Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

ENERGIEWENDEBAUEN
Wissenschaftliche Begleitforschung
Modul 2: Gebäude

Sanierung des Gebäudebestands Wärmepumpenausbau & modulare Sanierung

Ergebniszusammenfassung

Fokustreffen Modul 2 (Gebäude) der Wissenschaftlichen Begleitforschung Energiewendebauen (BF EWB)

Oktober 2022

verfasst von Yizhuo Zhang[1], Nico Fuchs[1], Jan Richarz[1], Jan Kaiser[2], Heike Erhorn-Kluttig[2], Dirk Müller[1]

[1] RWTH Aachen University, E.ON Energieforschungszentrum, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik (EBC)
[2] Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)

Inhalt

1. Kurzzusammenfassung 2
2. Danksagung 3
3. Einleitung 3
4. Vorträge aktueller Forschungsprojekte 7
4.1 Initiative zur Marktetablierung und Verbreitung von Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor 7
4.2 Serielle Sanierung mit multifunktionalen Fassadenelementen 9
5. Diskussionsgruppen 10
5.1 Wärmepumpen im Gebäudebestand 10
5.2 Modulare Sanierung 17
6. Fazit 22

1. Kurzzusammenfassung

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands ist die Kernaufgabe zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands in Deutschland. Zu diesem umfassenden Bereich wurden in dieser digitalen Veranstaltung die Themen „Wärmepumpen im Bestand“ und „Modulare Sanierung“ in den Fokus genommen. Rund 180 Teilnehmende erhielten zunächst eine thematische Übersicht sowie Einblicke in aktuelle Forschungsprojekte dieser Bereiche. Anschließend gab es Diskussionsgruppen zu den fokussierten Themen.

Wärmepumpen bieten hohes Potential zur Emissionseinsparung bei der Beheizung bestehender Gebäude. Hierbei sind, verglichen mit der Integration in Neubauten, teilweise erhöhte Herausforderungen zu bewältigen, welche sich in die Bereiche Auslegung, Betrieb und Akzeptanz einteilen lassen. Maßgeblich für eine hohe Effizienz des Wärmepumpensystems im Bestand sind vor allem notwendige Vorlauftemperaturen des Wärmeübergabesystems sowie ein regelungstechnisch gut eingestellter Betrieb. Darüber hinaus haben akustische Emissionen der Außeneinheiten sowie die Höhe der notwendigen Investitionen für ein Wärmepumpensystem hohen Einfluss auf die stärkere Marktdurchdringung.

Um den Energiebedarf der Gebäude zu verringern, aber auch um den Einsatz von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden zu erleichtern, müssen die Sanierungsraten der Gebäudehüllen weiter gesteigert werden. Modulare Sanierung bietet hier aufgrund von Vorfertigung und damit geringeren Bauzeiten auf der Baustelle, der möglichen Einsparungen von Gerüsten und allgemeinen Skalierungseffekten Möglichkeiten für Kostenreduktionen. Die Deutsche Energieagentur (dena) hat die Marktentwicklungsplattform „Energiesprong“ für modulare Sanierungen geschaffen. Im BMWK-Forschungsbereich Energiewendebauen forschen derzeit neun Vorhaben an modularen Sanierungstechnologien. Die Technologien reichen von reiner Dämmung bis hin zur Integration von unterschiedlichen Heizungs-, Lüftungs- und Kühltechnologien. Neben technischen Lösungen müssen für den Bereich der modularen Sanierung auch Antworten im Bereich der Prozesse wie z. B. für Geschäftsmodelle und Gewährleistungen gefunden werden.

2. Danksagung

Die wissenschaftliche Begleitforschung bedankt sich sehr herzlich bei Sebastian Helmling und Martin Kiesche für die spannenden Vorträge im Rahmen dieser Veranstaltung und bei allen Teilnehmenden für die angeregten Diskussionen.

3. Einleitung

Prof. Dr. Dirk Müller (RWTH Aachen, Modul 2 BF EWB) eröffnete die Veranstaltung mit einer kurzen Begrüßung und Vorstellung des Moduls 2 (Gebäude) der wissenschaftlichen Begleitforschung. Im Vortrag konkretisierte er die Bedeutung der Modernisierung bestehender Gebäude und ging auf die wesentlichen Hebel zur Dekarbonisierung des Gebäudebestands ein (Abbildung 1). Wärmepumpen als emissionsarme Möglichkeit zur Wärmeerzeugung sowie die modulare Sanierung als Möglichkeit der Effizienzsteigerung standen im Fokus der weiteren Ausführungen.

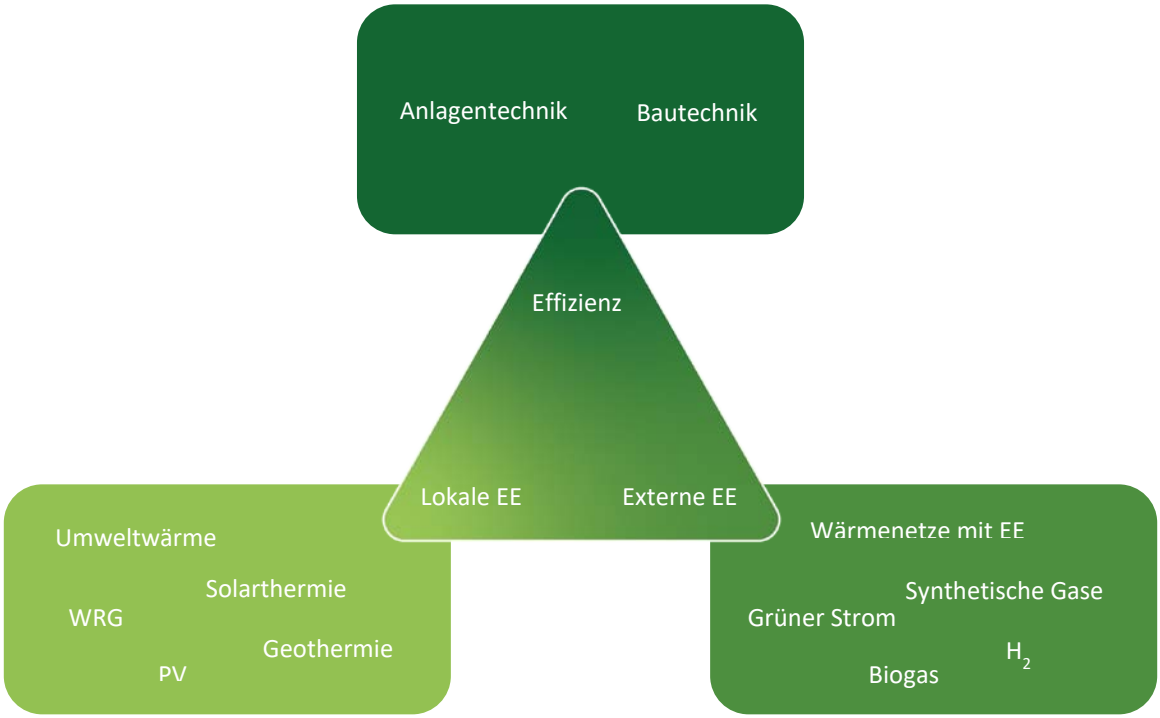


Abbildung 1: Möglichkeiten zur Dekarbonisierung des Gebäudebestands (eigene Darstellung BF-Modul 2)

Zur Potentialabschätzung und Demonstration der Synergien der Sanierung und des Wärmepumpenausbaus präsentierte Prof. Müller eine Beispielrechnung. Würde der Wärmepumpenausbau lediglich im unsanierten Gebäudebestand mit meist hohen Vorlauftemperaturen stattfinden, ergäben sich im Mittel geringere Jahresarbeitszahlen, die das Verhältnis der erzeugten Wärme und der eingesetzten elektrischen Energie beschreiben. Sanierung kann daher nicht nur den Wärmebedarf verringern, sondern auch die Vorlauftemperaturen im Heizsystem senken und damit zum effizienten Wärmepumpenbetrieb beitragen.

Nach Herausstellung der Potentiale ging der Vortrag weiterführend auf die Herausforderungen der Wärmepumpenintegration im Bestand ein. Als generelle Herausforderungen thematisierte er die Anlagendimensionierung, den Anlagenbetrieb sowie die Akzeptanz von Wärmepumpen. Die Dimensionierung von Wärmepumpen hängt maßgeblich von den Systemtemperaturen ab und ist

mitentscheidend für die Effizienz des Systems. Durch die hohen Abhängigkeiten des Wärmepumpenbetriebs von äußeren Randbedingungen liegen weiterhin hohe Effizienzpotentiale im Betrieb von Wärmepumpen in Interaktion mit dem Gebäudeenergiesystem.

Die Akzeptanz von Wärmepumpen als Ersatz von Kessellösungen entscheidet über den Markterfolg dieser technisch aufwendigeren Lösung. Neben den generellen Herausforderungen bestehen im Bestand besondere Herausforderungen für die Wärmepumpenintegration, welche im Vortrag thematisiert wurden. Insbesondere muss neben den bereits genannten hohen Systemtemperaturen im Gebäudebestand der Platzbedarf von Wärmepumpensystemen sowie der aufwändige Einbau und die Inbetriebnahme der Systeme beachtet werden. So kann eine gezielte Absenkung der Vorlauftemperatur über eine genauere Einstellung der Heizkurve Effizienzgewinne ermöglichen. Die weitere Absenkung der Vorlauftemperatur kann entweder durch einen Austausch des Wärmeübergabesystems (ältere Heizkörper können durch Heizkörper mit einer höheren Nennleistung ersetzt werden) oder durch die Senkung der Heizlast durch Dämmmaßnahmen erfolgen. Abbildung 2 demonstriert die Potentiale zur Vorlauftemperaturabsenkung durch Dämmung. Wenn die Vorlauftemperatur nicht hinreichend abgesenkt werden kann, kann ein vorhandener Gaskessel als sekundärer Wärmeerzeuger eine weitere Möglichkeit zur Vermeidung hoher Stromkosten verwendet werden.

