

# AVO

**Zweckverband zur  
Abwasserbeseitigung im Raum Ochsenfurt**



# **KlärKRAFTwerk –**

## **Einblick in die Kläranlage Winterhausen**

### **29.03.2022**

Verband



Oberickelsheim



Ochsenfurt



Giebelstadt



Marktbreit



Martinsheim



Gelchsheim



12 Städte und Gemeinden  
mit 34 angeschlossenen  
Ortschaften



Gaukönigshofen



Segnitz



Obernbreit



Sonderhofen



Frickenhausen



Sommerhausen

# Verbandsgebiet


 Kläranlage

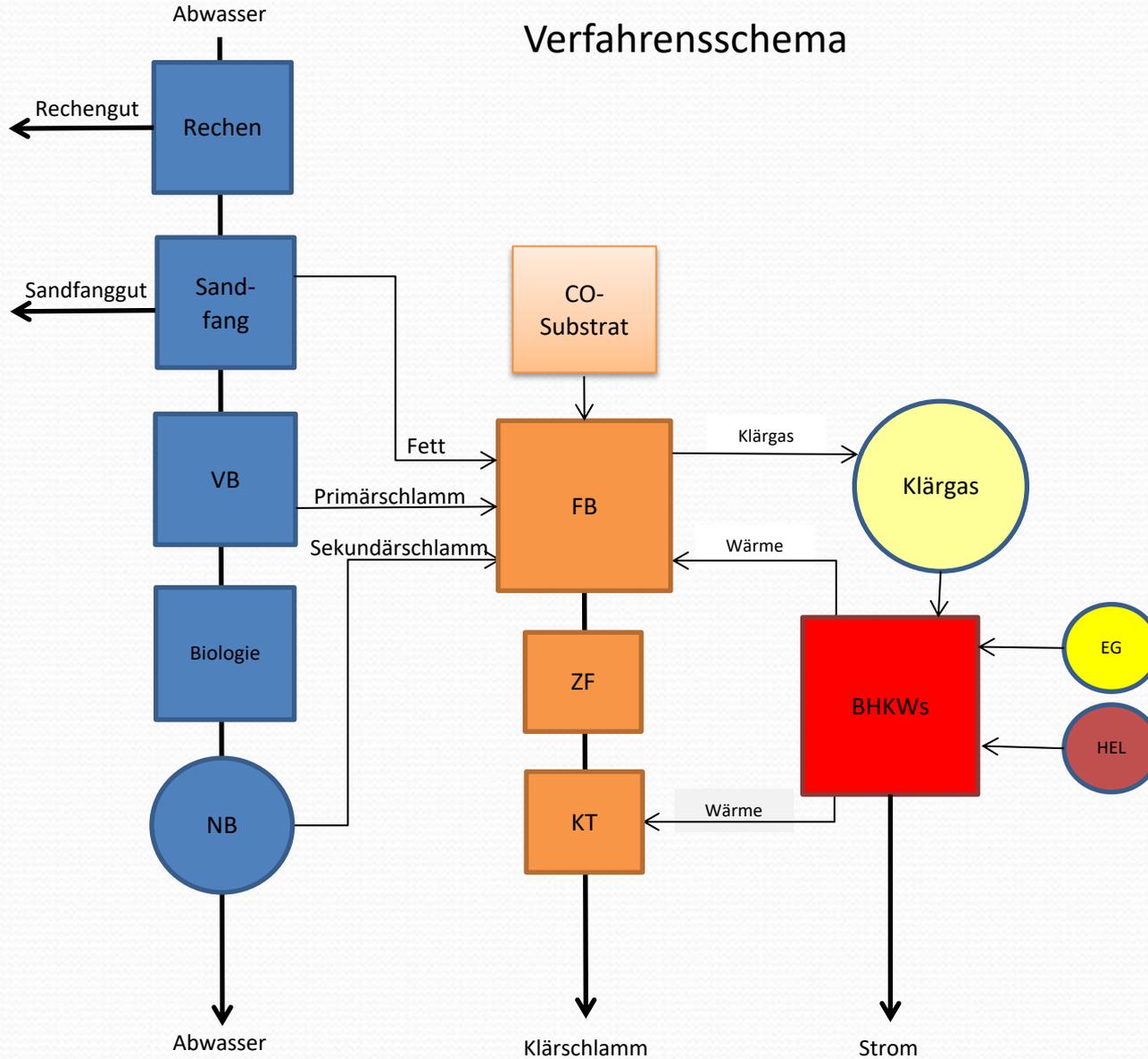


- 1986: 140.000 EW (Baujahr)
- 1990: 95.000 EW (N- und P-Elimination)
- ca. 253 km<sup>2</sup> Einzugsgebiet (310)
- ca. 300 km Kanalnetz (Ortsnetze + Hpts.) (380)
- Ca. 80 km AVO-Hauptsammler (90)
- 95 % Mischwasserbehandlung
- 69 REA (75)
- 21 Pumpwerke gesamt (26)
- 14 AVO (16)

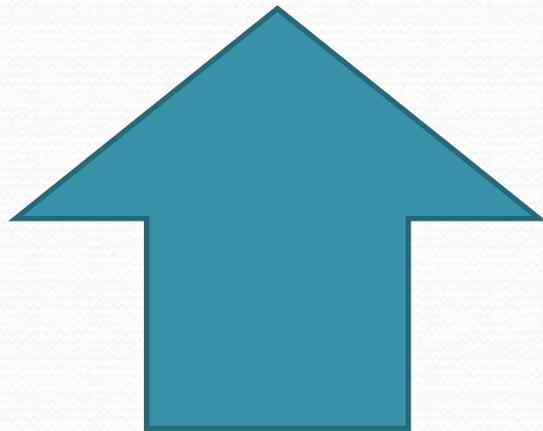
# Klärwerk Winterhausen



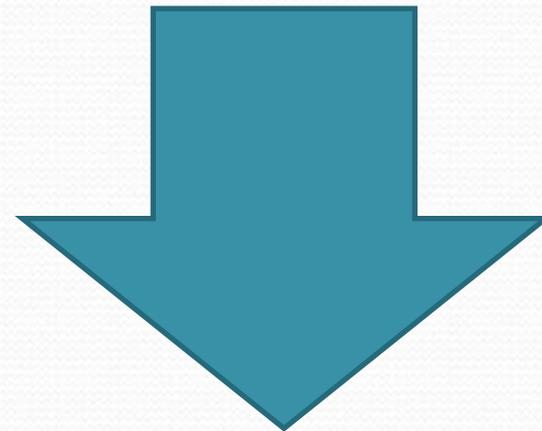
## Verfahrensschema



## Möglichkeiten der Energieoptimierung



Energieerzeugung  
erhöhen



Eigenverbrauch  
senken

# Wandel vom KW zum KKW: Maßnahmen und Betriebsoptimierungen



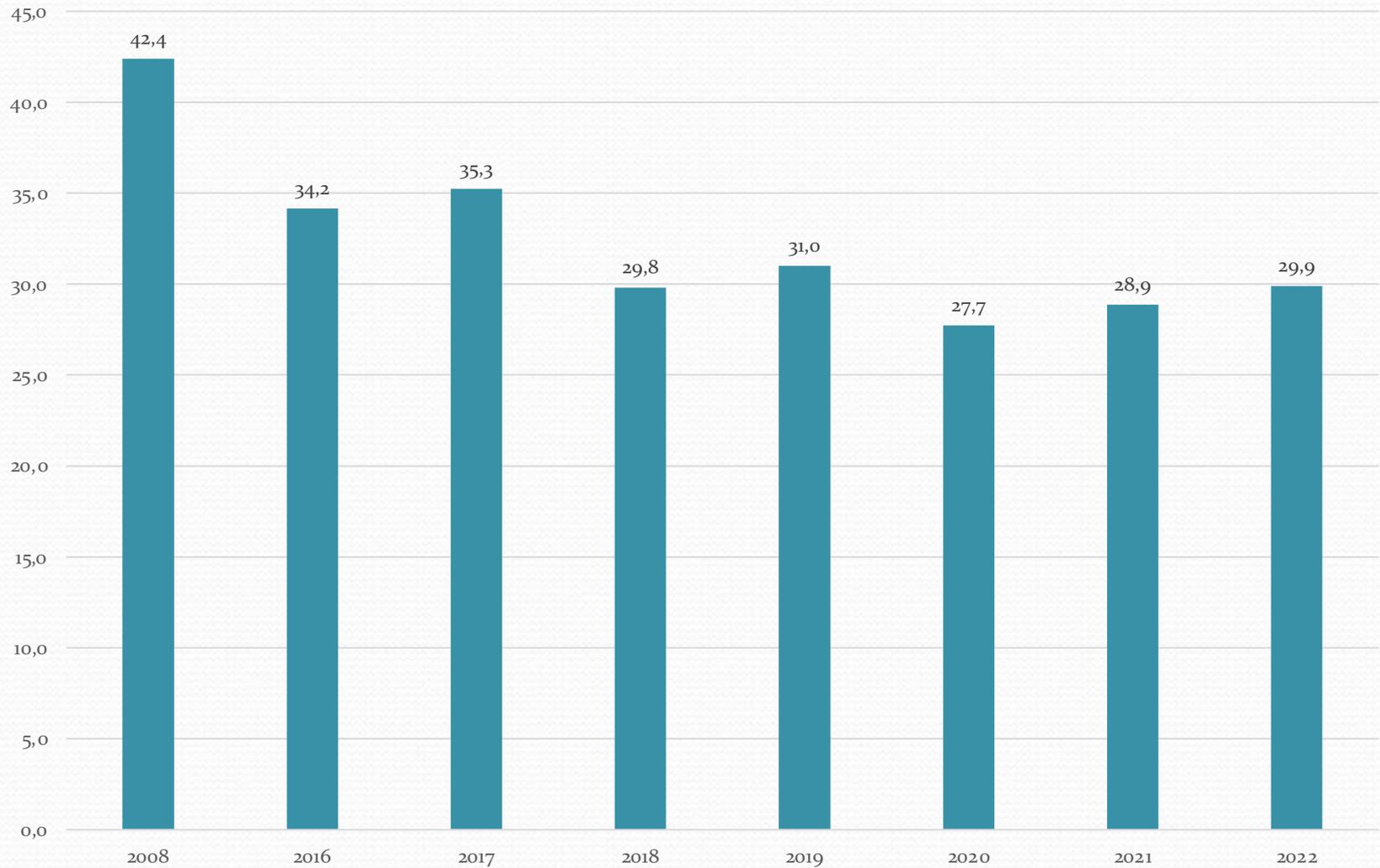
Jahr	Maßnahme	Kosten
2006	Teilnahme Benchmarking	
2009	Bau PV-Anlage 30 kWp Co-Vergärung Waschwasser Biodiesel-Herstellung	160.000 €
2010	Bau Solar-Thermische Trocknung (2 Hallen)	800.000 €
2010	Energieanalyse BHKW 250 kW	300.000 €
2011	Turboverdichter 10.000 Nm <sup>3</sup>	190.000 €
2013	Co-Vergärung Abwasser Antipasti-Herstellung Studie Klärschlammbehandlung BHKW 130 kW PV-Anlage 10 kWp	280.000 € 20.000 €
2014	Bau Solar-Thermische Trocknung (1 Halle) Zentrifuge	800.000 € 200.000 €
2015	Turboverdichter 4.000 Nm <sup>3</sup>	110.000 €
2016	Teilnahme Benchmarking	
2018	Erneuerung Belüftung und Regelung	280.000 €

# Wandel vom KW zum KKW: Maßnahmen und Betriebsoptimierungen

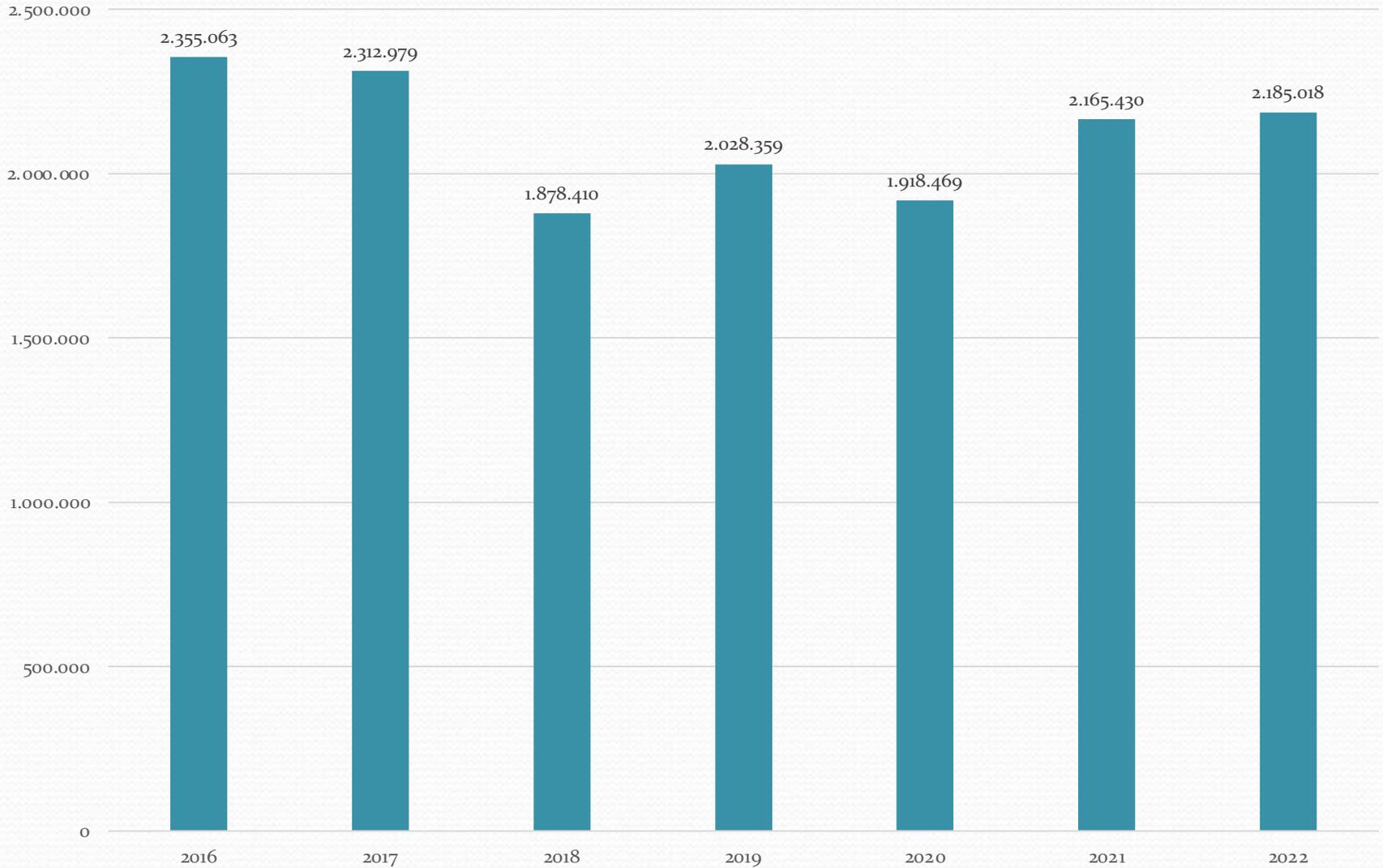


Jahr	Maßnahme	Kosten
2019	Erneuerung und Umbau BHKW 3 mit Leistungserhöhung auf 262 kW	380.000 €
2019	Einsatz von Enzymen in der Faulung	17.000 €/a
2020	Co-Vergärung Abwasser Antipasti-Herstellung wurde Umgestellt auf Co-Vergärung von Flotatschlamm der BMI Würzburg	
2020	Einbau einer Rezirkulation in die Belebungsbecken	25.000 €
2020	Optimierung der Nachklärungen (besser Eindickung des Rücklaufschlammes)	40.000 €
2021	Erneuerung und Umbau der Rechengutpressen	75.000 €
2022	Erneuerung der Rechen mit 4 mm Stababstand	110.000 €
2022	Umbau der Schlamm Trocknung	1.100.000 €
2023	Einbau Rührwerk in Schlammmeindicker II	35.000 €

