

# PROJEKTLEITUNGSTREFFEN



# Dokumentation des 12. Projektleitungstreffens

in Berlin und hybrid

beim Projekt Energieinsel Petershagen

09. November 2022 - ganztägig

10. November 2022 - halbtägig

# Programm

## Mittwoch, den 09. November 2022 - Vormittag

- 09:00 Uhr**     **Ankommen**  
mit kleinen Snacks und Getränken
- 09:30 Uhr**     **Begrüßung** durch die Koordinatorin der Wissenschaftlichen Begleitforschung Berit Müller
- 09:40 Uhr**     **Keynote Vortrag 1:** QUARREE100 - Rüdersdorf Kamp / Heide  
Martin Eckhardt, Quarree 100 + Diskussion und Fragen im Anschluss
- Keynote Vortrag 2:** Energieinsel - intelligent vernetzte, sektorenggekoppelte, energieaktive dezentrale Quartiersversorgung  
Denis Rücker, Vorstellung der Energieinsel Petershagen und Informationen zur Führung + Diskussion und Fragen im Anschluss
- 10:40 Uhr**     Kaffeepause
- 10:55 Uhr**     **Führung** Energieinsel Petershagen
- 12:20 Uhr**     Mittagspause
- 13:30 Uhr**     **Begrüßung** durch Stefan Kregel (PTJ) und Informationen zum Förderaufruf „Klimaneutrale Wärme und Kälte“
- 13:45 Uhr**     **Aktuelles** aus der Begleitforschung Energiewendebauen
- 14:30 Uhr**     **Keynote Vortrag 3:** M.Sc. Matthias Schmid, +EQ-Nett II – Betriebsoptimierung steigert Energieeffizienz: Erste Ergebnisse aus der messdatengestützten Analyse des Wohn- und Geschäftsgebäudes pulsG in Geretsried + Diskussion und Fragen im Anschluss
- Keynote Vortrag 4:** Prof. Martin Grotjahn, EEBF – Prädiktive Echtzeitbetriebsführung in Wohngebäuden: neue Methoden des Energiemanagements und praktische Erfahrungen bei der Umsetzung in einem Bestands-MFH + Diskussion und Fragen im Anschluss
- 16:00 Uhr**     **Poster-Pitches**
- 16:30 Uhr**     **Posterzeit**
- 19:00 Uhr**     **Gemeinsames Essen** im Restaurant Schneeweiß, Berlin

# Programm

## Donnerstag, den 10. November 2022 - Vormittag

- 09:00 Uhr**     **Ankommen**  
mit kleinen Snacks und Getränken
- 09:30 Uhr**     **Verleihung EWB Posterpreis** durch die Koordinatorin der Wissenschaftlichen Begleitforschung Berit Müller
- 10:00 Uhr**     **Workshop I:** Betriebsoptimierung in Anlagentechnik, Gebäuden und Quartieren – eine Landkarte
- Workshop II:** TRL-Plus: Kriterien einer technologiebezogenen Nachhaltigkeitsbewertung
- Workshop III:** Networking der Quartiersprojekte – Erfahrungen aus Bestandsquartieren
- Workshop IV:** Der Sprung vom digitalen Produkt im Forschungsprojekt zum Geschäftsmodell
- 13:40 Uhr**     **Gallery Walk** zu den Ergebnissen der Workshops
- 14:10 Uhr**     **Ende** der Veranstaltung

## Begrüßung

Nach der langen Corona-Zeit und den vielen Online-Veranstaltungen war es uns eine Freude, dass sich für dieses Projektleitungstreffen wieder ein Projekt der Forschungsinitiative gemeldet hat, bei dem der Austausch zur Forschung im Bereich Energiewendebauen stattfinden konnte. Das Treffen fand auf der Energieinsel Petershagen statt, einem Wohnquartier mit intelligenter Vernetzung von PV-Anlagen, Wärmepumpen, Speichern, Ladestationen und auch der Haustechnik. Die zentrale Herausforderung des Forschungsbereichs, das Zusammenspiel der in Gebäuden und Quartieren nutzbaren Technologien im System und bei der praktischen Anwendung durch die Nutzer:innen zu erforschen und zu optimieren, konnte hier hautnah erfahren werden.

Auch die Inputs und Poster von verschiedensten Projekten haben dazu beigetragen, dass für genügend Gesprächsstoff in den Themengruppen und auch in den Pausen gesorgt war. Endlich war auch mal wieder Zeit, sich über die nötigsten inhaltlichen Dinge hinaus auszutauschen.

In Zeiten, in denen Naturkatastrophen und politische Katastrophen zu regional massiven Zerstörungen von Gebäuden führen, steigern und verändern sich die Anforderungen an eine Forschungsinitiative Energiewendebauen. Wir hoffen, dass die Räume, die durch die vergangenen und kommenden Projektleitungstreffen geschaffen wurden und werden, zu konstruktiven Diskussionen und fruchtbarem Austausch beitragen.

Die Dokumentation eines Projektleitungstreffens kann immer nur einen kleinen Teil der Inhalte einer Veranstaltung wiedergeben und auch nur schwer Teile der Atmosphäre einfangen. Vielleicht sind Stichpunkte enthalten, die den einen oder anderen Gedanken festhalten, der sonst vergessen worden wäre. Insofern wünsche ich, dass diese Dokumentation eine gute Gedankenstütze für weitere Entwicklungen und Zusammenarbeit ist.

Berit Müller



## **Erste Tageshälfte**

Begrüßung, Input und anschließende Diskussion

Das 12. Projektleitungstreffen konnte nach langer Zeit wieder in Präsenz stattfinden und lockte ca. 89 Teilnehmende an, die die Energieinsel in Petershagen für die Veranstaltung besuchten. Ein Stream, der den Hauptteil der Veranstaltung aufnahm, ermöglichte auch weiteren Interessierten die Möglichkeit, am Treffen teilzunehmen, die aus Platz- oder Zeitmangel nicht in Präsenz teilnehmen konnten.

Die Veranstaltung startete mit der Begrüßung durch die Begleitforschung Energiewendebauen vertreten durch Berit Müller sowie durch Herrn Rucker, der zum Team der Energieinsel Petershagen gehört.

### **Keynote Quarree 100 Rüsdorfer Kamp / Heide**

Nun folgte die erste Keynote des Tages durch Herrn Martin Eckhard vom Projekt Quarree 100. Er betonte die Notwendigkeit ins Handeln zu kommen und untermauerte dies mit dem Zitat von Albert Einstein: „Alles ist Energie! Gleiche dich der Frequenz der Realität an, die du möchtest und die kreierst diese Realität. Das ist keine Philosophie. Das ist Physik!“ Schleswig-Holstein hat bekanntermaßen viel Fläche und viel Windkraft, so auch in der Region Heide. Nun stellte sich laut dem Vortragenden die Frage, wie kann diese Energie bzw. der Energieüberschuss in der Region genutzt werden? Das Projekt Quarree 100 ist ein kleiner Teil eines größeren Ganzen, in dem das Quartier Rüsdorfer Kamp ganzheitlich betrachtet wird. Dabei geht es im Projekt Quarree 100 um die Energieversorgung. Die Bedarfe sind im Quartier sehr heterogen und es stellt sich die Frage: Wie kann die überschüssige Energie aus der Region für das Quartier genutzt werden? Im Rahmen des Prozesses gab es durch die steigenden Wärmepreise Änderungen im Energiekonzept. Aufgrund von fehlender Wirtschaftlichkeit aus Sicht des geplanten Betreibers mussten zwei Jahre harte Diskussionen geführt werden, um einen neuen Betreiber zu finden. Daher ist eine zentrale Erkenntnis aus dem Projekt, dass der Betreiber für ein solches Projekt von Anfang an mit im Boot sein sollte, um mögliche Schwierigkeiten zu vermeiden. Die Präsentation findet sich [hier](#).

Es folgen einige Stichpunkte zu den Themen, die in der anschließenden Diskussion berührt wurden:

Warum wurde sich für die Produktion von Wasserstoff entschieden?

- Für das Quartier selbst ist der Vorteil marginal, aber für die Region ist die Produktion von grünem Wasserstoff enorm wichtig.
- Dabei ist das Thema Abwärme von Elektrolyseuren sehr wichtig. Ferner zeigt dies den Forschungscharakter des Projektes auf.

Sind Kompromisse bei der Nachhaltigkeit von Forschungsprojekten vertretbar?

- Hätte das Projekt auf 100% erneuerbar gesetzt, wäre das Konzept nicht wirtschaftlich gewesen

Ist es gelungen, dass ein elektrisches Betriebsnetz als Kundennetz gilt?

- Es ist noch nicht durch, aber sie sind auf dem Weg. Der Rechtsrahmen ist dafür sehr relevant.

Wie haben Sie es im Projekt geschafft, dass auf Nutzung verzichtet wurde und kein Anschlusszwang eingeführt wurde?

- Im Projekt wurde mit Kommunikationsmaßnahmen gearbeitet u.a. Grillfeste, Infocontainer etc.
- Ferner sind speziell für diesen Fall Datenschutzlösungen gefunden worden. Im Projekt liegen alle Daten der Häuser im Quartier vor.

Da im Konzept Gas enthalten ist, ist es nicht vollständig nachhaltig? Sind Kompromisse bei der Nachhaltigkeit von Forschungsprojekten vertretbar und warum wurde eine Gaskomponente integriert?

- Das Thema wurde sehr stark diskutiert.
- Im Bestandssystem ist es schwierig vollständig zu dekarbonisieren. Betreiberfindung war aufgrund fehlernder Wirtschaftlichkeit schwierig

### **Keynote Energieinsel Petershagen**

Im Anschluss an die erste Keynote stellte Denis Rücker das Projekt Energieinsel Petershagen vor. Das Projekt startete 2016 und konnte letztlich nur umgesetzt werden, weil der Investor nicht mit überzogenen Renditevorstellungen in das Projekt gegangen ist. Es handelt sich um einen ehemaligen Mittelständler, der viele Einfamilienhäuser gebaut hat und es schaffte, die Besitzer:innen dieser Häuser für das Projekt zu gewinnen. Diese hatten sogar die Möglichkeit, über eine Beteiligung an den Baukosten die Warmmiete, welche über 20 Jahre festgesetzt ist, zu mindern. Das Hauptziel war die Schaffung eines sozialen Begegnungsraumes. Das Projekt ist weit vorangeschritten und begann im Februar dieses Jahres mit dem Monitoring. Es zeigt sich, dass der Strombedarf zu 100% gedeckt werden konnte und aktuell auch noch die Wärmeversorgung. Unter anderem zeigte sich bei der Umsetzung des Projektes, dass es ein sehr großer Aufwand ist, alle Komponenten in einem System miteinander zu verknüpfen, da die Hersteller:innen teilweise eine Integration nicht wünschen.

[Hier](#) geht es zur Präsentation.

Nach der Vorstellung durch Herrn Rücker wurden die Teilnehmenden in Gruppen aufgeteilt und die Führung konnte losgehen.

## Führung Energieinsel Petershagen

Die Führung diente der Vorstellung des Projekts „Energieinsel Petershagen“, wobei der Rundgang durch ausgewählte Gebäude und Räumlichkeiten erfolgte. Die Teilnehmer wurden für die Führung in 4 Gruppen aufgeteilt, die an den jeweils 4 vorhandenen Stationen zu routierten. Es gab eine Station zum Thema Wärme, eine zweite zum Thema Strom, eine dritte zum Thema Quartier und eine vierte zum Thema Regelungen.

Im Folgenden werden zu jedem Thema die wichtigsten und interessantesten Vortragspunkte vorgestellt:

### Wärme

1. Jedes Gebäude hat eine eigene Heizanlage. Diese besteht aus einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit einer Wärmeleistung von 38 kW.
2. Die Anlagen sind jeweils mit 4000 l Pufferspeicher ausgestattet. Bei Stromüberschuss (tagsüber) wird die Wärmepumpe unabhängig vom Wärmebedarf betrieben, bis die maximale Austrittstemperatur der Wärmepumpe (zwischen 50 – 55 °C) erreicht ist. Besteht weiterhin ein Überschuss, wird ein 8 kW elektrischer Heizstab betrieben, um die Speichertemperatur auf 80 °C zu bringen.
3. Das Trinkwarmwasser wird mit Speicherwärme über Durchlauferhitzer erwärmt. Zusätzliche Einsparung wird durch Einhaltung der 3-Liter-Regel erreicht; wenn das Leitungsvolumen weniger als 3 Liter beträgt, ist eine mögliche Aufwärmung des Trinkwarmwassers auf 60 °C nicht mehr erforderlich.
4. Es gibt überall dezentrale Frischwasserstationen, die unterhalb des kritischen Volumens für Legionellenschutz bleiben und damit bei niedrigen Temperaturen betrieben werden können (45-50°C).

### Strom

1. Alle Dachflächen der Häuser sind mit Photovoltaik ausgestattet. Die gesamte Leistung beträgt gegenwärtig 500 kW, was die maximale Leistung laut Netzverträglichkeitsprüfung ausschöpft (d.h., mehr kann nicht installiert werden). Um immer noch die Einspeisevergütung zu sichern, wurden seit 2016 die Anlagen stückweise (jeweils in 100 kW-Schritten) installiert.
2. Die Häuser sind über eine Ringleitung miteinander verbunden, um nicht auf Netzversorgung zurückgreifen zu müssen, solange im Quartier noch Strom vorhanden ist. Das Ziel ist, die Erzeugung zu maximieren. Die gesamte Energie soll vor Ort genutzt werden.
3. Eine Netzverträglichkeitsprüfung musste durchgeführt werden, obwohl nicht vorgesehen war, dass die Anlage einen erheblichen Anteil ihrer Erzeugung ins Netz speist. Die überschüssige Energie wird nicht eingespeist, sondern in die Wärmespeicher geleitet, primär durch den Betrieb der Wärmepumpen. Ist im Speicher die maximale Ausgangstemperatur der Wärmepumpe erreicht, wird überschüssige Energie über eine Heizpatrone in den Speicher geleitet. Der Rest wird in Batterien gespeichert, wobei diese ausbaufähig sind. In jedem Haus ist ein Batterieschrank, 18 kWh jeweils. Die Ladeströme für die EV-Ladestationen sind noch nicht gedeckt, das ist aber geplant.
4. Die Wohneinheiten werden über Pendellüfter (Lüftung mit Wärmerückgewinnung) gelüftet. Die Kühlung im Sommer erfolgt passiv mithilfe der Erdwärmesonden.

**Quartier**

1. Energieautark sein bedarf einer optimierten Dämmung. Die Häuser sind mindestens so gut gedämmt, dass sie entweder der KfW-40- oder der KfW-40+ Norm entsprechen, d.h. weniger als 40 % des Primärenergieverbrauchs eines Referenzhauses haben.
2. Die Wände sind aus Blähton mit Mineralwollämmung und Mineralputz. Im Dach wurde Zellulosedämmung gewählt, weil damit der sommerliche Wärmeschutz besser funktioniert (längere Phasenverschiebung => 12 statt 4 Stunden). Die Bodenplatte ist mit 10 cm Styrodur unter der Bodenplatte gedämmt.
3. Die Anlage erwirtschaftet eine Rendite von 6,5 %, was zwar unter den branchenüblichen Renditen von 8 - 10 % liegt, jedoch den sehr hohen Autarkiegrad von 97 % ermöglicht. Der 81-jährige Investor hat eine Wohnung in der Anlage bezogen, die anderen Mieter sind in der Vergangenheit seine zufriedenen Kunden gewesen. Die Wohnungen sind zwischen 60 und 80 m<sup>2</sup> groß. Das Durchschnittsalter liegt bei 60+, wobei die Anlage als Mehrgenerationenwohnanlage konzipiert ist.
4. Die Mieten sind langfristig festgelegt. Laut Vertrag wird es keine Mieterhöhung über die nächsten 25 Jahre geben. Die Warmmiete beträgt 17 €/m<sup>2</sup>. Bei zu hohem Verbrauch wird eine Nachzahlung fällig.
5. Für den Gemeinschaftsgarten wird Brunnenwasser genutzt. Heute wäre es wohl schwierig, die nötige Genehmigung für ein solches Projekt zu erhalten, da es Konflikte mit der Industrie über den Zugang zum Trinkwasser gibt. Seit Mai 2022 sei aufgrund von trinkwassermangel in der Region die Bauplangenehmigung komplett gesperrt.

**Messen, Steuern, Regelungen**

1. Etwa 1200 Datenpunkte werden gemessen und aufgezeichnet.
2. Wenn alle Wärmepumpen gleichzeitig anspringen, beträgt die Last 50 kW, daher gilt es, das zu verhindern. Das geht nur, wenn die Wärmepumpen nach den Vorgaben des Betreibers gesteuert werden können. Um die gewünschte Regelung realisieren zu können, musste die Regelung der Wärmepumpe zugänglich sein. Unter den verschiedenen Wärmepumpenherstellern war Bosch der einzige, der es zugelassen hat, die Speicheradressen der Steuerung bei voller Gewährleistung zu überschreiben.
3. Die Grundhaltung der Hersteller hinsichtlich besonderer Betriebskonzepte ist zunächst ablehnend. Primär ist Information wichtig. Später stellt sich oft heraus, es geht doch, und zwar mit direktem Zugriff auf die Hardware.



## **Zweite Tageshälfte**

Begrüßung PTJ, Aktuelles aus der BF und weiterer Input

## **Begrüßung von PTJ und aktuelle Informationen zum Förderaufruf „Klimaneutrale Wärme und Kälte“**

Auch das PTJ, vertreten durch Stefan Krenzel, hieß die Teilnehmenden im Gemeinschaftsraum der Energieinsel Petershagen willkommen. Dabei betonte er, dass die Treffen bewusst nah an den Projekten ausgelegt sind und daher nicht in klassischen Tagungsräumen stattfinden. Das PTJ lädt zur Teilnahme am Förderaufruf „Klimaneutrale Wärme und Kälte“ auf, der gemeinsam mit dem BMWK veröffentlicht wurde. Die Wärmewende sei nicht erst seit der Energiepreiskrise eine zentrale Herausforderung. Daher sei eine Beschleunigung notwendig. Dementsprechend wird auch die Vergabe der Fördergelder (in Mikroprojekten) beschleunigt: Von der Einreichung bis zur Bewilligung in unter einem Quartal ist das Ziel. Die Anträge müssen vollständig eingereicht werden, dazu gibt es Beratungstermine. Neu ist außerdem, dass auch Planungsphasen in FuE gefördert werden können. Nähere Infos finden Sie in der Präsentation [hier](#).

## **Aktuelles aus der Begleitforschung**

Berit Müller, Geschäftsführerin der DGS, gab einen Überblick über Aktuelles aus der Begleitforschung. Die Kommunikation soll möglichst über die Energiewendebauen-interne Kommunikationsplattform Innoecos stattfinden. Die Registrierung erfolgt per Mail an die Begleitforschung. Auf der EWB-Website finden sich die Veranstaltungsberichte. Zur Präsentation geht es [hier](#).

