

Schichtwärmespeicher  
Bayerischer Abwasserinnovationspreis 2018  
und  
Kommunales Klimaschutzmodellprojekt 2021  
„Vom Klärwerk zum Kraftwerk“

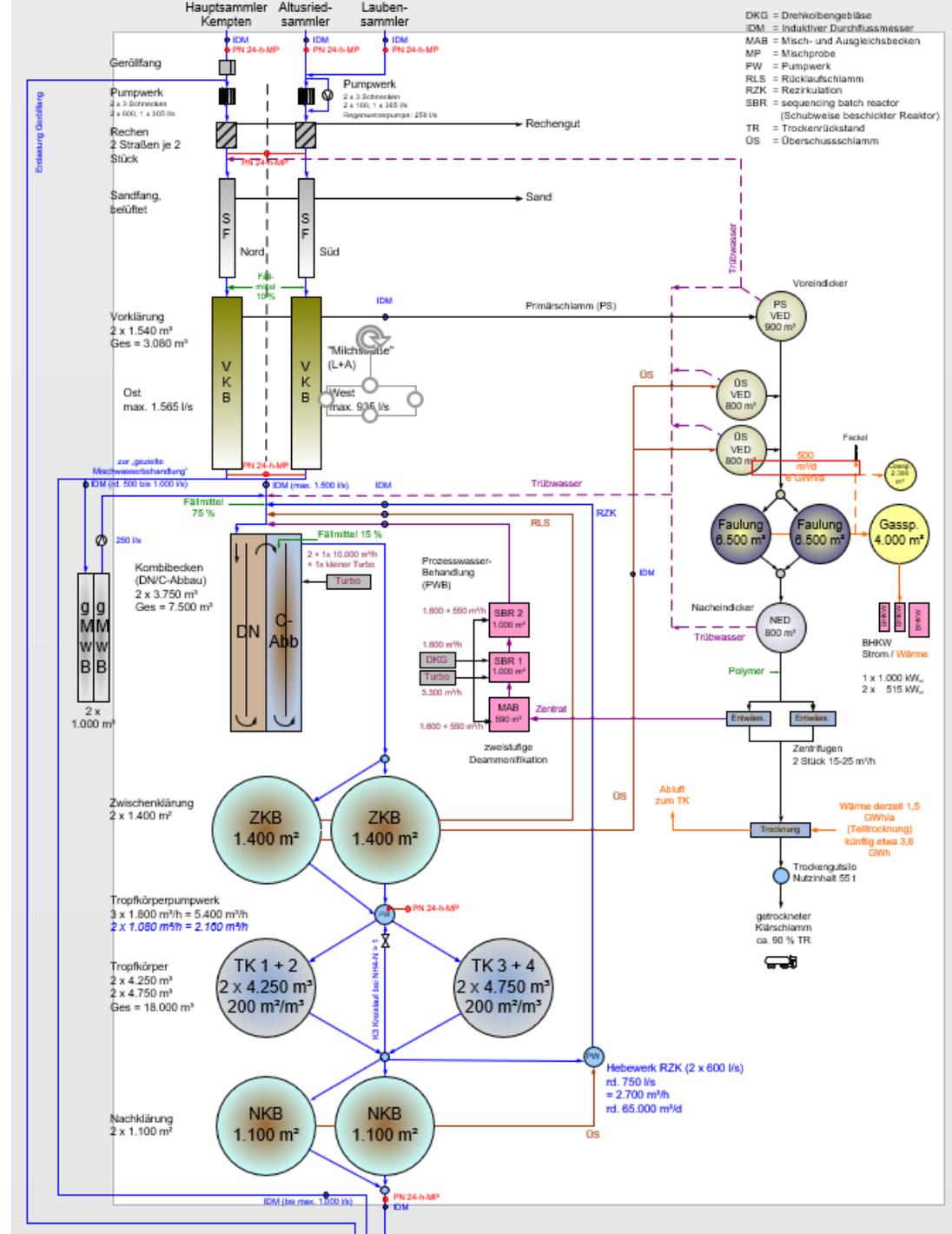
1. Einzugsgebiet Abwasserverband Kempten (Allgäu)
2. Übersicht Klärwerk Lauben
3. Energieverbrauch im Klärwerk
4. Schichtwärmespeicher
5. Ausblick