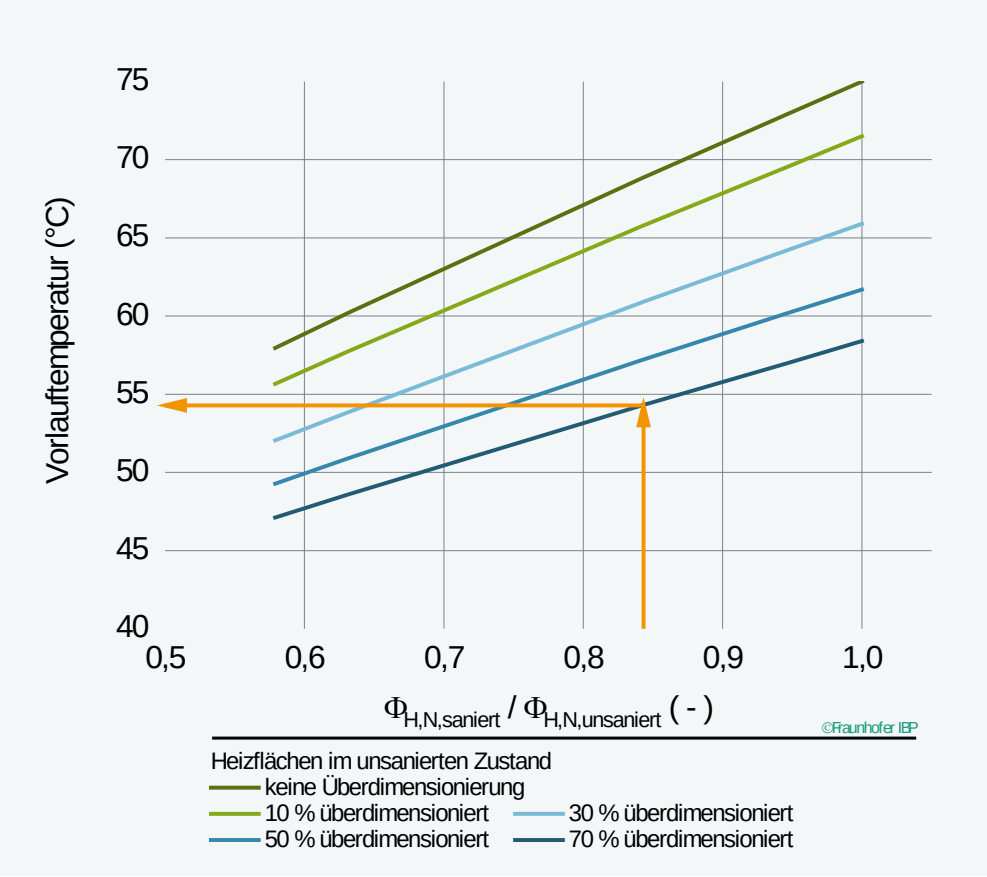


Abbildung 2: Vorlauftemperaturen in einem Einfamilienhaus Baujahr 1950 in Abhängigkeit des Sanierungszustandes unter Berücksichtigung der Überdimensionierung von Heizsystemen (eigene Darstellung BF-Modul 2)

Weiterführend ging Prof. Müller auf den aktuellen Fortschritt der Gebäudedämmung ein und zeigte anhand von Beispielen den Zusammenhang zwischen bauteilbezogenen Sanierungsraten und dem

Anteil der sanierten Gebäude. Abbildung 3 veranschaulicht, dass aktuell im Gebäudebestand meist nur einzelne Bauteilflächen gedämmt sind und bisher weitestgehend keine Vollsanierungen vorgenommen wurden.

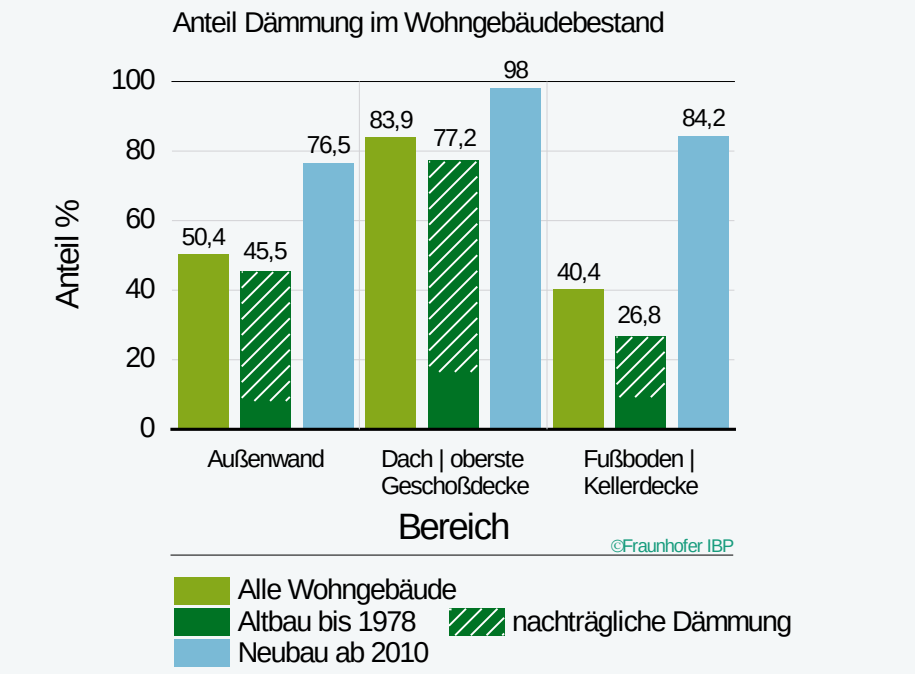


Abbildung 3: Anteil der gedämmten Gebäudeflächen nach Bauteilart[3] (eigene Darstellung BF-Modul 2)

Aus den Beispielen geht das Erfordernis der Erhöhung der energetischen Sanierungsrate hervor. Umfragen[4] zeigen finanzielle Hemmnisse als Haupthemmnis der Gebäudehüllensanierung, welche den größten Einfluss auf den Wärmebedarf besitzt. Die derzeitige Lage unterbrochener Logistikketten, der Kapazitätsengpässe im Handwerk sowie Preissteigerungen verschärfen die Sanierungshemmnisse. Auf der anderen Seite erhöht die Energiepreissteigerung den Handlungsdruck für Gebäudesanierungen. Modulare Sanierung bietet Potentiale, die Realisierung der notwendigen Sanierungsbeschleunigung trotz der genannten Hemmnisse zu erreichen. Ein hoher Grad an Vorfertigung kann Bauzeiten auf der Baustelle reduzieren und eine passgenaue Montage vor Ort, auch ohne das Aufstellen von Gerüsten, ermöglichen. Skalierungseffekte bei industrieller Produktion können zu Preisreduktionen führen. Weiterhin ist eine Integration der Anlagentechnik möglich, welche die positiven Sanierungseffekte unterstützen kann.

Abschließend fasste Prof. Müller die vorgestellten Potentiale des Wärmepumpenausbaus und der modularen Sanierung zusammen und übergab an die Moderation, die durch Jan Richarz (RWTH Aachen) erfolgte.

Es nahmen insgesamt ca. 180 Personen an der Veranstaltung teil. Eine Kurzumfrage im Anschluss an die Veranstaltung ergab folgende Teilnehmendenverteilung auf Tätigkeitsbereiche, wobei eine Mehrfachauswahl möglich war:

[3] Datenquelle: Cischinsky, H., Diefenbach, N.: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016; INSTITUT WOHNEN UND UMWELT GMBH, Darmstadt 04/2018
[4] Thamling, N., Pehnt, M., Kirchner, J.: Energieeffizienzstrategie Gebäude; Prognos, Berlin 2015

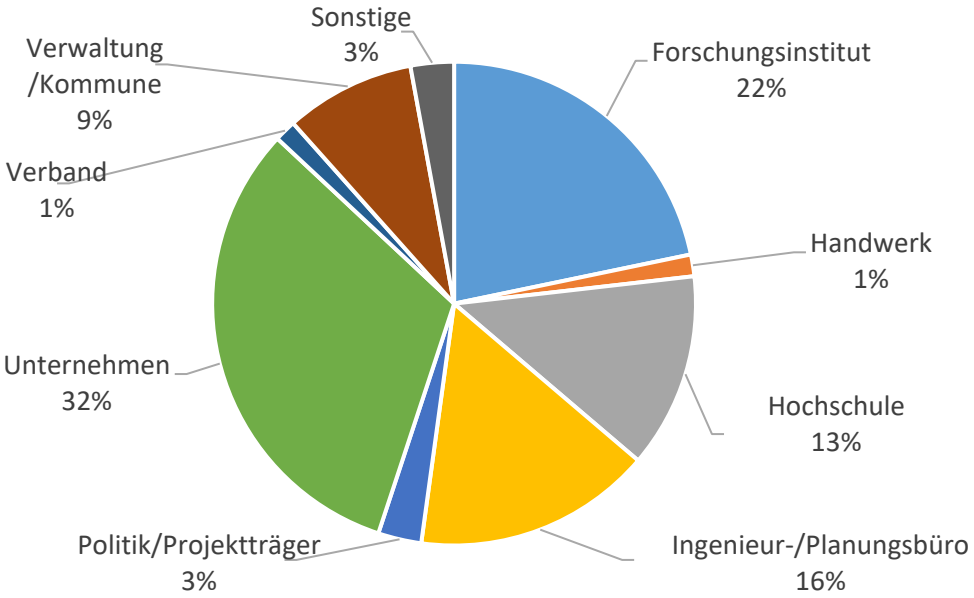


Abbildung 4: Verteilung der Teilnehmenden auf Tätigkeitsbereiche (Mehrfachauswahl möglich, (eigene Darstellung BF-Modul 2)

Aus der Teilnehmendenverteilung wird ersichtlich, dass es der Veranstaltung gelungen ist, verschiedene Akteure aus Forschung, Politik und Praxis zu adressieren.

