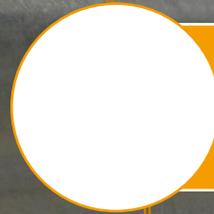


# EnOB: Herausforderungen beim Inbetriebnahme-Management von Gebäuden – Erkenntnisse aus dem Projekt KENBOP

Marlies Wiegand, Gruppenleiterin Gebäudetechnik  
Institut für die Transformation des Energiesystems



Kurze Vorstellung FH Westküste / ITE



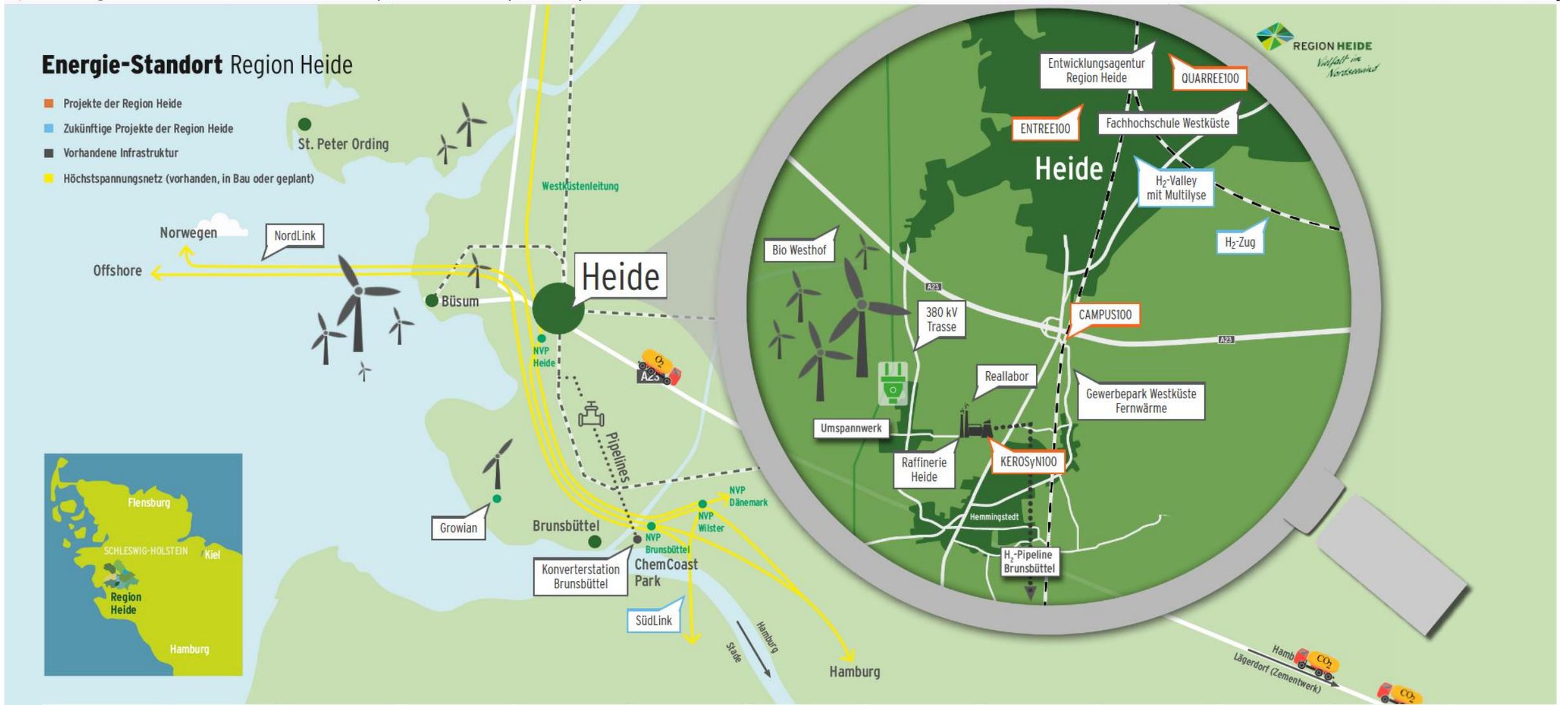
Projekt KENBOP



Übertragbare Erkenntnisse



Diskussion

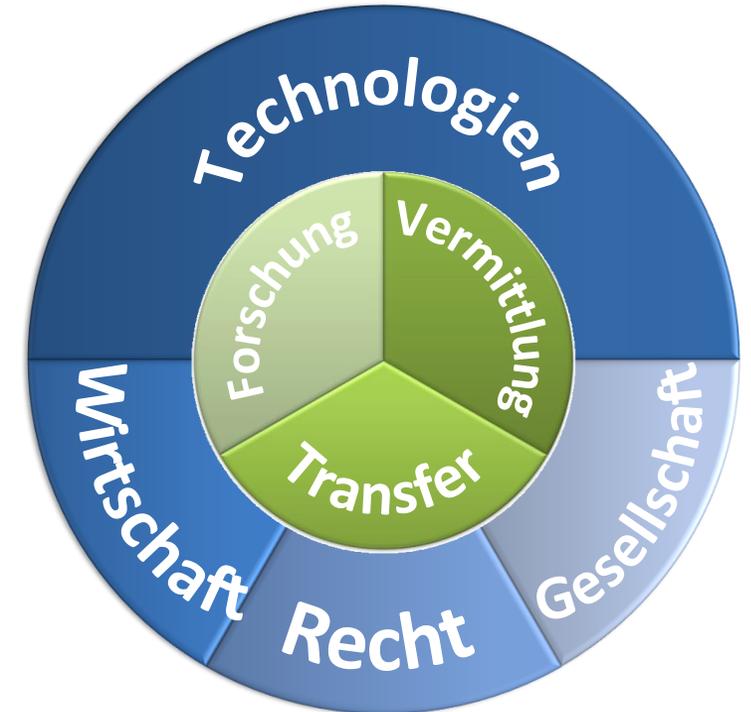


## Institut für die Transformation des Energiesystems

- Gründung im November 2018
- 9 geförderte Vollzeitstellen
- Ausbau bis auf ca. 25 Mitarbeitende (derzeit 20)

