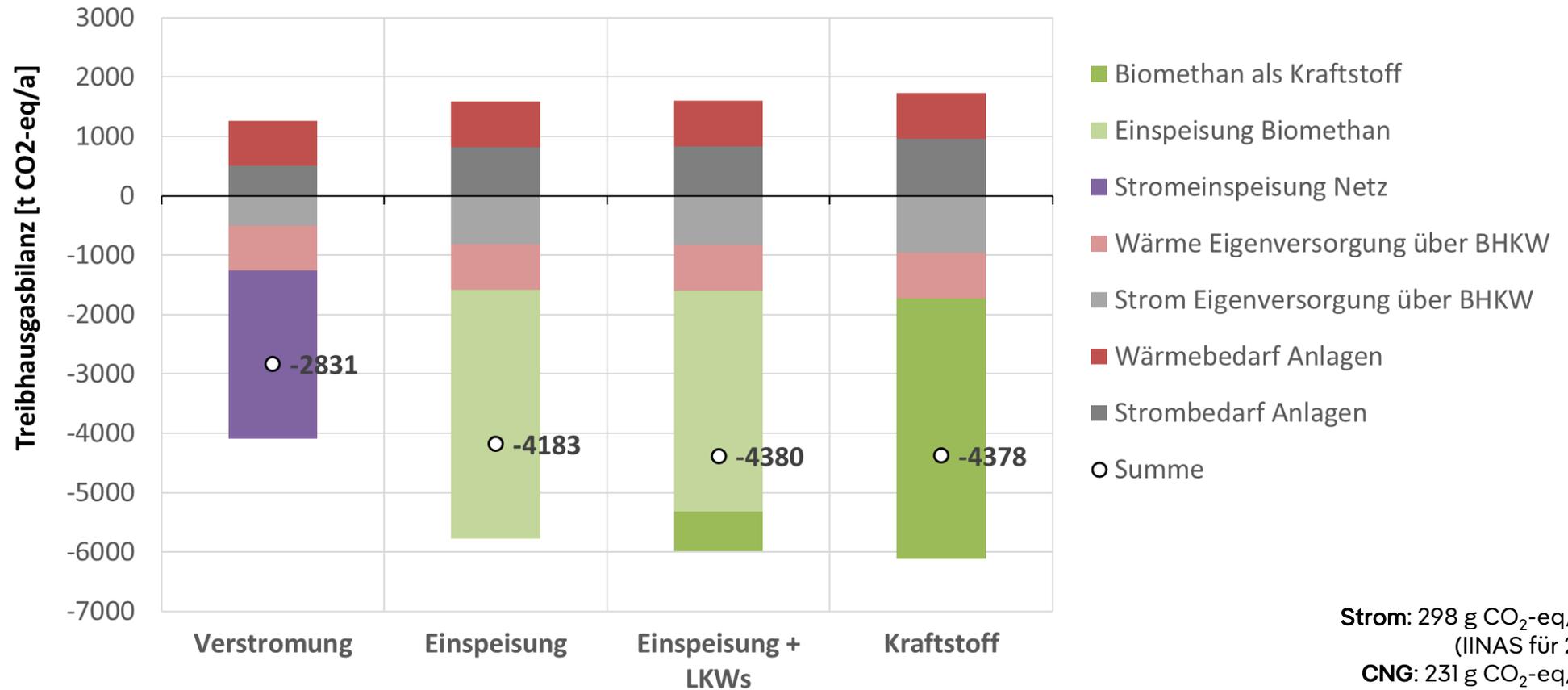
# Betrachtete Szenarien und technische Aggregate

Szenario	Verstromung	Einspeisung Biomethan	Einspeisung Biomethan + Betankung eigene LKW's	Biomethan als Kraftstoff
BHKW	2,13 MW	0,45 MW	0,45 MW	0,45 MW
Biogasaufbereitung	-	400 m <sup>3</sup> /h	400 m <sup>3</sup> /h	400 m <sup>3</sup> /h
Biomethan- Einspeisung	-	Ja	Ja	-
Betankungsanlage	-	-	Ja (CNG)	Ja (CNG)
Gasspeicher	-	-	Ja	Ja