4. Vorträge aktueller Forschungsprojekte

Zur Verbreitung der Forschungserkenntnisse der in dieser Veranstaltung adressierten Themenbereiche folgten zwei Vorträge aktueller Energiewendebauen-Forschungsprojekte.

4.1 Initiative zur Marktetablierung und Verbreitung von Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor

Der erste Vortrag, gehalten von Sebastian Helmling (Fraunhofer ISE), zeigte die Projektergebnisse des aktuell laufenden Forschungsprojektes integraTE (INitiative zur MarkTEtablierung und VerbReitung von Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor). Sebastian Helmling gliederte seinen Vortrag in eine Vorstellung des PVT-Kollektors, der aktuellen Marktkennzahlen, Beispielen von Demonstrationsanlagen sowie in Simulationsergebnisse des Projektes.

Zunächst ging der Vortrag auf die Funktionsweise eines PVT Kollektors ein. PVT Kollektoren bestehen aus einem PV-Modul und einem Wärmeübertrager und bieten die Möglichkeit zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme. Die mögliche Kühlung der PV-Module ermöglicht einen höheren Stromertrag als bei konventioneller PV. Die gewonnene Wärme kann als geräuschlose Wärmequelle für Wärmepumpen genutzt werden. In der Folge stellte Herr Helmling die unterschiedlichen Bauarten von PVT Kollektoren vor. Diese lassen sich hinsichtlich des Aufbaus in unabgedeckte sowie abgedeckte PVT-Kollektoren mit und ohne Optimierung der Umgebungsluftwärmeübertragung unterscheiden.

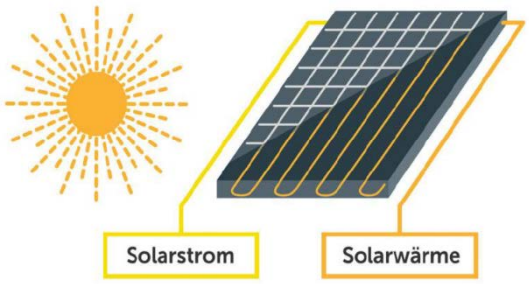


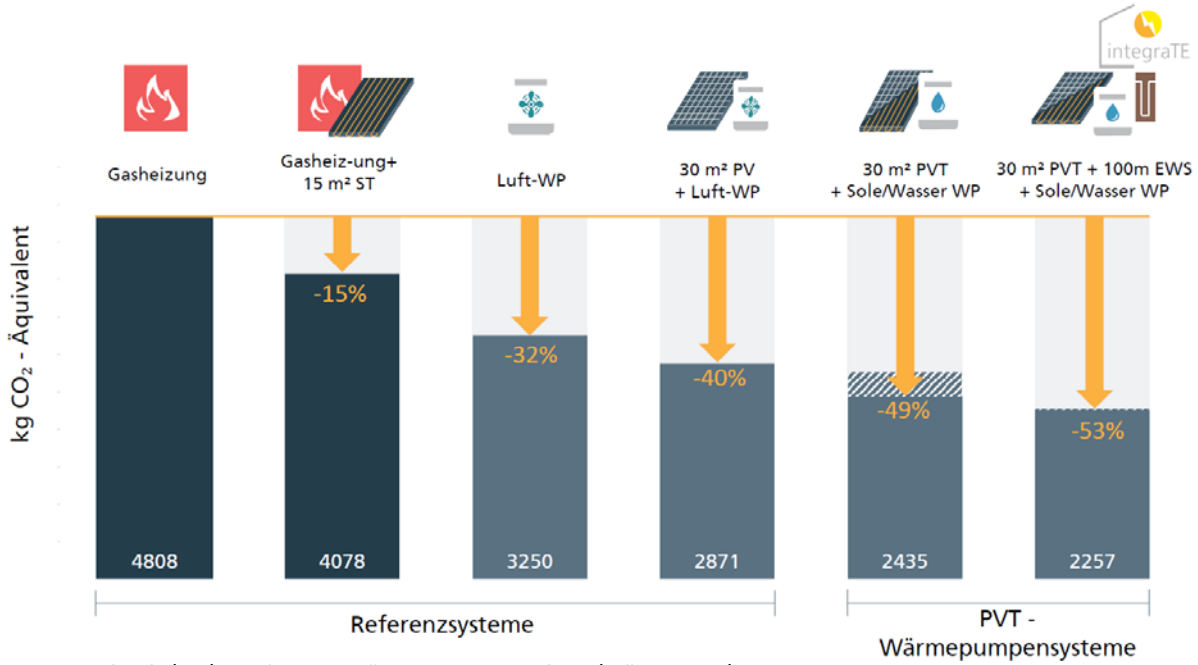
Abbildung 5: Prinzipskizze eines PVT Kollektors (Bildquelle: Vortrag Hr. Helmling)

Nach Vorstellung der grundsätzlichen Eigenschaften zeigte der Vortrag die Entwicklung der Marktzahlen von PVT-Kollektoren in Deutschland. Die Zahlen zeigen, dass sich die neu installierte PVT-Fläche pro Jahr in Deutschland von 2019 bis 2021 verdoppelt hat. Bei 96,5 % der Anlagen handelt es sich um unabgedeckte PVT-Kollektoren, die zu 85 % im Einfamilienhausbereich zu finden sind. Trotz der steigenden Marktzahlen handelt es sich bei PVT im Vergleich zu klassischen PV-Modulen dennoch um ein Nischenprodukt. Gerade im noch weniger von PVT durchdrungenen Mehrfamilienhausbereich sieht der Vortragende ein großes Potential für PVT-Systeme.

Im Projekt integraTE werden verschiedene PVT-Systeme in Demonstrationsgebäuden, sowohl im Neubau als auch im Bestand, eingesetzt und mit einem Monitoring wissenschaftlich begleitet. Herr Helmling stellt in seinem Vortrag verschiedene Anlagentypen und Verschaltungen im Gebäudeenergiesystem vor. Die PVT-Kollektoren werden in den Demonstrationsgebäuden als Wärmequelle für Wärmepumpen genutzt. Als zusätzliche Wärmequelle steht in einigen Gebäuden Erdwärme zur Verfügung. Die Wärmeübergabe erfolgt in den meisten Fällen über Fußbodenheizungen, im Fall von Bestandsgebäuden aber auch über Radiatoren. In den Demonstrationsgebäuden konnten Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpenheizungsanlagen von 3,4 bis 4,9 (Heizperiode 2021/2022)

gemessen werden. Aus den PVT-Kollektoren ließen sich im Mittel Energieerträge im Bereich von 250-600 kWh/(m²a) thermisch sowie 130-150 kWh/(m²a) elektrisch ermitteln. Daraus resultierten Deckungsanteile des nutzbaren PV-Stroms von 10-30 % in Anlagen ohne Batterie sowie von 25-40 % in Anlagen mit Batteriespeicher.

Nach Vorstellung der Demonstrationsgebäude führte Sebastian Helmling durch die Ergebnisse der Systemsimulation zweier verschiedener Einfamilienhäuser. Hierbei wurden jeweils ein typisches Bestandsgebäude mit Radiatoren als Übergabesystem sowie ein Neubau mit Fußbodenheizung gemäß Gebäudedefinitionen nach *IEA TASK 44* betrachtet. Die Ergebnisse der Systemsimulationen zeigen ein hohes CO_2-Einsparpotential gegenüber Referenzsystemen (vgl. Abbildung 6). Die Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpen in den PVT-Systemen liegen im Bereich von 3,1 bis 3,8. PVT als alleinige Wärmequelle für ein Wärmepumpensystem weist gemäß der Simulation eine höhere CO_2-Einsparung auf als ein Luft-Wärmepumpensystem.



ST: Solarthermie WP: Wärmepumpe EWS: Erdwärmesonde

Abbildung 6: CO_2-Emissionen für das EFH-Bestandsgebäude (Bildquelle: Vortrag Hr. Helmling)

In der Zusammenfassung stellte Sebastian Helmling die Vorteile von PVT-Systemen heraus. Diese sieht er insbesondere in der Verwendung als Wärmequelle für Wärmepumpen, um hohe Jahresarbeitszahlen zu ermöglichen und die Geräuschemissionen im Vergleich zu Luft-Wärmepumpen zu senken. Insbesondere in der Sanierung von Mehrfamilienhäusern im städtischen Raum sieht er große Einsatzpotentiale.

Rückfragen zu Herrn Helmlings Vortrag betrafen eine Abschätzung zur Eignung von PVT als alleinige Wärmequelle im Mehrfamilienhausbestand sowie eine Kostenabschätzung der Systemlösung. Zum Einsatz von PVT als alleinige Wärmequelle im Mehrfamilienhausbestand führte Herr Helmling die Herausforderung des geringen solaren Ertrags in den Wintermonaten an, weshalb sich eine sekundäre Wärmequelle anbiete. Um die Wärmegewinnung des Kollektors in Zeiten mit geringer oder ohne solare Einstrahlung zu erhöhen, sei die Bauvariante des ungedämmten Kollektors für diese Anwendung

zu empfehlen. Auf die Frage der Kostenabschätzung verwies Herr Helmling auf eine zukünftige Ermittlung und Veröffentlichung der Wärmegestehungskosten.

4.2 Serielle Sanierung mit multifunktionalen Fassadenelementen

Im Anschluss an den ersten Projektvortrag gab Martin Kiesche (TU Kaiserslautern) einen Einblick in das Vorhaben Lexu+, an dem die TU Kaiserslautern zusammen mit IZES, Schöck Bauteile und KOMZET BAU arbeiten. Kern des Vorhabens ist die Entwicklung eines Beton-Sandwichbauteils, welches bei einem hohen Vorfertigungsgrad als multifunktionales Fassadenelement genutzt werden kann. Das Element besteht aus einer äußeren Betonschale, in die Rohre in der Funktion als Solarabsorber integriert werden können. Die raumseitige Betonschicht kann ebenfalls mit Rohren versehen werden und ist dann als Flächenheizung, bzw. in Form einer Außenwandtemperierung (aWT) nutzbar. Beide Betonschichten werden durch eine Dämmschicht voneinander getrennt, wobei die Verbindungsmittel aus glasfaserverstärktem Kunststoff bestehen und damit wärmebrückenoptimiert sind.

