

LIVE ENERGY!



HyAllgäu

Clean Energy for regional mobility and transport

AP 2.1: H₂-Produktion bei AVKE

Franz Beer

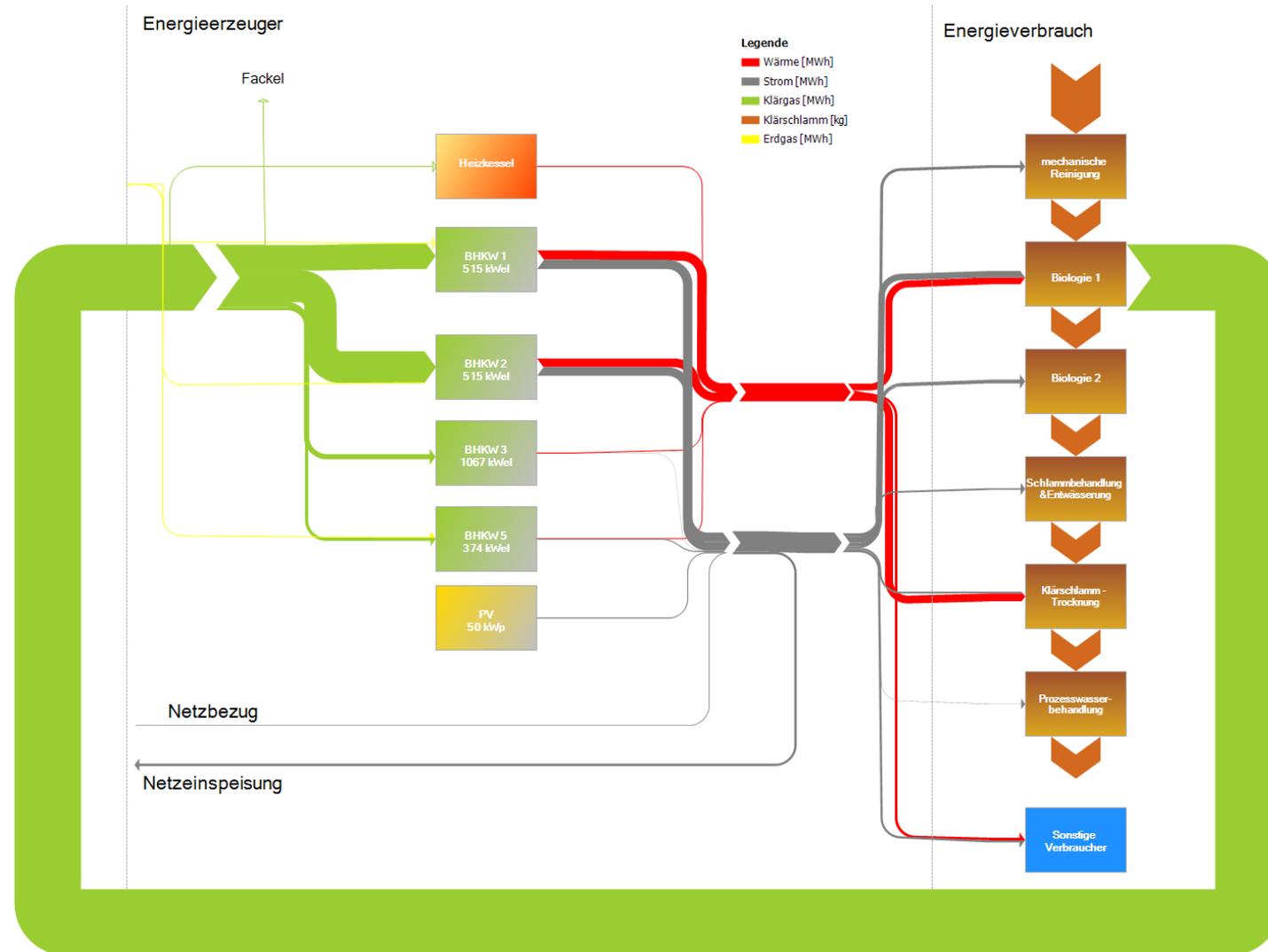
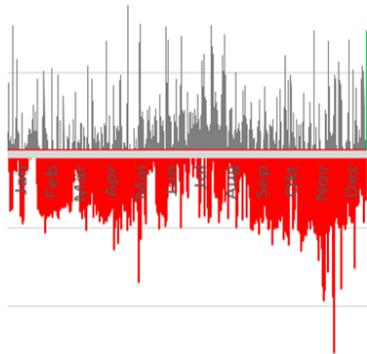
Arthur Dornburg

Kempten, 29. Juli 2021

www.bluemove-consulting.de



Seit 2017
Strom-
überschuss !



Durchschnittlicher Stromverbrauch von Kläranlagen in Deutschland

- Größenklasse 1 < 1.000 EW 75 kWh/EW/a
- Größenklasse 2 1.000 – 5.000 EW 55 kWh/EW/a
- Größenklasse 3 5.000 – 10.000 EW 44 kWh/EW/a
- Größenklasse 4 10.000 – 10.000 EW 35 kWh/EW/a
- Größenklasse 5 > 100.000 EW 32 kWh/EW/a
- Zielgröße KA >100.000 EW 18 kWh/EW/a
AVKE hat den spez. Stromverbrauch vom Jahr 2010 von etwa 23 kWh/EW/a auf 17,6 kWh/EW/a im Jahr 2020 reduzieren können*
- Größenklassen 4 und 5 haben bei 22 % Gesamtzahl der KA einen Strombedarf von 87 % und reinigen das Abwasser von etwa 90 % der Einwohnerwerte
- (Umweltbundesamt Stand Okt. 2009); *spez. Stromverbrauch KA ohne Hebepumpen und Trocknung, da diese bei der DWA Zielgröße nicht enthalten sind.