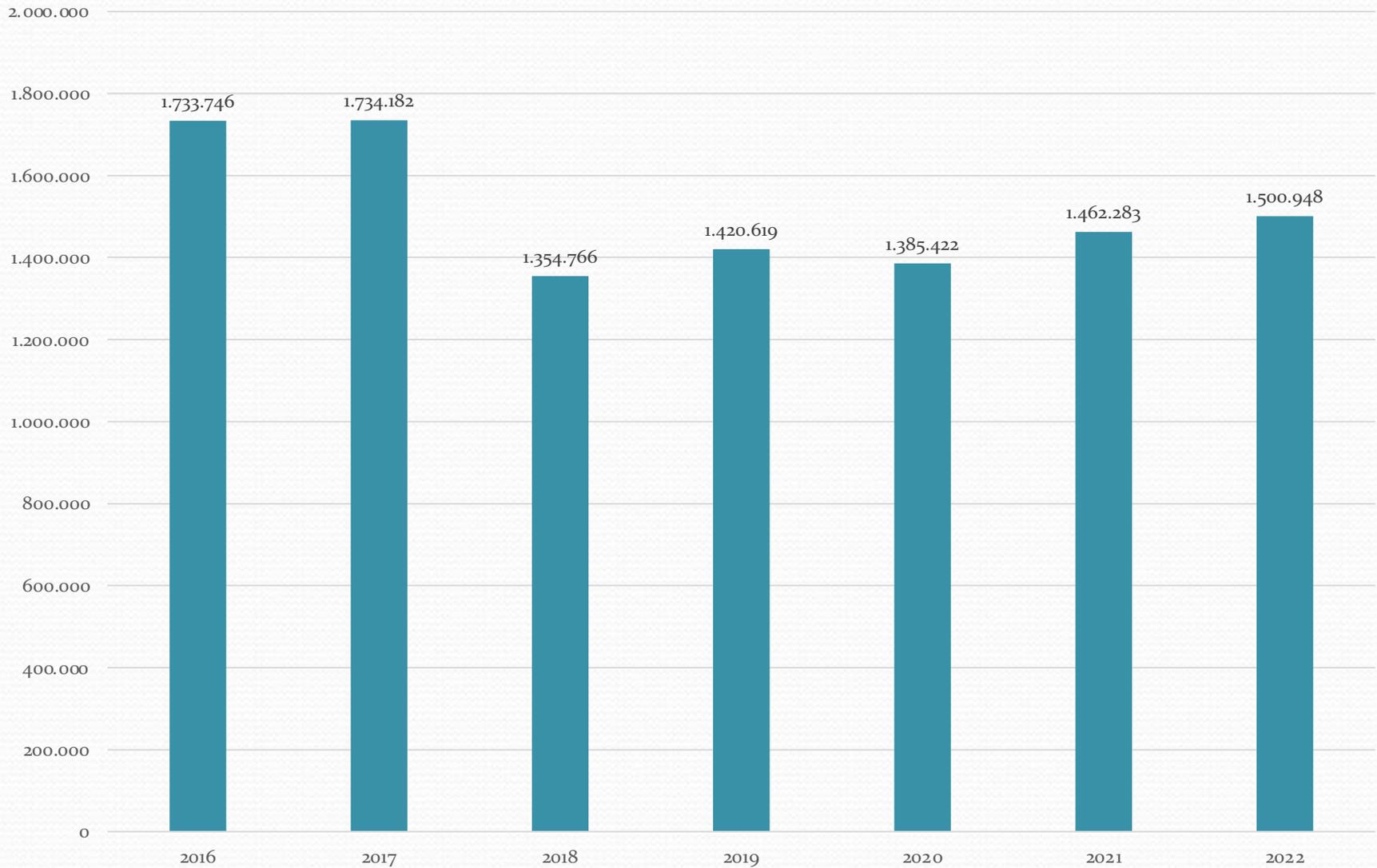
# Spez. Stromverbrauch in kWh/EW\*a



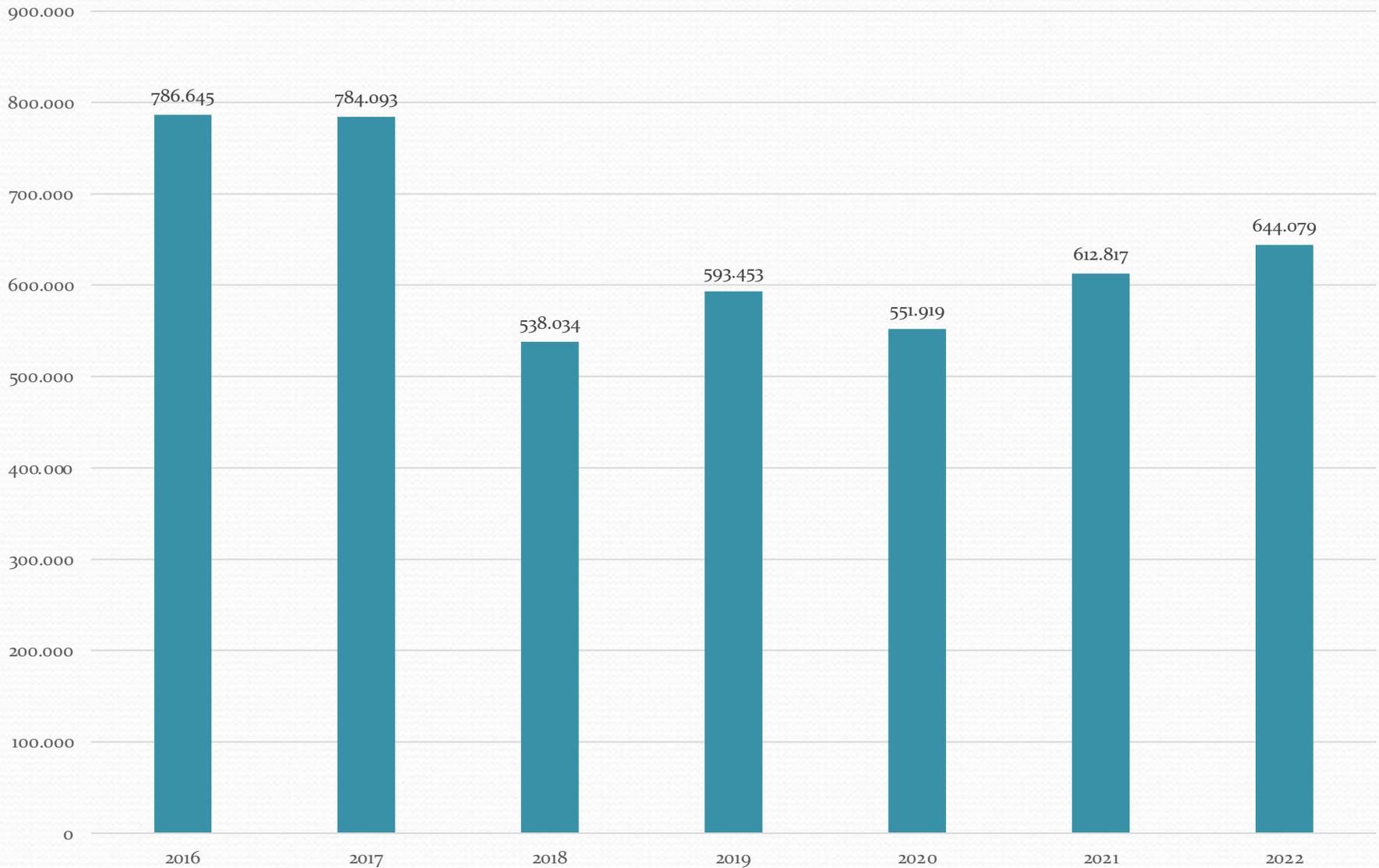
# Stromerzeugung in kWh/a



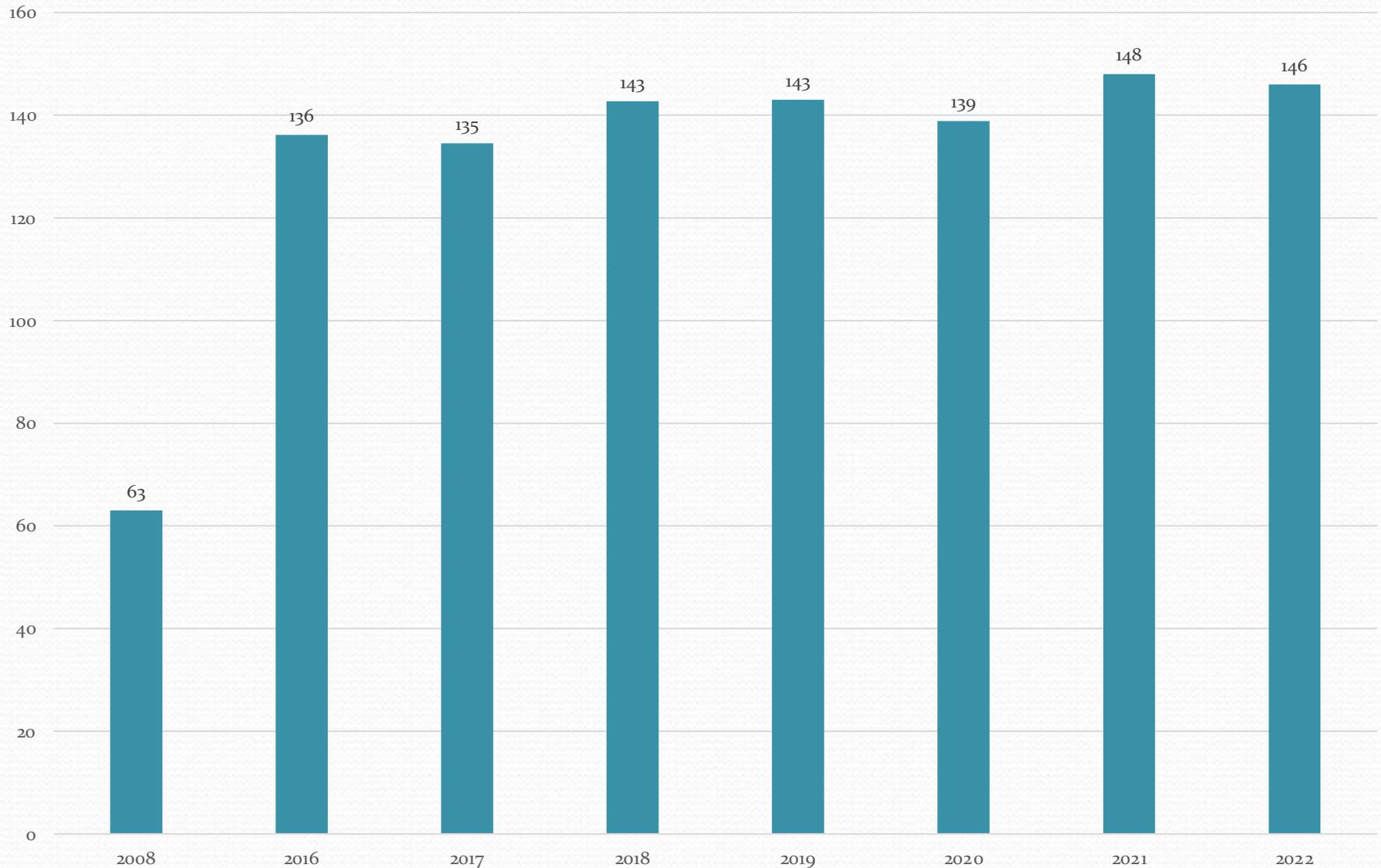
# Stromverbrauch in kWh/a



# Stromverbrauch in Biologie kWh/a



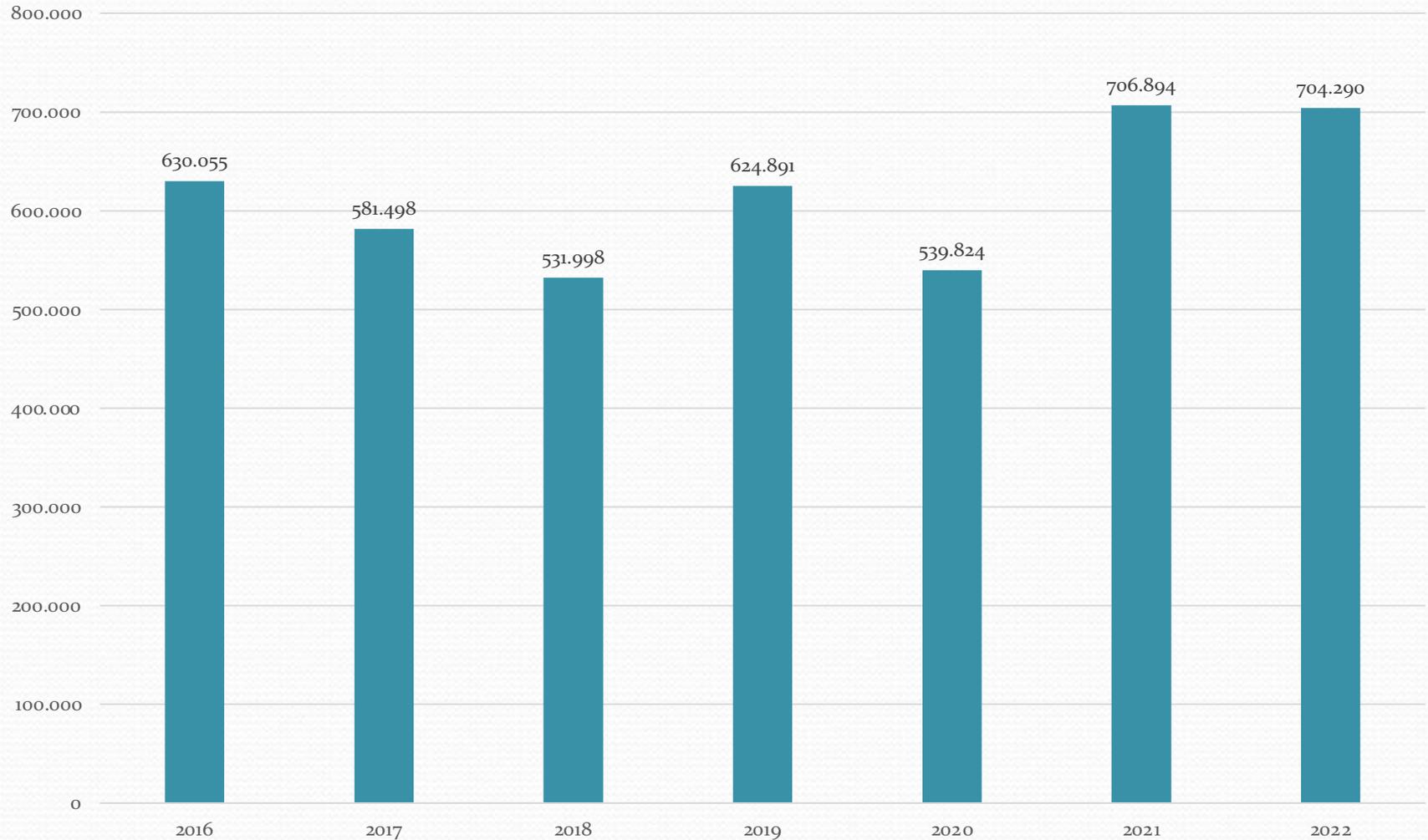
# Eigenversorgungsgrad in %



# Abgabe an die WVV



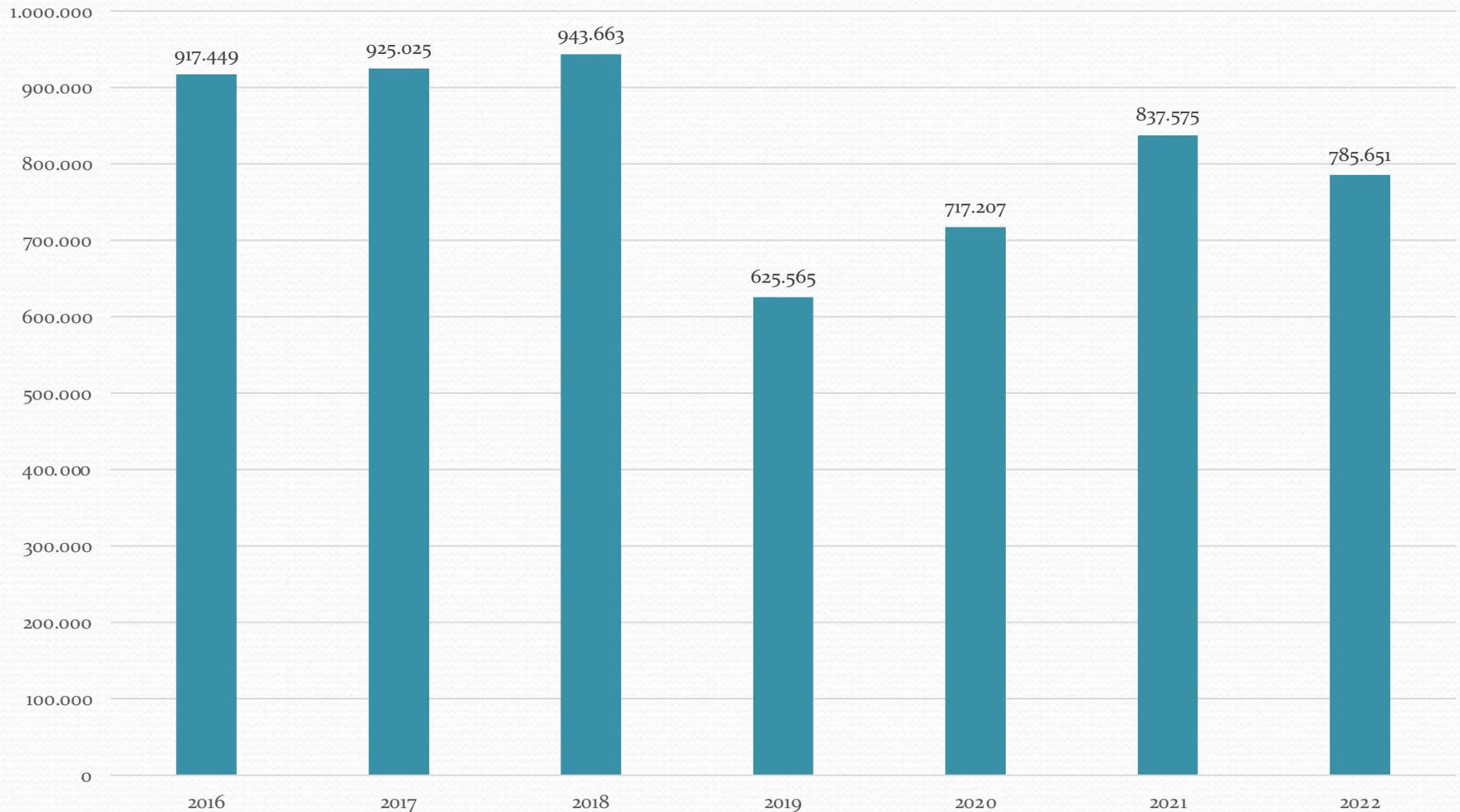
kWh



# Klärgasverbrauch BHKWs



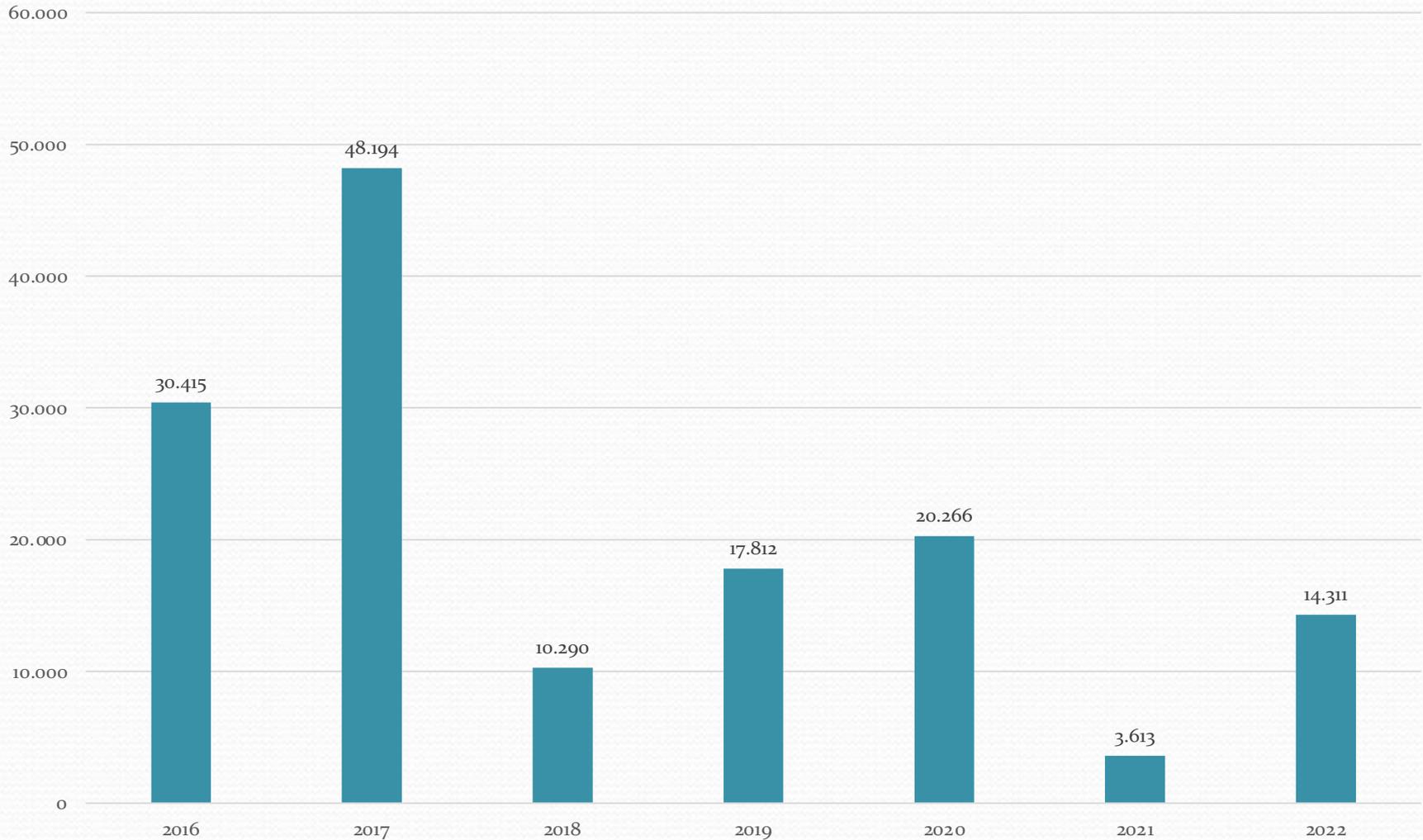
m<sup>3</sup>



# Erdgasverbrauch BHKWs



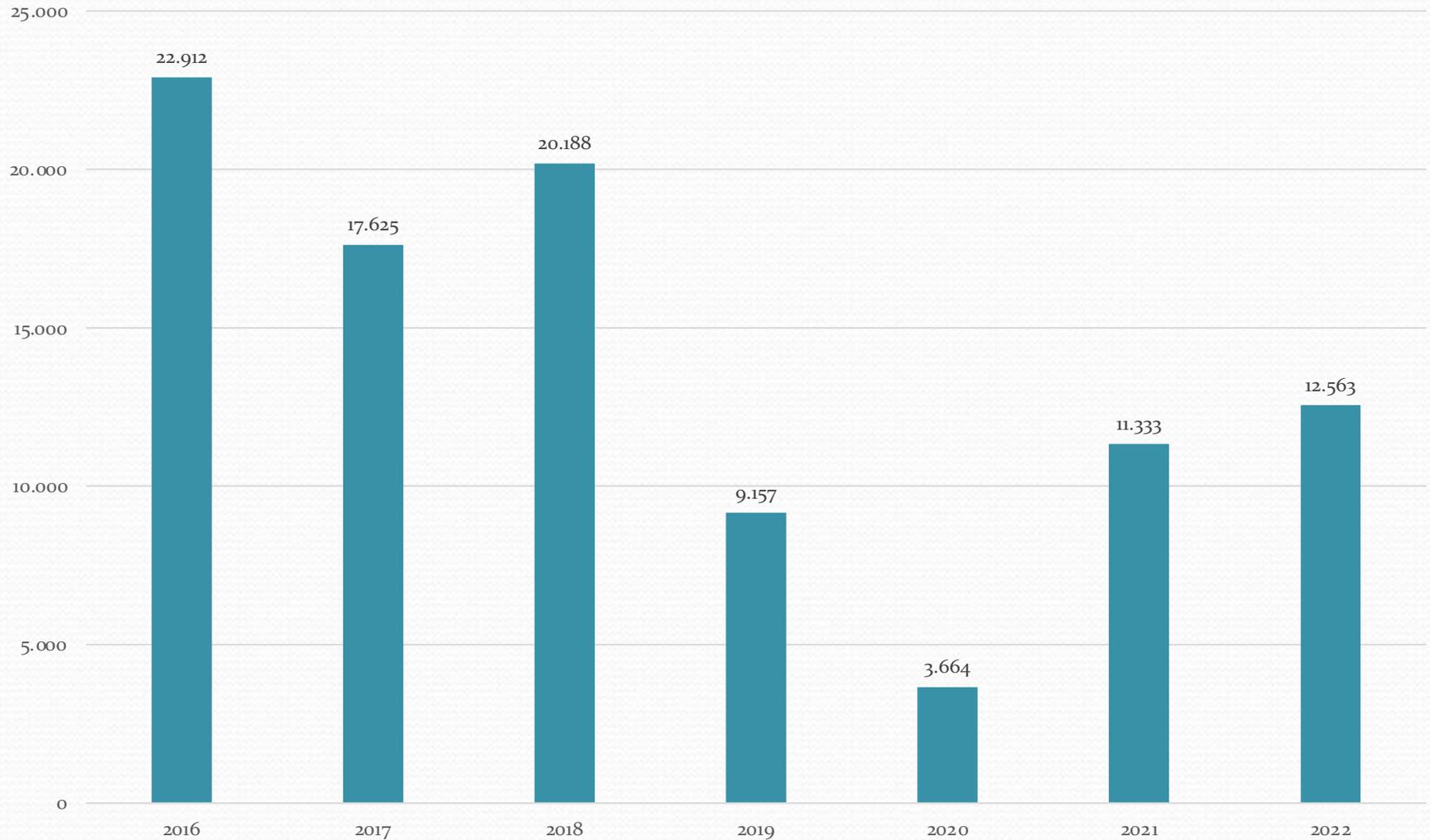
Nm<sup>3</sup>



# Heizölverbrauch BHKWs



Liter



# Steigerung des Gasanfalls durch Co-Vergärung

**TECOSOL**<sup>®</sup>  
liquid organic energy