# Energiebilanz für BGA Bardowick



# CO<sub>2</sub>e-Bilanz im Jahr 2026

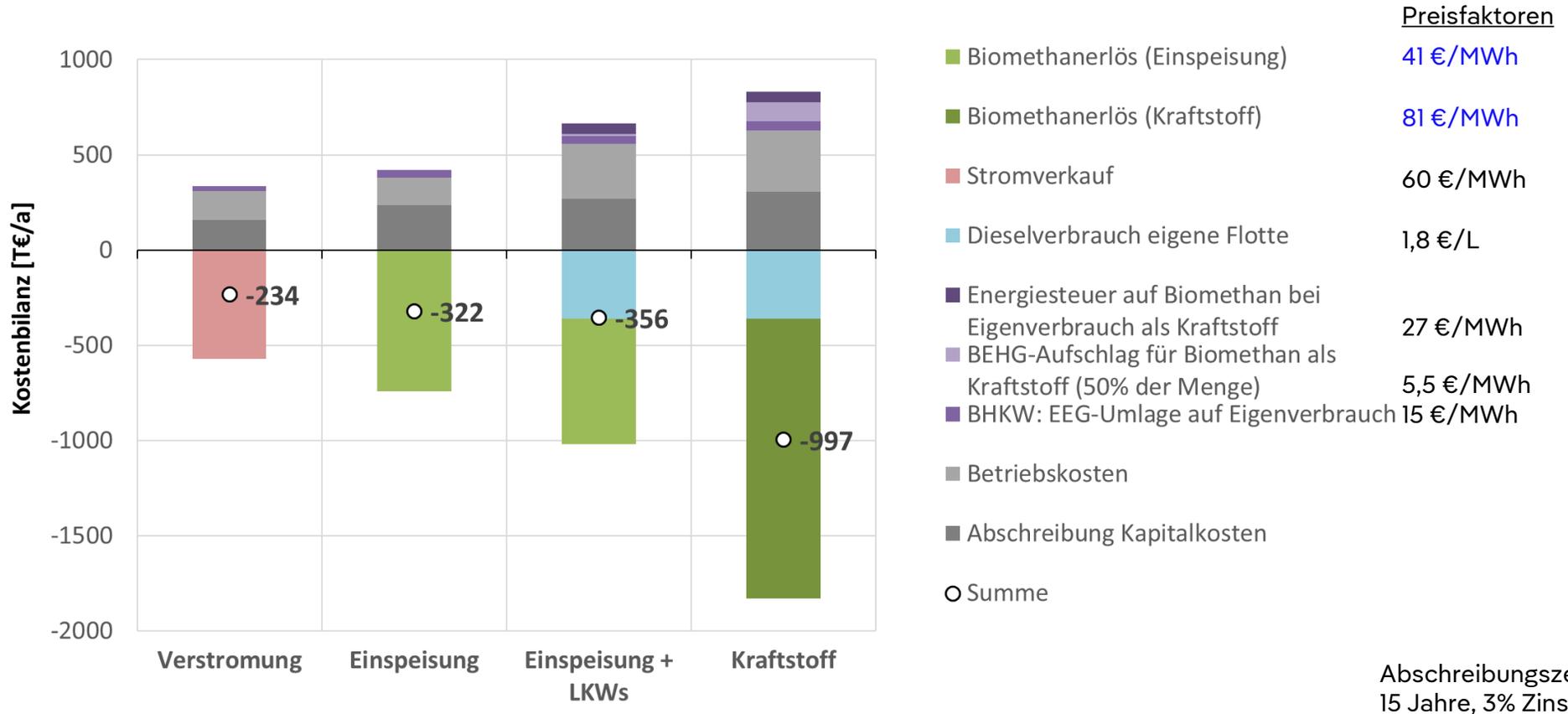


**Strom:** 298 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh  
 (IINAS für 2026)  
**CNG:** 231 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh  
 (EN16258)  
**Diesel:** 330 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh  
 (EN16258)