Energiebedarf Klärwerk AVKE aktuell

- Strombedarf 7.500.000 – 8.500.000 kWh/a
- Wärmebedarf 12.000.000 – 15.000.000 kWh/a
- Klärgas jetzt 20.000.000 – 23.000.000 kWh/a
(ca. 3,6 – 4 Mio. m³/a)
- jetziger Energiebedarf bilanziell gedeckt, mit etwa 3.000.000 kWh/a Unterdeckung bei der Wärmeversorgung (Ersatz durch Erdgas, da Klärschlamm getrocknet wird).



Energiebedarf Klärwerk AVKE künftig(mit 4. Reinigungsstufe)

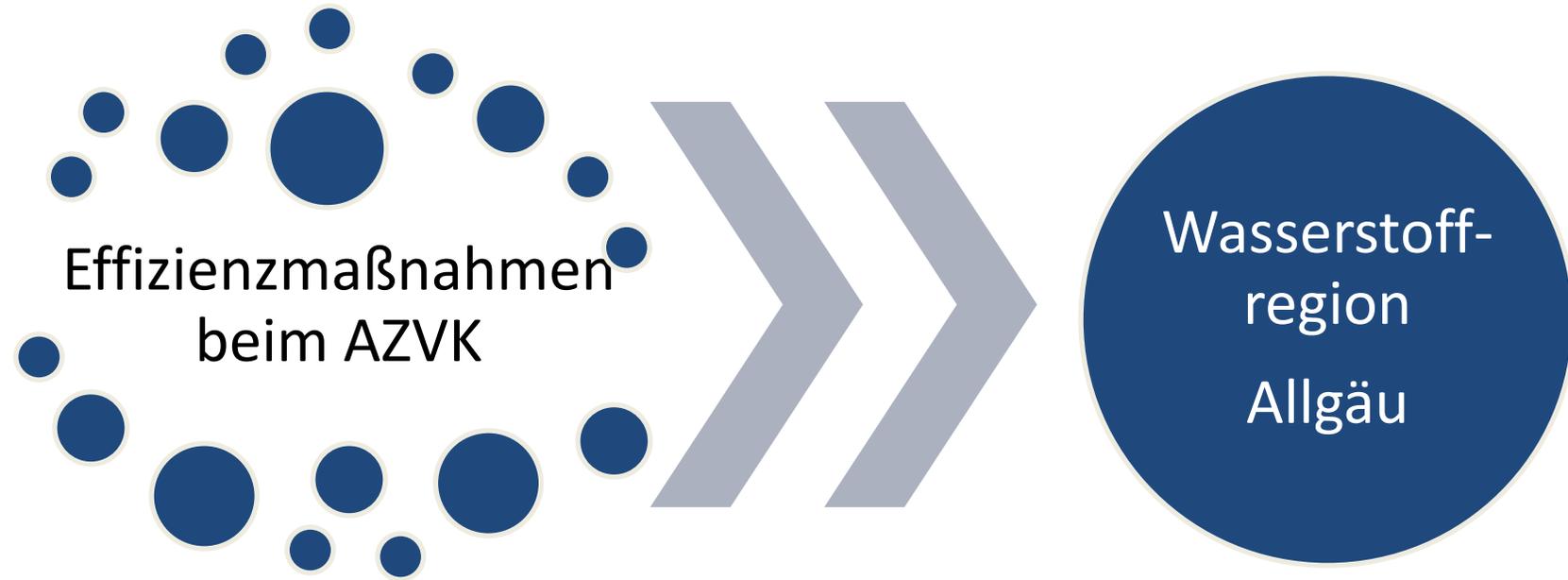
- Strombedarf 9.500.000 – 10.000.000 kWh/a
- Wärmebedarf 15.000.000 – 18.000.000 kWh/a
- Klärgas jetzt 20.000.000 – 23.000.000 kWh/a
- künftig fehlen etwa
1,5 Mio. kWh elektrische Energie und
- Etwa 5 Mio. kWh Wärme pro Jahr

Steigerung des Klärgasanfalls

- Annahme hochkonzentriertes Abwasser
6,5 Mio. kWh/a
- Co-Vergärung von vergärbaren Materialien
6,5 Mio. kWh/a
- Zusätzliche Gasleitung von der Vergärungsanlage des ZAK
bis zu 13 Mio. kWh/a

Wohin mit der überschüssigen Energie?

- Verstromung und Rückeinspeisung ergibt wenig Kosteneinsparung, da nur knapp 3 Ct/kWh vergütet werden
Vorteil: geringe Investition
Nachteil: erheblicher Wärmeüberschuss
- Rückeinspeisung von Klärgas/ Biogas nur durch aufwändige Reinigung und Gasseparation
Vorteil: höherer Ertrag für die Energie, bessere Speichermöglichkeit im Erdgasnetz
Nachteil: hohe Investitionen
- Erzeugung von Wasserstoff mit Überschussstrom
Vorteil: höherer Ertrag als bei der Gasrückspeisung
Nachteil: kaum Absatzmarkt vorhanden