## Zielsetzung

- Aufbau wissenschaftlicher Infrastruktur für interdisziplinäre Projekte der Energiewende
- Koordination anwendungsorientierter Forschungsaktivitäten
- Know-how-Transfer
- Sicherung von Fachkräften



Wir fördern Wirtschaft



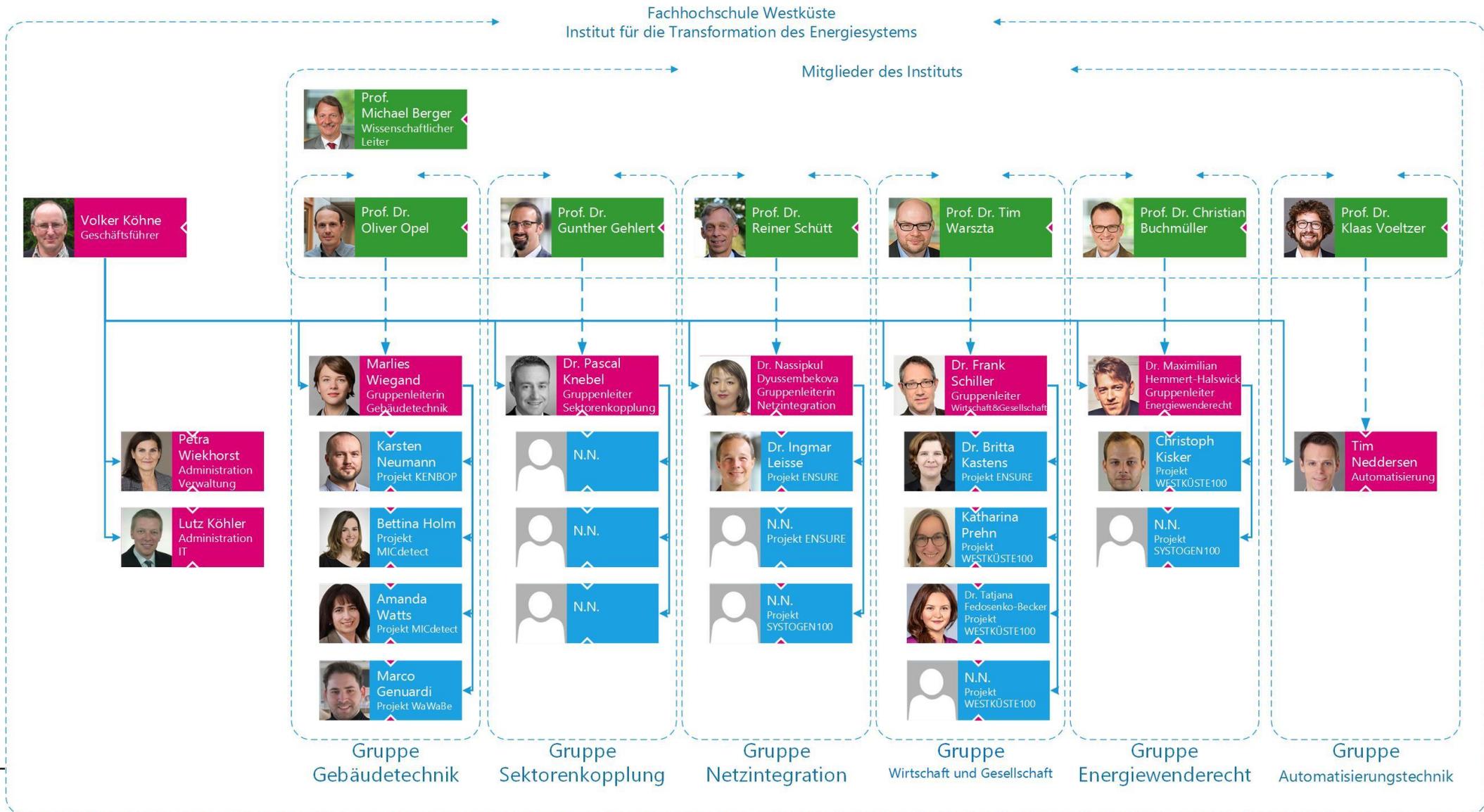
Campus 100



EU.SH



Landesprogramm Wirtschaft: Gefördert durch die Europäische Union - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), den Bund und das Land Schleswig-Holstein



## Promotion: Entwicklung eines Messverfahrens, „FeQuan-Sensor“

**Detektion von Verockerungsprozessen, Korrosion und Belagbildung**

Die quantitative Auswertung gemessener Redoxpotentiale hinsichtlich der Konzentrationen bzw. Aktivitäten bestimmter Redoxpaare ist u.a. aufgrund wenig reversibler Reaktionen vieler Verbindungen an der Elektrodenoberfläche problematisch. Dies gilt nicht für das Redoxpaar  $Fe(II)/Fe(III)$ , welches eine gute Reversibilität aufweist. Zudem lassen sich die Aktivitäten des schwer löslichen und in Lösung kaum messbaren  $Fe(III)$  nach Wiener Stumm (1924-1991) theoretisch aus dem Löslichkeitsprodukt der Temperatur und dem pH-Wert berechnen und in die Nernst-Gleichung einsetzen. Mithilfe aktueller Daten zum Löslichkeitsprodukt von Eisen(III)hydroxid lassen sich so tatsächlich aussagekräftige Auswertungen des Redoxpotentials vornehmen, die einen messtechnischen Einsatz bezüglich der Aktivität gelösten  $Fe(III)$ , Korrosionsprozessen und der Bildung von Eisenschwämmen und Belägen in Brunnen, Gebäuden, Leitungen und technischen Anlagen ermöglichen. Die Arbeit bietet zudem eine umfangreiche, aktuelle Bestandsaufnahme und Diskussion der verschiedenen beteiligten Prozesse der Eisenoxidation, von der Bildung reaktiver und deaktivierender Komplexe bis hin zu mikrobiologisch induzierter Korrosion.