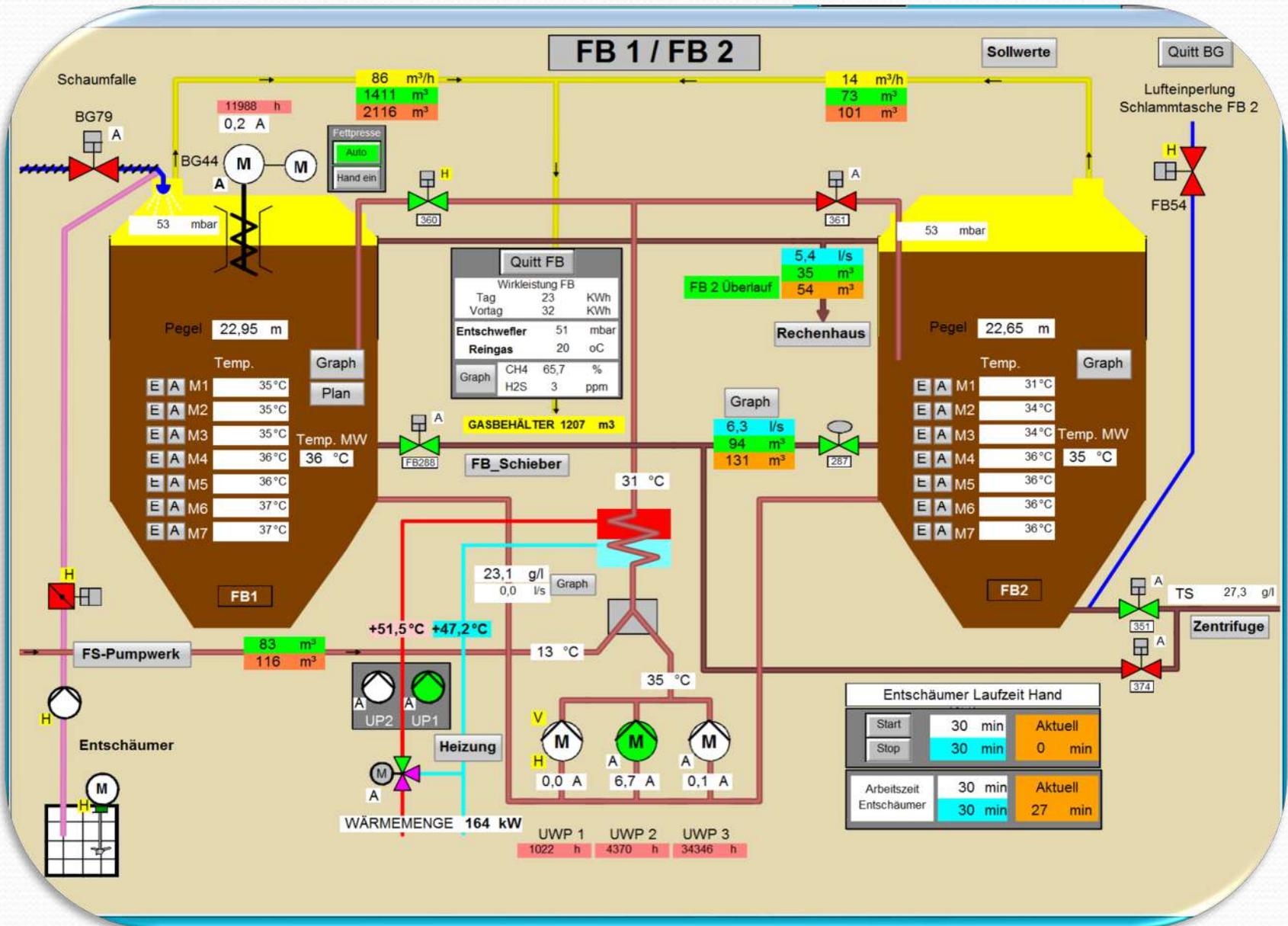
Bayerische Milchindustrie eG  
Werk Würzburg  
Louis-Pasteur-Straße 1  
D-97076 Würzburg



- Abwasser aus der Biodiesel-Herstellung
- ca. 2-3 m<sup>3</sup>/d in FB
- Abwasser ohne Feststoffe
- CSB: 100 bis 300 g/l
- 92% Wasser, 3% Methanol, 3% Glycerin, Rest Salze
- Anlieferung frei Klärwerk

- Flotatschlamm
- ca. 8 m<sup>3</sup>/d in FB
- CSB: 120g/l
- Anlieferung frei Klärwerk

# Klärschlamm





# Optimierung der Stromerzeugung

BHKW 130 kW



BHKW 262 kW





# Belüftung

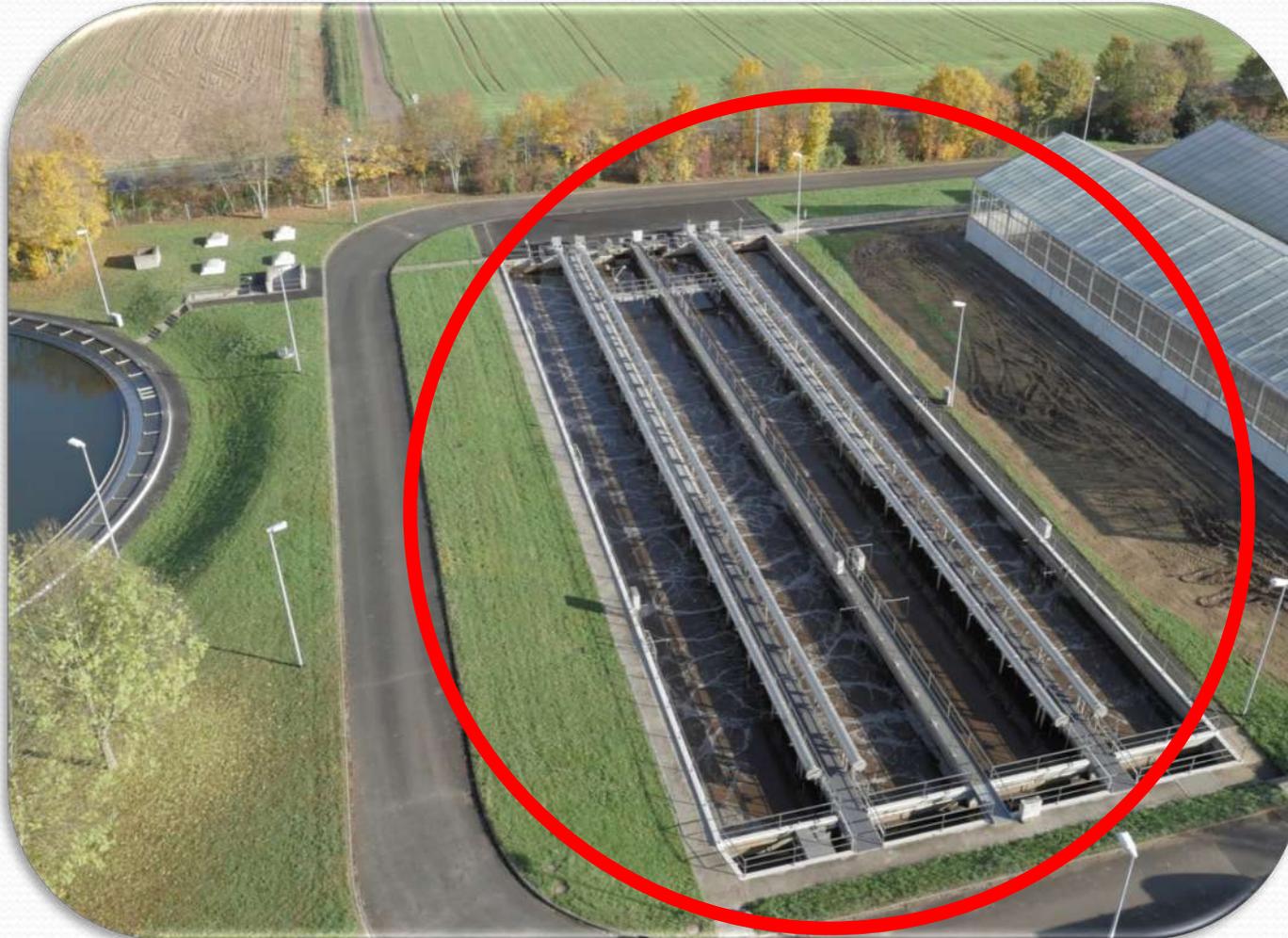
Turbo 10.000 Nm<sup>3</sup>



Turbo 3.500 Nm<sup>3</sup>