# Rechtsrahmen: Nachhaltigkeitskriterien für Biomethan-Kraftstoff?

- Definition geeigneter Eingangsstoffe für „nachhaltiges“ Biomethan
  - Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (2021)
  - Deutsche Umsetzung der EU-Richtlinie RED II
- Voraussetzung für Emissionsfaktor 0 (BEHG) und THG-Quotenhandel
- Für BGA Bardowick:
  - Nur 50% der Eingangsstoffe sind nach Biokraft-NachV für nachhaltiges Biomethan geeignet (teilweise tierische Einsatzstoffe)  
→ 50% Biomethan mit BEHG-Zuschlag, zudem kein THG-Quotenhandel möglich
  - Sehr hoher bürokratischer Aufwand (~ xx Zulieferer zu zertifizieren)
- Alternative: Orientierung an EU-Vorgaben (alle Bioabfälle für Kraftstoffe grundsätzlich möglich, ggf. geringe CO<sub>2</sub>-Quote)

# Jahreskosten und Erlöse (2026)



# Fazit BGA Bardowick

- Direkte Nutzung von Biomethan über Netzeinspeisung/als Kraftstoff ist wirtschaftlicher und ökologisch sinnvoll (Einsparung von 1550 t CO<sub>2</sub>e/a)
- Höchste Erlöse für Biomethan im Mobilitätssektor
- Bei Erfüllung der Nachhaltigkeitsanforderungen = höhere Erlöse durch Zertifikatshandel möglich
- Forderung:
  - einfachere Kriterien zur vollen Ausnutzung des Potentials
  - Bio-LNG/CNG für Schwerlastverkehr erwünscht = Bioabfälle als Einsatzstoffe für Biomethan können wertvollen Beitrag liefern

# Fallstudie: Freiwillige Feuerwehr Frohnau

Neubau Betriebsgebäude in 2022:

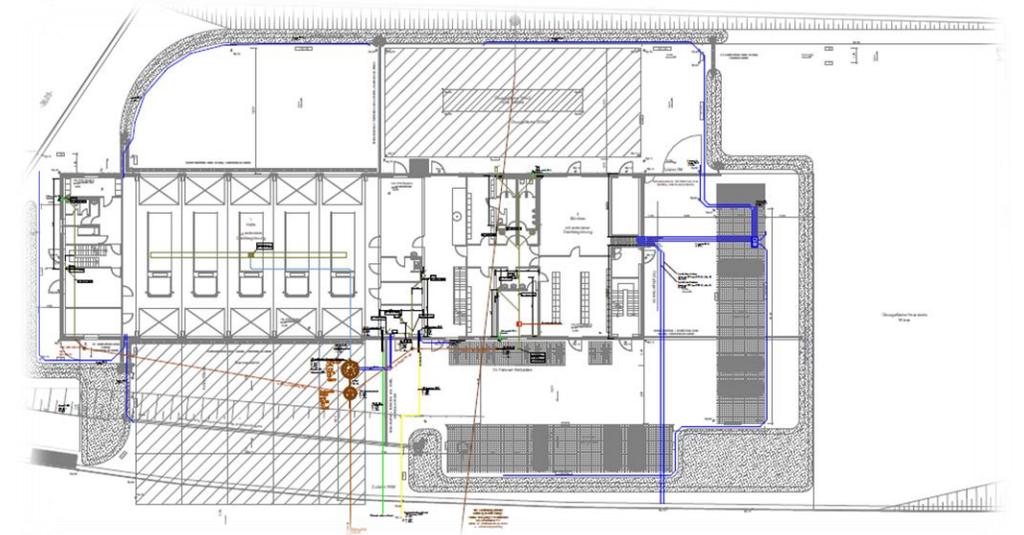
- Versorgung mit Strom, Wärme
- Kraftstoff für Fahrzeuge

Energiequellen:

- Netzanschluss Strom/Gas + Diesel
- Option: PV-Anlage

Neues Energiekonzept?