Detektion von Verockerung und Korrosion



Oliver Opel



**Oliver Opel**  
Diplom-Umweltwissenschaftler, Dr. rer. nat.,  
geboren 1978 in Wien(AU); seit 2005 inst.,  
Mitarbeiter Leuphana Universität Lüneburg(D),  
Institut für nachhaltige Chemie und Umweltchemie,  
mit Projekten im Bereich Wasserchemie,  
Wärmespeicherung, integrale Energiesysteme und  
Energieeffizienz.



978-3-8381-3472-7

Opel

### Detektion von Verockerungsprozessen, Korrosion und Belagbildung

Monitoring der Eisenoxidation in Brunnen, Gebäuden, Leitungen und technischen Anlagen mithilfe des Redoxpotentials

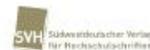


Abb. 3 – Schematische Darstellung der unterirdischen Aufbereitung bei Vorliegen einer Grundwasserströmung mit im Brunnen eingebrachter Sonde

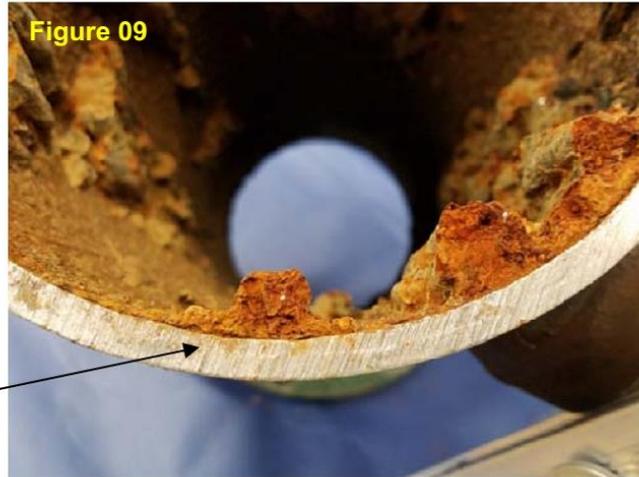
## Im Gebäudebereich

- ▶ Risiken durch neuartige Installationssysteme
- ▶ Erste Schäden kurz nach Inbetriebnahme
- ▶ Früher Ausfall von Effizienzpumpen
- ▶ Versagen von Regelsystemen (Ventile)
- ▶ Hydraulischer Abgleich beeinträchtigt
- ▶ Fehler bei Wärme- & Kältemengenmessung

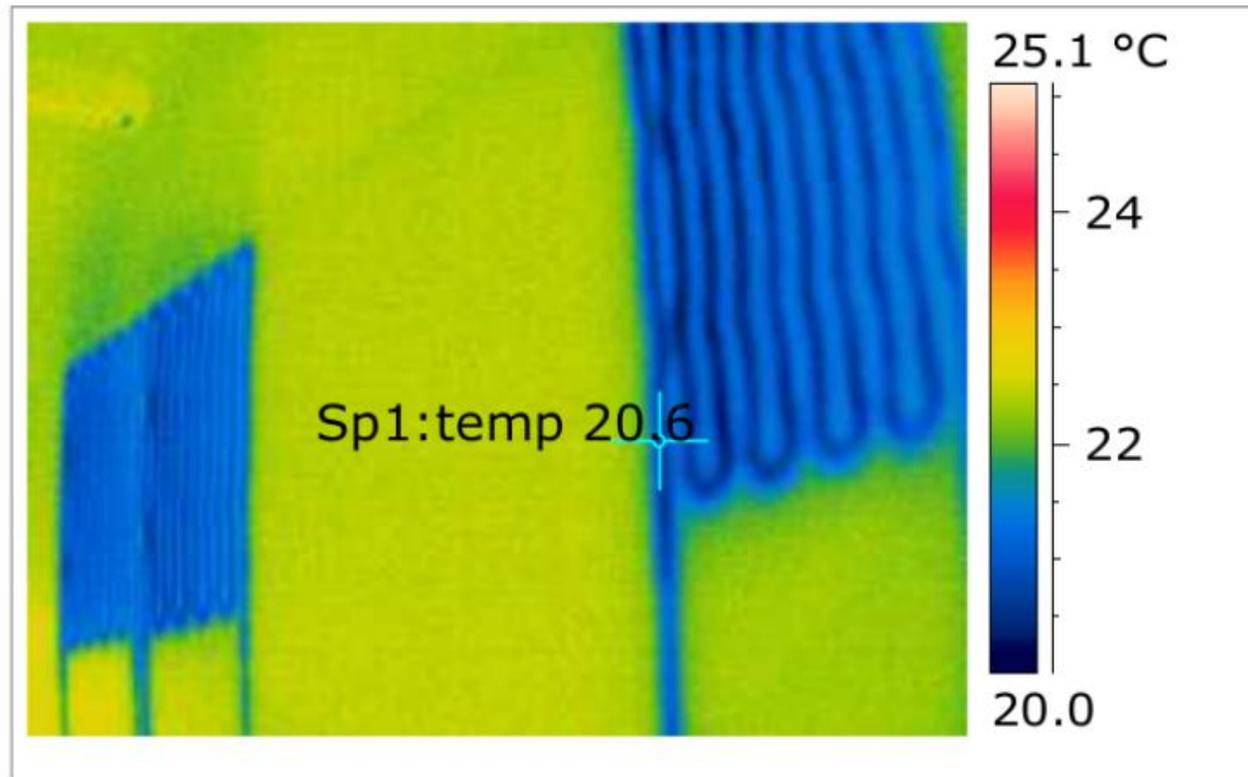
(a) Speicherung von Wärme/ Kälte in Grundwasserleitern

(b) Unterirdische Enteisung

# Warum Korrosionsprävention?



Für hochtechnisierte Gebäude sind diese Risiken in besonderer Weise relevant.



Kleine Rohrdurchmesser sind anfälliger für Verschlämmung.

Abb. 3: Themogramm einer Kühlfläche in Bürowand. Zwei von fünf Modulen nicht nachweisbar. Hydraulischer Abgleich sowie Freiheit von Partikeln und Biofilm unabdingbar. ©G. Maron 2017.