**„Vom
Klärwerk zum
Kraftwerk“**

„HyAllgäu“



Abwasser- innovationspreis

- Bayr. Umweltministerium
- ca. 300 T€
- Wärmespeicher



HyAllgäu

- BMVI
- Machbarkeitsstudie Wasserstoffregion Oberallgäu & Kempten
- ca. 300 T€

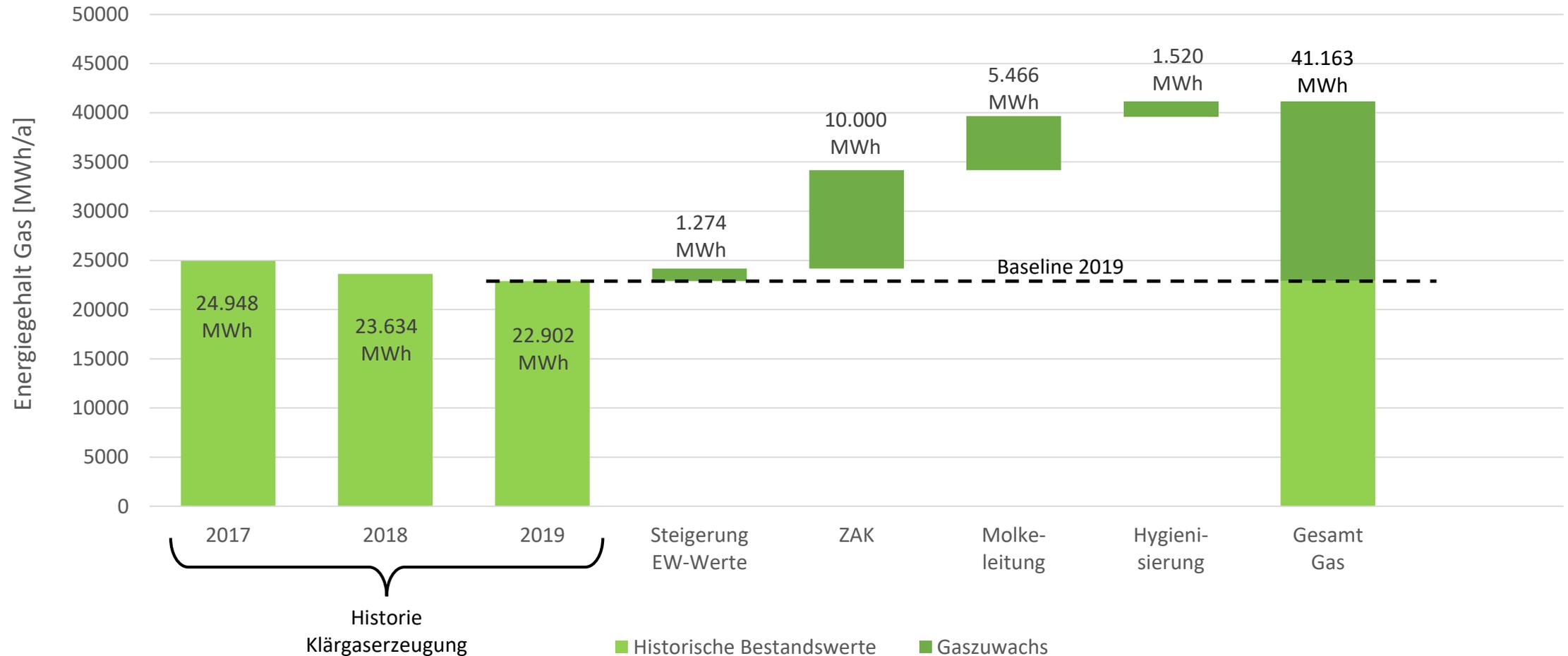


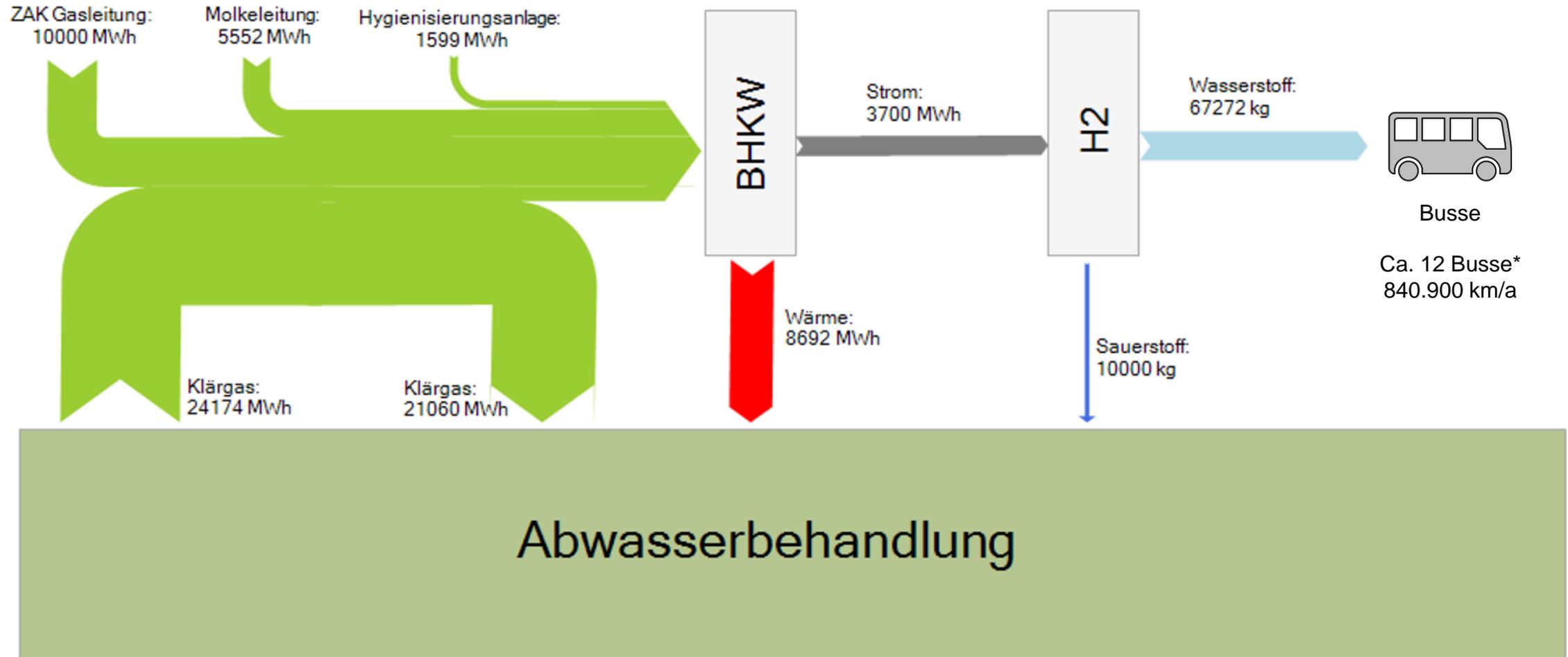
PtJ Kommunal- förderung