# 1. Einzugsgebiet des AVK



## 2. Klärwerk des Abwasserverbandes Kempten (Allgäu) 460.000 EW

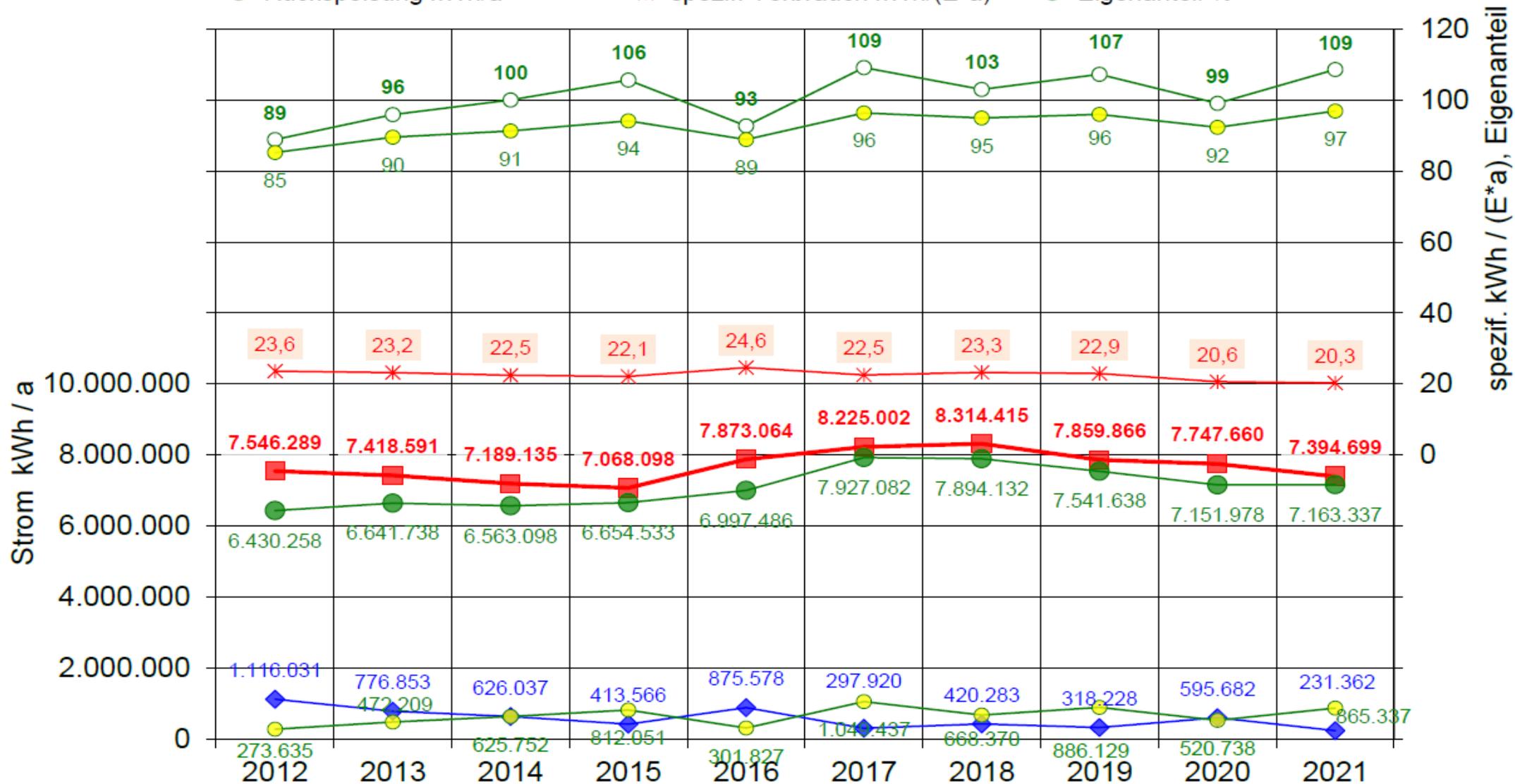






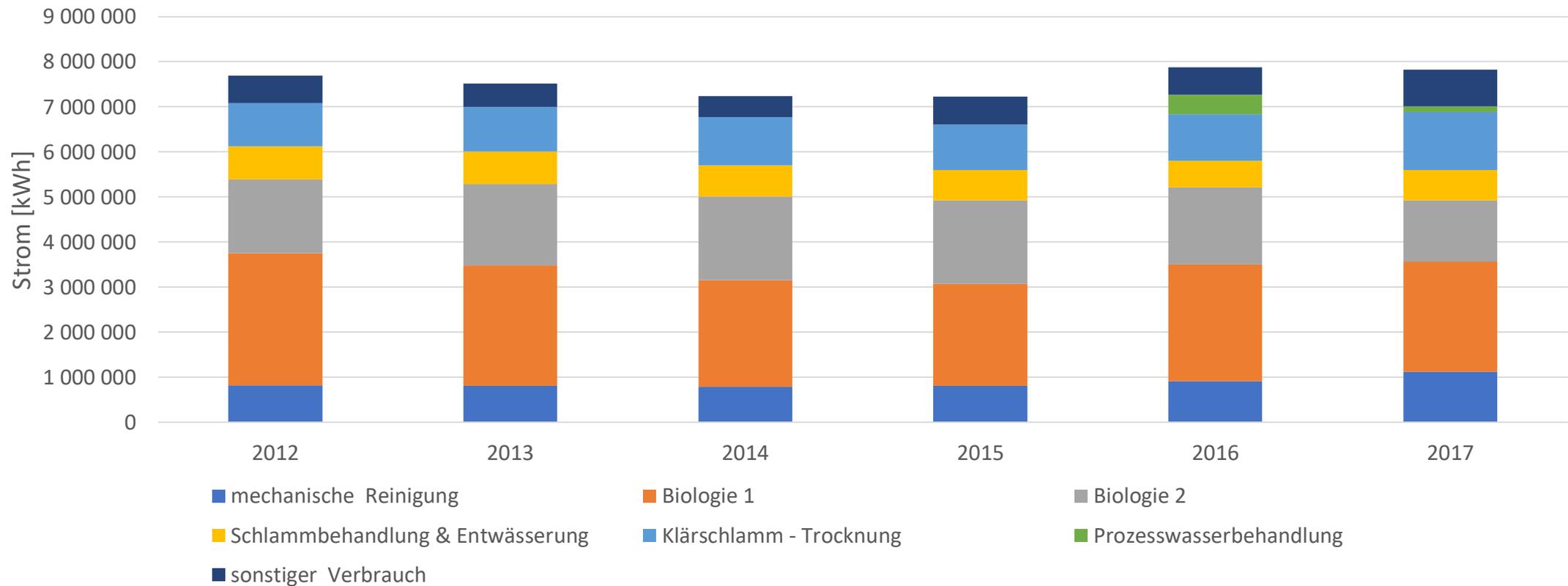
## 3. Strom- und Wärmeverbrauch im Klärwerk des AVKE

- 3.1 Stromverbrauch
- 3.2 Energieflussdiagramm
- 3.3 Wärmeverbrauch

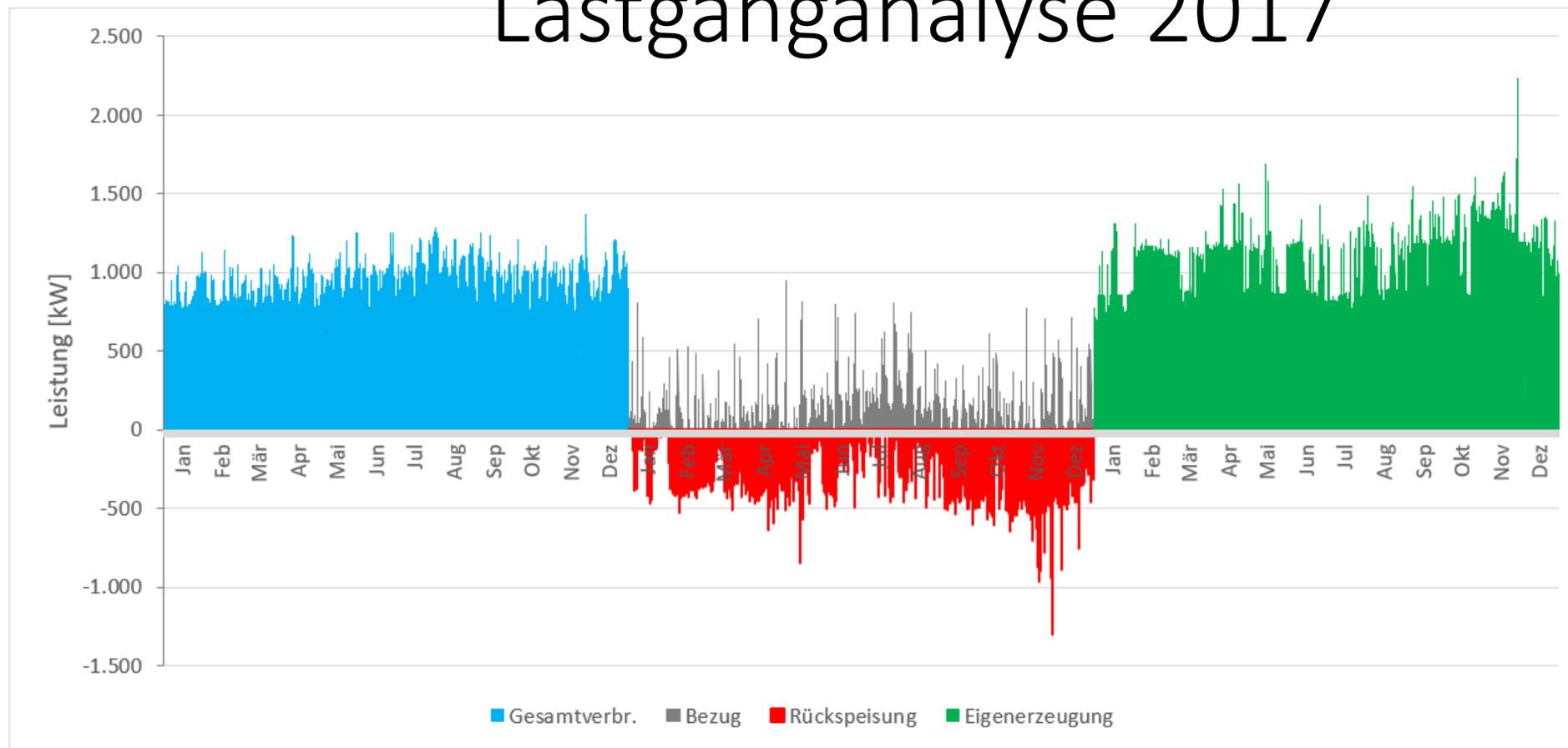


# Verbraucheranalyse

Stromverbrauch nach Anlagenteil

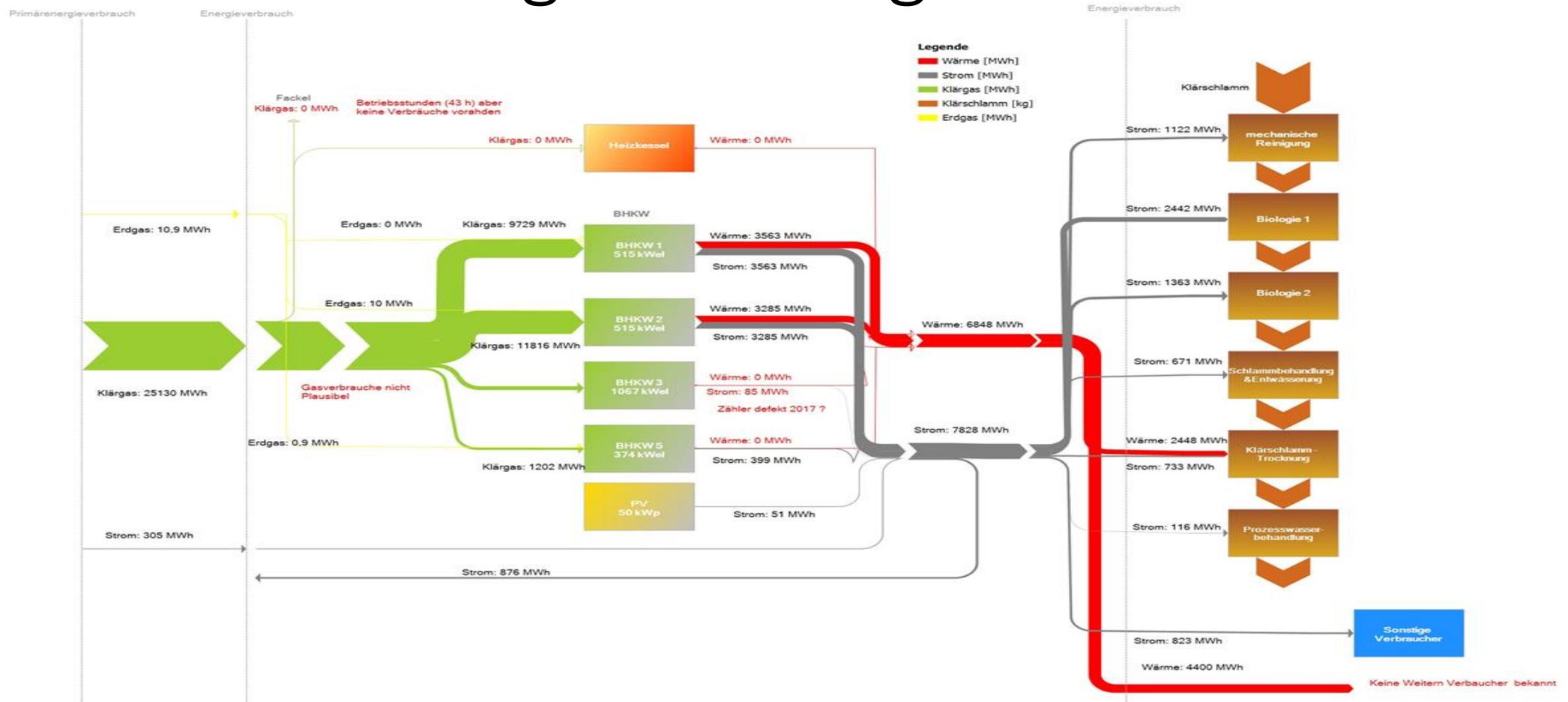


# Lastganganalyse 2017



Typ	Verbrauch	Reststrom (Netzbezug*)	Erzeugung
Arbeit	7.178 MWh	305 MWh	7.878 MWh
Lastspitze	1.366 kW	949 kW	2.235 kW
Volllaststunden	5.256 h	321 h	3.524 h