- Eigenversorgung Strom + Wärme aus EE
- CO<sub>2</sub>-Neutralität
- Autarker Betrieb bei Stromausfall (72h)
- Kraftstoff für Fahrzeuge

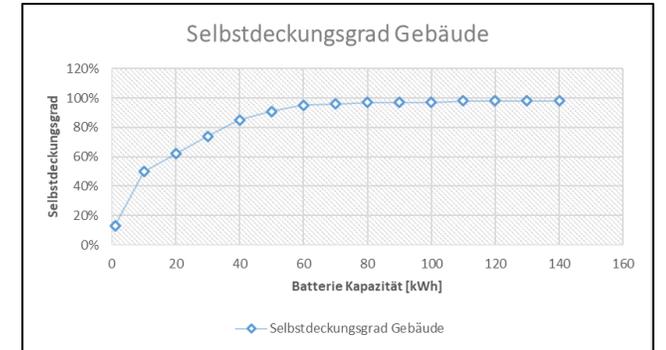


Quelle: Steiner Weissenberger 2021

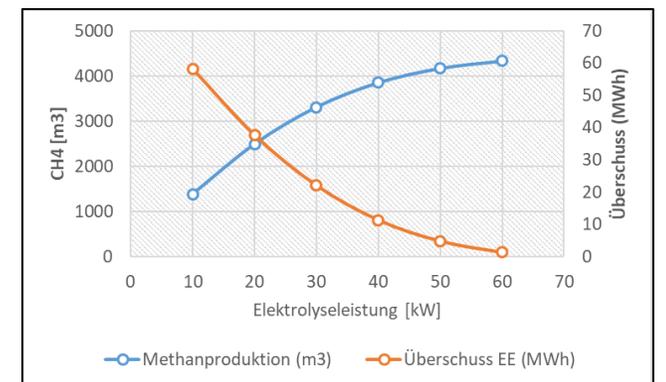
# Szenarien für FFW Frohnau

Szenario	Netzversorgung	All Electric	Biomethan
Photovoltaik	-	90 kW + 53 kW	90 kW + 53 kW
Batterie	-	110 kWh	30 kWh
Wärmepumpe	45 kW	45 kW	45 kW
Elektrolyse	-	-	50 kW
Methanisierung	-	-	25 kW
BHKW	-	-	2 kW
Gasspeicher	-	-	10 + 6,5 m <sup>3</sup>
Treibstoff für Fahrzeuge	Diesel	Strom	Biomethan

## Auslegung Batterie (All electric)



## Auslegung Elektrolyse

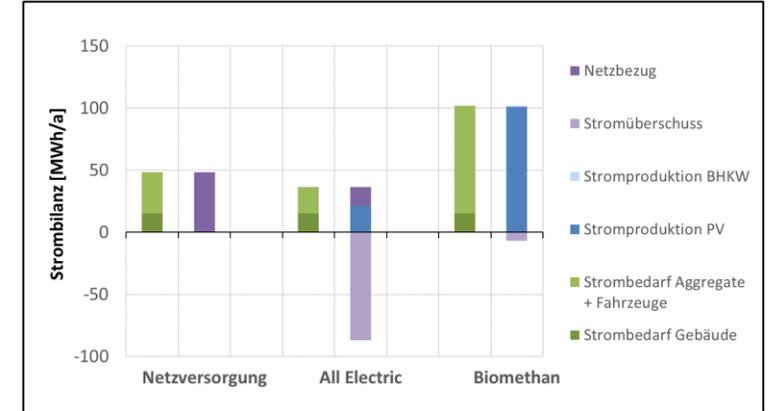


# Energiebilanz für FFW Frohnau

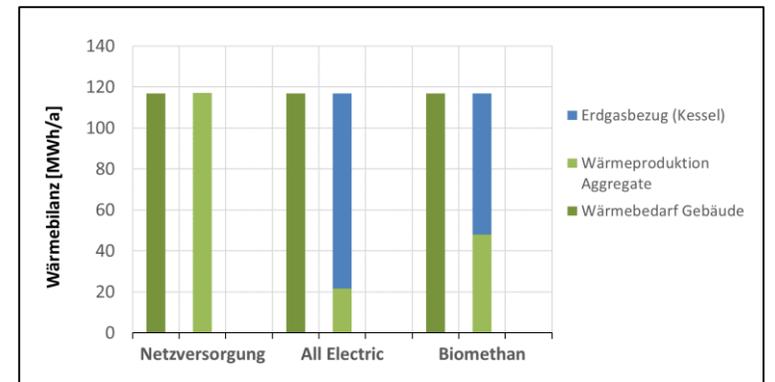
Szenario	All Electric	Biomethan
Stromeigenversorgung Gebäude	98%	100%
Wärmeeigenversorgung Gebäude	19%	41%
Eigenversorgung Fahrzeuge	100%	0%
Autarkie (72h) für Strom	✓	✓
Autarkie (72h) für Wärme	-	✓