- BMU
- Klimaschutzmaßnahmen
- ca 10 Mio €



Historie und Ausblick Klärgaserzeugung

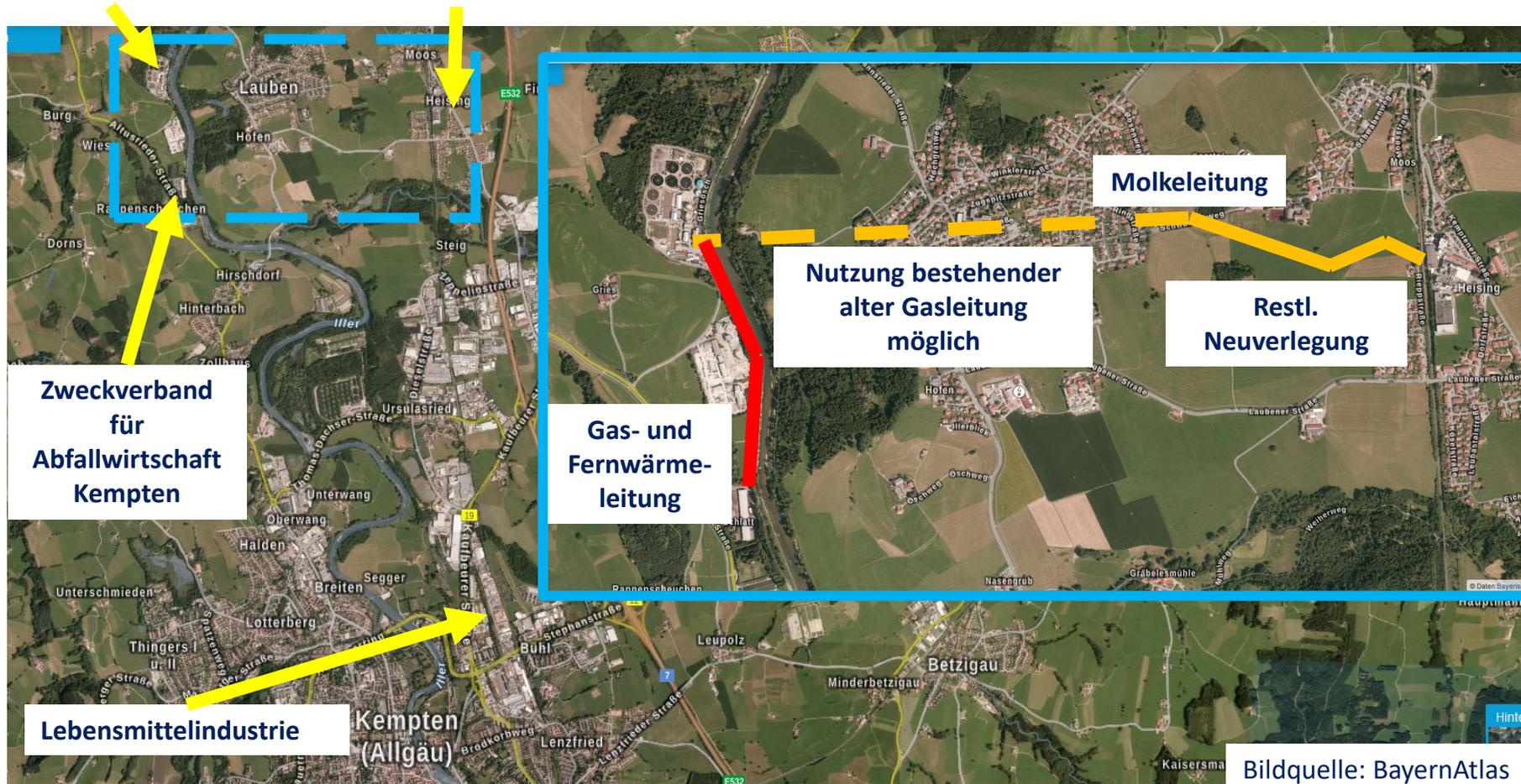




*Bei einer Laufleistung von ca. 70.000 km/a

Kläranlage Kempten

Käserei Champignon



Erfolgsfaktor eines effizienten & wirtschaftlichen BHKW-Betrieb: - Kenntnis der Lastprofile

