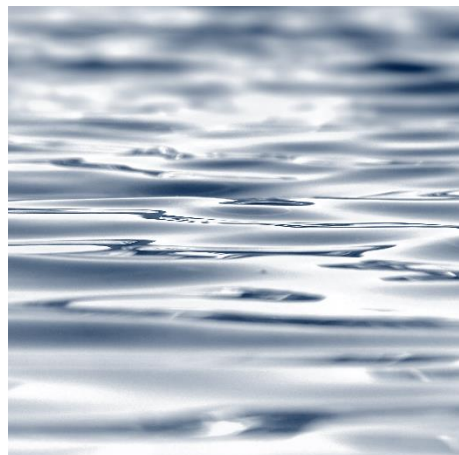


*Miteinander forschen
Wirtschaft stärken
Perspektiven schaffen*

Med
zeroSolvent



ILK
DRESDEN



Med-zeroSolvent: Beiträge des ILK Dresden

24.10.2024



Jörg Waschull et al.

Das Institut



1964 Gründung

**1990 unabhängige außeruniversitäre Forschungseinrichtung
in der Rechtsform einer gemeinnützigen Gesellschaft mbH**

3.000 qm Versuchsfläche

25 physikalisch-chemische Labore

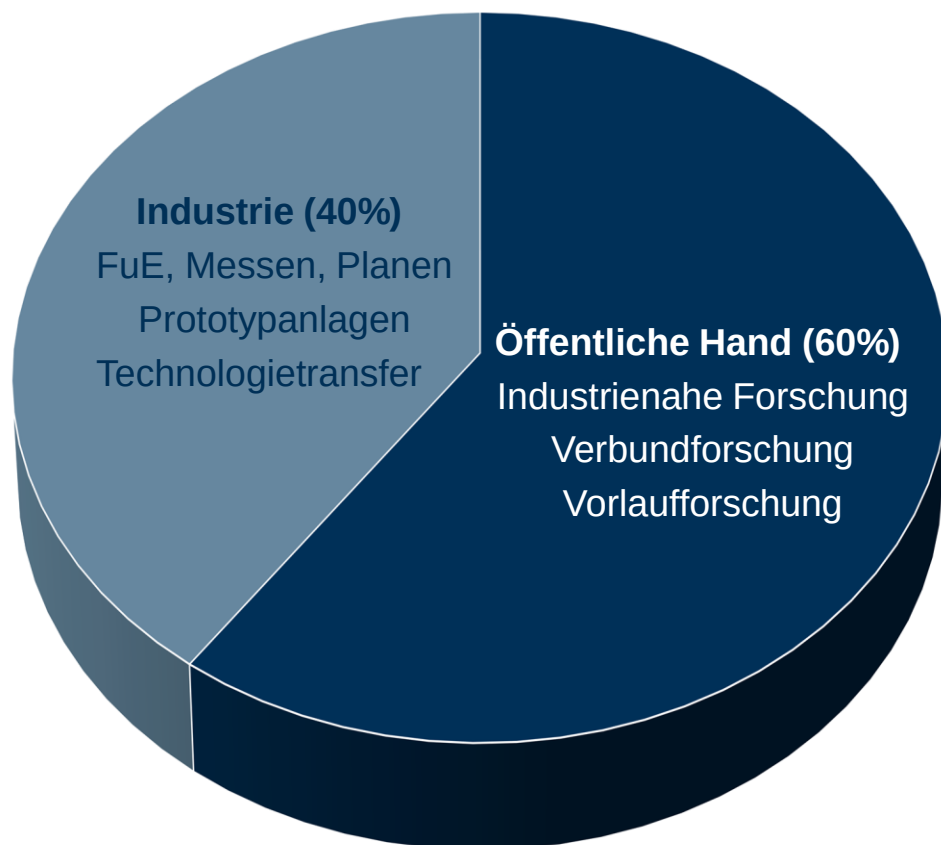
15 Mio € Jahresumsatz

ca. 150 Beschäftigte

72% mit Hochschulabschluss

ca. 50 Studierende pro Jahr





Forschungsnetzwerk



Kryotechnik und Tiefemperaturphysik

Kryotechnik
Tiefemperaturphysik
Kryo Life Science

Kälte- und Wärme- pumpentechnik

Kompressionskältetechnik/
Wärmepumpen
Wärme- und Stoffübertragung
Prüfstandsbau

Luft- und Klimatechnik

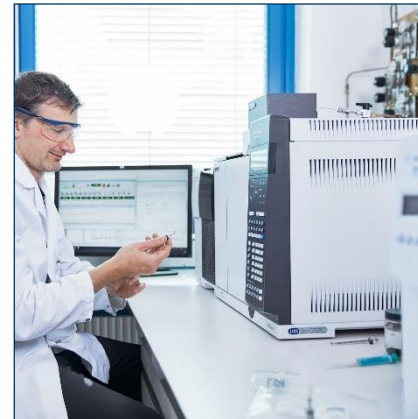
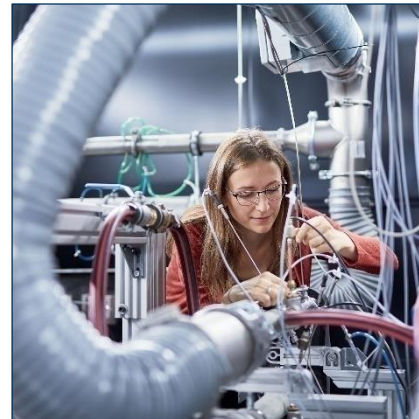
Lüftungstechnik
Klimatechnik
Luftreinhaltung

Angewandte Werkstofftechnik

Arbeitsstoffe/Werkstoffe
Thermische Speicher
PV-Anwendungen, Sensorik
Dichtheitsprüfung/Lecksuche

Angewandte Energietechnik

Thermische Kälteerzeugung/
Absorptionskältetechnik
Wasser als Kältemittel
Nutzwasseraufbereitung
Energiesysteme

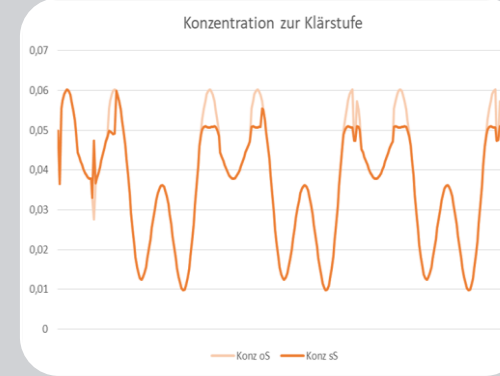


Testzentrum PLWP
Akkreditiertes Prüflabor
Wärmepumpen

Notifizierte Messstelle für Emissionen nach §29b BImSchG

© Fotos Jan Gutzeit

Aufgaben des ILK Dresden



B. Braun Bgsh.

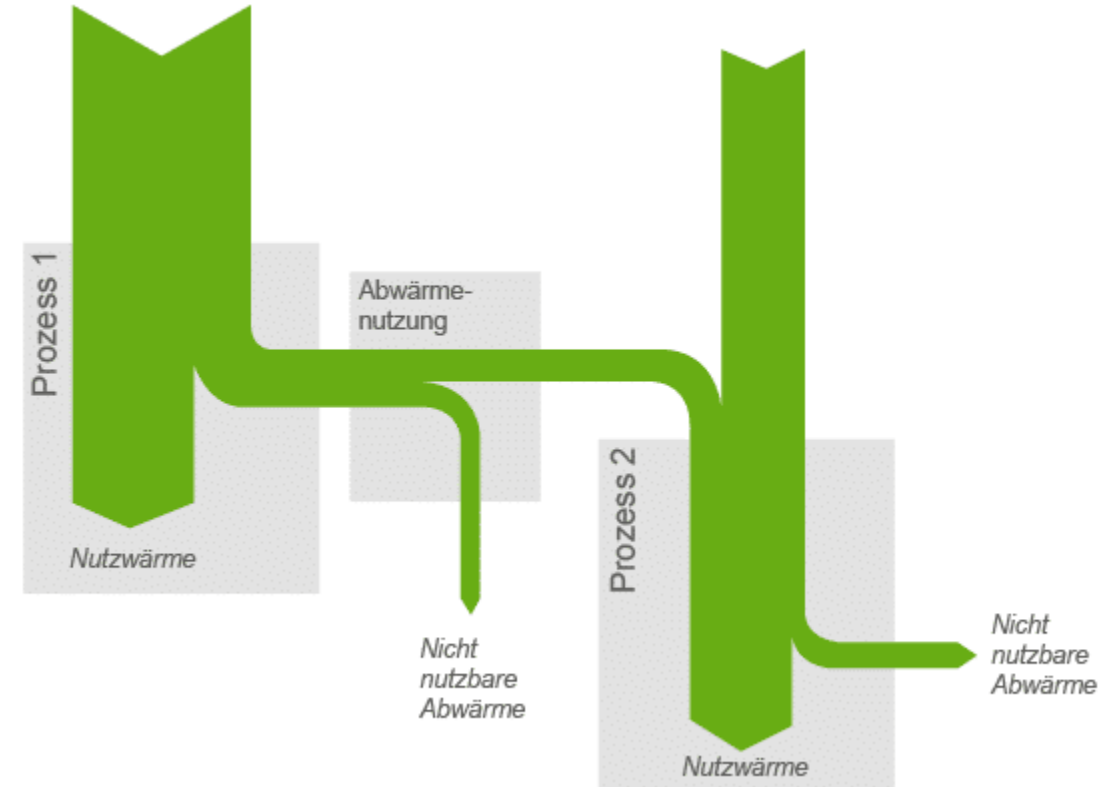
Wärme – Analyse
mit Ziel der
Abwärmenutzung

Pilotanlage –

Steuerung,
Datenerfassung,
Datenmanagement,
Digitaler Zwilling –
Wärmeerzeugung

Optimierungs-
rechnungen zur
flexibilisierung der
Wasserversorgung

- Möglichkeiten der Abwärmenutzung im Werk Berggießhübel
- Projektbestandteil als Ergänzung des Wasserthema in Bezug auf Nachhaltigkeit sowie Nutzung von **Abwärme** zur Unterstützung von Wasseraufbereitungsprozessen