Anfrage: Rundmail mit Link Anmeldung Innoecos an Projektleiter schicken (Vorschlag: Standard-Baustein in EWB-Update)

## **Keynote +EQ-Net II**

Matthias Schmid und Volker Stockinger stellten ihre Ergebnisse aus dem Monitoring zweier Projekte vor. Laut den Vortragenden haben die Klima- und Energiekrise Beschleunigung in die Energiewende gebracht. Energieeinsparungen können etwas bewirken: Zahlreiche Studien zu Betriebsoptimierungen zeigen, dass bisher 5 – 25 % Einsparung möglich sind. Erkenntnis aus den Projekten war, dass die Anlagen richtig eingestellt werden müssen, die KI regelt nicht alles von alleine. Wärme und Strom müssten dabei immer gemeinsam gedacht werden. Im Projekt +EQ-Net II gab es hohe Volumenströme, da ein Regler auf ein falsches Temperaturniveau eingestellt war. Durch die richtige Einstellung wurden 38 % Senkung des Volumensstroms erzielt. Die Vortragenden schlussfolgern, dass das Potenzial der Energieeinsparung ein hohes Potenzial hat, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Laut Herrn Schmid und Herrn Stockinger brauchen wir daher eine verbindliche Planung und Ausstattung der Wohngebäude mit Monitoring an den richtigen Stellen. Die Präsentation finden Sie [hier](#).

Stichpunkte aus der Diskussion:

Was ist der Nettoeffekt, der durch Optimierung eingespart werden kann?

- Höhere Verteilverluste im System generell, auch im Sommer läuft Durchlauf
- Vor 10 bis 15 Jahren wurden schon dieselben Probleme behandelt wie heute. Die Erkenntnisse sind nicht in die Umsetzung gekommen

An welchen Stellen ist Monitoring am wichtigsten?

- Bei allen Gebäuden in Deutschland haben wir enorme Einsparpotentiale

Was ist die Must-have-Messtechnik?

- Bei Erzeugern muss gemessen werden, wie viel rein geht und raus kommt

Wieviel geht von der Erzeugung bis zur:zum Endnutzer:in verloren auf dem Weg?

- Nutzung Smart-Mieter-Thema, Problem: Daten aus Aufzeichnung werden nicht auf lange Zeit gespeichert, Skalierung

Welche Geschäftsmodelle können das Monitoring in die breite Masse bringen?

- Aufgabe des Facility-Managements
- Verbrauchsvisualisierung hat bis zu 25% Einsparung geführt mit Ampelsystem, Daten in App bringen
- Jetzt sind die Menschen anders für das Thema sensibilisiert, weil Energie auf einmal Geld kostet à Beratungsunternehmen könnten Rolle spielen
- Job Betriebsoptimierer:in muss es geben, der:die mit großen Datenmengen etwas anfangen kann

Auffälligkeiten:

- Sprecher:innen eines Wohnparks im Projekt waren unzufrieden mit Obergrenze 38 Grad beim Wasser, ihre Meinung hat sich auf andere Bewohner:innen ausgewirkt, Hochdrehen hat Gesamteffizienz beeinflusst, deswegen jetzt hybrides System
- Auf Energieinsel haben Mieter:innen zwei Mietverträge, für Strom und Wärme. Sie zahlen eine Warmmiete mit Deckelung
- Erwartungen an Langzeitmonitoring: bei vernünftigem Inbetriebnahmemonitoring (halbes Jahr bis Jahr) wäre nicht mehr viel Einsparpotential rauszuholen
- Implementierung von Steuerung über Checklisten für Handwerker:innen hat geringe Fehlerquote, könnte Lösung sein, auch Haftbarkeit der Installateure spielt große Rolle
- Es ist immer weniger Kommunikation auf Baustelle möglich, aufgrund einer Sprachbarriere und geringerer Qualifikationen, nur Elektriker:innen haben durch die Versicherung Druck, nach Vorschrift zu arbeiten, Heizungsbauer:innen nicht

## Keynote Gebäudesteuerung Motor oder Bremse

Martin Gortjahn betont direkt zu Beginn seiner Keynote, dass die Gebäudesteuerung aktuell vielleicht eher eine Bremse sei. Einsparungen seien durch eine intelligente Gebäudesteuerung möglich. Die Grundidee ist eine optimale, prädiktive Steuerung mit einer online-Optimierung alle 10 Minuten für den nächsten Tag. Dazu wird ein Modell des Gebäudes benötigt. Getestet wurde an einem 2017 erbauten Gebäude mit 18 Wohneinheiten, bei dem die Wärmepumpe kaum lief und Eingriffe in die Hydraulik erforderlich waren. Das Gebäude wurde mit als Speicher benutzt. Die Steuerung sorgt automatisch dafür, dass bei niedriger Außentemperatur das Spitzenlastgerät nachts an geht. Herausforderungen lagen in der Verfügbarkeit von Handwerker:innen, der Mitwirkung der Mieter:innen und fehlendem Know-How bei Installateur:innen und Planer:innen. Die Präsentation finden Sie [hier](#).

Stichpunkte aus der Diskussion:

Wo liegen die Grenzen der Komplexität?

- Es muss ein Modell des gesamten Systems gebildet werden, Anspruch muss eine gewisse Robustheit sein. Es soll mit hierarchischen Optimierern gearbeitet werden.

Wie ist der Umgang der Trägheit mit einzelnen Systemen?

- Dynamische Modellierung mit vergleichsweise einfachen Modellen, während Optimierung 1 Tag im Voraus simuliert wird

Woher kommen die Parameter für die Modelle?

- Projektmitarbeiter:innen legen Parameter fest zum Teil, soll durch KI erfolgen in Zukunft
- Parameter werden derzeit nicht laufend aktualisiert, wäre aber prinzipiell kein Problem

Wieso haben die Mieter:innen nicht kooperiert?

- Es gab Bedenken zum Datenschutz. Außerdem haben die Mieter:innen nicht geglaubt, dass sie für zusätzliche Kosten entschädigt werden. Außerdem wurden Absprachen zu Treffen etc. oft nicht eingehalten

Wie viele Datenpunkte braucht das Modell?

- Rudimentäres Monitoring reicht, zeitlich schon aufgelöst (eher im Sekundenbereich), aber nicht so viele Messpunkte
- Erfahrung zeigt aus Wohnungen kaum Messdaten benötigt

## Poster-Pitches

Unter folgendem [Link](#) finden Sie eine Sammlung aller Poster in einem Präsentationsdokument.

In der Tabelle sind die Poster übersichtlich dargestellt:

Name	Projektbezeichnung	Link zu den Postern
Intelligenter Energiefluss - Verbrauchsreduzierung durch neuartige wartungsfreie Sensoren in Gebäuden und Quartieren	Endemar, 03EN1036A	<a href="#">Poster</a>
Statische Bauteilentwicklung und Anbindungskonzept eines vorgefertigten Sandwich-Fassaden-Elements an den Bestand	Lexu_PLUS, 03EN1041A	<a href="#">Poster</a>
Thermische Bauteilentwicklung und praktische Erprobung eines vorgefertigten Sandwich-Fassaden-Elements	Lexu_PLUS, 03EN1041A	<a href="#">Poster</a>
Energy-Efficient Operating Concepts for Health Protection using Cooperative Ventilation Systems based on Simulations, Sensor Data and Artificial Intelligence (ESTATE)	EnOB:ESTATE, 03EN1055A	<a href="#">Poster</a>
Open Source Icon-Set	BF M4 & Privacy Icons, 03EWB004C	<a href="#">Poster</a>
ML4Heat – Tools zum optimierten Betrieb von existierenden Fernwärmenetzen	ML4Heat, 03ET1668A	<a href="#">Poster</a>
Energetische Transformation im ländlichen Raum Praxisorientierte Tools zur kommunalen Energiewende	Trail2, 03EN3006A	<a href="#">Poster</a>
ISFH entwickeltes Monitoringsystem	ISFH, 03ET1573A	<a href="#">Poster</a>
HerzoOpt - Monitoring der Gebäudehülle, des thermischen Raumkomforts und der Anlagentechnik mit Betriebsoptimierung	Herzo Opt, 03ET1641A	<a href="#">Poster</a>
TransUrban.NRW – Heizen und Kühlen mit Nahwärmenetzen 5.0	TransUrban.NRW, 03EWR020A	<a href="#">Poster</a>

Wärmewende in der kommunalen Energieversorgung - Akteursperspektiven	KoWa - Wärmewende in der kommunalen Energieversorgung - Akteursperspektiven, 03EN3007	<a href="#">Poster</a>
KoWa - Heat transition in municipal energy supply	KoWa - Heat transition in municipal energy supply, 03EN3007	<a href="#">Poster</a>
Kommunen und Industrie gestalten die Energiewende Wärmeverbund mit Abwärme	HOWO-GE KoWa, 03EN3007	<a href="#">Poster</a>
Methodik zur Simulation von Auswirkungen der Ladeinfrastruktur auf das Niederspannungsnetz Im Projekt	Smart2Charge, 03EN3009A	<a href="#">Poster</a>
10 Jahre Work in Progress	Smart2Charge, 03EN3009A	<a href="#">Poster</a>
Die Vision eines dynamischen Wärmekatasters: Mehr als nur ein kommunaler Wärmeplan	DynamiKol, 03ET1620A/B	<a href="#">Poster</a>



**Donnerstag**

Vormittag



## Workshops

**Workshop I:** Betriebsoptimierung in Anlagentechnik, Gebäuden und Quartieren - eine Landkarte

**Workshop II:** TRL-Plus: Kriterien einer technologiebezogenen Nachhaltigkeitsbewertung

**Workshop III:** Networking der Quartiersprojekte - Erfahrungen aus Bestandsquartieren

**Workshop IV:** Der Sprung vom digitalen Produkt im Forschungsprojekt zum Geschäftsmodell (hat nicht stattgefunden)

**Workshop M2:** Vortragsreihe Innovative Gebäudetechnologien



## **Workshop I**

Betriebsoptimierung in Anlagentechnik, Gebäuden und  
Quartieren - eine Landkarte

<b>BF2020: Begleitforschung Energiewendebauen – Modul Digitalisierung</b>	
<b>Titel des Workshops</b>	Betriebsoptimierung in Anlagentechnik, Gebäuden und Quartieren – eine Landkarte
<b>Beteiligte Institutionen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Universität Berlin (TUB),</li> <li>• Universität der Künste (UdK),</li> <li>• Einstein Center Digital Future (ECDF)</li> </ul>
<b>Inhaltlich Verantwortliche/Autoren</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Felix Rehmann (TUB / ECDF),</li> <li>• Dr.-Ing. Falk Cudok (TUB / ECDF),</li> <li>• Valentin Rupp (UdK/ ECDF),</li> <li>• Prof. Dr.-Ing. Rita Streblow (TUB / ECDF)</li> </ul>
<b>Referentinnen und Referenten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prof. Dr.-Ing. Lydia Kaiser (TUB/ECDF)</li> <li>• Phillip Stoffel (RWTH Aachen)</li> </ul>
<b>Ablauf/Gliederung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einleitung und Begrüßung</li> <li>• Impuls: Mit Systemdenken in die digitale Zukunft</li> <li>• Vorstellungsrunde</li> <li>• Workshop</li> <li>• Impuls: Betriebsoptimierung von Gebäudeenergiesystemen unter Verwendung von Maschinellen Lernen</li> <li>• Zusammenfassung und Ausblick</li> </ul>
<b>Kurzzusammenfassung</b>	<p>Gemeinsam werden folgende Fragestellungen um das Thema Betriebsoptimierung diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Was verstehen die Teilnehmenden unter einer Betriebsoptimierung?</li> <li>- Was wird im Rahmen des Betriebs in den Projekten optimiert (technisch, Zielfunktionen)?</li> <li>- Welche Bestandteile nutzen die Teilnehmenden im Rahmen ihrer Betriebsoptimierung?</li> </ul> <p>Neben der Diskussion gibt es zwei Impulse, zu den Themen Systems Engineering und Maschinelles Lernen für die Betriebsoptimierung. Die Projekte haben unterschiedliche Verständnisse von Betriebsoptimierung, wobei die effiziente Bereitstellung von Energie, die Nutzung von Flexibilitäten und das Monitoring als Gemeinsamkeiten identifiziert werden konnte. Typischerweise werden Kosten optimiert, wobei Anlagenstarts, Nutzungskomfort oder Emissionen mitberücksichtigt werden. Die Bestandteile der Betriebsoptimierung sind in zwei Tabellen in diesem Dokument aufgeführt.</p>

## Begrüßung und Vorstellungsrunde der Projekte

### Agenda

Zeit	Thema	Moderator
09:00	Ankommen & Begrüßung	Moderation: Prof. Dr.-Ing. Rita Streblov
09:05	Impuls - Mit Systemdenken in die digitale Zukunft	Prof. Dr.-Ing. Lydia Kaiser
09:20	Demokratische Verteilung	Moderation: Felix Behnen
09:50	Gruppen-Einstellung	N/A
10:00	Diskussion in Kleingruppen	Zwei Kleingruppen
11:40	Pause	N/A
11:50	Diskussion in Kleingruppen	Moderation: Felix Behnen
12:20	Digitalisierungsstellung	M.Sc. Philipp Stoffel
12:40	Impuls - Betriebsoptimierung von Gebäudenetzwerken unter Verwendung von Maschinellem Lernen	Moderation: Prof. Dr.-Ing. Rita Streblov
13:00	Verbreitung und Feedback durch die Teilnehmer	Moderation: Prof. Dr.-Ing. Rita Streblov

Abbildung 1 Agenda des Workshops

Prof. Rita Streblov begrüßt die Teilnehmenden und stellt die Agenda des Workshops vor. Es folgt ein Impuls von Prof. Lydia Kaiser über den Ansatz des Systems Engineering. Nach einer gemeinsamen Vorstellungsrunde ist eine Diskussion zum Thema: „Betriebsoptimierung“ geplant. Im Rahmen dieses Workshopteils diskutieren die Teilnehmenden Ziele, Bestandteile und Methoden der

Betriebsoptimierung. Anschließend hält Philipp Stoffel einen Impuls, bei dem er Erkenntnisse zur Betriebsoptimierung unter Einsatz des Maschinellen Lernens präsentiert. Eine Übersicht über die Agenda enthält Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..

## Impuls – mit Systemdenken in die digitale Zukunft

Prof. Lydia Kaiser hält einen Impuls über die Möglichkeiten des Systems Engineering. *Systems Engineering ist ein transdisziplinärer und integrativer Ansatz, der die erfolgreiche Planung, Realisierung, Nutzung und Ausmusterung von technischen Systemen unter Verwendung von Systemprinzipien und -konzepten sowie von wissenschaftlichen, technologischen und*

Systemisch und systematisch Probleme lösen

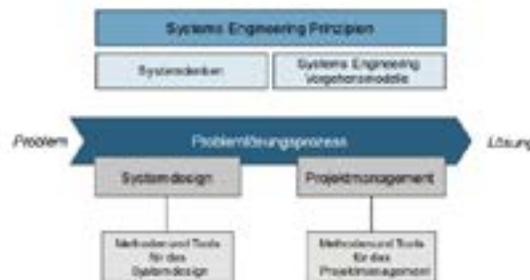


Abbildung 2 Darstellung des Systems Engineering durch Prof. Lydia Kaiser

*Managementmethoden ermöglicht [1]. Dabei werden Methoden und Tools für das Systemdesign mit denen für das Projektmanagement kombiniert. Prof. Kaiser hat das Konzept (nach [2]) beispielhaft in Abbildung 2 Darstellung des Systems Engineering durch Prof. Lydia Kaiser.*

Der Ansatz hilft dabei die Komplexität der Digitalisierung aufzulösen. Hierfür können Methoden wie Lego Serious Play, Use Cases, CONSENS (Umfeld-/ Kontextanalyse) oder Personas genutzt werden, um das Verständnis für die Einflussfaktoren zu erhöhen. Basierend auf diesen Erkenntnissen können Lösungen mittels des morphologischen Kastens oder CONSENS (Wirkstruktur) gestaltet werden. Die Verifizierung und Validierung kann mittels digitaler (Visualisierung, Simulation) oder physischer (Minium Viable Product, 3D Druck) Mittel erfolgen. Prof. Kaiser geht in der Diskussion auf einige

Beispiele aus ihrer Laufbahn ein, bei denen Unternehmen die Mehrwerte des Systems Engineerings schnell für sich entdeckten. Ein Teilnehmender fragt, ob und wie die Prinzipien des Systems Engineering sich mit denen der Agilität vereinbaren lassen. Prof. Kaiser gibt zurück die Verschmelzung dieser Prinzipien ist eine aktuelle Forschungsfrage. Der Fokus beim Systems Engineering liegt aber näher bei Hardware und bei der Agilität näher bei der Software. Diese beiden Felder würden sich bislang durch unterschiedliche Entwicklungszyklen unterscheiden.

## Gemeinsame Vorstellungsrunde und Diskussion



Abbildung 3 Teilnehmende im Gespräch während des Workshops

Nach der Vorstellung der Agenda und dem Impuls erfolgt eine gemeinsame Vorstellungsrunde. In dieser beschreiben die Teilnehmenden von insgesamt zehn Verbundprojekten, den Fokus ihrer Projekte, sowie die Erwartungen für den Workshop<sup>1</sup>. Neben einem Wunsch nach Austausch, liegt ein besonderes Interesse darin die Lösungen der anderen Projekte kennenzulernen. Auch die Skalierbarkeit, die Organisation von großen Datenmengen, die Modellprädiktive Regelung, die Verknüpfung von Auslegungs- und Betriebsoptimierung sowie das Einnehmen einer anderen Perspektive werden als Erwartungen genannt. Tabelle 1 Teilnehmende Projekte, deren Akronyme und Website. In folgenden Darstellungen wird nur noch das Akronym verwendet gibt einen Überblick über die teilnehmenden Projekte. Nach der gemeinsamen Vorstellungsrunde gehen die Teilnehmenden in die Diskussion über. Diese ist in zwei Blöcke geteilt, zunächst diskutieren die Teilnehmenden über die Ziele und Objekte der Optimierung. In einem zweiten Schritt wird über den Aufbau der Betriebsoptimierung

gesprochen. Abbildung 3 Teilnehmende im Gespräch während des Workshops zeigt beispielhaft einen Auszug aus der Bearbeitung des interaktiven Teils. Hierbei klebten die Teilnehmenden zunächst Post-It Zettel an Poster und diskutierten ihre Antworten im Nachgang. Die Leitfragen für den ersten Teil lauten:

- Woran denken sie bei Betriebsoptimierung basierend auf Ihrer Projektarbeit? Nennen Sie bis zu drei Schlagworte.
- Was sind die Zielgrößen?
- Was wird optimiert?