- AllElectric: Fahrzeuge bilanziell versorgt
- Biomethan: Gas reicht nur für Wärme oder Fahrzeuge, Sommer → Gaseinspeisung, Winter → Erdgasbezug
- Wärmeautarkie durch Gasspeicher

## Strombilanz

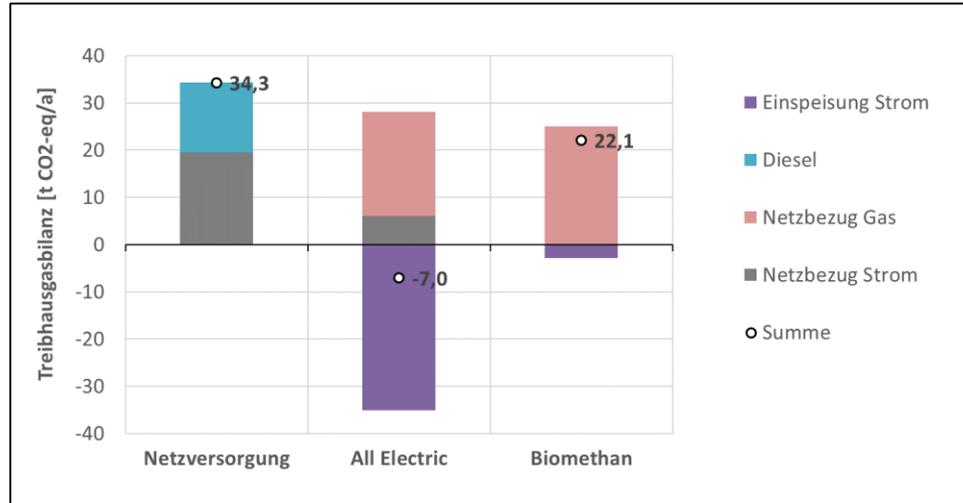


## Wärmebilanz



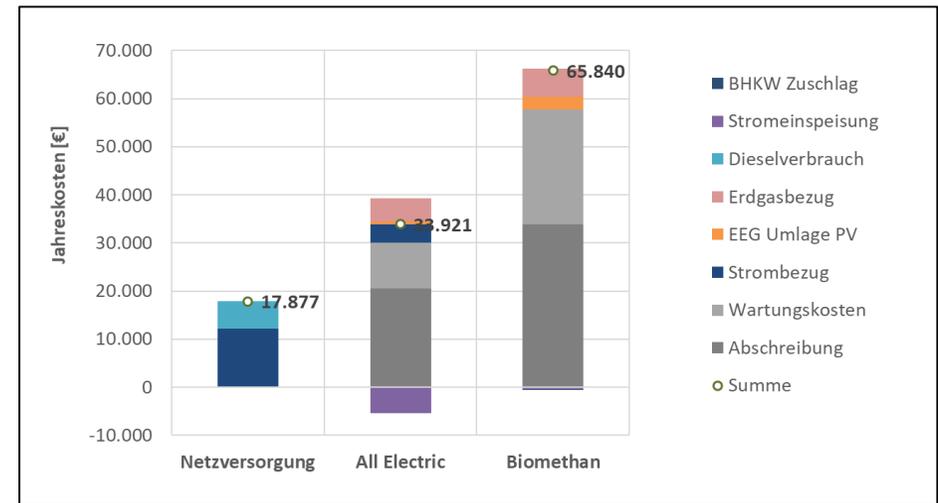
# CO<sub>2</sub>e-Bilanz und Jahreskosten (2020)

## CO<sub>2</sub>e-Bilanz



AllElectric ist klimaneutral!