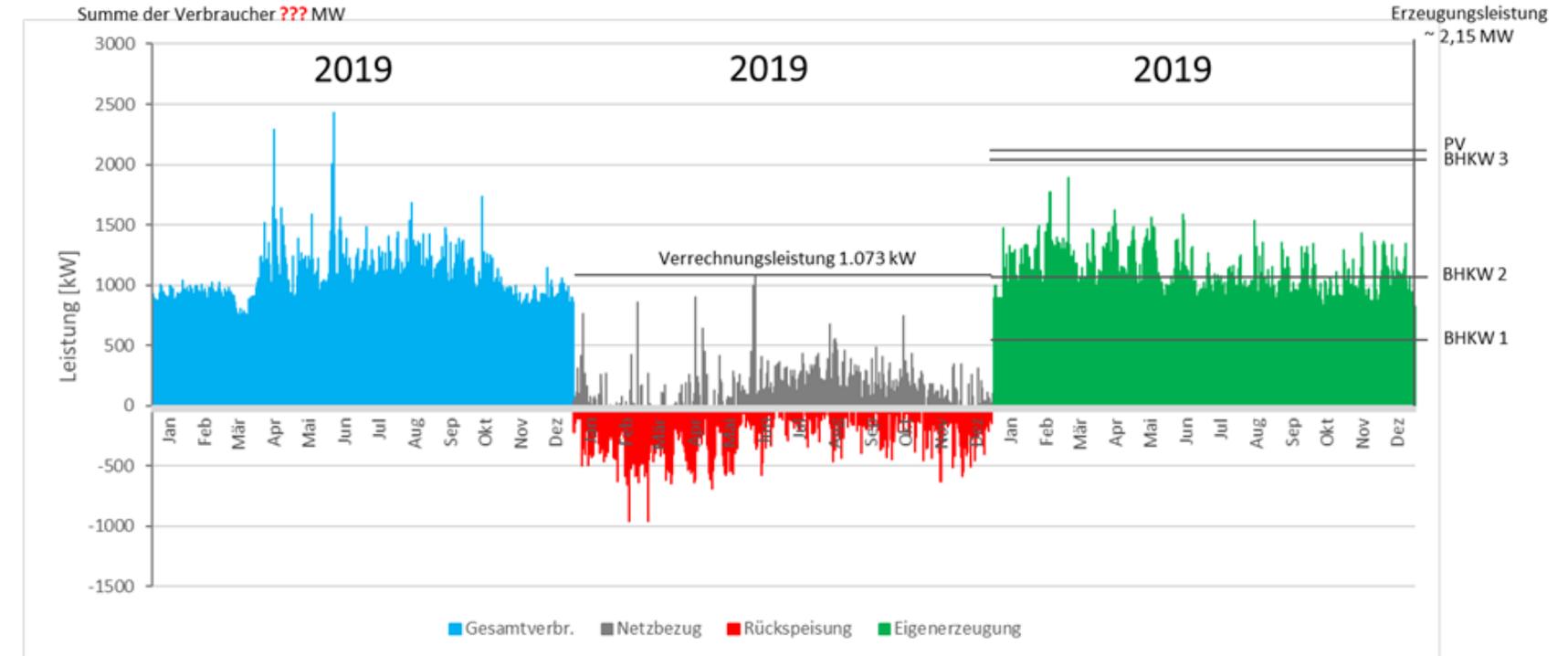


Abwasserverband
Kempten (Allgäu)



- » Erzeugte Stromlastprofile resultieren bei Kläranlagen aus der Gewinnung des „Faulgases“
- » Verbrauchsprofile resultieren aus der Abwasserbehandlung
- » Am Hauptzähler, also der Schnittstelle zum vorgelagerten Netz, sind **Überschussmengen** und **Reststrombedarf** ersichtlich

Technische Anschlussleistung ca. 2,4 MW



Typ	Verbrauch	Reststrom (Netzbezug*)	Erzeugung
Arbeit	7.935 MWh	337 MWh	8.484 MWh
Lastspitze	2.427 kW	1.073 kW	1.895 kW
Volllaststunden	3.270 h	314 h	4.478 h

Kommunalförderprojekt - 225 kW vs. 1 MW Elektrolyseurleistung



Abwasserverband
Kempten (Allgäu)



	Elektrolyseur 225 kW		Elektrolyseur 1 MW	
	Vbh = 4.000 h	Vbh = 8.000 h	Vbh = 4.000 h	Vbh = 8.000 h
Investitionsbedarf Gesamt [€]	1.000.000		2.200.000	
Jahreskosten (10a, 3%) [€/a]	117.231		257.907	
Instandhaltungskosten [€/a]	30.000		62.000	
Strommenge [kWh/a]	900.000	1.800.000	4.000.000	8.000.000
Stromkosten [€/a] (bei 5 ct/kWh)	45.000	90.000	200.000	400.000
Gesamtjahreskosten [€/a]	192.231	237.231	519.907	719.907
Produzierte H ₂ -Menge (ohne Kompression) [kg]	16.364	32.727	72.727	145.455
Gestehungskosten (ohne Kompression) [€/kg]	11,75	7,25	7,15	4,95
Produzierte H ₂ -Menge (mit Kompression) [kg]	12.857	25.714	57.143	114.286
Gestehungskosten (mit Kompression) [€/kg]	14,95	9,23	9,10	6,30
Fördersumme Elektrolyseur (ca. 70%) [€]	700.000		1.540.000	
Reduzierte Investitionssumme [€]	300.000		660.000	
Reduzierte Gesamtjahreskosten [€/a]	110.169	155.169	339.372	539.372
Reduzierte Gestehungskosten (ohne Kompression) [€/kg]	6,73	4,74	4,67	3,71
Reduzierte Gestehungskosten (mit Kompression) [€/kg]	8,57	6,03	5,94	4,72

*Effekt von Stromeinsparung bei Belegung durch Einbringung O₂ noch nicht berücksichtigt.