1. K-EnBop  
Korrosionssichere Inbetriebnahme energieoptimierter  
hydraulischer Systeme



2. MICdetect  
mikrobielle Korrosion in Kühlanlagen – Schnellverfahren zur  
Detektion und Verfahren zur Vorbeugung und Sanierung



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## KENBOP

Korrosionssichere Inbetriebnahme energieoptimierter hydraulischer Systeme

- Untersuchung von Korrosionsvorgängen während der Inbetriebnahmephase
- Einfluss von Anti-Korrosionsmaßnahmen
- Langzeit-Feldeinsatz des Online-Sensorsystems FeQuan, Kostenoptimierung



### 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung

Energieoptimierte Gebäude und Quartiere  
- dezentrale und solare Energieversorgung





- Team von Prof. O. Opel
- Wasserchemie
- Messtechnik



- Messtechnik
- TGA
- Betriebsrandbedingungen
- Entwicklung von  
Prozeduren und Vorgaben



- Tools für das  
Qualitätsmanagement  
von Gebäuden und  
Anlagen
- Technisches  
Monitoring
- Mustererkennung



- Optimierung der  
Messtechnik
- Standfestigkeit
- Kostenreduktion

- Management und Überwachung von Inbetriebnahme und Einlaufphase decken Störungen auf und entscheiden über das künftige Systemverhalten
- Entwicklungen eines umfassenden sensorgestützten Inbetriebnahmekonzepts
- Mitwirkung im Ausschuss für die neue VDI 6044 (sorgt in Zukunft für mehr Sicherheit)
- Entwicklung und Erprobung an 4 Neubauten, die im Projektverlauf in Betrieb genommen werden



WILO, Dortmund



Stadtschloss Berlin



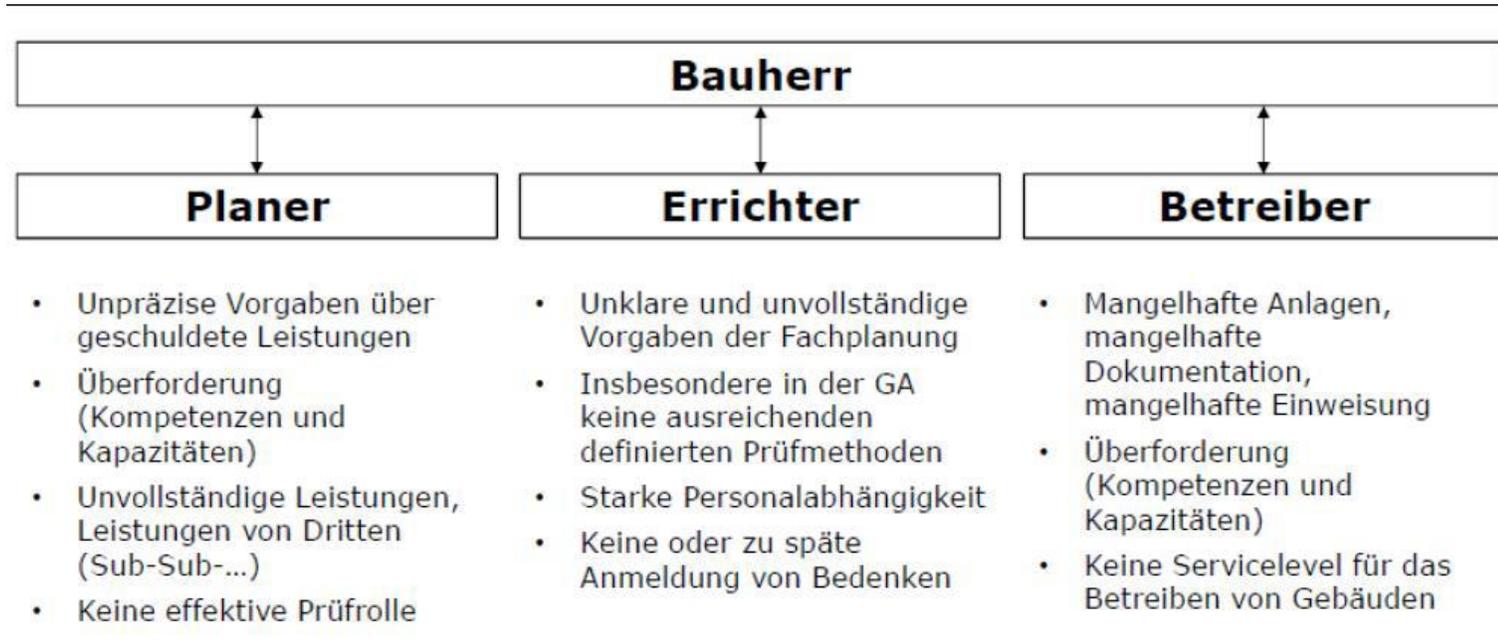
Union Investment, Hamburg



Aus dem Vortrag von Blome / Röhlk:

- Eine systematische Inbetriebnahme trägt zu einer langfristig und effizient funktionierenden Haustechnik bei
- Die einzelnen Komponenten der haustechnischen Anlage werden aufeinander abgestimmt und einreguliert
- Die Abnahmen werden begleitet, die Dokumentation auf Vollständigkeit kontrolliert