# Energieflussdiagramm

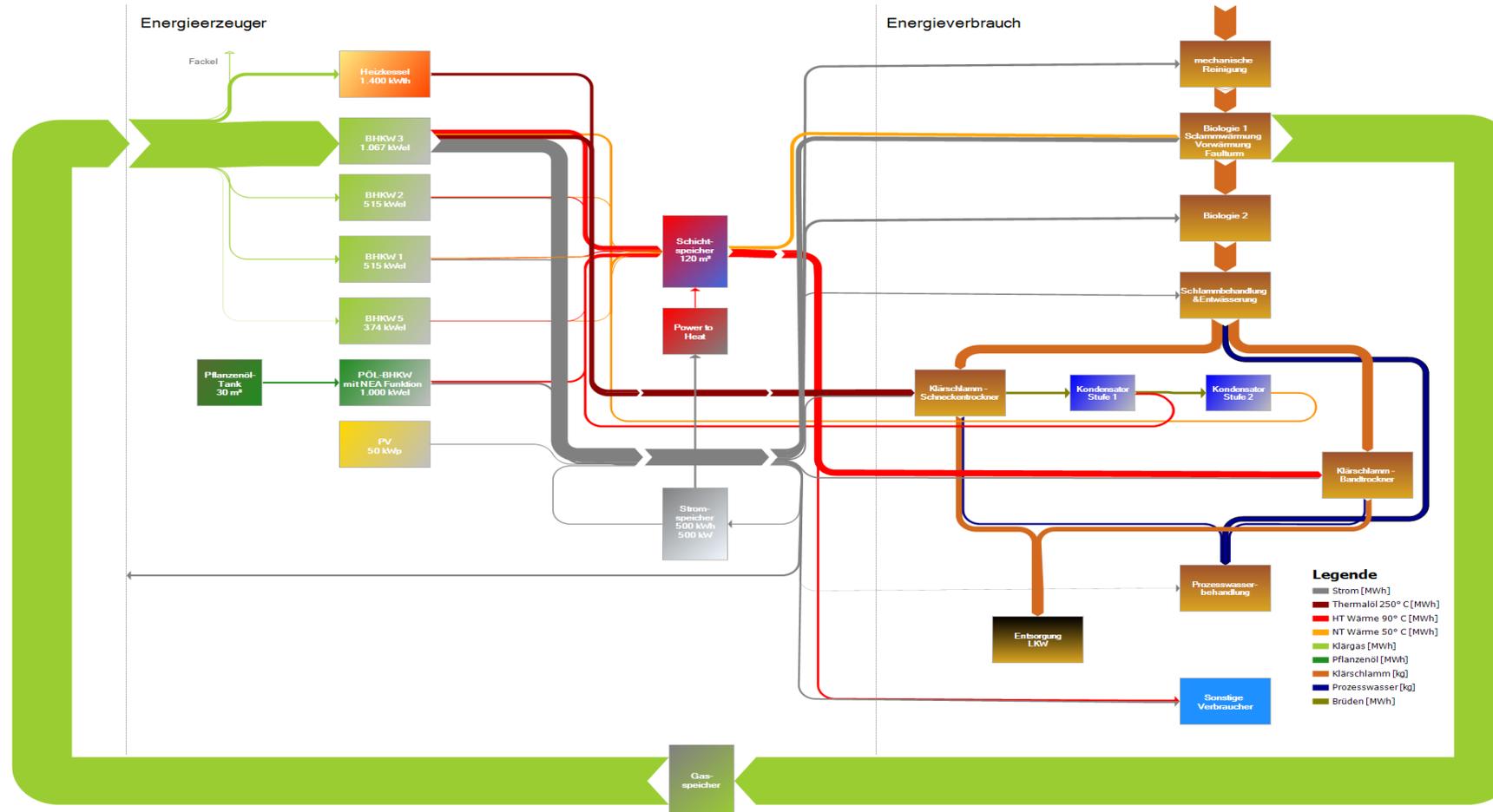


# Wärmeverbrauchsdaten 2017

- Schlammwärmung etwa 6,0 Mio. kWh/a
  - Verluste Faulung etwa 1,0 Mio. kWh/a
  - Schlamm Trocknung etwa 6,0 Mio. kWh/a
  - Zus. Verluste Trocknung 1,5 Mio. kWh/a  
(Rücklauftemperatur von der Trocknung für BHKW zu hoch daher Vernichtung eines Teils der Wärme)
  - Gebäudeheizung etwa 1,0 Mio. kWh/a
- Gesamtverbrauch etwa 15,5 Mio. kWh/a