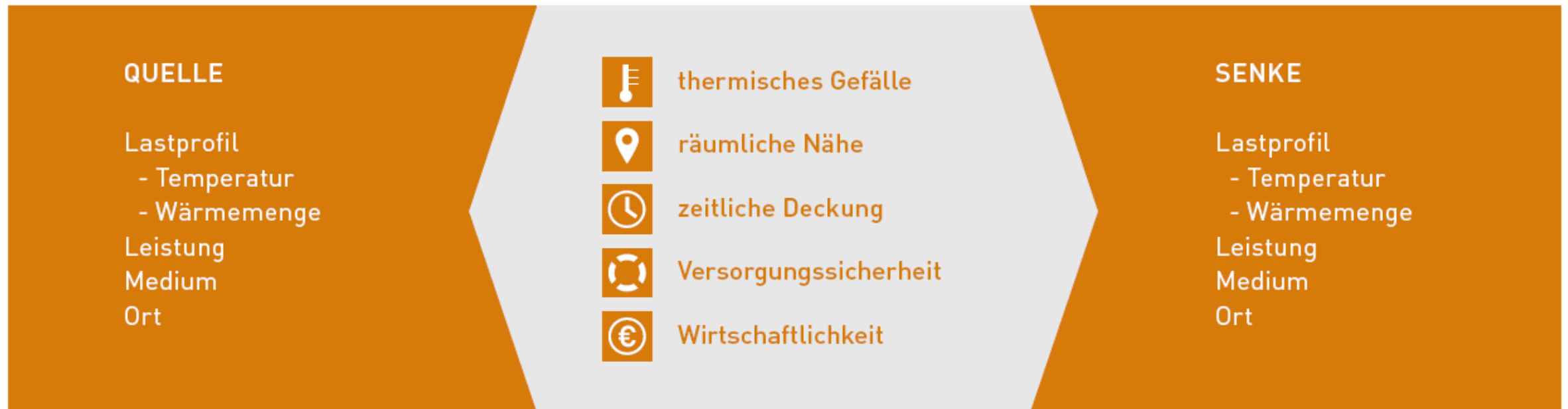


Quelle: <https://www.ecogreen-gruppe.de/abwaermenutzung-energieeffizienzmassnahme-foerderung/>

Wärme – Bewertung von Abwärme



- SAENA: „Technologien der Abwärmenutzung“

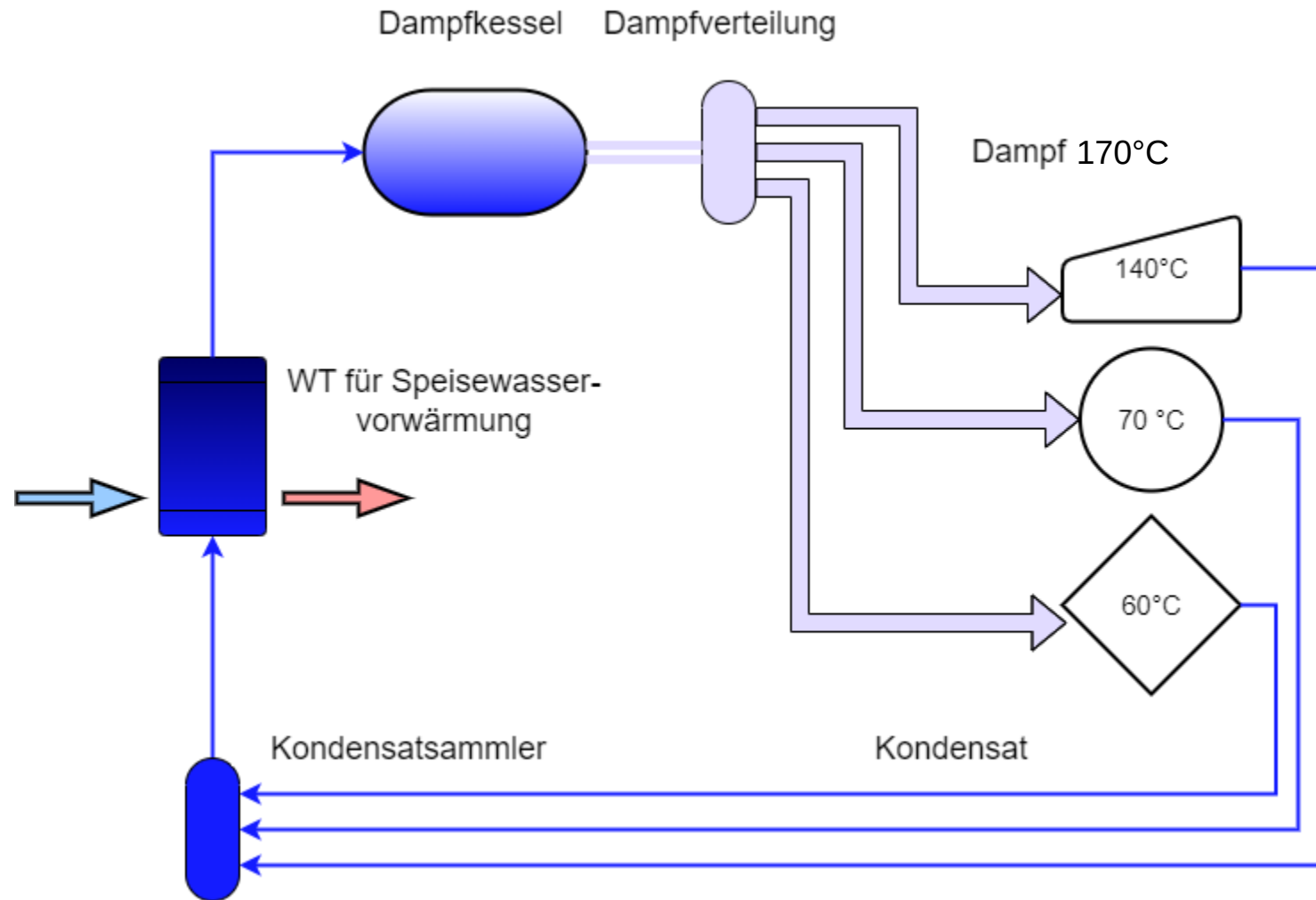


Wärme – Analyse am Standort Berggießhübel

- **Analyse:**

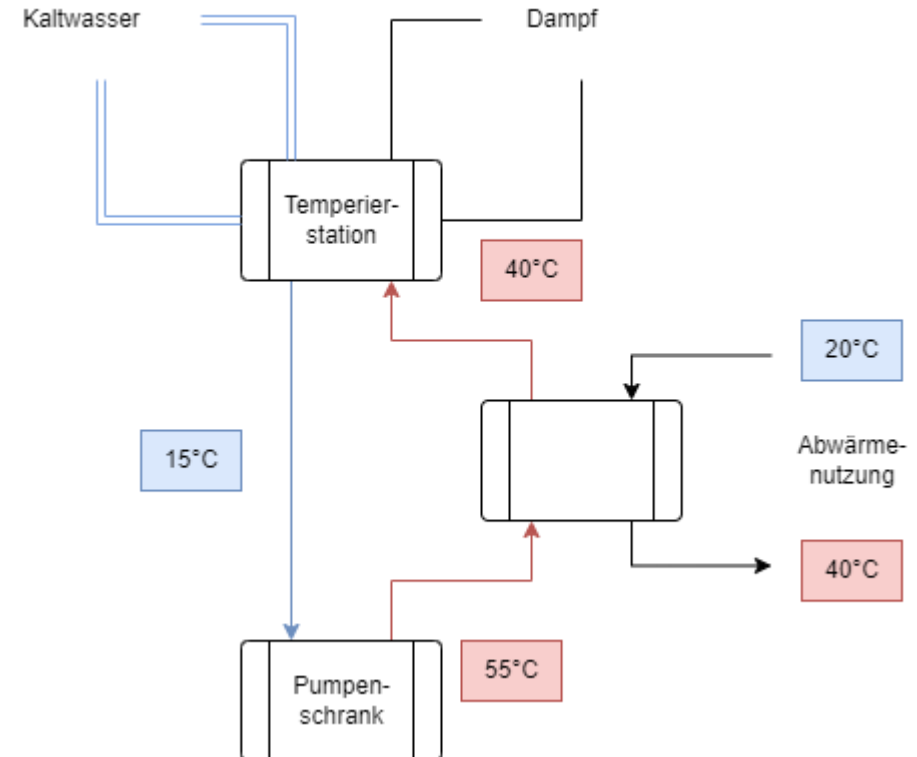
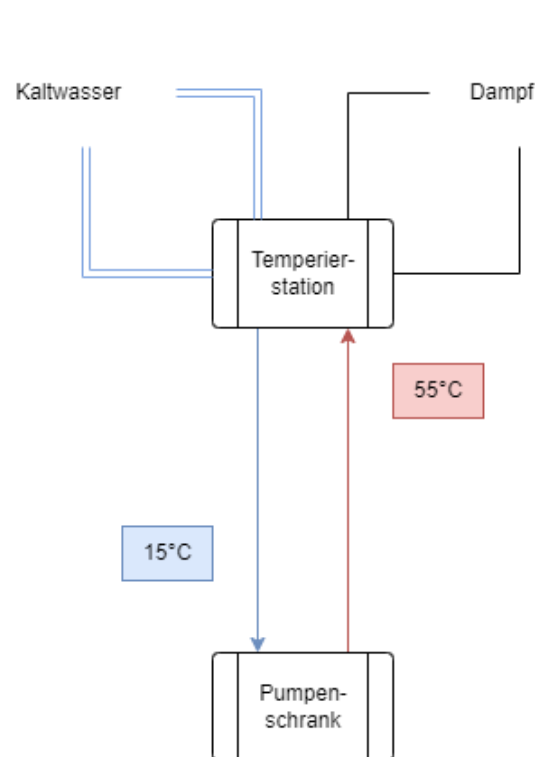
- Prozess- und Heizwärme wird durch Verbrennung von Erdgas aufgebracht.
- Der Energiebedarf dafür liegt im Durchschnitt im Megawatt-Bereich.
- Hinzu kommt ein Elektroenergiebedarf in gleicher Größenordnung. Größter Einzelverbraucher sind Kälteanlagen (Wärmequellen).
- Wärmeverteilung durch Verteilung von Dampf (170 °C),
- Rückführung des entstehenden Kondensats mit Wärmetauscher zur Speisewasservorwärmung,

Wärme - Analyse



Wärme – Bewertung speziell für Wasseraufbereitung

- Temperaturanforderung für Wasseraufbereitung:
 - Maximal 35 °C für anaerobe Prozesse, Maximal 25 °C für Bodenfilter,
- Mögliche Abwärmequelle Temperierstationen: stellen “passgenaue” Wärmeversorgung für Teilprozesse sicher.



Wärme – Bewertung speziell für Wasseraufbereitung



- **Vorteile:**
 - “Doppelter” Energiegewinn durch Entlastung der Kälteanlage,
 - Wärme ist bereits an effektiven Wärmeträger (Wasser) gebunden,
 - Zeitlich schwankende Entnahme von Wärme kann von bestehendem Regelsystem ausreguliert werden.
- **Probleme**
 - Wenige oder keine Daten für Vor- und Rücklauftemperaturen sowie Wärmemengen,
 - Zu nahe am zertifizierten Prozess für die Herstellung von Medizinprodukten.