Im ersten Diskussionsblock zeigt sich, dass die Projekte unterschiedliche Verständnisse von Betriebsoptimierung haben. Die effiziente Bereitstellung von Energie, die Nutzung von Flexibilitäten und das Monitoring stellen dabei eine Gemeinsamkeit dar. Unterschiede gibt es vor allem in der Ebene, auf der versucht wird den Betrieb zu optimieren. In der Diskussion zeichnet sich ab, dass die typische Zielgröße der Optimierung die Kosten ist. Dabei können durch Maßnahmen, wie beispielsweise einen CO<sub>2</sub>-Preis einzuführen, auch Emissionen berücksichtigt werden. Weitere Bedingungen, welche durch einzelne Projekte in der Optimierung berücksichtigt werden, sind unter anderem der Start der Anlagen (welche eine Auswirkung auf die Lebensdauer dieser haben) und Komfortverletzungen. Auch flüchtige

<sup>1</sup> Anm. Ein Teilnehmender berichtet aus zwei Projekten. Deshalb sind insgesamt elf Verbundprojekte in Tabelle 1 aufgeführt.

organische Komponenten (Volatile Organic Components (VOC)) werden durch einzelne Projekte berücksichtigt. Was genau Kosten allerdings sind, hängt häufig von der Rolle und den Stakeholdern ab. Die zu optimierende Technik ist divers. Tabelle 1 gibt eine Übersicht der geklebten Posts-Ist über die Antworten zu den Fragestellungen im ersten Teil der Diskussion.

Tabelle 1 Teilnehmende Projekte, deren Akronyme und Website. In folgenden Darstellungen wird nur noch das Akronym verwendet.

Projektname	Akronym	Website
EnEff:Wärme - ML4Heat: Tools zum optimierten Betrieb von existierenden Fernwärmenetzen basierend auf Methoden des maschinellen Lernens	ML4HEAT	<a href="https://www.iosb.fraunhofer.de/de/projekte-produkte/ml4heat.html">https://www.iosb.fraunhofer.de/de/projekte-produkte/ml4heat.html</a>
EnOB: RLT-Opt - Durchgängige Methoden für die ganzheitliche Betriebsoptimierung von raumluftechnischen Anlagen	RLT-Opt	<a href="https://www.iosb.fraunhofer.de/de/projekte-produkte/rlt-opt-lueftungsanlagen-klimaanlagen-optimieren.html">https://www.iosb.fraunhofer.de/de/projekte-produkte/rlt-opt-lueftungsanlagen-klimaanlagen-optimieren.html</a>
EnOB: SLIM - Semizentrale Lüftung und intelligentes Betriebsmonitoring; Teilvorhabentitel: Modellprojekte und intelligentes Betriebsmonitoring	SLIM	<a href="https://www.uni-kassel.de/fb06/institute/architektur/fachgebiete/technische-gebaeudeausruestung/forschung/slim-lueftung-betriebsmonitoring">https://www.uni-kassel.de/fb06/institute/architektur/fachgebiete/technische-gebaeudeausruestung/forschung/slim-lueftung-betriebsmonitoring</a>
Verbundvorhaben: EnOB: N5GEH-Booster - IoT-Based Operational Optimization for SusTainable EneRgy systems	Booster	<a href="https://n5geh.de/booster/">https://n5geh.de/booster/</a>
MPC-Geothermie: Einbindung von Erdwärmesonden (-feldern) in die Gebäudesteuerung mittels Model Predictive Control	Geo:MPC	<a href="https://www.ebc.eonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-EBC/Forschung/Forschungsprojekte2/Projekte-Gebaeudeautomation/~ctbnl/Geo-MPC-Nachhaltige-modellpraediktive/">https://www.ebc.eonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-EBC/Forschung/Forschungsprojekte2/Projekte-Gebaeudeautomation/~ctbnl/Geo-MPC-Nachhaltige-modellpraediktive/</a>
EnEff:Wärme: MeFlexWaerme Methodenbaukasten Flexible Wärmenetze der Zukunft / Teilvorhaben: Zustandsschätzung, Modellierung, Optimierung, Simulation	FlexWärme	<a href="https://www.eins.tu-darmstadt.de/eins/projects/eneffwaerme-meflexwaerme">https://www.eins.tu-darmstadt.de/eins/projects/eneffwaerme-meflexwaerme</a>
SolaresBauen: OOM4ABDO - Objektorientiertes Monitoring als Grundlage für einen effizienteren Betrieb sowie kostengünstige Bestandsoptimierung durch Anwendung von Machine Learning-Techniken	OOM4ABDO	<a href="https://www.ebc.eonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-EBC/Forschung/Forschungsprojekte2/Projekte-Urbane-Energiesysteme/~rmpal/OOM4ABDO-Objektorientiertes-Monitoring/">https://www.ebc.eonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-EBC/Forschung/Forschungsprojekte2/Projekte-Urbane-Energiesysteme/~rmpal/OOM4ABDO-Objektorientiertes-Monitoring/</a>

Projektname	Akronym	Website
Reallabor: TransUrban.NRW - Transformation d. netzgebundenen, urbanen Wärme- und Kälteversorgung mit intersektoralen Power-2-Heat Lösungen als Beitrag zum Strukturwandel in den Kohlerevieren NRW	TransUrban.NRW	<a href="https://www.reallabor-transurban-nrw.de/">https://www.reallabor-transurban-nrw.de/</a>
EnOB: InSituNachweis - Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung der Energieeffizienz von Gebäuden auf Basis von optimierten in situ Messungen	InSiTu	
EnEff:Wärme: Heat2Q , Energetische Quartiersoptimierung mit detaillierter Abbildung des Wärmesektors	Heat2!	<a href="https://www.epe.ed.tum.de/ens/research/projects/current-projects/heat2q/">https://www.epe.ed.tum.de/ens/research/projects/current-projects/heat2q/</a>
EnOB: ENDEMAR - Intelligenter Energiefluss - Verbrauchsreduzierung durch neuartige wartungsfreie Sensoren in Gebäuden und Quartieren	ENDEMAR	<a href="https://www.impt.uni-hannover.de/en/research/current-projects/current-projects/projects/endemar-energy-saving-by-use-of-multiple-autarkic-control-sensor-systems">https://www.impt.uni-hannover.de/en/research/current-projects/current-projects/projects/endemar-energy-saving-by-use-of-multiple-autarkic-control-sensor-systems</a>

Tabelle 2 Übersicht über die Ergebnisse der ersten Diskussionsrunde. Der Fokus lag auf dem Verständnis der Betriebsoptimierung, den Zielen und Bestandteilen.

Projekt	Woran denken sie bei Betriebsoptimierung basierend auf Ihrer Projektarbeit? Nennen Sie bis zu drei Schlagworte	Was sind die Zielgrößen?	Was wird optimiert? (Anlage, Raum, Gebäude, Quartier, ...)
MLHEAT / RLT-Opt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existierende Anlagen zur Versorgung von Wärme/Kälte/Luft energetisch optimiert einstellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bedarfsgerechte Versorgung</li> <li>Kosten =                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Sollte proportional zur Energie sein</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fernwärme</li> <li>Übergabestationen</li> <li>Kraftwerke: VL-Temperatur</li> <li>Raumlufttechnische Anlagen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Solarteile</li> <li>Betriebszeiten</li> <li>Aggregate eliminierend ersetzen</li> </ul> </li> <li>RLT-Anlage</li> </ul>
SLIM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reglung</li> <li>Nutzungszeit</li> <li>Auslegung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energetische Einsparung</li> <li>CO<sub>2</sub></li> <li>VOC</li> <li>Nutrenden Zufriedenheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>-</li> <li>-</li> <li>-</li> <li>-</li> </ul>
Booster	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energetische Optimierung</li> <li>Monitoring Energie &amp; Gebäudedaten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>COP</li> <li>Auslastung</li> <li>Effizienz</li> <li>Einsparung Gas</li> <li>CO<sub>2</sub> Optimierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ziel: Quartier</li> <li>Beginn mit einem Raum in einem Gebäude</li> </ul>
GeoMPC	<ul style="list-style-type: none"> <li>MPC</li> <li>Regelbasiert</li> <li>Monitoring</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Komfort</li> <li>CO<sub>2</sub></li> <li>Energie</li> <li>Kosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gebäude</li> <li>Geothermie Feld</li> </ul>
Flexwärme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmeverluste / Pumpkosten</li> <li>Lineare Optimierung – zentral / dezentral</li> <li>Versorgungssicherheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erzeugereinsatz</li> <li>Speicherbetrieb</li> <li>Vorlauf-Temperatur</li> <li>Pumpendruck</li> </ul>
DOM408DO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlagen- / Systemeffizienz</li> <li>Nutzung von Flexibilität aus der Sektorkopplung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kosten</li> <li>Emissionen</li> <li>Komfort</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erzeugungsanlagen</li> <li>Verteilung</li> <li>Raumlufttechnik</li> </ul>
TRANSURBAN.NRW	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilitäten</li> <li>Welche Komponenten lassen sich optimieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissionen</li> <li>Kosten</li> <li>Auslastungsgrad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiezentrale</li> <li>Quartier</li> </ul>
Insitu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energieeffizienz</li> <li>CO<sub>2</sub>-Reduktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energieeffizienz</li> <li>Reinforcement-Learning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlage</li> <li>Raum</li> </ul>
Heat4Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verknüpfung mit</li> <li>Auslegungsoptimierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resilienzsektorengelbbepfe</li> <li>Energiesysteme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quartier</li> </ul>
ENDEMAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimierung Energieverbrauch</li> <li>Maximierung Lebensdauer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energieverbrauch</li> <li>Wartungsaufwand</li> <li>Material / Ressourcennutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einzelkomponenten (Sensorknoten)</li> <li>Industrie Halle (Demonstrator)</li> </ul>

Im zweiten Teil der Diskussion geht es um die Bestandteile der Betriebsoptimierung. Angelehnt an [3] werden die wichtigsten Methoden und Bausteinen, welche in Datenerfassung, Datenübertragung, Datenspeicherung, Datenverarbeitung und Datenbereitstellung genutzt werden, diskutiert. Weiterhin wird die Kategorie Sonstiges in die Diskussion eingefügt. Das Ziel ist es konsistente Workflows und Toolketten zu ermitteln, damit andere Projekte, Personen und Unternehmen diese ebenso nutzen können. Die Auswertung der Post-Its- ist in Tabelle 3 Übersicht über die Ergebnisse in der zweiten Diskussionsrunde. Der Fokus lag auf der Umsetzung der Betriebsoptimierung in den einzelnen Projekten dargestellt. In der Diskussion wird über verschiedene Software, Protokolle und Bestandteile der Optimierung gesprochen.

Besonders erwähnenswert sind der Trade-Off zwischen Flexibilität und Performance von Frameworks, die Diskussion, ob Monitoring extern vergeben werden sollte und die Skalierbarkeit von Ansätzen. Durch eine externe Vergabe des Monitorings, können die Projektbearbeitenden entlastet werden und die Daten bei einem Dienstleister auch über das Projekt hinweg genutzt werden. Ein Teilnehmer erwidert die mangelnde Flexibilität. Für die Skalierbarkeit von Ansätzen sind performante Lösungen und entsprechende technische Gegebenheiten notwendig. Es benötigt eine einheitliche Datenpunktbezeichnung, leistungsfähige Protokolle (bspw. MQTT) und Datenbanken (bspw. InfluxDB) sowie entsprechende Optimierer. Die Simulation mit proprietärem System ist häufig leistungsfähiger, da entsprechende Solver vorhanden sind.

Tabelle 3 Übersicht über die Ergebnisse in der zweiten Diskussionsrunde. Der Fokus lag auf der Umsetzung der Betriebsoptimierung in den einzelnen Projekten.

Projekt	Datenerfassung	Datentransport	Datenspeicherung	Datennachbearbeitung	Datenschnittstelle	Sonstiges
MILBEAT / RL7-Opt	<ul style="list-style-type: none"> <li>LoRaWAN-Sensornik</li> <li>GLT-Anbindung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RS485</li> <li>OPC-UA</li> <li>CSV-Files</li> <li>MQTT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Influx</li> <li>TimeScaleDB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maschinelles Lernen</li> <li>Aufbereitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dienstleistungsstationen</li> <li>Kraftwerk</li> <li>Daten BJT-Betrieb</li> <li>Gebäudeüberwachung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren</li> </ul>
SUMI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modbus</li> <li>BACnet</li> <li>HTTP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SQLite-DB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Python</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren</li> </ul>
BOOSTER	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren, Aktoren über Gateways an die Flexare Plattform</li> <li>Wetterdaten von DWD für Forecast</li> <li>Wetterstation vor Ort</li> <li>Controller-Übersicht</li> <li>Wärmepumpe</li> <li>Jalousiesteuerung</li> <li>Nutzungsdaten über Sensoren oder app</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IP Kabel</li> <li>LoRaWAN</li> <li>KNX</li> <li>BACnet</li> <li>Modbus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FWARE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maschinelles Lernen in Python</li> <li>MPC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FWARE</li> </ul>
GeotMPC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datenlogger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MQTT</li> <li>Rest API</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>InfluxDB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kerels</li> <li>Flanck</li> <li>Cozart</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tick-Stack</li> <li>Addition</li> <li>MQTT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren (Temperatur, Durchfluss, Druck)</li> </ul>
FlexWärme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren (Temperatur, Durchfluss, Druck)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modbus (Dymola)</li> <li>SCIP</li> <li>Gurabi</li> <li>Python (Tensorflow / Keras)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>InfluxDB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Python</li> <li>Modelica</li> <li>Gurabi</li> <li>Python (Tensorflow / Keras)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren (Temperatur, Durchfluss, Druck)</li> <li>Leistungsmessung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren</li> </ul>
DOMMARECO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logger (Edge-Device)</li> <li>Externe Vergabe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Div. GA-Protokolle z.B. BacNet, Modbus, LoRa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>InfluxDB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Python</li> <li>Modelica</li> <li>Gurabi</li> <li>Lokal (Regelbusnet)</li> <li>Cloud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GLT-Monitoring</li> <li>Automatische Datenpunktverfassung</li> <li>BUDO Schema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren</li> </ul>
TRANSURBAN NRW	<ul style="list-style-type: none"> <li>EDGE-Devices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Glasfaser</li> <li>MQTT</li> <li>Modem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>InfluxDB</li> <li>MongoDB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT Pipeline</li> <li>Python</li> <li>Javascript</li> <li>Kode-Set</li> <li>Cloud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren / Monitoring</li> <li>GLT / Sensorknoten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standardisiertes Schema</li> </ul>
Insitu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren</li> <li>Simulation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modbus</li> <li>X-See</li> <li>WLAN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>InfluxDB</li> <li>MongoDB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT Pipeline</li> <li>Python</li> <li>Javascript</li> <li>Kode-Set</li> <li>Cloud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensoren / Monitoring</li> <li>GLT / Sensorknoten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standardisiertes Schema</li> </ul>
HeatIQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Licht/Temperatur/Feuchte Sensoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funk / ZigBee</li> <li>MQTT (Deepinsight)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PostgreSQL</li> <li>Gateway / Cloud</li> <li>SQL DB</li> <li>PostgreSQL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Python</li> <li>ML</li> <li>Anomalien / Klassifikation</li> <li>Tensorflow / Python</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wartungstheorie / autonome Sensorknoten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grafische Dashboard</li> <li>LDN PowerDeign</li> </ul>

## Impuls: Betriebsoptimierung von Gebäudeenergiesystemen unter Verwendung von Maschinellem Lernen

Philipp Stoffel vom Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik der RWTH Aachen stellt seine Arbeiten zur Verwendung von Maschinellem Lernen für die Optimierung von Energiesystemen vor. Im Rahmen dieser Arbeit werden verschiedene Ansätze verglichen. Abbildung 4 Verwendung Maschinelles Learning zur Betriebsoptimierung, Darstellung Philipp Stoffel Die Ergebnisse zeigen, dass MPCs online betrieben werden sollten. Durch das permanente Training verbessert sich das Modell. Ab einem gewissen Zeitpunkt wiederholen sich die Abläufe, sodass von einem austrainierten Modell gesprochen werden kann. Zeigen die Monitoringdaten nun Abweichungen, kann es sich um Fehler handeln. Diese können dann beispielsweise zur Fehlererkennung und -diagnose genutzt werden. Weiterhin zeigt sich, dass eine Kombination von physikalischen Ansätzen und denen des maschinellen Lernens die Übertragbarkeit von Regelungsansätzen erhöhen kann. Da Gebäude und Nutzung sehr individuell sein können, können hier Methoden des Maschinellen Lernens verwendet werden. Für standardisierte technische Anlagen können übertragbare physikalische Ansätze genutzt werden.

Die Verwendung von Machine Learning und/oder adaptiven Methoden ist vielversprechend zur skalierbaren Betriebsoptimierung

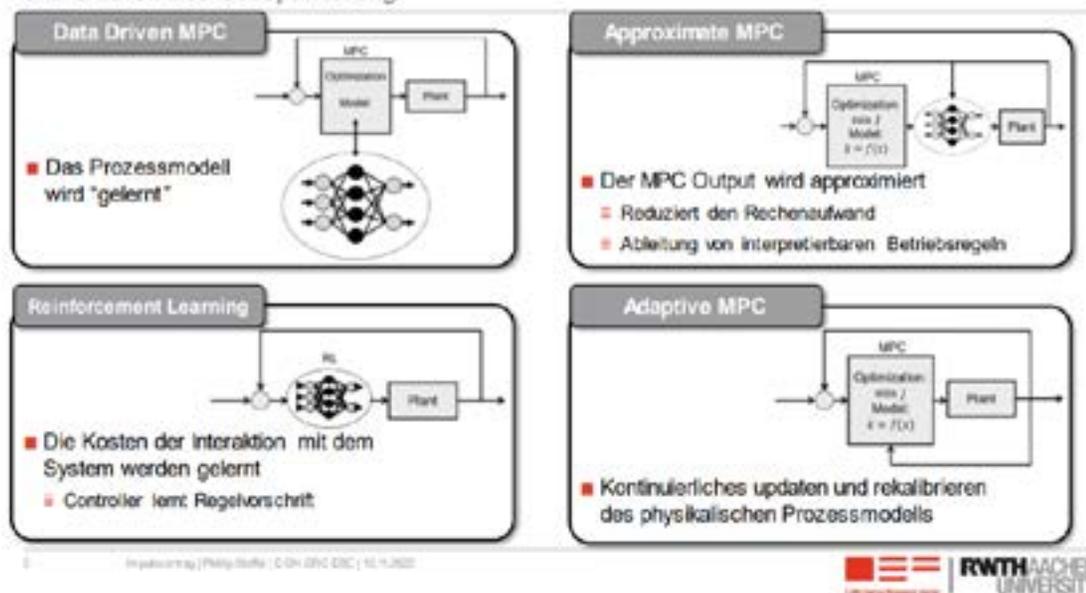


Abbildung 4 Verwendung Maschinelles Learning zur Betriebsoptimierung, Darstellung Philipp Stoffel

## Zusammenfassung und Verabschiedung

Prof. Rita Streblov bedankt sich für die Diskussionen im Workshop und verabschiedet die Teilnehmenden. Die Teilnehmenden wünschen sich eine Fortführung ausgewählter Themen in Kleingruppen.