# Energieflussdiagramm nach geplanter Effizienzmaßnahme





# 4. Schichtwärmespeicher

4.1 Anomalie des Wassers

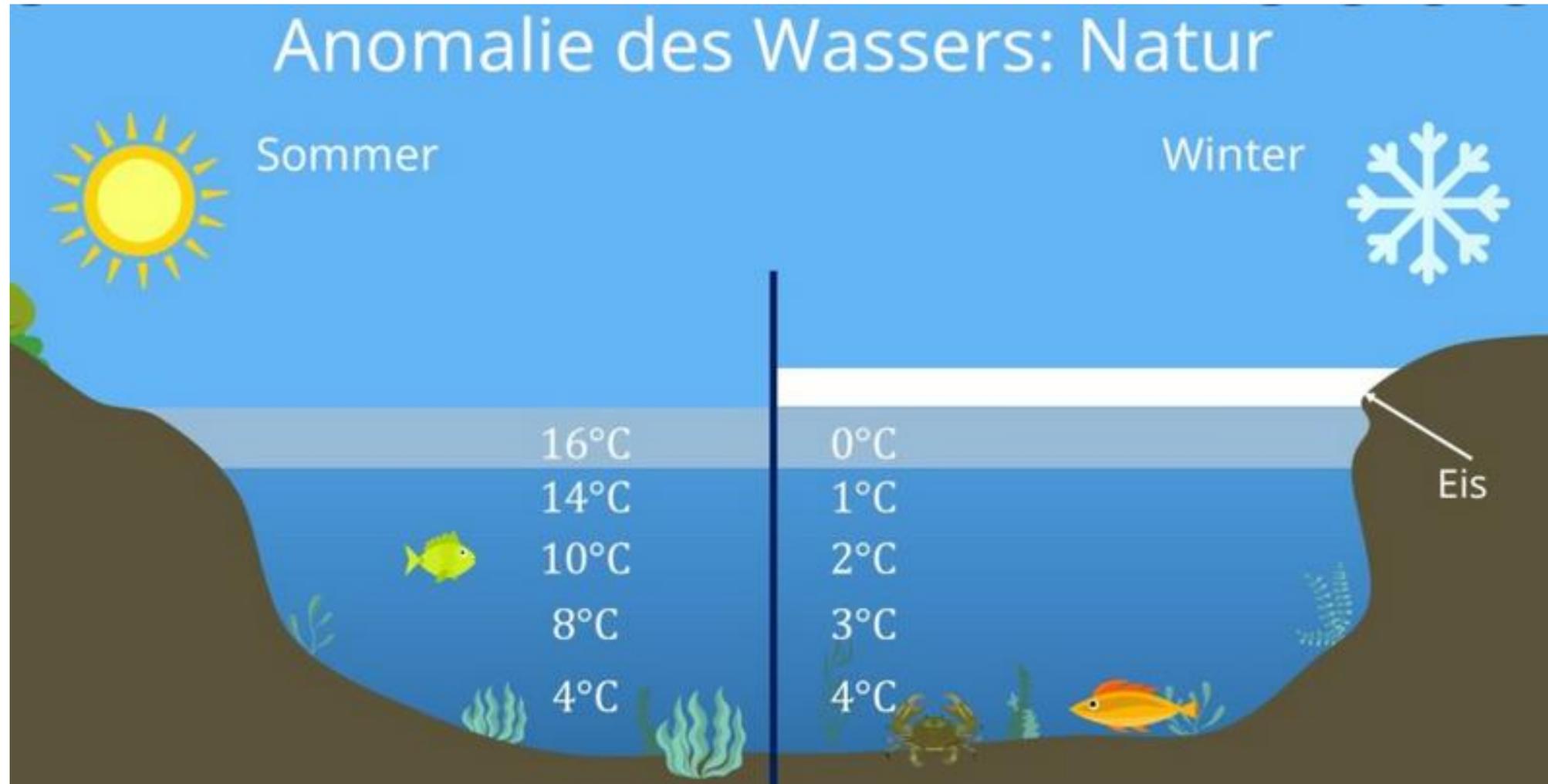
4.2 Temperaturverteilung Speicherarten

4.3 Realisierung Schichtwärmespeicher AVKE

4.4 Ergebnis und Ausblick



# 4.1 Anomalie des Wassers

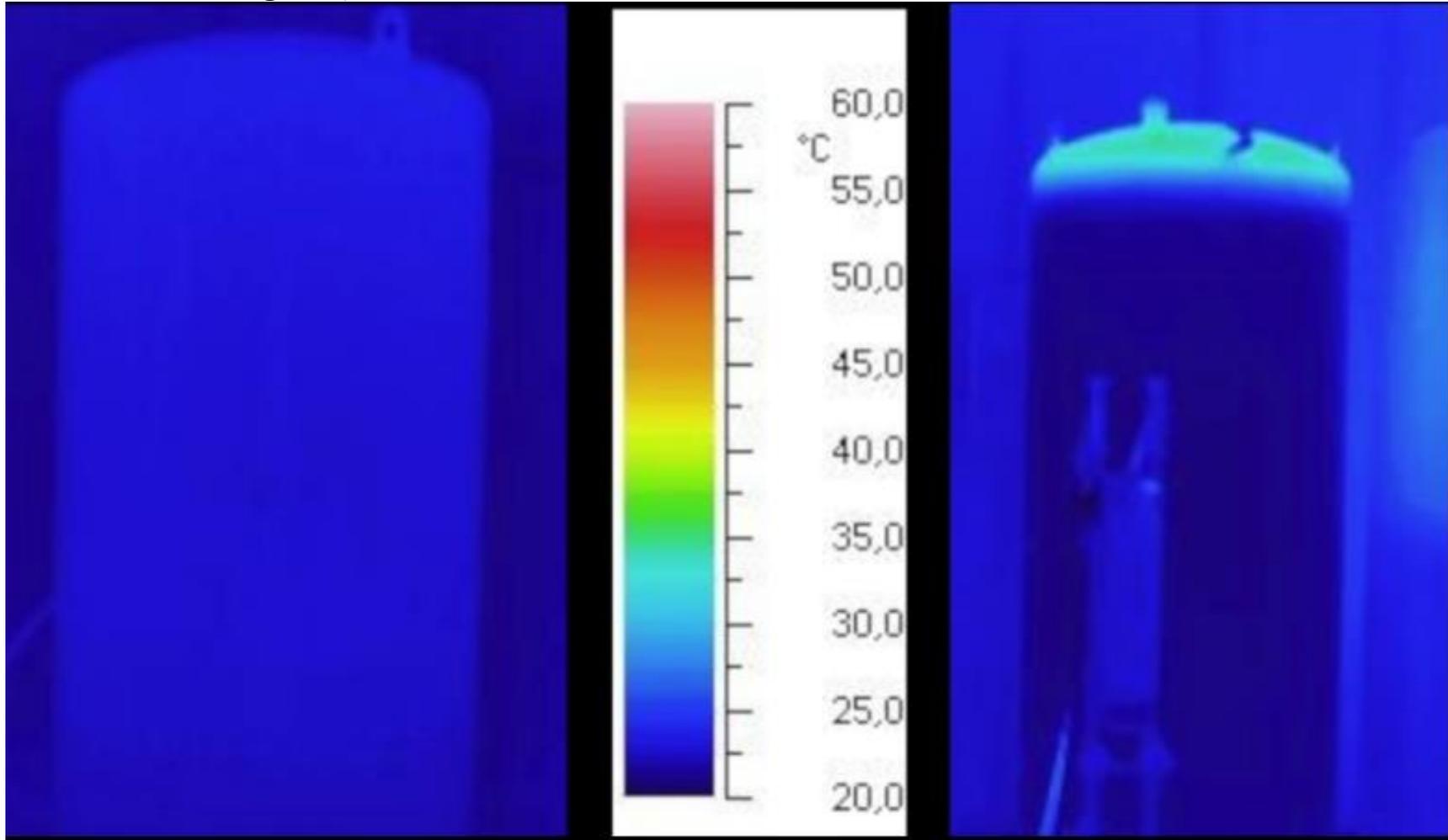




## 4.2 Temperaturverteilung bei unterschiedlich Speicherarten bei gleicher Beschickung

- Herkömmlicher Speicher
- (Wärmetauscher innenliegend)

Schichtwärmespeicher

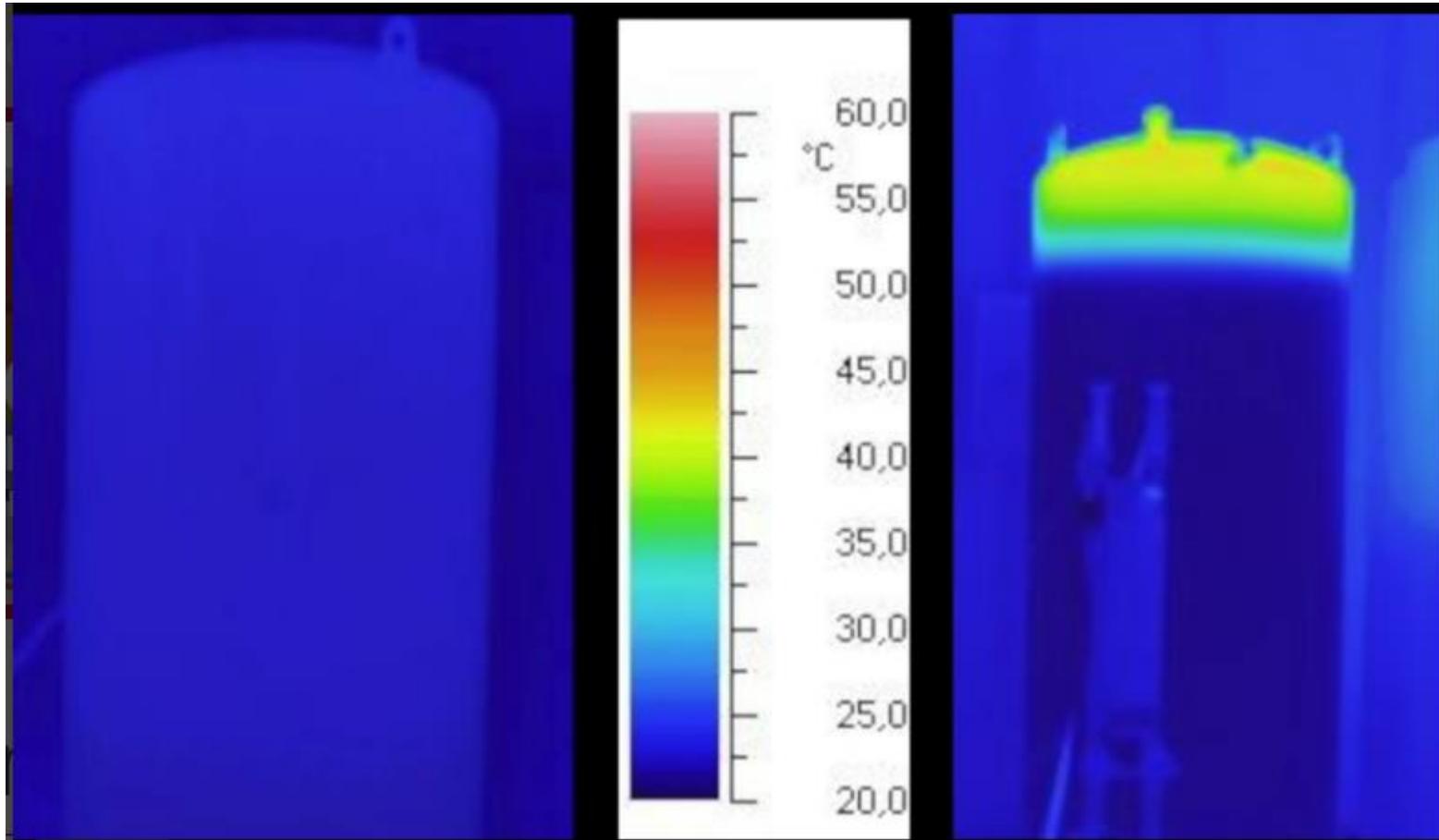




## 4.2 Temperaturverteilung bei unterschiedlich Speicherarten bei gleicher Beschickung

- Herkömmlicher Speicher
- (Wärmetauscher innenliegend)