Herr Kiesche betonte die Nutzbarkeit des Systems für die Einbindung erneuerbarer Energie in Wärmeversorgungssysteme und die Möglichkeit, das vorgefertigte Modul als thermischen Speicher für Gebäude verwenden zu können. Des Weiteren stellte Herr Kiesche eine Variante des Sandwich-elementes vor, welches als Lösungsansatz für die Sanierung von Gebäuden geeignet ist (Abbildung 7). Das Element ist dabei funktional aufgeteilt in einen außenliegenden Massivabsorber (durch Integration eines Rohrregisters), eine Dämmschicht sowie der raumseitig angeordneten Betonschicht, welche ebenfalls durch Rohrregister thermisch aktiviert werden kann. Das Fassadenelement soll dabei direkt auf die Bestandswand aufgebracht werden. Die Bestandswand kann somit durch die thermische Aktivierung des Sandwichelements auf niedrigem Temperaturniveau beheizt werden und dient dabei als thermische Speichermasse. Das Betonfertigbauteil wird derzeit an der TU Kaiserslautern zur Untersuchung am Laborgebäude „SmallHouse“ hergestellt.

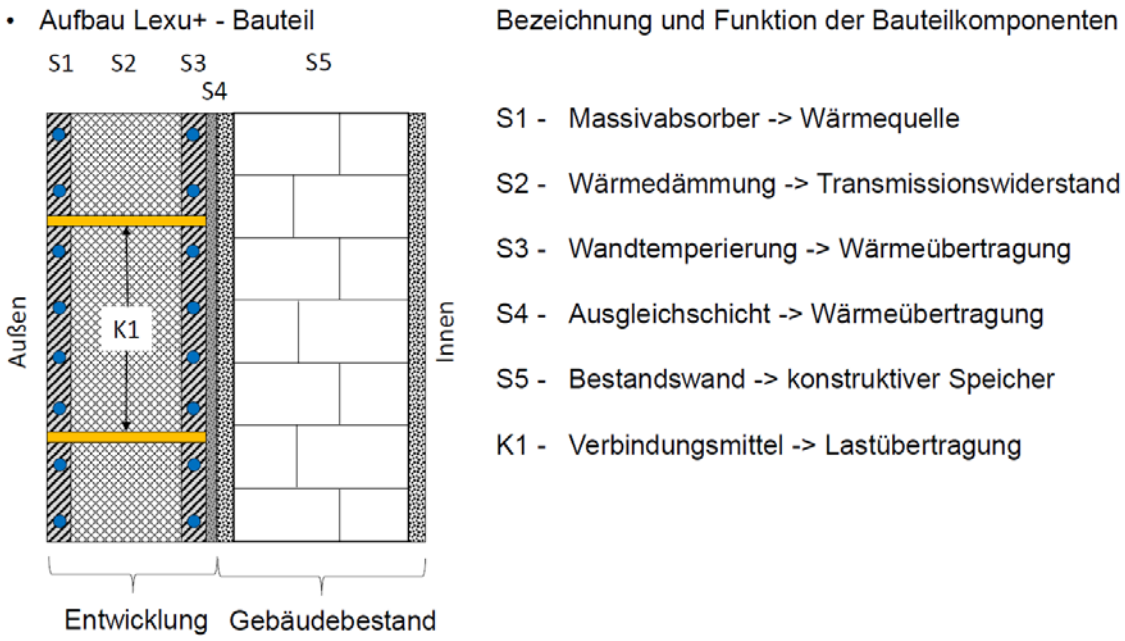


Abbildung 7: Aufbau des Lexu+-Beton-Sandwichteils für die Sanierung von Bestandsgebäuden (Bildquelle: Vortrag Hr. Kiesche).

Zum Vortrag gab es zwei Rückfragen aus dem Publikum. Die erste Rückfrage beschäftigte sich mit den Kosten des Systems. Herr Kiesche schätzte, dass das System Lexu+ ca. die dreifachen Kosten eines Wärmedämmverbundsystems aufweist. Gesicherte Daten liegen bisher noch nicht vor. Ein weiterer Zuhörer fragte nach der Haltbarkeit der Kunststoffrohre, die als Solarabsorber eingesetzt werden. In der Heizungsbranche gehe man von einer Haltbarkeit von 30 Jahren bei Kunststoffrohren aus. Gebäudebauteile sollten jedoch ca. 50 Jahre Lebensdauer aufweisen. Herr Kiesche entgegnete, dass Rohrregister aus Kunststoff bereits sehr lange eingebaut werden und der TU Kaiserslautern keine Schadensfälle bekannt sind.

Ergänzung durch Herrn Kiesche im Nachgang der Veranstaltung:

Aus dem Forschungsbericht „Energetische Bewertung thermisch aktivierter Bauteile. Dynamisch thermische Simulation, messtechnische Validation, vereinfachte Bewertungsansätze“ (F 2739) der Forschungsinitiative Zukunft Bau kann folgende Erkenntnis gewonnen werden: „Aus bisherigen Untersuchungen und Erfahrungen kann folgende Quintessenz abgeleitet werden: Die Lebensdauervorhersage an Kunststoffrohren kann aufgrund langjähriger Erfahrung im Bereich bis 50 Jahre unter der Beachtung bestimmter Randbedingungen als gesichert betrachtet werden. Im Bereich der Lebensdauervorhersage bis 100 Jahre können sich bisher vernachlässigte Einflussgrößen gegebenenfalls stärker auswirken.“

5. Diskussionsgruppen

Im Anschluss an die Vorträge wurde im Rahmen von zwei Diskussionsgruppen zu den Themen *Wärmepumpen im Gebäudebestand* und *Modulare Sanierung* diskutiert. Die Inhalte der Diskussionen sind im Folgenden zusammengefasst.

5.1 Wärmepumpen im Gebäudebestand

Die Diskussionsgruppe zum Thema Wärmepumpen im Gebäudebestand wurde durch das EBC der RWTH Aachen geleitet. Jan Richarz moderierte die Diskussion, an der knapp 120 Personen teilnahmen. Ziel der Diskussion war es, mögliche Herausforderungen zu identifizieren, welche die Förderung der Marktdurchdringung von Wärmepumpen in bestehenden Gebäuden behindern. Anhand der gesammelten Herausforderungen wurden mögliche Lösungsansätze mit den Teilnehmern erarbeitet.

Impulsvortrag zu Wärmepumpen im Bestand (Prof. Dr. Dirk Müller, RWTH Aachen)

Zur Einführung in die Diskussion hielt Prof. Dr. Dirk Müller (BF M2, RWTH Aachen) einen kurzen Vortrag über die Marktentwicklung der Wärmepumpe sowie die Forschungsschwerpunkte der Technologie. Dazu wurden die Herausforderungen eines effizienten Wärmepumpenbetriebs bei verschiedenen Auslegungstemperaturen der Heizsysteme in Bestandsgebäuden adressiert. Anhand einer Analyse des Heizwärmebedarfs in Abhängigkeit der Außentemperatur wurde verdeutlicht, dass Wärmepumpen auch in Bestandsgebäuden mit hohen Vorlauftemperaturen in einem für den Betrieb effizienten Außentemperaturbereich betrieben werden können. Allerdings führen niedrige Außentemperaturen für wenige Stunden im Jahr zu extrem hohen Leistungen der Wärmepumpe. Diese hohen Spitzenleistungen der Wärmpumpen stellen Herausforderung an die Verteilnetze dar. Hierzu wurde von einem Teilnehmenden angemerkt, dass in der Praxis bei kalten Temperaturen auf meistens nicht modulierbare Heizstäbe zurückgegriffen wird. Bei einer zeitlich synchronisierten Nutzung der Heizstäbe mit hohen Nennleistungen können ungünstige Zustände im Stromnetz entstehen. Als

Lösungsansätze wurden die Installation modulierbarer Heizstäbe, die Auswahl der Bivalenzpunkte für eine möglichst lange Betriebszeit der Wärmpumpen und die Anwendung von großen Speicher-einheiten unter modellprädiktiven Regelungen genannt. Darüber hinaus wurde der Gedanke geäußert, dass der Zubau einer Wärmepumpe zu den vorhandenen Gaskesseln und die daraus gebildeten Hybridsysteme sich als eine weitere Entwicklungsmöglichkeit zur Netzentlastung bei sehr kalten Außentemperaturen darstellen könnten. Zum Ende des Einführungsvortrags wurden die Themenfelder der Forschungsprojekte (Abbildung 8) im Bereich Auslegung, Betrieb und Akzeptanz der Wärmepumpen sowie Herausforderungen (Abbildung 9) in diesen drei Bereichen vorgestellt.