**Ergebnis: ideale Leistung
des Elektrolyseurs = +/- 500 kW !**

Kommunalförderprojekt - Übersicht CO₂-Reduktion



Nr.	CO ₂ Einsparung Effekt	Primärenergie	CO ₂ Emissionsfaktor	CO ₂ Reduktion Gesamt [t/a]	Davon kommunal [t/a]	CO ₂ Reduktion auf 20 Jahre [t]
0.	Bestand			1.796	1.796	35.922
0.1	Einsparung Erdgasbezug	1.725 MWh _{Gas} /a	202 g/kWh _{Gas} **	349	349	6.971
0.2	Einsparung Strombezug	596 MWh _{el} /a	537 g/kWh _{el} *	320	320	6.398
0.3	Einsparung zukünftiger Strombedarf durch 4. Reinigungsstufe	2.100 MWh _{el} /a	537 g/kWh _{el} *	1.128	1.128	22.554
1.	Einsparung bei externen Projektpartnern			2.716	0	0
1.1	Erdgas zur Tropfmlolke Trocknung	12.533 MWh _{Gas} /a	202 g/kWh _{Gas} **	2.532	0	0
1.2	Entsorgung Tropfmlolke (vermiedene LKW-Transporte)	8.400 km/a	2,691 kg/km***	23	0	0
1.3	Entsorgung Schlachtabfälle (vermiedene LKW-Transporte)	60.000 km/a	2,691 kg/km***	161	0	0
2.	Gasseparation			4.660	4.660	93.191
2.1	Klärgaserzeugung Stand 2019	1.233.185 m ³ /a	1,848 kg/m ³	2.279	2.279	45.579
2.2	Steigende EW-Werte (15%)	68.600 m ³ /a	1,848 kg/m ³	127	127	2.535
2.3	Molkeleitung	307.476 m ³ /a	1,848 kg/m ³	568	568	11.364
2.4	Schlachtabfälle	93.972 m ³ /a	1,848 kg/m ³	174	174	3.473
2.5	ZAK Biogasanlage	818.182 m ³ /a	1,848 kg/m ³	1.512	1.512	30.240
4.	Mobilität			850	850	17.003
4.1	H ₂ für Brennstoffzellenfahrzeuge (Substitution Diesel)	311.134 l/a	2,649 kg/l _{Diesel}	824	824	16.484
4.2	Fahrzeugflotte AVKE (50% Strom, 50% CNG)	9.800 l/a	2,649 kg/l _{Diesel}	26	26	519
5.	Entsorgung Klärschlamm			1.016	1.016	20.328
5.1	Einsparung durch vermiedene LKW-Transporte (Kempten - Schongau, 40 t)	36.832 km/a	2,691 kg/km***	99	99	1.982
5.2	Einsparung Trocknung Klärschlamm (Überschüssige Wärme)	4.541 MWh _{Gas} /a	202 g/kWh _{Gas} **	917	917	18.346
Summe				11.038	8.322	166.445

