

# Innovative Technologien im Gebäudebereich der Forschungsinitiative ENERGIEWENDEBAUEN

November 2023

*verfasst von Jessica Preuss und Heike Erhorn-Kluttig*



## Inhalt

1. Kurzfassung .....	2
2. Hintergrund und Aufgabenstellung.....	3
3. Methodik.....	4
4. Einordnung der innovativen Technologien im Gebäudebereich .....	6
5. Forschungsaktivitäten zu innovativen Technologien in den EWB-Projekten .....	9
6. Technology Readiness Level.....	11
7. Ziele der Innovation .....	14
8. Einsatz- und Anwendungsbereiche.....	16
9. Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse .....	19
10. Zusammenfassung und Ausblick .....	23
11. Literaturverzeichnis.....	25
Anhang – Liste der innovativen Technologien .....	26

### 1. Kurzfassung

Die Bundesregierung fördert die angewandte Energieforschung in Deutschland im Bereich der Gebäude und Quartiere im Rahmen der Forschungsinitiative ENERGIEWENDEBAUEN (EWB). In dieser Arbeit wurden EWB-Forschungsprojekte zum Thema innovative Technologien querausgewertet. Es wurden 147 Forschungsprojekte identifiziert, die sich mit innovativen Gebäudetechnologien beschäftigen. Die Anzahl der erforschten Technologien beträgt insgesamt 168, da sich einige Forschungsprojekte mit mehreren Technologien befassen. Der größte Anteil (61 %) dieser innovativen Technologien kann dem Bereich der Anlagentechnik zugeordnet werden, gefolgt vom baulichen (20 %) und multifunktionalen Bereich (16 %). Bei den Forschungsaktivitäten zu innovativen Technologien wurde zwischen der Entwicklung, Bewertung und Anwendung der Technologien unterschieden. Schwerpunktmäßig beschäftigen sich die EWB-Projekte mit der Entwicklung. Die meisten der untersuchten Technologien durchlaufen innerhalb der EWB-Projekte mehrere Technologie-Reifegrade (Technology Readiness Level, TRL), oft werden die Technologien im Labor bzw. in einer relevanten Umgebung überprüft (TRL 4 bzw. TRL 5) oder ein Systemprototyp in der realen Umgebung getestet (TRL 7). Die Innovationsziele sowie die Anwendungsbereiche der untersuchten Technologien wurden ebenfalls projektübergreifend ausgewertet. Die am häufigsten genannten Innovationsziele sind Effizienzsteigerung, Betriebsoptimierung und Energieeinsparung. Der überwiegende Teil der Technologien ist auf eine breite Anzahl von Maßnahmen, Gebäudetypen bzw. Nutzungen anwendbar. Mithilfe einer SWOT-Analyse wurden in der Querauswertung abschließend wichtige Faktoren aus den EWB-Projekten identifiziert, die den Fortschritt der untersuchten Technologien beeinflussen.

## 2. Hintergrund und Aufgabenstellung

Bis zum Jahr 2045 soll Deutschland Treibhausgasneutralität erreichen [1]. Die Einhaltung dieses Ziels und die damit verbundene Energiewende erfordern Innovation und technologischen Fortschritt [2]. Die Bundesregierung unterstützt die angewandte Energieforschung mit finanziellen Mitteln. Innovative Technologien werden von der Entwicklung über die Erprobung bis hin zur Marktdurchdringung und gesellschaftlichen Akzeptanz gefördert [3]. Für energieeffiziente Gebäude und Quartiere wird die Förderung von Forschung, Entwicklung und Demonstration in der Forschungsinitiative ENERGIEWENDEBAUEN (EWB) zusammengefasst.

Eine Vielzahl an innovativen Gebäudetechnologien wird im Forschungsbereich EWB mit dem Ziel entwickelt, erprobt und eingesetzt, die Energiewende voranzutreiben. In dieser Arbeit werden diese Technologien zusammengestellt und querausgewertet. Beleuchtet werden Aspekte wie die Klassifikation, Forschungsaktivität, Ziele, Entwicklungsstände und Anwendungen bzw. Einsatzbereiche der Gebäudetechnologien in den EWB-Projekten. Zudem werden projekt- bzw. technologieübergreifende Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse bei der Entwicklung, Erprobung und Marktdurchdringung festgehalten.

Mit dieser Veröffentlichung beabsichtigt Modul 2 der EWB-Begleitforschung, die Arbeiten der EWB-Forschungsprojekte zum Thema innovative Gebäudetechnologien zu bündeln. Die gesammelten Informationen und projektübergreifenden Auswertungen sollen einen Überblick des derzeitigen Forschungsstands geben, um so die weitere Anwendung, Verbreitung und Weiterentwicklung der Technologien zu unterstützen.

### 3. Methodik

Die innovativen Technologien der EWB-Forschungsprojekte werden in dieser Arbeit querausgewertet. Berücksichtigt wurden Projekte, die dem Modul 2 „Gebäude“ im Zeitraum zwischen September 2020 und August 2023 zugeordnet wurden<sup>1</sup>. Die Identifikation von innovativen Technologien aus den EWB-Projekten erfolgte auf zwei Wegen. Entweder dadurch, dass die Projektnehmer in einem Fragebogen der Begleitforschung angaben, sich mit innovativen Technologien zu beschäftigen oder wenn aus der Projektbeschreibung in EnArgus<sup>2</sup> erkennbar war, dass sich das Projekt mit einer innovativen Technologie beschäftigt. Ersteres wurde von den Projektnehmern selbst angegeben, letzteres vom Begleitforschungsmodul 2 identifiziert. Insgesamt wurden 147 Gebäudeprojekte erfasst, die innovative Technologien erforschen.

In den folgenden Querauswertungen wird nicht auf einzelne Technologien oder Projekte eingegangen, sondern vielmehr das Gesamtbild der EWB-Forschungslandschaft dargestellt. Folgende Themen werden analysiert: Einordnung der Technologien, Forschungsaktivitäten der Projekte zu den Technologien, Reifegrad, Ziele der Innovation, Einsatz- und Anwendungsbereiche sowie Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse der Technologien.

Da laufend neue Projekte in der Forschungsinitiative aufgenommen werden, bildet diese Arbeit den derzeitigen Stand (August 2023) ab. Neben dem Projektbeginn sind auch die Dauer der Forschungsvorhaben unterschiedlich. Abbildung 1 veranschaulicht die Laufzeiten der ausgewerteten EWB-Projekte zum Thema innovative Gebäudetechnologien. Für die Auswertung stellen die gestaffelten Projektlaufzeiten eine Herausforderung dar, da sich die Projekte zum Zeitpunkt der Datenerhebung in unterschiedlichen Phasen befinden und somit auch unterschiedliche Informationstiefen zur Verfügung stellen können. Eine erste Querauswertung fand im Juli 2022 statt, diese Auswertung wurde im August 2023 aktualisiert. Aufgrund der unterschiedlichen Laufzeiten wurde eine zweistufige Methodik zur Querauswertung der Projekte angewandt. EWB-Projekte mit innovativen Technologien, für die im Juli 2022 ein fertiger Abschlussbericht vorlag, wurden anhand der Berichte detaillierter analysiert. Die übrigen Projekte wurden anhand der EnArgus-Beschreibungen sowie anhand von Daten aus Fragebögen ausgewertet. Des Weiteren fand im Herbst 2022 eine Vortragsreihe zu innovativen Technologien im Rahmen eines EWB-Projektleitertreffens statt. Hier wurden vor allem die Stärken, Schwächen, Hemmnisse und Chancen der innovativen Technologien diskutiert und festgehalten. Die genaue Datengrundlage der einzelnen Auswertungsthemen wird am Ende des jeweiligen Kapitels kurz beschrieben.

---

<sup>1</sup> Die wissenschaftliche Begleitforschung ENERGIEWENDEBAUEN besteht aus fünf Modulen: Modul 1: Monitoring, Modul 2: Gebäude, Modul 3: Quartiere, Modul 4: Digitalisierung, Modul 5: Vernetzung. Vom Projektträger Jülich (PtJ) wird jedes Förderprojekt einem Modul zugeordnet. EWB-Projekte mit der Erstzuordnung Modul 2: Gebäude wurden in dieser Arbeit querausgewertet.

<sup>2</sup> EnArgus ist ein Internetportal des BMWi, das über laufende und abgeschlossene Forschungsvorhaben rund um das Thema „Energieforschung“ informiert (<https://enargus.de/>).

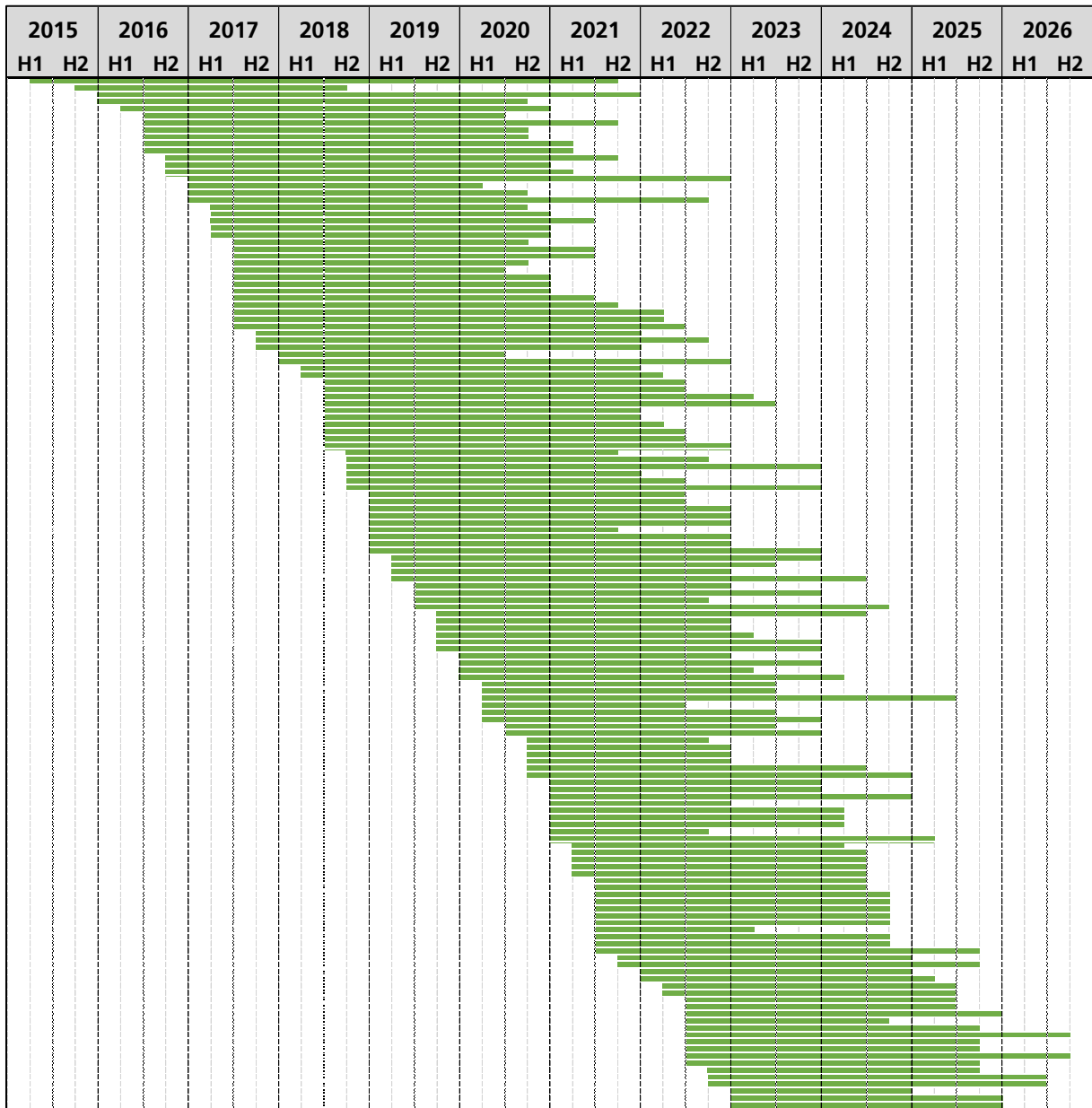


Abbildung 1: Darstellung der Laufzeiten (Laufzeitbeginn bis Laufzeitende) der Projekte, die sich mit innovativen Technologien beschäftigen.

#### 4. Einordnung der innovativen Technologien im Gebäudebereich

Die EWB-Projekte, die sich mit innovativen Technologien befassen, wurden in vier Kategorien eingeteilt: bauliche Technologien, anlagentechnische Technologien, multifunktionale Technologien und Sonstiges. Multifunktional bedeutet hier die Kombination einer baulichen und einer anlagentechnischen Funktion. Die Zuordnung der bewerteten Technologien zu den Kategorien und weiteren Unterkategorien ist in Abbildung 2 dargestellt. Mit Hilfe dieser Einteilung sollen Schwerpunkte bzw. Tendenzen der EWB-Forschungsinitiative im Bereich innovativer Technologien aufgezeigt werden. Eine vollständige Liste der ausgewerteten Technologien ist im Anhang zu finden.

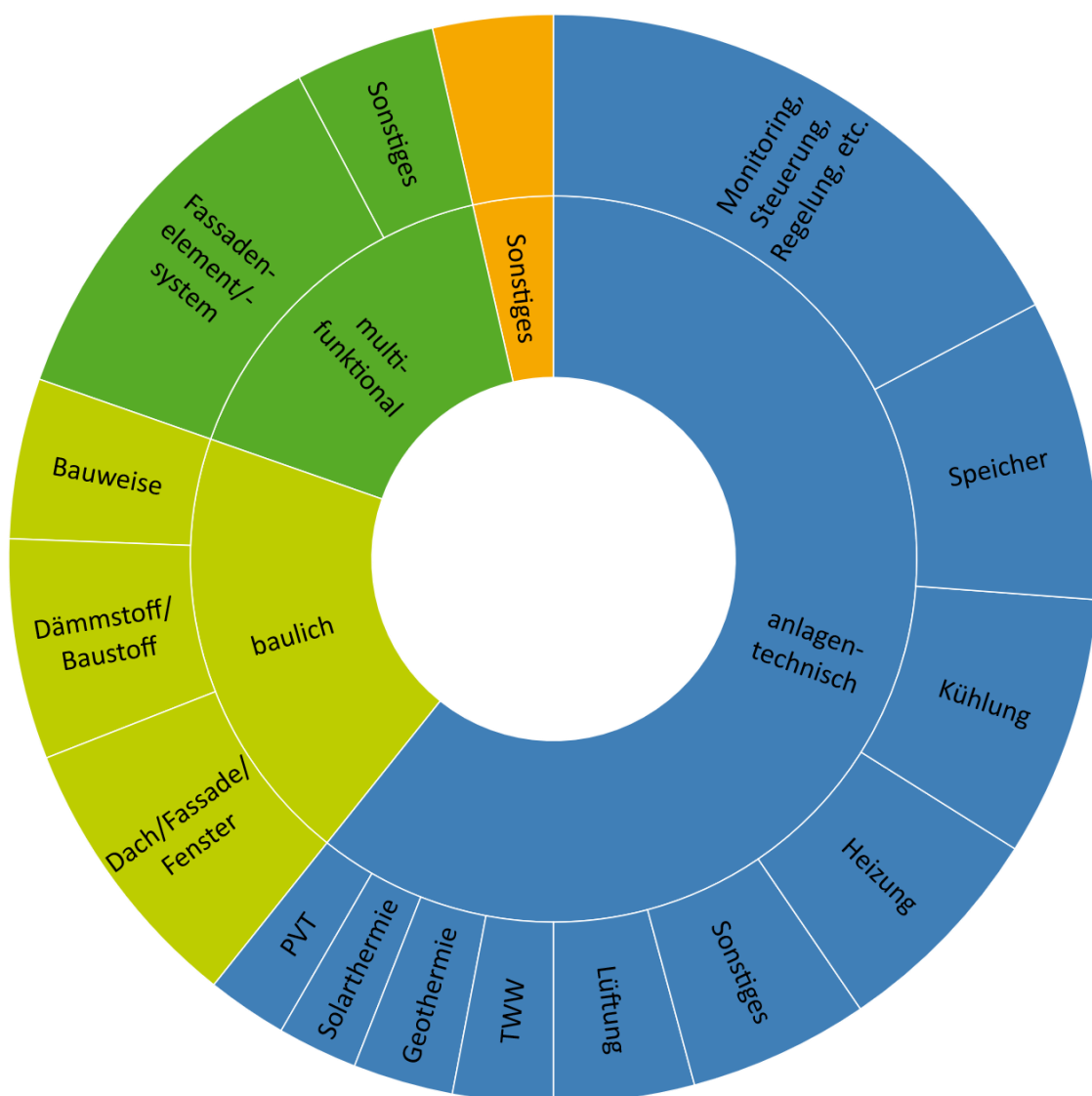


Abbildung 2: Einordnung der innovativen Technologien der EWB-Projekte in die Kategorien baulich, anlagentechnisch, multifunktional (Kombination aus baulich und anlagentechnisch) und sonstiges.

Tabelle 1: Anteile der unterschiedlichen Technologien in der EWB-Förderlandschaft.

Kategorie	Anteil
<b>Anlagentechnisch</b>	<b>61 %</b>
Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	17 %
Speicher	9 %
Kältesysteme, etc.	8 %
Heizungssysteme, etc.	7 %
Sonstige Anlagentechnik	5 %
Lüftung	4 %
Geothermie	3 %
Trinkwarmwasserbereitung	3 %
PVT-Kollektoren	2 %
Solarthermie	2 %
<b>Baulich</b>	<b>20 %</b>
Dach/Fassade/Fenster	8 %
Dämmstoff/Baustoff	7 %
Bauweise	5 %
<b>Multifunktional</b>	<b>16 %</b>
Fassadenelement/-system	12 %
Sonstige multifunktionale Technologien	4 %
<b>Sonstiges</b>	<b>4 %</b>

Der größte Teil der in den EWB-Projekten untersuchten innovativen Technologien ist dem Bereich der Anlagentechnik (61 %) zuzuordnen. Hier bildet der Bereich Betriebsmonitoring, Steuerung und Regelung den Schwerpunkt der erforschten Technologien. Beispielsweise werden Energiemanagementsysteme, Methoden zur Fehlererkennung in der Anlagentechnik und intelligente Steuerungen von Energieverbrauchern entwickelt bzw. erprobt. Bei den Speichern (9 %) wird vorrangig im Bereich der thermischen Speicher (Phasenwechselmaterialien, Mehrzonenschichtspeicher, etc.) geforscht. Auch einige elektrochemische Speicher werden in den Forschungsprojekten betrachtet, wie z. B. die Wiederverwendung von Batterien aus Elektrofahrzeugen. In den Projekten werden einzelne Komponenten oder Materialien bis hin zu Gesamtkonzepten für die Integration von Speichern untersucht. Bei den Kältesystemen (10 %) werden unter anderem sorptionsgestützte Klimatisierung, Optimierungsverfahren für Kälteanlagen, Flüssigeis-Wärmeübertrager und die Kühlung mit bestehenden Heizungsanlagen untersucht. Im Bereich der Heizungsanlagen liegt der Schwerpunkt der innovativen Technologien auf der Weiterentwicklung von Systemen mit Wärmepumpen (z. B. Wärmepumpe mit integriertem Latentwärmespeicher oder chemische Wärmepumpe). Aber auch andere Themen wie intelligentes Raumwärme-Management oder digitalisierte Heizkreisverteiler für Fußbodenheizungen werden betrachtet. Unter sonstige Anlagentechnik (5 %) werden Forschungsthemen zusammengefasst, die sich nicht den anderen Unterkategorien zuordnen lassen oder eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien betrachten, wie z. B. die Entfeuchtung mittels Solarthermie oder die Untersuchung von Flexibilitätsoptionen im Gebäudesektor und deren Wechselwirkungen mit dem Energiesystem. Im Bereich der Lüftung (4 %) werden u. a. semizentrale Lüftungskonzepte, die Luftentkeimung sowie innovative Wärmetauscher und Luftfilter betrachtet. Etwa 3 % der ausgewerteten innovativen Technologien sind im Bereich der Geothermie angesiedelt. Hier wird z. B. ein Verfahren zur Optimierung der Hinterfüll- und Sondenmaterialien für die oberflächennahe Geothermie entwickelt.

Im Bereich der Trinkwassererwärmung (3 %) werden unter anderem die Trinkwassererwärmung in Niedertemperatursystemen sowie elektronisch geregelte, intelligent vernetzte Wohnungsstationen weiterentwickelt bzw. erprobt. Der verbleibende Anteil der anlagentechnischen Technologien (6 %) fällt in den Bereich der Photovoltaik bzw. Solarthermie oder deren Kombination (PVT). Der Anteil der Photovoltaik- bzw. Solarthermie-Technologien fällt hier etwas geringer aus, da sich ein Großteil dieser Technologien mit der Integration in die Gebäudestruktur beschäftigt und daher dem Bereich der multifunktionalen Technologien zugeordnet wird.

Ein Anteil von 20 % der innovativen Technologien der ausgewerteten EWB-Projekte kann dem baulichen Bereich zugeordnet werden. Im Bereich Dach, Fassade und Fenster werden zum Großteil schaltbare Systeme untersucht (z. B. schaltbare Fassadenkomponenten oder Fensterfolien). Im Bereich der Dämm- und Baustoffe (7 %) werden naturbasierte und solaraktive Ansätze weiterentwickelt bzw. erprobt. Einzelne Projekte befassen sich u. a. auch mit der Bauwerksbegrünung oder mit ETFE-Folien (häufig verwendetes Material für Membrandach- und Fassadenelemente in Großbauten). Im Bereich der innovativen Bauweisen (5 %) wird das modulare bzw. serielle Bauen näher untersucht.

16 % der Technologien werden der Kategorie „multifunktional“ zugeordnet. Der Großteil dieser Technologien sind multifunktionale Fassadenelemente bzw. -systeme, bei denen innovative Technologien im Bereich der Anlagentechnik mit Komponenten der Gebäudehülle kombiniert werden, z. B. die Integration von Photovoltaik bzw. Solarthermie in die Gebäudestruktur oder Fassadenelemente mit Wärmespeicherkapazität und integrierter aktiver Temperierung. Unter sonstige multifunktionale Technologien werden weitere Ansätze zusammengefasst, die mehrere Funktionalitäten vereinen, wie z. B. Deckenventilatoren mit Akustikpaneelen.

Unter „Sonstiges“ wurden Technologien zusammengefasst, die nicht den Kategorien Anlagentechnik, Bau und Multifunktionalität zugeordnet werden können. Diese sind z. B. die Nutzersensibilisierung durch Gamification oder Technologien zur Gebäudeaufnahme wie Laserscanning, etc.

### **Anmerkungen zur Datengrundlage**

Im Rahmen einer Projektclusterung durch Modul 2 der Begleitforschung wurden auf Basis der EnArgus-Beschreibungen Projekte identifiziert, die sich mit innovativen Technologien beschäftigen. Diese Zusammenstellung innovativer Technologien wurde durch die Daten der beiden durchgeführten Befragungen ergänzt.

### **Zusammenfassung der Ergebnisse**

- Der Schwerpunkt (61 %) der EWB-Projekte liegt auf innovativen Technologien im Bereich der Anlagentechnik, wobei der größte Anteil auf dem Gebiet der Betriebsüberwachung, Steuerung und Regelung liegt.
- Im baulichen Bereich (20 %) stehen schaltbare Fassaden- bzw. Fenstersysteme sowie ökologische Dämm- bzw. Baustoffe im Vordergrund.
- Bei den multifunktionalen Technologien (16 %) stehen Fassadenelemente bzw. -systeme, welche innovative Komponenten der Anlagentechnik und der Gebäudehülle kombinieren, im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten.



## 5. Forschungsaktivitäten zu innovativen Technologien in den EWB-Projekten

Bei den Forschungsaktivitäten der EWB-Projekte zu innovativen Technologien wird in dieser Arbeit zwischen drei Arten unterschieden: das Entwickeln, das Bewerten und das Einsetzen bzw. Anwenden der Technologie. Beim Entwickeln wird eine neue oder verbesserte Technologie vorangetrieben, die sich signifikant von herkömmlichen Technologien unterscheidet<sup>3</sup>. Beim Bewerten wird die Technologie anhand definierter Kriterien bzw. Maßstäbe beurteilt. Beim Einsetzen wird die Technologie in ihrer vorgesehenen Umgebung eingebaut bzw. in Betrieb genommen. Abbildung 3 zeigt die Auswertung der befragten EWB-Projekte in Bezug auf ihre Forschungsaktivitäten zu innovativen Technologien. Die drei unterschiedlichen Variablen (Entwickeln, Bewerten und Einsetzen einer innovativen Technologie) des Datensatzes werden jeweils als Säulendiagramm dargestellt. Der Anteil der Projekte, der die Frage, ob im Rahmen des Forschungsprojekts eine innovative Technologie entwickelt, bewertet bzw. eingesetzt wird, mit „ja“ bzw. „nein“ beantwortet hat, wird grün bzw. grau dargestellt. Zwischen den Säulendiagrammen werden die Zusammenhänge der Variablen veranschaulicht, d. h. Projekte, die z. B. Technologien entwickeln, bewerten und einsetzen, werden mit einem grünen Balken verbunden, Projekte, die Technologien entwickeln, jedoch nicht bewerten oder einsetzen, mit einem grün-grauen und einem grauen Balken.

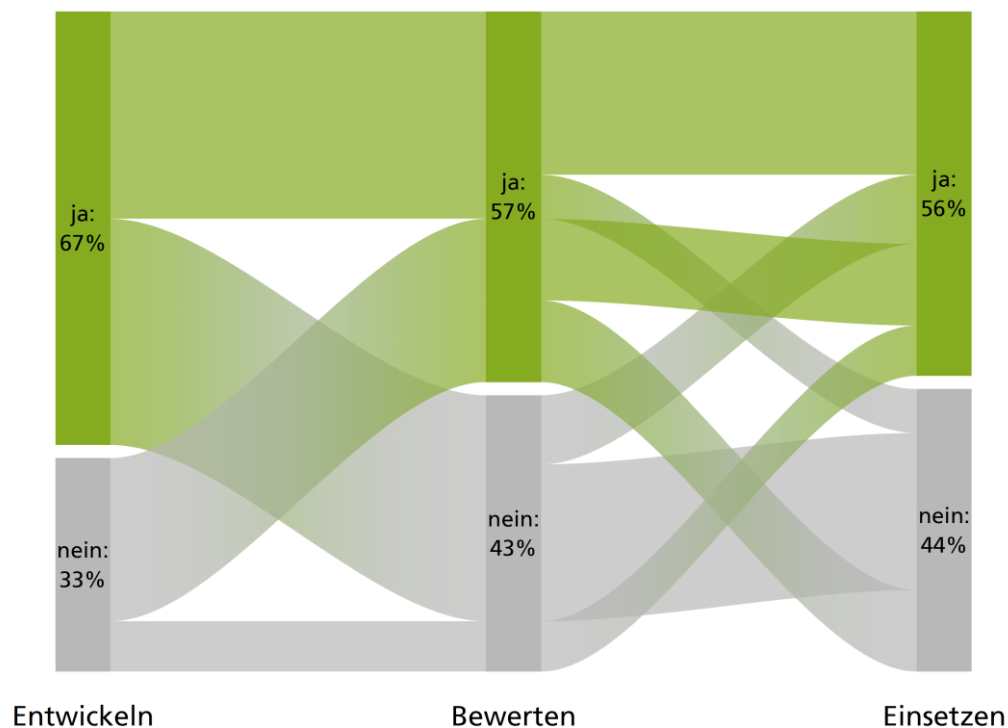


Abbildung 3: Anteile der unterschiedlichen Forschungsaktivitäten (Entwickeln, Bewerten und Einsetzen) im Bereich von innovativen Technologien der EWB-Projekte.

<sup>3</sup> Erläuterung angelehnt an die Definition von „Innovation“ des Oslo Manuals 2018 [4].

*Tabelle 2: Anteile der unterschiedlichen Kombinationen von Forschungsaktivitäten im Bereich von innovativen Technologien der EWB-Projekte.*

<b>Forschungsaktivitäten</b>	<b>Anteil der befragten Projekte</b>
Entwickeln/Bewerten/Einsetzen	25 %
Entwickeln	24 %
Bewerten/Einsetzen	13 %
Bewerten	13 %
Entwickeln/Einsetzen	11 %
Einsetzen	8 %
Entwickeln/Bewerten	7 %

Die Projektnehmer hatten die Möglichkeit, ihre Forschungsaktivitäten zu innovativen Technologien durch Mehrfachauswahl anzugeben. Insgesamt wurden sieben verschiedene Kombinationen von Aktivitäten genannt. Der größte Anteil der befragten Projektnehmer (25 %) gab an, alle drei Aktivitäten zu innovativen Technologien im Rahmen ihres Forschungsprojekts durchzuführen. Am zweithäufigsten wurde die Entwicklung einer innovativen Technologie ausgewählt (24 %). Das zeigt, dass die Entwicklung innovativer Technologien als Forschungsaktivität im Vordergrund steht (67 %). Die Bewertung und der Einsatz innovativer Technologien werden in den befragten EWB-Projekten etwa gleich häufig durchgeführt (56 % bzw. 57 %).

#### **Anmerkungen zur Datengrundlage**

Die Daten dieser Auswertung wurden anhand von Umfragen unter den M2-Projekten erhoben. Der Umfang der Erhebung betrug 103 Technologien.

#### **Zusammenfassung der Ergebnisse**

- Bei den EWB-Projekten, die sich mit innovativen Technologien beschäftigen, steht meist die Entwicklung im Vergleich zur Bewertung oder dem Einsatz der Technologie im Vordergrund.

## 6. Technology Readiness Level

Das Technology Readiness Level (TRL bzw. auf Deutsch Technologie-Reifegrad) ist eine Skala, die den wissenschaftlich-technischen Stand einer Technologie angibt [2]. Die Skala ermöglicht den Vergleich des Reifegrads zwischen verschiedenen Technologiearten [5]. Das TRL wurde ursprünglich von der National Aeronautics and Space Administration (NASA) entwickelt. Im 7. Forschungsprogramm wird das TRL im Kontext der Projektförderung mit 9 Reifegraden definiert und reicht von der anwendungsorientierten Grundlagenforschung über die anwendungsnahe Forschung bis zu den Reallaboren (s. Abbildung 4). Das BMBF fördert Projekte, die den Reifegrad TRL 1 bis 3 anstreben. Das BMWK ist für Forschungsarbeiten im anwendungsnahen Bereich ab TRL 3 zuständig.

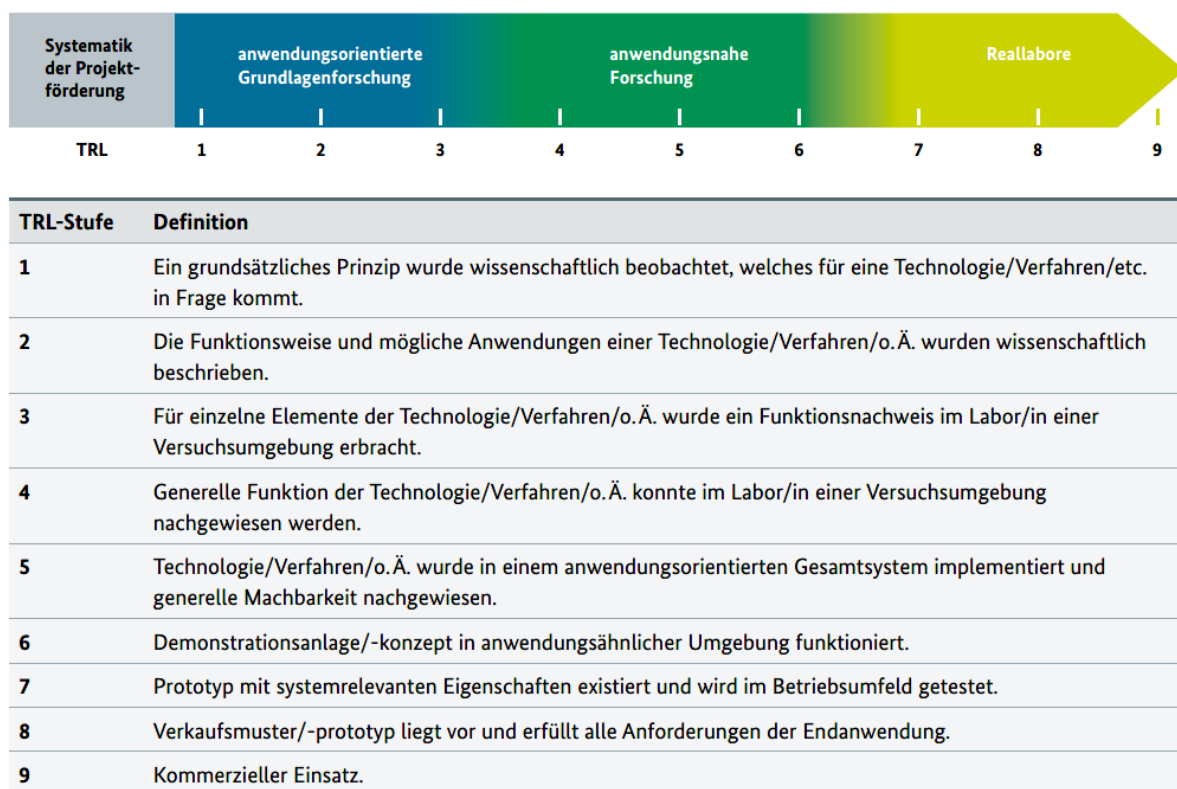
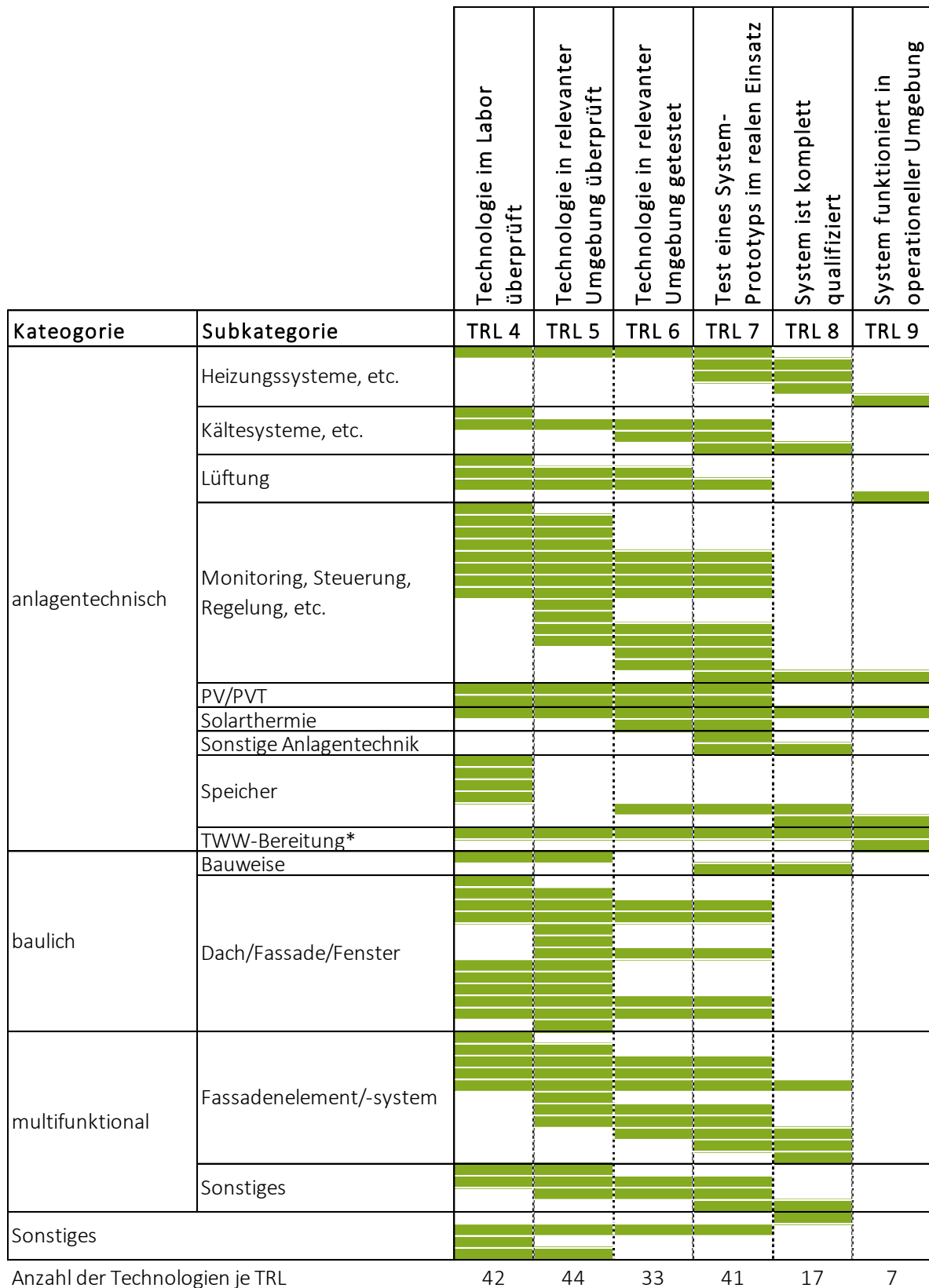


Abbildung 4: Technology Readiness Level (TRL) im Kontext der Projektförderung im 7. Energieforschungsprogramm. Quelle: 7. Energieforschungsprogramm [2].

Neben der Ressortzuordnung ist ein wichtiger Grund für die Verwendung der TRL-Skala der Bedarf einer gemeinsamen Sprache bzw. Metrik zu den Phasen einer Technologieentwicklung. Nach [5] wird das TRL auch als Instrument zur Planung, Kommunikation und Entscheidungsfindung eingesetzt. Die Skala hat jedoch auch ihre Grenzen. Die Differenzierung der einzelnen Reifegrade ist nicht immer eindeutig. Insbesondere bei sehr allgemeinen Definitionen kann dies zu Missverständnissen und Fehlinterpretation der einzelnen Entwicklungsphasen führen. In Experteninterviews [5] wurde zudem die fehlende Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit (bzw. Kosten), Herstellung und Integration in das Gesamtsystem als Nachteile des TRLs genannt<sup>4</sup>. Des Weiteren beruht die TRL-Skala auf einem linearen Prozess, der nicht bei jeder Technologie-Entwicklung angestrebt oder umgesetzt wird.

<sup>4</sup> Teilweise werden diese Themenfelder von weiteren Skalen abgedeckt wie dem Manufacturing Readiness Level (MRL).



Anzahl der Technologien je TRL

42    44    33    41    17    7

\*Trinkwarmwasserbereitung

Abbildung 5: Spanne der Technology Readiness Levels innovativer Technologien der EWB-Forschungsprojekte während der Projektlaufzeit.

Demnach eignet sich die TRL-Skala zur Klassifizierung des wissenschaftlich-technischen Stands einer Technologie. Die Skala sollte jedoch nicht als alleiniges Instrument zur Einschätzung der Marktreife einer Technologie verwendet werden. Hier spielen auch weitere Faktoren eine wichtige Rolle, die im TRL nicht berücksichtigt werden, wie z. B. die Herstellung oder Integration in das Gesamtsystem.

Abbildung 5 zeigt die angegebenen TRLs innovativer Technologien, die in EWB-Projekten erforscht werden. Jede Technologie wird in einer eigenen Zeile dargestellt. Die erreichten oder geplanten TRLs werden grün markiert. Da die Forschungsinitiative ENERGIEWENDEBAUEN der anwendungsnahen Forschung zugeschrieben wird, ist der Reifegrad erst ab dem vierten Level dargestellt. Insgesamt durchlaufen 44 Technologien den fünften Reifegrad und werden damit während der Laufzeit des Forschungsprojekts in einer anwendungsorientierten Umgebung getestet. Am zweithäufigsten werden Technologien im Labor überprüft (TRL 4 – 42-mal), gefolgt vom Test eines System-Prototyps im realen Einsatz (TRL 7 – 41-mal). Die Technologie-Reifegrade 6, 8 und 9 wurden weniger häufig von Projektnehmern angegeben (zwischen 7- und 33-mal). Die meisten Technologien (57 von 78) durchlaufen während der Projektlaufzeit mehrere TRLs.

Im Bereich der Anlagentechnik wurden Technologie-Reifegrade zwischen vier und neun angegeben. Bei den baulichen, multifunktionalen und sonstigen Technologien wurde TRL 9 nicht genannt. Die Funktionsfähigkeit des Systems im operationellen Umfeld (TRL 9) wird somit gemäß den Angaben in den Fragebögen im Rahmen der Forschungsprojekte bei diesen Technologien nicht betrachtet. In den Subkategorien „Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.“ und „Dach/Fassade/Fenster“ wird als höchster Reifegrad während der Projektlaufzeit TRL 7 (Test eines System-Prototyps) angegeben. Auffällig ist, dass die Anzahl der Technologien, die während der Projektlaufzeit die jeweilige TRL durchlaufen oder planen, nach TRL 5 und TRL 7 abnimmt. Von TRL 6 zu TRL 7 nimmt die Anzahl der Technologien hingegen zu.

### **Anmerkungen zur Datengrundlage**

Die Daten dieser Auswertung wurden anhand von zwei Umfragen der M2-Projekte erhoben. Insgesamt wurde der Technologie-Reifegrad zu 76 Technologien angegeben.

### **Zusammenfassung der Ergebnisse**

- Die am häufigsten erreichten oder geplanten Reifegrade von Technologien während eines Forschungsprojekts sind TRL 5 (Technologie in relevanter Umgebung überprüft) und TRL 4 (Technologie in Labor überprüft).

## 7. Ziele der Innovation

Um die Motivation und den Hintergrund der EWB-Forschungsarbeiten im Bereich der innovativen Technologien zu erfassen, wurde nach den Zielen der Innovation gefragt. Dafür wurden aus einigen Abschlussberichten von EWB-Projekten die Intentionen hinter dem Entwickeln, Bewerten und Einsetzen von innovativen Technologien gesammelt. Etwa 40 Stichpunkte wurden aus den Abschlussberichten entnommen, darunter z. B. die Optimierung der Anlagenplanung, der Schutz des Grundwassers oder ein kostengünstiges Herstellungsverfahren. In einem zweiten Schritt wurden diese Stichpunkte zusammengefasst. Daraus ergab sich eine Liste von 10 verschiedenen allgemeingefassten Zielen. Diese sind (in keiner bestimmten Reihenfolge):

1. Erhöhung des Nutzerkomforts: die Behaglichkeit der Gebäudenutzer (z. B. die thermische Behaglichkeit) soll durch den Einsatz der Technologie eingehalten bzw. optimiert werden.
2. Einsparung von Energie: der Energieverbrauch soll gesenkt werden.
3. Steigerung der Effizienz: durch die innovative Technologie soll ein Prozess beschleunigt oder der dafür benötigte Aufwand (mit gleichem Ertrag) verringert werden. Die Steigerung der Effizienz kann sich auf verschiedene Prozesse beziehen wie z. B. den Wärmeertrag aus regenerativen Energien oder die Planung bzw. Auslegung von Speichersystemen.
4. Erhöhung von Langlebigkeit und Robustheit: durch die Weiterentwicklung der Technologie sollen die Lebensdauer, die Widerstandsfähigkeit und die Fehlertoleranz verbessert werden.
5. Optimierung des Betriebs: die innovativen Technologien sollen dazu beitragen, dass Betriebsabläufe reibungsloser und effektiver ablaufen.
6. Erhöhung des Anteils regenerativer Energien: der Anteil an regenerativen Energien am Gebäudebetrieb soll erhöht werden.
7. Erhöhung der Netzdienlichkeit und Flexibilisierung: durch die Technologie soll dazu beigetragen werden, die Energieversorgung stabil zu halten und flexibler zu gestalten.
8. Reduktion der Kosten: durch die innovative Komponente der Technologie sollen Kosten eingespart werden. Dies können entweder Investitionskosten oder laufende Kosten sein.
9. Ermittlung und Bereitstellung von Daten und Information: durch die Forschungsaktivitäten zu einer Technologie werden Daten gemessen und Information aufbereitet, um das Verständnis und die Akzeptanz der Technologie zu erhöhen.
10. Verringerung des ökologischen Fußabdrucks: durch die innovative Technologie soll die Umweltbelastung verringert werden, z. B. durch die Verwendung von biologisch abbaubaren Materialien.

In einem dritten Schritt wurden EWB-Projektnehmer befragt, welche primären bzw. sekundären Ziele sie mit der Erforschung innovativer Technologien verfolgen. Die Projektnehmer hatten die Möglichkeit, aus der Liste der gesammelten Ziele auszuwählen und eigene Vorschläge zu ergänzen. Abbildung 6 zeigt das Ergebnis dieser Befragung.

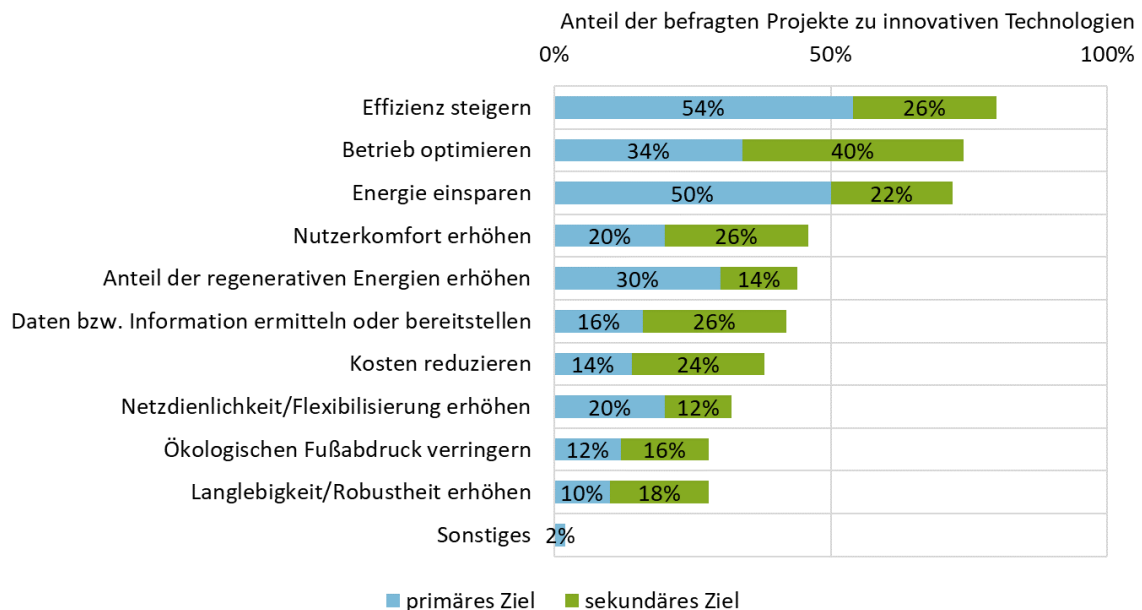


Abbildung 6: Ausgewählte primäre und sekundäre Ziele, die mit den erforschten Technologien in den EWB-Projekten verfolgt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Effizienzsteigerung als primäres Ziel (54 % der Projekte zu innovativen Technologien) und auch insgesamt (primäres und sekundäres Ziel) am häufigsten gewählt wurde, gefolgt von der Betriebsoptimierung und der Energieeinsparung (72 bis 74 %). Diese drei Ziele bilden den Schwerpunkt der Motivation für die Forschungsaktivitäten zu innovativen Technologien der EWB-Projekte. Die übrigen Ziele liegen im Mittelfeld und wurden zwischen 28 und 56 % gewählt/genannt. Unter Sonstiges wurde der Punkt „Schaffung von Handlungssicherheit“ ergänzt.

### Anmerkungen zur Datengrundlage

Aus den Berichten bereits abgeschlossener Projekte wurden Ziele der erforschten innovativen Technologien gesammelt und geclustert. Die dabei entstandene Liste aus unterschiedlichen Zielen wurde im zweiten Fragebogen des Begleitforschungsmoduls 2 zur Befragung der Projektnehmer verwendet. Der Umfang der Erhebung lag bei 50 Technologien.

### Zusammenfassung der Ergebnisse

- Die Hauptziele bei den Forschungsaktivitäten zu innovativen Technologien der EWB-Projekte sind die Effizienzsteigerung, die Betriebsoptimierung und die Energieeinsparung.

## 8. Einsatz- und Anwendungsbereiche

Neben der Identifikation der in den EWB-Projekten erforschten innovativen Technologien wird auch deren Einsatz und Anwendung im Gebäude untersucht. Vor dem Hintergrund, dass im Neubaubereich weniger einschränkende Bedingungen vorliegen und somit der Einsatz innovativer Technologien leichter pilothaft erprobt werden kann, sollte ursprünglich die Übertragbarkeit innovativer Technologien auf Sanierungsprojekte bewertet werden. Die Auswertung des ersten Fragebogens hat jedoch gezeigt, dass die EWB-Projekte bereits sehr breit in Bezug auf den Einsatz und die Anwendungsbereiche der Technologien denken. In den 35 Projekten, in denen Fragen zur Anwendung beantwortet wurden, gab nur ein Projektnehmer an, die innovative Technologie ausschließlich für den Neubaubereich zu entwickeln. In den übrigen Projekten wurden Neubau und Sanierung bzw. Bestand genannt. Für den Einsatz im Bestand wurden die Projektnehmer gefragt, ob der Einsatz der Technologie als Einzelmaßnahme oder nur im Rahmen einer umfangreichen Sanierung möglich ist. In rund 70 % der Projekte wurde angegeben, dass der Einsatz im Bestand als Einzelmaßnahme möglich ist, in rund 30 %, dass der Einsatz nur im Rahmen einer umfassenden Sanierung möglich ist. Anschließend sollten die Projektnehmer angeben, ob die Technologie für eine bestimmte Gebäudenutzung vorgesehen ist. Hier gaben 37 % der Projektnehmer an, dass die Technologie für eine bestimmte Gebäudenutzung vorgesehen ist. Genannt wurden hier z. B. Hochhäuser und Mehrfamilienhäuser.

Die Fragen zum Einsatz und zur Anwendbarkeit der innovativen Technologien wurden in der zweiten Befragungsrunde um die Möglichkeit erweitert, Angaben zum aktuellen Stand und zur zukünftigen Entwicklung der Technologien zu machen. Die Fragen und Ergebnisse der zweiten Befragung werden folgend dargestellt. Bei der ersten Frage wurde nach dem Fokus beim Einsatz bezüglich der Maßnahme bzw. Gebäudeart (Neubau, Sanierung oder Bestand) gefragt. Die zweite Frage zielte auf den Fokus bei der Gebäudenutzung (Wohngebäude, Nichtwohngebäude oder sonstiges) ab.

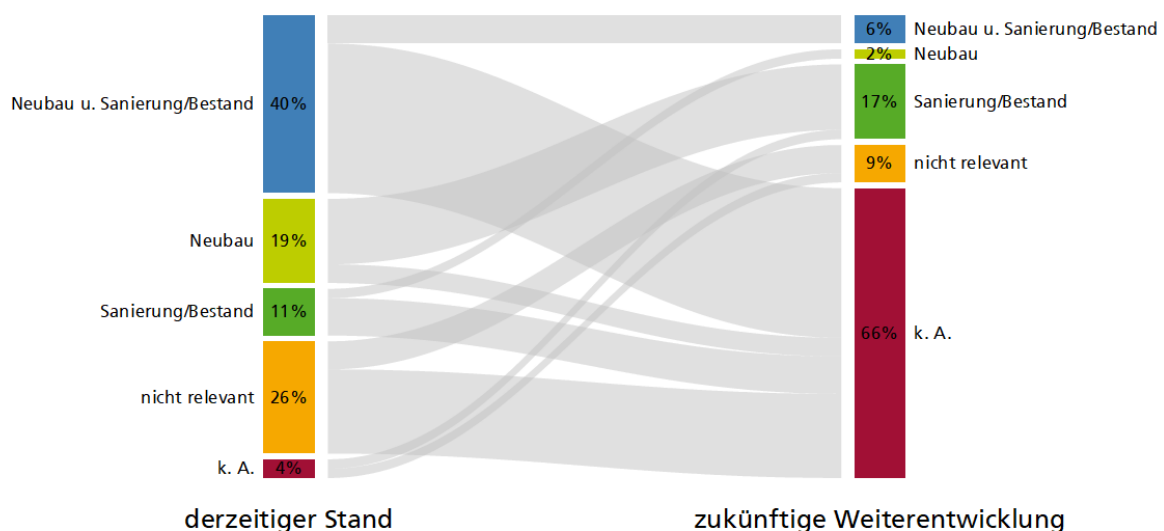


Abbildung 7: Anteil der untersuchten innovativen Technologien in EWB-Projekten mit Fokus auf den Einsatz der Technologie im Neubau oder in der Sanierung bzw. im Bestand.

In der zweiten Befragung gab die Mehrheit der Projektnehmer an, dass der Schwerpunkt der Anwendung gemeinsam auf dem Neubau, der Sanierung und dem Bestand liegt (40 %). Einige Projektnehmer (26 %) gaben an, dass die Maßnahme bzw. der Gebäudetyp für den Einsatz der



Technologie nicht relevant ist, z. B. bei den Technologien Building Information Modeling (BIM) und bei Erdwärmesonden. 19 % der Projektnehmer gaben an, dass der derzeitige Fokus auf Neubauten liegt. Davon gab ein Großteil für die zukünftige Entwicklung den Schwerpunkt Sanierung und Bestand an. Die Mehrheit der Projektnehmer hat keine Angabe zur zukünftigen Entwicklung der Technologien gemacht.

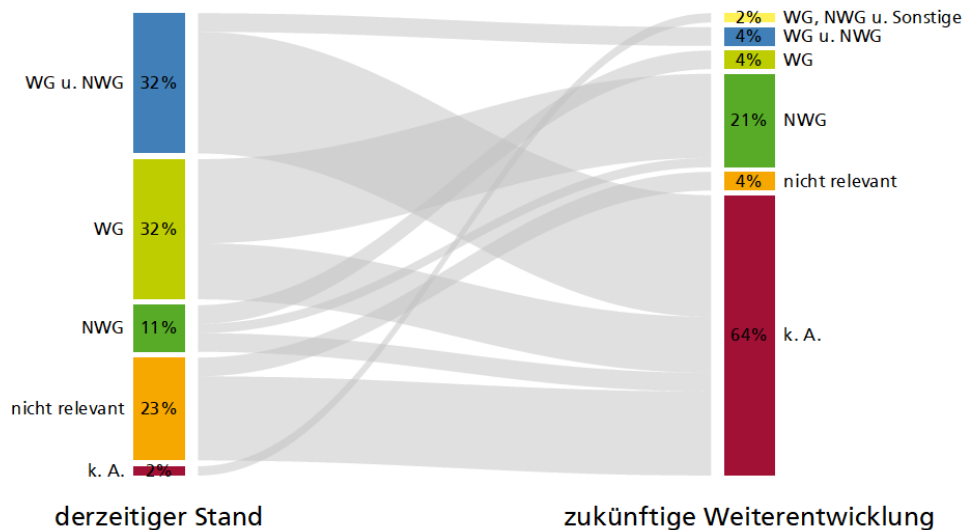


Abbildung 8: Anteil der untersuchten innovativen Technologien in EWB-Projekten mit Fokus auf den Einsatz in Wohngebäuden (WG), Nichtwohngebäuden (NWG) oder sonstigen Nutzungen.

In Bezug auf die Gebäudenutzung zeigt sich, dass etwa ein Drittel der Technologien mit Fokus auf Wohn- und Nichtwohngebäude untersucht wird. Ein weiteres Drittel konzentriert sich ausschließlich auf Wohngebäude. Der Bereich mit Fokus auf Nichtwohngebäude macht mit 11 % den kleinsten Anteil aus. Hinsichtlich der zukünftigen Technologieentwicklung machte die Mehrheit der Projektnehmer keine Angaben. Vergleicht man den aktuellen Stand mit der zukünftigen Weiterentwicklung, so zeigt sich, dass einige Projekte, die sich derzeit auf Wohngebäude fokussieren, in Zukunft den Schwerpunkt auf Nichtwohngebäude sehen.

Die Frage, ob es für die betrachtete Technologie (aktuell oder zukünftig) weitere Anwendungsfelder oder Anwendungen gibt, wurde in 41 % der befragten Projekte bejaht. Hier wurden häufig Industriegebäude bzw. die Industrie als weiteres Anwendungsfeld genannt.

32 % der Projektnehmer gaben an, dass es derzeit Einschränkungen für den Einsatz oder die Anwendung der untersuchten Technologie gibt. Hier wurden vor allem technische und gebäudespezifische Einschränkungen, wie fehlende Schnittstellen oder geeignete Fassadenflächen, genannt. Auch rechtliche Restriktionen hinsichtlich Gewährleistung, Haftung oder Genehmigung sowie Einschränkungen hinsichtlich der vorhandenen Datenbasis bzw. -verfügbarkeit wurden aufgelistet.

### Anmerkungen zur Datengrundlage

Aus zwei Befragungsrunden wurden Daten zu Einsatz und Anwendbarkeit der innovativen Technologien erhoben. In der ersten Befragungsrunde machten dazu 35 Projektnehmer Angaben, in der zweiten Befragungsrunde 47 Projektnehmer.

### Zusammenfassung der Ergebnisse

- Bei der Mehrheit der in den EWB-Projekten untersuchten Technologien liegt der Fokus beim Einsatz nicht auf einer bestimmten Maßnahmen- bzw. Gebäudeart (Neubau, Sanierung und Bestand) oder Gebäudenutzung (Wohngebäude und Nichtwohngebäude).
- Projektnehmer, die sich derzeit bei der Anwendung der untersuchten Technologien auf Neubauten bzw. Wohngebäude konzentrieren, gaben mehrheitlich an, sich bei der weiteren Entwicklung auf Sanierungen und Bestandsgebäude bzw. Nichtwohngebäude zu fokussieren.
- Als Restriktionen für den Einsatz bzw. die Anwendung der Technologie wurden technische, gebäudespezifische, rechtliche und datentechnische Einschränkungen genannt.

## 9. Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse

Um die Entwicklung und Einführung von innovativen Technologien im Gebäudesektor voranzutreiben, ist ein Verständnis für die Faktoren wichtig, die den Fortschritt der Technologien beeinflussen. Eine umfassende Zusammenstellung der Barrieren und Treiber für die Einführung nachhaltiger Gebäudetechnologien ist beispielsweise in [6] gegeben. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse innovativer Gebäudetechnologien der EWB-Projekte ausgewertet. Zur Auswertung der Einflussfaktoren wurde das Instrument der SWOT-Analyse<sup>5</sup> verwendet und auf den Kontext von Forschungsprojekten übertragen. Dafür wurden vier Fragen formuliert:

- Stärken: Welche Stärken hat diese Technologie im Vergleich zu herkömmlichen Technologien?
- Schwächen: Welche Schwächen hat die Technologie bzw. wo besteht weiterer Forschungsbedarf?
- Chancen: Welche Chancen ergeben sich durch den Einsatz dieser Technologie?
- Hemmnisse: Was hemmt den Einsatz dieser Technologie bzw. die Entwicklung zur marktreifen Technologie?

In den Berichten der bereits abgeschlossenen Projekte wurden Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse identifiziert und zusammengefasst. Als Stärke wird in einigen Berichten eine verbesserte Leistungsfähigkeit (Performance) der Technologie genannt, die sich je nach Technologieart in unterschiedlichen Eigenschaften ausdrückt. So werden z. B. bei einem Dämmstoff eine bessere Wärmedämmeigenschaft und bei einem regenerativen Energiesystem ein höherer Energieertrag gegenüber vergleichbaren Technologien genannt. Des Weiteren wird die individuelle Anpassbarkeit bzw. hohe Flexibilität der Technologien als Vorteil dargestellt. Dieser Aspekt wird im Zusammenhang mit dem Erscheinungsbild der Photovoltaik bzw. der Leistungserbringung einer Gebäudeklimatisierung genannt. Im Bereich der Ökologie werden Stärken wie die Reduzierung des Rohstoffeinsatzes bei der Herstellung, die Wiederverwendung von Materialien oder der Einsatz nachwachsender Rohstoffe aufgezählt. In manchen Berichten werden auch Kostenvorteile der innovativen Technologien erwähnt. Dazu zählen z. B. die Verwendung kostengünstiger Materialien oder der positive Einfluss auf die Investitions- und Betriebskosten durch eine kleinere Anlagendimensionierung. Auch der hohe Vorfertigungsgrad, die einfache Montage oder der geringe Installationsaufwand vor Ort werden als Stärken aufgelistet. Im Bereich der Anlagentechnik wird zusätzlich eine geringe Komplexität sowie eine einfachere Wartung als Vorteil einiger Technologien beschrieben. Gemeint sind hier z. B. eine bessere Zugänglichkeit zu anfälligen Anlagenteilen, eine übersichtliche Datenvisualisierung oder der Verzicht auf aufwendige Programmierung.

Da unterschiedliche Projekte bzw. Technologien evaluiert werden, überschneiden sich die Stärken und Schwächen teilweise. Hinsichtlich des Optimierungsbedarfs werden häufig die Kosten der innovativen Technologien genannt. Zum Beispiel wurde in einem Projekt das gesetzte Kostenziel nicht erreicht, in einem anderen Projekt wird von erhöhten Kosten aufgrund der benötigten Materialien gesprochen. Insgesamt werden in den ausgewerteten Projekten erhöhte Kosten für die Investition, den Betrieb und die Integration in das Gesamtsystem aufgelistet. Neben den Kosten scheint auch die Erfüllung bestimmter technischer Anforderungen eine Herausforderung bei einigen neuen Technologien zu sein. Genannt werden hier z. B. die Feuchte- oder Feuerbeständigkeit der

---

<sup>5</sup> Strength, Weaknesses, Opportunities, Threats; zu Deutsch Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse.

Technologien. Mit Blick auf das Gesamtsystem wird die Integration in Form von Schnittstellen bzw. Fügeverfahren als Schwachstelle erwähnt. Gemeint sind hier z. B. Programmschnittstellen bei Softwarelösungen oder Materialverbindungen bei Baukomponenten. Bis zur Marktreife bestehen bei einigen Technologien auch Herausforderungen in der Fertigung bzw. Herstellung. Bei einer Technologie besteht Optimierungsbedarf bei der Fertigungsflexibilität, bei einer anderen werden hohe Prozesszeiten und begrenzte Fertigungskapazitäten als Schwäche genannt.

Während die Stärken und Schwächen das Ergebnis einer internen Analyse sind, beziehen sich die Chancen und Hemmnisse eher auf externe Faktoren, wie z. B. Markttrends oder politische Rahmenbedingungen. Kennzahlen, Perspektiven und Trends der deutschen Bau- und Installationsbranche werden in einer jährlichen Marktstudie analysiert und veröffentlicht [7], [8]. Diese Veröffentlichungen wurden zusätzlich zu den Abschlussberichten zur Formulierung der Chancen und Hemmnisse verwendet. Die meisten Chancen der ausgewerteten innovativen Technologien werden im Bereich Energieeffizienz, Recycling und Zirkularität gesehen. Da im Energiebereich auch die Schwerpunkte der EWB-Forschungsinitiative liegen, ist dies nicht verwunderlich. Die Entwicklung, Bewertung und der Einsatz von innovativen Technologien mit energierelevanten Vorteilen sind notwendig, um die Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen. Viele der innovativen Technologien der EWB-Forschungsinitiative werden als Gelegenheit gesehen, auf dem Weg zu einem klimaneutralen Gebäudebestand voranzukommen. Die Kohärenz mit diesem Ziel bietet Chancen für die EWB-Technologien, da das Thema des klimaneutralen Bauens auf gesellschaftlicher und individueller Ebene zunehmend in den Vordergrund rückt. Der Bereich der Digitalisierung wird bei einer der ausgewerteten Technologien ebenfalls als Chance gesehen. Konkret wurde in dem Forschungsprojekt die Möglichkeit zur intelligenten Einbindung einer Kälteerzeugungseinheit in ein Lastmanagementsystem aufgeführt. Die Auseinandersetzung mit digitalen Anwendungen bei der Entwicklung bzw. dem Einsatz von innovativen Technologien könnte gute Aussichten bieten, da Alltags- und Arbeitsprozesse zunehmend von digitalen Anwendungen geprägt werden.

Als Hemmnisse werden fehlende Erfahrungen und Unsicherheiten bei der Planung und dem Einsatz innovativer Technologien aufgeführt. Darüber hinaus stellen die höheren Kosten für den Einsatz innovativer Technologien ein Hindernis dar, insbesondere vor dem Hintergrund der zuletzt gestiegenen Materialpreise im Bausektor. Ein weiteres Hemmnis ist die Verfügbarkeit von Ressourcen. Zum einen werden hier finanzielle oder materielle Ressourcen genannt (z. B. begrenzte Verfügbarkeit bestimmter Rohstoffe), zum anderen personelle oder organisatorische Ressourcen wie fehlende Kooperationen bzw. Netzwerke. In einem Projekt werden auch die gesetzlichen Rahmenbedingungen als Hemmnis erwähnt. Konkret geht es darum, dass es keine juristisch verlässlichen und verallgemeinerbaren Aussagen zu neuen Technologien bzw. Fristen im Genehmigungsprozess bei den Behörden gibt.

Neben der Zusammenstellung der Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse aus den Berichten der abgeschlossenen Projekte wurden im Rahmen der Vortragsreihe „Innovative Gebäudetechnologien“ beim EWB-Projektleitertreffen im November 2022 weitere Aspekte von laufenden Projekten gesammelt. Sechs innovative Technologien aus der EWB-Forschungsinitiative wurden vorgestellt. Im Anschluss an die Vortragsreihe wurden die Stärken, Herausforderungen, Chancen und Hemmnisse der innovativen Technologien projektübergreifend und auf Basis der Erfahrungen der Teilnehmer gemeinsam diskutiert und stichpunktartig auf einem Plakat festgehalten.

Die Diskussion begann mit den Stärken der innovativen Technologien. Ein Teilnehmer fasste zusammen, dass die Vortragsreihe gezeigt habe, dass die Technologieentwicklungen zur Effizienzsteigerung verschiedener Parameter beitragen. Gleichzeitig wurden die hohen Investitionen als Hemmnis identifiziert, welche bei nahezu allen Projekten genannt wurden. Es wurde angeregt, die Kosteneinsparung infolge der Effizienzsteigerung zu ermitteln und diese den Investitionen gegenüberzustellen. Hierzu wurde aus dem Publikum angemerkt, dass es derzeit (gestiegene Energie- und Materialkosten durch den Krieg in der Ukraine) nicht so einfach ist, die Kosten im Vergleich zu konventionellen Systemen zu ermitteln. Dennoch wurde es als wichtig erachtet, Technologien weiterzuentwickeln, obwohl diese in der Regel zunächst teurer sind. Als weitere Stärken der innovativen Technologien wurden die Ressourceneffizienz, die Neugier auf Innovationen, die Ausnutzung bereits vorhandener Räume (Raumeffizienz), aber auch ein hoher Vorfertigungsgrad, eine einfache Montage und die einfache Integration in den Bestand identifiziert.

Optimierungsbedarf besteht gemäß der Diskussion beim Bekanntheitsgrad einer Technologie und der Kommunikation über diese. Branchen müssten umdenken, neu entwickelte Technologien einsetzen und Kunden von deren Nutzen überzeugen. Als ein weiterer Optimierungspunkt wurde das Führen einer Datenbank bzw. einer Plattform genannt, in welcher die Hersteller ihre neuen Technologien listen sollen, so dass gezielt nach einer geeigneten Technologie bzw. Komponenten gesucht werden kann. Im Rahmen der Diskussionsrunde wurde angeregt, da es an einzelnen Stellen bereits solche Datenbanken gibt (z. B. in Simulationsprogrammen), die innovativen Technologien in eine gemeinsame Datenbank zu überführen.

Als Hemmnis wurde die steigende Komplexität der innovativen Anlagentechnik bei der Anwendung genannt. Daraufhin wurde 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 wurde erläutert, dass die innovativen Technologien aufgrund ihrer Komplexität nicht immer wie geplant funktionieren und auch zu Schäden an der Anlagentechnik führen können. Um dies zu vermeiden, würde in manchen Bereichen zu "LowTech" übergegangen. Im Folgenden wurde angesprochen, dass bei der Verknüpfung mehrerer Technologie-Komponenten häufig die Schnittstellen die Schwachpunkte des Gesamtsystems darstellen, die es zu optimieren gilt. Weiterhin wurden die Unsicherheit und die fehlende Erfahrung bei den Monteuren/Installateuren beim Einsatz von innovativen Technologien als großes Hemmnis gesehen. Diese müssten für eine neue Technik bspw. auch die Gewährleistung übernehmen. Als Lösungsansatz für dieses Problem wurde vorgeschlagen, den Einsatz von innovativen Technologien zu fördern und einen sogenannten Innovationsbonus z. B. für Anwender einzuführen, um mögliche Risiken und Mehrkosten abzufangen. Ein weiterer Vorschlag war das Angebot entsprechender Schulungsmöglichkeiten für die Monteure/Installateure.

Als eine Möglichkeit, die Technologie am Markt und in den Handwerksbetrieben zu integrieren, wurde die Verbesserung der Lehre sowie die Erstellung von Bildungsmodulen genannt, die das Wissen auf eine einfache und transparente Weise vermitteln. Damit die Energieeffizienz, die in der Regel mit Innovationen einhergeht, nicht „verloren“ geht, müsste der Rebound-Effekt eingedämmt werden.

In Abbildung 9 sind die Faktoren beider Auswertungen (Abschlussberichte und Vortragsreihe mit Diskussion) dargestellt. Die einzelnen Faktoren wurden dabei themenübergreifend zusammengefasst.

### **STÄRKEN – Welche Stärken haben diese Technologien?**

- Bessere Performance
- Geringerer Energieverbrauch
- Raumeffizienz
- Ökologie, Ressourceneffizienz
- Hohe Vorfertigung, einfache Montage
- Einfache Integration in Bestand
- Individuelle Anpassbarkeit, hohe Flexibilität
- Kostenvorteile
- Geringe Komplexität, einfachere Wartung

### **SCHWÄCHEN – Wo besteht Optimierungsbedarf bzw. weiterer Forschungsbedarf?**

- Hohe Kosten
- Bekanntheit, Kommunikation, Führen einer Datenbank zu neuen Technologien
- Erfüllung technischer Anforderungen (z. B. Feuchte- oder Feuerbeständigkeit)
- Integration in das Gesamtsystem (z. B. Programmier-Schnittstellen)
- Fertigung, Herstellung

### **CHANCEN – Welche Chancen bietet der Einsatz dieser Technologien?**

- Energieeffizienz
- Recycling, Zirkularität
- Digitalisierung, Smart
- Lastmanagement

### **HEMMNISSE – Was hemmt den Einsatz dieser Technologien bzw. die Entwicklung zu marktreifen Technologien?**

- Fehlende Erfahrung, Unsicherheiten bei der Planung und dem Einsatz
- Kosten, Wirtschaftlichkeit
- Verfügbarkeit von Ressourcen
- Gesetzliche Rahmenbedingungen

*Abbildung 9: Zusammenfassung der gesammelten und diskutierten Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse der innovativen Technologien innerhalb der EWB-Forschungsinitiative.*

### **Anmerkungen zur Datengrundlage**

Aus vorliegenden Abschlussberichten zu innovativen Technologien wurden Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse zusammengetragen. Diese wurden im Rahmen der Vortragsreihe auf dem EWB-Projektleitertreffen im Herbst 2022 mit den teilnehmenden Projekten ergänzt und diskutiert.

### **Zusammenfassung der Ergebnisse**

- Eine Vielzahl von Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnissen wurde aus Abschlussberichten von EWB-Projekten mit innovativen Technologien gesammelt und im Rahmen eines EWB-Projektleiter-Workshops zum Thema innovative Technologien auf Basis der Erfahrungen der Teilnehmer diskutiert und ergänzt. Eine technologieübergreifende Zusammenfassung der Faktoren ist in Abbildung 9 dargestellt. Die Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse von einzelnen Technologien können stark variieren.
- Bei den Stärken und Chancen wurden u. a. Faktoren in den Bereichen Energie und Ökologie festgehalten.
- Bei den Schwächen und Hemmnissen wurden u. a. Faktoren in den Bereichen Kosten und Kommunikation genannt.

## 10. Zusammenfassung und Ausblick

Die Bundesregierung fördert die angewandte Energieforschung in Deutschland, um die Erreichung der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 und die damit verbundene Energiewende voranzutreiben. Im Rahmen der Forschungsinitiative ENERGIEWENDEBAUEN (EWB) wird die Förderung von Forschung, Entwicklung und Demonstration für energieeffiziente Gebäude und Quartiere gebündelt. In der vorliegenden Arbeit werden die innovativen Gebäudetechnologien der EWB-Forschungsprojekte querausgewertet. Insgesamt wurden 147 Gebäudeprojekte identifiziert, die sich mit innovativen Technologien beschäftigen. Die Querauswertung konzentriert sich auf das Gesamtbild der EWB-Forschungslandschaft und analysiert Themen wie Technologieeinordnung, Forschungsaktivitäten, Reifegrad, Ziele, Anwendungsfelder sowie Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse der Technologien. Aufgrund der unterschiedlichen Projektlaufzeiten wurde eine zweistufige Bewertungsmethodik angewandt, bei der Abschlussberichte, Beschreibungen aus der EnArgus-Datenbank und Daten aus zwei Umfragen der Begleitforschung verwendet wurden. Die Querauswertung wurde im August 2023 fertiggestellt und spiegelt den Stand der Forschungsprojekte zu diesem Zeitpunkt wider.

Die EWB-Projekte befassen sich mit einer großen Bandbreite an innovativen Technologien im Gebäudebereich. Der größte Anteil (61 %) entfällt auf die Anlagentechnik, insbesondere auf Betriebsmonitoring, Steuerung und Regelung. Danach folgen Speicher, Kälte- und Heizungssysteme, sonstige Anlagentechnik, Lüftung, Geothermie, Trinkwassererwärmung, PV, PVT und Solarthermie. Im baulichen Bereich werden schwerpunktmäßig schaltbare Systeme (z. B. schaltbare Fassadenkomponenten, Fensterfolien) und ökologische Dämm- bzw. Baustoffe untersucht. 16 % der Technologien werden als multifunktional eingestuft. Hier werden zum Großteil Fassadenelemente bzw. -systeme erforscht, die Komponenten der Anlagentechnik und der Gebäudetechnik kombinieren.

Die Forschungsaktivitäten der EWB-Projekte zu innovativen Technologien lassen sich in drei Bereiche unterteilen: das Entwickeln, Bewerten und Einsetzen bzw. Anwenden der Technologie. 25 % der befragten Projektnehmer gaben an, alle drei Aktivitäten durchzuführen. Insgesamt gaben 67 % der Projektnehmer die Entwicklung als Teil ihrer Forschungsaktivitäten zu innovativen Technologien an. Dies zeigt, dass die Entwicklung innovativer Technologien eine zentrale Forschungsaktivität darstellt. Die Bewertung und der Einsatz innovativer Technologien werden in ähnlichem Umfang durchgeführt (56 % bzw. 57 %). Der Technology Readiness Level (TRL) einiger innovativer Technologien der EWB-Projekte wurde ebenfalls ausgewertet. Die häufigsten Reifegrade, die in den EWB-Forschungsprojekten durchlaufen werden oder durchlaufen werden sollen, sind TRL 5 (Technologie in relevanter Umgebung überprüft) und TRL 4 (Technologie im Labor überprüft). Die Mehrheit der Technologien durchläuft während der Laufzeit des Forschungsprojekts mehrere Reifegrade.

Um die Motivation und den Hintergrund zur Untersuchung der Technologien zu erfassen, wurden die Ziele der Innovation ausgewertet. Dazu wurden Ziele aus bereits abgeschlossenen Berichten gesammelt und zusammengefasst. Daraus ergab sich eine Zusammenstellung 10 verschiedener allgemeingefasster Ziele, wie z. B. die Erhöhung des Nutzerkomforts oder die Energieeinsparung. Anschließend wurden die EWB-Projekte befragt, welche Ziele sie mit der Erforschung innovativer Technologien verfolgen. Die Ergebnisse der Befragung zeigten, dass Effizienzsteigerung, Betriebsoptimierung und Energieeinsparung am häufigsten gewählt wurden.

Die Querauswertung der Einsatz- und Anwendungsbereiche hat gezeigt, dass die Mehrheit der innovativen Technologien nicht auf eine bestimmte Maßnahme bzw. Gebäudeart (Neubau, Sanierung und Bestand) oder Gebäudenutzung (Wohngebäude und Nichtwohngebäude) ausgerichtet ist. Als Hemmnisse für den Einsatz der Technologien wurden technische, gebäudespezifische, rechtliche und datentechnische Einschränkungen genannt.

Faktoren, die den Fortschritt der innovativen Technologien beeinflussen, wurden anhand einer SWOT-Analyse (Stärken, Schwächen, Chancen und Hemmnisse) aus den Abschlussberichten und im Rahmen eines Workshops mit EWB-Projekten gesammelt. Die zusammengetragenen Aspekte variieren stark in Abhängigkeit der untersuchten Technologie.

Insgesamt zeigt die Querauswertung, dass die innovativen Technologien der EWB-Projekte ein breites Spektrum an Themenfeldern abdecken und damit vielversprechende Möglichkeiten bieten, einen Beitrag zum Ziel der Klimaneutralität im Gebäudesektor zu leisten. Voraussetzung dafür ist die erfolgreiche Umsetzung und breite Anwendung der Technologien. Ein erster Versuch, die Weiterentwicklung und Umsetzung der innovativen Gebäudetechnologien der EWB-Projekte voranzutreiben, ist die Veröffentlichung einer Technologieliste im Anhang dieser Arbeit sowie die Möglichkeit, innovative Technologien auf der EWB-Projektlandkarte einzutragen. Damit sollen die untersuchten Technologien der EWB-Projekte leichter auffindbar gemacht werden. Dies soll die Suche nach innovativen Technologien für den projektübergreifenden Wissensaustausch und den Einsatz in Demonstrationsgebäuden erleichtern.



## 11. Literaturverzeichnis

- [1] Presse- und Informationsamt der Bundesregierung: Generationenvertrag für das Klima. November 2022. Online verfügbar unter (letzter Abruf am 13.01.2023): <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>.
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK): Das 7. Energieforschungsprogramm. September 2018. Online verfügbar unter (letzter Abruf am 13.01.2023): <https://www.energieforschung.de/energieforschungspolitik/energieforschungsprogramm>.
- [3] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Innovationen für die Energiewende – 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung. September 2018. Online verfügbar unter (letzter Abruf am 13.01.2023): <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/7-energieforschungsprogramm-der-bundesregierung.html%20>.
- [4] OECD/Eurostat: Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4<sup>th</sup> Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. 2018. Online verfügbar unter (letzter Abruf am 17.01.2023): <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>.
- [5] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. Strazza, C.; Olivieri, N.; De Rose, A. et al.: Technology readiness level: guidance principles for renewable energy technologies: final report. Publications Office, 2017. Online verfügbar unter (letzter Abruf am 18.01.2023): <https://data.europa.eu/doi/10.2777/577767>.
- [6] Darko, A. et al.: Examining issues influencing green building technologies adoption: The United States green building experts' perspectives. Energy and Buildings, Volume 144, 2017, Pages 320-332, ISSN 0378-7788. Online verfügbar unter (letzter Abruf am 20.01.2022): <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.060>.
- [7] BauInfoConsult GmbH: BauInfoConsult Jahresanalyse 2022/2023 – Kennzahlen & Perspektiven. 2022.
- [8] BauInfoConsult GmbH: BauInfoConsult Jahresanalyse 2022/2023 – Marketing & Trends. 2022.

## Anhang – Liste der innovativen Technologien

Folgend werden die in der Querauswertung betrachteten innovativen Technologien der EWB-Projekte aufgelistet (Stand August 2023). Auf der Projektlandkarte der Forschungsinitiative ENERGIEWENDEBAUEN<sup>6</sup> sind die EWB-Projekte dargestellt. Neu gestartete Projekte werden dort laufend hinzugefügt. Die Projekte haben die Möglichkeit, Themenschwerpunkte anzugeben, nach denen in der Projektlandkarte gefiltert werden kann, darunter auch Technologieentwicklung. Über die Projektlandkarte und das Internet-Portal EnArgus<sup>7</sup> können die beteiligten Projektnehmer identifiziert und danach kontaktiert werden. Neben dem Förderkennzeichen (FKZ) des Forschungsprojekts und einer Kurzbeschreibung der untersuchten Technologie ist in der Tabelle die thematische Zuordnung zu einer Kategorie bzw. Subkategorie angegeben. Die Zuordnung wurde vom Begleitforschungsmodul 2 durchgeführt und basiert auf Angaben der Projekte aus den Fragebögen oder auf der Projektbeschreibung in EnArgus.

FKZ	Akronym	Kategorie	Subkategorie	Kurzbeschreibung
03EN1046	plus-EQ-Net_II	anlagentechnisch	Geothermie	Oberflächennahe Erdwärmekollektoren, Gebäudeparametrisierung
03ET1299	Plus-EQ-Net	anlagentechnisch	Geothermie	Großkollektoranlage im Demogebäude (Wohn- und Geschäftsgebäude)
03ET1472	OPTIMOG	anlagentechnisch	Geothermie	Verfahren zur Optimierung der Hinterfüll- und Sondenmaterialien für die oberflächennahe Geothermie
03ETW006	MPC-Geothermie	anlagentechnisch	Geothermie	Einbindung von Erdwärmesonden in die Gebäudesteuerung mittels Model Predictive Control
03ETW018	Well-ness	anlagentechnisch	Geothermie	Untersuchung, Dokumentation und Bewertung von Wärme- und Kälteversorgung über Grundwasser an einer Uni-Klinik
0325868	SolSpaces2.0	anlagentechnisch	Heizungssysteme, etc.	Weiterentwicklung und Optimierung eines solaren Heizungssystems mit Sorptionswärmespeicher zur vollständigen Wärmeversorgung von Energieeffizienzhäusern
03EGB0009	Inno-NEX	anlagentechnisch	Heizungssysteme, etc.	Wärmenetzversorgung mit niederkalorischen Abwärmequellen
03EGB0031	SDE21 - MI-MO	anlagentechnisch	Heizungssysteme, etc.	Kopplung Wärmepumpe mit Haushaltsgroßgeräten
03EN1020	PIK_II_Verbund	anlagentechnisch	Heizungssysteme, etc.	Abwärmenutzung eines Hochleistungsrechners
03EN1042	passPART2	anlagentechnisch	Heizungssysteme, etc.	Intelligentes Raumwärmemanagement
03EN1065	iHKV	anlagentechnisch	Heizungssysteme, etc.	Digitalisierter Heizkreisverteiler für Gebäude mit Fußbodenheizung
03EN6002	EffKON	anlagentechnisch	Heizungssysteme, etc.	Thermoelektrische Wärmepumpe auf Basis von Peltier-Elementen

<sup>6</sup> Link zur Projektlandkarte:

<https://ewb.innoecos.com/Group/Kompetenzsuche/DomainMapExplorer.2/Start/Search>

<sup>7</sup> Link zu EnArgus: <https://www.enargus.de/>

03EN6014	Effizientes Heizen	anlagentechnisch	Heizungssysteme, etc.	Wirtschaftliche und ökologische Bewertung von erneuerbaren Heizungssystemen
03ET1451	poMMes	anlagentechnisch	Heizungssysteme, etc.	Chemische Wärmepumpen und Wärmespeicher
03ET1600	smart-case-NZEB	anlagentechnisch	Heizungssysteme, etc.	Wärmepumpe mit integriertem Latentwärmespeicher
03SBE0001	SolaresBauen: LowEx Bestand	anlagentechnisch	Heizungssysteme, etc.	LowEx-Konzepte für die Wärmeversorgung von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden
03EGB0018	HotFIAd	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Adsorptionskälte in Rechenzentren
03EN6003	Verbundvorhaben: GOKAS	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Betriebsoptimierung von Kälteanlagen bei smarter Einbindung in andere Energiesysteme
03EN6010	KUEHASystem	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Kühlen mit Bestandsheizungsanlagen
03EN6012	EISKIG	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	KI-basierte Optimierungsverfahren in der Gebäudekältetechnik
03ET1334	DCC-COP100	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Adiabate Kühlung, Data-Center-Cooling ohne maschinelle Kältetechnik
03ET1370	EnKH	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Adiabate Kühlung in bestehenden RLT-Anlagen
03ET1374	SOMAK	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Solare magnetische Klimatisierung
03ET1421	Dyn-GSGK	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Sorptionsgestützte Klimatisierung mit Erdreich-Wärmeübertrager
03ET1461	KUEHA	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Kostengünstige und energieeffiziente sommerliche Raumkühlung unter Einbeziehung regenerativer Energiequellen
03ET1476	WUESST	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Flüssigis-Wärmeübertrager
03ET1494	LAKA	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Absorptionskälteanlage mit adiabater Vorkühlung
03ETW024	SorptionTakeOff	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Smarter Systemregler für Sorptionskühlsysteme
03ETW025	MiniKueWeE	anlagentechnisch	Kältesysteme, etc.	Passive Kühlung durch Wärmeabfuhr mittels Wärmerohre
03EN1005	SLIM	anlagentechnisch	Lüftung	Semizentrale Lüftung – dezentrale Ventilatoren in zentralen RLT-Anlagen
03EN1055	ESTATE	anlagentechnisch	Lüftung	KI-basierte Steuerung von Lüftungsanlagen
03EN1062	ANEMOS	anlagentechnisch	Lüftung	Thermische Entkeimung virenbelasteter Luft in Gebäuden
03ET1454	EnEff-OP-Luft	anlagentechnisch	Lüftung	Energieeffiziente Belüftung für OP-Räume
03ET1568	dECONhealth	anlagentechnisch	Lüftung	Bedarfsgerechte Lüftung in Gesundheitszentren
03ET1606	LuftKonVerTeR	anlagentechnisch	Lüftung	Dynamischer Betrieb von Lüftungssystemen (RLT-Anlage und Kanalnetz) zur Steigerung der Energieeffizienz im Teillastbetrieb
03ET1655	HaLo-Filter	anlagentechnisch	Lüftung	Entwicklung eines hochabsorbierenden Grob- und Feinstaub-Luftfiltermaterials für Lüftungsgeräte

03EGB0004	EMGIMO	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Lastmanagementsystem – Integration und Management flexibler Lasten, einschließlich Elektromobilität
03EGB0025	FlexEhome	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Modellprädiktive Regelung in einem netzdienlichen Solarhaus
03EN1002	DataFEE	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Digitaler Zwilling, Regelungsstrategie – Energieeffizienz durch nutzungszentrierte Gebäudesysteme
03EN1011	KINERGY	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Zustandserkennung der Heizungsanlage – Ganzheitliche intelligente Heizungsanlagenüberwachung und -optimierung durch künstliche Intelligenz
03EN1011	KINERGY	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Handlungsempfehlung für Heizungsanlage – Ganzheitliche intelligente Heizungsanlagenüberwachung und -optimierung durch künstliche Intelligenz
03EN1021	BUILD-DIGITIZED	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	BIM-Methoden für die Inbetriebnahme und Optimierung von netzdienlichen Niedrigstenergiegebäuden
03EN1035	EEFH-IO	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Umsetzung und Bewertung eines modularen Energieversorgungskonzepts mit integriertem Energiemanagementsystem
03EN1036	ENDEMAR	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Intelligente Steuerung von Energieverbrauchern im Gebäude
03EN1044	Shango	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Monitoring und Optimierung von Heizungsanlagen über Web-Schnittstellen
03EN1053	sEnSys	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Modellprädiktive Systemregelung im mehrgeschossigen Wohnungsbau
03EN1054	optLWP	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Prädiktive Wärmepumpenregelung
03EN1060	N5GEH-SKAMO	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Smarte Datenbasis zur Speicherung von Betriebsdaten und zur Bereitstellung von Daten für automatisierte Konfigurationen von Services (z. B. Anlagenmonitoring/-optimierung)
03EN1060	N5GEH-SKAMO	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Drahtlose Übermittlung von Daten zur Optimierung des Energie- und Lastdatenmanagements mit niedrigem Stromverbrauch und hoher Zuverlässigkeit
03EN1066	AGENT-2	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Modellprädiktive Regelung

03EN1066	AGENT-2	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Modulare Gebäudeautomation
03EN1073	InnoEff	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Smarter Ansatz für energieeffizienten Betrieb heiztechnischer Anlagen
03ET1371	MFGeb	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Methoden zur Fehlererkennung am Gesamtsystem Klimatisierung und Lüftung von Gebäuden
03ET1423	SSZLoehrMonitoring	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Automatisierte Verfahren zur Messdatenanalyse und -visualisierung, Entwicklung prädiktiver Steuerungsalgorithmen
03ET1431	SmartAdap	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Zentraler Regelalgorithmus für Bestandsanlagen
03ET1447	AutoEnEff	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Regelparameteroptimierung im laufenden Betrieb
03ET1485	MODI	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Betriebsmodi als methodisches Werkzeug für den Entwicklungs- und Realisierungsprozess von Energiesystemen
03ET1512	Hybrid-FHKL	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Modulare hybride Heiz- und Kühlflächen in Kombination mit Raumluftkonditionierung
03ET1513	Smart Hotel Supply	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Energiemanagement in Hotelbetrieben in Abhängigkeit der dynamischen Hotelbelegung
03ET1567	ARCHE	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Architekturen und Entwurfsmethodik für selbstoptimierende Regelverfahren in verteilten Energiesystemen
03ET1613	ORSYGET	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Optimierte Regelungen hydraulischer Systeme
03ET1616	BaltBest	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Betriebsoptimierung von Kesselanlagen
03ET1647	KENBOP	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Monitoring bzw. Optimierung zur korrosionssicheren Inbetriebnahme energieoptimierter hydraulischer Systeme
03ETW012	KaP-Kälteanlagen in der Praxis	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	Softwaregestützte Betriebsanalyse und -optimierung von Kältesystemen und RLT-Anlagen
03SBE0007	SolaresBauen: MAGGIE	anlagentechnisch	Monitoring, Steuerung, Regelung, etc.	KI-Steuerung eines Hybridheizsystems (BHKW und hocheffiziente Wärmepumpe)
03EGB0023	integraTE	anlagentechnisch	PV/PVT	Initiative zur Marktetablierung und Verbreitung von PVT-Kollektoren
03EN1009	RENBuild	anlagentechnisch	PV/PVT	Dachintegration von PVT-Kollektoren im Demogebäude
03ETW007	Farbkollektor	anlagentechnisch	PV/PVT	Farbkollektor – Konzepte für architektonisch angepasste Kollektoren für den Altbaubestand und Neubauten
03ETW011	PVT-Solutions	anlagentechnisch	PV/PVT	Wirtschaftliche und effiziente PVT-Gesamtlösungen und dafür geeignete PVT-Kollektoren

0325865	SpeedColl2	anlagentechnisch	Solarthermie	Gebrauchsdauerabschätzung für solarthermische Kollektoren und deren Komponenten
03ETW005	HP-SYS	anlagentechnisch	Solarthermie	Stagnationssichere solarthermische Anlagen mit Heat-Pipes-Kollektoren
03ETW015	flexLAC	anlagentechnisch	Solarthermie	Flexible Serienfertigung eines hocheffizienten Großflächenkollektors für Wärmenetze
03ETW023	HYDRA-RoS	anlagentechnisch	Solarthermie	Umformtechnik mit zugehöriger Fügetechnik für neuartiges Rohrregister ohne Sammlerrohre zur hydraulischen Optimierung von Vakuumröhrenkollektoren
03EGB0001	FlexGeber	anlagentechnisch	Sonstige Anlagentechnik	Demonstration von Flexibilitätsoptionen im Gebäudesektor und deren Interaktion mit dem Energiesystem Deutschlands
03EGB0020	ETiK	anlagentechnisch	Sonstige Anlagentechnik	Energieeffiziente Temperierung in Kirchen
03EGB0025	FlexEhome	anlagentechnisch	Sonstige Anlagentechnik	Lokaler Wasserstoffkreislauf in einem netzdienlichen Solarhaus
03EN6019	dx-Wasser	anlagentechnisch	Sonstige Anlagentechnik	Raumlüftungfeuchtung mit Solarthermie
03ET1299	Plus-EQ-Net	anlagentechnisch	Sonstige Anlagentechnik	Kraft-Wärme-Kopplung im Demogebäude (Wohn- und Geschäftsgebäude)
03ET1343	Monitoring degewo Zukunftshaus in Berlin	anlagentechnisch	Sonstige Anlagentechnik	Nutzung regenerativer lokaler Energien mit möglichst hohem Selbstversorgungsgrad im Demogebäude (Zeilenhochhaus)
03ET1446	VEProB	anlagentechnisch	Sonstige Anlagentechnik	Analyse des Performance-Gaps sowie des Betriebs- und Regelungsverhaltens von untereinander vernetzten Verwaltungs- und Produktionsgebäuden
03ET1602	Plusenergieschule Stuttgart	anlagentechnisch	Sonstige Anlagentechnik	Abgleich von Konzept und Umsetzung eingesetzter Technologien in einer Plus-Energieschule
03SBE0005	SolaresBauen: Smart Green Tower	anlagentechnisch	Sonstige Anlagentechnik	Innovative Energieversorgung von Wohnhochhäusern – lamellenintegrierte PV, Energiemanagement- und Batteriesysteme
03EN1009	RENBuild	anlagentechnisch	Speicher	Einbindung von Phasenwechselmaterial in ein Gesamtkonzept zur regenerativen Versorgung eines Demogebäudes
03EN1053	sEnSys	anlagentechnisch	Speicher	Second-Life Batteriespeicher aus Elektrofahrzeugen
03EN1064	TriValent	anlagentechnisch	Speicher	Dimensionierung des Erdkollektorspeichers als Mittelfrist-Wärmespeicher
03EN6005	PCM-Screening-2	anlagentechnisch	Speicher	Evaluierung von Salzsystemen für den Einsatz als Phasenwechselmaterial (PCM)

03EN6013	Windheizung 2.0 Demo	anlagentechnisch	Speicher	Speicher- und Regelungs-Technologien der Windheizung
03EN6017	PAKS	anlagentechnisch	Speicher	Absorptionskältespeicher mit hoher Energiespeicherdichte
03EN6017	PAKS	anlagentechnisch	Speicher	Thermischer Energiespeicher mit innovativem Speicherprozess
03ET1463	KOKAP	anlagentechnisch	Speicher	Kosteneffiziente Kapselmaterialien für Phasenwechselmaterialien
03ET1500	EltStore	anlagentechnisch	Speicher	Elektrochemische Speicher in NWG, Optimierung der Anlagenplanung
03ET1537	BeHeWaDS	anlagentechnisch	Speicher	Heißwasser-Druckspeicher aus Ultra-Hochleistungsbeton
03ET1584	PCM-Metro-2	anlagentechnisch	Speicher	Dynamisches Verhalten und Alterung von Phasenwechselmaterial-Komponenten (PCM)
03ET1667	StoEx2	anlagentechnisch	Speicher	Großvolumige, preiswerte Warmwasser-Speicher zur Außenaufstellung
03ETS001	dynOpt-En	anlagentechnisch	Speicher	Hocheffiziente Mehrzonen-Schichtspeicher für hohe Be- und Entladevolumenströme
03ETW019	Sol4City	anlagentechnisch	Speicher	Solares Gesamtenergieversorgungskonzept für Mehrfamilienhäuser mit Einbindung von Phasenwechselmaterial (PCM)
03ETW019	Sol4City	anlagentechnisch	Speicher	Solares Gesamtenergieversorgungskonzept für Mehrfamilienhäuser mit Einbindung von hocheffizientem, vakuumwärmegeädämmtem Warmwasserspeicher
03EN1025	TA-DTE-XL	anlagentechnisch	Trinkwarmwasserbereitung	Zentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmer
03EN1027	Trans2NT-TWW	anlagentechnisch	Trinkwarmwasserbereitung	Trinkwassererwärmung in Niedertemperatur-Versorgungssystemen
03EN1053	sEnSys	anlagentechnisch	Trinkwarmwasserbereitung	Dezentrale direktelektrische Trinkwassererwärmung
03EN1061	WoSta4.0	anlagentechnisch	Trinkwarmwasserbereitung	Elektronisch geregelte, intelligent vernetzte Wohnungsstationen
03ET1617	ULTRA-F	anlagentechnisch	Trinkwarmwasserbereitung	Ultrafiltration – hygienisch einwandfreier Betrieb bei abgesenkten Trinkwarmwassertemperaturen
03EGB0012	EffTecSomodln	baulich	Bauweise	Modulares/serielles Bauen
03EGB0027	SDE21 - LevelUp	baulich	Bauweise	Modulares/serielles Bauen
03EGB0028	SDE21 - coLLab	baulich	Bauweise	Modulares/serielles Bauen
03EGB0029	SDE21-LOCALplus	baulich	Bauweise	Modulares/serielles Bauen
03EGB0030	SDE21-X4S	baulich	Bauweise	Modulares/serielles Bauen
03EGB0031	SDE21 - MI-MO	baulich	Bauweise	Modulares/serielles Bauen
03EGB0032	SDE21-RoofKIT	baulich	Bauweise	Modulares/serielles Bauen
03EGB0034	SDE21 - DeeplyHigh	baulich	Bauweise	Modulares/serielles Bauen
03EGB0005	VIDI	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Schaltbares Vakuumisulationspaneel

03EGB0021	FFS-VIG	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Fenster- und Fassadensysteme mit Vakuumisolierverglasung
03EN1008	SILITROP	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Thermotrope Glasfassade (passiv schaltender Sonnenschutz)
03EN1013	AufgeMERCKt	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Farbneutral-schaltende Verglasung im Museum (Ersatz für außenliegende Verschattung)
03EN1019	SHARK	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Anti-Reflexschichten auf komplexen Substraten
03EN1032	follow-e-demo	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Beschichtung von ETFE-Folien mit transparentem Sonnen- bzw. Wärmeschutz
03EN1033	ElchFen	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Elektrochrom schaltende Fenster mit großer Farbvielfalt
03EN1045	U-green	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Bauphysikalische Bewertung von Fassaden- und Dachbegrünungen
03EN1048	FLEX-G4.0	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Schaltbare Folien als Nachrüstung für energiesparende Fenster und Glasfassaden
03EN1072	HLBhybrid	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Fassaden-Sandwichmodule aus ökologischen Rohstoffen
03ET1432	Textil-KFFS	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Schaltbare, winkelselektive, textile Fassadenkomponenten
03ET1470	FLEX-G	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Rolle-zu-Rolle-Technologien zur Herstellung flexibler und gebogener Fassaden- und Dachelemente mit schaltbarem Gesamtenergiedurchlassgrad
03ET1610	EnaPlanDF	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Planungsleitfaden für natürlich belüftete Doppelfassaden
03ET1665	skalVIG	baulich	Dach/Fassade/Fenster	Hochskalierbare umweltverträgliche Herstellprozesse und Objektdemonstration der Vakuumisolierverglasungstechnologie
03EGB0008	RokoDaMi	baulich	Dämmstoff/Baustoff	Nachhaltige Aufdachdämmung aus Rohrkolben
03EN1006	I-Foam	baulich	Dämmstoff/Baustoff	Leichter Schaumbeton als umweltfreundliches Dämmmaterial
03EN1039	OrganoPor_Fassade	baulich	Dämmstoff/Baustoff	Dämmstoffplatten aus kostengünstigen, organischen Bestandteilen (Maisspindeln, Maisgärreste, Korkabfälle, etc.)
03EN1040	HydroPhiber	baulich	Dämmstoff/Baustoff	Hochdämmende Bau- und Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen
03EN1063	Fachwerk_2.0	baulich	Dämmstoff/Baustoff	Innendämmung aus nachwachsenden Rohstoffen
03ET1414	KOMPAP	baulich	Dämmstoff/Baustoff	Wandstrukturen aus Kompositmaterialien mit Papier
03ET1424	FoamSet	baulich	Dämmstoff/Baustoff	Naturbasierte duroplastische Phenol-Hartschäume
03ET1526	RaPro Ziegel 2020	baulich	Dämmstoff/Baustoff	Höchstwärmedämmender Mauerziegel
03ET1565	BioFassade	baulich	Dämmstoff/Baustoff	Hochleistungswärmedämmung aus Biopolymeren
03ET1623	KERATON	baulich	Dämmstoff/Baustoff	Keramischer Hybridbaustoff aus Tonschaum mit Hochleistungsdämmstoffen



03SBE0007	SolaresBauen: MAGGIE	baulich	Dämmstoff/Baustoff	Solaraktive Baustoffe und Dämmputze (höhere Reflektion im Sommer, höhere Absorption im Winter)
03EGB0010	LLEC- Verwaltungsbau	multifunktional	Fassadenelement/- system	Fassadenintegrierte PV + dezentrale Lüftung
03EGB0031	SDE21 - MI-MO	multifunktional	Fassadenelement/- system	Fensterlamellen mit PV
03EN1010	BIMPV	multifunktional	Fassadenelement/- system	BIM-Ansatz zur lebenszyklusorientierten Integration von fassadenintegrierten PV-Systemen
03EN1012	BIPVslim	multifunktional	Fassadenelement/- system	PV-Fassadenelement mit Hochleistungswärmedämmung und Latentwärmespeicher
03EN1018	Synergiefassaden	multifunktional	Fassadenelement/- system	Abluftkonzept zwischen Sonnenschutz und Fassade
03EN1028	MultiFace	multifunktional	Fassadenelement/- system	Fassadenelemente mit Wärmespeicherkapazität und integrierter aktiver Temperierung
03EN1041	LEXU_PLUS	multifunktional	Fassadenelement/- system	Vorgefertigte Sandwich-Fassaden-Elemente zur Gebäudetemperierung
03EN1064	TriValent	multifunktional	Fassadenelement/- system	Solar-Massivabsorber in Sandwich-Beton-Wandelementen
03EN1069	AluPV	multifunktional	Fassadenelement/- system	Aluminium-Fassadenelemente mit integrierten PV-Modulen
03EN6002	EffKON	multifunktional	Fassadenelement/- system	Gebäudeintegrierter Solarabsorber
03EN6018	ReFaTEk	multifunktional	Fassadenelement/- system	Ressourcenschonende Energieklinker zur Nutzung von Solarenergie
03ET1399	MuFuBisS	multifunktional	Fassadenelement/- system	Regelbares, vakuumisoliertes Wandelement mit thermisch aktiven Bewehrungsstrukturen
03ET1401	FIHLS	multifunktional	Fassadenelement/- system	Integration haustechnischer Komponenten in die Gebäudehülle
03ET1530	EE-MODUL	multifunktional	Fassadenelement/- system	Modulfassade als lokale Energiehülle: PV, Solarthermie, Kleinst-WPs zur Wärme-/Kältebereitstellung, Lüftung, Speicherung
03ET1636	GreenFaBS	multifunktional	Fassadenelement/- system	Grünfassade + dezentrale Lüftung – Einsatz von Grünfassaden zur Reduzierung des Kühlbedarfs fassadenintegrierter dezentraler Gebäudetechnik
03ETW013	Solar-VHF	multifunktional	Fassadenelement/- system	Fassadenintegrierte Solarthermie und Nutzung der Umweltwärme in Kombination mit Wärmepumpen-Technologie
03ETW017	TABSOLAR III	multifunktional	Fassadenelement/- system	Fassadenelemente aus Ultrahochleistungsbeton mit integrierten Fluidkanälen zur Nutzung als Solarabsorber oder TABS
03ETW022	DESTINI	multifunktional	Fassadenelement/- system	Solarthermische Jalousie
03SBE0003	PV-HoWoSan	multifunktional	Fassadenelement/- system	PV-Einhänge-Fassaden-System

03SBE0008	Fassade_3	multifunktional	Fassadenelement/-system	Multifunktionales Fassadenelement mit hohem Vorfertigungsgrad mit Einsatz von organischen Photovoltaik-Modulen
03EN1052	EnHoF	multifunktional	Sonstiges	Gasgefüllte Hochleistungs-Folienwärmedämmung für Wärmespeicher und Gebäudehülle
03EN1054	optLWP	multifunktional	Sonstiges	Prädiktives Speicherlademanagement von thermisch aktivierten Gebäuden
03EN1064	TriValent	multifunktional	Sonstiges	Luft-Wärmepumpe mit Außenluft und weiteren Umgebungswärmequellen, z. B. Beton-Massivabsorber (Thermowand)
03EN6002	EffKON	multifunktional	Sonstiges	Tragelemente (z. B. Fundament) mit eingebetteten Wärmespeichern (aus Phasenwechselmaterial)
03EN6008	SolSPaces-E	multifunktional	Sonstiges	Solares Luftheiz- und Kühlsystem für die Wohngebäudeklimatisierung
03ET1563	DeckinVent	multifunktional	Sonstiges	Deckenintegrierte Ventilatoren mit Akustikpaneelen
03ET1612	Thermische Energiespeicher: Windheizung 2.0	multifunktional	Sonstiges	Thermisch aktivierte Innenwände und Decken mit Windkraft
03EN1050	BIM2Praxis	Sonstiges	BIM und Simulation	Integration von Methoden zur Erstellung von Simulationsmodellen auf Basis des Building Information Modeling in die Praxis
03EN1042	passPART2	Sonstiges	Gamification	Nutzersensibilisierung durch Einbindung spielerischer Elemente
03EN1063	Fachwerk_2.0	Sonstiges	Gebäudeaufnahme	Innovative Bauaufnahmefethoden am Bestandsgebäude (erhöhter Detaillierungsgrad, 3-D-Modell)
03ETW010	TeBwA	Sonstiges	Messverfahren	Kostengünstige Temperaturmesstechnik zur energetischen Bilanzierung wärmetechnischer Anlagen
03EN1066	AGENT-2	Sonstiges	Modellbildung von Gebäuden	Datengetriebene Modellierung
03EN1026	EnergyTWIN	Sonstiges	Sonstiges	Sensorgestützte und KI-basierte Methoden für die digitale, BIM-basierte Inbetriebnahme von technischen Anlagen in Hochbauwerken und deren energetische Systemoptimierung (Photogrammetrie, Laserscanning, Infrarotmesstechnik)