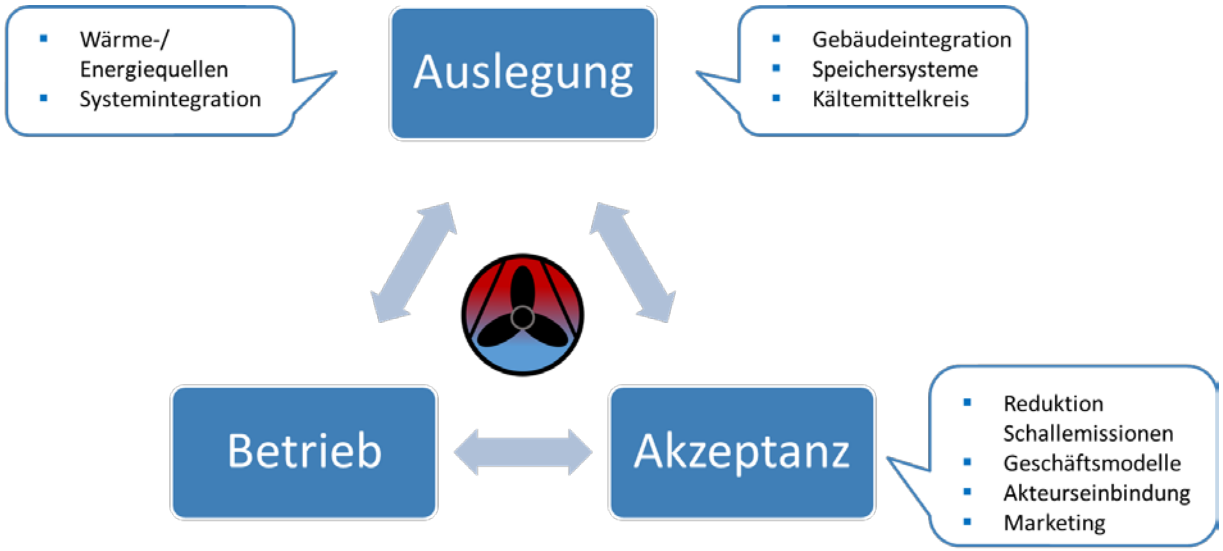


Abbildung 8: EWB-Forschungsschwerpunkte in den Bereichen Wärmepumpenauslegung, -betrieb und -akzeptanz (eigene Darstellung BF-Modul 2)



Abbildung 9: Herausforderungen der Wärmepumpentechnik in den Bereichen Auslegung, Betrieb und Akzeptanz (eigene Darstellung BF-Modul 2)

Diskussion: Auslegung von Wärmepumpensystemen

Basierend auf den im Einführungsvortrag angestoßenen Themen wurde die Diskussion in drei Blöcke gegliedert: Herausforderungen bei der Auslegung (1), dem Betrieb (2) und der Akzeptanz (3) von Wärmepumpen. Zur Einleitung in jeden Block erhielten die Teilnehmenden Impulse von jeweils einem Experten in dem entsprechenden Feld aus Modul 2 der Begleitforschung (BF M2). Nach den Impulsen wurden mögliche Herausforderungen und Erfahrungen in den entsprechenden Kategorien durch eine digitale Abfrage von den Teilnehmenden gesammelt und diskutiert. Für diese digitale Abfrage wurden Schlagworte zu bestimmten Themen gesammelt und Word-Clouds entstanden dadurch. Je größer die Wörter in den untenstehenden Abbildungen angezeigt sind, desto häufiger wurden diese von den Teilnehmenden genannt.

Mit dem Teaser „Eine Wärmepumpe ist kein Kessel“ wurden in einem Impuls von Christian Vering (BF M2, RWTH Aachen) folgende Aspekte aus mehrjähriger Erfahrung mit der Auslegung von Wärmepumpen(-systemen) in der Forschung und Praxis diskutiert:

- Im Vergleich zu Kesseln, welche hohe Effizienz und Wärmeleistungen über einen großen Temperaturbereich aufweisen und dessen Auslegung verhältnismäßig einfach und in der Technik etabliert ist, sind komplexe Wechselwirkungen zwischen Effizienz, Wärmeleistungen und Temperaturen bei der Auslegung von Wärmepumpen zu berücksichtigen. Darüber hinaus hängt die Auslegung von den Betriebsrandbedingungen der Wärmepumpen ab.
- Zur optimalen Auslegung der Wärmepumpen und ggf. der Festlegung des Bivalenzpunktes des zweiten Wärmeerzeugers sollten Gebäudekennlinien als Funktion der Außentemperatur ermittelt werden. Eine reine Betrachtung der Gebäudeheizlast führt häufig zur Überdimensionierung und damit zu erhöhten Investitionen.
- In der Praxis liegt jedoch häufig keine Heizlastberechnung vor und die Berechnungsgrundlagen fehlen. Alternativ wird sich an den Kapazitäten des vorhandenen Gaskessels orientiert, der basierend auf Erfahrungswerten häufig ebenfalls zu groß gewählt wurde.
- Diese praktikable aber somit ungenauere Auslegungslösung führt zu unnötig großen Wärmepumpen, hohen Investitionen, im Betrieb häufig auftretendem Taktverhalten und somit zu einer niedrigeren Gesamteffizienz.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Optimierungsbedarf bei der Auslegung von Wärmepumpen in der Praxis besteht, um die Nachhaltigkeitspotenziale dieser Technik ausschöpfen zu können.

In der anschließenden digitalen Umfrage wurden schlagwortartige Antworten der Teilnehmenden zur Frage „Welche Herausforderungen begegnen Ihnen bei der Planung und Auslegung von Wärmepumpensystemen in Bestandsgebäuden?“ gesammelt. Die daraus entstehende Word-Cloud ist in Abbildung 10 dargestellt. Dabei ergab sich, dass die Vorlauftemperatur von der Mehrheit der Teilnehmenden als größte Herausforderung betrachtet wird.

Aus der Diskussion in diesem Block wurde herausgestellt, dass die Dämmmaßnahmen hohen Einfluss auf die Auslegung der Anlagentechniken haben und die Zeitpunkte der Dämmmaßnahmen bei der Planung von Wärmepumpen mitbedacht werden sollten, um zukünftig signifikante Überdimensionierungen der Wärmepumpen nach Dämmmaßnahmen zu vermeiden.

Auch das Trinkwarmwasser stellt Herausforderungen an die Wärmepumpen. Dies ist v.a. auf die hygienisch bedingte hohe Temperatur bei der Bereitstellung von Trinkwarmwasser zurückzuführen.

Darüber hinaus wurde angemerkt, dass viele Einfamilienhäuser eine Zirkulation im Trinkwarmwassersystem haben. Die Zirkulation mit dem damit anfallenden zusätzlichen Wärmeverbrauch wäre nach Ansicht des Teilnehmenden aber für Einfamilienhäuser häufig nicht notwendig und könne stillgelegt werden. Dazu wurde aus der Erfahrung von Teilnehmenden ergänzt, dass die Zirkulationsleitungen in einigen Fällen nicht gedämmt sind und zu hohen Wärmeverlusten führen. Dieser Wärmeverlust müsse auf vergleichsweise hohem Temperaturniveau ausgeglichen werden und benachteilige die Effizienz der Wärmepumpen. Ein weiteres Hemmnis für die Wärmepumpenintegration in Bestandsgebäude sind die hohen Kosten für die Erweiterung des Stromnetzanschlusses.



Abbildung 10: Umfrageergebnisse zu den Herausforderungen bei der Planung und Auslegung von Wärmepumpensystemen in Bestandsgebäuden (eigene Darstellung BF-Modul 2)

Diskussion: Betrieb von Wärmepumpensystem

Zum Thema Wärmpumpenbetrieb gab Fabian Wüllhorst (BF M2, RWTH Aachen) einen kurzen Impuls mit der These „Die Effizienz von Wärmepumpensystemen hängt von der Regelung des Gesamtsystems ab“. Dieser These liegt zugrunde, dass sich der effiziente Betrieb von Wärmepumpensystemen aus einer ganzheitlichen Betrachtung von Energiekosten, Emissionen, dem Raumkomfort, Installationsaufwand und der Interaktion mit dem Stromnetz ergibt. Eine Reihe möglicher Fragestellungen im Zusammenhang mit diesen Aspekten wurden angeführt:

- Kosten, Komfort und Installationsaufwand
  - Welche Heizkurve wird eingestellt?
  - Sind adaptive Heizkurven vielversprechend?
- Kosten und Emissionen
  - Welche Bivalenztemperatur wird eingestellt?
  - Wird das Strom/Gas-Verhältnis hinsichtlich sowohl der Preise aber auch der Emissionsfaktoren berücksichtigt?

- Netzinteraktion und Komfort
    - Können Lastspitzen vermieden werden?
    - Sind prädiktive Regelungen nötig?
- Kosten, Emissionen und Installationsaufwand
    - Wie wird mit anderen Komponenten (PV, BHKW, Solarthermie etc.) kommuniziert?
    - Wo bedarf es einheitlicher Schnittstellen?

Zum Einstieg in die Diskussion wurden mittels einer digitalen Umfrage die Erfahrungen der Teilnehmenden in diesem Bereich gesammelt. Die Ergebnisse können Abbildung 11 entnommen werden.



Abbildung 11: Umfrageergebnisse zu den Herausforderungen für einen effizienten Betrieb von Wärmepumpensystemen in Bestandsgebäuden (eigene Darstellung BF-Modul 2)

Aufbauend auf dem Impuls und den Umfrageergebnissen wurden diverse Problemstellungen beim effizienten Betrieb der Wärmepumpen im Rahmen des Diskussionsblocks aufgegriffen. Diesbezüglich wurde angeführt, dass teilweise unklare Angaben zur Regelungsweise von Wärmepumpen von den Herstellern angegeben seien. Im Verlauf der Diskussion wurde weiterhin mehrmals betont, dass im Bestand häufig höhere Vorlauftemperaturen als nötig gesehen und die Heizkurven nicht optimal eingestellt werden. Dies könne zu Effizienzeinbußen der Wärmepumpen führen. Anhand der geteilten Erfahrungen von den Teilnehmenden können ein hydraulischer Abgleich und eine danach erfolgende Betriebsoptimierung durch Anpassung der Heizkurve zur Senkung der Vorlauftemperatur und einer deutlichen Effizienzsteigerung beitragen. Diese geringinvestiven Maßnahmen mit hohen Energieeinsparungspotenzialen sollten mehr mit den Nutzenden, Planenden und Ausführenden kommuniziert werden.

Neben diesen technischen Faktoren spielt das Nutzendenverhalten eine wichtige Rolle bei der Sicherstellung der Energieeffizienz des Wärmepumpenbetriebs. Üblicherweise ist es in der Praxis bei befeuerten Wärmerzeugern der Fall, dass die Nutzenden bei der Ankunft zu Hause die Heizung auf eine erhöhte Stufe stellen und somit hohe Wärmeleistungen über einen kurzen Zeitraum bereitgestellt werden müssen. Durch die damit resultierenden starken Schwankungen bei der Wärmeabgabe kann

die Energieeffizienz der Wärmepumpen verschlechtert werden. Auf diese Differenz und Besonderheit der Wärmepumpen gegenüber den traditionalen Wärmeerzeugern sollten die Nutzenden sensibilisiert werden. Die Aufklärung der Nutzenden über ein Heizverhalten, welches eine kontinuierliche Wärmeabgabe garantiert, könnte hier eine Abhilfe sein.