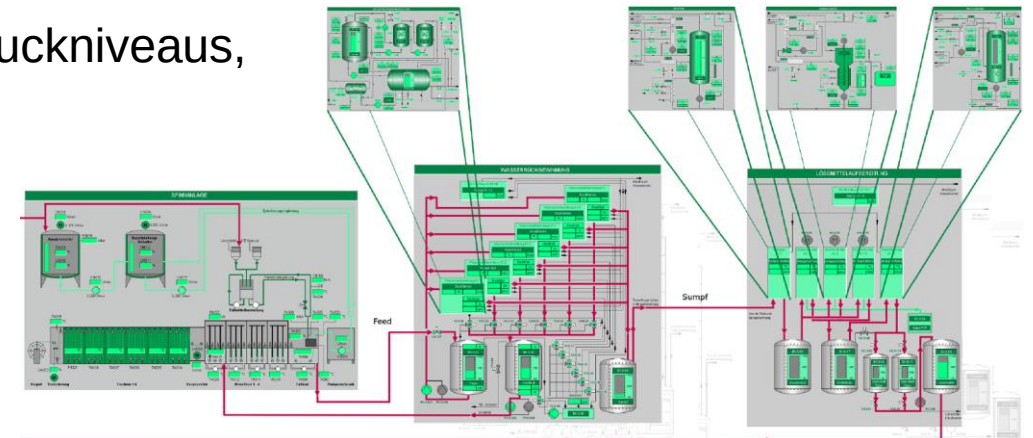
Wärme – Bewertung speziell für Wasseraufbereitung



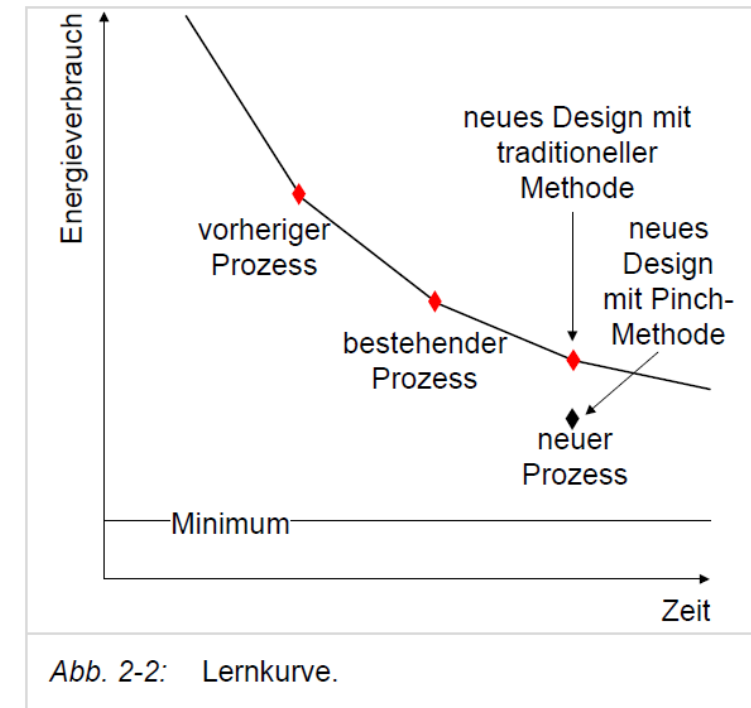
- **Alternative:**
 - Wärmetauscher in der Wasserrückgewinnung zur Stabilisierung des Kondensationsprozesses,
 - Arbeitet in freier Kühlung (gibt Wärme an Umgebungsluft ab),
 - Solebasiert, 80 °C bis 90 °C, Wärmemenge: ausreichend.
- **Probleme**
 - Diskussionsbedarf erforderlich.

Wärme – Bewertung allgemein für Energieeffizienz

- “Gaspreisschock” zum Ukraine-Krieg,
- Notwendigkeit der Verbesserung der Energieeffizienz -> eine Möglichkeit: Abwärmenutzung,
- Probleme bei der Anlagenmodifikation:
 - Dampfsystem
 - Möglichkeit der Restwärmenutzung aus dem Kondensat,
 - Aber: Nachdampf, Gefälleleitungen, versch. Druckniveaus,
 - Fehlende Datenbasis der Einzelprozesse,
 - Zertifizierte Produktion,
 - Wo anfangen?



- Methode zur energetischen Prozessoptimierung
- Beantwortet die Fragen:
 - Wie groß ist der minimal notwendige Energiebedarf bei einem vollständig optimierten Prozess?
 - Mit welchen Maßnahmen kann das Energieziel erreicht werden?
 - Wie wird die Energieversorgung in das System eingebunden?
 - Wo liegt das wirtschaftliche Optimum für Investitions- und Energiekosten?

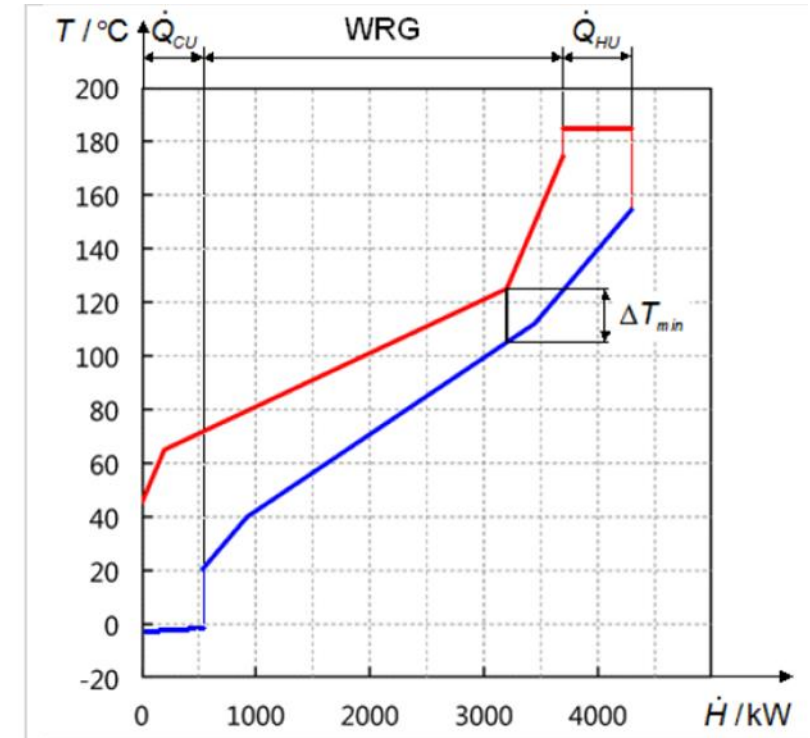


Quelle: https://pinch-analyse.ch/downloads/Einfuehrung_in_die_Prozessintegration_2017.pdf

- **Wann wird eine Pinch-Analyse angewendet?**
 - Kosten thermischer Energieträger > ca. 200 T€/a,
 - Thermischer Hauptenergiebedarf in Prozessen, nicht im Gebäude,
 - Verschiedene Heizanforderungen auf unterschiedlichen Temperaturniveaus,
 - Verschieden Abwärmequellen oder Kühlanforderungen,
 - Der optimale Einsatz einer Wärmerückgewinnung ist nicht auf den ersten Blick ersichtlich.

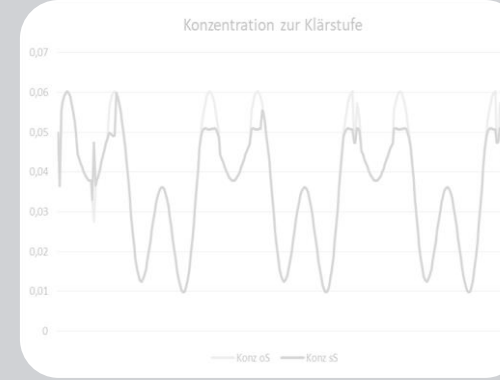
Wärme – Pinch-Analyse

- **Durchführung**
 - Erfassung relevanter Wärmeströme (Heizen und Kühlen) im Produktionsprozess,
 - Darstellung der Wärmeströme in einem Temperatur-Wärmestrom-Diagramm,
 - Softwarebasierte Auswertung ergibt Vorschläge für den (kosten)effizienten Einsatz von Wärmetauschern,
- **Daten, Daten, Daten**
 - Starttemperatur, Endtemperatur, Massestrom, spez. Wärmekapazität für jeden Strom,
 - Alternative Wärmeträger (Wasser, Sole).



Quelle: https://pinch-analyse.ch/downloads/Einfuehrung_in_die_Prozessintegration_2017.pdf

Aufgaben des ILK Dresden



B. Braun Bgsh.

Wärme – Analyse
mit Ziel der
Abwärmenutzung

Pilotanlage –
Steuerung,
Datenerfassung,
Datenmanagement,
Digitaler Zwilling –
Wärmeerzeugung

Optimierungs-
rechnungen zur
flexibilisierung der
Wasserversorgung

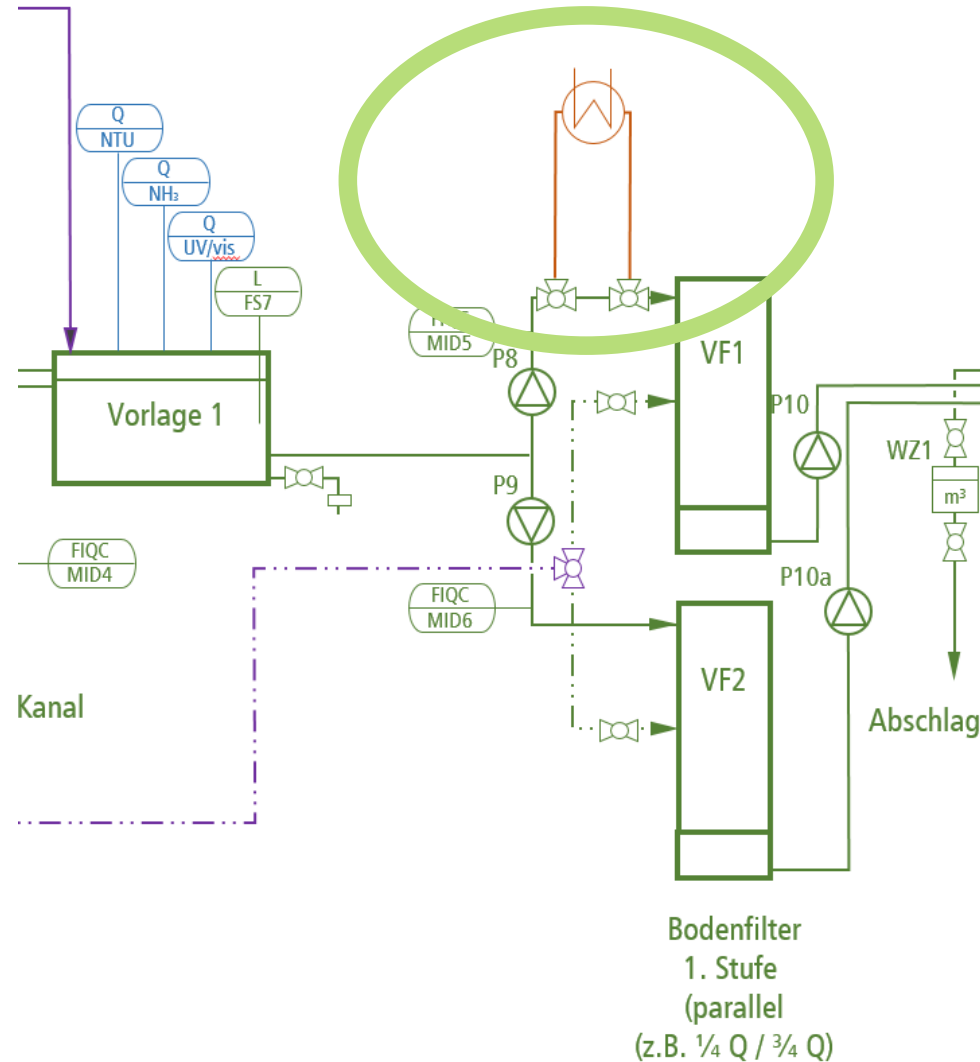
Pilotanlage – Wärmeerzeuger Anforderungen