## Belüftung Belebungsbecken Ist-Situation 2017



## Belüftung Belebungsbecken Ist-Situation 2017



- Sind Ende 2018 -10 Jahre in Betrieb
- Einseitige Belüftung (Walzenbildung)
- Zu geringe Leistung für Stoßbelastung
- Kein intermittierender Betrieb mögl.
- Relativ hoher Luftverbrauch
  - ➔ niedrige Energieeffizienz



# Belüftung

Umbau 2018



# Belüftung

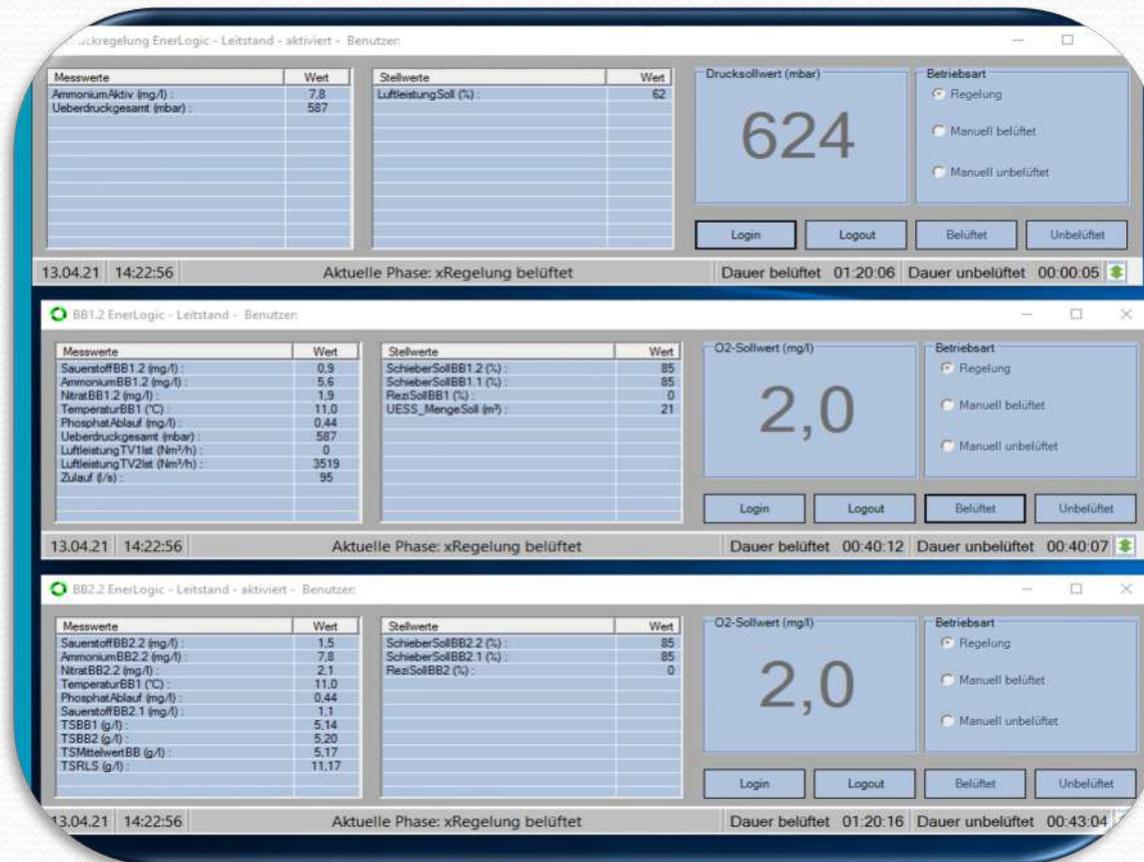
Umbau 2018



# Belüftung

## Umbau 2018

Installation eines Fuzzy-Regler zur Umsetzung eines alternierenden /intermittierenden betriebs der Belebungsbecken



The image shows three stacked control panels for aeration tanks (BB1.2, BB2.1, and BB2.2) in the EnerLogic system. Each panel displays real-time data, setpoints, and operational status.

**Panel 1: xRegelung EnerLogic - Leitstand - aktiviert - Benutzer:**

Messwerte	Wert	Stellwerte	Wert
Ammonium-Aktiv (mg/l) :	7,8	LuftleistungSoll (%) :	62
Ueberdruckgesamt (mbar) :	587		

Drucksollwert (mbar): **624**

Betriebsart:  Regelung,  Manuell belüftet,  Manuell unbelüftet

Dauer belüftet: 01:20:06, Dauer unbelüftet: 00:00:05

**Panel 2: BB1.2 EnerLogic - Leitstand - Benutzer:**

Messwerte	Wert	Stellwerte	Wert
SauerstoffBB1.2 (mg/l) :	0,9	SchieberSollBB1.2 (%) :	85
AmmoniumBB1.2 (mg/l) :	5,6	SchieberSollBB1.1 (%) :	85
NitratBB1.2 (mg/l) :	1,9	ReziSollBB1 (%) :	0
TemperaturBB1 (°C) :	11,0	UESS_MengeSoll (m³) :	21
PhosphatAblauf (mg/l) :	0,44		
Ueberdruckgesamt (mbar) :	587		
LuftleistungTV1ist (Nm³/h) :	0		
LuftleistungTV2ist (Nm³/h) :	3519		
Zulauf (l/s) :	95		

O2-Sollwert (mg/l): **2,0**

Betriebsart:  Regelung,  Manuell belüftet,  Manuell unbelüftet

Dauer belüftet: 00:40:12, Dauer unbelüftet: 00:40:07

**Panel 3: BB2.2 EnerLogic - Leitstand - aktiviert - Benutzer:**

Messwerte	Wert	Stellwerte	Wert
SauerstoffBB2.2 (mg/l) :	1,5	SchieberSollBB2.2 (%) :	85
AmmoniumBB2.2 (mg/l) :	7,8	SchieberSollBB2.1 (%) :	85
NitratBB2.2 (mg/l) :	2,1	ReziSollBB2 (%) :	0
TemperaturBB1 (°C) :	11,0		
PhosphatAblauf (mg/l) :	0,44		
SauerstoffBB2.1 (mg/l) :	1,1		
TSBB1 (g/l) :	5,14		
TSBB2 (g/l) :	5,20		
TSMittelwertBB (g/l) :	5,17		
TSRLS (g/l) :	11,17		

O2-Sollwert (mg/l): **2,0**

Betriebsart:  Regelung,  Manuell belüftet,  Manuell unbelüftet

Dauer belüftet: 01:20:16, Dauer unbelüftet: 00:43:04

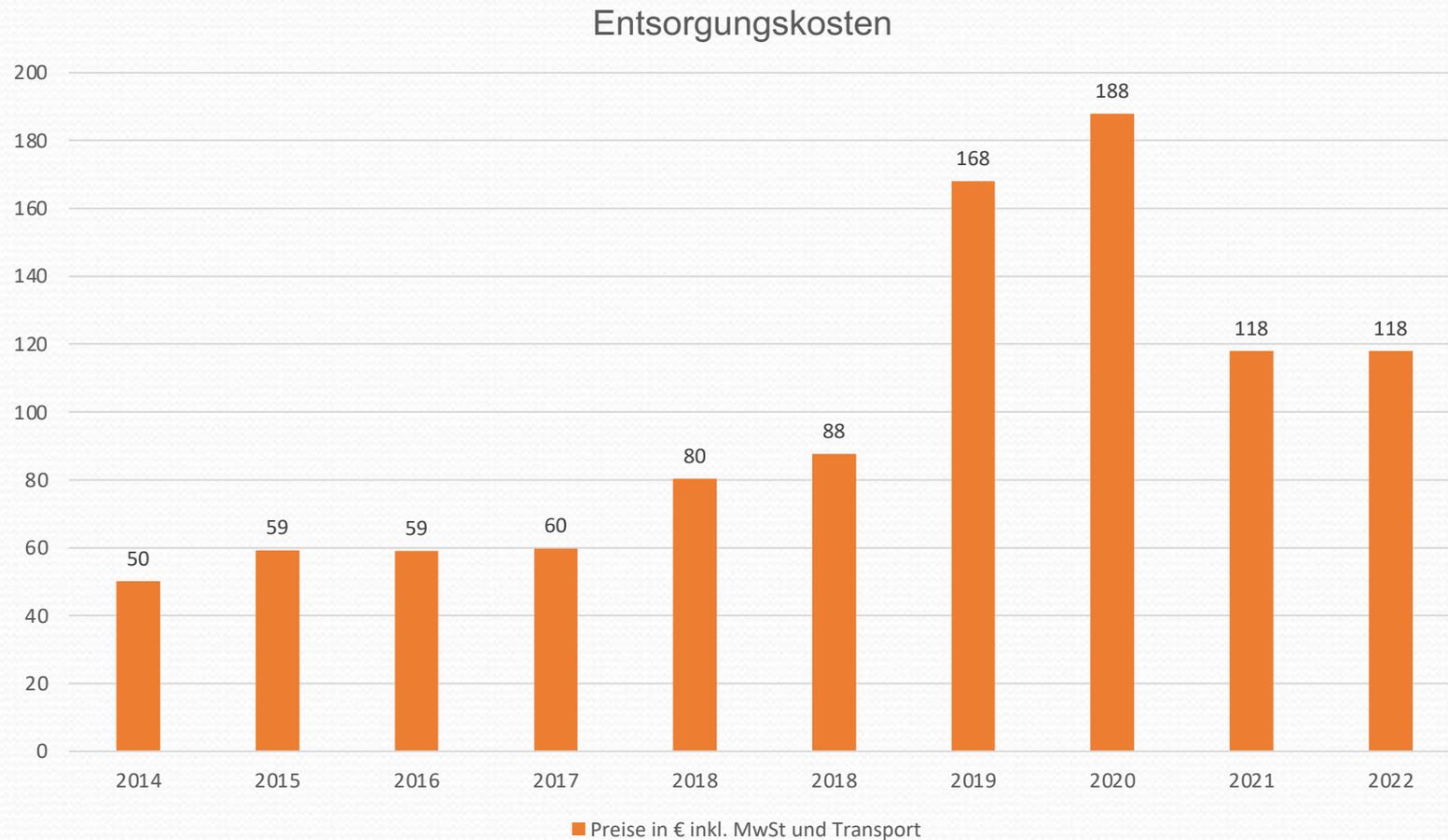
# Belüftung

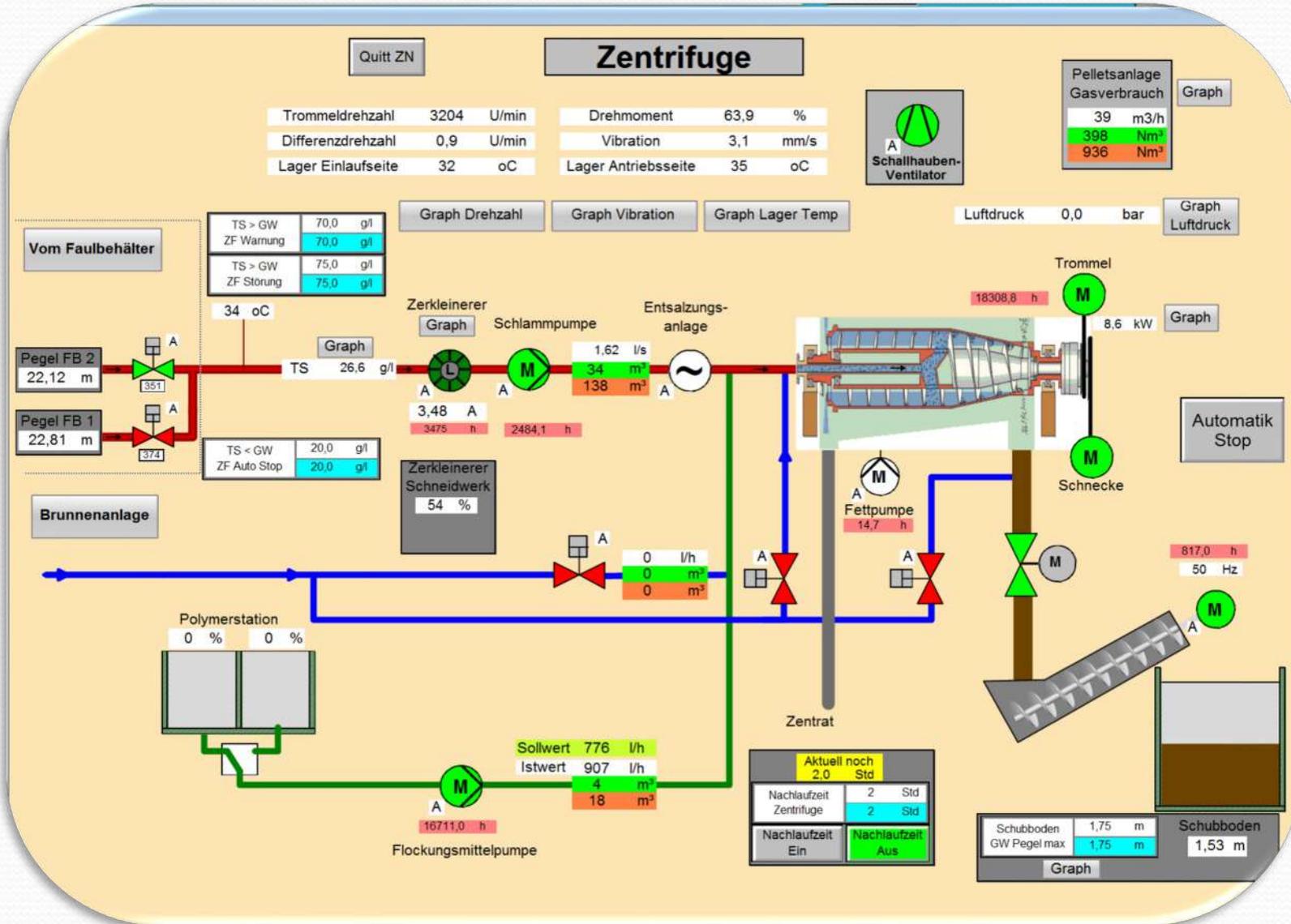
## Belüftung Belebungsbecken

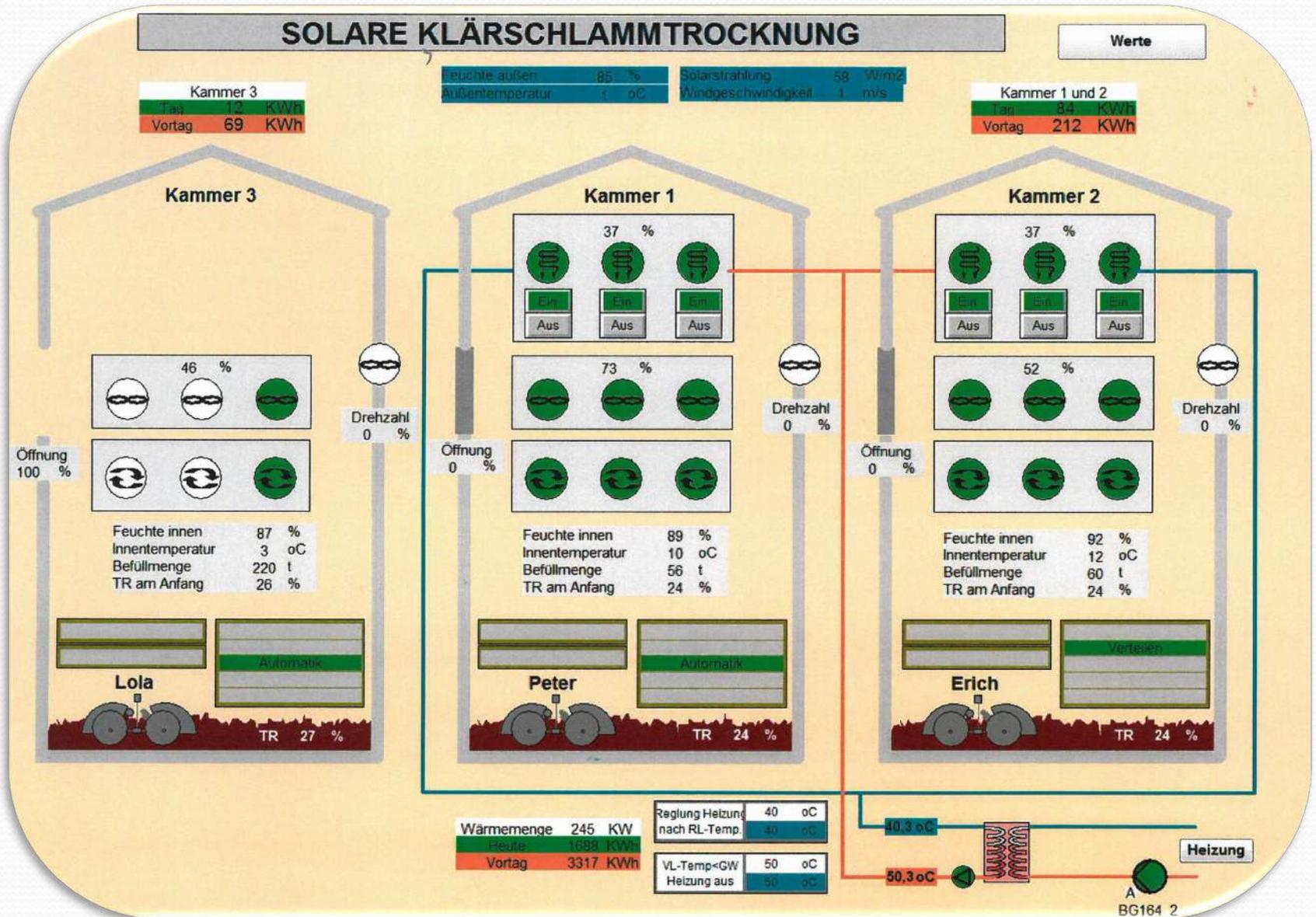
- Luftmenge bisher: ca. 31.500.000 m<sup>3</sup>/a
- Luftmenge Prognose ca.: 22.000.000 m<sup>3</sup>/a **Wert 2019: 21.900.000 m<sup>3</sup>/a**
- Einsparung ca. 30% **Wert 2019: 30 %**
- **Kosteneinsparung real:**
  - ca. 29% Gebläseenergie bei einem Energiepreis von
  - 7,9 Cent/kW und der Energiemenge ca.170.000 kWh/a = ca. 13.000 €/a
  - Einsparung Energie RW ca. ca. 50.000 kWh/a = ca. 4.000 €/a
  - Einsparung Heizöl ca. 11.000 l = ca. 7.000 €/a
  - Einsparung Erdgas ca. 15.000 Nm<sup>3</sup> = ca. 8.000 €/a
  - Einsparung Ersatz der Belüfter (einmalig) = ca. 70.000 €
  - Zuschuss kfw (einmalig) = 10.000 €

**Bei einer Investition von 280.000 € ergibt sich mit den aufgezeigten Einsparungen einen ROI von ca. 6,5 Jahren (ca.13 Jahre Prognose)**

### Preisentwicklung der letzten Jahre



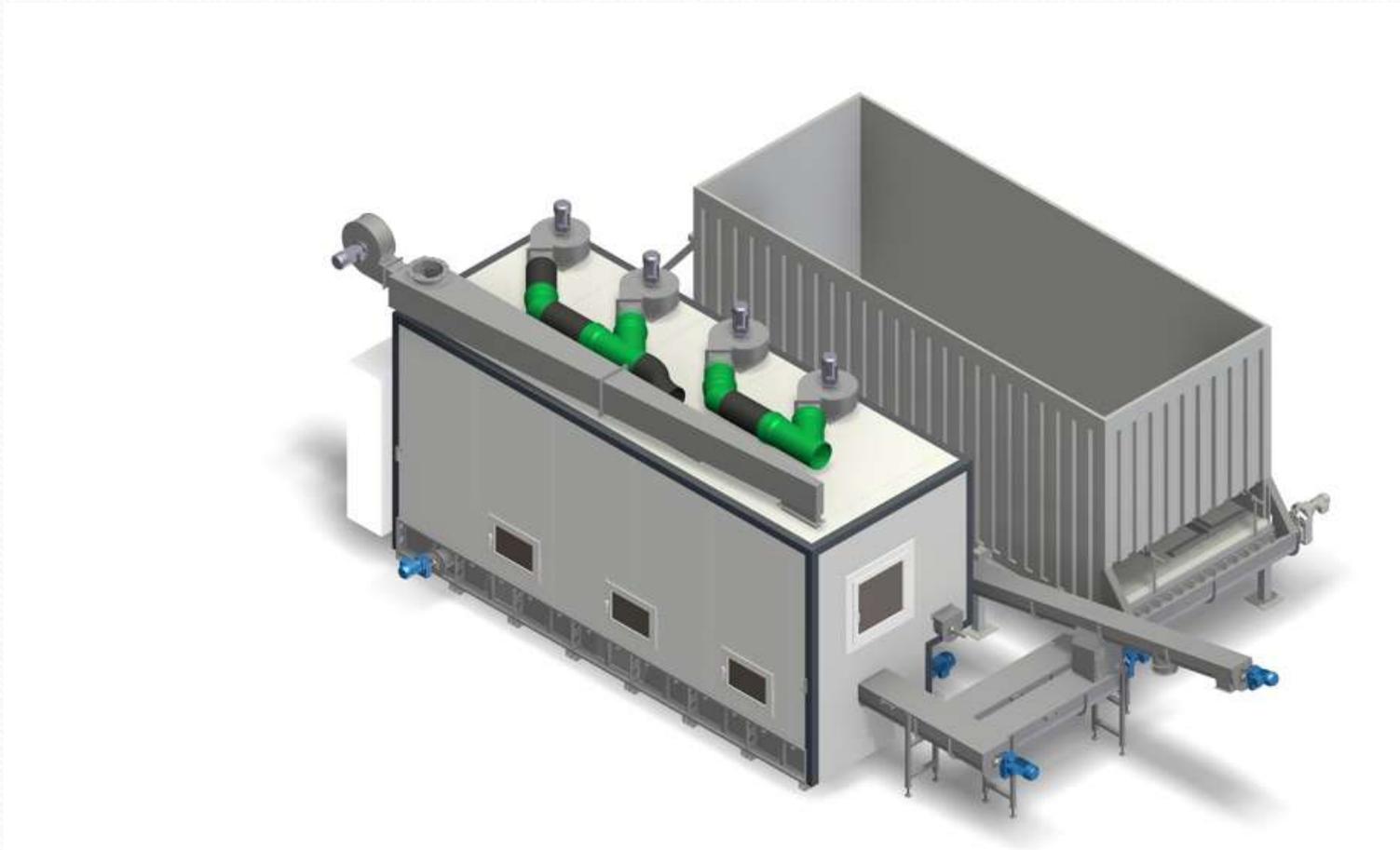




- Trocknungsgrad ist durch die Jahreszeiten sehr unterschiedlich. Im Sommer bis zu 85 % TS und im Winter um die 50 % TS.
- Arbeitsaufwendiger Prozess
- Emissionen (Geruch und Nährstoffe)
- Absatz des Klärschlammes in dieser Form aktuell und in Zukunft schwierig
- Kein zukunftsfähiger Wege, da der Markt entweder bis 30 % TS oder ab 90 % TS fordert!

# Maßnahmen

## Klärschlamm-trocknung mit Pelletierung



# Maßnahmen

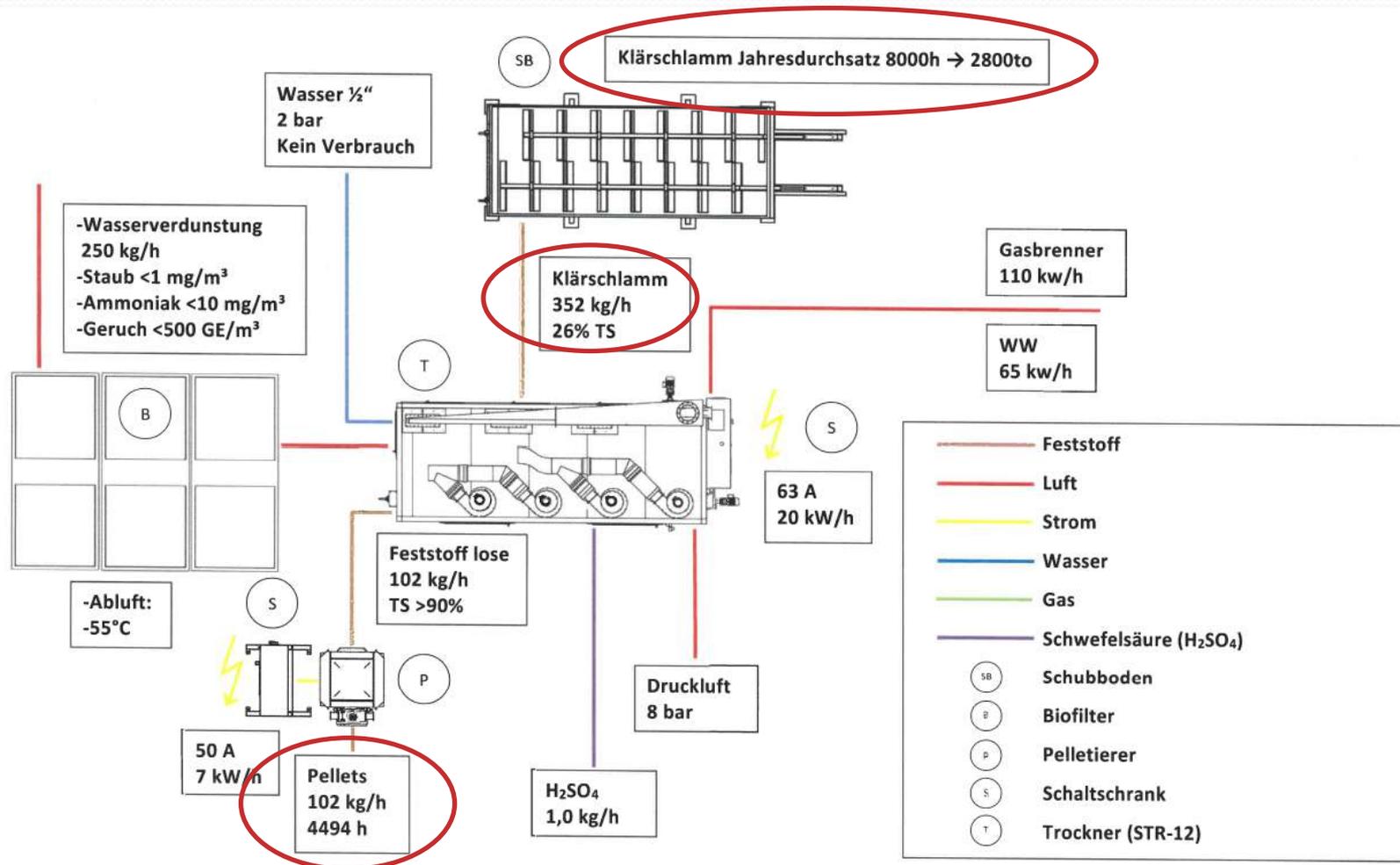
## Klärschlamm-trocknung mit Pelletierung

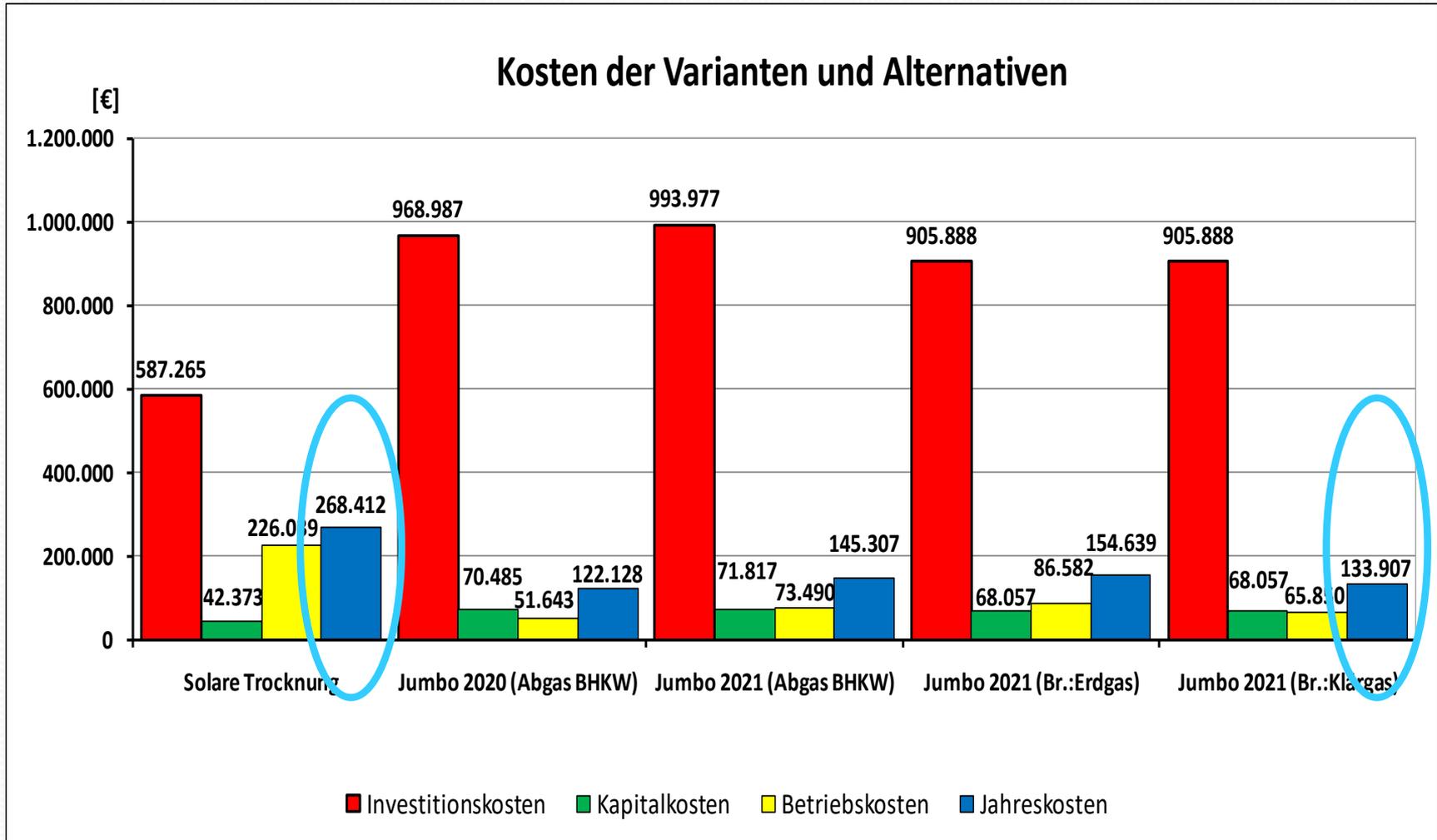


- Wärmeezeugung erfolgt über einen Gasbrenner und Abwärme der BHKWs
- Die Verdunstungsraten sind bei der Klärschlamm-trocknung durch das besondere Verfahren extrem hoch und liegen unter 700 W Wärmeenergie pro Liter Wasser
- Im Prozess werden die heißen Abgase mit 300°C aus der Gasverbrennung direkt in die Verwirbelung des Trockners geführt
- Dadurch werden die nahezu idealen physikalischen Bedingungen (Wirbelschicht) für die Verdunstung von Wasser geschaffen

# Maßnahmen

## Klärschlamm-trocknung mit Pelletierung





ca. 134.000 € Jahreskosten weniger für Schlamm-trocknung und Entsorgung

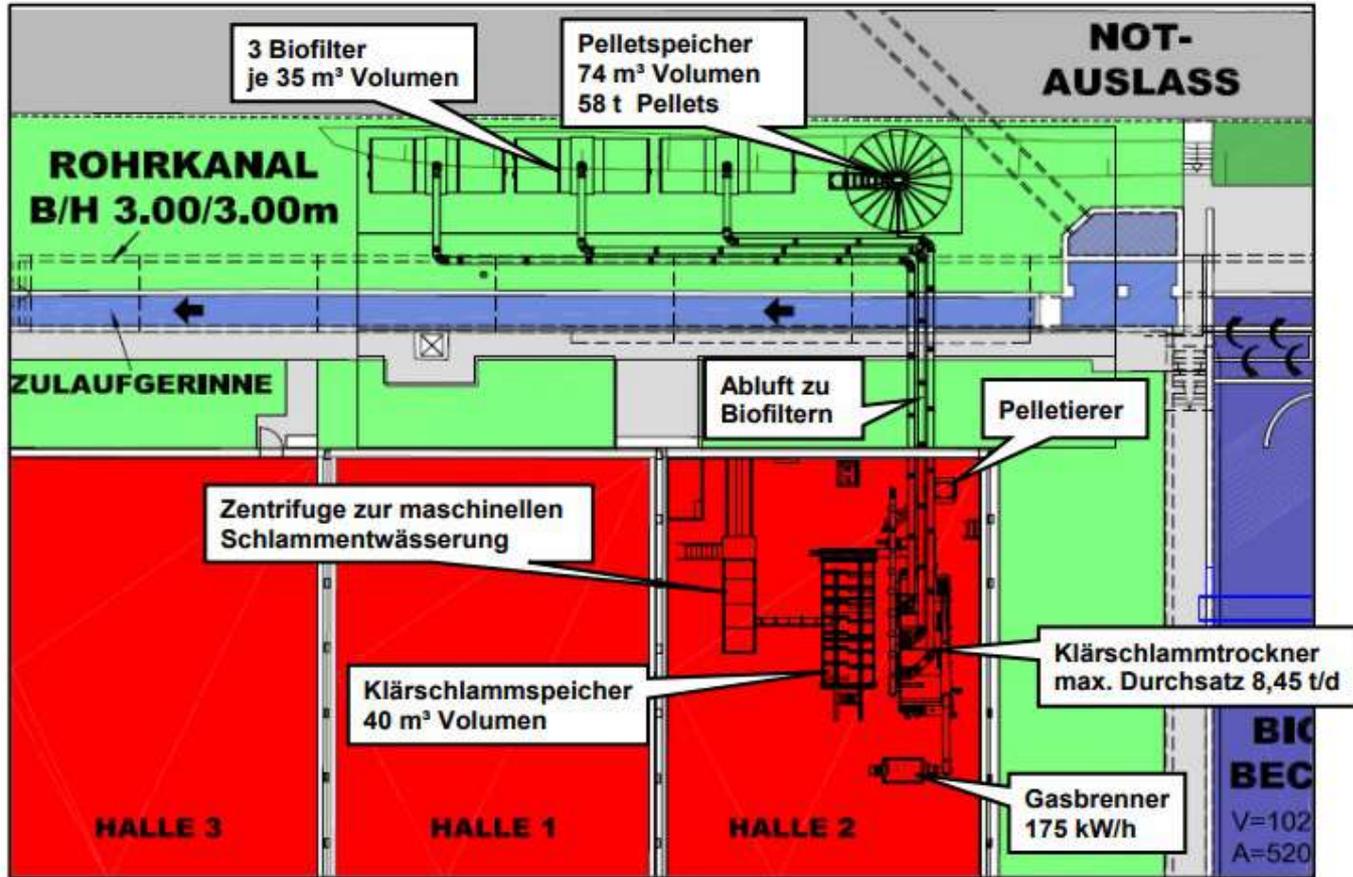
# Maßnahmen

## Klärschlamm-trocknung mit Pelletierung: CO<sub>2</sub>-Emission



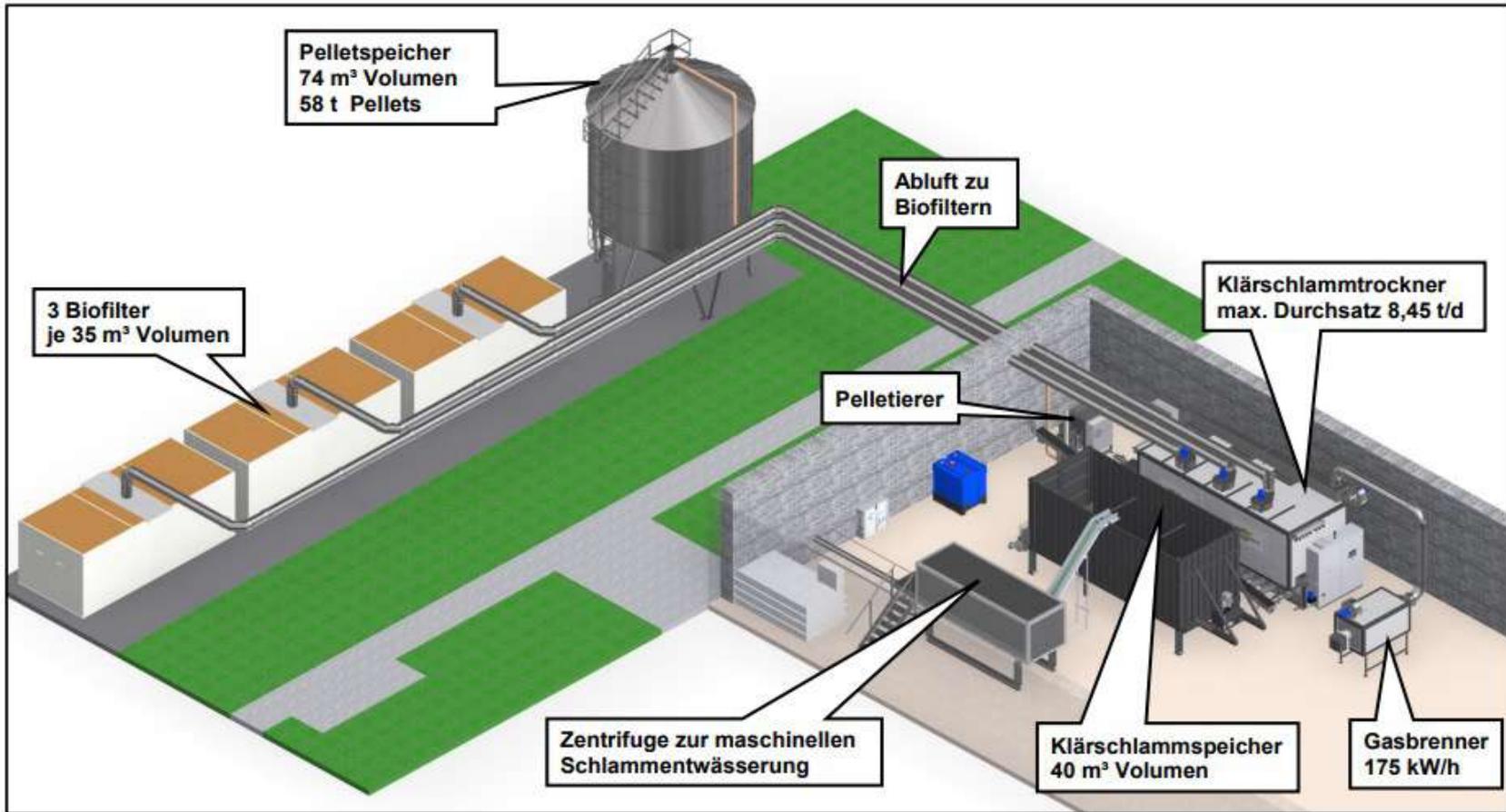
CO <sub>2</sub> -Emissionen in kgCO <sub>2</sub> /a	Sol. Trocknung mit ΔoTS = 5%	Jumbo 2021 (BHKW)	Jumbo 2021 (B:Erdgas)	Jumbo 2021 (B:Klärgas)
- BHKW-Erdgas	5.276	161	0	0
- BHKW-Klärgas	803.508	1.133.864	1.472.595	1.082.763
- Brenner-Jumbo	0	338.731	253.391	389.832
- Heizung	0	0	0	0
- Heizung Erdgas	0	36.897	0	28.369
- LKW	8.745	0	0	0
- Lader	5.830	0	0	0
Entsorgung:	11.669	450	450	450
aus ΔoTS:	198.140	0	0	0
aus "Restgas":	684.050	0	0	0
Zwischensumme:	1.717.218	1.510.103	1.726.436	1.501.414
aus Stromverkauf:	-384.208	-47.592	-237.707	-18.752
Summe gesamt:	1.333.010	1.462.511	1.488.729	1.482.662

# Klärschlamm-trocknung und - Pelletierung



<b>Zweckverband zur Abwasserreinigung im Raum Ochsenfurt</b>	
<b>Projekt:</b>	Klärwerk Winterhausen Thermische Klärschlamm-trocknung
<b>Planart:</b>	Aufstellungsplan Grundriss
<b>Maßstab:</b>	-----
	<b>15.02.2022</b>

# Klärschlamm-trocknung und - Pelletierung



Zweckverband zur Abwasserreinigung  
im Raum Ochsenfurt

Projekt: Klärwerk Winterhausen  
Thermische Klärschlamm-trocknung  
Planart: Aufstellungsplan  
Darstellung 3 D  
Maßstab: -----

15.02.2022

# Klärschlamm-trocknung und - Pelletierung



# Klärschlamm-trocknung und - Pelletierung



# Klärschlamm-trocknung und - Pelletierung



# Klärschlamm-trocknung und - Pelletierung



# Klärschlamm-trocknung und - Pelletierung



# Klärschlamm-trocknung und - Pelletierung



# Klärschlammverwertung ab 2023



Müllheizkraftwerk Würzburg

# Klärschlammverwertung 2023



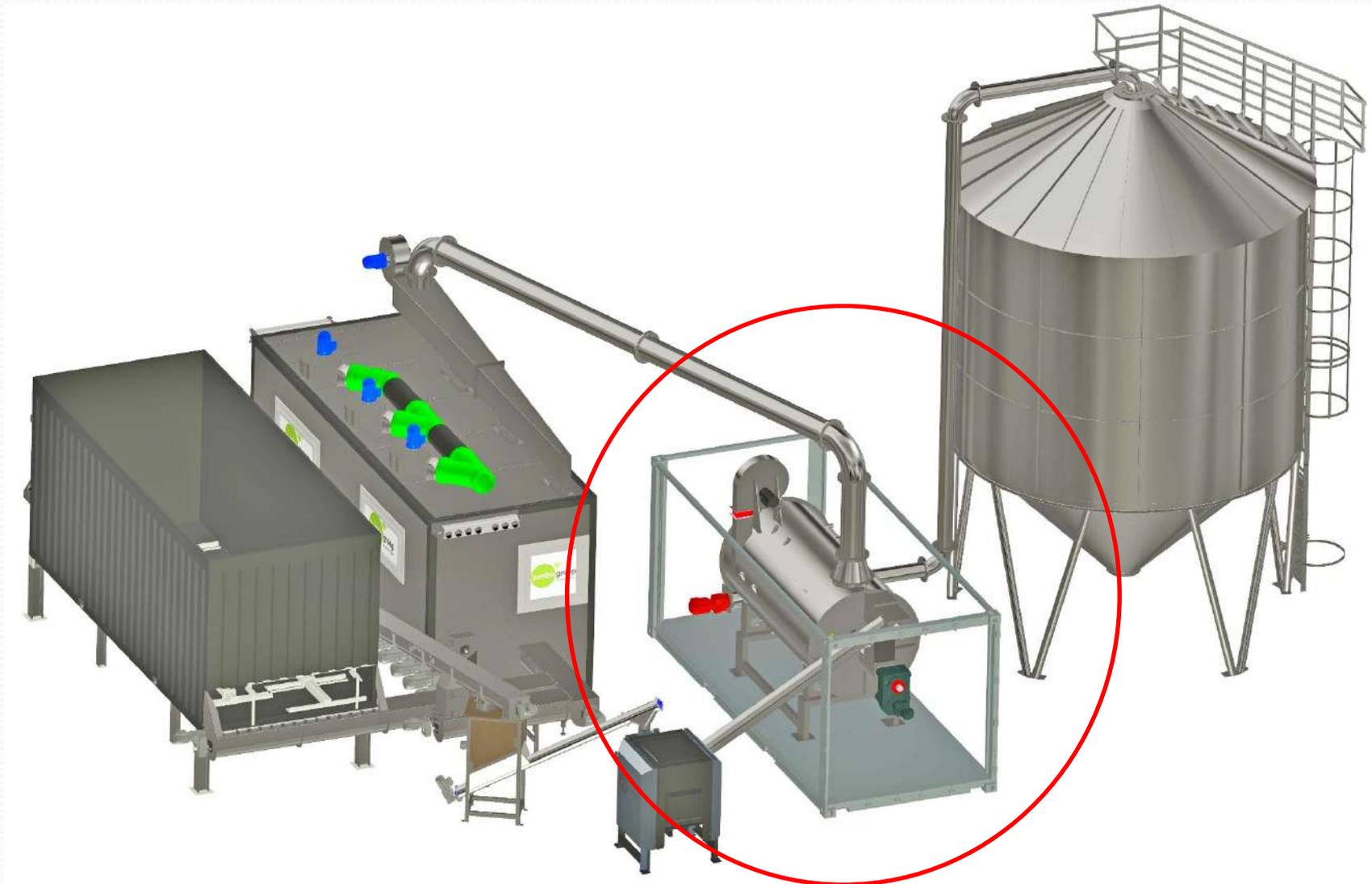
- Kurzer Weg! (Regional)
- Interkommunal ohne MwSt., noch!
- Keine Ausschreibung mehr, da geeigneten Vertrag!
- Verbrennung und Transport ca. 86 €+6 € = **92 €/t Brutto**
- Sehr kostengünstig b. auf entw. Schlamm (25 % TS) ca. **26 €/t Brutto**
- Einfache Zwischenlagerung in Silo
- Einfache Dosierung im MHKW in den Müllbunker
- Lieferung seit Ende 2022
- Kostenstabile und sichere Lösung bis Ende 2029 durch langfristigen Vertrag mit dem MHKW

## Plan B für den AVO

Was ist, wenn innerhalb der  
nächsten 5-6 Jahre keine  
adäquate regionale Lösung  
zustande kommt?

Lösung „dem Markt“ überlassen ?

## Plan B für den AVO - Klärschlamm-trocknung mit Pyrolyse



## Plan B für den AVO - Klärschlamm-trocknung mit Pyrolyse

- Weitere Investition von ca. 500.000 € Brutto 😞
- Durch die Rückführung der Pyrolysegase entsteht eine thermische Autarkie 😊
- Biogas kann wieder voll verstromt werden 😊
- Aktuell noch keine Zulassung des Endproduktes als Düngemittel oder Teilprodukt 😞
- Zulassung jedoch in anderen europäischen Ländern bereits erfolgt 😊

# Zukunft der Klärschlammverwertung Quo Vadis 2032



## Plan B für den AVO - Klärschlamm-trocknung mit Pyrolyse

<b>Kosten Entsorgung Klärschlamm trocken 90%</b>	
Klärschlamm trocken	850 t / Jahr
Kosten für Entsorgung pro tonne	99€ / t
<b>Entsorgungskosten Klärschlamm trocken</b>	<b>84.150€ / Jahr</b>
<b>Aufwand</b>	
Kosten für Abgas pro kW	0,000€/kW
Gesamtkosten für Abgasenergie	0€/Jahr
Kapitalkosten	47.500€/ Jahr
Betriebskosten	33.369€/ Jahr
Personalkosten	24.000€/ Jahr
Pelletierung	8.224€/ Jahr
Pyrolyse	19.677€/Jahr
Kosten thermische Energie	0€/ Jahr
<b>Gesamtkosten</b>	<b>132.769€/ Jahr</b>
<b>Karbonisat</b>	
Karbonisat	445t
Verkaufserlös pro to	100€
Verkaufserlös Karbonisat	44.489€
CO2 gespeichert	323t
Ertrag Emissionshandel pro t	100€
Ertrag Emissionshandel	32.343€
Erlös Karbonisat gesamt	76.832€

# Zukunft der Klärschlammverwertung Quo Vadis 2032

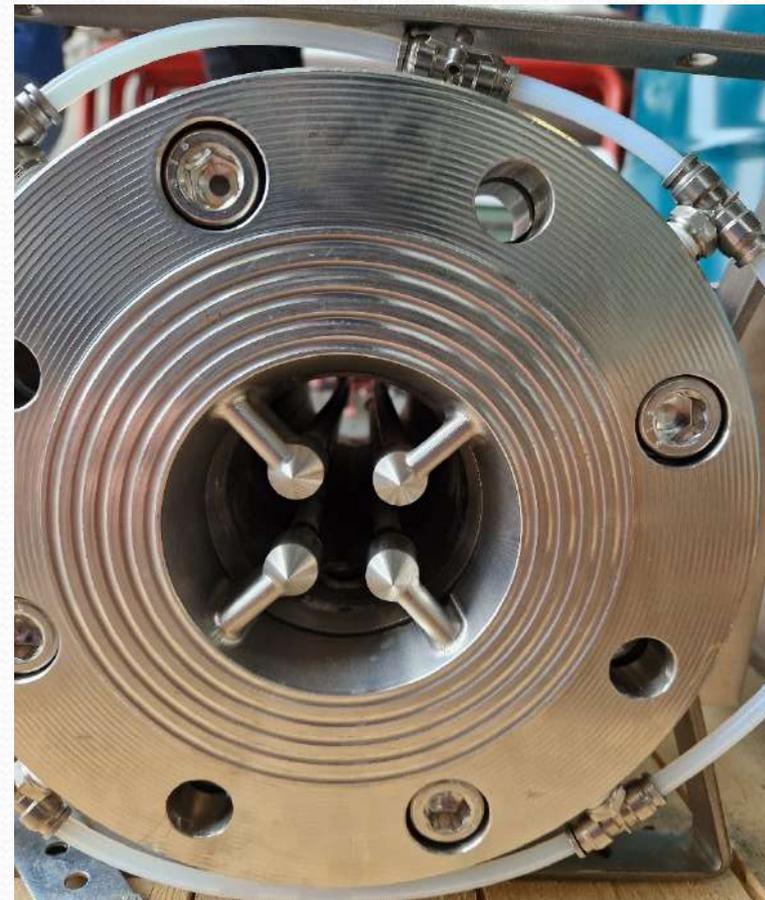
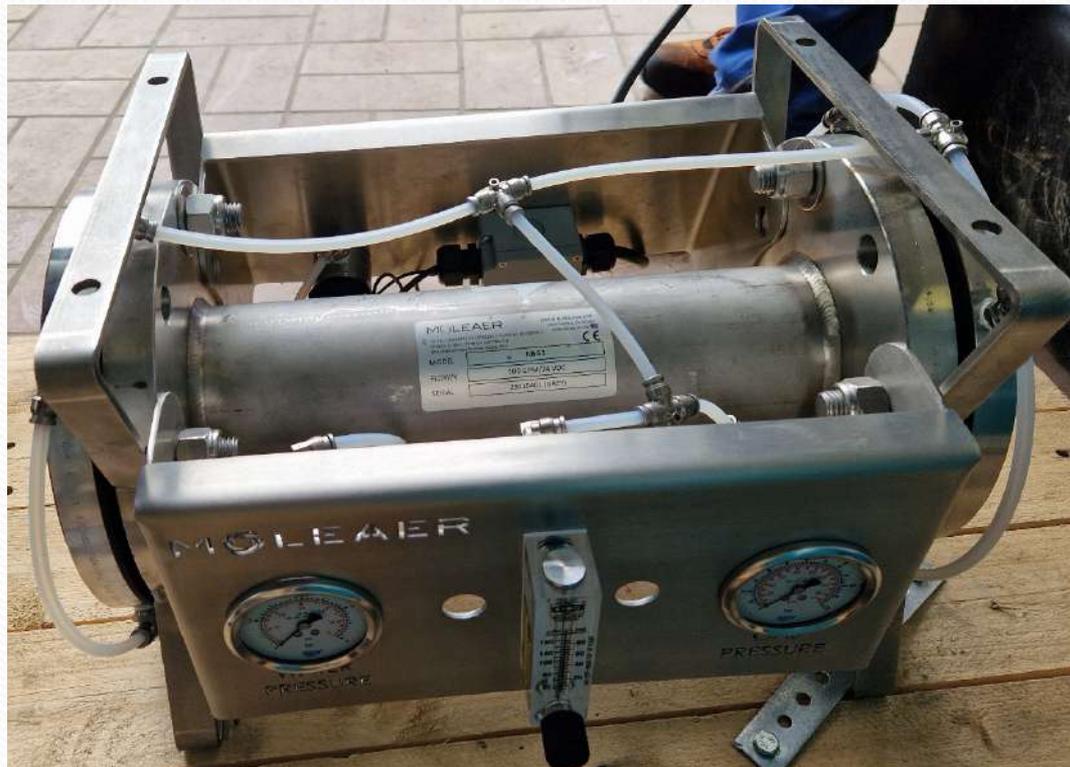
## Plan B für den AVO - Klärschlamm-trocknung mit Pyrolyse

Gesamtergebnis		
Kosten Verbrennung trocken (Einsparung)	84.150€	
Ertrag Carbonisat gesamt (Einnahmen)	76.832€	
<b>Ertrag Gesamt</b>	<b>160.982€</b>	
<b>Aufwand Gesamtkosten für Trocknung und Pyrolyse</b>	<b>132.769€</b>	
<b>Gesamt Ersparnis</b>	<b>28.213€</b>	



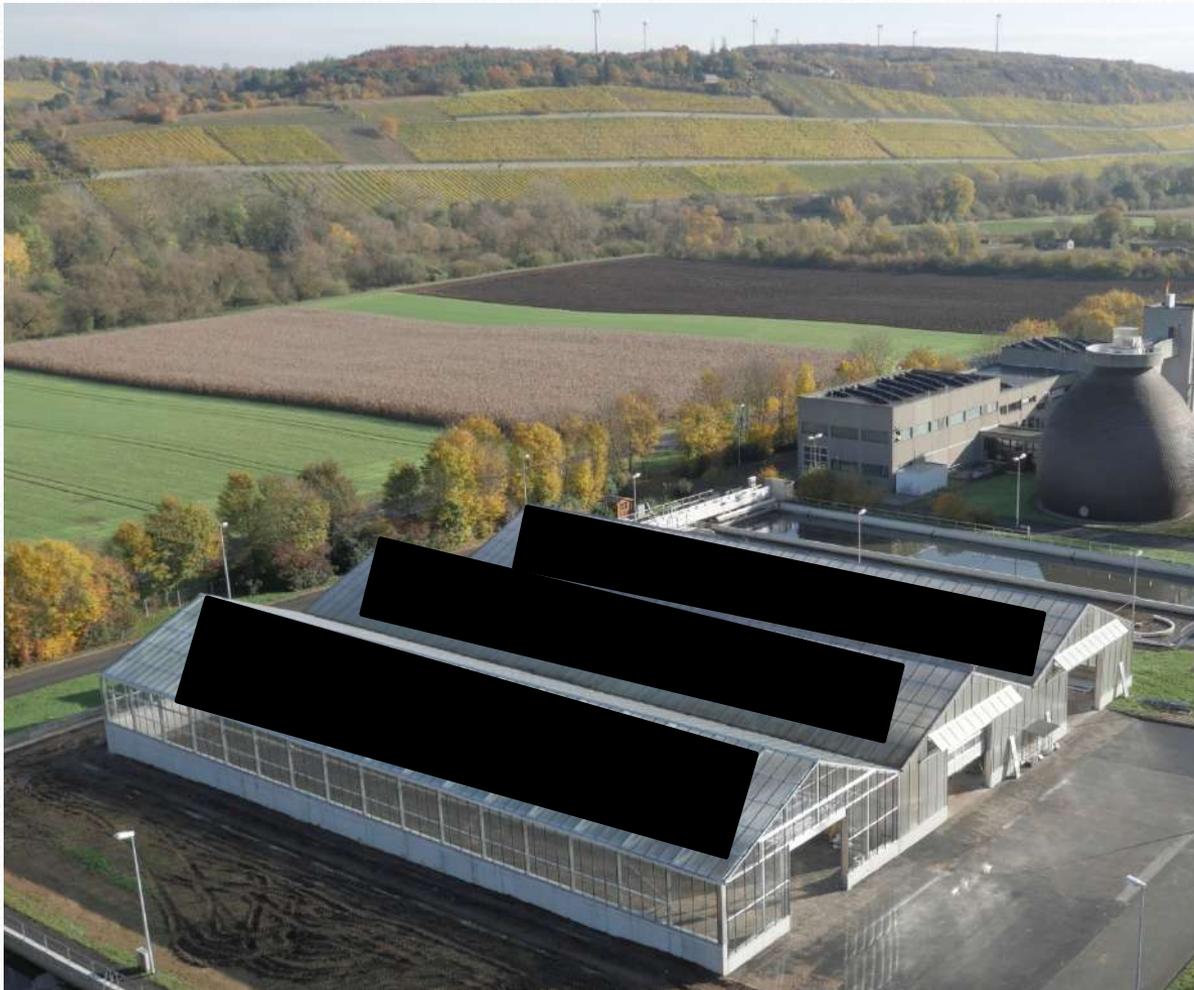
# Zukunft der Kläranlage im Bereich der Energieeinsparung

Test eines Nano Bubbles Generator zur Optimierung der Sauerstoffeintragsleistung durch die Verbesserung des Sauerstoffübergangskoeffizient ( $\alpha$  bis zu 0,95)



# Zukunft der Kläranlage im Bereich der Energieerzeugung

Bau einer 350- 400 kWp PV-Anlage auf den Dächern der solaren Klärschlamm-trocknung



# Zukunft der Kläranlage im Bereich der Energieerzeugung

## Einsatz eines Speichers

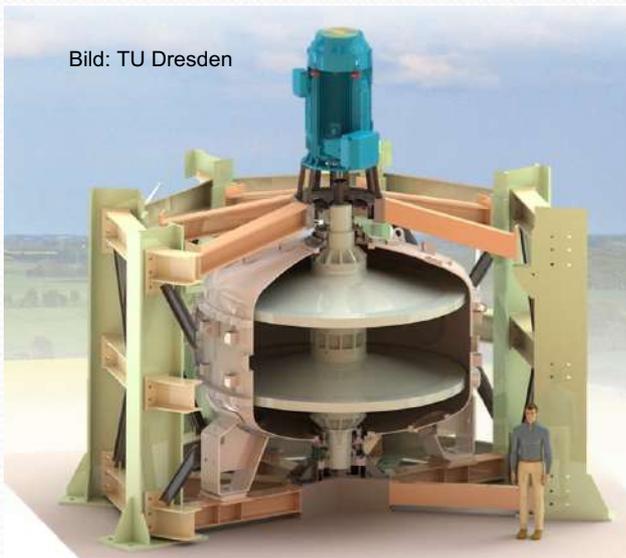
Bild: Wemag



Bild: Sattler



Bild: TU Dresden



# Zukunft der Kläranlage im Bereich der Energieerzeugung

Bau einer Elektrolyseanlage, Nutzung von Überschussstrom der Kläranlage und der allgemeinen Stromproduktion zur Erzeugung von Wasserstoff zur Netzeinspeisung.

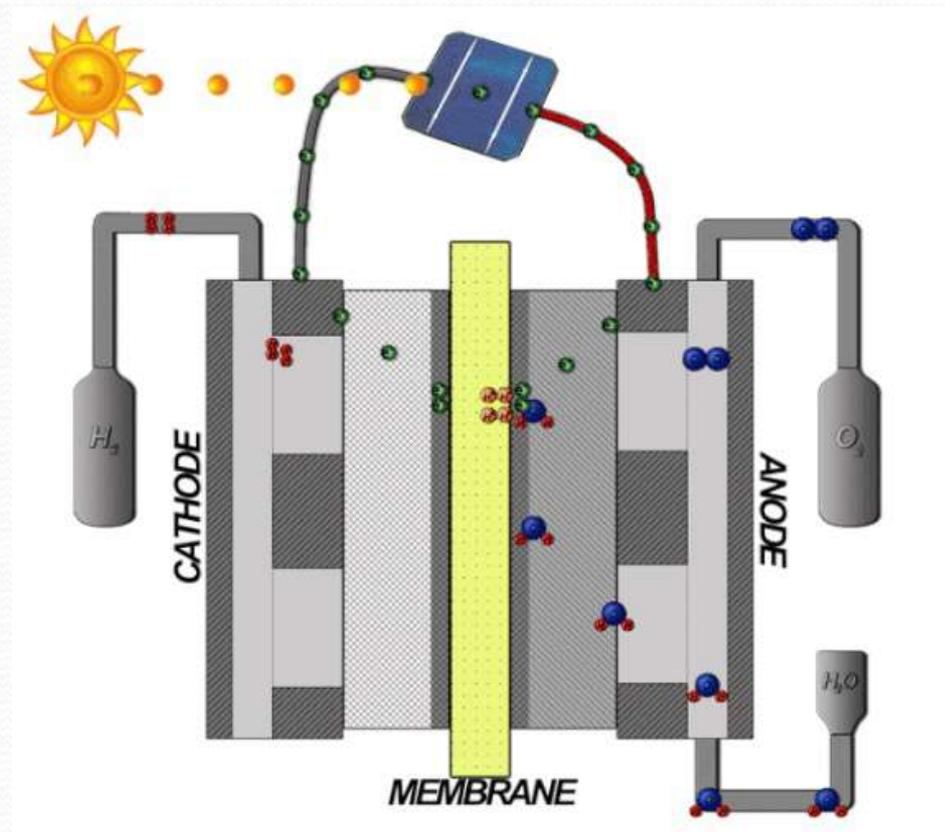


Bild: Wikipedia



Ein Green Electrolyzer in der Outdoor-Variante mit zwei PEM-Stacks für die Erzeugung von bis zu  $60 \text{ Nm}^3$  Wasserstoff pro Stunde.

Bild: iGas Energy

Das Abfallprodukt Sauerstoff kann zur Belüftung der Biologie oder evtl. nach Aufbereitung für die vierte Reinigungsstufe verwendet werden.

**Vielen Dank**



# AVO

Zweckverband zur  
Abwasserbeseitigung im Raum Ochsenfurt