Monitoring und Digitalisierung der Wärmepumpensysteme ergab sich aus der Diskussion als einer der wesentlichen Hebel für den effizienten Betrieb der Wärmepumpen. Es wurde darauf hingewiesen, dass momentan kein flächendeckendes Monitoring durchgeführt wird. Ohne Monitoringdaten blieben die Stellhebel in Systemen mit Effizienzverbesserungspotenzialen unbekannt. Hierbei wurde noch zu bedenken gegeben, dass für die Kommunikation zwischen unterschiedlichen Systemkomponenten geeignete Schnittstellen benötigt und diese entwickelt werden sollen.

Zur Förderung eines Systemmonitorings wurde eine Monitoringpflicht als ein möglicher Lösungsansatz im Rahmen der Diskussion erwähnt. Hierzu wurde angemerkt, dass die anlagentechnischen Komponenten bereits vom Hersteller mit Messtechnik ausgestattet werden. Durch eine darauf aufbauende Online-Plattform könnten die Monitoringdaten für weitere Akteure, bspw. ausführende Gewerke, zur Verfügung gestellt werden. Durch Analyse der Monitoringdaten kann der Betrieb angepasst und verbessert sowie die Energieeffizienz auf einem hohen Niveau beibehalten werden. Bezüglich der Verantwortung für die Messdatenanalyse und Entwicklung von Betriebsoptimierungsmaßnahmen haben sich die Teilnehmenden geeinigt, dass dafür bei den ausführenden Gewerken sowohl Kapazitäten als auch Fachwissen fehlen. Zur Anwendbarkeit der Betriebsstrategien würden daher Experten in der Regelungstechnik sowie ein höherer Automatisierungsgrad benötigt.

Diskussion: Akzeptanz von Wärmepumpensystemen

Jonas Klingebiel (BF M2, RWTH Aachen) leitete mit einem Impuls in die Diskussion zum Thema Akzeptanz ein. Unter der These „Die Marktdurchdringung von Wärmepumpen hängt maßgeblich von der Akzeptanz beim Endkunden ab“ wurden folgende Aspekte als relevant für eine hohe Akzeptanz der Wärmepumpen angesehen:

- Schallemissionen von Luft-Wärmepumpen, v.a. aus den Ventilatoren und Verdichtern
    - Gesundheitliche und psychische Auswirkungen
    - Nachbarschaftskonflikte
    - Sehr breites Emissions-Spektrum am Markt
- Wirtschaftlichkeit des Systems
    - Wärmepumpensysteme sind in der Anschaffung teurer als fossile Heizungssysteme
- Brennbare Kältemittel
    - Sicherheitsbedenken bezüglich der Brennbarkeit und Explosionsgefahr
- Ästhetische Aspekte bei der Integration von Außeneinheiten bei Luft-Wärmepumpen
    - Geeigneter Aufstellort, Design

Beim Aspekt „Wirtschaftlichkeit“ ist eine gemeinsame Meinung der Teilnehmenden aus den Umfrageergebnissen (Abbildung 12) sowie der anschließenden Diskussion zu erkennen, dass die

höheren Investitionen der Wärmepumpensysteme gegenüber Gaskesseln eine der wesentlichen Herausforderungen im Bereich der Akzeptanz von Wärmepumpen sind. Des Weiteren wurden die erforderlichen umfangreichen Umbaumaßnahmen bei der Wärmepumpeninstallation, wie z. B. Leitungsführung, Aufbau Außeneinheit oder Sonderbohrung angesprochen. Im Bereich der Gewährleistung der Wärmepumpen wurde angemerkt, dass die irritierenden Angaben der Hersteller und mangelhafte Aufklärungen bezüglich Laufzeiten der Wärmepumpen, bspw. nur 2500 Stunden im Jahr, die Investition der Nutzenden in Wärmepumpensysteme behindern können. Bei der Erfüllung der Gewährleistung von Wärmepumpen sollten v.a. die Lieferanten der Kompressoren die Verantwortung übernehmen, da der Verschleiß von dieser Komponente kritisch für die Funktionalität des ganzen Systems ist.



Abbildung 12: Umfrageergebnisse zu den Herausforderungen im Bereich der Akzeptanz von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden (eigene Darstellung BF-Modul 2)

Es wurde außerdem zum Fachkräftemangel, v.a. in ausführenden Gewerken und Experten zur Planung, Inbetriebnahme und Betriebsoptimierung von Wärmepumpensystemen diskutiert. Um trotz des Fachkräftemangels eine Marktdurchdringung von mindestens 500.000 Wärmepumpen im Jahr zu gewährleisten, könnten laut der Teilnehmenden folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Vereinfachte Betriebseinstellung durch digitale Tools
- Automatisierte Betriebsüberwachung
- Bereitstellung von Systempaketen durch die Hersteller für eine schnellere Installation des Systems

Nach Abschluss der Diskussion wechselten die Teilnehmenden wieder in das Hauptforum, in dem Nico Fuchs (BF M2, RWTH Aachen) eine Zusammenfassung der diskutierten Inhalte vorstellte.

5.2 Modulare Sanierung

Die zweite Diskussionsgruppe adressierte die modulare Sanierung von Bestandsgebäuden und wurde vom Fraunhofer IBP geleitet. Prof. Gunnar Grün (BF M2, Fraunhofer IBP) moderierte die Diskussionsgruppe.

In einer kurzen Einführung erläuterte Prof. Grün die Inhalte der Diskussion, die aus einem kurzen Impulsvortrag, einer anschließenden Onlinebefragung, sowie einer auf die vier Bereiche „Chancen", „Hemmnisse", „Prozesse" und „Forschungslücken" unterteilten Diskussion mit dem Plenum bestand.

Impulsvortrag Modulare Sanierung (Jan Kaiser, BF M2, Fraunhofer IBP)

In einem 15-minütigen Vortrag gab Jan Kaiser einen Überblick über die wesentlichen Aktivitäten modularer Sanierungen in Deutschland, Europa und innerhalb der EWB-Vorhaben. Als die im Wohnbaubereich wichtigste Initiative hinsichtlich der modularen Sanierung in Deutschland wurde „Energiesprong" hervorgehoben. Dabei handelt es sich um eine Marktentwicklungsplattform, auf der die deutsche Energieagentur *dena* im Auftrag der Bundesregierung Akteure der modularen Sanierung zusammenbringt und Ziele der Initiative definiert. Dabei sollen über sogenannte *Volume Deals*, die z. B. Wohnbaugesellschaften mit ausführenden Betrieben abschließen, eine hohe Anzahl von Bestandsgebäuden seriell auf den sogenannten *NetZero*-Standard ertüchtigt werden. Herr Kaiser verwies dabei auf die Pilotvorhaben der Energiesprong-Initiative und auf das Reallabor-Vorhaben, welches in Zusammenarbeit der Wohnbaugesellschaft *LEG* und vier ausführenden Betrieben in Mönchengladbach umgesetzt wird. Anschließend wurden einige Vorhaben aus dem europäischen Ausland in Kurzform dargestellt.

Innerhalb der EWB-Gebäudeforschungsprojekte wurden 35 Vorhaben identifiziert, die sich mit dem Thema Sanierung beschäftigen. Innerhalb dieser Gruppe konnten neun Vorhaben herausgelöst werden, die den Bereich modulare Sanierung beforschen. Herr Kaiser gab in diesem Kontext eine Übersicht über die betreffenden Vorhaben, welche hinsichtlich der Komplexität der entwickelten Lösungen kategorisiert wurden (Abbildung 13). Dabei kann in Fassadenelemente unterschieden werden, die ohne Technikintegration (nur Dämmung oder Aktivierung thermische Speichermasse), mit Integration von Photovoltaikmodulen sowie mit komplexer technischer Anlagenintegration in unterschiedlicher Ausprägung entwickelt werden.

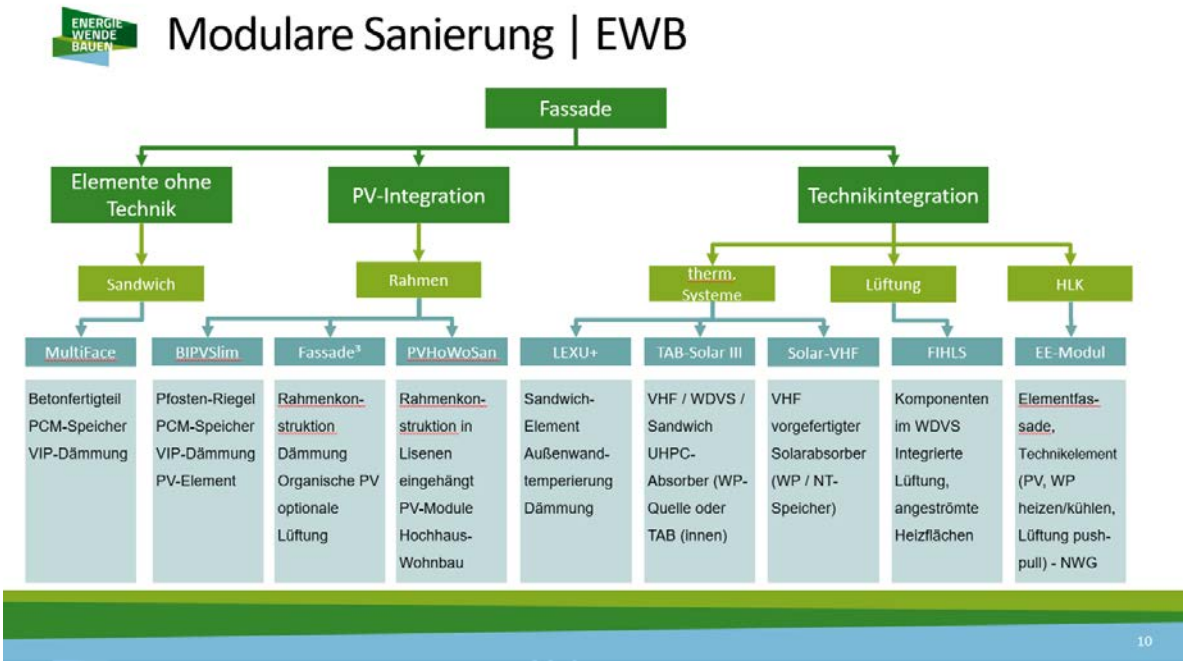


Abbildung 13: Überblick über EWB-Vorhaben im Modul 2 Gebäude, welche modulare Sanierungsstrategien verfolgen (eigene Darstellung BF-Modul 2).

Im Vorfeld des Fokustreffens wurden die Projektleitenden der in Abbildung 13 dargestellten Vorhaben in den Kategorien PV-Integration und Technikintegration hinsichtlich des beforschten Sanierungskonzeptes, der Chancen für die Energiewende, der aufgetretenen Hemmnisse, dem Geschäftskonzept und der geplanten Markteinführung der Lösungen befragt. Herr Kaiser fasste die Rückmeldungen der Projektleitenden zusammen. Demnach werden die Chancen für die Energiewende mit Effizienzsteigerung, Prozessbeschleunigung, Qualitätssteigerung, Sanierung im genutzten Zustand und Fassadenintegration von Photovoltaik beschrieben. Die größten Hemmnisse werden bei der gewerkeübergreifenden Planung und Ausführung gesehen, gefolgt vom Brandschutz und der Produktion in der Vorfertigung. Die genannten Geschäftsmodelle können zu Bestrebungen zum Joint-Venture und zum Einzelvertrieb vorgefertigter Komponenten zusammengefasst werden. Insbesondere für den Bereich Markteinführung wird weiterer Forschungsbedarf und Demonstration angeführt.

Als Einstieg für die folgende Diskussion wurde das Plenum online zu deren Assoziationen hinsichtlich modularer Sanierung befragt. Die hierzu gestellte Frage lautete: „Welche Schlagworte verbinden Sie mit „modularer“ bzw. „serieller“ Sanierung?“. Dem Plenum wurde dabei die Möglichkeit gegeben, bis zu drei Schlagworte zu der Frage online einzugeben. Die Ergebnisse des Votings wurden anschließend in einer „Wortwolke“ dargestellt und dem Plenum präsentiert.



Abbildung 14: Ergebnisse der Online-Befragung (Mentimeter), dargestellt in einer Wortwolke. Häufig genannte Schlagworte sind größer dargestellt (eigene Darstellung BF-Modul 2)

Die Ergebnisse der Befragung enthalten überwiegend positive Assoziationen zum Thema modulare Sanierung, wobei der Aspekt der Vorfertigung besonders hervorgehoben wird. Kostenreduktion und Wirtschaftlichkeit werden in der Zusammenfassung ebenfalls als sehr wichtig erachtet, wobei hier die modulare Sanierung auch mit dem negativen Aspekt „teuer“ genannt ist. Weitere Schlagworte, wie Beschleunigung, Prozessvereinfachung, Skalierbarkeit und Synergien unterstreichen die Bedeutung der modularen Sanierung im Meinungsumfeld der Teilnehmenden.

Prof. Grün leitete danach die Diskussion mit einer Vorstellung der thematischen Gliederung ein. Die Darstellung der Themen und die Mitschrift der Diskussionsbeiträge erfolgte dabei auf einem „MiroBoard“, welches im Vorfeld entwickelt wurde. Als Ankerpunkt der jeweiligen Themen diente je ein vom Fraunhofer IBP postuliertes Statement welches Prof. Grün kurz erläuterte.

Die Themen waren:

1. Chancen | Markt
2. Hemmnisse
3. Prozesse
4. Forschungslücken

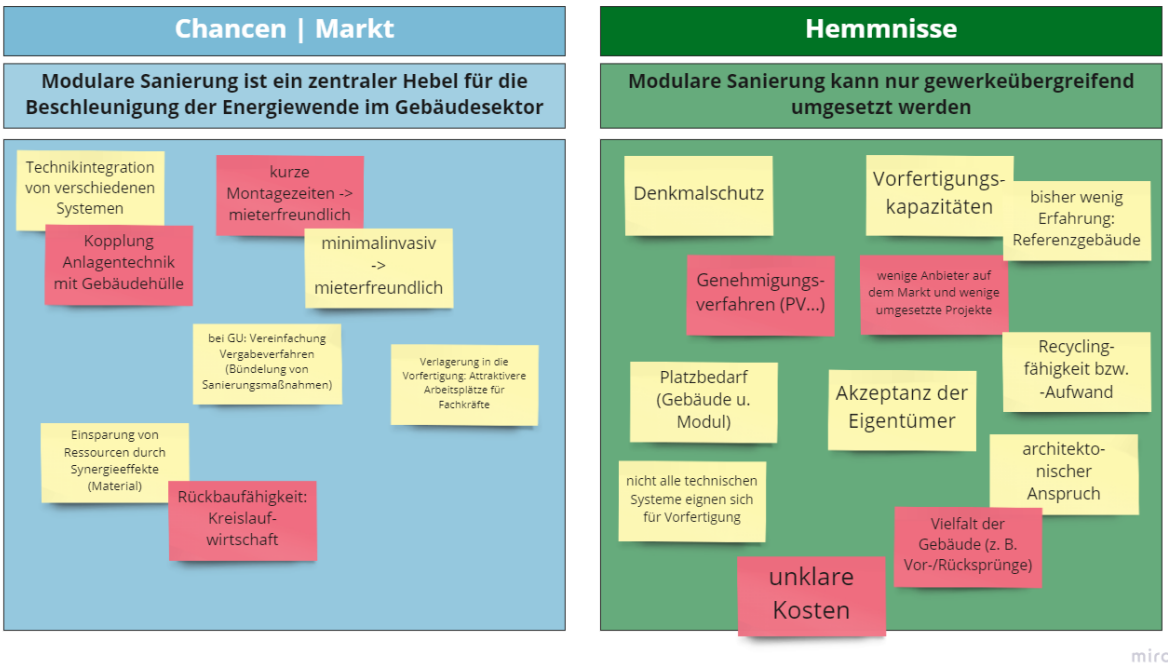


Abbildung 15: Diskussionsthemen im Bereich Chancen und Hemmnisse (Darstellung und Mitschrift der Beiträge im MiroBoard, eigene Darstellung BF-Modul 2).

In der Diskussion zeigte sich, dass die größten Chancen für eine Vermarktbarkeit modularer Sanierungsstrategien in der Kopplungsmöglichkeit von Anlagentechnik in der Fassade/Gebäudehülle gesehen wird. Auch kurze Montagezeiten und ein minimalinvasiver, mieterfreundlicher Eingriff in das Gebäude wird sowohl akzeptanzfördernd als auch kostensenkend angesehen. Der weitere Verlauf der Diskussion zeigte aber auch weitere Aspekte, die marktförderlich sein können: hier wurde die Einsparung von Ressourcen, die Integration in eine Kreislaufwirtschaft und die bessere Rückbaufähigkeit gegenüber konventionellen Sanierungsstrategien genannt.

Hinsichtlich der möglichen Hemmnisse, die die Umsetzung modularer Sanierungsstrategien behindern, wurden komplexe Genehmigungsverfahren bei der Integration von Anlagentechnik gleichermaßen diskutiert, wie der eher prototypische Gebäudebestand, der massenhafte gleichartige Sanierungen erschwert. Ein großer Teil der Diskussion wurde davon geprägt, dass derzeit nur wenig Erfahrung und wenig Anbieter auf dem Markt verfügbar sind. Hier werden Akzeptanzprobleme bei Auftraggebenden einhergehend mit unklaren Kosten befürchtet. Dem Argument, dass ein Mangel an Fachkräften an der Baustelle herrscht wird entgegnet, dass auch in der Produktion Fachpersonal fehlt und im ungünstigen Fall das Kapazitätsproblem nur verlagert wird.

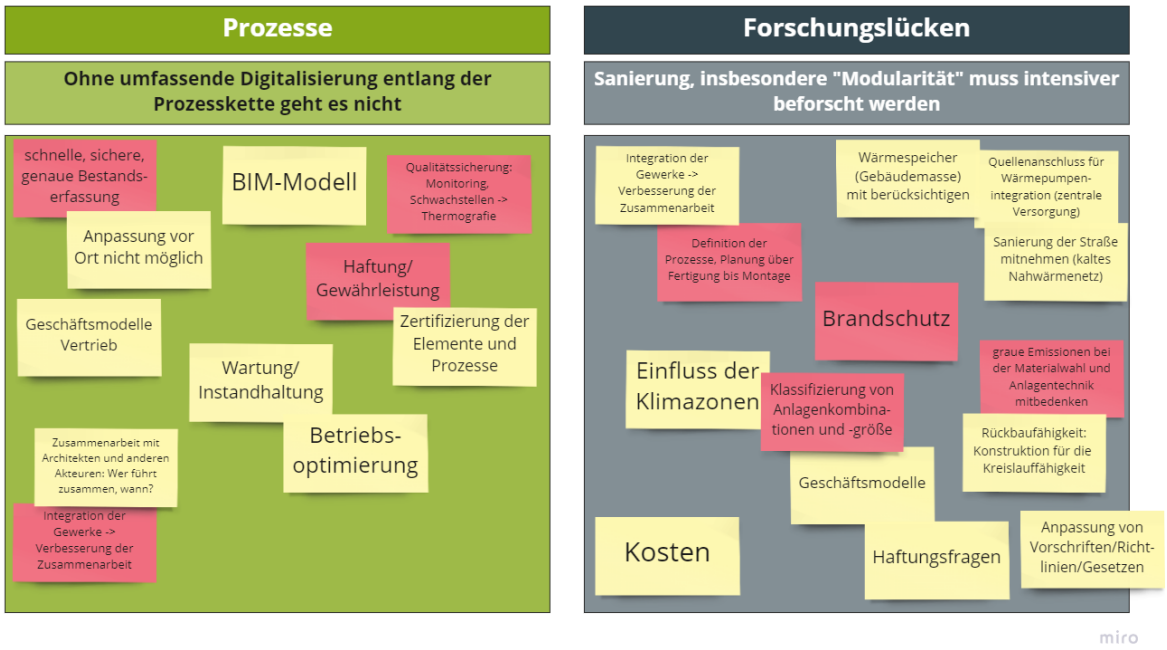


Abbildung 16: Diskussionsthemen im Bereich Prozesse und Forschungslücken (Darstellung und Mitschrift der Beiträge im MiroBoard, eigene Darstellung BF-Modul 2)

Im Bereich der Prozesse war das wesentliche Thema im Plenum die Integration der Gewerke. In diesem Zusammenhang wurde eine Verbesserung der Zusammenarbeit der Einzelgewerke gefordert. Auch die zeitliche Integration der Einbindung modularer Sanierungsstrategien in den „normalen“ Bauprozess wurde hier thematisiert. Dabei wurde hervorgehoben, dass insbesondere die Bestandserfassung schneller und sicherer gestaltet werden sollte und dieser Prozess digital in den normalen Planungsprozess integriert werden sollte. Es wurde auch die Bedeutung von BIM-Prozessen genannt. In diesem Kontext wurde ebenfalls über Qualitätssicherung, Schwachstellenanalyse und Monitoring diskutiert. Diese Aspekte sollten in den Bauprozess bei modularen Sanierungen ebenfalls dazugehören. Die Teilnehmenden sehen dabei auch den Vorteil, dass Kontrollstrategien die schwierigeren Haftungs- und Gewährleistungsfragen bei gewerkeübergreifender Integration besser beherrschbar machen könnten.

Zum Abschluss der Diskussion wurde im Plenum intensiv diskutiert, welche Forschungslücken gesehen werden. Neben technischen Fragestellung, die beispielsweise neue Quellenerschließungen für einen Wärmepumpenbetrieb im modularen Bau adressieren (kaltes Netz, thermische Speicher, Nutzung der Gebäudemasse), wurden insbesondere Forschungsfragen im Bereich der Prozessbeschreibung und gewerkeübergreifenden Planung identifiziert. Bei diesem Thema wurde argumentiert, dass der konventionelle Planungsprozess deutlich erweitert werden muss, um die komplexen Anforderungen bei einer Anlagenintegration einhergehend mit Fragen der Zeitschiene und Ausschreibung der Gewerke besser beherrschbar zu machen. Darüber hinaus wurde im Plenum der Blick auch auf die Klassifizierbarkeit von Anlagenkombinationen in Integralen Modulen und die daraus resultierenden Haftungs- und Gewährleistungsfragen gerichtet. Für die Weiterentwicklung von modularen Sanierungsstrategien wurde des Weiteren angeregt, die Materialität, Nachhaltigkeit und Recyclingfähigkeit in der zukünftigen Forschung in diesem Bereich mit zu betrachten.

Nach Abschluss der Diskussion wechselten die Teilnehmenden wieder in das Hauptforum. Prof. Gunnar Grün präsentierte hier eine Zusammenfassung der Diskussion für alle Teilnehmenden.

6. Fazit

Nach einer thematischen Einführung zu Chancen und Herausforderungen der modularen Sanierung und des Wärmepumpenausbaus im Gebäudebestand konnten anhand mehrerer Beispiele aus Forschungsprojekten innovative Ansätze in den Themenbereichen „Wärmepumpen im Bestand“ und „Modulare Sanierung“ demonstriert werden. Die anschließenden Gruppendiskussionen legten den Fokus auf den Praxisübertrag bestehender Erkenntnisse und konnten einen Beitrag zum besseren Austausch zwischen Forschung und Praxis schaffen.

Im Bereich der Wärmepumpe zeigte die Diskussion, dass die Herausforderungen bei der Integration in den Gebäudebestand im Bewusstsein von Forschenden und Planenden sind Es stand wiederholt das Thema der im Bestand hohen Heizsystemtemperaturen im Fokus, welche einen effizienten Betrieb der Wärmepumpen erschweren aber nicht verhindern sollten. Neben den diskutierten Maßnahmen zur Temperaturabsenkung durch Dämmung oder Tausch des Wärmeübergabesystems lenkten die Teilnehmenden die Diskussion wiederholt auch zum Thema Trinkwarmwasser, welches bei Bereitstellung über Wärmepumpensysteme in der Praxis noch ein Problem darstellt, dass durch die Forschung adressiert werden muss. Die Teilnehmenden stimmten überein, dass im hydraulischen Abgleich und einer Anpassung der Heizkurven in Bestandssystemen weitreichende Effizienzpotentiale liegen, die mit geringem Aufwand ausgeschöpft werden könnten. Zur Installation und regelungstechnischen Einstellung von Wärmepumpensystemen im Bestand wurde von den Teilnehmenden ein Fachkräftemangel konstatiert, welcher nicht vollständig durch zusätzliche Handwerker kompensiert werden könne und durch einen höheren Automatisierungsgrad und dem Einsatz von digitalen Tools abgeschwächt werden müsse. Zur Akzeptanz von Wärmepumpensystemen ist der Diskussion zu entnehmen, dass neben der Aufklärung der grundsätzlichen Eignung einer Wärmepumpe für den spezifischen Gebäudetyp insbesondere die Wirtschaftlichkeit, die Aufstellmöglichkeiten vor Ort sowie die Schallemissionen die Sanierungsentscheidung dominieren.

Die Diskussion zum Thema modulare Sanierung stellte zunächst die Marktchancen dieser Technologie heraus. Neben den mieterfreundlichen Auswirkungen der kurzen und minimalinvasiven Montagezeiten wurden die Möglichkeit der Technikintegration in die Gebäudehülle und attraktivere Arbeitsplätze für Fachkräfte als Vorteile gesehen. Als Hemmnisse wurden die bisher geringe Erfahrung und die wenigen Anbieter auf dem Markt betrachtet, aber auch die Vielfalt der Gebäude in Deutschland, der architektonische Anspruch und die noch unklare Kostensituation. Bei den Prozessen wurde die modulare Sanierung eng verknüpft mit BIM-Modellen gesehen. Es bedarf einer schnellen, sicheren Bestandserfassung, Anpassungen vor Ort sind nicht mehr möglich. Auch Geschäftsmodelle müssten weiterentwickelt werden und eine gute Qualitätssicherung, ggf. eine Zertifizierung der Elemente und Prozesse müsse gesichert sein. Eine große Aufgabe stelle auch die Haftung und Gewährleistung bei gleichzeitiger Integration von mehreren Gewerken dar. Forschungslücken wurden von den Diskussionsteilnehmern im Bereich Brandschutz, Kosten, Integration der Gewerke, Geschäftsmodelle und Haftungsfragen sowie Rückbaufähigkeit bzw. Einsatz von grauer Energie erachtet. Auch die Anpassung von Vorschriften/Richtlinien und Gesetzen erschien wichtig. Technische Weiterentwicklungen wurden bei der Berücksichtigung der Gebäudemasse als Wärmespeicher, als Quellenanschluss für Wärmepumpen und in Verbindung mit kalten Nahwärmenetzen angeregt.

Eine abschließende Umfrage unter den Teilnehmenden ergab eine hohe Zustimmung zum Format sowie zur möglichen Weiterverwendung der Inhalte der Veranstaltung in der alltäglichen Arbeit der Teilnehmenden, was die Auswertungen in Abbildung 17 abschließend zeigen.

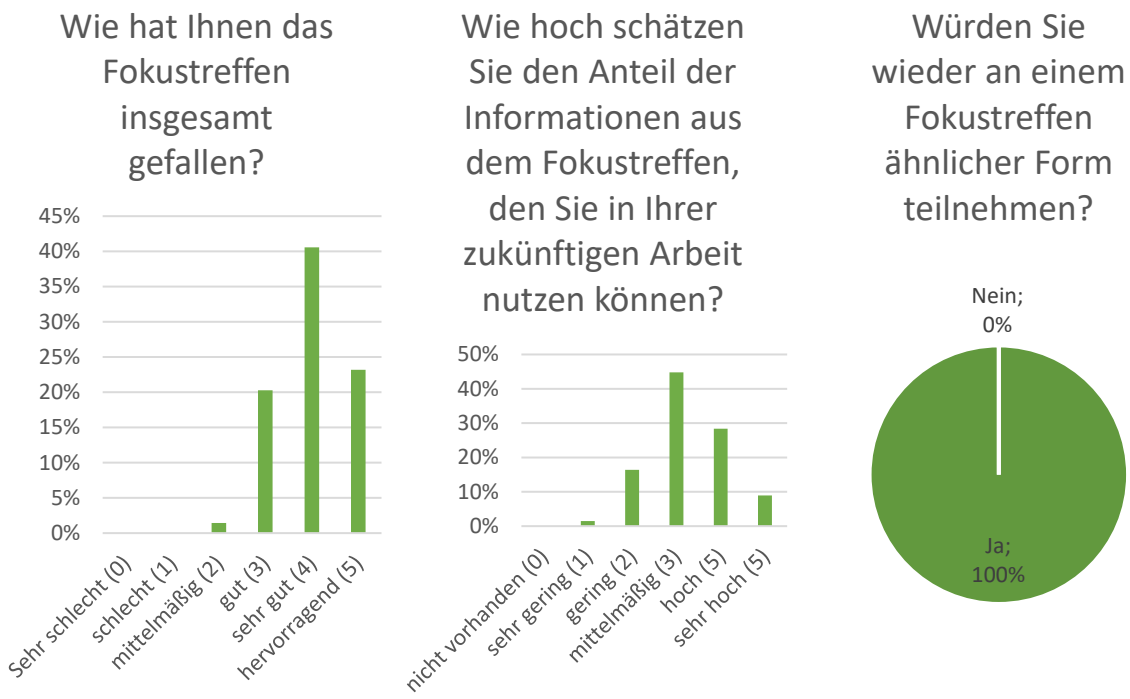


Abbildung 17: Ergebnisse einer abschließenden Umfrage unter den Teilnehmenden zur Veranstaltung (eigene Darstellung BF-Modul 2)