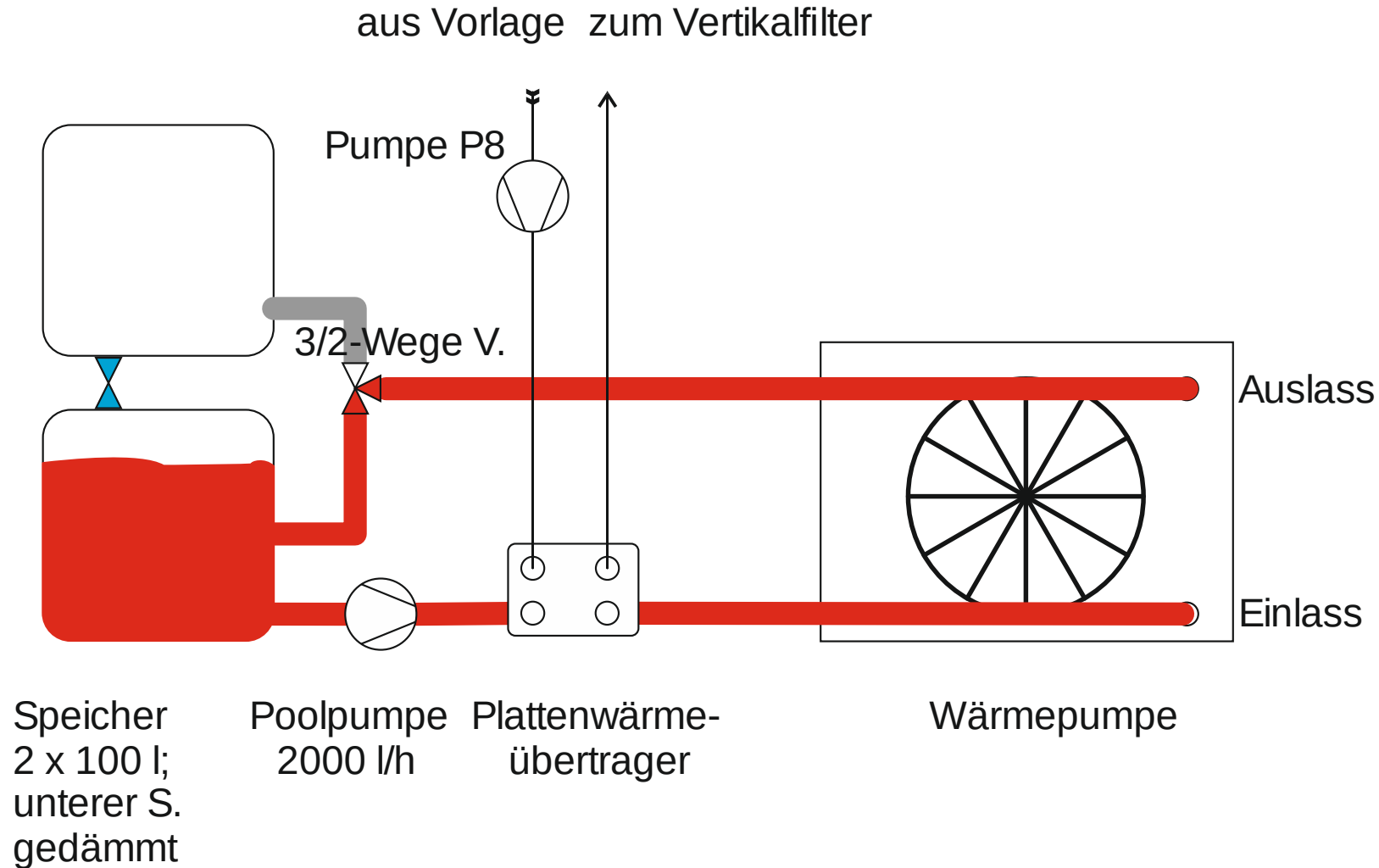
Anforderungen:

- Anwendung in erster Stufe des Vertikalfilters,
 - Direkte Erwärmung des Abwassers, nicht des Filters,
 - Schwallartiges Aufbringen des Abwassers,
 - Ganzjahresbetrieb,
 - Energieeffizient,
-
- Aus Anforderungen: Heizleistung $> 30 \text{ kW}$

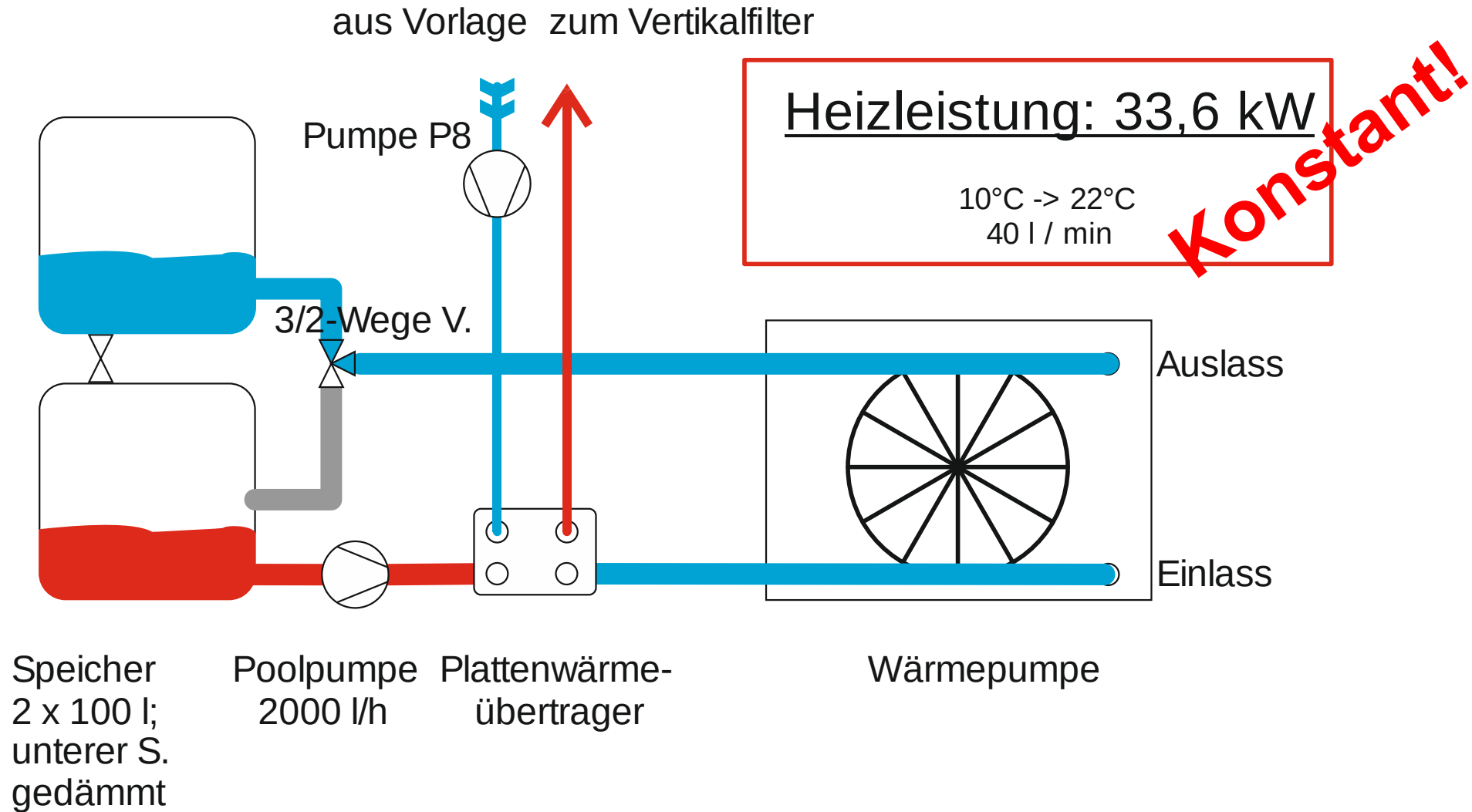
Pilotanlage – Wärmeerzeuger Realisierung