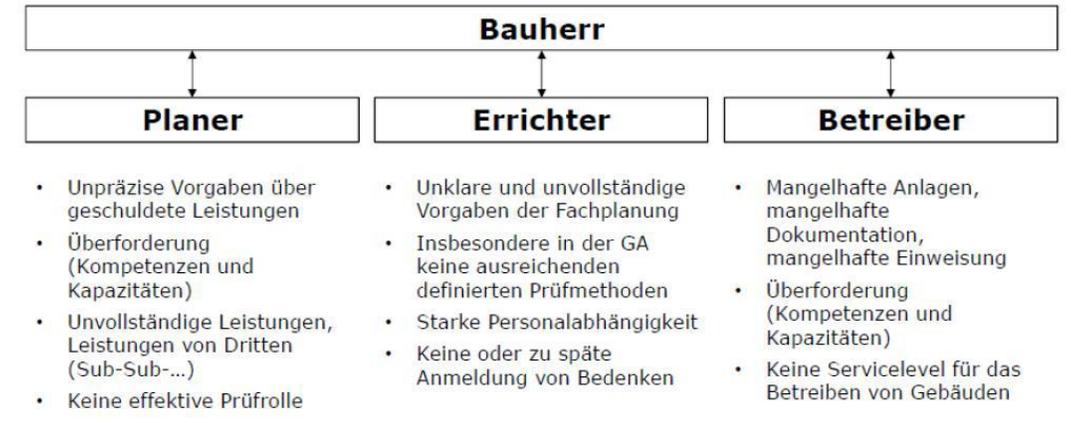
• Problem:



Normalerweise 14  
Monate

Aus dem Vortrag von Thomas Blome und Tin Röhlk:

- **Gebäude werden „unfertig“ übergeben**
- Defizite insbesondere im Bereich der HLK-Technik und Gebäudeautomation
- Gebäude starten mit erheblichen Fehlfunktionen
- Aufwand für nachträgliche Funktionsprüfungen und Einregulierung ist hoch, z. T. entfällt dies
- Bewirtschaftung übernimmt Bauaufgaben
- Verspätete Bearbeitung von Zielen wie Energieeffizienz
- Nutzerunzufriedenheit, erhöhte Betriebskosten



# Unsere Projekterfahrungen

- Schwierige Informationsbeschaffung (z.B. endgültige Pläne erst nach Endabnahme), Mängel in der Dokumentation, fehlende Zuständigkeiten, Personalfluktuation, mangelndes Wissensmanagement, Übergabe von wichtigen Daten erfolgt nicht oder nur mangelhaft an den Schnittstellen zwischen Planung, Ausführung
- Für externe Monitoringbetreiber: Schwierigkeit durch ablaufende Zutrittsberechtigungen und wechselnde Baustellenzugänge, im anderen Objekt: Diebstahl auf der Baustelle (Kostensteigerung, Verzögerung)
- Keine ausreichenden Überlegungen zu Materialien und Füllwasser → Sensibilisierung erforderlich (Audits)
- Ausführung teilweise abweichend von der Planung → führt zu Problemen

Folgende Rohrmaterialien kommen zum Einsatz:

- Verteilungen UG/DG: nahtloses Stahlrohr schwarz DIN EN 10220
- Steigleitungen: nahtloses Stahlrohr schwarz DIN EN 10220
- Anschlussleitungen: Stahlrohr EN DIN 10305-3, gepresst

Die Materialien der Flächenheizung und Bauteilaktivierung sind unter dem Abschnitt Raumheizflächen beschrieben.

Abbildung 6 Auszug aus dem „Erläuterungsbericht nach Kostengruppen (KG 420)“, Abschnitt 2.2.14.22 KG 422 Wärmeverteilnetze

# Planung vs. Ausführung

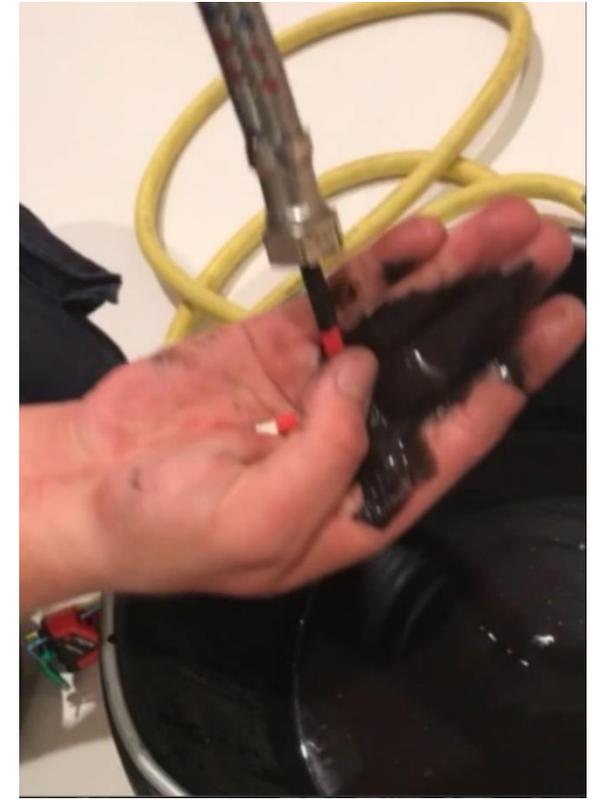
- Keine Luftentfeuchtung mehr möglich aufgrund zugesetzter Anschlussschläuche
- Wasseranalysen zeigten vorab erhöhte Eisenkonzentrationen → unerwünschter Systemzustand
- Während der Bauphase „alle Hähne auf“, nach Übergabe: Regelung und Stillstandzeiten → Problemverschärfung



Konvektor mit fester Verrohrung (1-2 OG)



EPDM-Schläuche (3 OG)



Zugewachsen mit Magnetit

### 3.2 Spezielle Hinweise zur Sicherheit und Verwendung (allgemeine Hinweise siehe unter 1.1)

- Meiflex –Silikon-Panzerschläuche sind einsetzbar für Trinkwasser sowie im Heizungs- und Klimabereich. Der Einsatz im Trinkwasserbereich hat entsprechend den geltenden DVGW-Richtlinien zu erfolgen. Die Einstufung der Schläuche gemäß DVGWW543 ist in den technischen Daten angegeben.
- Beständig gegen Wasser. Frostschutzmischung auf Glykolbasis (max. 50 %)
- Der Einsatz für Gas ist nicht zugelassen.
- Der Innenschlauch ist nicht diffusionsdicht bezüglich Luftsauerstoff