## Jahreskosten



Ohne Förderung nicht wirtschaftlich darstellbar (+Fahrzeugumrüstung nicht enthalten)

**Strom:** 403 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh (IINAS für 2020)  
**CNG:** 231 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh (EN16258)  
**Diesel:** 330 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh (EN16258)

# Potential für FFW Frohnau



- Eigenversorgung durch PV für Strom möglich, für Wärme nur anteilig
- Versorgung Fahrzeuge nur bilanziell (E-Autos), über Biomethan nur Wärme oder Fahrzeuge
- Autarkie erreichbar durch Batterie oder Gasspeicher
- Szenario AllElectric ermöglicht klimaneutralen Betrieb
- Ohne Förderung kein wirtschaftlicher Betrieb möglich

# Potential für Berlin

# Potential der “grünen Gase” für Berlin

## Klärwerke in Berlin (mit Faulung):

- ~ 20 Mio. Nm<sup>3</sup> Biomethan = 200 GWh
- ABER: hoher Eigenstromverbrauch
- Max. Klimaschutzpotential (2035+): ca. 34.000 t CO<sub>2</sub>e/a



## Biogasanlagen:

- Berlin: 1x (BSR) +  
Brandenburg: 400x (240 MW Strom)
- Max. Biomethaneinspeisung ~ 2000 GWh
- Max. Klimaschutzpotential (2026):  
462.000 t CO<sub>2</sub>e/a

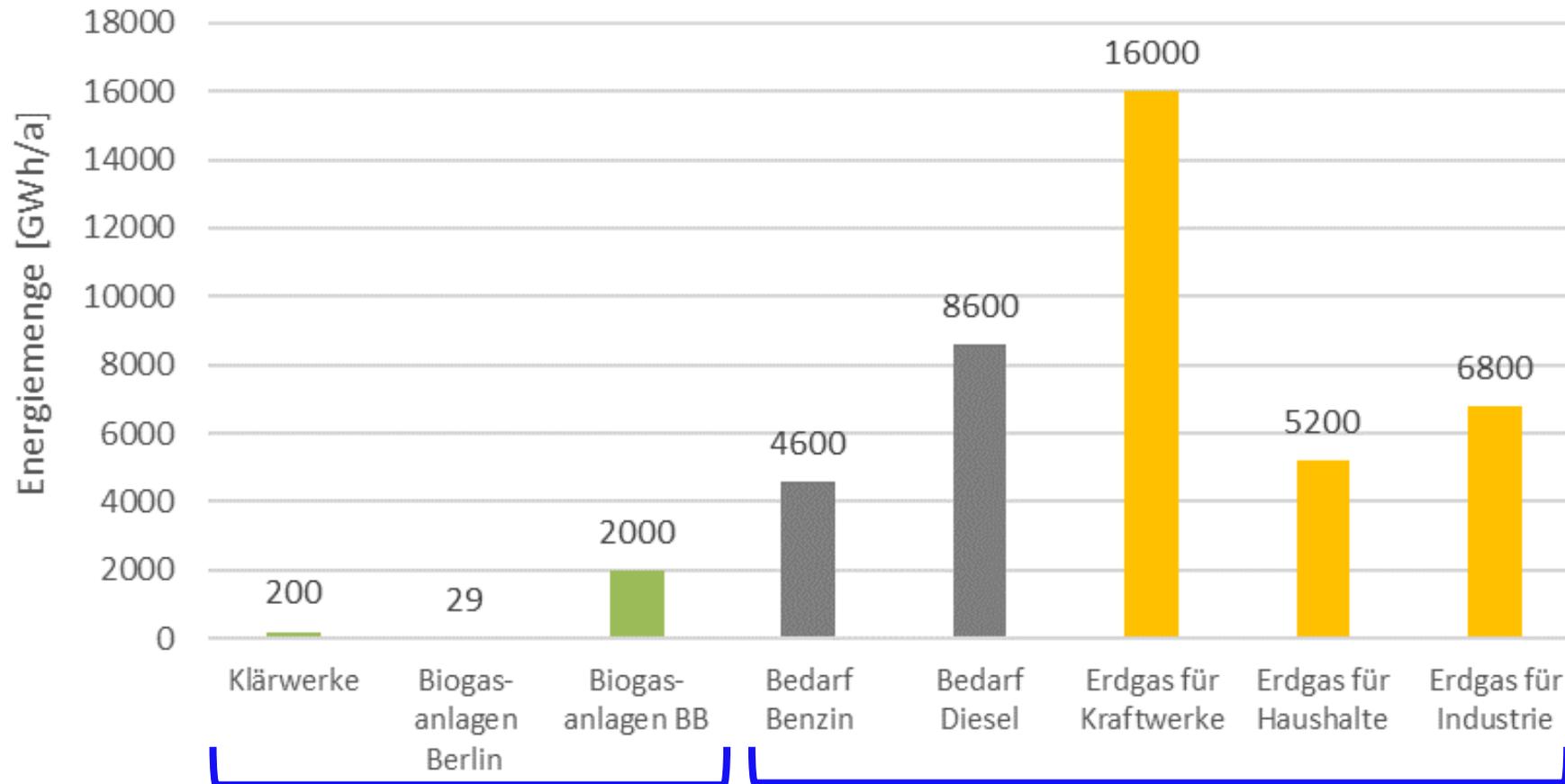


## Gebäude:

- Eigenversorgung über PV und Wärmepumpe
- Erzeugung grüner Gase (noch) nicht sinnvoll



# Beitrag zum Energieverbrauch in Berlin



Max. Potential für Biomethan aus Klärwerken und Biogasanlagen

Energiebilanz Berlin 2020 (Statistik bbb)

# Zusammenfassung

# Zusammenfassung



- Grüne Gase fallen u.a. im Abwasser-/Abfallsektor an und können in anderen Sektoren (Mobilität, Wärme) klimafreundliche Energieträger sein
- Fallstudien haben gezeigt:
  - Eigenbedarf an Energie ist zu berücksichtigen (Klärwerke)
  - Bei hohem Überschuss ist Sektorkopplung schon wirtschaftlich (Biogasanlagen)
  - Umwandlung von Strom in Gas („power-to-gas“) lohnt sich nur bei günstigem EE-Strom
  - Marktgestaltung + rechtlicher Rahmen entscheidend für wirtschaftliche Machbarkeit
- Potential von lokal erzeugtem „grünem Gas“ für Berlin ist vorhanden und kann zur Erfüllung der Klimaziele beitragen
- Wichtig: verlässliche und ökologisch sinnvolle Regelungen im Energiemarkt!



Ausschnitt: Erklärvideo Grünes Gas,  
[www.kompetenz-wasser.de/de/forschung/projekte/gruenesgas](http://www.kompetenz-wasser.de/de/forschung/projekte/gruenesgas)

KWB

# Vielen Dank an alle Mitwirkenden:

**KWB:** Mehdi Habibi, Sylvia Greulich

**BWB:** Richard Günsch, Regina Gnirß, Magdalena Gierke, Heinrich Gürtler

**BSW:** Sebastian Reiche, Richard Moll

**Veolia:** Anja Hartung, Boris Lesjean, Dominik Gehling

## Für die Förderung und Projektbegleitung:

**SenUMVK:** Karin Gerner

**B&SU:** Sabine Dornbusch, Irene Eisenhuth

Das Vorhaben „Grünes Gas – Biomethan und Wasserstoff für Sektorenkopplung und Klimaschutz“ (Projektlaufzeit: 06/2020 bis 02/2022) wird im Berliner Programm für Nachhaltige Entwicklung (BENE) gefördert aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung und des Landes Berlin (Förderkennzeichen 1292-B5-O).



## Sponsoring:

Berliner Wasserbetriebe, Berliner Stadtwerke und Veolia



Mehr über das Thema Grüne Gase erfahren?

[www.kompetenz-wasser.de/de/forschung/projekte/gruenesgas](http://www.kompetenz-wasser.de/de/forschung/projekte/gruenesgas)



@Kompetenzzentrum Wasser Berlin



@kompetenzwasser



[www.kompetenz-wasser.de](http://www.kompetenz-wasser.de)

# KWB