Schichtwärmespeicher

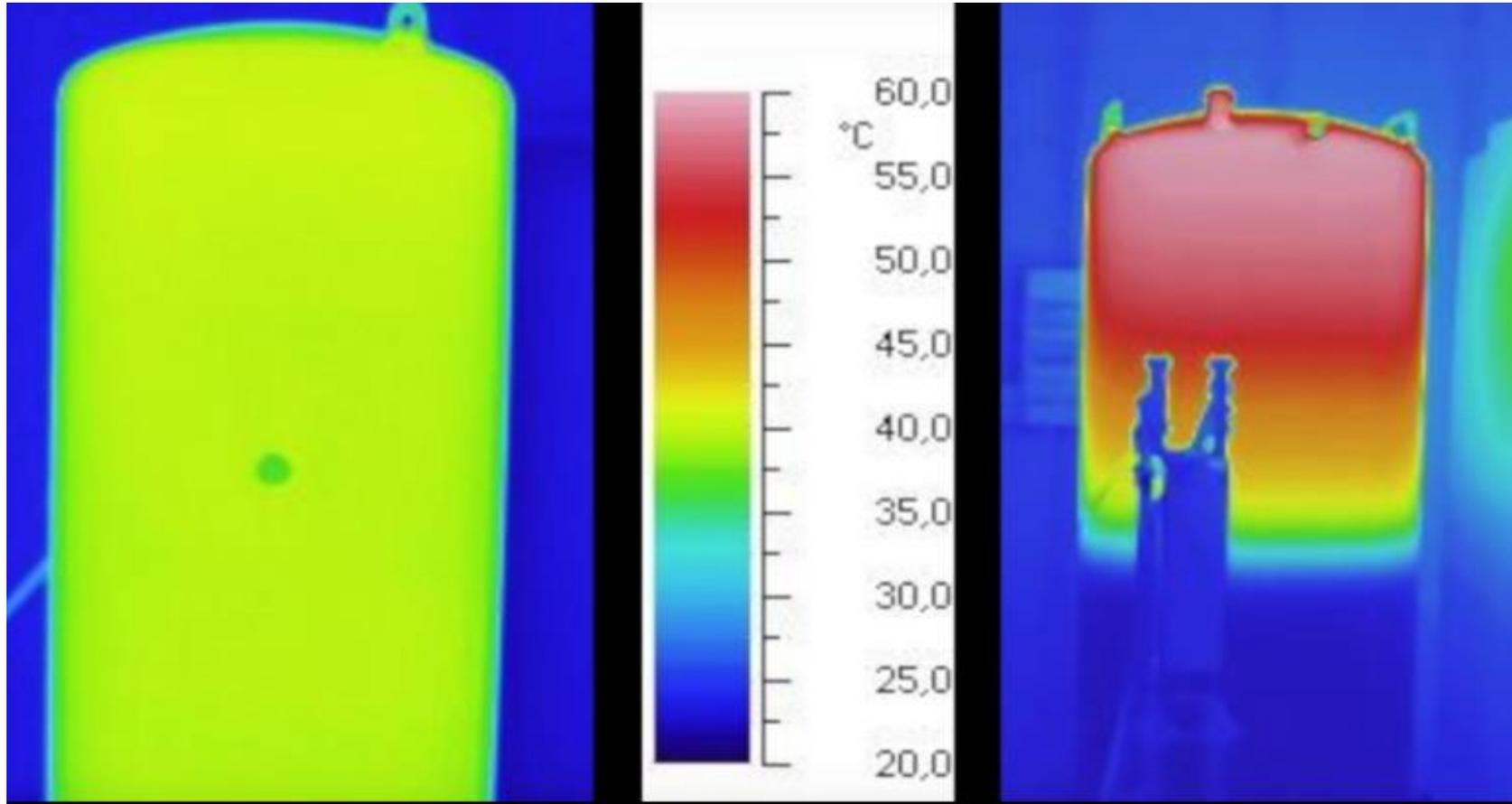




## 4.2 Temperaturverteilung bei unterschiedlich Speicherarten bei gleicher Beschickung

- Herkömmlicher Speicher
- (Wärmetauscher innenliegend)

Schichtwärmespeicher



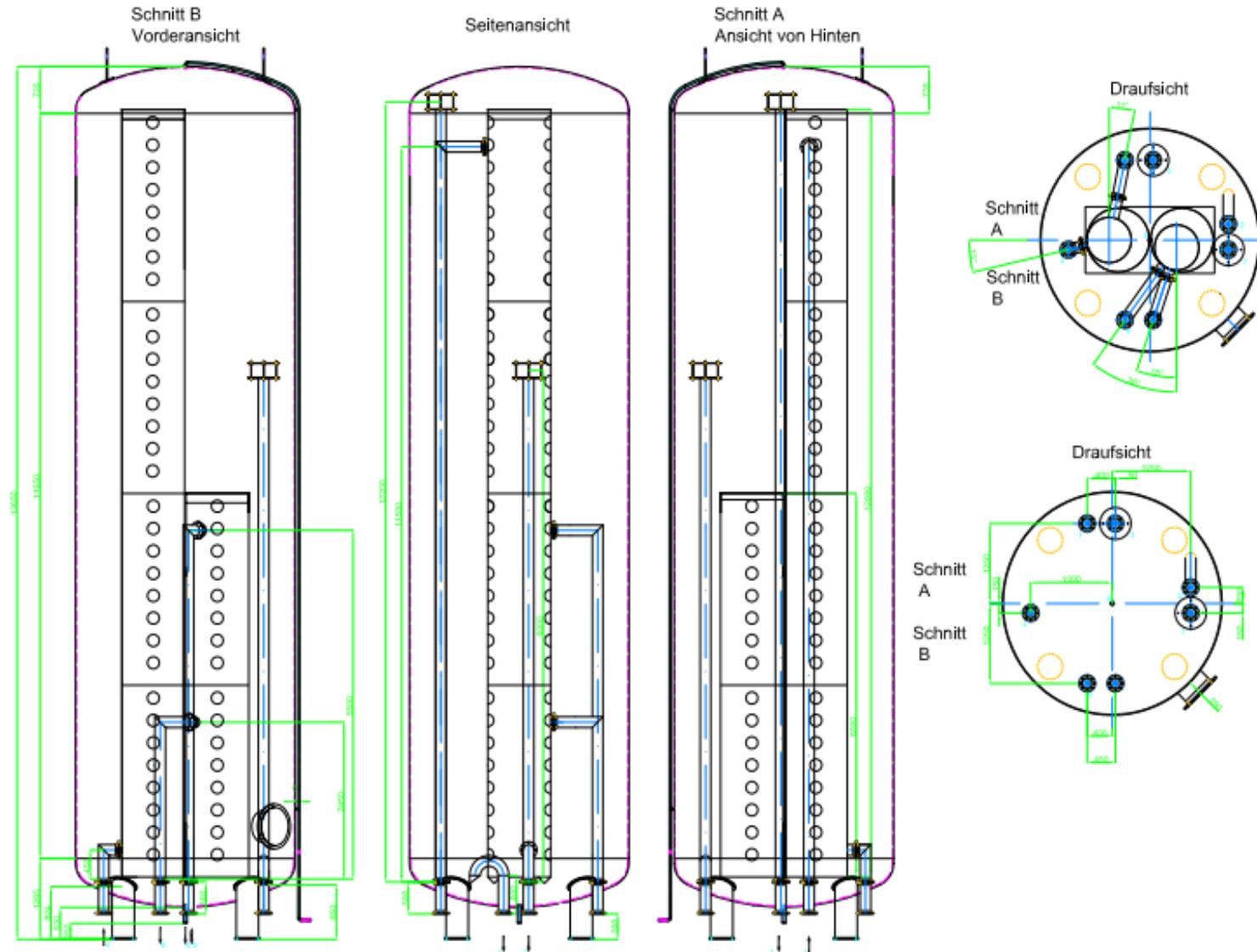
Beide Speicher sind mit dem gleichgroßen Wärmestrom mit 60 °C Vorlauf zeitgleich über 30 Minuten betrieben worden.



## 4.3 Realisierung Schichtwärmespeicher AVKE

### Ziele:

- Reduzierung des Wärmeverbrauchs durch die konzeptionelle Trennung von Wärmeerzeugung und -verbrauch
- Reduzierung der Wärmeverluste durch Herunterkühlung des Rücklaufs von der Klärschlamm-trocknung zum Heizungsverteiler (Zulauf BHKW muss kleiner 72 °C sein); Hauptziel da Einsparpotenzial bei mehr als 1,0 Mio. kWh/a
- Nutzung des vorhandenen Raumvolumens
- Nutzung der Abwärme von den Gasgemischkühlern der BHKW (kontinuierlich zwischen 75 und 150 kW bei 55 °C) zur Aufheizung des Faulschlamm







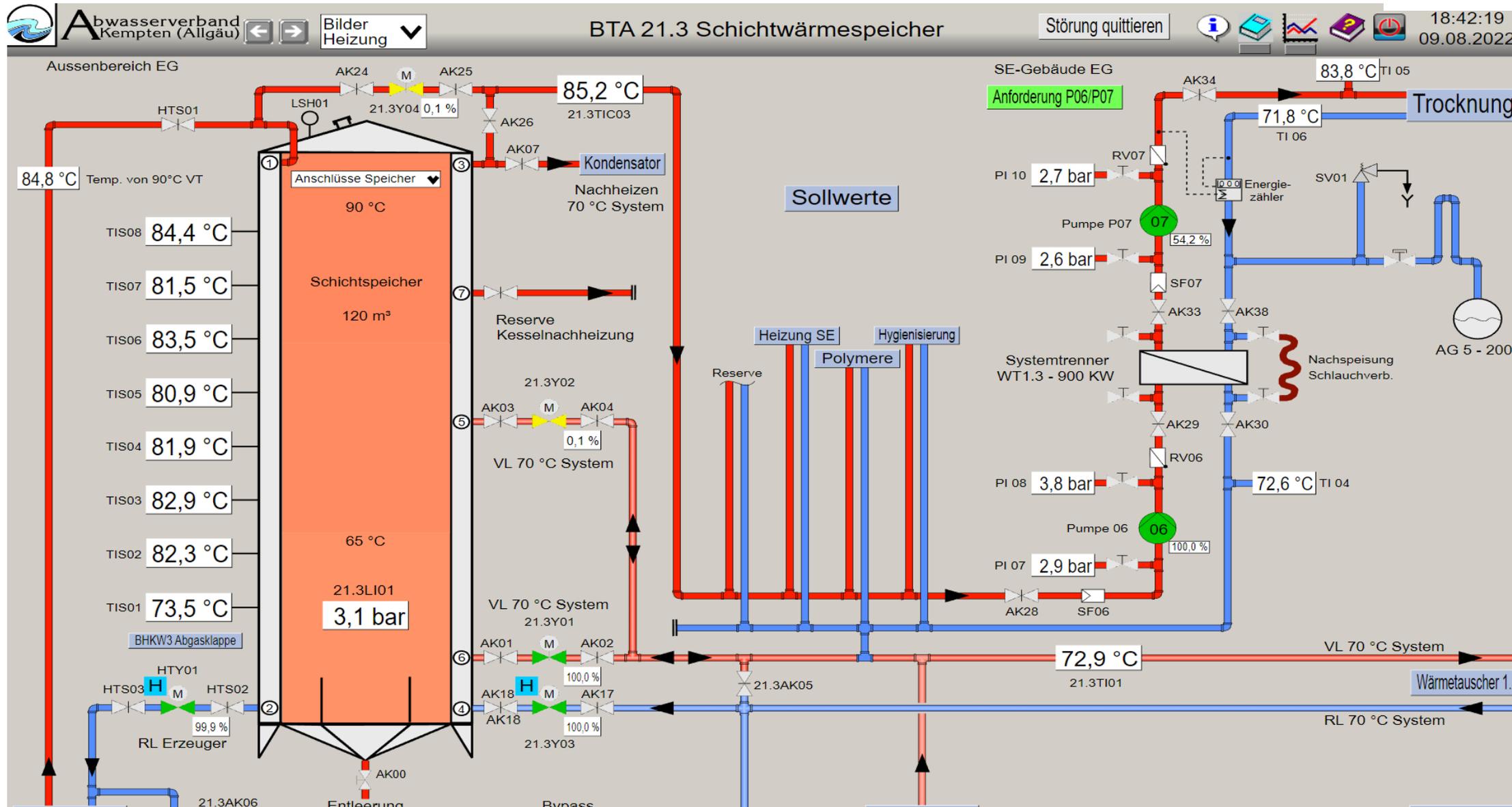


1. Schichtwärmespeicher:



# Heizungskeller und Verteiler 90°C, 70°C und 55 °C







## 4.4 Ergebnis und Ausblick Schichtwärmespeicher

- Seit der Inbetriebnahme des Schichtwärmespeichers ist i.d.R. kein zusätzliches Erdgas erforderlich (Einsparung etwa 1,0 Mio. kWh/a)
- Wärmekaskadierung ermöglicht weitere Einsparung bei Schlammwärmung und -trocknung von etwa 1,0 Mio. kWh/a
- Zusätzliche Nutzung Gemischgaskühler-Abwärme zur Heizschlammwärmung (Temperaturniveau 52 °C) etwa 1,0 Mio kWh; nicht übertragbar, da Wärmetauscher i.d.R. zu wenig Fläche
- Investitionskosten bei etwa 1,0 Mio. €
- Förderbetrag 360.000 €
- Für weitere Optimierung wäre ein Schichtspeicher mit etwa 1.000 m<sup>3</sup> erforderlich (Frage Wirtschaftlichkeit)
- Aufgrund der aktuellen Energiepreise amortisiert sich die Investition nach etwa 3-5 Jahren (ohne Förderung und bei 0,1 €/kWh Wärme)
- Investitionen wären ohnehin erforderlich gewesen für Sanierung der 35 Jahre alten Heizungsverteilung



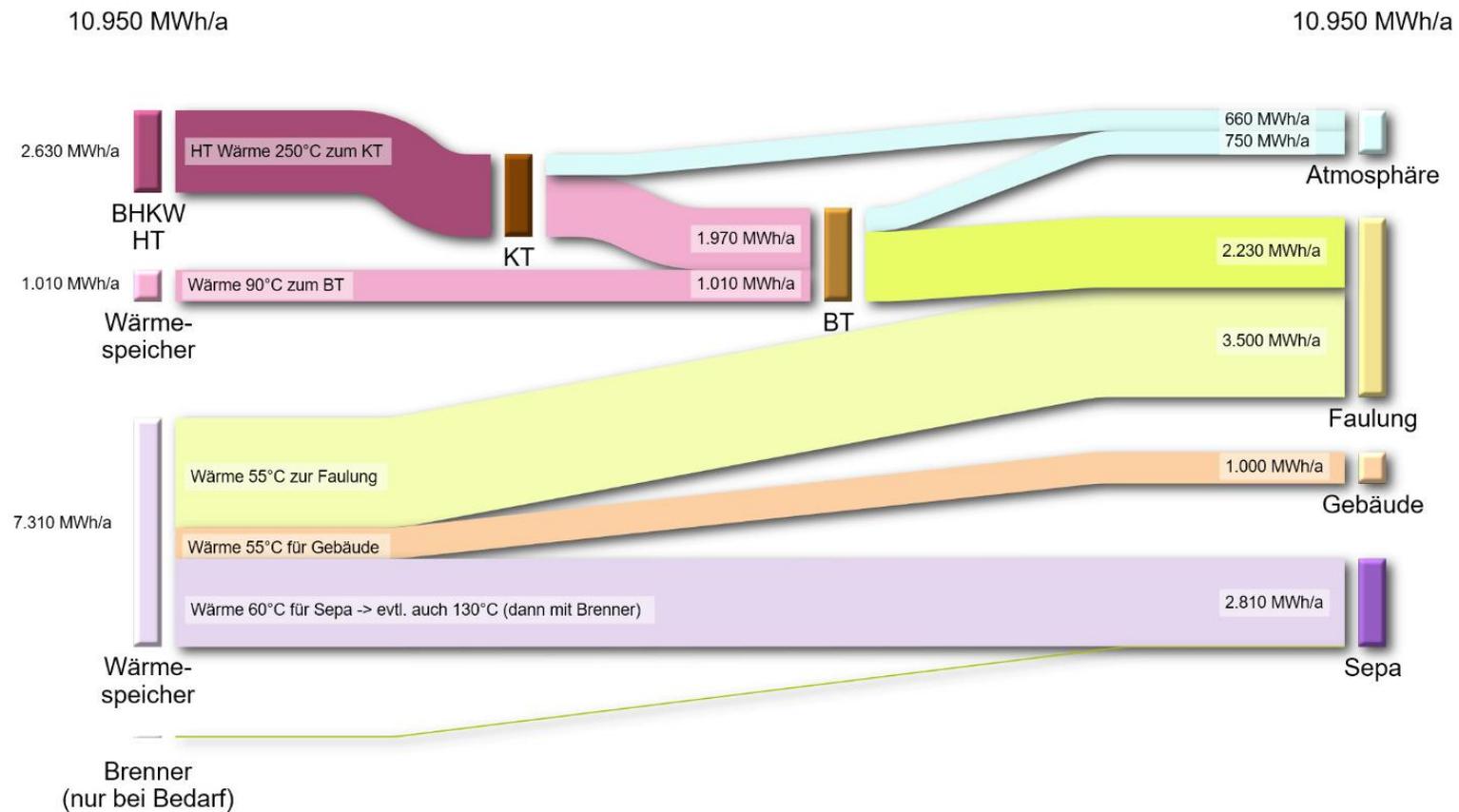
## 4.5 Weitere Wärmeoptimierungsmaßnahme durch einen neuen Klärschlamm-Kontaktrockner

### Ziele:

- Komplette Trocknung des anfallenden Klärschlammes (etwa 4.500 t TS/a); derzeit können max. 60 % getrocknet
- Durch die neue Hochtemperaturtrocknung (250 °C) kann die Kondensationswärme (etwa 95 °C) im vorhandenen Bandrocknung nochmals genutzt werden
- Rücklauf vom Bandrockner dient zur Gebäudeheizung, etc.
- Reduzierung des gesamten Wärmebedarfs von ursprünglich 15,6 GWh/a auf etwa 11 GWh/a mit vollständiger Klärschlamm-trocknung

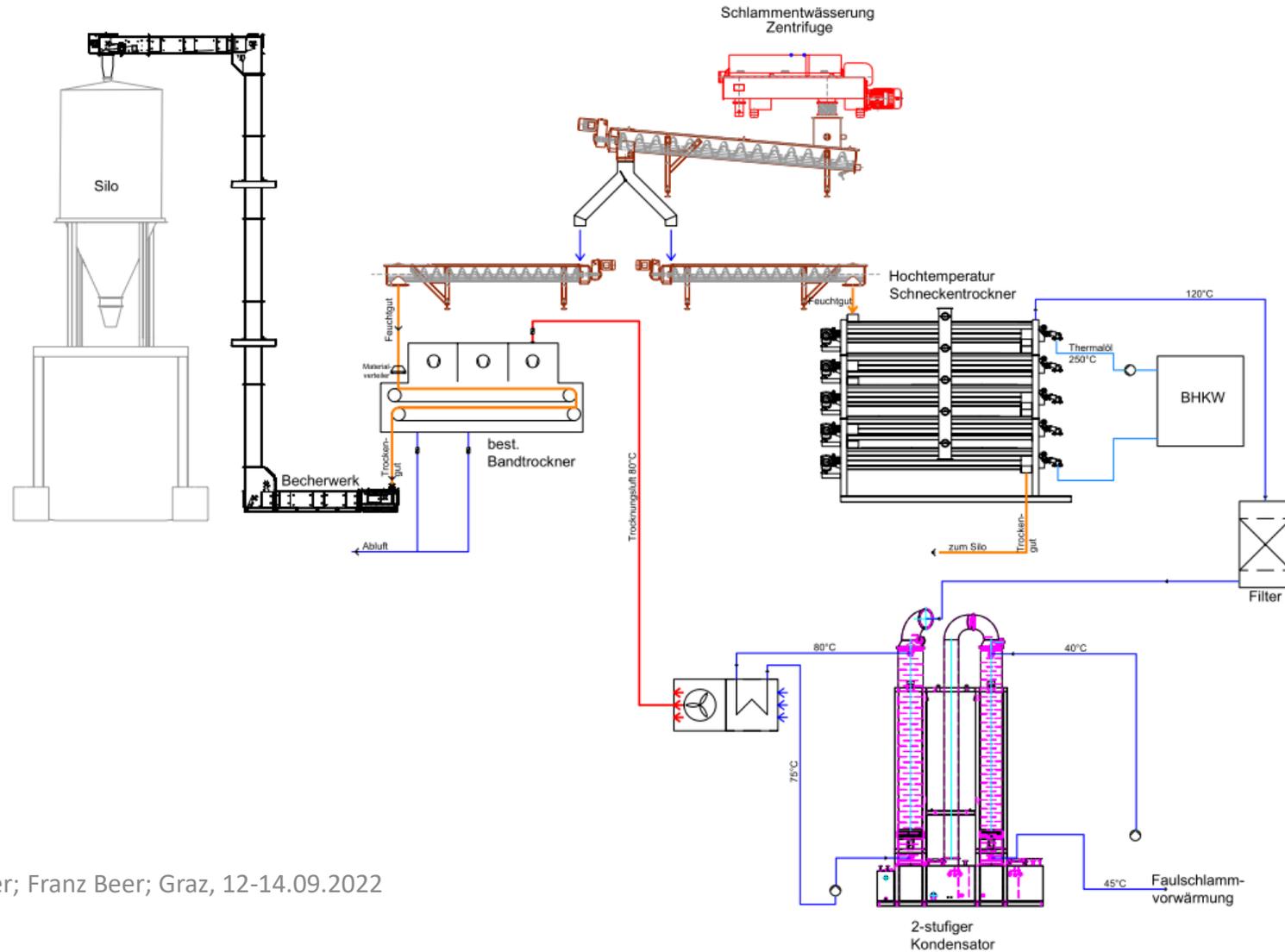
# Wärmebilanz über BHKW- Abwärme ausgeglichen

created with [www.sankeyflowshow.com](http://www.sankeyflowshow.com)

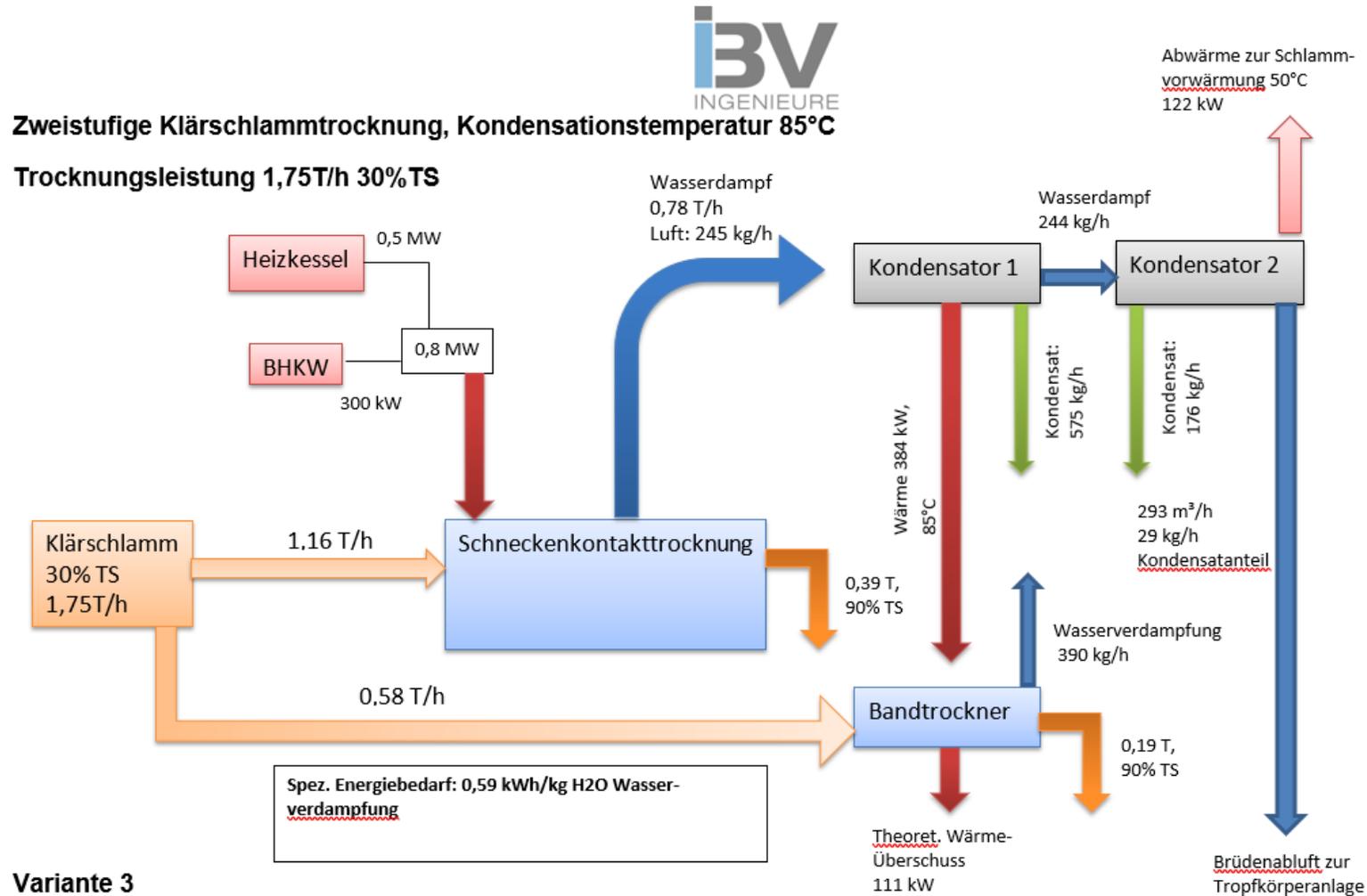




# Zweistufige Klärschlamm-trocknung auf der KLA Kempten



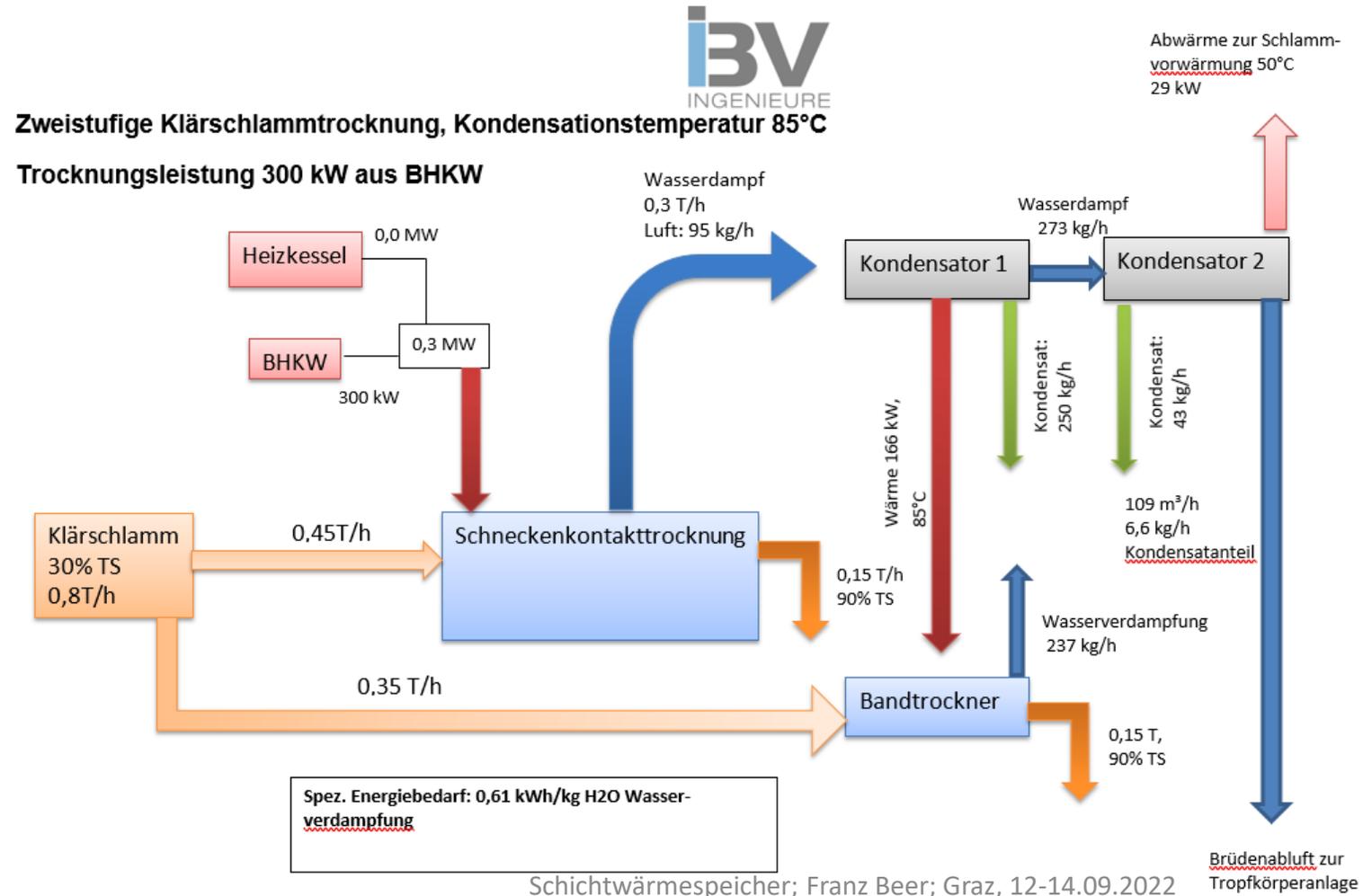
# Zweistufige Klärschlamm-trocknung auf der KLA Kempten



**Merkmale:**

Zusätzl. Feuerung von ca. 0,5 MW im Thermalölkessel  
122 kW können zur Schlammvorwärmung eingesetzt werden  
Der Bandtrockner hat noch Reserven (ca, 0,237 T entw. Schlamm)

## Zweistufige Klärschlamm-trocknung auf der KLA Kempten



### Merkmale:

Werden noch 650 kW Wärme aus dem Wärmenetz der KLA in den Band-trockner gesteckt, kann der derzeitige Schlammanfall ohne Zusatzfeuerung aus dem Kessel getrocknet werden.

## Zweistufige Klärschlamm-trocknung auf der KLA Kempten

Mehrwert gegenüber dem momentanen System

- Das gesamte Schlammaufkommen kann getrocknet werden
- Man hat 100% Redundanz bei Ausfall oder Stillstand eines Trockners
- Der spezifische Energieverbrauch pro t Wasserverdampfung ist geringer als der reguläre physikalische Wert
- Wird lediglich die Abwärme aus dem BHKW (300kW) genutzt, so ist ein energieautarker Betrieb möglich in dem weitere Abwärme aus der Kläranlage (ca. 650 kW) in den Bandrockner gefahren wird.
- Aufgrund der gestiegenen Erdgaspreise von etwa 3 Ct/kWh auf derzeit 10 Ct/kWh wäre die Trocknung durch zusätzlichen Einsatz von Erdgas nicht mehr wirtschaftlich
- Vollständige Nutzung der Abwärme bei der Stromerzeugung
- Ziel: Inbetriebnahme Frühjahr 2023



## 4.6. Zusammenfassung

- Konzeptionelle Trennung von Wärmeerzeugung und –verbrauch reduziert unnötige Verluste um etwa 20 % ( 3 GWh)
- Optimierung der Verfahrenstechnik dient der kaskadenförmigen Nutzung der Wärme
- Schichtwärmespeicher als zentrales Regelorgan ohne zusätzlichen Regelaufwand
- Kaskadenförmige Nutzung der Kondensationswärme der Hochtemperaturtrocknung und Abwärmenutzung des bestehenden Bandrockners zur Faulschlammaufheizung schließt den Wärmekreislauf



## 5. Ausblick

- AVKE erhält Förderbescheid für kommunales Klimaschutzmodellprojekt in Höhe von 9,3 Mio. €
- Fördergeber ehem. Bundesumweltministerium, aktuell Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
- Gesamtkosten voraussichtlich bei 15 Mio. €

## 5.1 Ziele des Förderprojektes „Vom Klärwerk zum Kraftwerk“

- Steigerung der Klärgasproduktion durch Annahme von zus. Biomasse
- Energieautarkie des Klärwerks trotz eigener Klärschlamm-trocknung
- Synergieeffekte durch Nutzung von Biogas aus der benachbarten Vergärungsanlage
- Aufbereitung zu Biomethan für kommunale Verwendung (Fahrzeuge, Direktleitung) und Verwertung des anfallenden CO<sub>2</sub>
- Neubau eines Blockheizkraftwerkes in Verbindung mit einem Batteriespeicher als Notstromersatzbetrieb an Stelle eines Diesellaggregats
- Produktion von Wasserstoff für kommunale Fahrzeuge
- „Leuchtturmprojekt“ für die Energiewende auf Kläranlagen

**ZAK**  
Bioabfall

Biomasse

Primär- und Belebtschlamm

Abwasserreinigung  
Deammonifikation (bisher)

**Abwasserverband Kempten (Allgäu)**

CO<sub>2</sub>-Vermarktung

Gasreinigung mit A-Kohle und Separierung

Erdgas

Luft

Abwasserreinigung  
(Haupt- oder Nebenstrom)

Blockheizkraftwerk

50-90 °C

Stromrücklieferung

250-300 °C

80-90 °C

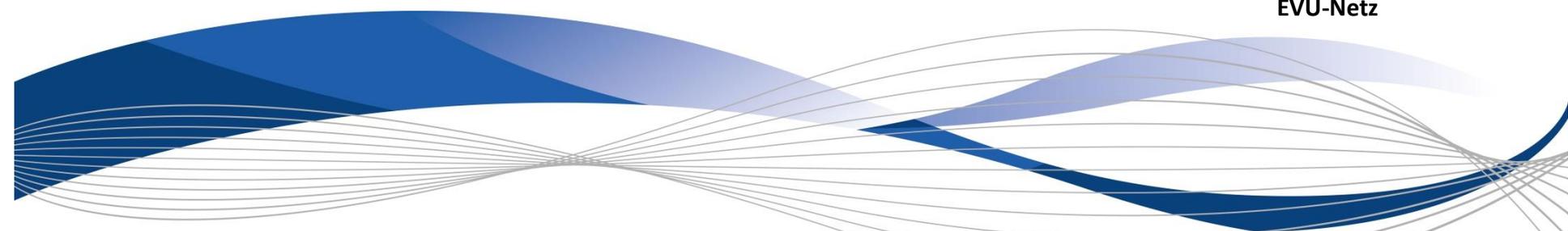
Klärschlammbehandlung (Trocknung)

Stromspeicher

EVU-Netz

**Legende**

- > Biogas/Biomethan
- > Erdgas
- ...> Strom
- > Wärme
- > Sonstige Stoffströme



**ZAK**  
Bioabfall

**Abwasserverband**  
Kempten (Allgäu)

**Förderung**  
**Wasserstoffherzeugung**

**Legende**

**ZUG** Zukunft  
Umwelt  
Gesellschaft

- > Biogas
- > Erdgas
- ...> Strom
- > Wärme
- > Sonstige Stoffströme

Biomasse  
(Tropfmolke, Hygienisierung)

Primär- und Belebtschlamm

Abwasserreinigung

Elektrolyse

CO<sub>2</sub>-Vermarktung

Gasreinigung mit A-Kohle und Sepsrierung

Erdgas

Luft

Abwasserreinigung  
(Haupt- oder Nebenstrom)

Sauerstoffspeicher

Blockheizkraftwerk

Stromspeicher

Wasserstoffspeicher

50-90 °C

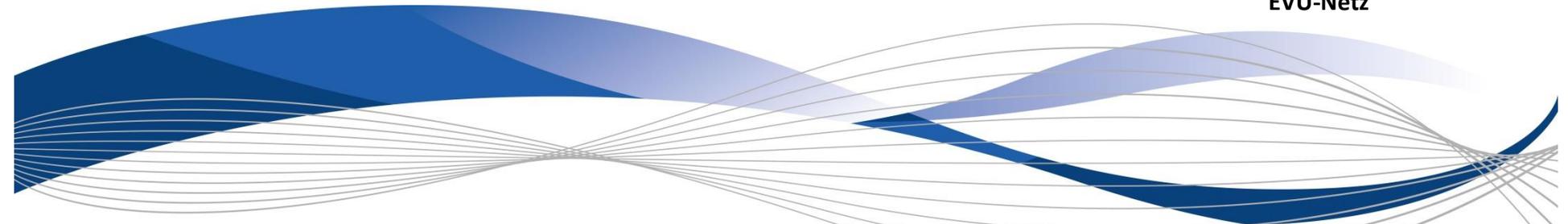
Stromrücklieferung

250-300 °C

80-90 °C

Klärschlammbehandlung (Trocknung)

EVU-Netz



## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Und ganz Herzlichen Dank den Mitarbeitern im Bayerischen Umweltministerium für die Unterstützung im Rahmen des Bayerischen Abwasserinnovationspreises 2018  
Sowie dem Fördergeber für das Kommunale Klimaschutz Modellprojekt „Vom Klärwerk zum Kraftwerk“

Mein ganz besonderer Dank gilt, neben meinen Mitarbeitern allen an den Projekten beteiligten Planungsbüros  
sowie vor allem unserem Projektsteurer blumove-consulting,  
Herrn Dornburg und seinen Mitarbeitern

Schichtwärmespeicher; Franz Beer; Graz, 12.-14.09.2022