**Abbildung 5 Auszug aus dem Datenblatt des Herstellers der Anschlusschläuche**

# Druckhaltung und Nachspeisung

- Andauernde Einregulierung, Inbetriebnahmephase ‚nimmt kein Ende‘ (im Fall der Hotels z. T. durch die Pandemie)
- High-Tech unzuverlässig: Gerät zur automatischen Druckhaltung und Nachspeisung führte zu einer Nachspeisemenge von über 7.000 L innerhalb weniger Monate, wurde danach abgeschaltet → keine Möglichkeit zur Ablesung
- Online-Anbindung der automatischen Druckhaltung und Nachspeisung wünschenswert



Problem der Zuständigkeiten:  
Technischer Leiter schaut nicht nach,  
da ein Wartungsvertrag besteht

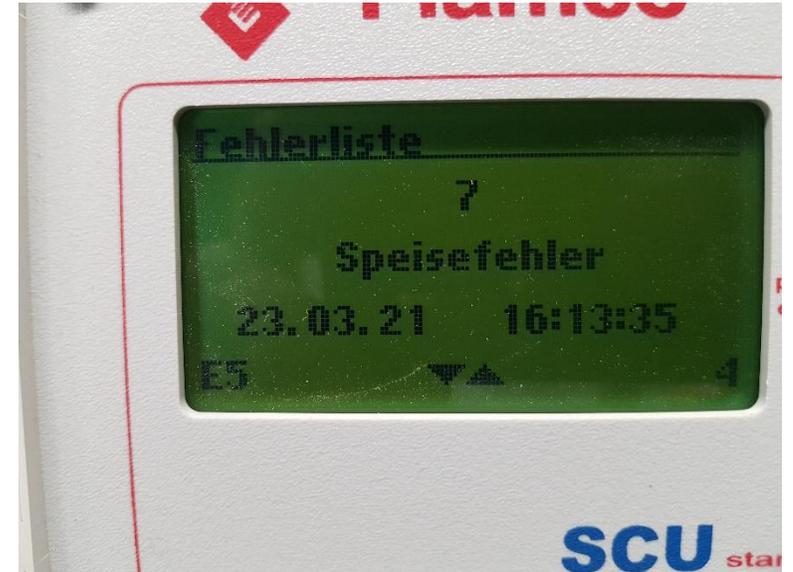


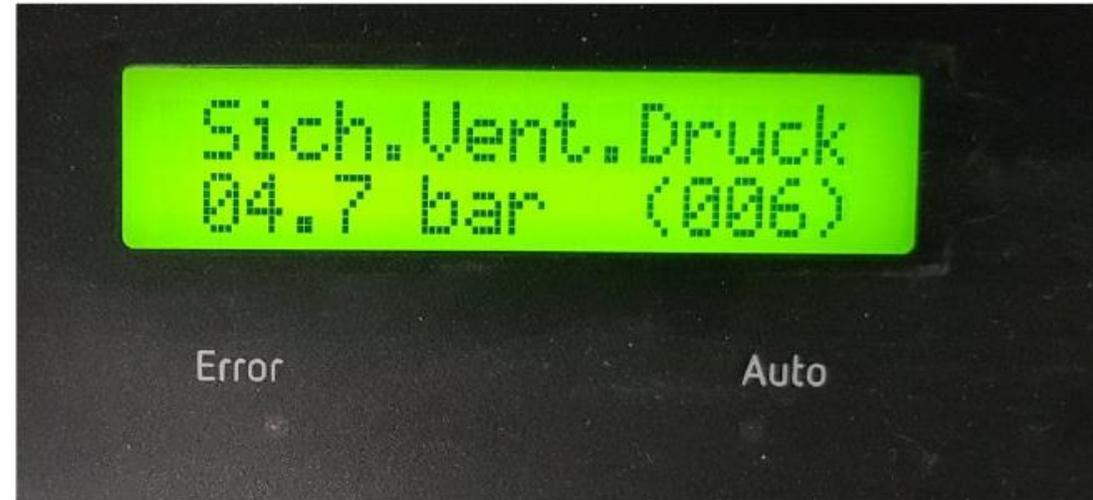
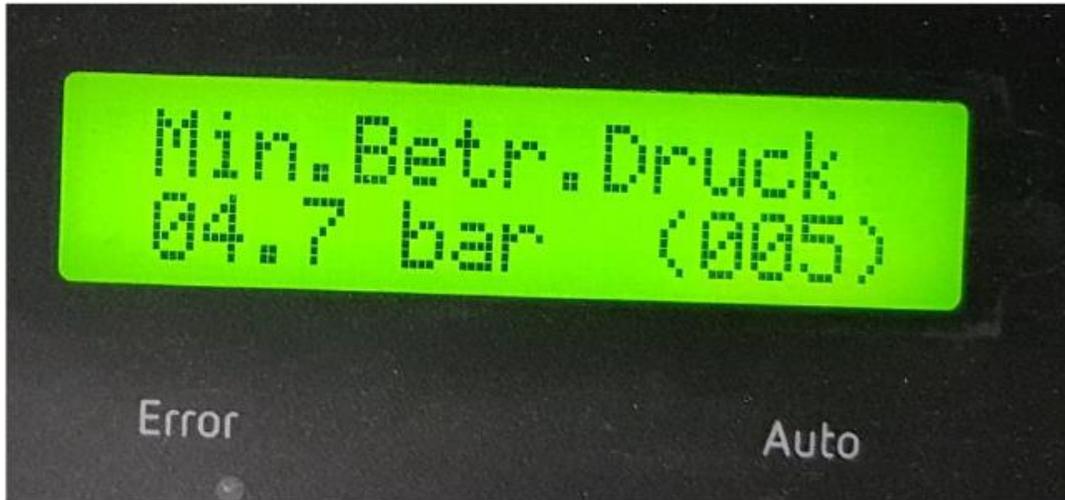
# Druckhaltung und Nachspeisung

- Entsalzungskartuschen schnell verbraucht, werden nicht getauscht (7 Monate zwischen den beiden Bildern)