## Quellen

- [1] „Systems Engineering Definition“, *INCOSE*. <https://www.incose.org/about-systems-engineering/system-and-se-definition/systems-engineering-definition> (zugegriffen 14. November 2022).
- [2] R. Haberfellner, O. de Weck, E. Fricke, und S. Vössner, *Systems Engineering: Fundamentals and Applications*. Cham: Springer International Publishing, 2019. doi: 10.1007/978-3-030-13431-0.
- [3] J. M. Cavanillas, E. Curry, und W. Wahlster, Hrsg., *New Horizons for a Data-Driven Economy*. Cham: Springer International Publishing, 2016. doi: 10.1007/978-3-319-21569-3.



## **Workshop II**

TRL-Plus: Kriterien einer technologiebezogenen Nachhaltigkeitsbewertung

# TRL-Plus: Kriterien einer technologiebezogenen Nachhaltigkeitsbewertung

Der Entwicklungsstand von Technologien wird in der Regel auf einer Skala von 1 bis 9 in Form eines Technologie-Reifegrads (TRL) bewertet. In diesem Workshop werden Nachhaltigkeitskriterien auf der theoretischen Basis der Nachhaltigen Ökonomie vorgestellt, mit deren Hilfe der Technologie-Reifegrad um zusätzliche Nachhaltigkeitsaspekte erweitert werden soll. Ziel ist es, nicht nur die technische Einsatzfähigkeit von unterschiedlichen Technologien zu bewerten, sondern hierbei auch ökologische, ökonomische und sozial-kulturelle Aspekte mit einzubeziehen.

Sie lernen in diesem Workshop den theoriebasierten Ansatz der Nachhaltigen Ökonomie kennen und werden gemeinsam mit den anderen Workshop-Teilnehmenden diskutieren, wie diese Kriterien auf die Technologien der Forschungsinitiative Energiewendebauen angewandt werden können – und wie Sie diesen Ansatz nutzen können, um zu einer ganzheitlichen Bewertung der von Ihnen entwickelten Technologien zu gelangen.

## Nachhaltigkeit als gesellschaftliche Zielstellung

### Definition Nachhaltige/s Entwicklung/Wirtschaften



#### a) Definition durch die Brundtland-Kommission:

„**Dauerhafte Entwicklung** ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“ (Hauff 1987: 46).



#### b) Definition durch die Nachhaltige Ökonomie

„**Nachhaltiges Wirtschaften** strebt für alle heute lebenden Menschen und künftigen Generationen **ausreichend hohe ökologische, ökonomische und sozial-kulturelle Standards in den Grenzen der natürlichen Tragfähigkeit** an. Sie will somit das inter- und intragenerative Gerechtigkeitsprinzip durchsetzen.“

Nachhaltigkeitskriterien: Dag Schmalz

Seite 3 von 20

Der Begriff der Nachhaltigen Entwicklung geht im deutschsprachigen Raum zurück auf die nachhaltige Waldwirtschaft, die 1713 von Hans Carl von Carlowitz gefordert worden ist. Dieser Begriff wurde in den 1980er Jahren von der deutschen Delegation in die Brundtland-Kommission eingebracht. In den Abschlussdokumenten der Brundtland-Kommission wurde definiert, dass eine dauerhafte Entwicklung derzeitige und zukünftige Bedürfnisse gleichermaßen befriedigen müsse.

Dabei standen langfristig angelegte globale Entwicklungen im Fokus, die eine intergenerative ökologische Gerechtigkeit beinhaltet.

Diskursiv wurde die Definition einer Nachhaltigen Entwicklung fortentwickelt. Ausgehend von den drei Dimensionen einer Nachhaltigen Entwicklung (ökonomisch, ökologisch und sozio-kulturell) wird in der Nachhaltigen Ökonomie diesen die Grenzen der natürlichen Tragfähigkeit übergeordnet. Denn nur wenn sich alles Handeln in diesen Grenzen bewegt, kann Nachhaltiges Wirtschaften entstehen.

Das Überschreiten der Natürlichen Tragfähigkeitsgrenze ist jedoch bereits akut. Durch starke globale Erwärmung und die Folgen des Klimawandels befinden wir uns derzeit außerhalb der Grenzen der Natürlichen Tragfähigkeit. Daher ist der Handlungsdruck groß und das prioritäre Ziel die globale Erderwärmung zu stoppen.

## Kernaussagen der Nachhaltigen Ökonomie

### Überblick der Kernaussagen der Nachhaltigen Ökonomie



Nachhaltigkeitsökonomie Gupp-Schmidling

Quelle: v. Lott 20

Im Jahr 2009 wurde das Netzwerk Nachhaltig Ökonomie gegründet. Die heute insgesamt ca. 400 Netzwerkmitglieder formulierten zehn Kernaussagen einer nachhaltigen Wirtschaftslehre, die sich auf verschiedene ökonomische Theorien sowie dem Konzept der Nachhaltigen Entwicklung stützen. Die Nachhaltige Ökonomie bezieht sich auf das Konzept einer „starken Nachhaltigkeit“, da die Grenzen der Natürlichen Tragfähigkeit als zentraler Bestandteil angesehen und alle anderen Dimensionen (ökologisch, ökonomisch und sozio-kulturell) diesem untergeordnet sind.

## Das Ziel- und Indikatorensystem der Nachhaltigen Ökonomie

### Das Ziel- und Indikatorensystem der Nachhaltigen Ökonomie

- ★ Managementregeln, wie von der Enquete Kommission empfohlen
- ★ Ökologische Dimension: Basis = frühere Umweltberichte des BMU
- ★ Ökonomische Dimension: Basis = StabG 1967
- ★ Sozial-Kulturelle Dimension: Diskurs Netzwerk NaÖk
- ★ Verzahnung mit den SDG
  - ⊗ kaum SDG-Indikatoren für die ökonomische Dimension
  - ⊗ teilweise zu unkonkrete Indikatoren für die ökologische Dimension

Nachhaltigkeitskonzepte Gapp-Schneidig

Seite 7 von 32

Im Rahmen der achten Kernaussage fordern die Netzwerkvertreter:innen die Operationalisierung des Nachhaltigkeitsbegriffes durch ein umfassendes Ziel und Messsystem. Dazu wurden 15 Ziele in den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit definiert. Die Nachhaltige Ökonomie leitet diese Ziele aus verschiedenen Quellen ab. Dabei beruft sie sich für die ökologische Dimension auf frühere Berichte des BMUs und für die ökonomische Dimension auf das Stabilitäts- und Wachstumsgesetz (StabG 1967) zur Beschreibung des Zielsystems. Zur Beschreibung des Zielsystems der sozio-kulturellen Dimension wird der Diskurs des Netzwerks Nachhaltige Ökonomie zur Ziel- und Indikatorensetzung genutzt. Empfohlene Managementregeln der Enquete Kommission (1998) werden außerdem in aktualisierter Form herangezogen.

### Ausgangslage: Zentrale Herausforderungen des 21. Jahrhunderts

Ökologische D.	Ökonomische D.	Sozial-kulturelle D.
Klimaerwärmung	Negative Entwicklung auf dem Arbeitsmarkt	Fehlentwicklungen in Wirtschaft u. Politik (Werteverfall)
Zerstörung Öko-systeme und Artenvielfalt	Unzureichende Befriedigung der Grundbedürfnisse	Soziale Unsicherheit, Armut, demografische Fehlentwicklungen
Verbrauch nicht-erneuerbarer Ressourcen	Instabilität des Geldwerts u. der Finanzmärkte, Konzentration	Chancenungleichheit, ungerechte Einkommens- und Vermögensverteilung
Übernutzung der erneuerbaren Ressourcen	Außenwirtschaftliche Ungleichgewichte, Unterentwicklung	Mangelnde innere u. äußere Sicherheit, gewaltsame Konflikte
Gefährdung der menschlichen Gesundheit (Ozonloch, Schadstoffe)	Staatsverschuldung, unzureichende Ausstattung mit meritokratischen Gütern	Technische Risiken (Atomtechnik, fossile Energien, Genveränderung)

Nachhaltigkeitskonzepte Gapp-Schneidig

Seite 7 von 32

Das Zielsystem leitet sich dabei gedanklich aus den zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts in den drei Nachhaltigkeitsdimensionen ab. Dabei liegt der Fokus in der *ökologischen Dimension* auf dem Klimawandel, der Zerstörung von Ökosystemen und Artenvielfalt, Übernutzung von erneuerbaren und Verbrauch nicht erneuerbaren Ressourcen sowie der Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch Schadstoffe. Die Herausforderungen in der ökonomischen Dimension liegen auf negativen Arbeitsmarktentwicklungen, unzureichende Befriedigung grundlegender Bedürfnisse, außenwirtschaftlichen Ungleichgewichte, ökonomische Machtkonzentration, Staatsverschuldung und eine unzureichende Ausstattung mit Kollektivgütern. In der sozio-kulturellen Dimension sieht die Nachhaltige Ökonomie einen Werteverfall, soziale Unsicherheiten, Chancenungleichheit, fehlende innere und äußere Sicherheit bzw. gewaltsame Konflikte sowie technisch bedingte Risiken herausfordernd.

<b>Zielsystem der Nachhaltigen Ökonomie</b>		
<b>ökologische Dimension</b>	<b>ökonomische Dimension</b>	<b>sozial-kulturelle Dimension</b>
(1) Begrenzung der Klimaerwärmung auf 1,5°C	(6) Selbstständige Existenzsicherung bei akzeptabler Arbeitsqualität	(11) Good governance: Schaffung sozial-ökologischer Leitplanken
(2) Naturverträglichkeit: Erhaltung der Arten- u. Landschaftsvielfalt	(7) Gewährleistung der Grundbedürfnisse (selektives Wachstum)	(12) Keine Armut und Sklaverei, soziale Sicherheit, Beherrschung der demografischen Entwicklung
(3) nachhaltige Nutzung der nicht-erneuerbaren Ressourcen	(8) Preisstabilität, Stabilisierung der Finanz- und Währungsströme, geringe Konzentration	(13) Chancengleichheit z.B., Angemessene Höhe und Verteilung der Einkommen
(4) nachhaltige Nutzung der erneuerbaren Ressourcen	(9) Außenwirtschaftliches Gleichgewicht und Entwicklungszusammenarbeit	(14) Innere und äußere Sicherheit, gewaltlose Konfliktlösungen
(5) Gesunde Lebensbedingungen	(10) Handlungsfähiger Staatshaushalt bei ausreichenden Ausstattungsstandards mit meritokratischen Gütern	(15) Kein Einsatz von Techniken, die unvermeidbare Risiken bergen

Nachhaltigkeitskriterien: Gap-Schrittung

Seite 8 von 28

Die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts können in ein Zielsystem übertragen werden. Dieses lässt sich durch Indikatoren weiter operationalisieren und fallbezogen anwenden, um multikriterielle Bewertungen durchzuführen. Im Projekt KoWa wurde dies für die verschiedenen Optionen der Wärmebereitstellung im Quartier herangezogen. Durch diese systematische Bewertung lassen sich Aussagen über die unterschiedlichen Wärmebereitstellungsoptionen für die drei Dimensionen einer Nachhaltigen Entwicklung treffen.

## Der Einsatz des Kriteriensystems in KoWa

Für das Projekt KoWa wurden zunächst idealtypische Wärmeversorgungslösungen am fiktiven Beispiel von KoWa-Stadt erarbeitet. Für einige quantitativ fundierte Indikatoren erfolgt eine Abschätzung (z.B. der Treibhausgasemissionen) mittels der GEMIS-Prozessdatenbank.

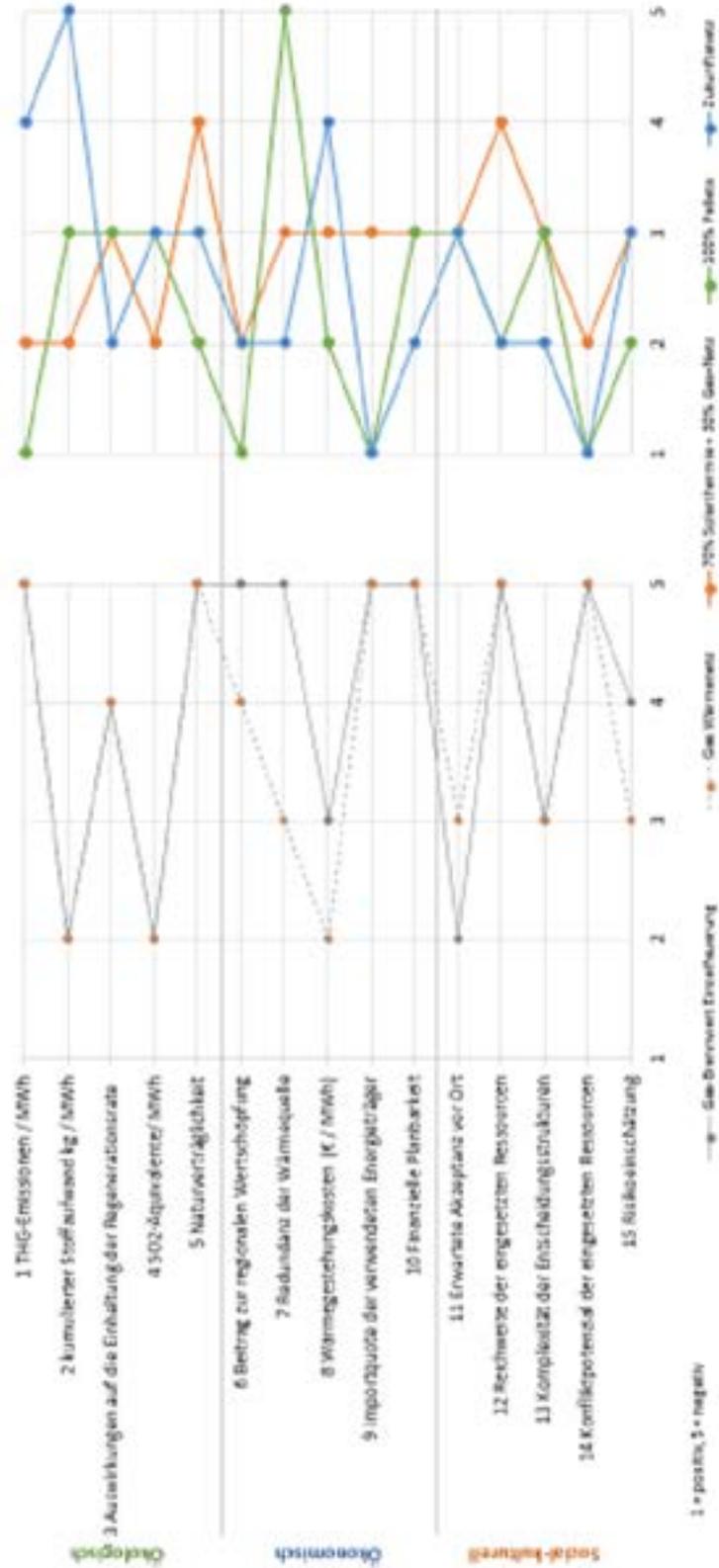
<b>70 % Solarthermie + 30 % Gas+Netz</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versorgungsnetz mit 70% Solarthermie und 30% Gas</li> <li>- ST-Anlagen auf großen Dachflächen, Erdbeckenspeicher</li> <li>- GEMIS-Prozess: Netz\Wärme-de-KoWa-70ST-30Gas</li> </ul>
<b>Gas-Brennwert Einzelfeuerung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gas Brennwert (Einzelfeuerung), Bei kleinen MFH, Stand der Technik 1 Kessel</li> <li>- GEMIS-Prozess: Gas-Heizung-Brennwert-DE-2020</li> </ul>
<b>100% Pellets</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 100% Pellets aus Reststoffen</li> <li>- Bei kleinen MFH, Stand der Technik 1 Kessel</li> <li>- GEMIS-Prozess: Holz-Pellet-Holzwirtsch.-Heizung-10 kW-DE-2020 (Endenergie)</li> </ul>
<b>Gas Wärmenetz</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Netz in bereits versiegelten Siedlungsfläche errichtet</li> <li>- Bei Netz redundante Auslegung mit 2. Kessel"</li> <li>- GEMIS-Prozess: Netz\Nahwärme-Gas-BHKW-DE-2015/en</li> </ul>
<b>Zukunftsnetz</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 25% ST + 60% alternative Wärmequelle/ Abwärme + 15% Pellets/ Biomasse (auf Spitzenlast ausgelegt)</li> <li>- Strom zu 50% aus lokaler PV, Rest Netzmix</li> <li>- Netz in bereits versiegelten Siedlungsfläche errichtet</li> <li>- regionaler Nahwärmeverbund</li> <li>- GEMIS Prozess: Netz\Wärme-de-KoWa-Zukunft</li> </ul>

Für die Dimensionen der Nachhaltigen Entwicklung wurden jeweils fünf Indikatoren abgeleitet. Dabei wurden für die **ökologische Dimension** 1. THG-Emission/MWh, 2. Kumulierter Stoffaufwand (kg/Mwh), 3. Auswirkungen auf die Einhaltung der Regenerationsrate, 4. SO<sub>2</sub>-Äquivalentee/MWh und 5. Naturverträglichkeit ausgewählt.

Für die **ökonomische Dimension** wurden die Indikatoren 1. Beitrag zur regionalen Wertschöpfungskette, 2. Redundanz der Wärmequelle, 3. Wärmegestehungskosten (€/MWh), 4. Importquote der verwendeten Energieträger und 5. Finanzielle Planbarkeit herangezogen.

Die **sozio-kulturelle Dimension** umfassen 1. Erwartete Akzeptanz vor Ort, 2. Reichweite der eingesetzten Ressourcen, 3. Komplexität der Entscheidungsstrukturen, 4. Konfliktpotenzial der eingesetzten Ressourcen und 5. Risikoeinschätzung.

# Bewertung der Beispielkonzepte in KoWa



Folie 14 von 20

Nachhaltigkeitskriterien Gapp-Schmalzlog

## Theoretische Grundlage: TRL

*Für eine Bewertung auf technologischer Ebene ist das TRL Assessment gut geeignet, aber nicht für die Bewertung der Nachhaltigkeit. Unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten müssen Lösungen stets auf ihre Auswirkungen in der ökologischen, ökonomischen und sozialen Dimension untersucht und ausbalanciert werden.*



*Aus diesem Grund ist es aus unserer Sicht wichtig, noch eine Skala für eine Nachhaltigkeitsbewertung von Technologien zu entwickeln und ergänzend zum TRL einzusetzen bzw. mit diesem zu verbinden. Um dies auch international anschlussfähig zu machen, soll hierfür u. a. die Agenda 2030 [1] mit einigen ihrer*

*Nachhaltigkeitsziele bzw. Sustainable Development Goals in die Bewertung einbezogen werden.*

Derzeit werden bereits Methoden genutzt, um den Reifegrad von sich noch in der Entwicklung befindlichen Technologien einschätzen bzw. bewerten zu können. Bekannt ist der 'Technology Readiness Level' (TRL), der von der NASA (1988) als ein systematisches metrisches Messinstrument mit Stufen von 1 bis 9 eingeführt wurde, um einen bestimmten Technologiereifegrad zu vergeben.

Stufe	Beschreibung
TRL 1	Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips
TRL 2	Beschreibung der Anwendung der Technologie
TRL 3	Nachweis der Funktionsfähigkeit der Technologie
TRL 4	Versuchsaufbau im Labor
TRL 5	Versuchsaufbau in (simulierter/ vereinfachter) Einsatzumgebung
TRL 6	Prototyp/Funktionsmuster in (simulierter/vereinfachter) Einsatzumgebung
TRL 7	Prototyp im (realen) Einsatz
TRL 8	Nachweis der Funktionsfähigkeit im Einsatzbereich (Zulassungsprozess abgeschlossen)
TRL 9	Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes. Technologie ready für Markt



Quelle: <https://www.twi-global.com/locations/deutschland/was-wir-tun/haeufig-gestellte-fragen/was-sind-technology-readiness-levels-trl/>

Der TRL bezieht sich in erster Linie auf die technische Funktionsfähigkeit bzw. die technologischen Funktionsbedingungen einzelner neuer Technologien, vernachlässigt aber das systemische Zusammenspiel bzw. die Interaktion mit anderen Technologien. Um diesen Sachverhalt zu adressieren, führen Gove 2007 [2] und Sauser 2009 et al. [3] den Ansatz eines integrativen 'System Readiness Level' ein (SRL), denn wie Baines 2004 [4] bereits verdeutlichte, kann die Integration einer nicht adäquaten Technologie in ein technisches Gesamtsystem oder einer eigentlich angemessenen Technik, die aber falsch oder unzureichend in ein Gesamtsystem integriert wird, verheerende Auswirkungen haben. Dieses Verständnis führte zur Entwicklung des Konzepts des SRL -IRL.



Lan Tao, Probert, Phaal (2010) [9] entwickeln diesen Ansatz weiter, indem sie u. a. (betriebs)wirtschaftliche Ansätze in ihren Innovation Readiness Levels (IRL) einbeziehen. Mit diesem IRL etablieren sie ein Monitoringsystem, dem ein Innovationsphasenmodell zugrundeliegt, das aus Faktoren wie Technologie, Markt, Organisation, Partnerschaften/Beteiligungen und Risiko-

beurteilung besteht.

Neben diesem Ansatz führte Paun (2011) [10] – ergänzend zum Technology Readiness Level – einen nachfrageorientierten Demand Readiness Level (DRL) ein, um hiermit das Ausmaß eines Reifegrades für die Nachfrage einer Innovation durch den Markt beurteilen zu können.

Demand Level	Demand Readiness Level (After Faun 2011)
9	Building the adapted answer to the expressed need on the market
8	Identification of the Experts possessing the competencies
7	Definition of the necessary and sufficient competencies and resources
6	Transition of the expected functionalities into needed capabilities to build the response
5	Identification of the systemic capabilities (including the project leadership)
4	Quantification of the expected functionalities
3	Identification of the expected functionalities for the new Product/Service
2	Identification of a specific need
1	Occurrence of a Feeling "something is missing"

Im Jahr 2016 stellen Baliozian, Mourad et al. [6] vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE ein standardisiertes Assessmentverfahren für die Entwicklung von

Roadmap (2017)	
Grün	Industrial solution exists and is being optimized in production
Gelb	Industrial solution is known but not yet used in mass production
Orange	Interim solution is known, but too expensive or not suitable for production
Rot	Industrial solution is not known

Photovoltaik vor, das sowohl auf dem Technology Readiness Level als auch auf der Entwicklung einer techniksistemübergreifenden Roadmap basiert, die zu 93% die technologischen und zu 7% die wirtschaftlichen Aspekte berücksichtigt. Diese werden in die allgemein anerkannte und genutzte International Technology Roadmap for Photovoltaics (ITRPV)

integriert. Die ökologischen und legislativen Aspekte sind dabei nicht enthalten.



Wie können wir alle 4 Dimensionen in einem Assessment berücksichtigen?

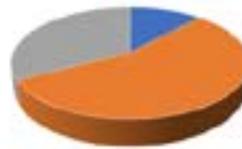


Wie können wir alle 4 Dimensionen in einem Assessment berücksichtigen?

Wir haben mit Hilfe eines Assessments diskutiert, wie wir das machen könnten.

*Note: Bei unserem Fragebogen vom letzten Jahr haben wir als Ergebnisse bekommen, dass ein großer Anteil der Projekte, die den Fragebogen beantwortet haben, die ökologische Nachhaltigkeit in den Vordergrund gestellt, aber auch die ökonomische und soziale Nachhaltigkeit berücksichtigt haben.*

Welcher Aspekt der Nachhaltigkeit steht in Ihrem Projekt im Vordergrund?



- Gesellschaftliche bzw. soziale Nachhaltigkeit
- Ökologische Nachhaltigkeit
- Ökonomische Nachhaltigkeit

Eine wichtige Frage, die wir uns gestellt haben, ist, ab wann es Sinn macht, die soziale, ökonomische und ökologische Dimension zu berücksichtigen.



### Austausch und Diskussion zur Bewertungsmethode

In der Diskussion hat sich gezeigt, dass nicht nur das Produkt bewertet werden muss. Auch der Produktionsprozess sollte einer Nachhaltigkeitsbewertung unterzogen werden. Dadurch kann eine ganzheitliche Betrachtung ermöglicht werden.

Es muss jedoch zuerst geklärt werden, welche Indikatoren sich für die jeweilige Phase eignen. Nicht jeder Nachhaltigkeitsindikator kann zu jedem Zeitpunkt angewandt werden. Die gemeinsame Auseinandersetzung mit dem Thema TRL und Nachhaltigkeitsbewertung zeigt, dass auf der Produktebene die Nachhaltigkeit früh verankert werden soll. Die Teilnehmenden regen an, dass es möglich sein sollte, die Entwicklung eines Produktes nicht sofort zu verwerfen, wenn dieses in einem Kriterium nicht nachhaltig ist. In dem jeweiligen Stadium muss eruiert werden, wie diese Schwäche in einem Nachhaltigkeitsindikator überwunden werden kann, damit am Ende ein Produkt

entsteht, welches insgesamt positive Auswirkungen auf die Nachhaltige Entwicklung hat. Somit kann am Ende des Entwicklungsprozesses ein nachhaltiges Produkt gewährleistet werden.

Wie oben bereits angeführt, soll nicht nur das Produkt an sich nachhaltig sein, sondern auch der Produktionsprozess, muss den Nachhaltigkeitskriterien entsprechen. Dabei sollen vor allem Indikatoren zur Beurteilung von Ressourceneinsatz, Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz herangezogen werden.

#### References:

- [1] UN - United Nations (UN), „Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development,“ 21 10 2015. [Online]. Available: [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E).
- [2] R. Gove, „Development of an Integration Ontology For Systems Operational Effectiveness,“ School of Systems and Enterprises Stevens Institute of Technology, Hoboken, NJ, 2007.
- [3] B. Sauser, R. Gove, E. Forbes und J. Ramirez-Marquez, „Integration Maturity Metrics: Development of an Integration Readiness Level,“ *Information Knowledge Systems Management*, pp. 17-45., 01 09 2009.
- [4] T. Baines, „An integrated process for forming manufacturing technology decisions,“ *International Journal of Operations & Production Management*, 24(5/6), pp. 447-467, 2004.
- [5] L. Tao, D. Probert und R. Phaal, „Towards an integrated framework for managing the process of innovation,“ *R&D Management*, Bde. 40 von 40. Issue 1. p. , p. 19-30, January 2010 .
- [6] P. Baliozian, L. M. S. Friedrich und R. Preu, „Photovoltaic Development Standardizing based on Roadmaps and Technology Readiness Levels,“ in 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. . 2016.



## **Workshop III**

Networking der Quartiersprojekte - Erfahrungen aus Bestandsquartieren

<b>BF2020: Begleitforschung Energiewendebauen – Modul 3 Quartiere</b>	
<b>Titel des Workshops</b>	Networking der Quartiersprojekte – Erfahrungen aus Bestandsquartieren
<b>Beteiligte Institutionen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E.ON Energy Research Center (EBC)</li> <li>• Fraunhofer-Institut UMSICHT</li> </ul>
<b>Inhaltlich Verantwortliche/Autoren</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tobias Beckhöler (EBC)</li> <li>• Sonja Witkowski (UMSICHT)</li> </ul>
<b>Referentinnen und Referenten</b>	keine
<b>Ablauf/Gliederung</b>	<p>Block I: Steckbriefe &amp; Metaanalyse</p> <p>➤ Teilnehmende &amp; Projekte kennenlernen</p> <p>Block II: Trouble-Shooting</p> <p>➤ Vor welcher Herausforderung stehe ich derzeit im Projekt?</p> <p>Block III: Diskussionsrunde</p> <p>➤ Gemeinsam Lösungen aus Trouble-Shooting erarbeiten</p> <p>Block IV: Ergebnissammlung</p> <p>➤ Erkenntnisse und Lösungen vorstellen &amp; Checkout</p>
<b>Blitzlicht - Was ist Ihre wichtigste Erkenntnis aus dem Workshop?</b>	<p>„Ich bin mit der Kümmerer-Funktion in meinen Projekten auf einem ganz guten Weg.“</p> <p>„Alle beschäftigen sich mit den gleichen Problemen.“</p> <p>„Wie reduziere ich die Komplexität? Lieber kleine oder große Projekte?“</p> <p>„Mit Förderung geht nicht alles.“</p> <p>„Wir brauchen neue Finanzierungsmodelle, um Investitionen zu ermöglichen.“</p>

Im Workshop „Networking der Quartiersprojekte – Erfahrungen aus Bestandsquartieren“ stand das gegenseitige Kennenlernen und das Teilen von Erkenntnissen sowie aktuellen Herausforderungen aus den eigenen Quartiersprojekten im Vordergrund. Tobias Beckhölter und Sonja Witkowski von Modul 3 – Quartiere der Wissenschaftlichen Begleitforschung konnten Teilnehmende aus folgenden Institutionen mit ihren Projekten begrüßen:

- EnergyEffizienz GmbH mit dem Projekt Q-SWOP (03ET1587A)
- Geotechnik Heiligenstadt GmbH mit dem bereits abgeschlossenen Projekt Bio2Geo (03ET1593D)
- Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig mit dem Projekt UrbanFactory II (03EN3042A)

Das zentrale Element des Workshops war ein sogenanntes „Troubleshooting“. Hier wurden die Teilnehmenden aufgefordert aktuelle Herausforderungen, also „Troubles“ in ihrem Projekt auf Karteikarten festzuhalten und diese im Anschluss in der Runde kurz zu erläutern. Die gesammelten „Troubles“ wurden in übergeordnete Themenbereiche gruppiert. Das Ziel der anschließenden Diskussionsphase war, bereits bestehende Ansätze aus den Projekten für das erläuterte Problem festzuhalten sowie neue Lösungsideen zu erarbeiten, wie in Zukunft damit umgegangen werden kann. Die Ergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst.



Abbildung 1: Troubleshooting mit den Teilnehmenden des Workshops an der Pinnwand

### Strom-/Wärmerecht

Der Rechtsrahmen für die Strom- und Wärmeerzeugung sowie -verteilung wird als sehr komplex wahrgenommen. Es verbinden sich viele Unsicherheiten damit, beispielsweise in der Abrechnung und Dimensionierung von Photovoltaik-Anlagen. Es gibt keine klare Definition von Rollen (z.B. Wann bin ich Stromhändler?).

- Die juristische Abteilung von Stadtwerken/Projektpartnern mit einbeziehen.
- Technische Lösungen für regulatorische Hemmnisse finden, zum Beispiel: technische Begrenzung für PV-Einspeisung in das öffentliche Netz in Hausanschlussstelle integrieren, um Flexibilität bei Anlagendimensionierung für Privatpersonen zu ermöglichen.

### Der „Kümmerer“ im Projekt

Besonders in Quartiersprojekten kommen verschiedene Akteure und Gewerke mit unterschiedlichsten Anforderungen und Zielsetzungen zusammen. In der Umsetzung und im Betrieb kann diese Schnittstellenvielfalt Ursache vieler Probleme sein. Der „Kümmerer“ im Projekt nimmt sich der wichtigen Aufgabe der Schnittstellenkoordination an. Ohne ihn scheitern viele Projekte. Die Workshopteilnehmenden berichten, dass die Rolle des „Kümmerers“ in Projekten sehr unterschiedlich besetzt ist, häufig auch ehrenamtlich. Die Motivation ist je nach Akteur, der die Rolle einnimmt, ebenfalls unterschiedlich.

- Die Aktivitäten des Kümmerers lassen sich in drei Bereiche im Projekt aufteilen: Initiierung – Umsetzung – Verfestigung
- Idee: Der „Kümmerer“ als verpflichtende Stabstelle für Kommunen.
- Idee: Eine übergreifende Auswertung der Kümmerer-Rolle - Wer füllt die Rolle aus? An welcher Stelle wird der Kümmerer aktiv? Mit welchen Kompetenzen ist der Kümmerer ausgestattet?

### Investitionen

Die Teilnehmenden im Workshop berichteten, dass die hohen Preise derzeit viele Umsetzungsvorhaben im Keim ersticken oder auf die eigentlich besser geeignete Dimensionierung/Ausführung verzichtet wird.

- Die Erfahrung zeige, dass Förderung ein entscheidender Schlüssel ist, vor allem auch für kleinere Projekte (Beispiel: Balkonkraftwerke).

### Geschäftsmodelle & Akteursaktivierung

In Quartiersprojekten kommen viele Akteure mit jeweils unterschiedlichen Interessen zusammen. Es ist daher schwierig ein Geschäftsmodell für ein neues Energiesystem zu entwickeln, denn ein Geschäftsmodell ist akteursabhängig. Die Teilnehmenden berichten zudem, dass es Akteure gibt, die schwer zu motivieren sind auf neue Finanz- und Geschäftsmodelle einzugehen, beispielsweise ältere und finanziell schwache Personengruppen.

- Es sollte ein größerer Fokus auf schwer aktivierbare Akteure im Quartier gelegt werden.

- Die aktuellen Anstiege der Energiepreise ermöglichen neue Geschäftsmodelle, die motivationsstiftend sein können. Diese sollten mit Maßnahmen wie Vorfinanzierungen oder zusätzlichen Fördermitteln unterstützt werden.

### (Temporäres) Planungsrecht

Das Planungsrecht für Quartiersprojekte ist oft sehr komplex und mit einem enormen zeitlichen Aufwand verbunden. Die Verkürzung von Bewilligungsprozessen kann zu einer Beschleunigung der Umsetzung innovativer Quartierskonzepte führen.

- Appell: Verständliche, einfache Darstellung von Prozessen im Rechtsrahmen.
- Die kritische (Energie-)Infrastruktur sollte dem Staat gehören.

### Quartiersdaten

Die Erfassung des IST-Zustandes eines Quartiers ist der erste Schritt für die Entwicklung neuer Energiekonzepte. Zumeist ist der Zugang zu diesen Daten erschwert und die Qualität der Daten unzureichend.

- Idee: Es sollten Ansätze entwickelt werden, wie gezielt mit dieser Unschärfe in der Datenerfassung umgegangen werden kann.
- Idee: Quartiersdaten sollten OpenSource mit eingeschränkter Nutzbarkeit zur Verfügung stehen.

Neben diesen Themen wurden folgende weitere „Troubles“ festgehalten:





## **Workshop M2**

Vortragsreihe Innovative Gebäudetechnologien

<b>BF2020: Begleitforschung Energiewendebauen – Modul 2 Gebäude</b>	
<b>Titel des Workshops</b>	Vortragsreihe Innovative Gebäudetechnologien
<b>Beteiligte Institutionen</b>	Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik der RWTH Aachen (RWTH EBC) Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Fraunhofer IBP)
<b>Inhaltlich Verantwortliche/Autoren</b>	Heike Erhorn-Kluttig, Linda Lyslow, Jessica Preuss (Fraunhofer IBP)
<b>Referentinnen und Referenten</b>	Heike Erhorn-Kluttig (Fraunhofer IBP) Dr. Harald Drück (Universität Stuttgart, IGTE) Prof. Rosemarie Wagner (KIT) Lukas Herrmann (ProVentecs) Michael Brütting (ZAE Bayern) Bert Schiebler (ISFH) Nasir Asadov (TU Berlin)
<b>Ablauf/Gliederung</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Begrüßung</li> <li>2. Impulsvortrag der BF</li> <li>3. 6 Projektvorträge (Projekte StoEx2, BioFassade, HaLo-Filter, MultiFace, HP-SYS, HotFIAd)</li> <li>4. Abschlussdiskussion</li> <li>5. Verabschiedung</li> </ol>
<b>Kurzzusammenfassung</b>	In der Vortragsreihe „Innovative Gebäudetechnologien“ werden der Stand der Querauswertung des BF-Moduls 2 zu den entsprechenden Forschungsprojekten vorgestellt und sechs Projekte von Projektnehmern präsentiert und in der Gruppe diskutiert. In einer Abschlussdiskussion werden Stärken, Optimierungs- bzw. Forschungsbedarf, Chancen und Hemmnisse (SWOT-Analyse) der erforschten innovativen Technologien zusammengetragen.

## 1. Ziel und Ablauf des Workshops

Eine Vielzahl an innovativen Gebäudetechnologien im anlagentechnischen, baulichen und multifunktionalen Bereich werden im Forschungsnetzwerk Energiewendebauen entwickelt, erprobt und eingesetzt mit dem Ziel, die Energiewende voranzutreiben.

In der von BF-Modul 2 Gebäude organisierten Vortragsreihe stellen Projektnehmer eine Bandbreite an innovativen Technologien vor, an denen derzeit geforscht wird. Präsentiert werden großvolumige Warmwasserspeicher, eine Fassadendämmung aus Biopolymeren, ein hochabsorbierendes Luftfiltermaterial, ein multifunktionales Fassadenelement, stagnationssichere thermische Solarkollektoren und die Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren mit einem HotFluid-Adsorptionskältesystem.

Beleuchtet werden in den Vorträgen insbesondere die projektspezifische Innovation, der Entwicklungsstand und die Anwendung der jeweiligen Technologie. Zudem werden projekt- bzw. technologieübergreifende Themen wie Hemmnisse und Chancen bei der Entwicklung, Erprobung und Marktdurchdringung festgehalten und gebündelt. Zusammen mit der themenspezifischen Querauswertung des Begleitforschungsmoduls 2 Gebäude basierend u.a. auf Informationen aus Projektabschlussberichten und Fragebögen bildet der Workshop die Grundlage für die geplante Veröffentlichung zu innovativen Technologien aus der Forschungsinitiative Energiewendebauen.

Das detaillierte Programm der dreistündigen Vortragsreihe ist in Abbildung 1 dargestellt.

Zeit	Inhalt	Vortragende*r
10:00	Begrüßung	Jan Richarz (RWTH EBC)
10:05	Impulsvortrag: „Querauswertung Innovative Gebäudetechnologien innerhalb Energiewendebauen – Stand der Arbeiten der Begleitforschung“	Heike Erhorn-Kluttig, Jessica Preuss (Fraunhofer IBP)
10:20	Projektvortrag: „StoEx2 – Weiterentwicklung, Prüfung und Demonstration großvolumiger, preiswerter Warmwasserspeicher mit hocheffizienter Wärmedämmung zur Außenaufstellung“	Dr. Harald Drück (Universität Stuttgart, IGTE)
	Projektvortrag: „BioFassade – Fassadenelemente mit Hochleistungswärmedämmung aus Biopolymeren“	Prof. Rosemarie Wagner (Karlsruher Institut für Technologie (KIT))
	Projektvortrag: „HaLo-Filter – Entwicklung eines hochabsorbierenden Grob- und Feinstaub-Luftfiltermaterials“	Lukas Herrmann (ProVentecs)
11:20	Pause	
11:30	Projektvortrag: „MultiFace – Multifunktionale schlanke wärmedämmende Fassadenelemente“	Michael Brütting (ZAE Bayern)
	Projektvortrag: „HP-SYS – Kostengünstige & zuverlässige Solarthermieanlagen“	Bert Schiebler (ISFH)
	Projektvortrag: „HotFIAd – Abwärmennutzung aus Kompakt-Rechenzentren mit HotFluid-Adsorptionskälte-System“	Nasir Asadov (TU Berlin)
12:30	Abschlussdiskussion	Alle Moderation: Jan Richarz (RWTH EBC)
13:00	Verabschiedung	Jan Richarz (RWTH EBC)

Abbildung 1: Ablauf der Veranstaltung, eigene Abbildung.

## 2. Inhalt des Workshops

### Einführung

Moderator Jan Richarz begrüßt die Teilnehmenden im Workshopraum in Petershagen sowie die digitalen Teilnehmenden über Zoom. Er stellt das Team der Begleitforschung EWB im Modul 2 (Gebäude) vor, bestehend aus dem EBC der RWTH Aachen, Fraunhofer IBP und Fraunhofer ISI und erläutert die Agenda des Workshops.

### Impulsvortrag: Heike Erhorn-Kluttig (Fraunhofer IBP)

#### „Querauswertung innovative Gebäudetechnologien innerhalb Energiewendebauen – Stand der Arbeiten der Begleitforschung“

Heike Erhorn-Kluttig hält in Vertretung von Jessica Preuss, die leider kurzfristig erkrankt ist, den Einführungsvortrag zum bisherigen Stand der Begleitforschungs-Querauswertung zum Themenbereich innovative Gebäudetechnologien. Sie fasst die Aufgaben des Begleitforschungsmoduls 2 zusammen, unter denen sich auch die Analyse der Technologieprojekte im Gebäudebereich befindet. Insgesamt 121 der Projekte, die dem Gebäudemodul zugeordnet sind, beschäftigen sich mit innovativen Technologien. Da sich darunter auch mittlerweile abgeschlossenen Vorhaben befinden, kann für ca. 1/3 der Projekte eine detaillierte Querauswertung auf Basis der bisher vorhandenen Abschlussberichte durchgeführt werden. Für die noch laufenden Vorhaben beruht die Querauswertung auf den in einem Cluster gesammelten Informationen auf Basis der EnArgus-Beschreibung und Projektwebseiten, dem detaillierten Fragebogen der Begleitforschung und den Informationen und Ergebnissen der Projektleitertreffen. Die Querauswertung kann in die drei Themenblöcke allgemeine Informationen zur Technologie, Einsatz- bzw. Anwendungsbereich der Technologie und Stärken, Herausforderungen, Chancen und Hemmnisse der Technologie aufgeteilt werden.

Im Themenblock allgemeine Informationen zur Technologie hat das Begleitforschungsmodul 2 einen Überblick über die unterschiedlichen innovativen Arten der innerhalb Energiewendebauen entwickelten, bewerteten oder eingesetzten Gebäudetechnologien erarbeitet, siehe Abbildung 2. Dabei werden die Technologien aufgeteilt in die Bereiche anlagentechnisch, baulich und multifunktional. Es zeigt sich, dass sich die Mehrheit der Projekte mit Technologien aus dem Bereich Anlagentechnik beschäftigt, darunter viele Projekte mit Speichern, Steuerungen und Kühlung. Im baulichen Bereich wird vor allem an Dämm- und Baustoffen gearbeitet. Bei den multifunktionalen Technologien liegt der Fokus auf Fassadenelemente. Bei der Analyse, ob die innovativen Technologien in den Vorhaben vorwiegend entwickelt, bewertet oder eingesetzt werden, ergibt sich eine Mehrheit im Bereich der Entwicklung, siehe Abbildung 3. Auch der Reifegrad der innovativen Technologien wurde abgefragt. Hier ergibt sich eine Mehrheit der Technologien in den TRL-Stufen 4 und 5, d.h. im Versuchsaufbau im Prüfstand oder Labor bzw. in einem Versuchsaufbau in der Einsatzumgebung. Viele Projektnehmer geben auch an, dass sich

bereits ein Prototyp in der Einsatzumgebung bzw. im Einsatz befindet (TRL 6 und 7).



Abbildung 2: Überblick über die Arten der innovativen Gebäudetechnologien aus dem Forschungsbereich Energiewendebauen. Eigene Abbildung.

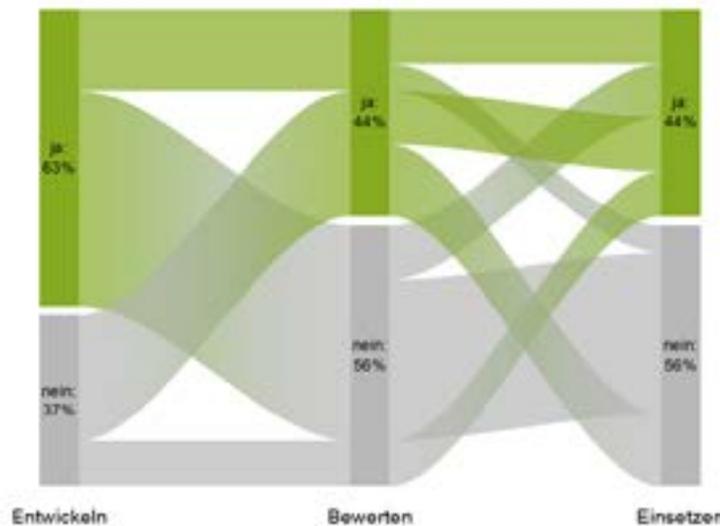


Abbildung 3: Anteile der befragten Projekte zum Thema ob die innovativen Gebäudetechnologien entwickelt, bewertet oder eingesetzt werden. Eigene Abbildung.

Aus den Abschlussberichten wurde eine große Bandbreite an Zielen der Technologieentwicklungen ermittelt, die von der Erhöhung des Nutzerkomforts, der Energieeinsparung bzw. Effizienzsteigerung, dem Einsatz von erneuerbaren Energien über die Betriebsoptimierung, die Netzdienlichkeit, die Steigerung der Langlebigkeit bzw. Robustheit, die Kostenreduktion, die Ermittlung von weiteren Daten und anderen Informationen zur Technologie bis hin zum reduzierten ökologischen Fußabdruck reicht. Entsprechend groß ist auch die Vielfalt der innovativen Technologien in den EWB-Projekten.

Die Auswertung der Einsatz- oder Anwendungsbereiche der innovativen Technologien ergibt bisher, dass nahezu alle Technologien für den Neubau und den Bestand nutzbar sind und dabei mehrheitlich auch als Einzelmaßnahme. Einige Technologien sind speziell auf bestimmte Gebäudetypen zugeschnitten, so z. B. auf kleine Wohngebäude, Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude oder Hochhäuser.

Die Begleitforschung hat auch eine erste übergeordnete SWOT-Analyse zu den Stärken, Herausforderungen, Chancen und Hemmnissen der innovativen Technologien aus den EWB-Projekten vorgenommen. Diese wird zusammen mit dem jeweiligen Input aus den sechs präsentierten Beispielprojekten im Textteil „Abschlussdiskussion“ erläutert.

Aus dem Publikum gibt es die Frage, ob es eine Liste von innovativen Technologien inklusive Ansprechpartner geben wird. Heike Erhorn-Kluttig erwidert, dass dies derzeit noch nicht vorgesehen ist, aber mit dem Projektträger diskutiert wird. Eine allgemeine Veröffentlichung von Kontakten ist datenschutzrechtlich schwierig. Derzeit stehen bereits folgende Suchmöglichkeiten nach Technologien aus dem Energiewendebauen-Forschungsbereich zur Verfügung: Die Projektlandkarte auf <https://ewb.innoecos.com/Group/Kompetenzsuche/DomainMapExplorer.2/Start/Search> und das BMWK-Internetportal EnArgus <https://www.enargus.de/> mit einer hochwertigen Suchfunktion.

### **Projektvortrag 1: Dr. Harald Drück (Universität Stuttgart, IGTE)**

#### **„StoEx2 – Weiterentwicklung, Prüfung und Demonstration großvolumiger, preiswerter Warmwasserspeicher mit hocheffizienter Wärmedämmung zur Außenaufstellung“**

Dr. Harald Drück beginnt seinen Vortrag mit der Motivation für die Forschung an Energiespeichern. Sie sind eine Schlüsseltechnologie für die rationelle und effiziente Energienutzung und den Einsatz von erneuerbaren Energien. Er erläutert die Technologie der Vakuumdämmung und vergleicht die Dämmwirkung der Vakuumdämmung (Wärmeleitfähigkeit =  $0,005 \text{ W/(mK)}$ ) mit der eines konventionellen Dämmmaterials für Warmwasserspeicher. Der Stand der Technik für vakuumgedämmte Behälter bis  $80 \text{ m}^3$  Volumen sind doppelwandige Behälter deren Zwischenraum mit porösen, schüttfähigen Wärmedämmstoffen gefüllt wird und danach evakuiert wird. Das ist technisch einfacher zu erzeugen als ein „reines Vakuum“ und die Luftwärmeleitung kann bereits bei höheren Vakuumdrücken unterbunden werden und das Vakuum kann länger aufrechterhalten werden. Zusätzlich ergibt sich eine Reduktion der Wärmestrahlung und auch die Festkörperwärmeleitung über den Wärmedämmstoff ist vergleichsweise gering. Als Funktionsmuster kommt ein außen aufgestellter Warmwasserspeicher mit  $12 \text{ m}^3$  Volumen und einer Füllmaterialmischung aus expandiertem Perlit und pyrogener Kieselsäure zum Einsatz. Im Vorhaben StoEx2 erfolgt u. a. ein Feldtest an einem vakuumgedämmten Warmwasserspeicher mit einem Volumen von  $60 \text{ m}^3$ . Letzterer weist bei Stillstand ausgehend von einer Temperatur von  $80 \text{ °C}$  einen gemessenen Temperaturverlust von nur  $7 \text{ K}$  über 31 Tage bei Außentemperaturen um im Mittel ca.  $5 \text{ °C}$  im Dezember 2021 auf,

siehe Abbildung 4.

Dr. Drück zeigt verschiedene Möglichkeiten der architektonischen Integration von außen aufgestellten Warmwasserspeichern, als Litfaßsäule, als Wendeltreppe, als Kletterturm und als Aussichtsturm. Anschließend vergleicht er die Investitionskosten von Speichern mit Volumina zwischen 5 und 60 m<sup>3</sup> mit konventioneller Wärmedämmung und Speichern mit Vakuumwärmedämmung. Ein Speicher mit einem Volumen von 40 m<sup>3</sup> kostet z. B. mit konventioneller Dämmung 30.000 € und mit Vakuumdämmung 45.000 €. Allerdings ist für einen außen aufgestellten konventionell wärme gedämmten Speicher zusätzlich eine Einhausung als Witterungsschutz notwendig, so dass hierdurch die Mehrkosten von 15.000 € deutlich reduziert werden.

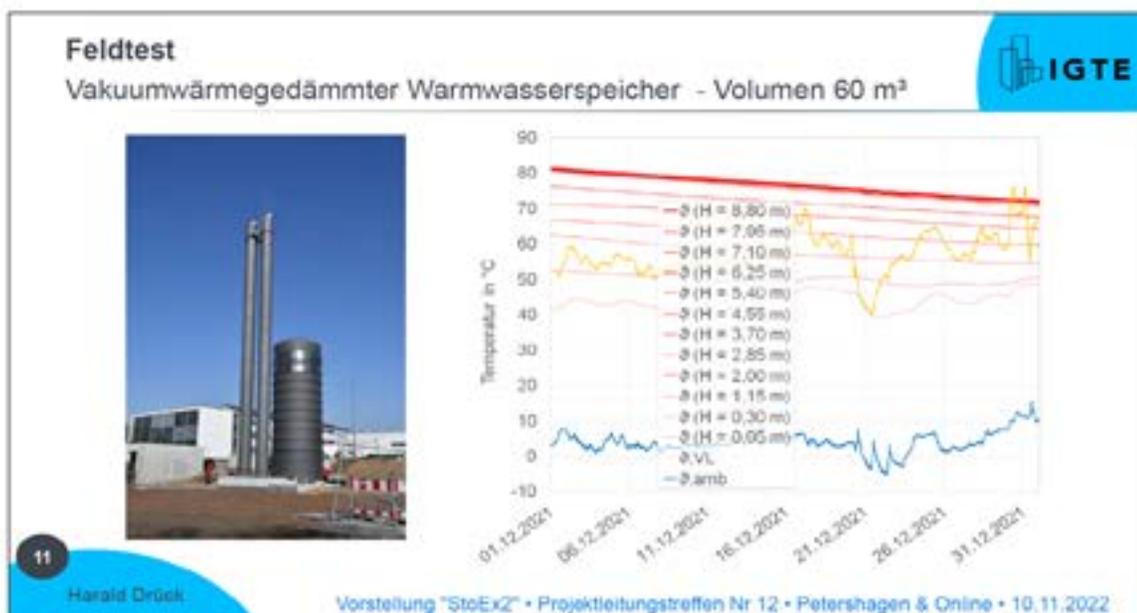


Abbildung 4: Foto eines vakuumgedämmten Groß-Warmwasserspeichers und gemessener Temperaturverlust über 31 Tage im Winter 2021. Abbildung: IGTE.

Bei der SWOT-Analyse sieht Dr. Harald Drück die Stärken der Technologie „außen aufgestellte Warmwasserspeicher mit Vakuumdämmung“ in den geringen Wärmeverlusten, dem bereits enthaltenen Witterungsschutz und der Möglichkeit der multifunktionalen Nutzung bzw. der Integration in die Umgebung. Weiterer Forschungsbedarf besteht bei der Reduktion der Herstellungskosten durch vereinfachte Einbringung des Füllmaterials, in der Entwicklung einer Technologie zur Detektion der lokalen Qualität der Wärmedämmung und in einer Verringerung des Druckanstiegs im Vakuum durch den Einsatz von Sorptionsmaterialien. Als Hemmnisse erachtet Dr. Harald Drück die relativ hohen Herstellkosten (was aber derzeit durch hohe Energiekosten relativiert wird) und die mangelnde Bekanntheit bei Planern wärmetechnischer Anlagen. Demgegenüber stehen Chancen aufgrund des geringen Platzbedarfs und durch das erweiterte Anwendungsspektrum und die architektonischen Integrationsmöglichkeiten auch bei Bestandsgebäuden durch die Außenaufstellung.

Nach der Präsentation werden folgende Fragen gestellt bzw. Anmerkungen gemacht:

- Welcher Unterdruck wird für das Vakuum benötigt? -> 0,1 bis 10 mbar.
- Wie können die Anschlüsse durch die Vakuumdämmung geführt und gedämmt werden? -> Die Anschlüsse werden nach unten geführt und dort mit konventioneller Dämmung gedämmt.
- Es ist schwierig, diese vakuumgedämmten Großspeicher im Internet zu finden.
- Kann das Vakuum erneuert werden? -> Ja, über einen Anschluss und eine Vakuumpumpe. Es wird aber auch an einer neuen Technologie mittels einer sogenannten „Zeolithfalle“ gearbeitet. Grundsätzlich ist die Dämmwirkung der Speicher auf 20 Jahre ausgelegt.

## Projektvortrag 2: Prof. Rosemarie Wagner (Karlsruher Institut für Technologie (KIT))

### „BioFassade – Fassadenelemente mit Hochleistungswärmedämmung aus Biopolymeren“

Prof. Rosemarie Wagner erläutert die Ziele des Vorhabens BioFassade. Es soll ein Fassadendämmsystem mit nachwachsenden Rohstoffen und wieder verwendbaren Bauteilen und Baustoffen sowie hoher Rückfahrbarkeit in den biologischen und/oder technischen Stoffkreislauf entwickelt werden. Dabei sollen ausschließlich mechanische Befestigungssysteme zum Einsatz kommen und eine einfache Montage möglich sein. Eine hohe Dämmwirkung im Winter und Kühlwirkung im Sommer wird angestrebt. Der Arbeitsplan sieht zehn Arbeitspakete von den Anforderungen und Randbedingungen bis hin zu den Musterbauteilen und der Demonstrationsfassade vor und unterteilt in die Bereiche Werkstoffentwicklung, Komponenten und Integration. Der Fassadenaufbau kann in folgende Schichten unterteilt werden: Oberfläche innen, Dämmpaneele, Tragprofil (Randprofil unten tragend), Klemmprofil, Witterungsprofil und Witterungsschicht außen.

Als Dämmmaterial wurde Celluloseacetatfaser (CA-Faser) gewählt, was auch in Zigarettenfilter verwendet wird, und als Hohlfaser ausgesponnen wird. Dabei entsteht eine Endlosfaser, die dann in Stapelfasern geschnitten wird. Ein weiterer Werkstoff für die Fassade ist Arboblend® tecnar, ein Biopolymer, das je nach Anforderungen aus unterschiedlichen Bestandteilen zusammengesetzt werden kann (PHA, PCL, PLA, Bio-PET, BIO-PE, Bio-PA, Lignin, Naturharzen, -wachsen, -ölen, natürlichen Fettsäuren, Cellulose, biologischen Additiven). Es soll im Vorhaben sowohl als Binfefaser bzw. Hohlfaser für die Wärmedämmung als auch in den Profilen im Bereich der Rand- und Kantenprofile sowie als Witterungsschicht an der Außenseite zum Einsatz kommen. Das Wärmedämmelement aus CA-Faser und Binfefaser und weiteren Zusatzstoffen (Aerogel und Flammenschutz aus Aluminiumpulver) entsteht in einem Einblasverfahren. Das Dämmelement hat einen umlaufenden Rand als Nut und Feder und auf der Rückseite eine weiche Gitterstruktur zum Ausgleichen von Unebenheiten der Wand. Die vertikalen Tragprofile bestehen aus nicht rostendem Stahl. Das Anpassen der Breite des Dämmelements an Gebäudeecken, Fensteröffnungen, Türleibungen, Sockel und Dach erfolgt durch Heizdrahtschneiden. Um einen Luftspalt zwischen Wand und Dämmung zu vermeiden wird ein vorgekrümmtes Klemmprofil verwendet, welches die Dämmung auf die Wand presst. Außenseitig kann z. B. eine

Holzverbundplatte angebracht werden.



Abbildung 5: Fotos der Konstruktion bestehend aus Dämmelement, Stahlprofil und vorgekrümmtes Klemmprofil. Abbildung: KIT.

Die durchgeführten Bauteilversuche beinhalten künstliche Besonnung und einen Bewitterungstest in den Versuchsständen des Fraunhofer IBP. Dabei ergab die Schlagregenprüfung ein Eindringen von Wasser ab 150 Pa. Die Ursache für das noch zu lösende Problem ist die Nachgiebigkeit des Witterungsprofils. U-Wert-Berechnungen für verschiedene Varianten resultierten in Wärmedurchgangskoeffizienten von ca.  $0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bei 16 cm Dämmstoffstärke. Das Technology Readiness Level wird als TRL 5 bis 6 eingestuft.

Prof. Rosemarie Wagner nennt als Stärken der Technologie, dass eine Dämmung aus nachwachsenden Rohstoffen entwickelt wurde, die keine Klebe- und Dübelverbindung benötigt und eine hohe Vorfertigung und einfache Montage ermöglicht. Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Wasseraufnahme im Schlagregentest, die reduziert werden muss. Auch die Metallprofile sollen noch durch ein anderes Material ersetzt werden, sowie das Einbringen von Aerogelen auf Ligninbasis ermöglicht und der Flammschutz vereinfacht werden. Als Hemmnisse für die Marktreife betrachtet sie den noch fehlenden Vertriebspartner, die derzeit noch nötigen Stahlprofile und die Unsicherheit, ob auf die Verbindung zwischen Wand und Dämmung verzichtet werden kann. Auch eine Anlage zur Herstellung im Einblasverfahren wird benötigt. Demgegenüber sieht sie die Chancen der Technologie in der Möglichkeit der Rückführung der Dämmplatten und der Unterkonstruktion in den stofflichen Kreislauf und in der vielfältigen Fassadengestaltung der Witterungsschicht.

Rückfragen aus dem Publikum betreffen die Wärmetransportmechanismen und den Faserdurchmesser (20 – 50  $\mu\text{m}$  für Tecnar Biopolymere und 100  $\mu\text{m}$  für CA-Hohlfasern). Den Hauptanwendungsbereich der Technologie sieht Prof. Rosemarie Wagner auf Nachfrage bei der Dämmung von Bestandsgebäuden, da die Dämmelemente auf unebenen Untergründen angebracht werden können.

### Projektvortrag 3: Lukas Herrmann (ProVentecs)

#### „HaLo-Filter – Entwicklung eines hochabsorbierenden Grob- und Feinstaub-Luftfiltermaterials“

Die Projektidee von HaLo-Filter, so Lukas Herrmann, ist die Erhöhung des Einsatzes und der

Akzeptanz energieeffizienter dezentraler Wohnraumlüftungssysteme in dem die Probleme störende Ventilatorgeräusche, hoher Strombedarf, geringe Filterstandzeiten und hoher Platzbedarf für die Filter angegangen werden sollen. Das Vorhaben HaLo-Filter (High-absorption Low-pressure-loss Filter) entwickelt deshalb ein hochvoluminöses Filtermaterial auf Basis von Mikro-/Nanofasern. Mit einem neuartigen Herstellungsprozess ist es möglich ein Luftfiltermaterial zu entwickeln, dass bei gleicher Filterleistung einen niedrigen Druckdifferenzverlauf und eine erhöhte Staubspeicherfähigkeit aufweist. Das HaLo-Luftfiltermaterial wird längs zur Filteroberfläche durchströmt und kann deshalb die wirksame Filterfläche entsprechend der Durchströmungstrecke erhöhen. Dadurch sind neue Filtergeometrien möglich und die Integration des Filtermaterials in die Strömungskanäle eines Luftwärmeübertragers. Lukas Herrmann zeigt Fotos der Laboranlage und der Vermessung der Prototypen auf einem Filterprüfstand. Das Technology Readiness Level des Halo-Filtermaterials stuft er aktuell in TRL 3 (experimenteller Nachweis des Konzepts) und als Projektziel in TRL 4 (Funktionsnachweis im Labormaßstab) ein.



Abbildung 6: Fotos der Laboranlage und des Filterprüfstands für das HaLo-Filtermaterial. Abbildung: Proventecs.

Zukünftig kann das HaLo-Filtermaterial nicht nur in dezentrale, raumweise installierte Wohnungslüftungsanlagen, sondern auch in anderen Bereichen eingesetzt werden, so z. B. in anderen raumluftechnischen Anlagen, als Vorfilter in der Reinraumtechnik, als Wechselfilterpatronen für FFP2-Masken und auch in der Automobil- und Luftfahrtindustrie. Das Marktpotenzial hat das Projekt anhand von drei unterschiedlichen Szenarien für die Entwicklung der mechanischen Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung abgeschätzt (mit einem Marktwachstum zwischen 4,5 %/a und 13,6 %/a). Die Stärken des HaLo-Filters sieht Lukas Herrmann in der erhöhten Staubspeicherfähigkeit, dem flachen Druckdifferenzverlauf und den längeren Filterstandzeiten sowie der individuellen Anpassfähigkeit der Filtereigenschaften und dem reduzierten Stoffeinsatz. Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Reduzierung der Komplexität des Herstellungsprozesses. Hemmnisse gegenüber dem Einsatz sind, dass

herkömmliche dezentrale Push-Pull-Lüftungsanlagen oft nicht genug Druckdifferenz liefern, um ein Feinfiltermaterial bei ausreichendem Volumenstrom durchströmen zu können, und generell, dass die Anreize zum Einbau von Wohnungslüftungsanlagen noch zu gering sind. Demgegenüber liegen die Chancen der Technologie in der einfachen Integration in bestehende Anlagenkonzepte, der Reduktion des Energieverbrauchs von Wohnungslüftungsanlagen und in der Kombination aus Luftfilter und Wärmeübertrager.

Im Anschluss an den Vortrag gibt es folgende Rückfragen:

- Kann der Staub aus dem Filter abgereinigt werden? -> Nein, aber der Filter kann länger als andere Filter eingesetzt werden, da er mehr Staub binden kann.
- Kann der Filter beidseitig durchströmt werden? -> Ja.
- Wie verhalten sich die Kosten im Vergleich mit anderen Filtern? -> Das ist derzeit noch nicht klar.
- Ist das Filtermaterial auch in Pendellüftern einsetzbar? -> In Pendellüftern sind derzeit noch keine Feinfilter enthalten.
- Wird auch die Lautstärke des Lüftungsgeräts betrachtet? -> Das Ziel der Entwicklung ist auch die Geräuschminimierung der Lüftungsanlagen.

## Projektvortrag 4: Michael Brütting (ZAE Bayern)

### „MultiFace – Multifunktionale schlanke wärmedämmende Fassadenelemente“

Michael Brütting leitet seinen Vortrag mit den angestrebten Eigenschaften des im Vorhaben MultiFace entwickelten Fassadenelements, ein. Der Titel des Projektes lautet: Multifunktionale, schlanke, wärmedämmende Fassadenelemente mit erhöhter Wärmespeicherkapazität und integrierter aktiver Temperierung zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz von Gebäuden. Im Vergleich zu konventionellen Beton-Sandwichenelementen mit einer üblichen Dicke von ca. 0,23 m, weisen MultiFace-Elemente eine deutlich geringere Fassadendicke von 0,12 m mit einem entsprechend geringeren Materialaufwand auf. Für die Fassadenelemente ist kein vorrangiger Einsatz vorgesehen. Sie können bei verschiedenen Gebäudetypen (Wohngebäude, Nichtwohngebäude mit unterschiedlichen Nutzungen wie z. B. Büro) ihren Einsatz finden. Der Fokus im Projekt liegt zunächst auf dem Bürogebäude. Herr Brütting beschreibt den Aufbau des Fassadenelements mit den einzelnen Bestandteilen der Konstruktion und geht dabei auf die Aufgaben der beteiligten Projektpartner ein. Bei der MultiFace-Fassade handelt es sich um ein geschoßhohes Bauteil. Die Kernelemente des Fassadenelements stellen die Speicherkassetten bestehend aus Blasformteilen gefüllt mit Latentwärmespeichermaterial und das Rohrsystem zur aktiven Temperierung dar (siehe Abbildung 7). Darauf wird zur Außenseite hin Vakuum-Dämmung angebracht. Die Kernelemente der Fassade werden auf eine Tragschale aus einem ultrahochfesten Beton (UHPC) angebracht und von außen mit einer Vorsatzschale, ebenfalls aus UHPC, abgeschlossen. Die Blasformteile der Speicherkassetten werden als Prototyp zu Testzwecken mit Hilfe eines großen 3D Druckers hergestellt. Die fertigen PCM Hybridkassetten werden auf einem Zyklenprüfstand thermisch charakterisiert, d. h. es wird Zyklenbeständigkeit geprüft, die Be- und Entladeleistung sowie Speicherkapazität bestimmt, aber auch

Temperaturen, Massen- und Wärmeströme erfasst. Die Messungen am Prüfstand dienen gleichzeitig zur Validierung der Simulation von Komponenten, mit welcher weitere Optimierungsmöglichkeiten untersucht werden.

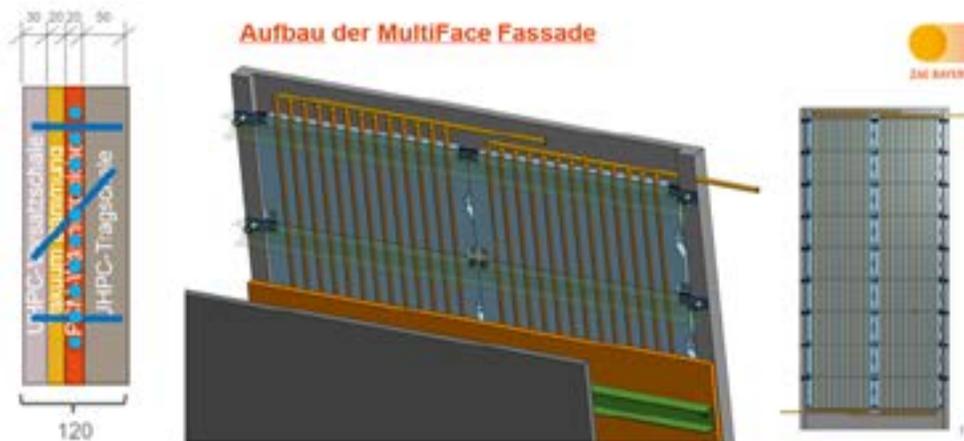


Abbildung 7: Schematischer Aufbau der MultiFace-Fassade (links) und Grafik zum Aufbau der PCM-Hybridkassetten mit dem darin verlegten Rohrsystem zur aktiven Temperierung (rechts). Abbildung: ZAE Bayern.

Beim ultrahochfesten Beton (UHPC) handelt es sich um Faserbeton mit beigemischten Basaltfasern, welche zur hohen Zug- und Druckfestigkeit des Materials beitragen und einen geringen Materialeinsatz ermöglichen. Ähnlich wie bei einer konventionellen Beton-Sandwichfassade sind auch hier Verbindungselemente notwendig. Als wärmebrückenfreie Befestigung werden Traganker aus basaltfaserverstärktem Kunststoff (BFK-Anker) entwickelt und eingesetzt mit einer deutlich geringeren Wärmeleitfähigkeit als herkömmliche Stahlanker. Das Kernmaterial der Vakuumisulationspaneele (VIPs) besteht aus einem verpressten mikroporösen Pulver, gasdicht verpackt mit Hilfe einer Hochbarrierefolie und evakuiert, wodurch sich eine extrem niedrige Wärmeleitfähigkeit ergibt. Diese liegt typischerweise in einem Bereich von etwa  $4 \cdot 10^{-3} \text{ W/(m K)}$  bis  $7 \cdot 10^{-3} \text{ W/(m K)}$ , also um einen Faktor 5 bis 10 geringer als bei konventionellen Dämmstoffen. Zur Anbringung des Paneels werden in diesem kleinformatige Aussparungen entwickelt. Zur Bewertung des Fassadenelementes im Gesamtsystems wurde ein Simulationsmodell mit Erzeugung (mit Wärmepumpe als Wärmequelle), Speicherung und Verteilung entwickelt. Damit sollen das Gesamtsystem und die Parameter optimiert, aber auch Regelungsstrategien entwickelt werden. Ergänzend dazu wird ein Demonstrator entwickelt und gebaut, an welchem ein Monitoring durchgeführt und Regelungsstrategien erprobt werden. Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit ist es vorgesehen, das Projekt als Showcase durch einen Pavillon oder Messestand zu präsentieren.

Als Stärken der Technologie werden die Kombination von mehreren innovativen Technologien in einem Bauteil und die Möglichkeit zur optimierten Steuerung und Regelung durch interne Temperierung des Speicherelements gesehen. Der Optimierungsbedarf besteht in der Entwicklung von Regelungsstrategien für den optimalen Einsatz des Bauteils, aber auch in der Optimierung des eingesetzten Speichermaterials und der Speicherkassette. Als Hemmnisse für den Einsatz werden hohe Investitionskosten, aber auch die Komplexität des Systems vermutet. Demgegenüber werden die Senkung des Ressourceneinsatzes, die Erhöhung der

Energieeffizienz und der Behaglichkeit durch Flächentemperierung als Chancen der Technologie genannt.

Im Anschluss an den Vortrag gibt es folgende Rückfragen:

- Lässt sich das Vakuum in den Paneelen regenerieren? -> Nein, da die Vakuumpaneele unter Vakuum verschweißt werden und somit keine Anschlussmöglichkeit haben.
- Wie hoch ist die Lebensdauer von den Vakuumisulationspaneelen? -> 30 bis 50 Jahre beim sachgemäßen Einsatz.
- Anmerkung, dass die Lebensdauer des Gebäudes deutlich höher ist. -> Es ist vorgesehen, die Verbindungselemente lösbar zu machen, damit die VIPs bei Bedarf ausgetauscht werden können.
- Da die Fassadenelemente geschoßhoch ausgeführt werden, wird die Frage nach dem Abschluss der Elemente gestellt. -> Dies wird im Rahmen des Projektes noch entwickelt.
- Auf welchem Temperaturniveau findet der Phasenwechsel statt? -> Geplant sind 26 °C.

## Projektvortrag 5: Bert Schiebler (ISFH)

### „HP-SYS – Kostengünstige & zuverlässige Solarthermieanlagen“

Zu Beginn seines Vortrags zeigt Bert Schiebler anhand eines Diagramms auf, wie Solarthermie als Effizienz-Booster für die Wärmewende wirken kann. Durch den Ausbau von Solarthermie kann der Stromverbrauch, aber auch das Risiko einer Ökostromlücke reduziert und dadurch die Ziele der Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen eher erreicht werden als durch reine Elektrifizierung. Die Vorteile, welche Solarthermie mit sich bringt, sind Kompatibilität mit allen Wärmeerzeugern, Einsparung von Brennstoffen, sofortige Verfügbarkeit der Energie ohne Aufbau einer zusätzlichen Infrastruktur. Aus den genannten Gründen wird als Forschungsziel der Abbau von Hemmnissen und die Steigerung der Attraktivität der Solarthermie definiert. Um dies zu erreichen wird im Rahmen des Projekts ein typisches Problem herausgegriffen und angegangen: „die Stagnation“, d. h. die Überhitzung der Solarthermie-Anlage. Durch Vermeidung von hohen Temperaturen und Dampf wird die Betriebssicherheit erhöht und es bietet sich ein Potential zur Kostenreduktion (durch günstige Komponenten, einfachere Installation und geringerem Wartungsaufwand). Anhand einer Übersicht erläutert Herr Schiebler die unterschiedlichen Möglichkeiten, wie die Stagnation vermieden werden kann. Im Projekt werden Wärmerohre, so genannte HeatPipes, genutzt. HeatPipes übertragen Wärme über einen Verdampfungs- und Kondensationskreislauf. Ab einer bestimmten Temperatur des Arbeitsfluids wird der Wärmetransport innerhalb des Kollektors eigensicher begrenzt.

Dem aktuellen Projekt „HP-SYS“ gehen bereits zwei Projekte voraus „HP-Opt“ und „HP-Koll“. So wurde das neuartige Systemkonzept ohne Stagnationsprobleme von der Grundlagenentwicklung zur Anwendung gebracht. Im Rahmen des aktuellen Projekts wurden mehrere Demonstrationsanlagen umgesetzt und einem Monitoring unterzogen. Diese wurden mit einer thermischen Simulation abgebildet, um einen Vergleich mit Referenzsystemen herstellen zu können. Zusätzlich wurden die zu erwarteten Kostenvorteile geprüft und verifiziert. Der verfolgte Ansatz ist, die thermomechanische Belastung zu verringern, was gleichzeitig zu

günstigeren Komponenten und einer kleineren Dimensionierung führt, wie den Einsatz eines Kunststoff-Verbundrohr aus der Heizungsbranche, der Verringerung des Volumens vom Membranausdehnungsgefäß (MAG-Volumen) um den Faktor 3-5, keinem Vorschaltgefäß und einer kunststoffbasierte Solarstation (siehe Abbildung 8).

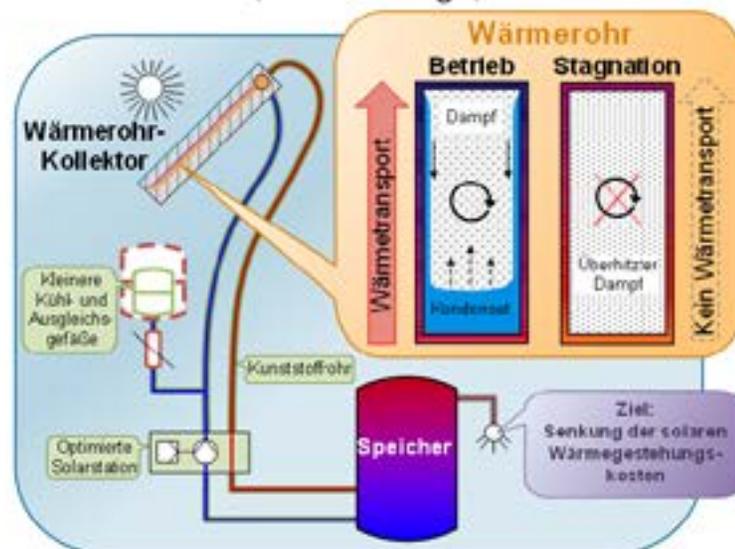


Abbildung 8: Schematische Darstellung des innovativen Systemkonzeptes im Gesamtsystem sowie der Ziele, die mit dem innovativen System verfolgt werden. Abbildung: ISFH.

Der entwickelte Ansatz wurde sowohl mit Vakuumröhren - als auch mit Flachkollektoren an verschiedenen Standorten realisiert. Auf dem Institutsgelände für Solarenergieforschung ISFH in Hameln konnte ein direkter Vergleich zwischen einem üblichen System (gemäß Stand der Technik) und dem innovativen System gemacht werden. Im Rahmen des Anlagenbetriebes konnte gezeigt werden, dass bei höheren Betriebstemperaturen die Kollektorleistung wie geplant geschaltet wird. Anhand der Temperaturmessung im durchgeführten Vergleich wurde gezeigt, dass durch die für das HeatPipe-System charakteristische Trennung zwischen Absorber und dem Solarkreis im Solarkreis kein Dampf und keine hohen Temperaturen entstehen. An allen Anlagen konnte bestätigt werden, dass die maximale Temperatur unter der Siedetemperatur bleibt. Eines der Ziele ist es die Kosten durch den Einsatz der neuen Komponenten zu senken. Die Kostenbewertung hat eine Einsparung der Investitionskosten von 7 bis 16 % im Vergleich zu einer Referenzanlage ergeben. Die Einsparung im Rahmen der Wärmegestehungskosten wurde anhand der Annahmen aus der IEA TASK 54 und Nutzerträgen aus TRNSYS-Simulationen ermittelt und liegt bei Vakuumröhrenkollektoren bei 21 bis 22 %. Bei Flachkollektoren beträgt die Einsparung nur 14 bis 18 %, da die Absorberfläche systembedingt 9 % geringer ist als die Fläche des Referenzkollektors (dies ist bei Röhrenkollektoren nicht der Fall). Im Rahmen des aktuellen Projekts wird ein TRL von 6 bis 8 erreicht. Als Ausblick stellt Herr Schiebler das Verbundvorhaben „HP-BIG“ vor, bei welchem das innovative System im Kontext von Großanlagen angewendet werden soll.

Als Stärken der Technologie fasst Herr Schiebler den eigensicheren Überhitzungsschutz, höhere Betriebssicherheit, niedrigere Investitionskosten und geringeren Wartungsaufwand zusammen. Der Forschungsbedarf besteht im Potential zur Verbesserung des Flachkollektor-Konzeptes, in der Abbildung der Abschaltung in praxistauglichen Simulationstools, in der Bewertung der

Wartungsintensität im langfristigen Betrieb, aber auch in der Anpassung/Optimierung für den Einsatz in Großanlagen. Als Hemmnisse wurden die Zurückhaltung bei Herstellern/Handwerkern (Anwendern) z. B. bei Verwendung von Kunststoffrohren im Solarkreis, die schwierige Realisierbarkeit der Umsetzung einer Fertigungslinie für Flachkollektoren mit Wärmerohren und der geringe Marktanteil der beteiligten Industriepartner identifiziert. Die Chancen der Technologie werden im geringeren Aufwand für Komponenten und Installation, in der Reduzierung der Kosten, im Abbau von Hemmnissen und in der angestrebten Steigerung der Attraktivität für Anwender gesehen.

Im Anschluss an den Vortrag gibt es folgende Rückfragen:

- Aus dem Publikum wurde eine Verständnisfrage in Bezug auf die vorgenommene Trennung zwischen dem Absorber und dem Solarkreis gestellt. Herr Schiebler erläutert die Funktionsweise des Systems anhand einer der gezeigten Folien. Er beschreibt, dass der Wärmetransport zwischen dem Absorber (Wärmequelle) und dem Solarkreis (Wärmesenke) über den HeatPipe-Kreisprozess realisiert wird. Der Solarkreis ist über einen Sammler mit den HeatPipes verbunden und damit hydraulisch getrennt. Gegenüber den sog. direkt durchströmten Kollektoren kann der Solarkreis bei „hohen“ Temperaturen (Stagnationsfall) über die Leistungsbegrenzung in den HeatPipes vom Absorber thermisch entkoppelt und damit geschützt werden.
- Welche Besonderheit hat das eingesetzte Fluid? -> Es gibt keine Besonderheit. Es wird ein übliches organisches Fluid eingesetzt. Es kommt auf die Menge des Fluids an, denn es wird dabei die so genannte Austrocknungsgrenze ausgenutzt.
- Was passiert mit dem Fluid, wenn dieses verdampft ist, in Hinblick auf den gestiegenen Druck? -> Das Fluid bleibt im Kreislauf erhalten. Der höhere Druck infolge des Verdampfungsprozesses ist unproblematisch.

## Projektvortrag 6: Nasir Asadov (TU Berlin)

### „HotFIAd – Abwärmenutzung aus Kompakt-Rechenzentren mit HotFluid-Adsorptionskälte-System“

Nasir Asadov beginnt den Vortrag mit der Vorstellung der Motivation, den Energieverbrauch bei der Kühlung von Rechenzentren durch eine effizientere Abwärmenutzung zu senken. Dabei ist vorgesehen ein neuartiges flüssigkeitsbasiertes Server-Kühlsystem und eine Adsorptionskältemaschine miteinander zu koppeln. Als Ziel im Projekt wird „eine Effizienzsteigerung von 300 % gegenüber konventionell erzeugter Kälte“ gesetzt.

Zur Einleitung in das Projekt erläutert Herr Asadov, dass gleichzeitig mit der Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren auch die Kapazitäten steigen, was wiederum zu mehr Abwärmenutzungspotential führt. Der aktuelle Stand der Technik ist die Warmwasserkühlung, die zwei Vorteile mit sich bringt. Einerseits ist sie energiesparend durch den Einsatz von Pumpen statt Lüftern. Zusätzlich bietet sie ein höheres Potential an Abwärmenutzung. Im High Performance Computing (HPC) ist diese Art der Kühlung weit verbreitet. Die Server-Austrittstemperaturen betragen 55 °C. Die Technologie bringt zwei Herausforderungen mit sich.

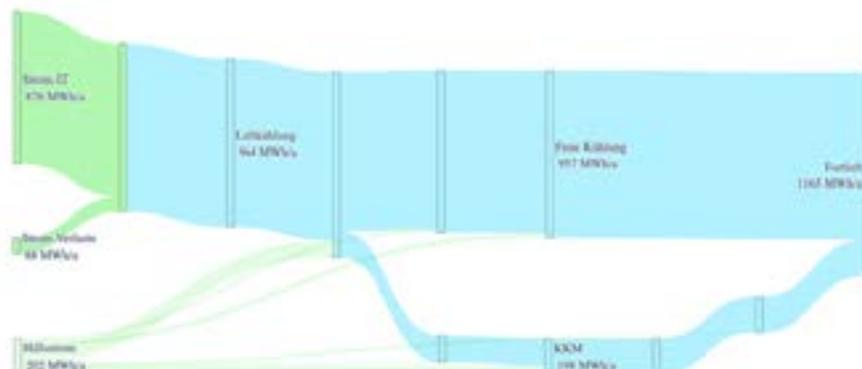
Zum einen können einige IT-Komponenten wie die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) und die Netzwerktechnik nicht wassergekühlt werden. Zum anderen wird das Warmwasser in der Regel nur im Winter gebraucht und im Sommer nicht genutzt. Dies soll im Rahmen des Projekts mit folgendem Ansatz gelöst werden: die Abwärme (Warmwasser) soll mittels einer Adsorptionskältemaschine zur Luftkühlung der nicht mit Wasser kühlbaren Komponenten benutzt werden. Im Rahmen des Projekts wurden zwei Versuchsanlagen umgesetzt, im Labor und im Feldtest (siehe Abbildung 9). Mit den Prüfständen konnte das System validiert werden. Das Gesamtpotential des HotFIAd-Systems im Vergleich zu einer Referenzanlage wurde mittels einer energetischen Simulation ermittelt.



Abbildung 9: Fotos zum Aufbau im Labor (beide links) und zum Aufbau im Feldtest (rechts). Abbildung TU Berlin.

Anhand von zwei Energieflussdiagrammen erläutert Herr Asadov den Unterschied zwischen einem konventionellen Kühlsystem und dem innovativen System (siehe Abbildung 10).

Referenz | Frankfurt am Main |  $P_{IT}$  100kW | Wasserkühlung 0%  
pPUE<sub>g</sub> 1,23



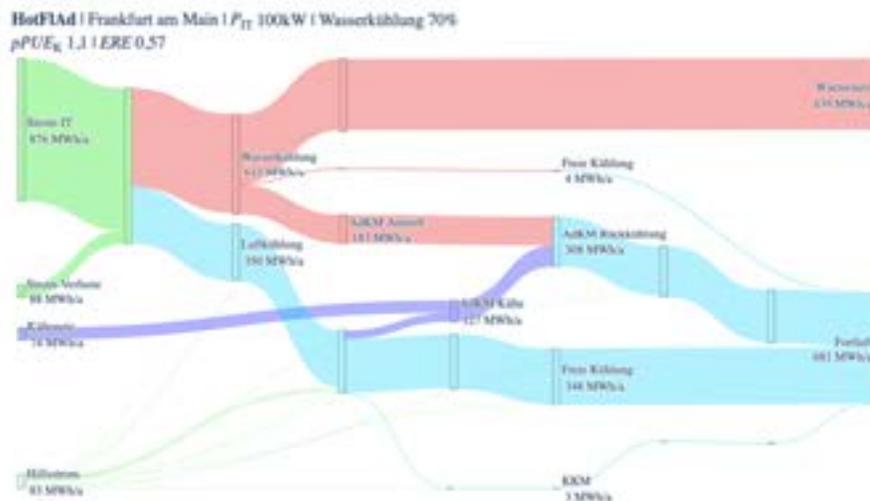


Abbildung 10: Energieflussdiagramm des Referenzsystem ohne Wasserkühlung (oben) und mit Einsatz des HotFIAd-Systems (unten). Abbildung TU Berlin.

Im Rahmen der konventionellen Luftkühlung mit einer Kompressionskältemaschine wird der gesamte Strom (im Diagramm grün dargestellt) zur Luftkühlung genutzt und die Wärme anschließend in Form von Fortluft an die Umgebung abgegeben (im Diagramm blau gekennzeichnet). Beim neuen HotFIAd-System wird die gleiche Strommenge (grün) zu 2/3 zur Wasserkühlung (rot) und zu 1/3 zur Luftkühlung (blau) eingesetzt. Aus dem Energieflussdiagramm sind die drei folgenden Vorteile des innovativen Systems ersichtlich:

1. Um dieselbe Menge an Prozesswärme zu kühlen wird mit dem HotFIAd-System weniger Hilfsstrom benötigt.
2. Der größere Teil des erzeugten Warmwassers kann zur Gebäudeheizung genutzt werden (rot).
3. Mit Hilfe der Adsorptionskältemaschine wird ein Teil des Warmwassers zur Kälteerzeugung verwendet und damit die Kühlung von luftgekühlten Komponenten in einem Rechenzentrum vorgenommen und/oder die erzeugte Kälte ins Kältenetz eingespeist (lila).

Es liegt bereits ein Verkaufsmuster (Prototyp) vor, welches alle Anforderungen der Endanwendung erfüllt. Die Technologie kann in das Technology Readiness Level TRL 8/9 eingestuft werden. Der Fokus im Projekt liegt auf Kompakt-Rechenzentren (Edge-Rechenzentren). Als Teil des Projektes wurden auch Übertragbarkeitsstudien durchgeführt. Anhand des Energiebedarfs von Kompakt-Rechenzentren und den Simulationsergebnissen wurden für 2030 das Potential zur Einsparung an elektrischer Energie durch die Substitution der Kälte aus Kompressionskältemaschinen in Höhe von 0,55 TWh, das Potential zur nutzbaren Abwärme in Höhe von 2,02 TWh und das Potential zur nutzbaren Kälteenergie in Höhe von 0,34 TWh abgeschätzt. Die Stärken der Technologie im Vergleich zur Luftkühlung sind die effizientere Wärmeabführung und die direkte Wärmenutzung zur Gebäudeheizung und zur Kälteerzeugung. Diese Stärken der Technologie bieten gleichzeitig die Chance den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Rechenzentren deutlich zu reduzieren. Der Forschungsbedarf wird in der wirtschaftlichen Wasserkühlung der restlichen IT-Komponenten gesehen. Als Hemmnis werden die höheren Investitionskosten genannt.

Im Anschluss an den Vortrag gibt es folgende Rückfragen:

- Wie hoch sind die Arbeitszahlen des Adsorbers und welche Temperaturen werden erreicht? -> Die Temperatur liegt bei ca. 55 °C. 63 °C ist die höchste Temperatur, die erreicht wurde. Der COP-Wert des Systems mit ca. 0,63 ist relativ niedrig. Dies relativiert sich aber, da die Wärme „umsonst“ in den Rechenzentren zur Verfügung steht.
- Anmerkung: Es werden nicht mehr Adsorptionskältemaschinen eingesetzt, weil diese fehleranfällig seien. -> Ja, die Technik ist empfindlicher. Es gib weniger Fachleute, die sich mit dieser Technik auskennen. Deswegen traut man sich nicht, diese Technik in Rechenzentren einzusetzen.
- Sind die Kosten für die Rückkühlung im Energieflussdiagramm enthalten (Hilfsenergiebedarf) (Abbildung 10)? -> Ja
- Wie werden die Serverschränke mit Wasser gekühlt? -> Es werden nicht die Serverschränke mit Wasser gekühlt, sondern über wasserdurchflossene Kühlkörper direkt die Central Processing Units (CPUs), wo die meiste Wärme mit den höchsten Temperaturen entsteht.

### 3. Abschlussdiskussion

Im Anschluss an die Vortragsreihe wird mit Hilfe der SWOT-Analyse übergeordnet über alle Projekte und aus der Erfahrung der Teilnehmer heraus über die Stärken, Herausforderungen, Chancen und Hemmnisse von innovativen Technologien gemeinsam diskutiert. Die einzelnen Diskussionspunkte werden stichpunktartig auf einem Plakat festgehalten (siehe Abbildung 11).



Abbildung 11: Darstellung des im Rahmen der Diskussion ausgefüllten Plakats mit den

genannten Stichpunkten zu den Stärken, den Herausforderungen, den Chancen und Hemmnissen der innovativen Technologien.

Die Diskussion wird mit den Stärken der innovativen Technologien gestartet. Ein Teilnehmer fasst zusammen, dass aus der heutigen Vortragsreihe ersichtlich geworden ist, dass die Technologieentwicklungen zur Steigerung der Effizienz von unterschiedlichen Parametern beitragen. Gleichzeitig werden als Hemmnis hohe Investitionen festgestellt, welche bei nahezu allen Projekten genannt wurden. Es wird angeregt, die Kosteneinsparung infolge der Effizienzsteigerung zu ermitteln und diese den Investitionen gegenüberzustellen. Dazu wird aus dem Publikum angemerkt, dass es derzeit (gestiegene Energie- und Materialkosten aufgrund des Ukrainekriegs) nicht so einfach ist, die Kosten im Vergleich zu konventionellen Systemen zu ermitteln. Nichtsdestotrotz wird es als wichtig erachtet, Technologien weiterzuentwickeln, obwohl diese in der Regel zunächst teurer sind. Als weitere Stärken der innovativen Technologien werden die Ressourceneffizienz, die Neugier auf Innovationen, die Ausnutzung von bereits vorhandenen Räumen (Raumeffizienz), aber auch ein hoher Vorfertigungsgrad, eine einfache Montage und die einfache Integration in den Bestand identifiziert.

Optimierungsbedarf besteht beim Bekanntheitsgrad einer Technologie und der Kommunikation über diese. Branchen müssen umdenken, neu entwickelten Technologien einsetzen und Kunden von deren Nutzen überzeugen. Als ein weiterer Punkt zum Optimieren wird das Führen einer Datenbank bzw. einer Plattform genannt, in welcher die Hersteller ihre neuen Technologien listen sollen, sodass gezielt nach einer geeigneten Technologie bzw. Komponenten gesucht werden kann. Im Rahmen der Diskussionsrunde wird hierzu angeregt, da es schon an einzelnen Stellen solche Datenbanken gibt (z. B. in Simulationsprogrammen), diese in eine gemeinsame Datenbank zu überführen.

Als Hemmnis wird die steigende Komplexität der innovativen Anlagentechnik bei der Anwendung genannt. Daraufhin wird aus dem Publikum erwidert, dass das Hemmnis nicht unbedingt an der Komplexität einer Technologie liegt, entscheidender sei vielmehr, dass die innovative Technik einfach zu bedienen ist. Als Gegenaspekt wird erläutert, dass aufgrund der Komplexität die neu entwickelten Technologien nicht immer wie geplant funktionieren und diese auch zu einem Schaden an der Anlagentechnik führen können. Um dies zu vermeiden, wird in manchen Bereichen zu "LowTech" übergegangen. Im Folgenden wird angesprochen, dass bei der Verknüpfung von mehreren Technologie-Komponenten oftmals die Schnittstellen die Schwachpunkte des Gesamtsystems darstellen, die zu optimieren sind. Weiterhin werden die Unsicherheit und die fehlende Erfahrung bei den Monteuren/Installateuren beim Einsatz von innovativen Technologien als großes Hemmnis gesehen. Diese müssen für eine neue Technik bspw. auch die Gewährleistung übernehmen. Als Lösungsansatz für dieses Problem wird vorgeschlagen, den Einsatz von innovativen Technologien zu fördern und einen sogenannten Innovationsbonus z. B. für Anwender einzuführen, damit die möglichen Risiken und die zusätzlichen Kosten abgefangen werden können. Ein weiterer Vorschlag ist das Angebot an entsprechenden Schulungsmöglichkeiten für die Monteure/Installateure.

Als eine mögliche Chance, die Technologie am Markt und in den Handwerksbetrieben integrieren zu können, wird die Verbesserung der Lehre sowie die Erstellung von Bildungsmodulen genannt,

die das Wissen auf eine einfache und transparente Weise vermitteln. Damit die Energieeffizienz die mit Innovation meist einhergeht nicht „verloren“ geht, muss der Rebound-Effekt eingedämmt werden.

Moderator Jan Richarz bedankt sich im Namen des Moduls 2 bei den Vortragenden und den Teilnehmenden für die aktive Teilnahme und die rege Diskussion.

## 4. Fazit und Ausblick

Durch die projektspezifischen Vorträge und die anschließende Diskussion mit den Teilnehmenden können wichtige Punkte in Bezug auf Stärken, Herausforderungen, Chancen und Hemmnisse der innovativen Technologien identifiziert und zusammengetragen werden. Neben dem wertvollen Wissensaustausch werden durch den Workshop verschiedene Projekte zusammengebracht und der Austausch der Projekte untereinander angeregt und ermöglicht.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Vorträgen und aus den Diskussionen werden von der Begleitforschung aufgenommen und fließen in die themenspezifische Querauswertung des Moduls 2 Gebäude und in die geplante Veröffentlichung zu innovativen Technologien aus der Forschungsinitiative Energiewendebauen ein.

Das RokiG-Team (BF-Modul 2: Gebäude) bedankt sich herzlich bei den Projektnehmern\*Innen für die aktive Teilnahme und die rege Diskussion.



## Impressum

Herausgeber: Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen  
Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie Landesverband Berlin Brandenburg e.  
Erich-Steinfurth-Straße 8  
10243 Berlin

E-Mail: [BF-EWB@dgs-berlin.de](mailto:BF-EWB@dgs-berlin.de)  
Internet: [energiewendebauen.de](http://energiewendebauen.de)  
Autoren: Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Bildquellen wenn nicht explizit anders angegeben Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen.

Für den Inhalt und das Bildmaterial der einzelnen Beiträge tragen alleine die Autoren die Verantwortung. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder in einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.