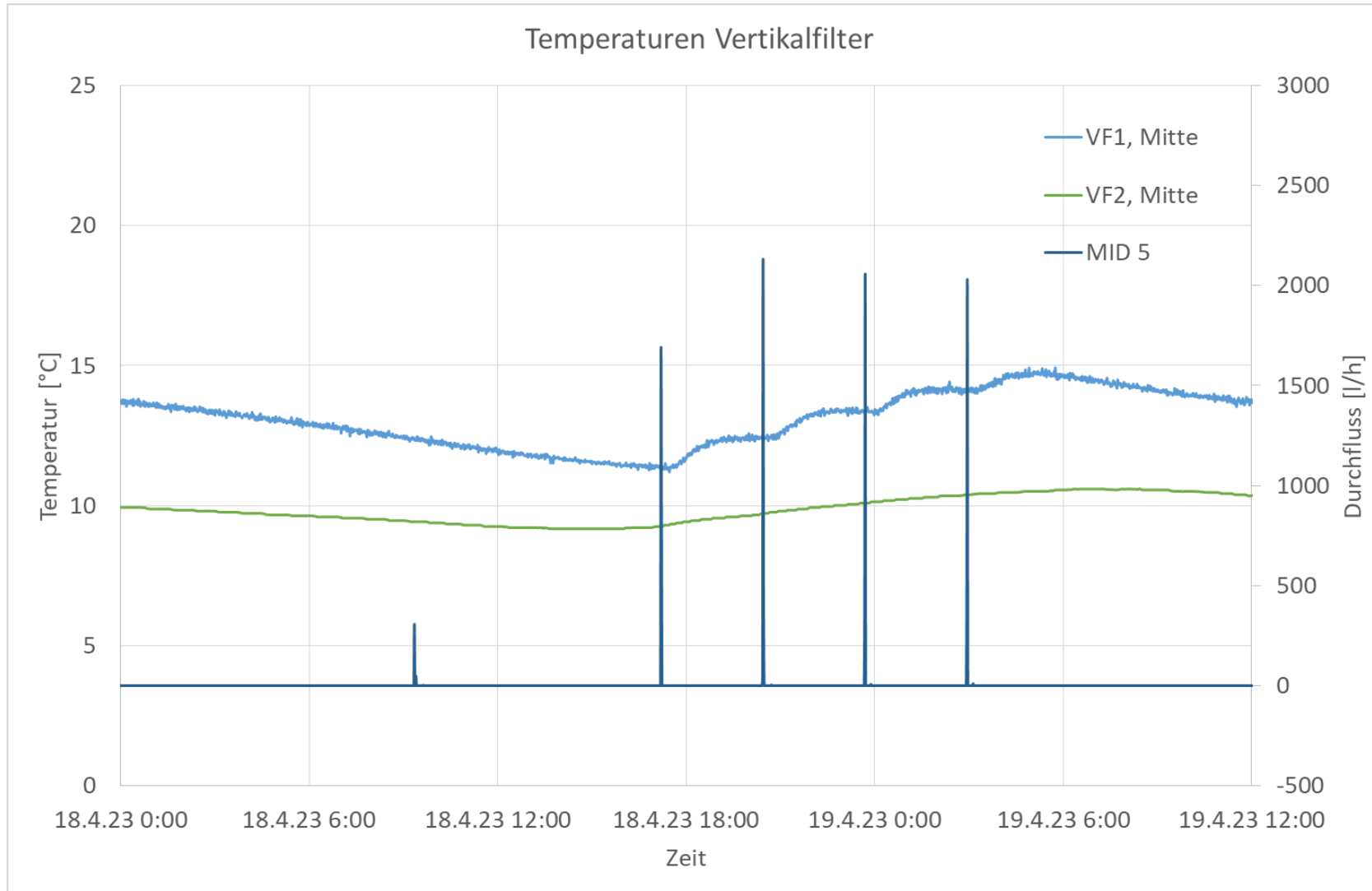
Pilotanlage – Wärmeerzeuger Wärmepumpe + Doppelspeicher



Pilotanlage – Wärmeerzeuger Wärmepumpe + Doppelspeicher



Pilotanlage - Wärmeerzeuger

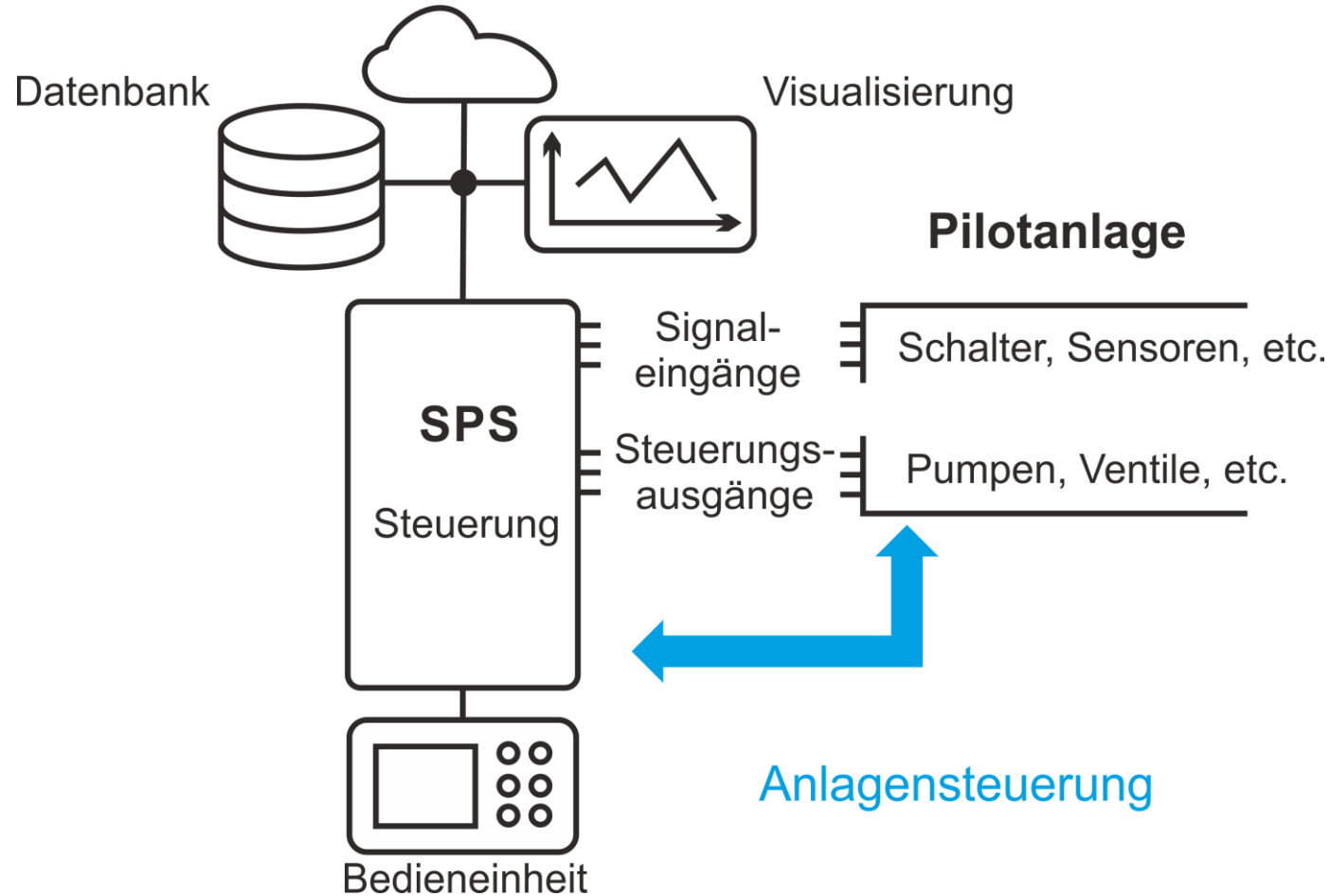


Pilotanlage – Wärmeerzeuger Ergebnis

Ergebnisse

- System hat wartungsfrei während gesamter Pilotphase gearbeitet,
- Nur eingeschränkter Winterbetrieb des MBBR,
- Über eine Woche gemittelte Temperaturdifferenz zwischen den beiden Vergleichsfiltern im Inneren von 2 K,
- Nur leichte Unterschiede im Filterverhalten,
- Problem: Heizung abhängig von Wasserzufuhr -> zu geringer Durchsatz durch MBBR.

Pilotanlage – Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik



Pilotanlage – MSR-Technik

Ergebnisse

- **Realisierung zweier Betriebsarten** (Hand- und Automatikbetrieb),
- **Integration von Überwachungsfunktionen**
 - Verriegelungen:
 - Behälterüberlauf,
 - Trockenlaufschutz für Pumpen,
- **Sensorabgleich und –funktionskontrolle**,
 - Nullabgleich, Vollabgleich, Kalibrierung,
 - Linearisierung,
- **Ansteuerung von Aktoren**
 - Binär oder analoge Sollwerte,
 - Regler für diverse Betriebsparameter,
- **Anzeige von Betriebs- und Störmeldungen**,
- **Visualisierung**
 - Momentanwerte,
 - Tabellen mit aufbereiteten Messwerten,
 - Diagramme.

Pilotanlage – MSR-Technik, Schaltschrank der Steuerung

Panel-PC
- Datenerfassung

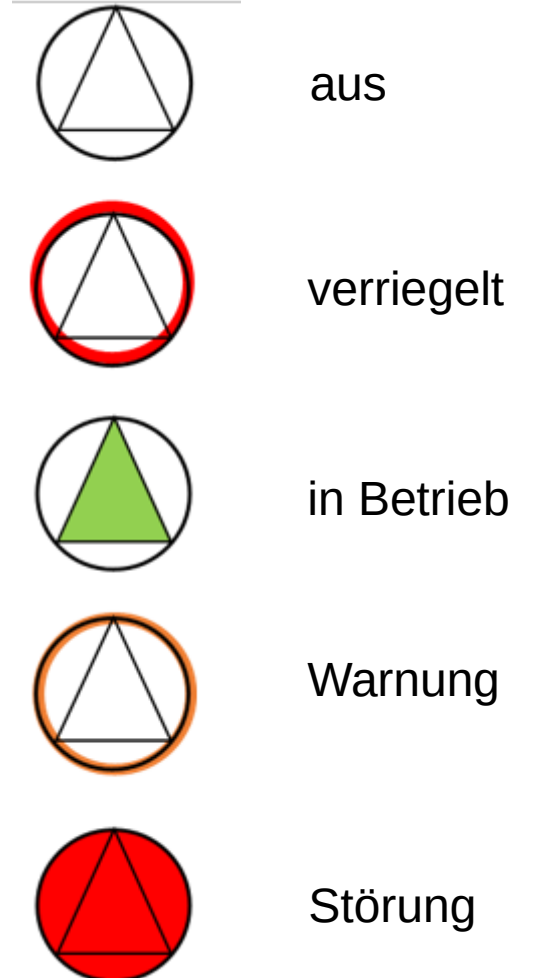
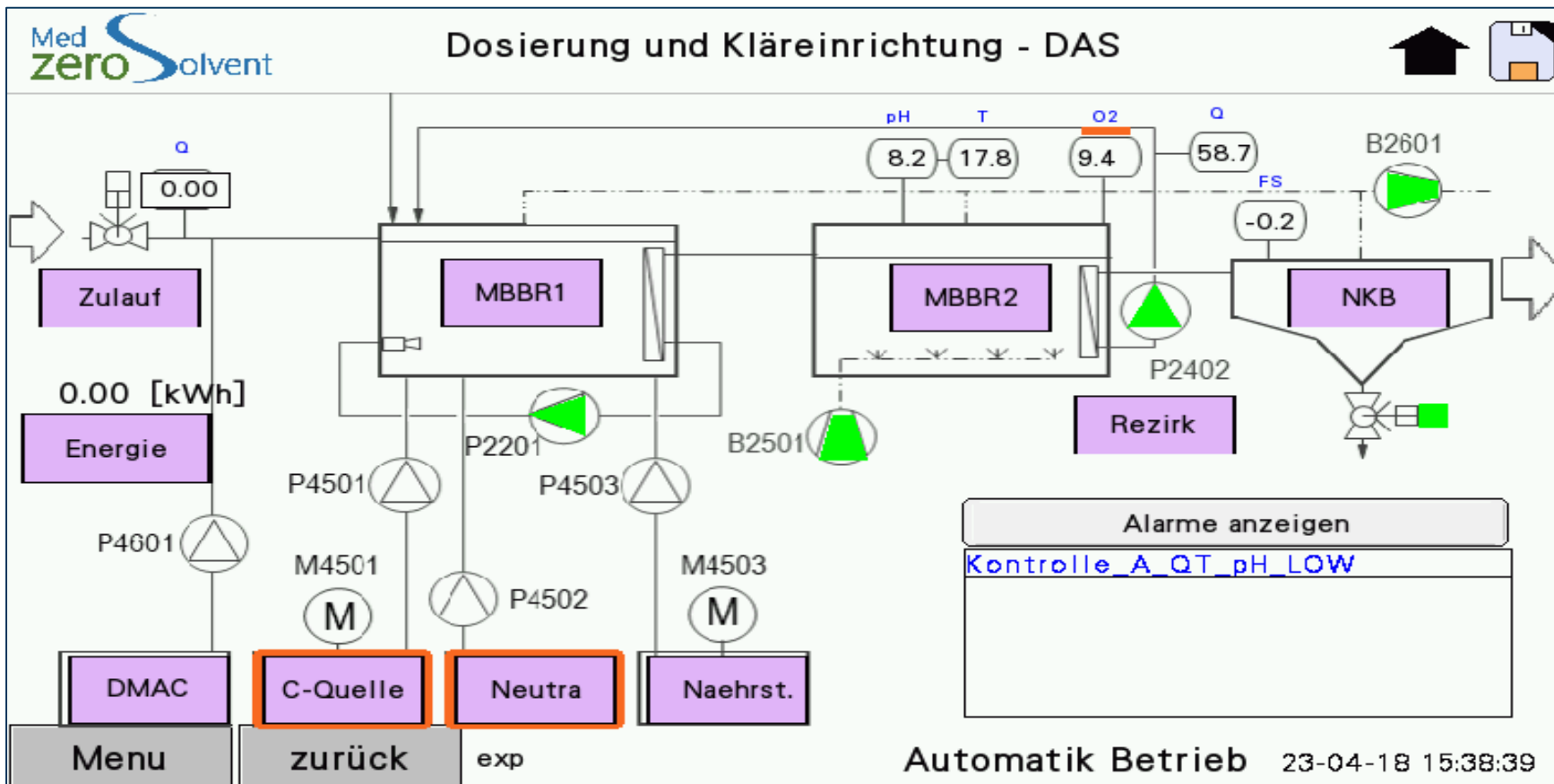
Bedienung
- Betriebsfreigabe
- Hauptschalter