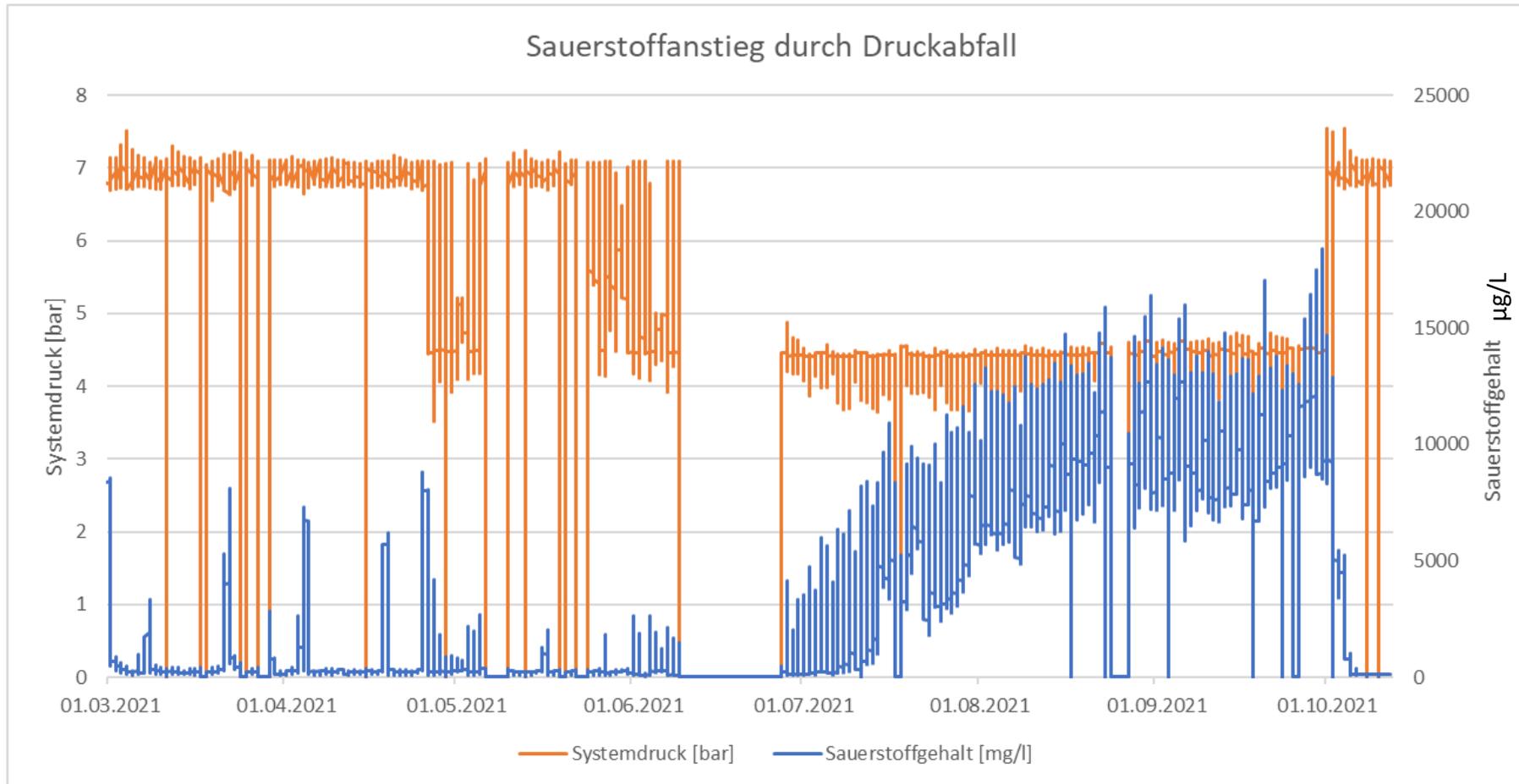
- Online-Anbindung der automatischen Druckhaltung und Nachspeisung wünschenswert





Mindestdruck = Maximaldruck

- Wichtigkeit einer funktionierenden Druckhaltung



- In wenigen Systemen wurde die gewünschte elektrische Leitfähigkeit erreicht ( $< 100 \mu\text{S}/\text{cm}$ )
- Fehlender Alarm bei Erschöpfung der Patrone
- Prüfintervalle nicht ausreichend



Anzeige ohne Alarm



Festes Prüfintervall



Kein Prüfintervall

- Beispiel: **Arbeiten am Kältesystem**, lösen einen Volumenstrom vom Heizsystem über Change-Over Schaltung ins Kältesystem aus
  - Druckabfall im Heizsystem
  - Nachspeisung mit rohem Stadtwasser
  - Anstieg Leitfähigkeit
  - Dies zeigt die fehlenden Informationsketten bzgl. der Empfehlungen
- Beispiel: „**Temperaturspreizung wurde nicht eingehalten**“
  - entdeckt durch zwei neue Verantwortliche in der Bauabteilung nach 18 Monaten
  - Messstrecke wurde verantwortlich gemacht und zeitweise abgeklemmt
- Beispiel **Beginn Heizperiode für Fußbodenheizung**: die Temperaturbegrenzer haben nicht richtig ausgelöst, Druckschläge und daraufhin Schäden an Glaselektroden → Auflösung Messpunkte zu gering (Frage des Nutzen/Aufwand Verhältnisses)

- Befüllung und Inbetriebnahme meist, bevor Hausstrom und Netzanbindung vorhanden sind  
→ Eigene Netzanbindung erforderlich (auch aus Sicherheitsgründen)
- Kein Geld für Maßnahmen nach Inbetriebnahme, um Schäden zu vermeiden, Empfehlungen werden nicht ausgeführt
- Problembewusstsein an der "Basis", aber nicht (immer) bei den handelnden Personen/Entscheidenden
- . Es zeigen sich insgesamt Mängel bei der Transparenz der Organisationsstruktur und der Verteilung von Zuständigkeiten, was potentiell zu Unachtsamkeit gegenüber Korrosionsrisiken führt  
→ Soziale Faktoren bestimmen, ob die Haustechnik langfristig und effizient funktioniert