*BRD Strom Mix 2018 Quelle: statista.com /Umweltweltbundesamt

**Quelle: Landesamt für Umwelt Land Brandenburg

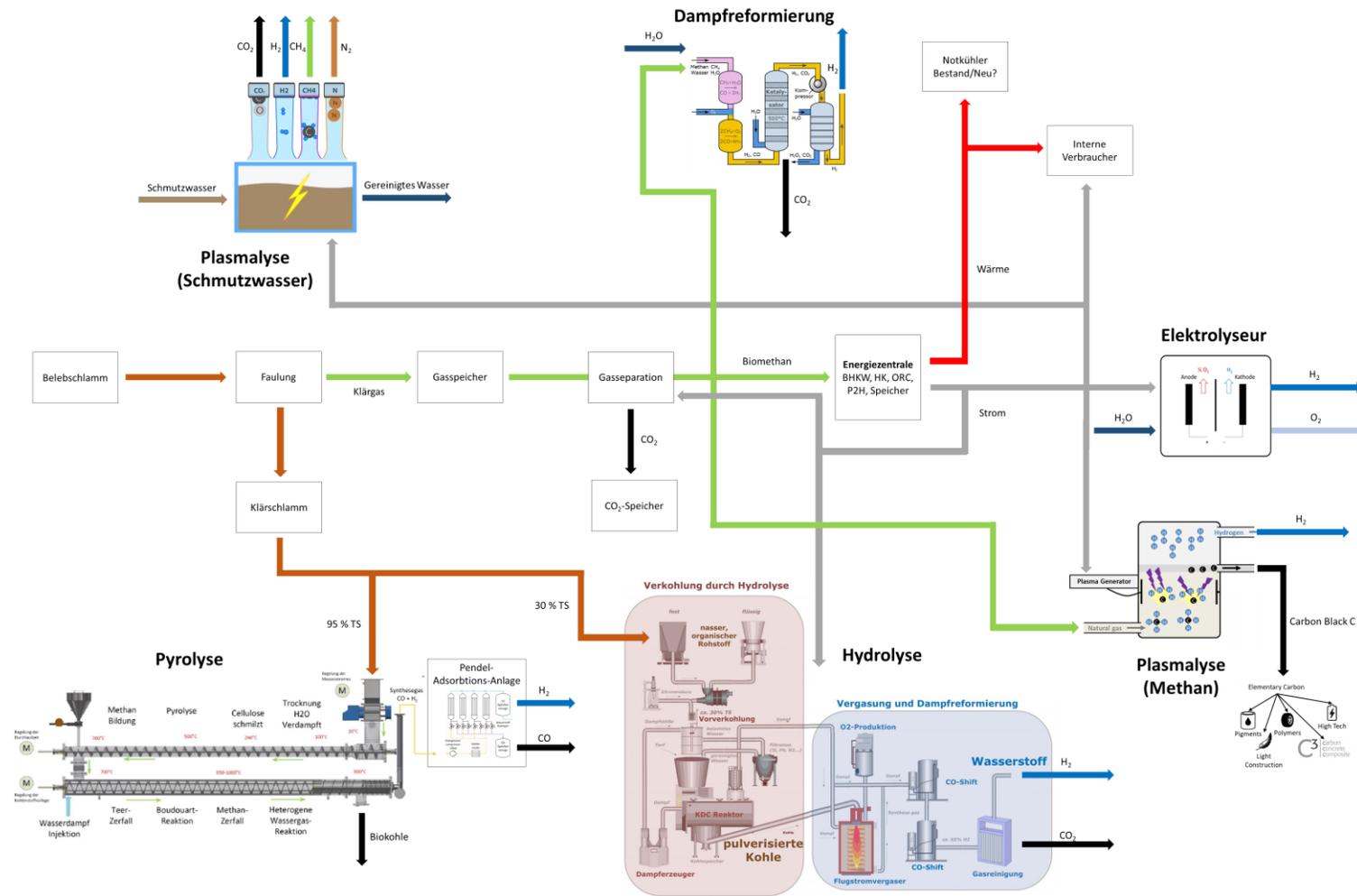
***Quelle: Umweltbundesamt AT

**Vorgabe von max. 75 €/t CO₂ wird mit
60 €/t erfüllt !**

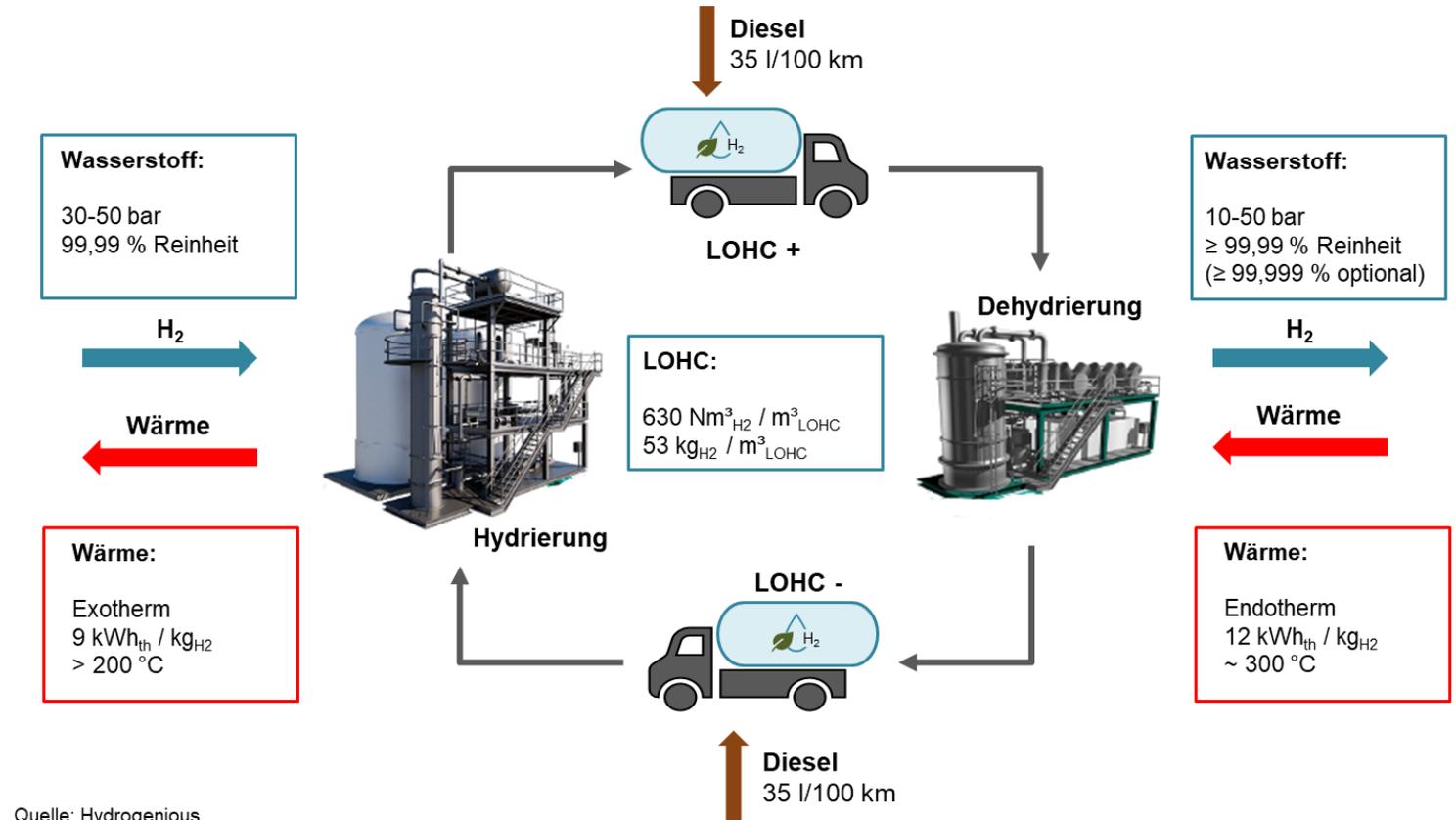
€/t_{CO2} bei 9,996 Mio €
Fördermittel

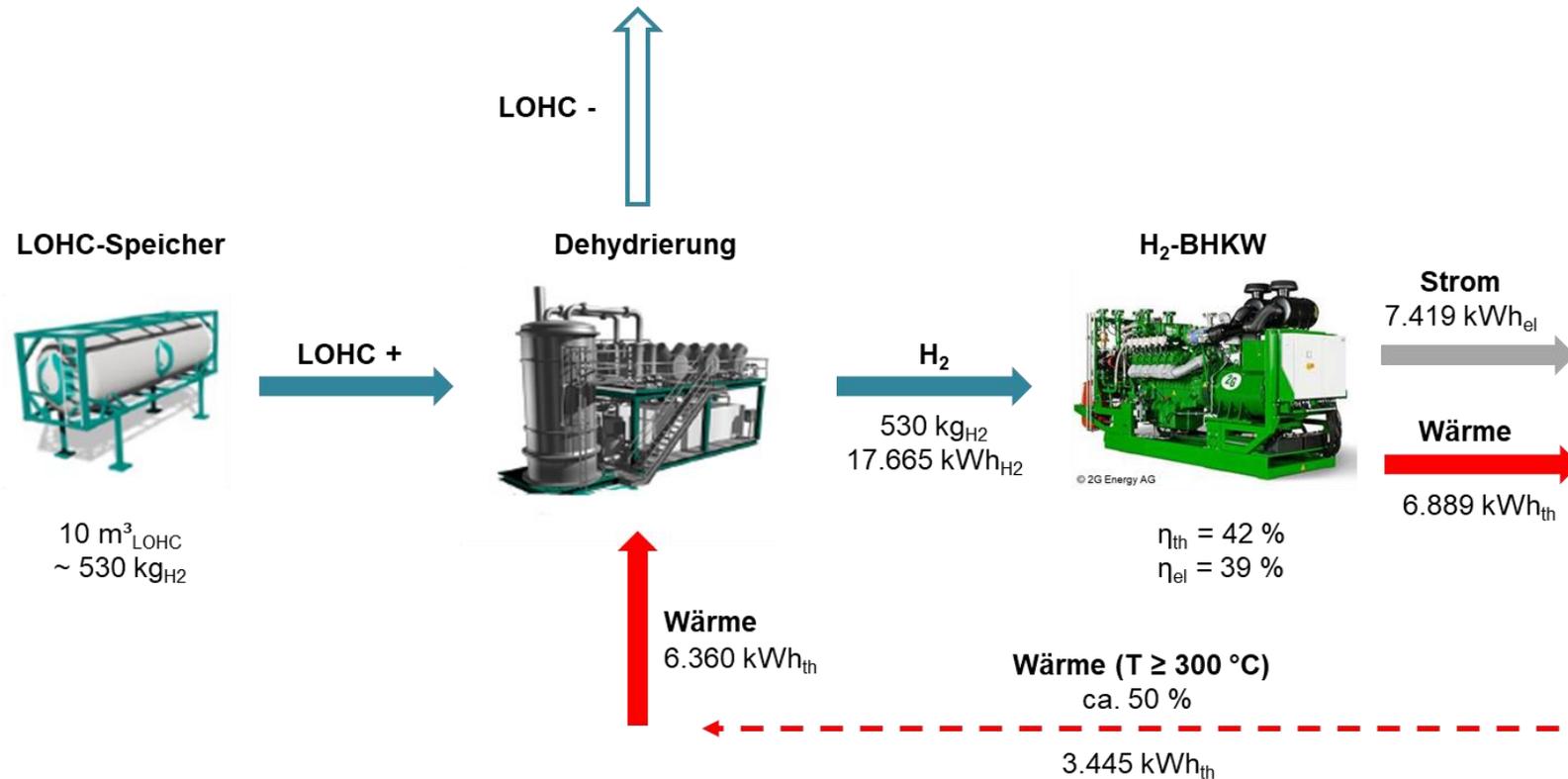
60

Alternative H₂-Herstellung



- » LOHC ist auf den ersten Blick eine Vielversprechende Alternative
- » Bei konkreterer Betrachtung ergeben sich große Herausforderungen im „Wärmehaushalt“
- » Die Anwendung bedeutet selbst bei wieder verwerteter Wärme Verluste von min. 25 % und ein geringeres Temperaturniveau
- » Konstellation „Wärmesenke“ beim Betanken und „Wärmequelle“ dürfte die größte Herausforderung werden





- » H₂-BHKWs wären eine Möglichkeit für eine H₂-Nutzung incl. „Wärmequelle“
- » Nur ca. 50 % der BHKW-Abwärme verfügen über das geeignete Temperaturniveau von > 300 °C
- » Damit können bei 100 % H₂-Anteil nur 50 % der erforderlichen Wärme für LOHC gestellt werden
- » Optional müssten die BHKWs mit einem Mindestanteil von 50 % mit Erdgas betrieben werden

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Franz Beer
Geschäftsleiter
Abwasserverband Kempten (Allgäu)

Fon +49 8374 583412
Franz.Beer@avke.de
www.avke.de

Arthur Dornburg
Geschäftsführer
bluemove consulting GmbH

Fon + 49 175 223 21 44
dornburg@bluemove-consulting.de
www.bluemove-consulting.de
www.bluemove-mobility.de

© bluemove consulting. Sämtliche dargestellte Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte liegen bei der bluemove GmbH, Kellerbachstraße 8, 82335 Berg. Weitergabe, Vervielfältigung oder Vorführung, ganz oder auch auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Urhebers gestattet.