HMI
- Bedienung
- Datenerfassung



Pilotanlage – MSR-Technik, Bedienung

– Interaktive Anlagenschemata



Pilotanlage – MSR-Technik, Betriebsanleitung

– Erstellung Betriebsanleitung für Steuerung

Bedienungsanleitung für die Steuerung der Pilotanlage Med-zeroSolvent

erstellt: Andreas Ritsche, Wolfgang Herschier	geprüft: Dr. Jörg Waschull	Revison: 0
Datum: 09.05.2023	Datum: 24.05.2023	Ausgabedatum: 02.06.2023

Urheberrechte

© Copyright Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH, 2023, Alle Rechte vorbehalten.

Diese Originalbetriebsanleitung darf ohne ausdrückliche Genehmigung des Herstellers weder auszugsweise noch im Gesamten vervielfältigt oder verbreitet werden. Dies gilt auch für Übersetzungen dieses Dokuments und die Speicherung auf anderen Medien.

Außerhalb des vorgesehenen Zwecks darf dieses Dokument nicht verwendet werden. Die Weitergabe an Dritte ohne ausdrückliche Zustimmung des Herstellers ist nicht zulässig. Zuwiderhandlungen verpflichten zum Schadenersatz.

Diese Betriebsanleitung ist Bestandteil der technischen Dokumentation der Baugruppe.

Inhaltsverzeichnis	
1 Allgemeines	5
1.1 Umgang mit der Betriebsanleitung	5
1.2 Angaben zur Baugruppe	5
1.3 Adressangaben	6
2 Sicherheitsinformationen	6
2.1 Darstellung von Sicherheits- und Warnhinweisen	6
2.2 Bestimmungsgemäße Verwendung	7
2.3 Unzulässige Verwendung	8
2.4 Folgen von Umbauten oder Veränderungen	8
2.5 Persönliche Schutzausrüstung	8
2.6 Sicherheitsschilder	9
2.7 Restgefahren	9
3 Wichtige Informationen	10
3.1 Verhalten bei Störungen	10
3.2 Anforderungen an das Personal	11
3.3 Verantwortung des Betreibers	11
3.3.1 Personalauswahl und Belehrungen	11
3.3.2 Bereitstellung von Informationen und Hilfsmitteln	12
3.4 Verhalten im Notfall	12
4 Technische Daten	13
5 Bedienelemente	13
6 Bedienkonzept	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Funktionale Unterschiede zwischen Hand- und Automatikbetrieb	15
6.3 Benutzerebenen	16
6.4 Datenspeicherung	16
6.4.1 Bedienterminal	16
6.4.2 SQL-Datenbank	16
6.5 Fernzugriff	16
6.5.1 Bedienterminal	16
6.5.2 SQL-Datenbank	17
7 Bedienung	17
7.1 Bedienterminal	17

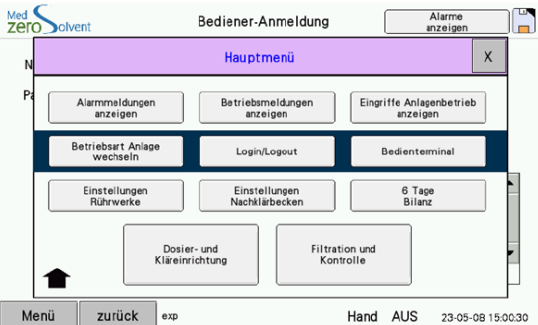


Abbildung 7: Bildschirm „Hauptmenü“ als Popup-Fenster (Einstellungen nur im Expertenmodus sichtbar)

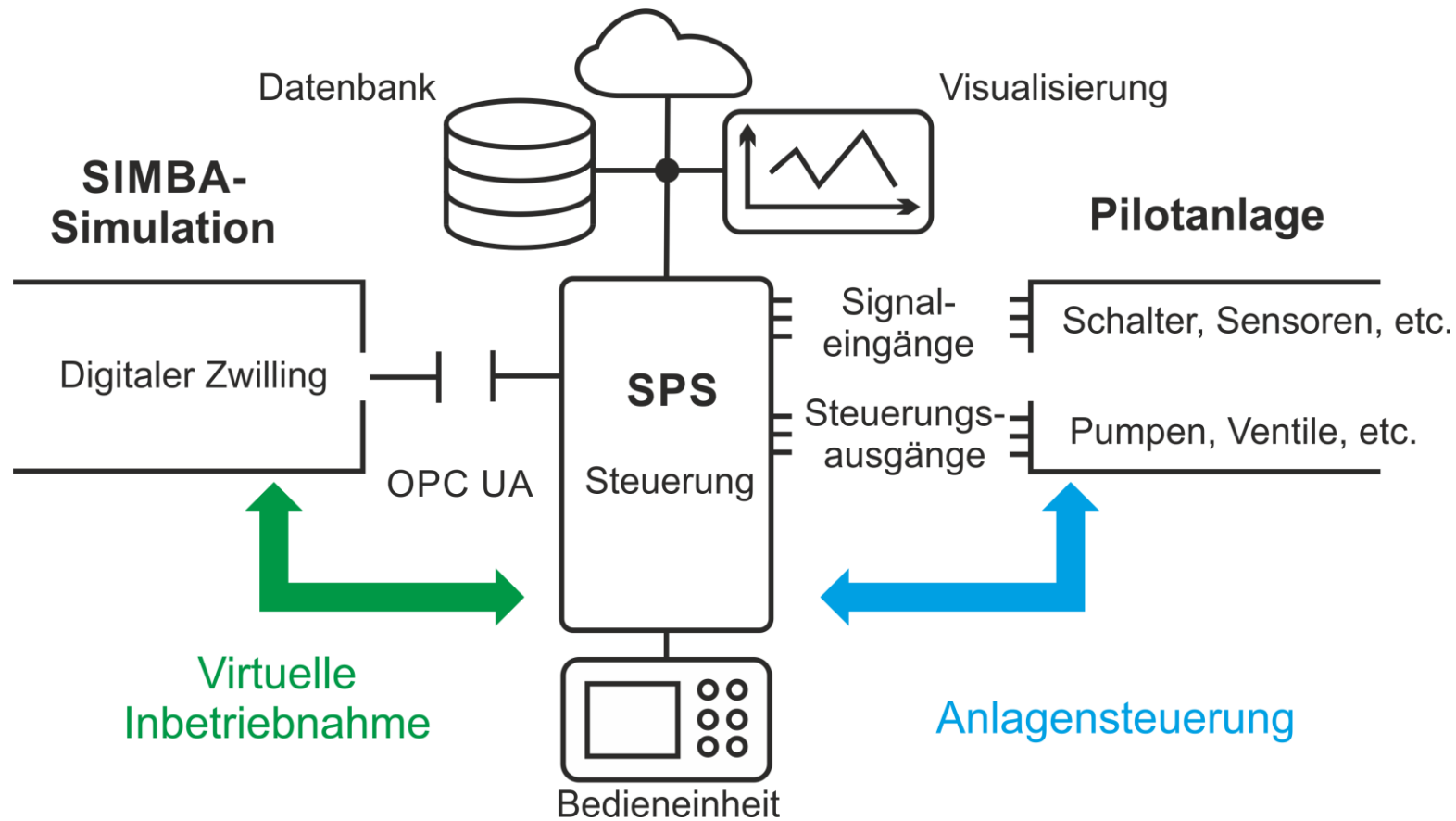
Schaltfläche	Funktion
„Alarmmeldungen anzeigen“	Anzeige Alarmmeldungen mit Möglichkeit zum Quittieren
„Betriebsmeldungen anzeigen“	Anzeige Aufgetretene Betriebsmeldungen
„Eingriffe in Anlagenbetrieb anzeigen“	Anzeige protokollierter Eingriffe in den Anlagenbetrieb
Betriebsart Anlage wechseln	Wechsel zwischen Hand- und Automatikbetrieb (mit Sicherheitsabfrage)
„Login/Logout“	An-/Abmeldung höheres Nutzerlevel
„Bedienterminal“	Interne Daten/Einstellungen
„Dosierpumpen kalibrieren“	Aufruf des Kalibrierens der Dosierpumpen
„Einstellungen Rührwerke“	Einstellung der Laufzeiten der Rührwerke (nur im Expertenmodus)
„Einstellungen Nachklärbecken“	Einstellungen für das Nachklärbecken (nur im Expertenmodus)
„6-Tage Bilanz“	Anzeige kumulierte Tagesmengen verschiedener Medien
„Dosier- und Kläreinrichtung“	Anzeige Schema „Dosier- und Kläreinrichtung“
„Filtration und Kontrolle“	Anzeige Schema „Filtrationsanlage und Kontrolle“

7.1.7 Darstellung der Gesamtanlage

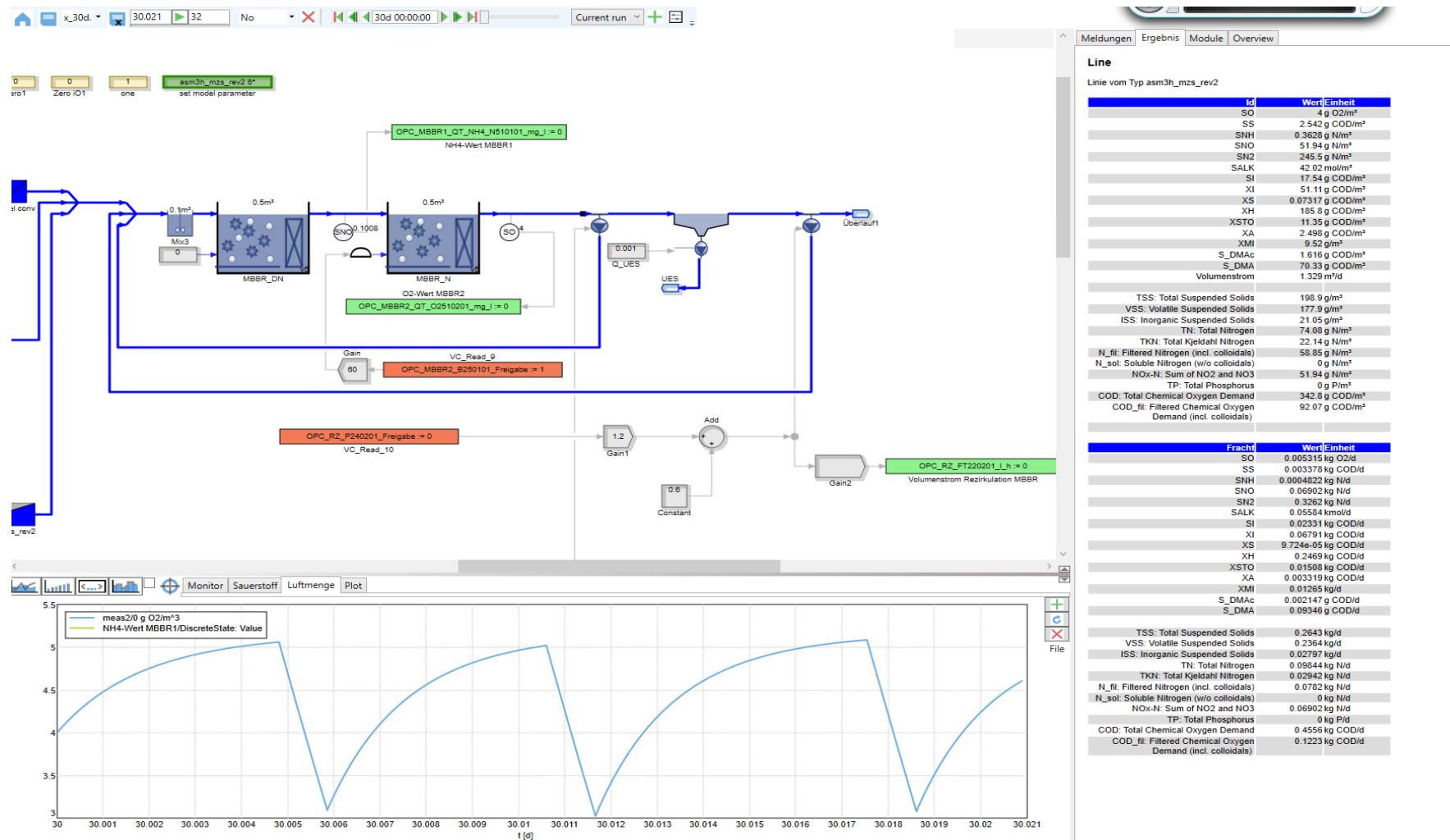
Das Bedienterminal bildet die mikrobiologische Kläranlage als Gesamtanlage in 2 Hauptansichten ab:

- Dosierung und Kläreinrichtung (MBBR)
- Filtrationsanlage und Kontrolle (Bodenfilter)

Pilotanlage – Digitaler Zwilling



Pilotanlage - Virtuelle Inbetriebnahme



Sauerstoffgehalt im eingefahrenen Zustand, geregelt durch on/off Betrieb des Luftkompressors, Messwertauswertung und Steuersignal von der SPS

Pilotanlage - Virtuelle Inbetriebnahme



PC-basierte Simulation

Industriesteuerungen

SIMBA

Simuliert Sauerstoffgehalt auf der Basis von Differentialgleichungen

OPC UA (Kommunikationsprotokoll)

Legt Simulationsergebnis auf Messstelleneingang

SPS

Vergleicht Istwert mit Sollwert



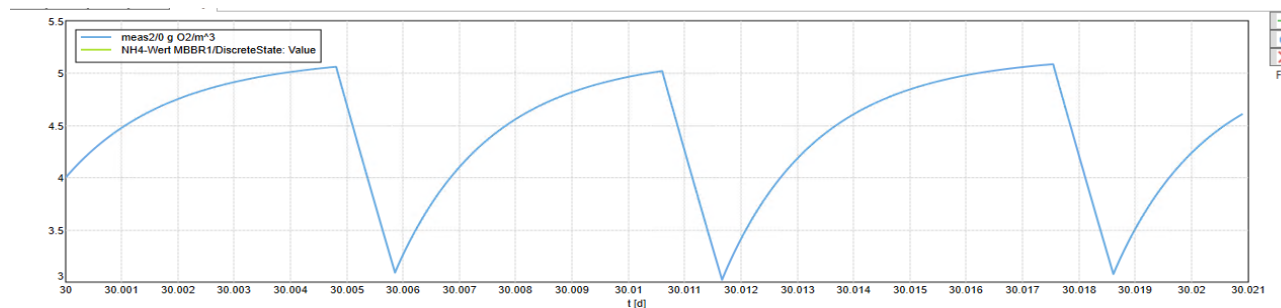
Stoppt Saustoffzufuhr in Konzentrationsberechnung



Übermittelt Schaltvorgang an Simulation



Schaltet per Relaisausgang Kompressor aus



Pilotanlage – Digitaler Zwilling



Aufgaben des ILK Dresden



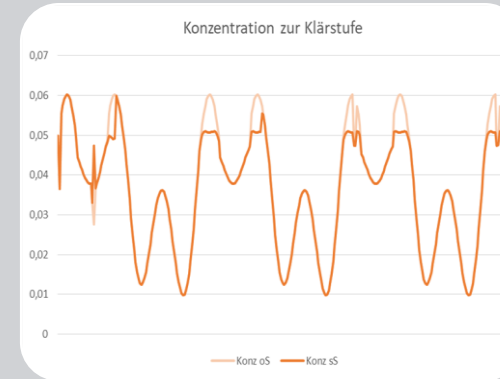
B. Braun Bgsh.

Wärme – Analyse
mit Ziel der
Abwärmenutzung



Pilotanlage –

Steuerung,
Datenerfassung,
Datenmanagement,
Digitaler Zwilling –
Wärmeerzeugung



Optimierungs-
rechnungen zur
flexibilisierung der
Wasserversorgung

Flexibilisierung Wasserversorgung Ziele



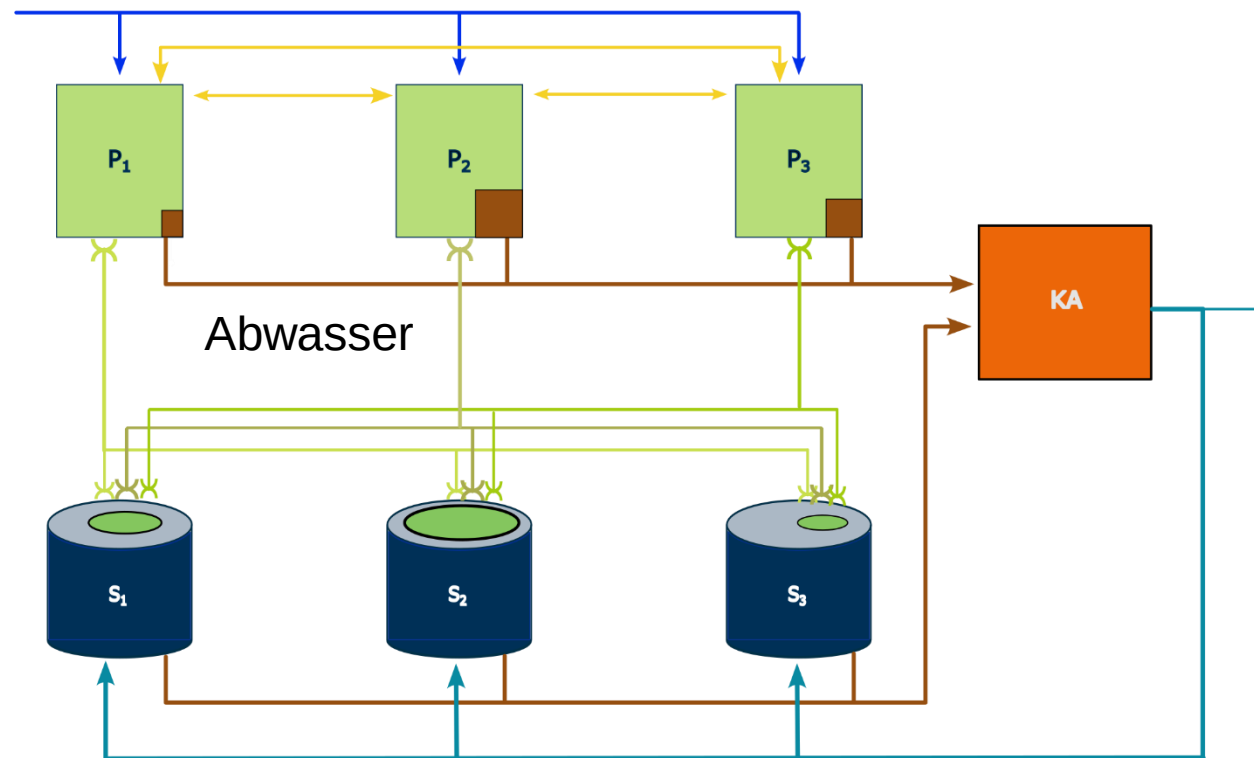
- **Ziele:**
 - Anwendung evolutionärer Algorithmen auf wasserwirtschaftliche Fragestellungen,
 - Speziell: Optimierung der Auslegung und Betriebsführung von Speichern,
- **Fiktives Beispielszenario:**
 - Produktion in mehreren Schritten,
 - Betrachtung eines einzelnen Schadstoffes,
 - Produktionsschritte besitzen bei der Versorgung Toleranz gegenüber dem Schadstoff (Voraussetzung für Wiederverwertung),
 - Produktionsschritte mit zeitlich veränderlichem Abwasseranfall (Voraussetzung für sinnvollen Speichereinsatz),
 - Betrachtung eines definierten Zeitraums,
 - Abwasseraufteilung nach Fracht / Konzentration.

Flexibilisierung Wasserversorgung

Fiktives Beispielszenario

Frischwasser €

Produktionsschritte
mit unterschiedlichen
Schadstofftoleranzen und
-einträgen



Geklärtes
Abwasser €

Speicher mit
unterschiedlichen
Zulaufbedingungen
(berechnet der
Algorithmus)



Flexibilisierung Wasserversorgung

Evolutionäre Algorithmen



– Evolutionäre Algorithmen

- Generieren einer zufälligen Ausgangspopulation (Speichergrößen und Eigenschaften)
beispielsweise 10 Varianten (Individuen),
- Berechnung der Zielwertfunktion (Frischwasserbedarf über 10 Tage),
 - Selektion von Individuen aus der Ausgangspopulation mit guten Zielwerten,
 - Generierung von Nachkommen,
 - Mutation dieser Nachkommen,
 - Bestimmung der Zielwertfunktion für diese Nachkommen,
 - Selektion...
- Nach n Schritten: *Festlegung* eines Individuums als Lösung,

Flexibilisierung Wasserversorgung

Evolutionäre Algorithmen



– Vorteile evolutionärer Algorithmen:

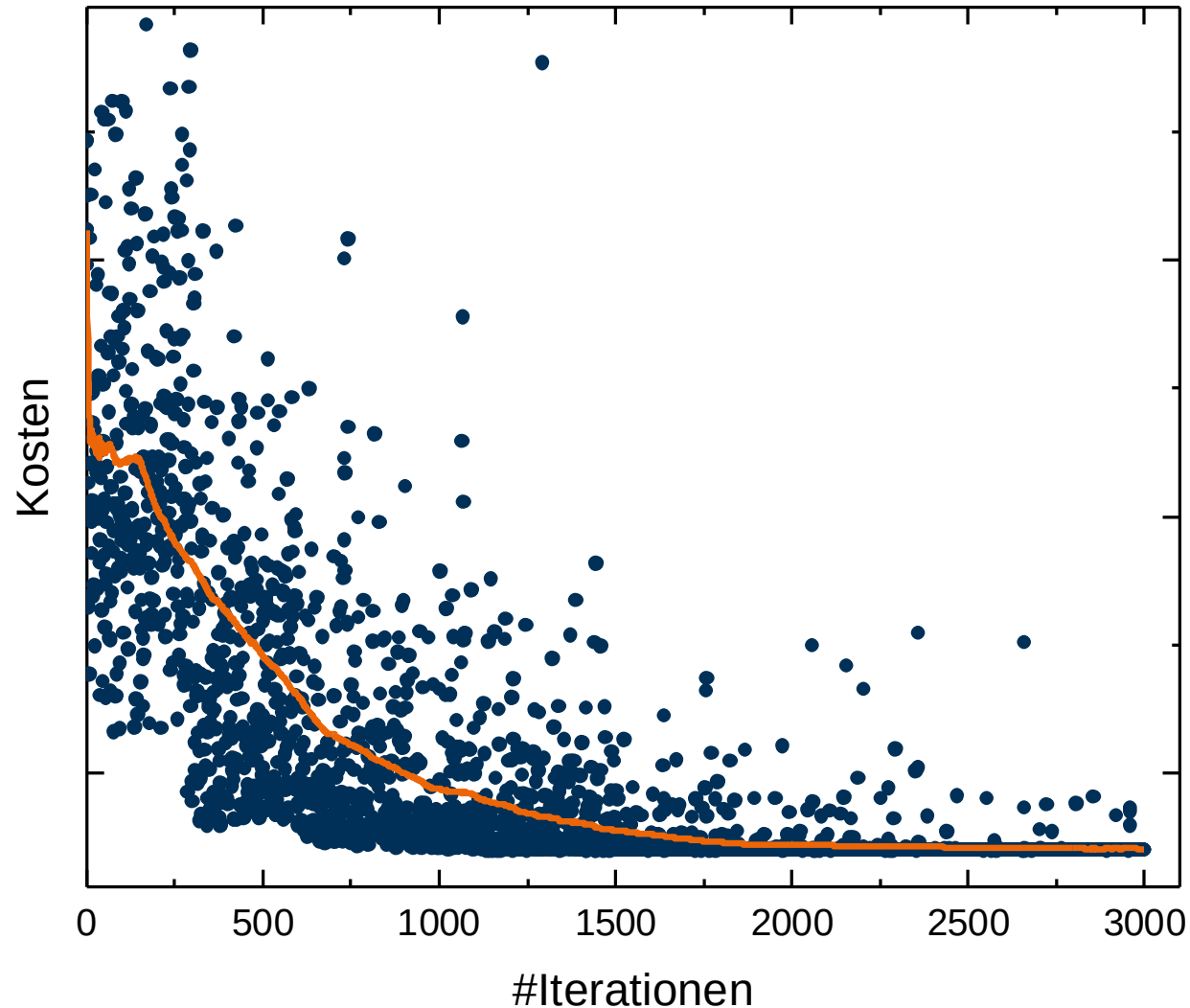
- Geeignet für System mit vielen Parametern,
- Große Freiheiten bei der Definition der Zielfunktion (Frischwasserreduzierung oder optimaler Betrieb Kläranlage oder geringste Betriebskosten...),
- Einfaches Setzen von Parametergrenzen,

– Nachteile:

- Lange Rechenzeiten,
- Kein Beweis dafür, dass ein gefundenes Optimum das globale Optimum ist.

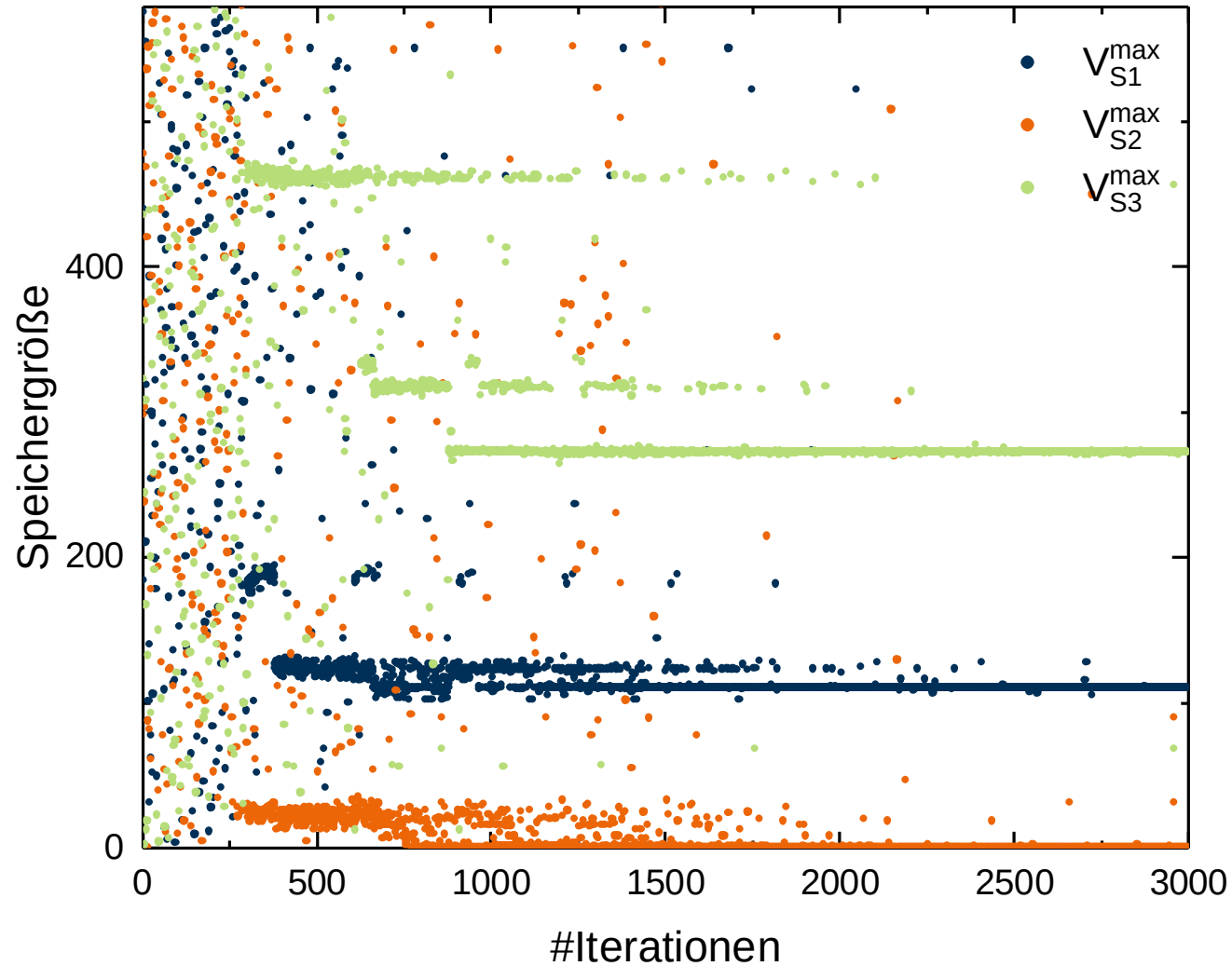
Flexibilisierung Wasserversorgung

Fiktives Beispielszenario



Flexibilisierung Wasserversorgung

Fiktives Beispielszenario



Flexibilisierung Wasserversorgung

Ergebnisse

- Softwaregerüst entwickelt (Python),
- Verschiedene Zielfunktionen getestet (Frischwasserminimierung, Kostenminimierung,...)
- Simulationsmodell für Zeitverhalten der Abbaueffizienz der Pilotanlage auf Basis Neuronaler Netze entwickelt,
- Allgemeiner Nachweis der Anwendbarkeit evolutionärer Algorithmen auf Optimierungsprobleme bei der Wasserwiederverwendung erbracht.

Danke!

- Bundesministerium für Bildung und Forschung,
- Projektträger Karlsruhe,
- Projektleitung: Prof. Krebs, Thomas Schalk
- Kollegen am ILK Dresden: Wolfgang Hernschier, Andreas Rittsche, Ronny Künanz, Thomas Häntzschel, Jonas Grohmann,
- Angenehme, offene und konstruktive Zusammenarbeit,