## Kontakt:

Marlies Wiegand, M. Sc., Teamleiterin Gruppe Gebäudetechnik  
Fachhochschule Westküste  
Institut für die Transformation des Energiesystems (ITE)  
Markt 18, 25746 Heide  
wiegand@fh-westkueste.de  
+49 481 123769 41

## Bachelorstudiengänge

- Gebäudesystemtechnik
- Elektrotechnik/Informationstechnik
- Management und Technik

## Masterstudiengänge

- Green Energy
- Digitale Wirtschaft
- Automatisierungstechnik und Mikroelektronische Systeme



# Back-up Folien

- Die Inhalation von Warmwasser z. B. beim Duschen kann u. a. Legionellose auslösen
- Stand der Technik ist noch immer die **thermische Desinfektion** (Robert Koch, 1893)
- Das vorgegebene Temperaturniveau 60/55 übersteigt die Nutzttemperaturen deutlich
  - nicht effizient, im Geschosswohnungsbereich schwierig überall realisierbar, hohe, benötigte VL-Temperaturen sind anspruchsvoll für Wärmepumpen (WP)
- Trotz ‚Power-house SH‘ bestehen Hemmnisse für WP, z. B. Abschaltzeiten (§14a EnWG)
- Konfliktpunkte in drei Fachgebieten: **Technik, Hygiene, Recht**



GZZ / ml	Bewertung
< 1.500	Bestimmungsgrenze
1.500 bis < 35.000	sehr gering
35.000 bis < 100.000	gering
100.000 bis < 250.000	normal
250.000 bis < 450.000	erhöht
≥ 450.000	deutlich erhöht



Quelle: Dr. Martin Hippelein, UKSH  
Wasserlabor Kiel.  
Mobile Zytometrie.

- Aquakultur von Fischen entlastet marine Ökosysteme, benötigt aber viel Energie, insbes. im Bereich Hallenlüftung
- Der Luftaustausch in den Aquakulturhallen erfolgt per **konst. Vol.-Strom** und nach dem Vorbild eines Schwimmbads
- In bestimmten (Wetter-) Situationen arbeiten Lüftung und Beckentemperierung *gegeneinander!*
- **Ziel:** Das Gesamtsystem soll intelligenter werden!
- Energieeinsparung & besserer Feuchtehaushalt



Abb. 1: Luftbild GMA, Büsum.



Abb. 2: Zu- und Abluftgerät.



Abb. 3 Auslegungswert.



Abb. 4: Vorstudie Gehlert et al..

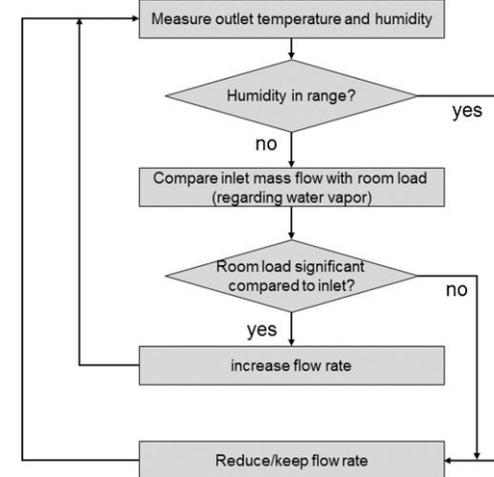


Abb. 5: Modell- prädiktive Regelung.

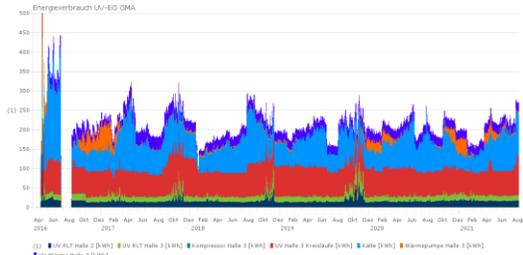


Abb. 6: [Dashboard](#).

Wir fördern Fischerei und Aquakultur  
  
 Landesprogramm Fischerei und Aquakultur:  
 Gefördert durch die Europäische Union,  
 Europäischer Meeres- und Fischereifonds (EMFF),  
 den Bund und das Land Schleswig-Holstein.

Volumen: 398.675 €.

**Problem**

- Temperatur von Warmwasserspeichern:  $\geq 60^\circ\text{C}$  (Legionellenprävention)
- Kompensation der Wärmeverluste durch regelmäßige Wärmezufuhr (hier: Fernwärme)
- Überschreitung der Temperaturobergrenze des Gebäuderücklaufs durch Nachbeladung  $\rightarrow$  Wärme gelangt ungenutzt in den Rücklauf (Fernwärmenetz)

**Lösung**

- Kompressorlose, thermisch angetriebene Speicherbeladungswärmepumpe
- Nutzbarmachung der Wärme auf dem höheren Temperaturniveau
- Verwendung eines natürlichen Arbeitsmediums

**Anteil FH Westküste**

- Forschung an der Verfahrensentwicklung und –modellierung
- Auswahl des Arbeitsmediums
- Evaluation des Demonstrators

Patentanmeldung ; Interessenten der Entwicklung: Wohnungsunternehmen

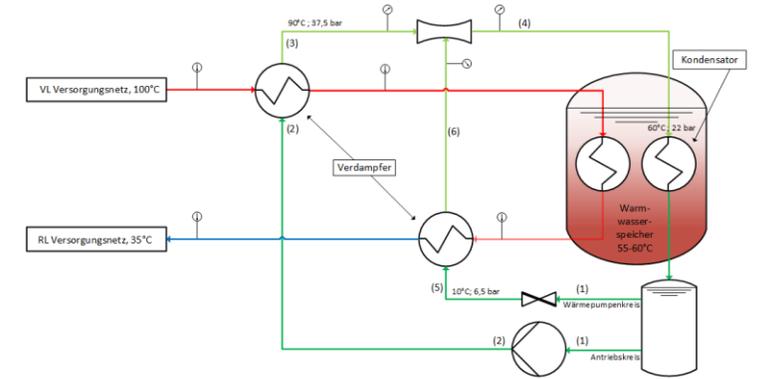


Abb. 1: Schema des Kreisprozesses.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Kooperation mit:

