KURZFRISTIG UMZUSETZENDE MAßNAHMEN ZUR STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ VON GEBÄUDEN UND QUARTIEREN

Felix Rehmann*, Rita Streblow*, Dirk Müller+

This document is a Whitepaper containing the findings of the research projects „BF2020 Begleitforschung Energiewendebauen - Modul Digitalisierung; Teilvorhaben: TU Berlin: Wissensplattform“ (FKZ: 03EWB004A) and „BF2020 Begleitforschung Energiewendebauen - Modul Gebäude; Teilvorhaben: Bausteine für die Transformation - Akteurseinflüsse, Modernisierungsstrategien und systemdienliche Konzepte“ (FKZ: 03EWB002A)

The paper has been revised on July 27th, 2022.

This document is published under Creative Commons BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Please cite this article as:

Felix Rehmann, et. al., KURZFRISTIG UMZUSETZENDE MAßNAHMEN ZUR STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ VON GEBÄUDEN UND QUARTIEREN, Whitepaper, 2022

Berlin, 2022, http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-16045.2

* Technische Universität Berlin/Einstein Center Digital Future

Fachgebiet Digitale Vernetzung von Gebäuden, Energieversorgungsanlagen und Nutzenden, DVG

(rehmann@tu-berlin.de)

+ RWTH Aachen University, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik, EBC

MANAGEMENT SUMMARY

In dieser Veröffentlichung der BF2020 werden kurzfristige Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Betrieb von Gebäuden und Quartieren aufgezeigt. Zur Ermittlung wurden im Rahmen des 11. Projektleitungstreffens Energiewendebauen Kurzfragebögen unter den Teilnehmenden verteilt. Vertreter aus 46 Verbundprojekten haben an der Befragung teilgenommen und über 100 Vorschläge konnten gesammelt werden. Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind von neun Experten aus der BF2020 zusammengefasst und um Erklärungen sowie weitere Vorgänge ergänzt. **Insgesamt konnten somit 110 Vorschläge zusammengestellt werden, die einen Beitrag zur Senkung des Energie- und damit das Gasverbrauchs in Gebäuden und Quartierten leisten können.** Nicht alle Einsparvorschläge lassen sich beliebig kombinieren, da einige der vorschlagenden Maßnahmen auf die gleichen physikalischen Effekte zielen. In dieser Veröffentlichung werden drei Diskussionsbeträge zur Einsparung von Energie und Erdgas in Bestandsgebäuden geliefert:

- Eine zusammenfassende Grafik relevanter und schnell umsetzbarer Maßnahmen mit einer Einschätzung möglicher Einsparungen.
- Eine Bewertung alle genannten Maßnahmen in Hinblick auf Aufwand und Wirkung.
- Eine tabellarische Übersicht aller genannter Vorschläge als Basis für weiterführende Diskussionen.

Prinzipiell lassen sich **alle Vorschläge in sechs Kategorien (Cluster) einteilen: Anlagentechnik, Dämmung, Energiemanagment, Systemintegration, Verhalten von Nutzenden und Sonstige**. Diese Kategorien machen deutlich, dass mit sehr unterschiedlichen Maßnahmen Einsparungen erreicht werden können. Dabei spielen neben den klassischen Ansätzen, wie einer effizienteren Wärmeerzeugung oder einer besseren Dämmung, die Betriebsführung und das Verhalten der Nutzenden eine wichtige Rolle. Gerade Maßnahmen aus diesen beiden Kategorien erlauben eine sehr schnelle Umsetzung im Feld, da oft keine oder nur sehr geringe Investitionen notwendig sind. Unabhängig von der verbauten Technik kann die individuelle Entscheidung der Nutzenden immer einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch haben. So kann beispielsweise unbeabsichtigtes Fehlverhalten beim Lüften den Energieverbrauch deutlich erhöhen.

In Abbildung 1 sind diejenigen Maßnahmen aufgeführt, welche nach einer internen Sichtung durch neun Experten der Begleitforschung Energiewendebauen als kurzfristig umsetzbar bewertet wurden. Viele dieser Maßnahmen können an einem Bestandsgebäude noch vor der nächsten Heizzeit umgesetzt werden. Weiterführende Informationen zu den hier verzeichneten Maßnahmen sind im Abschnitt „Kurzfristig umsetzbare Maßnahmen“ hinterlegt.

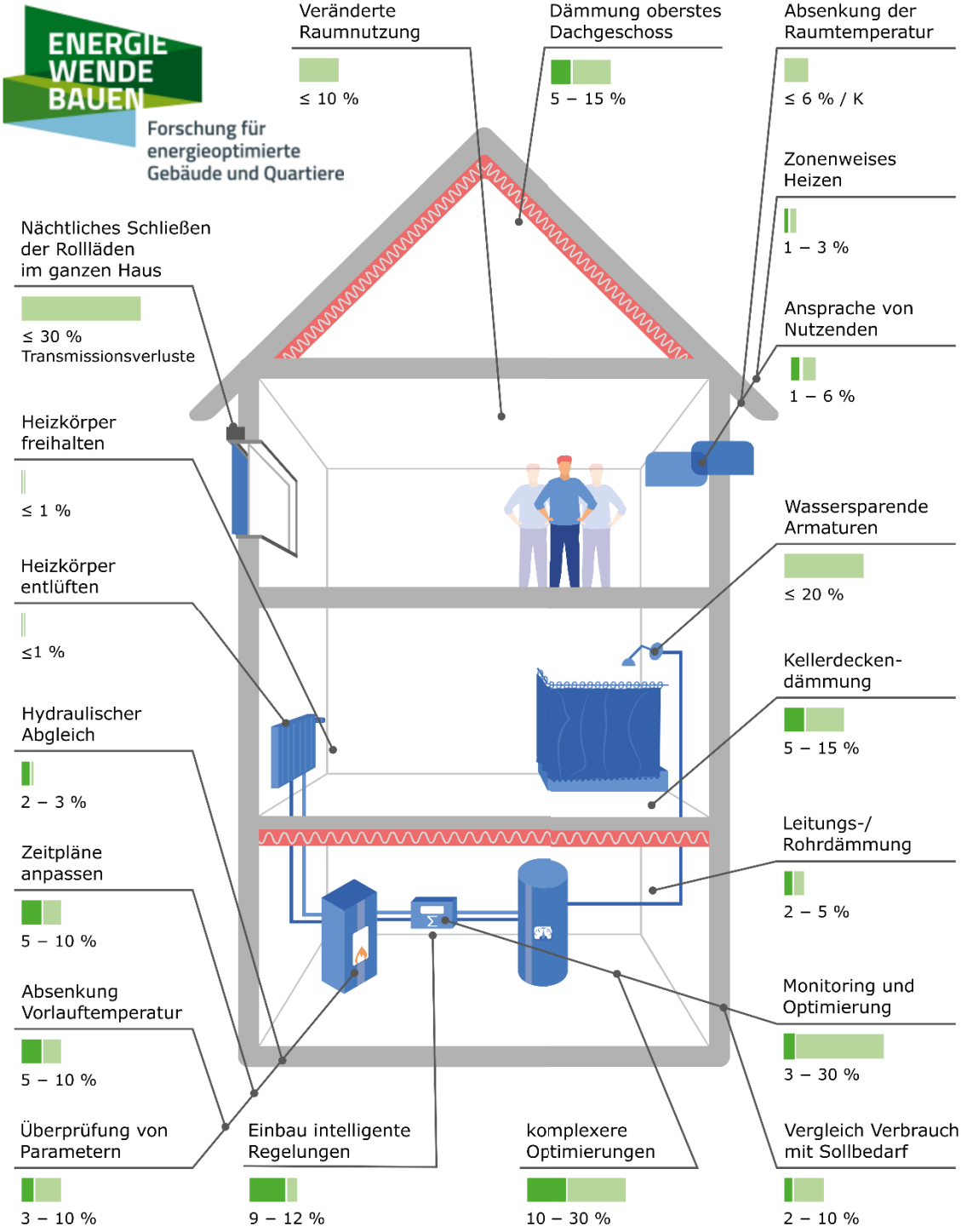


Abbildung 1 Übersicht über die empfohlenen Maßnahmen und die möglichen Einsparungen

EINLEITUNG

Das vorliegende Whitepaper basiert auf einer Befragung mit dem Titel „Energieeffizienzmaßnahmen im Betrieb“, welche am 28.04.2022 von der wissenschaftlichen Begleitforschung der Förderinitiative Energiewendebauen (BF2020) im Rahmen des 11. Projektleitungstreffens Energiewendebauen „*Betrieb als Chance zur dauerhaften Effizienzsteigerung*“ durchgeführt wurde. Die hier genannten Thesen sind die Zusammenfassung der im Fragebogen angegebenen Vorschläge von Vertretern aus Forschung, Unternehmen, Stadtwerken, Start-Ups und sonstigen Institutionen, die durch Mitarbeiter der BF2020 gesichtet und ergänzt worden sind. Anzumerken ist, dass eine detaillierte Überprüfung der Angaben durch eigene Berechnungen des Teams der BF2020 nicht stattgefunden hat, da diese Aufgabe sehr umfangreich wäre. Eine systematische Zusammenstellung der Arbeitsgebiete und Forschungsaufgaben aller an der Umfrage beteiligten Institutionen und Unternehmen liefert die Publikation „Energiewendebauen Forschungserkenntnisse – von der Komponente bis zum Quartier“ [1]. Für weiterführende Auswertungen sind die vollständigen Ergebnisse des Fragebogens im Anhang veröffentlicht.

Diese Befragung wurde aufgrund des drohenden Lieferstopps russischen Erdgases aufgrund des Kriegs in der Ukraine durchgeführt. In Deutschland wurde 2020 eine Energiemenge von 292 Mrd. kWh in Form von Erdgas für Haushalte und 114 Mrd. kWh für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) [2] verwendet. In der Vergangenheit bezog Deutschland laut dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 55 % des Erdgases aus Russland [3] [1] . Werden diese 55 % zu gleichen Teilen auf alle Sektoren verteilt, so müssten Haushalte sowie GHD respektive 161 Mrd. kWh und 63 Mrd. kWh Gas einsparen, um kurzfristig kein russisches Gas mehr zu verbrauchen. Eine Senkung des Energieverbrauchs kann jedoch eine Diversifizierung des Importes unterstützen, da eine reduzierte Gasmenge bei Drittstaaten zu beschaffen ist. Ziel dieses Papiers ist es, eine Übersicht über mögliche Maßnahmen zu geben, die hierzu beitragen können. Vor dem Hintergrund des Fachkräftemangels[2] im Handwerk soll zudem ein weiterer Fokus auf solchen Maßnahmen liegen, welche möglichst ohne großen Aufwand umzusetzen sind.

[1] Zahlen aus einer Pressemitteilung der Bundesregierung geben einen Wert von 38,2% des Erdgasbzeugs aus Russland an [4]. Eurostat meldet für 2020 einen Gasimport von 58,9 % aus Russland [5]. Im Fortschrittsbericht Energiesicherheit gibt das BMWK einen gemittelten Wert von circa 55 % über die letzten Jahre an [6].Im Mai 2022 sind 35% des Gasimportes aus Russland gekommen . Die Bundesnetzagentur fasst den aktuellen Stand zusammen unter [7]

[2] Der Zentralverband des Handwerks meldet auf eine offene Stelle im Bereich Handwerksberufe am Bau und in der Gebäudetechnik im Dezember 2021 0,9 Arbeitssuchende [8]

METHODIK UND ÜBERSICHT

Während des 11. Projektleitungstreffens Energiewendebauen wurden die Teilnehmenden gebeten, Maßnahmen zu beschreiben, welche kurzfristig den Energieverbrauch von Gebäuden und Quartieren senken können. Die Befragten konnten bis zu drei Maßnahmen vorschlagen und mussten diese hinsichtlich des Aufwands, des zeitlichen Horizonts, den notwendigen Rahmenbedingungen und den möglichen Einsparungen einordnen. Vorangestellt waren allgemeine Fragen zu dem Hintergrund der Befragten. In diesem Abschnitt wird zunächst ein allgemeiner Überblick über die Antworten und die Kategorien gegeben. Die Teilnehmenden waren nicht gezwungen, jede Frage zu beantworten, sodass die Summe der Antworten zwischen einzelnen Fragen schwanken kann. Nicht inkludiert in der Übersicht sind die Maßnahmen, welche im Nachgang aus der Begleitforschung hinzugefügt worden sind.

Bei der Befragung haben sich Personen aus mindestens 46 Verbundprojekten beteiligt. Einige der Befragten haben jedoch keine Zuordnung angegeben, sodass von mehr teilnehmenden Projekten ausgegangen werden kann. Insgesamt wurden 86 Fragebögen mit mindestens einer Maßnahme abgeben. Die Befragten konnten zudem ihren Hintergrund benennen. Von insgesamt 62 Rückmeldungen gaben 46 Befragte an, dass sie aus der Forschung kommen. Acht Befragte kamen von Unternehmen, zwei von Stadtwerken sowie einer von einem Start-up. Fünf Befragte machten keine Angabe zu ihrer Profession. Die Teilnehmenden der Befragung wurden außerdem zu ihrer Erfahrung zur Umsetzung zu Energieeffizienzmaßnahmen im Betrieb befragt. Hier antworteten in Summe 61 Teilnehmende. Von diesen 61 Personen gaben 54 an, dass sie bereits Erfahrung zur Umsetzung von Maßnahmen besitzen, sieben Personen besitzen diese Erfahrung nach eigenen Angaben nicht. Eine Übersicht ist in Abbildung 2 dargestellt.

Insgesamt wurden 110 Vorschläge gegeben, die im Rahmen dieser Veröffentlichung der BF2020 vorgestellt und diskutiert werden. Die Vorschläge überschneiden sich zum Teil inhaltlich sowie hinsichtlich des Umfangs und der Umsetzbarkeit. In diesem Dokument werden die Vorschläge zu Maßnahmen zusammengefasst und geordnet. Dementsprechend wird bei einer Einordnung der Begriff „Maßnahme“ verwendet.

Die Befragungsteilnehmenden wurden nach Aufwand, zeitlichem Horizont und möglichem Einspareffekt aller genannten Vorschläge befragt. Die Vorschläge reichen von einfacher Dämmung von Heizungsrohren und Dichtungselementen bei Fenstern bis hin zu Regelungsalgorithmen und komplexeren infrastrukturellen Änderungen der Netzinfrastruktur. Zudem sind auch Vorschläge gegeben worden, deren Umsetzung im politischen Bereich liegt. Die Vorschläge lassen sich in sechs Kategorien zusammenfassen, welche Einfluss auf die Energieeffizienz im Betrieb haben. Diese sechs Kategorien sind Anlagetechnik, Dämmung, Energiemanagement, Systemintegration, Verhalten von Nutzenden und Sonstiges.

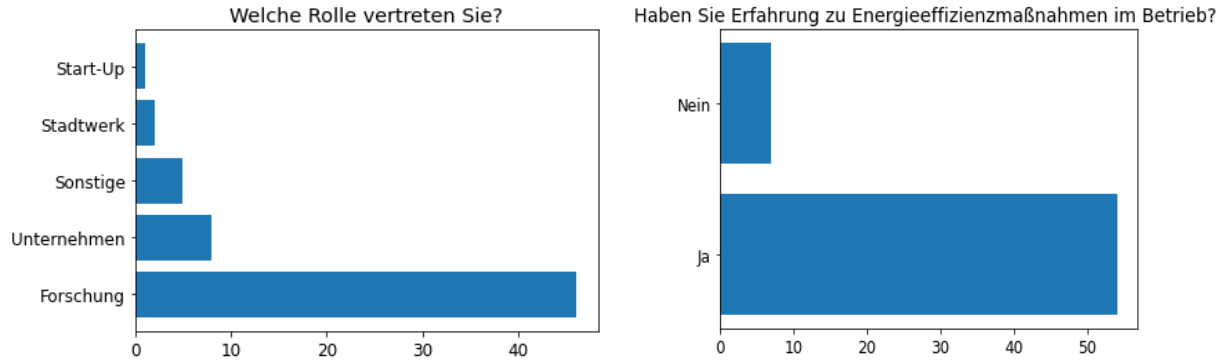


Abbildung 2 Übersicht über die Antworten der Befragten zu deren Rollen (links) und der Erfahrung zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen (rechts)

Nach den einleitenden Fragen konnten die Teilnehmenden bis zu drei Vorschläge benennen. Für jede der benannten Vorschläge wurde dann eine Kurzbeschreibung, der Aufwand, der zeitliche Horizont und die Umsetzbarkeit unter aktuellen Rahmenbedingungen erfragt. Um die Subjektivität der Einschätzungen zu zeitlichem Horizont und Aufwand zu reduzieren, wurden Informationen zur besseren Einordnung gegeben.

Die Frage „Wie hoch schätzen Sie den Aufwand ein, die Maßnahme umzusetzen?“ wurde 84-mal beantwortet. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Vorschläge zu gewährleisten, wurden für sehr niedrigen und sehr hohen Aufwand Beispiele gegeben:

- **Sehr niedriger Aufwand**: Ein Akteur und geringe technische Anpassungen reichen zur Umsetzung der Maßnahme. Beispiel ist die Einstellung der Vorlauftemperatur an der Anlage.
- **Sehr hoher Aufwand**: Mehrere Akteure und Änderungen müssen vorgenommen werden. Beispiel ist die Kopplung eines Belegungsplans von öffentlichen Gebäuden an die Heizungssteuerung.

Um den zeitlichen Horizont der Umsetzbarkeit besser einschätzen zu können erhielten die Befragten die folgenden Angaben:

- **Kurzfristig:** Verbesserung bestehender Anlagen auf Basis einfacher und direkt einstellbarer Parameter.
- **Mittelfristig:** Optimaler Betrieb von Anlagen auf Basis von Vorhersagen und einer modellbasierten Regelung.
- **Langfristig:** Systemimmanente Optimierung des Betriebs mit einer automatischen Anpassung an die Struktur des Versorgungssystems.

EINORDNUNG UND BESCHREIBUNG DER MAßNAHMEN

Die Einordnung der Vorschläge erfolgt innerhalb der genannten thematischen Cluster und wird hier in Unterkapitel aufgeteilt. Die Kapitel folgen dabei immer dem gleichen Aufbau: zunächst wird das Cluster beschrieben, dann die dem Cluster zugeordneten Maßnahmen vorgestellt. Diese Maßnahmen werden anschließend in einem Schema priorisiert, wobei der Aufwand und die zeitliche Perspektive bewertet werden und die mögliche abgeschätzte Einsparung zugeordnet wird. Dabei fassen die Maßnahmen in der Regel mehrere Vorschläge zusammen.

Nicht betrachtet wurden diejenigen Maßnahmen, welche für die Autoren nicht eindeutig zuordenbar waren oder deren Wirkprinzip unklar blieb. Zudem wurden in der Beschreibung der Cluster nur solche Maßnahmen aufgeführt, welche hinsichtlich Aufwand und zeitlichem Horizont beschrieben werden konnten. Sind in einem Cluster mehrere sich inhaltlich überschneidende Vorschläge, so wurden diese durch eine Kategorie zusammengefasst, um eine bessere Übersichtlichkeit zu gewährleisten. So wurde beispielsweise der hydraulische Abgleich mehrmals als Maßnahme benannt. Diese Einzelnennungen werden unter der Kategorie hydraulischer Abgleich zusammengeführt.

Die verwendeten Cluster lauten wie folgt:

- Anlagentechnik – Hauptsächlich schnelle Einstellung von Parametern
- Dämmung – Dämmung von Bauteilen oder Rohren
- Energiemanagement – Monitoring und Optimierung
- Systemintegration – Netz- und infrastrukturbasierte Maßnahmen
- Verhaltensänderungen – Strategien zur Einwirkung auf Nutzende
- Sonstige - sonstige Maßnahmen, Empfehlungen zur Regulatorik

Für jedes Cluster werden die identifizierten Maßnahmen in ein Schema eingeordnet dessen Achsen sich aus den Antwortmöglichkeiten der beiden Fragen „In welchem zeitlichen Horizont ist die Maßnahme umsetzbar?" und "Wie hoch schätzen Sie den Aufwand ein, die Maßnahme umzusetzen?“ ergibt. Maßnahmen mit kurzfristigem bis mittlerem Horizont, bei denen der Aufwand als sehr niedrig, niedrig oder mittel eingeschätzt wurde, sind in grün dargestellt. Maßnahmen, welche einen mittel bis langfristigen zeitlichen Horizont, sowie einen sehr niedrigen bis mittleren Aufwand haben und Maßnahmen mit einem mittleren bis sehr hohen Aufwand, sowie einer kurzfristigen bis mittleren zeitlichen Perspektive, werden gelb dargestellt. Maßnahmen welche mindestens einen mittleren Aufwand sowie langfristigen zeitlichen Horizont benötigen, werden rot dargestellt. Die Form der Symbole ergibt sich aus der möglichen Ersparnis der Maßnahme. Maßnahmen, welche durch die Experten mit über 20 % möglicher Energieersparnis bewertet wurden, sind in einem Oval gekennzeichnet. Das abgerundete Rechteck symbolisiert Maßnahmen mit einer möglichen Ersparnis zwischen 10-20 %. Das Hexagon zeigt Maßnahmen mit 0-10 % möglicher Steigerung der Energieeffizienz. Maßnahmen ohne Angabe sind der Vollständigkeit halber eingezeichnet und durch ein Parallelogramm dargestellt. Durch die grafische Darstellung können Entscheidende einfach identifizieren, welche Maßnahmen sie priorisieren sollten. Das Schema ist beispielhaft in Abbildung 3 dargestellt.

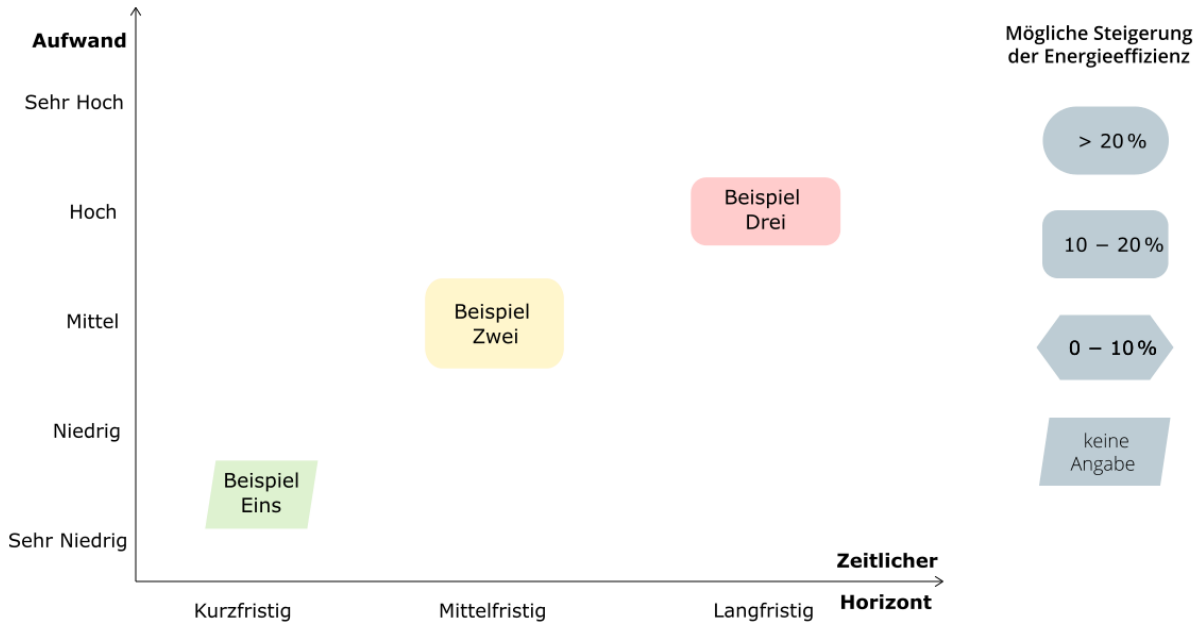


Abbildung 3 Beispielhafte Darstellung der Einordnung

Damit die Bezugsgrößen vergleichbar sind, werden an dieser Stelle noch die Begriffe Nutzenergie, Heizenergie, Endenergie und Wärmeverlust eingeführt. Mittels dieser Begriffe lassen sich die Maßnahmen besser vergleichbar machen. Dennoch sind diese Einordnungen nicht immer möglich und wo dies nicht der Fall ist, wurde drauf verzichtet.

Nutzenergie: diejenige Energie, welche unmittelbar für einen Zweck genutzt wird. Beispielsweise die Warmwasseraufbereitung zum Duschen.

Heizenergie: diejenige Energie, welche zur Heizung eines Gebäudes notwendig ist.

Endenergie: diejenige Energiemenge, welche insgesamt im Gebäude benötigt wird. Neben der Heizenergie fließt hier auch Strom mit ein, der beispielsweise für die Pumpen in einem Heizkreislauf benötigt wird.

Wärmeverlust: diejenige Energiemenge, welche ungenutzt oder ungewünscht abgegeben wird. Darunter fallen beispielsweise Transmissionswärmeverluste oder Lüftungswärmeverluste.

Anlagentechnik

Im Cluster Anlagentechnik werden Maßnahmen zusammengefasst, die sich auf Arbeiten an einzelnen Versorgungsanlagen in einem Gebäude beziehen. Diesem Bereich lassen sich insgesamt 26 Vorschläge zuordnen, von denen 22 eine Einschätzung hinsichtlich Aufwands und zeitlichem Horizont haben[3]. Mehrere

[3] In diesem Cluster sind die Vorschläge 9, 13, 20, 23, 24, 32, 34, 47, 49, 51, 52, 53, 58, 70, 77, 79, 82, 84, 86, 88, 90, 94, 102, 106, 107

Vorschläge überschneiden sich inhaltlich, sodass diese Nennungen unter sechs weiteren Kategorien zusammengefasst werden. Diese Kategorien sind die Anpassung von Zeitplänen, der Austausch von Komponenten, der hydraulische Abgleich, die Prüfung von Regelparametern, eine Trinkwarmwasseroptimierung sowie die Senkung der Vorlauftemperatur. Eine Übersicht über alle dem Cluster zugeordneten Maßnahmen enthält Tabelle 1 im Anhang.

Es zeigt sich, dass im Cluster Anlagentechnik eine Vielzahl an Optionen genannt werden, um Energie einzusparen. Aufwand und notwendige Kompetenz zur Umsetzung dieser schwankt deutlich. Während es für den Austausch von Heizkesseln zu Wärmepumpen [Antwort 23] erhöhte Aufwände durch den Einsatz von Fachkräften benötigt, können Heizkörper manuell oder automatisch entlüftet werden [Antwort 106]. Die Entlüftung von Heizkörpern reduziert den Energieverbrauch um circa 1 %. Ebenso können 1 % durch das Freihalten der Heizkörper erzielt werden [Antwort 107].

Der hydraulische Abgleicht stellt eine Maßnahme dar, die ebenfalls von Fachkräften durchgeführt wird. Eine Veröffentlichung der iTG liefert hier ausführliche weiterführende Informationen [9]. Die Studie schätzt das Endenergieeinsparpotential auf 5,0 – 16,0 kWh/(m²a), in Abhängigkeit der verwendeten Technologie und der Gebäudekategorie. Die Experten schätzen die energetischen Einsparungen bis zu 20 %. Bei dieser Maßnahme ist in der Regel die Verfügbarkeit von Handwerkern eine Beschränkung. Es sollte geprüft werden, in welchem Rahmen Schulungsvideos hier anderes technisch belehrtes Personal (bspw. Hausmeister) befähigen können.

Unter Prüfung der Parameter können verschiedene Einzelmaßnahmen zusammengefasst werden wie Anpassung Vorlauftemperatur, Überprüfung der Zeitprogramme. Wie viel Endenergieeinsparung tatsächlich zusammen kommt lässt sich schwer bewerten, da sich die Maßnahmen teilweise gegenseitig beeinflussen. Die Experten schätzen die Einsparungen auf bis zu 20 % in Abhängigkeit der einzustellenden Parameter.

Eine Anpassung der Sollwerte bezüglich der Vorlauftemperatur ist laut Antwort 88 „Einfach umsetzbar durch Hausmeister, -warte oder FM-Personal.“ Der Grad der Energieeinsparung hängt von der konkreten Umsetzung der Maßnahme ab und wird von den Experten zwischen 1 - 10 % geschätzt. Die Begleitforschung hält 5 % Energieeinsparung durch geringere Wärmeverluste und automatische Absenkung der Raumtemperaturen für machbar.

Wie viel Energie durch eine Anpassung der Zeitpläne eingespart werden kann, hängt davon ab, wie schlecht diese vorab eingestellt sind. Im Projekt BaltBest konnten etwa Einsparungen von bis zu 10 % der Heizenergie ermöglicht werden, indem die Heizungsanlagen in den Monaten Juni, Juli und August abgeschaltet wurden [10].

Der Grad der Energieeinsparung durch eine Vorlauftemperaturabsenkung hängt von der konkreten Umsetzung der Maßnahme ab und wird von den Experten zwischen 1 - 10 % geschätzt. Die Begleitforschung hält 5 % Energieeinsparung durch geringere Wärmeverluste und automatische Absenkung der Raumtemperaturen für machbar.

Mittels einer Trinkwarmwasseroptimierung lassen sich laut Experten zwischen 10 - 15 % der Energie einsparen. Hierfür müsste die Warmwassertemperatur an die untere Grenze der Trinkwarmwasserverordnung reduziert werden [Antwort 24].

Ein Austausch der Komponenten wird von den Experten als weitere Möglichkeit gesehen, um Energie einzusparen. Die Experten halten hier hohe Einsparungen für möglich. Die Begleitforschung hält eine realistische Abschätzung nicht für möglich, da diese von zu vielen Faktoren abhängt. Zudem werden hier seitens der Begleitforschung ein sehr hoher Aufwand und langfristiger zeitlicher Horizont gesehen.

Die Maßnahmen werden in Abbildung 4 zusammengefasst.

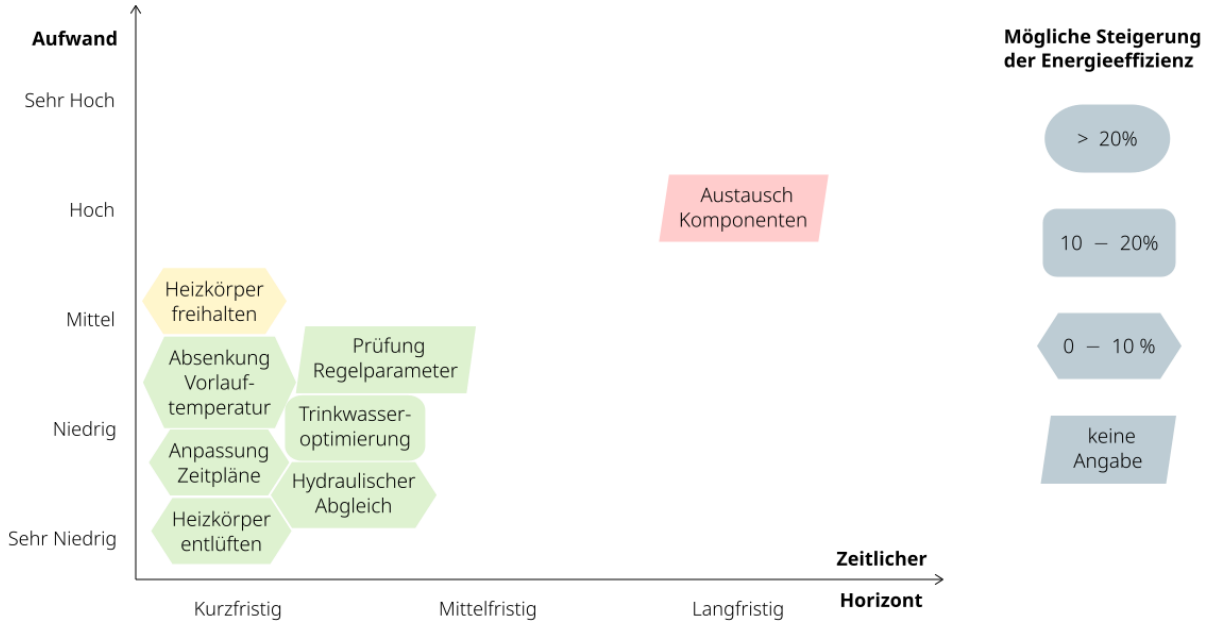


Abbildung 4 Einordnung der Maßnahmen des Clusters Anlagentechnik

Dämmung

In diesem Cluster werden Maßnahmen der Kategorie Dämmung zusammengefasst, es handelt sich hierbei um insgesamt sieben Antworten. Sechs davon sind vollständig beschrieben. Eine vollständige Übersicht, über die dem Cluster zugeordneten Maßnahmen enthält Tabelle 2. Dämmmaßnahmen stellen eine Möglichkeit dar, den Energiebedarf eines Gebäudes dauerhaft zu senken. Wie groß die tatsächliche Einsparung durch Dämmung ist, hängt von der Ausgangssituation ab. Eine Übersicht über die Wirtschaftlichkeit verschiedener (größerer) Maßnahmen hat etwa das Projekt Dämmbarkeit des deutschen Gebäudebestands erstellt [11].

Im Bereich der Dämmung gibt es unterschiedlich aufwändige Maßnahmen. Neben diesen größeren Optionen wie der vollständigen Umsetzung von Dämmmaßnahmen an Fassaden und Heizungsrohren, identifizieren die Befragten noch weitere einfacher auszuführende Optionen. Die Experten schätzen die Ersparnis bei einer vollständigen Umsetzung von Dämmmaßnahmen auf 30 % [Antwort 37]. Dabei gilt in der Regel, je schlechter der Ausgangszustand, desto mehr ist durch Dämmung an Einsparungen erreichbar.

Das Projekt Zukunft Altbau zeigt in seiner Sanierungsgalerie auch Beispiele die deutlich höhere prozentuale Anteile der Endenergie einsparen als hier angegeben [12]. Jedoch ist bei solchen Dämmmaßnahmen der Aufwand hoch.

Mit einer Dämmung von Kellerdecken und einfach zugänglichen Rohren lassen sich nach Ansicht der Experten bis zu 15 % Energieeinsparung erzielen [Antwort 15]. Das Potential der Dämmung der obersten Geschossdecke schätzt Antwort 95 auf 10 - 40 %. Von der Begleitforschung wird das Potential der Dämmung der obersten Geschossdecke und Dachsparren zwischen 5 - 15 % eingeordnet. Einfachere Dämmmaßnahmen bringen geschätzt 4 % für die Dämmung der Armaturen und Befestigungsschellen [Antwort 17], 2 - 5 % für eine vollständige Dämmung der Rohre [Antwort 42] und bis zu 5 % für die Umsetzung von DIY-Maßnahmen („Do it yourself“) [Antwort 45].

Diese Maßnahmen werden entsprechend dem Aufwand, zeitlichem Horizont und der möglichen Ersparnis in Abbildung 5 eingeordnet.

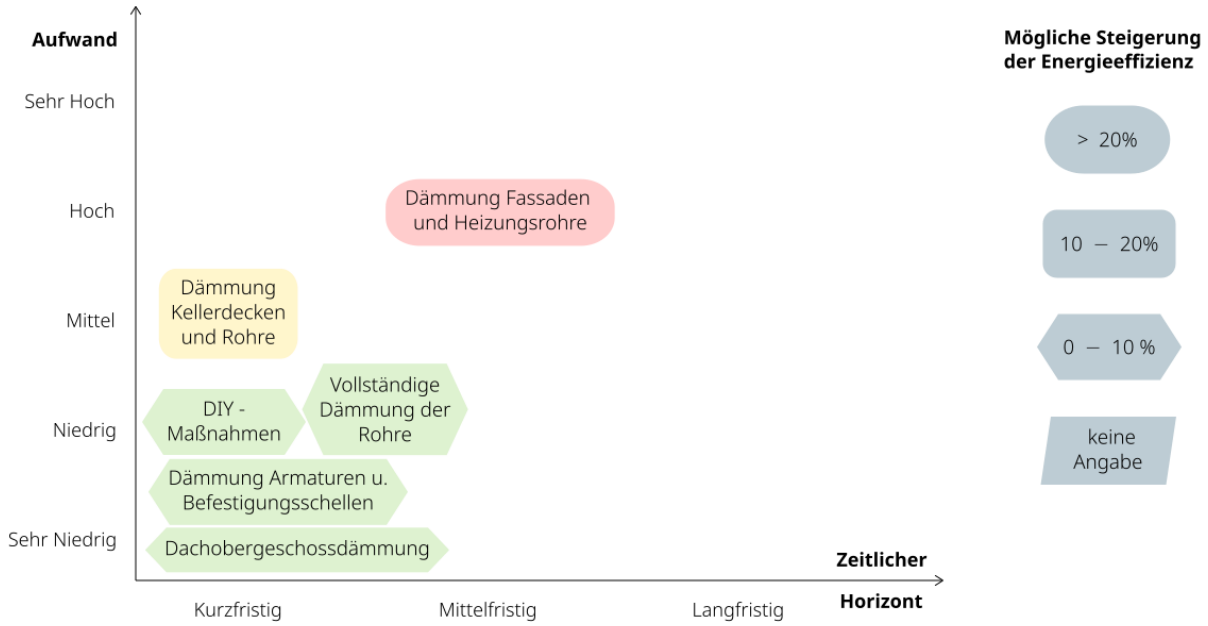


Abbildung 5 Einordnung der Maßnahmen des Clusters Dämmung

Energiemanagement

In diesem Cluster werden Maßnahmen zusammengefasst, die dem Energiemanagement zugeordnet werden können. Unter Energiemanagement werden Maßnahmen und Strategien verstanden, welche die Performance und Effizienz von Gebäuden verbessern, durch beispielsweise Monitoring, Automatisierung und Fehlererkennung [13]. In diesem Cluster sind insgesamt 39 Antworten enthalten, wovon 30 mit Beschreibung und Informationen zu zeitlichem Horizont und Aufwand angegeben sind. Einige Antworten überschneiden sich zudem und sind deshalb zusammengefasst worden. Tabelle 3 gibt zunächst eine Übersicht über die zusammengefassten Maßnahmen.

Die Maßnahmen im Cluster Energiemanagement basieren maßgeblich auf der Durchführung eines Monitorings. Ein Monitoring hilft bei der Beantwortung der Frage: „Entspricht der Energieverbrauch den erwarteten Bedarfswerten?“. Dabei müssen technische und organisatorische Prozesse zur Identifikation von Ineffizienzen existieren. Konkret müssen Ressourcen zur Überwachung der Kennzahlen und zum Abgleich mit den geplanten Werten existieren. Typischerweise existieren solche Voraussetzungen eher in größeren Nichtwohngebäuden. Die Antworten nennen eine große Bandbreite an möglicher energetischer Einsparung von 5 - 30 %. Die Begleitforschung hält eine Einsparung von bis zu 10 % der Heizenergie für kurzfristig realistisch. Zudem ist hier zu unterscheiden zwischen der Einführung eines Monitorings mit erhöhten Aufwänden und der Überprüfung von Kennzahlen mit bereits vorhandenem Equipment. Der nächste Schritt ist eine erste Form der Betriebsoptimierung und Fehlerdiagnose.

Auf Basis eines Monitorings lassen sich weitere Maßnahmen aufsetzen. Eine bessere Regelung ermöglicht eine bedarfsgerechte Führung von Außenluftmengen [Antwort 41]. Auch können Einzelraumreglungen umgesetzt werden, sodass nur diejenigen Räume beheizt werden, welche wirklich genutzt werden [Antwort 57]. Genannt werden hier mögliche Einsparungen von 15 - 30 %. Antwort sechs geht in eine ähnliche Richtung und schlägt „intelligente lowcost Heizkörper“ vor, welche nur heizen, wenn jemand in den Räumen anwesend ist. Intelligente oder gut funktionierende Regler führen hier selbst zu keiner Einsparung, sondern bilden die Basis für nachgelagerte Schritte wie das Monitoring. Das Auto-EnEff Verfahren zeigt Ansätze, wie Regelkreise automatisiert unter komplexen Wechselwirkungen in ihrer Güte verbessert werden können [14]. Das Projekt zeigt ebenso, dass Aufwand und zeitlicher Horizont unter realen Bedingungen höher sind.

Werden neben Belegungsdaten auch weitere Daten wie Wetterprognosen genutzt, so können durch automatisierte oder intelligente Betriebsoptimierungen weitere energetische Einsparungen erzielt werden. Entscheidend ist bei all diesen Maßnahmen die bereits vorhandene Infrastruktur. Hier können verschiedene Ansätze gefahren werden. Aktuell stellen modellprädiktive Reglungen (Model Predictive Control – MPC) den „Goldstandard“ dar. Im Projekt BestHeatNEt konnten für verschiedene Fälle in Simulationen signifikante Einsparungen in Betriebskosten und CO_2-Emissionen gegenüber nicht prädiktiven Strategien nachgewiesen werden [15]. Mittels solcher Ansätze schätzen die Befragten die Einsparmöglichkeiten auf 10 - 25 % der Heizenergie. Der Einsatz von MPC kann bis zu 40 % energetische Einsparungen ermöglichen [Antworten 64, 78]. Die Begleitforschung hält Werte von 10 - 30 % für erreichbar.

Durch eine Erhöhung der Nutzung des Eigenstromverbrauchs können den Experten zufolge 10 - 25 % des Endenergiebedarfs eingespart werden. Entscheidend sind hierfür mögliche Anreize an den Nutzenden Strom zu bestimmten Zeiten zu nutzen [Antwort 85]. Aus Sicht der Begleitforschung müssen hier aber zunächst entsprechende Infrastrukturen (bspw. Wärmepumpe, Speicher etc.) aufgebaut werden, was den Aufwand und zeitlichen Horizont erhöht.

Auf Basis des Monitorings können auch komplexere Anlagensysteme hinsichtlich ihrer Fehler untersucht werden. Somit kann eine bestimmungsgemäße Funktion realisiert werden [Antwort 67]. Gegenüber einem Betrieb unter Fehlern lassen sich laut den Experten 10 - 15 % der Energie einsparen. Die Begleitforschung schätzt den Aufwand hier allerdings als hoch ein.

Die Maßnahmen werden in Abbildung 6 zusammengefasst.

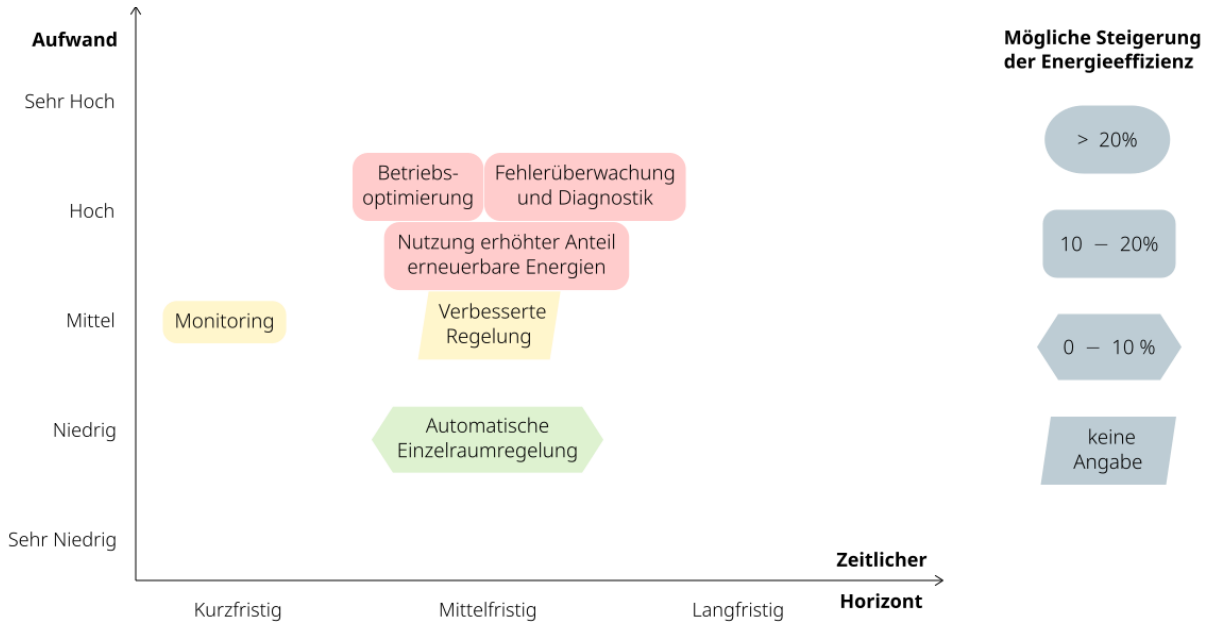


Abbildung 6 Einordnung der der Maßnahmen des Clusters Energiemanagement

Verhalten der Nutzenden

In diesem Cluster werden Maßnahmen zusammengefasst, welche die Nutzenden in den Fokus der Maßnahme stellen. Insgesamt lassen sich diesem Cluster zwölf Vorschläge zuordnen, von denen neun hinsichtlich des Aufwandes und zeitlichen Horizonts eingeordnet werden[4]. Diese neun Maßnahmen sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Maßnahmen in dem Cluster zielen auf eine positive Beeinflussung des Verhaltens von Nutzenden ab. Dabei müssen den Nutzenden Informationen zu ihrem Energieverbrauch und mögliche Maßnahmen zu Verhaltensänderungen bekannt sein. Eine mögliche Maßnahme stellt die Visualisierung des Energieverbrauchs dar. Die Experten schreiben, dass Nutzende bei einem kontinuierlichen Verbrauchsfeedback und *Gamification* hier zwischen 0 - 30 % einsparen können [Antwort 60]. Im Projekt +Eins wurden die möglichen Einsparpotentiale bei flächendeckendem Einsatz von Verbrauchsvisualisierungen auf 15 - 25 % geschätzt [16]. Weiterhin ist es wichtig, den Nutzenden Informationen über die konkreten Maßnahmen zur Verfügung zu stellen, so ist Dauerlüften beispielweise zu vermeiden [Antwort 110] während zonenweises Heizen einen positiven Effekt hat [Antwort 48]. So schätzen die Experten, dass durch zonenweises Heizen 1 - 3 % der Energie gespart werden können. Informationen zu solchen Maßnahmen könnten in Mietwohnungen beispielsweise die Vermieter verbreiten [Antwort 110]. Die Experten schätzen das Nutzende bei guter Informationslage bis zu 10 % Energieeinsparung realisieren können.

Insgesamt gilt dabei, dass ein Grad geringere Innenraumtemperaturen circa 6 % der Heizenergie einsparen können *[7, Vorschläge 12, 105]*. Die Maßnahmen werden in Abbildung 7 zusammengefasst.

[4] Es handelt sich um die Vorschläge 7, 12, 48, 60, 72, 75, 93, 105, 110.

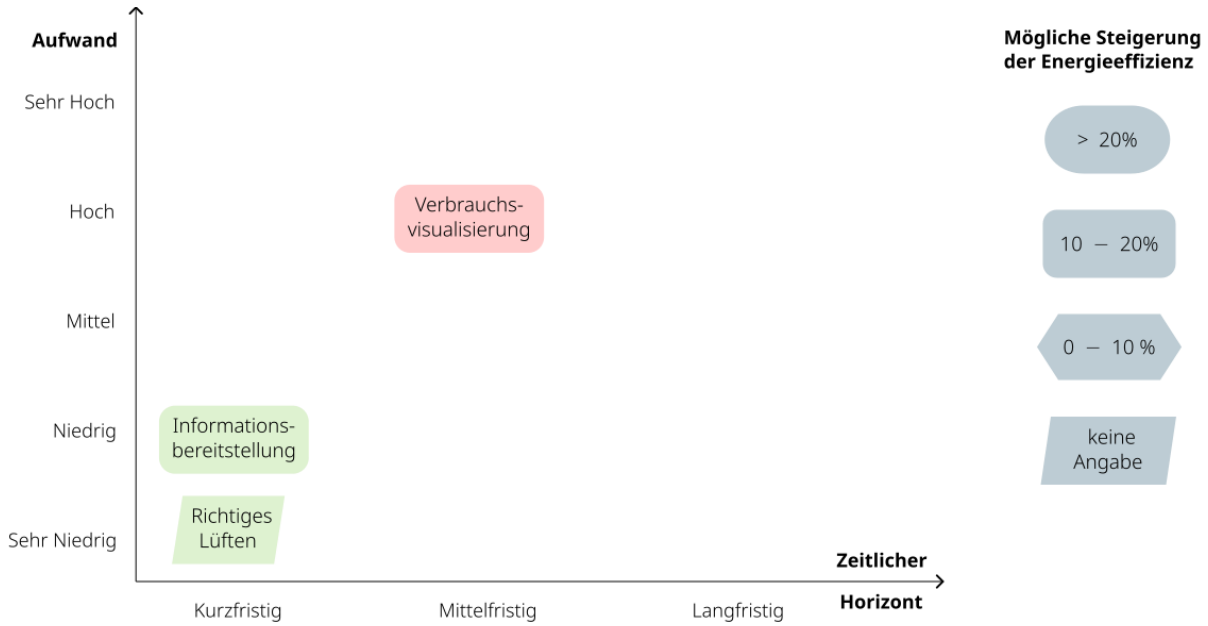


Abbildung 7 Einordnung der Maßnahmen des Clusters Verhalten von Nutzenden

Systemintegration

Dem Cluster Systemintegration sind sechs Vorschläge zugeordnet[5]. Diese haben die veränderte Nutzung von Netzinfrastrukturen gemein. Eine Übersicht über die Maßnahmen ist im Anhang in Tabelle 5 enthalten. Die Vorschläge im Cluster Systemintegration sind durch komplexe technische Maßnahmen und eine Vielzahl von notwendigen Akteuren geprägt. Hierdurch ergibt sich auch eine größere Komplexität und ein längerer zeitlicher Aufwand. Denn die Notwendigkeit solcher Maßnahmen, wie sektorübergreifende Quartierskonzepte, fordern auch andere Akteure [18]. Dabei ergeben solche Ansätze Möglichkeiten und Synergien, Wärme- und Stromversorgung mit Mobilitätskonzepten zu koppeln. Die Maßnahmen sind der Vollständigkeit halber erwähnt, aber an dieser Stelle erfolgt keine weitergehende Betrachtung da seitens der Experten und Begleitforschung keine kurzfristige Umsetzbarkeit gesehen wird. Auch sind seitens der Begleitforschung keine Einschätzungen hinsichtlich potenzieller Ersparnisse möglich. Entscheidend ist es dennoch diese Themen weiter zu treiben, damit mittel- und langfristig die gewünschten Effekte erzielt werden.

Als mögliches Konzept nennen die Experten die Senkung von Netztemperaturen [Antwort 14]. In der Förderschiene untersucht beispielsweise das Projekt LowEX, wie sanierte Bestandsmehrfamilienhäuser nachhaltig beheizt werden können [19]. Die Vorschläge 18, 35 und 55 weisen auf die Bedeutung der Sektorenkoppplung hin. Ein weiterer wichtiger Bestandteil wird in der Erschließung und Nutzbarmachung dezentraler Wärmequellen gesehen [Vorschläge 2, 43]. Die Begleitforschung sieht in diesem Zusammenhang bei allen Maßnahmen einen sehr hohen Aufwand und eine langfristige zeitliche Perspektive. Die Maßnahmen werden in Abbildung 8 zusammengefasst.

[5] Es handelt sich um die Vorschlage 2, 14, 18, 35, 43, 55.

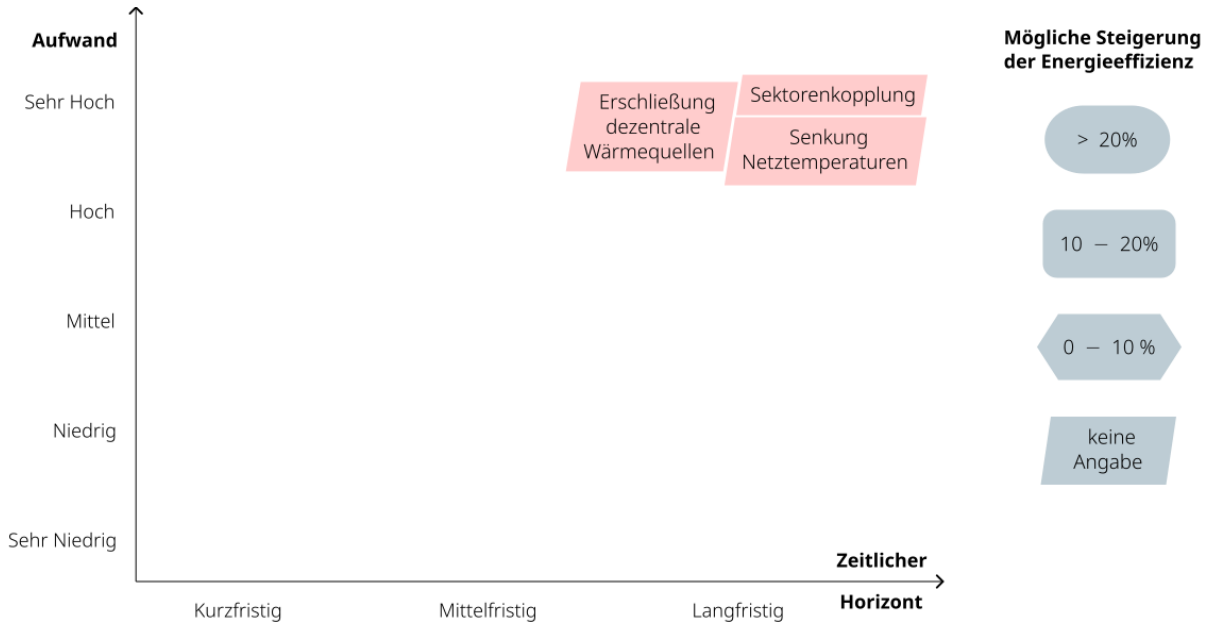


Abbildung 8 Einordnung der Maßnahmen im Cluster Systemintegration

Sonstiges

Im Cluster Sonstiges sind die Maßnahmen zusammengefasst, welche nicht direkt einem anderen Cluster zuordenbar sind. Insgesamt lassen sich zwölf Vorschläge diesem Cluster zuordnen, wobei drei Vorschläge keine[6] Einschätzung zur Umsetzung unter aktuellen Rahmenbedingungen oder keine Erfahrung im Betrieb hatten. Somit sind insgesamt neun Vorschläge in dieser Kategorie enthalten. Die Maßnahmen zielen häufig nicht direkt auf technische Möglichkeiten ab, sondern auf gesellschaftliche, regulatorische oder ökonomische Herausforderungen. So nennen die Experten etwa Vorschläge, die auf die veränderte Nutzung von PV-Strom eingehen. Eine Übersicht ist im Anhang in Tabelle 6 enthalten.

Im Cluster Sonstiges sind diverse Maßnahmen enthalten, welche auf diverse Aspekte der Energienutzung abzielen. So fokussieren die Vorschläge 50 und 91 etwa eine Betrachtung der in Gebäuden gebundenen „grauen Energie“. Diese Maßnahmen sind dementsprechend nicht direkt dem Betrieb zuordenbar, sondern eher der Planung oder Sanierung von Gebäuden. Dennoch können auch hier schon unterschiedliche Nutzungsaspekte mitbedacht werden, etwa durch Umnutzung des Gebäudes oder die Auswahl der Baustoffe. Antwort 91 schätzt die mögliche Energieeinsparung durch gestärkte Suffizienz auf bis zu 50 % in Quartieren. Wird die graue Energie in BIM-basierten Life-Cycle Bilanzen mitgedacht, können gemäß Antwort 50 bis zu 20 % der CO_2-Emissionen eingespart werden. Eher komplex und grundlegend scheinen auch das Untersuchen zur Bauteilaktivierung [Antwort 80]. Die Begleitforschung kann an dieser Stelle zu keiner der Maßnahmen realistische Einordnungen geben. Diese Maßnahmen werden zudem alle als mindestens hoch im Aufwand und langfristig in der Umsetzung eingeschätzt.

An den ersten Ansatz knüpft auch Antwort 81 an, „damit einzelne Gebäudegeschosse bei geringer Auslastung teilweise abgesenkt betrieben werden können“, sollten organisatorische Abläufe geändert werden.

[6] Es handelt sich um die Vorschläge: 21, 30, 50, 80, 81, 91. 104, 108, 109

Hierdurch könnten bis zu 10 % der Energie eingespart werden Die Einschätzung kann realistisch sein, wird idealerweise aber durch eine Anwesenheitsdetektion unterstützt.

Die Vorschläge 21 und 104 zielen den Experten zufolge auf gestiegene Nachfragen nach mobilen Klimageräten ab. Durch passive Kühlmaßnahmen und den Anbau von Außenjalousien können notwendige Kühlmaßnahmen reduziert werden. Ein mögliches Ersparnis ist hier nicht angegeben.

Nutzende können durch nächtliches Schließen der Rollläden die Transmissionsverluste der Fenster um bis zu 30 % reduzieren [Antwort 108]. Auch ein kurzfristig möglicher Austausch der Duschbrausen und Armaturen kann zusammen mit wassersparendem Verbrauchsverhalten den Energiebedarf der Warmwasserbereitung um bis zu 30 % reduzieren. Die Maßnahmen werden in Abbildung 9 zusammengefasst.

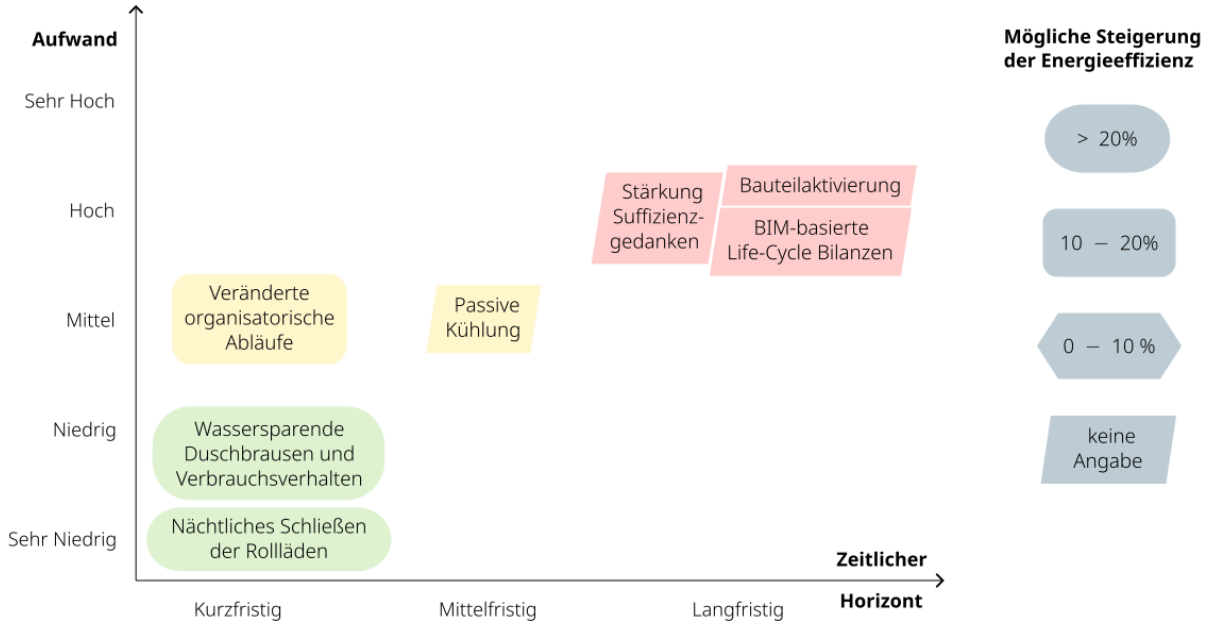


Abbildung 9 Einordnung der Maßnahmen des Clusters Sonstiges

KURZFRISTIG UMSETZBARE MAßNAHMEN

Wie die zahlreichen Vorschläge zeigen, gibt es viele Ideen, wie und durch welche Methoden sich der Energiebedarf in Gebäuden und Quartieren kurzfristig senken lässt. Dabei fällt jedoch auf, dass die Einschätzung der Vorschläge divergiert und von den vorgegebenen Einordnungen der Kategorien zum zeitlichen Horizont und des Aufwands abweichen. So scheint beispielsweise der Aufbau eines Lastmanagements in einem Verteilnetz eher unrealistisch in den nächsten sechs Monaten. Um Nutzenden und Entscheidenden eine Übersicht zu geben, welche Vorschläge innerhalb von sechs Monaten unter entsprechenden Rahmenbedingungen umsetzbar sind, wurden diejenigen Beiträge, welche komplexere Eingriffe benötigen (bspw. Umsetzung MPC) oder nicht alle Felder beantwortet haben, entfernt. Im Nachgang wurden die Maßnahmen durch die Begleitforschung eingeordnet. Ein Team von neun fachkundigen Personen hat diese Vorschläge als kurzfristig umsetzbar bewertet. Nur solche Vorschläge, bei denen keine Person ein Nein hinsichtlich einer kurzfristigen Umsetzung angegeben hat, sind hier aufgeführt. Zudem sind im Rahmen dieser Sichtung weitere kurzfristig umsetzbare Vorschläge gegeben worden. Insgesamt wurden von dem Team der Begleitforschung somit 34 Vorschläge als kurzfristig umsetzbar bewertet[7]. Diese sind im Folgenden als mögliche Maßnahmen zusammengefasst.

Kellerdeckendämmung: Eine Kellerdeckendämmung kann aufwändig sein, stellt aber eine effiziente Maßnahme dar, mit der laut den Experten **bis zu 15 % Energieeinsparung** erzielt werden können. Die Begleitforschung teilt diese Einschätzung, geht allerdings in vielen Fällen von einer etwas geringeren Einsparung aus.

Leitungs-/ Rohrdämmung: Die Überprüfung der Dämmung der Rohre, Armaturen und Befestigungsschellen stellt eine *„einfache, kostengünstige Maßnahme“* dar. Die **Einsparung** wird durch die Experten auf **2 - 5 %** geschätzt.

Überprüfung von Parametern: Eine Überprüfung der eingestellten Parameter wie Vorlauftemperatur, Zeitprogramme und vermeiden von Heizen/Kühlen in Abwesenheit kann laut den Experten zu **Ersparnissen von circa 3 - 20 %** führen. Insgesamt lassen sich durch die **Überprüfung und Einstellung von Regelparametern mutmaßlich bis zu 10 % der Energie einsparen.** Über eine **Nachtabschaltung** können Temperaturabsenkungen im Gebäude erreicht werden. Eine **Einsparung von bis zu 10 % nennen die Experten**. Seitens der Begleitforschung wird hier eine Spanne von **4 - 10 % für eine Nachtabsenkung** als realistisch angesehen. Durch eine Überprüfung der Anwesenheitszeiten und entsprechende Anpassung der Zeitpläne lassen sich beispielsweise bis zu 10 % der Endenergie laut Experten sparen. Auch eine **Absenkung der Vorlauftemperatur** kann über die „*Einstellung von Anlagenparametern zur Steigerung der Effizienz durch Reduktion von Wärmeverlusten [beitragen]. Einfach umsetzbar durch Hausmeister, -warte oder Facilitymanagement-Personal*“. Der Grad der Energieeinsparung hängt von der konkreten Umsetzung der Maßnahme ab und wird von den Experten zwischen 1 - 10 % geschätzt. Die Begleitforschung **hält 5 % Energieeinsparung** durch geringere Wärmeverluste und automatische Absenkung der Raumtemperatu-

[7] Es handelt sich um die Antworten: 7, 9,12, 15, 17, 20, 25, 32, 35, 37, 42, 44, 45, 47, 48, 52, 57, 58, 72, 79, 81, 82, 86 ,88,93, 94, 95, 101. 102, 106, 107, 108, 109, 110

ren für machbar, allerdings können je nach IST-Zustand der Heizsysteme auch deutliche größere Einsparungen erreicht werden. Eine Studie der iTG Dresden hat verschiedene Optionen der Einstellungen kombiniert und kommt damit auf 8 - 15 % Einsparungen [20].

Ansprache von Nutzenden: Die Bewohnenden können über den richtigen Umgang mit Energie informiert werden. Für den richtigen Umgang empfehlen die Experten „*kurz gehaltene Merkblätter, Online-Schulungen, o.Ä.*“. Als Beispiel für den richtigen Umgang gilt das **zonenweise Heizen bei geschlossenen Zimmertüren mit geschätzter Ersparnis von 1 - 3 % und das Absenken der Solltemperatur mit geschätzter Ersparnis von ca. 6 %/K**. Auch das korrekte Lüften ist eine sinnvolle Maßnahme, um den Wärmeverlust zu reduzieren. Die Einschätzung der erreichbaren Einsparung ist hier schwierig, da der Ausgangswert sehr vom individuellen Verhalten der Nutzenden abhängt. Bereits heute Lüften einige Nutzende zu wenig, was zu einer Bildung von Schimmelpilzen führen kann.

Monitoring und Optimierung: Mittels eines Monitorings kann durch engmaschigere Kontrollen des Gebäudeleitsystems von größeren Gebäuden Funktionsweise und Effizienz von Heizung und Kühlung überprüft werden. „*Durch Auswertung der Daten von Strom/Gaszählern…. (und) Vergleich technischerer Soll-Heizbedarf mit (über mehrere Tage) mit gemessenem Verbrauch*“ schätzen die Experten eine mögliche Ersparnis von 5-20 % als realistisch ein. Die Begleitforschung hält **Einsparungen von bis zu 10 %** für realistisch. Durch die Berücksichtigung von Informationen aus der Gebäudeautomation können Informationen zur tatsächlichen Nutzung den Energieverbrauch in Gebäuden senken. Die Befragten Experten rechnen hier mit einer **möglichen Einsparung von 10 - 30 %.** Die Begleitforschung hält diesen Wert mehrheitlich für richtig

DIY-Maßnahmen: Durch isolierende Klebebänder können Bewohnende von älteren Bestandsimmobilien *„schlecht schließende(n) Fenstern und Türen“* dämmen. Energetische Einsparungen von **bis zu 5 %** erscheinen bei undichten Fenstern realistisch.

Veränderte Raumnutzung: Organisatorische Veränderungen bei der Gebäudenutzung, bspw. „*Schaffen flexibler Arbeitswelten, damit einzelne Gebäudegeschosse bei geringer Auslastung teilweise abgesenkt betrieben werden können*“**,** können nach Einschätzung der Experten unter üblichen Randbedingungen **bis zu 10 % Energieeinsparungen** erzielen. Bei Absenkung größerer Flächenanteile können nach Einschätzung der Begleitforschung sogar höhere Einsparungen erzielt werden.

Automatische Einzelraumregelung: „Einbau von (durch den Mieter)“ programmierbaren elektronischen Thermostatventilen.“ Die Experten sehen hier zwischen 15 - 30 % energetische Einsparungen. Die Begleitforschung hält diese Einschätzung für etwas zu hoch. Das bekannte Portal CO_2-Online geht von Einsparungen zwischen 9 - 15 % aus [21]. Die Begleitforschung schließt sich hier an.

Dämmung oberste Geschossdecke: Eine Dämmung der obersten Geschossdecke bei einem darüber liegen unbeheizten Dachboden bewerten die Experten zwischen 10 - 40 % möglicher Energieeinsparung. Die Begleitforschung schätzt die **möglichen Ersparnisse auf 5 - 15 %.**

Wassersparende Duschbrausen und Verbrauchsverhalten: Durch den Einsatz **wassersparender Duschbrausen und Armaturen können bis zu 20 % des Energiebedarfs** für Warmwasser eingespart werden. **Weitere 10 %** sind durch ein **bewusstes und sparsames Verbrauchsverhalten** bei der Warmwassernutzung möglich.

Nächtliches Schließen der Rollläden im ganzen Haus: Durch das Schließen der Rollläden werden die Wärmeabstrahlverluste des Gebäudes minimiert. Durch eine zusätzliche Luftschicht zwischen Fenster und Rollläden wird zudem der U-Wert des Fensters verbessert. Versuche haben gezeigt, dass so die **Wärmeverluste durch die Fenster über Nacht um ca. 30 % reduziert** werden können. Je nach Fensterfläche eines Gebäudes können hier nennenswerte Einsparungen erreicht werden.

Heizkörper entlüften: Regelmäßige Entlüftung der Heizkörper sorgt dafür, dass die Wärmeübertragung im vollen Umfang gewährleistet ist und die Heizkörper richtig warm werden. Die Begleitforschung schätzt die **Einsparungen auf circa 1 % des Heizenergieverbrauchs**.

Heizkörper freihalten: Damit die Heizkörper ungehindert ihre Wärme an die Raumluft übertragen können, sollte die Luftzirkulation nicht durch Möbel, Vorhänge oder ähnliches beeinträchtigt werden. Die Heizleistung eines Heizkörpers kann durch solche Hindernisse um bis zu 20 % reduziert sein, so dass höhere Vorlauftemperaturen benötigt werden. Hierdurch kann **bis zu 1 % des Energieverbrauchs gespart** werden.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Vielzahl an Vorschlägen durch die Experten der befragten Projekte zeigen auf, wie viele Möglichkeiten es für Einzelpersonen, Unternehmen und Betreiber öffentlichen Gebäude gibt, kurz-, mittel und langfristig den Energieverbrauch in Gebäuden und Quartieren zu senken. Dabei zielen viele Maßnahmen auf Einsparungen durch passende Systemeinstellungen. Ziel ist es, die Lieferung der notwendigen Energie an den eigentlichen Bedarf anzupassen und das eigene Verhalten in Richtung sparsamer Umgang mit Energie auszurichten. Natürlich ist es auch sinnvoll, den Energieverbrauch durch effizientere Technik und bessere Dämmung zu reduzieren, wenngleich viele Maßnahmen aus diesen Bereichen nicht kurzfristig umgesetzt werden können.

Entscheidend ist, dass es durchaus zahlreiche Möglichkeiten gibt, den Energie- und damit den Gasverbrauch kurzfristig zu senken, wofür die Betreibenden und die Nutzenden zahlreiche Anregungen aus dieser Veröffentlichung entnehmen können.

Grundsätzlich lassen sich die Einsparungen aus einzelnen Maßnahmen nicht einfach bei der Umsetzung von mehreren Maßnahmen addieren, da viele der Maßnahmen ähnliche Effekte, wie beispielsweise die Absenkung der mittleren Raumtemperatur, ausnutzen. Prinzipiell führen aber mehr Maßnahmen an einem Gebäude auch zu einer Erhöhung der Energieeinsparung. Insbesondere Maßnahmen im Bereich des Trinkwarmwasser addieren sich immer vollständig zu Maßnahmen mit dem Fokus Reduktion der notwendigen Raumwärme.

Auch der Standort eines Gebäudes und die damit verbundene winterliche Durchschnittstemperatur, die Gebäudeschwere, die individuelle Anwesenheit oder die bestehende Dämmung der Gebäudehülle haben einen Einfluss auf die erzielbaren Einsparungen. Gebäude, die heute schon sehr energieeffizient betrieben werden, können prozentual weniger einsparen als Gebäude, deren Betrieb schon länger nicht mehr optimiert worden ist. Letzteres sollte auf die Mehrheit des Gebäudebestands zutreffen.

DANKSAGUNG

Wir bedanken uns bei allen Teilnehmenden an der Befragung und den Kolleginnen und Kollegen der Begleitforschung für die Experteneinschätzungen.

Das Projekt „BF2020 Begleitforschung Energiewendebauen - Modul Digitalisierung; Teilvorhaben: TU Berlin: Wissensplattform“ (FKZ: 03EWB004A) sowie „BF2020 Begleitforschung Energiewendebauen - Modul Gebäude; Teilvorhaben: Bausteine für die Transformation - Akteurseinflüsse, Modernisierungsstrategien und systemdienliche Konzepte“ (FKZ: 03EWB002A) werden aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit öffentlichen Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert.

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ANHANG

Tabelle 1 Übersicht über Maßnahmen im Cluster Anlagentechnik

Kurzbezeichnung Maßnahme	**Beschreibung Maßnahme**	**Geschätzte Ersparnis**	**Vorschläge**
Anpassung Zeitpläne	Abschaltung von Heizungen Pumpen nachts oder in Zeiten von Abwesenheiten.	5 – 10 %	52, 86, 102
Austausch Komponenten	Austausch alter Komponenten gegen PV-Anlagen, Wärmepumpen oder Speicher	1 – 300 %	23, 49, 77
Hydraulischer Abgleich	Durchführung des hydraulischen Abgleichs zur Sicherstellung der bedarfsgerechten Wärmebereitstellung.	2 – 20 %	13, 26, 51, 53, 70, 84
Prüfung Regelparameter	Überprüfung der eingestellten Parameter an der Heizungsanlage und insbesondere Einstellung auf Abhängigkeit zur Außentemperatur.	5 – 20 %	20, 32, 58, 94
Vorlauftemperatur senken	Einstellung einer niedrigeren Vorlauftemperatur im Heizkreislauf.	1 – 10 %	9, 47, 79, 82, 88
Trinkwarm-Wasser Optimierung	Reduktion Zirkulationszeiten, Bereitstellungstemperatur und Legionellenschaltvorgänge.	10 – 15 %	24, 34
Heizkörper entlüften	Regelmäßige Entlüftung der Heizkörper sorgt dafür, dass die Wärmeübertragung im vollen Umfang gewährleistet ist und die Heizkörper richtig warm werden.	1 %	106
Heizkörper freihalten	Luftzirkulation muss zur effizienten Wärmeübertragung möglich sein, somit sollten Heizkörper nicht durch Möbel, etc. verstellt sein.	1 %	107

Tabelle 2 Übersicht über die Maßnahmen im Cluster Dämmung

Kurzbezeichnung Maßnahme	**Beschreibung Maßnahme**	**Geschätzte Ersparnis**	**Vorschläge**
Dämmung Kellerdecken und Rohre	Nachträgliche Dämmung von Kellerdecken und Rohren.	bis zu 15 %	15
Dämmung der Armaturen und Befestigungsschellen	Überprüfung der Dämmung an Rohren und Befestigungsschellen und nachträgliche Anbringung oder Ausbesserung.	4 %	17
Dämmmaßnahmen umsetzen (DMU)	Dämmung von Heizungsrohren und Fassaden.	30 %	37
Vollständige Dämmung der Rohre	Reduzierung der Rohverluste durch Überprüfung der Rohrdämmung auf Vollständigkeit	2...5 %	42
Do-It-Yourself Maßnahmen	In älteren Bestandsimmobilien können schlecht isolierende Fenster und Türen mit Isolierbändern aus dem Baumarkt gedämmt werden. Hierdurch kommt es zu einer Reduktion von Luftzügen und somit Wärmverlusten.	5 %	45
Dachobergeschossdämmung	Dämmung der oberen Geschossdecke, bspw. durch Auslegen mit Dämmmaterial.	10 – 40 %	95

Tabelle 3 Übersicht über die Maßnahmen im Cluster Energiemanagement

Kurzbezeichnung Maßnahme	Beschreibung Maßnahme	Geschätzte Ersparnis	Vorschläge
Automatisierte Betriebsoptimierung	Berücksichtigung weiter Informationen wie Wetter- oder Auslastungsprognosen, um Energie Bedarfsgerecht bereitzustellen.	10 – 40 %	8, 36, 44, 64, 92, 98
Monitoring	Technische und organisatorische Prozesse müssen so eingeführt und eingestellt sein, dass Kennzahlen verifiziert und Ineffizienzen identifiziert werden können.	5 – 30 %	25, 39, 62, 68, 101, 56
Nutzung Monitoring zur Überprüfung Kennzahlen	Nutzung bestehendes Monitoring zur Überprüfung von Kennzahlen und Auffinden von Fehlern.	5 – 30 %	71
Nutzung Erneuerbarer Strom	Steigerung des Verbrauchs an EE-Strom, durch bspw. Hinweise an Nutzende oder Energiemanagement	10 – 25 %	4, 85
Verbesserte Regelung	Verbesserte Reglung um bspw. bedarfsgeführte Luftmengen von Lüftungsanlagen bereitzustellen.	-	41
Automatische Einzelraumregelung [original: AERR]	automatische Einzelraumregelung: Einbau von (durch den Mieter) programmierbaren elektronischen Themostatventilen an den Heizkörpern zwecks Vermeidung von Überheizung durch Heizkörper- (bzw. Raum-) Übertemperaturen und zwecks Nutzung von Abwesenheitszeiten zur Heizkörperabschaltung	15 – 30 %	57
Betriebsüberwachung und Fehlervermeidung (FDD)	Untersuchung komplexer Anlagensysteme, sodass diese bestimmungsgemäß funktionieren - individuelle Einstellung realisieren	10- 15 %	67

	(Default-Einstellungen hinterfragen).		

Tabelle 4 Übersicht über die Maßnahmen im Cluster Verhalten von Nutzenden

Kurzbezeichnung Maßnahme	**Beschreibung Maßnahme**	**Geschätzte Ersparnis**	**Vorschläge**
Informationsbereitstellung	Nutzende über richtigen Umgang mit Energie informieren, bspw. durch Merkblätter.	10 %	7, 72
Temperatursenkung	Eine Absenkung der Raumtemperatur um 1 Kelvin spart circa 6% der Heizkosten.	6 % Heizenergie pro °K	12, 105
Verbrauchsvisualisierung	Transparenz gegenüber den Verbrauchern zu Verbrauch und Kosten schaffen und somit effizienterem Verhalten animieren.	0 – 30 %	60, 75, 100
Zonenweises Heizen	Werden nur genutzte Flächen geheizt und Türen zu anderen Zimmern geschlossen, dann wird der Anteil der gering geheizten Nutzfläche erhöht.	1 – 3 %	48
Richtiges Lüften	Richtiges Lüften mit kurzzeitigem, intensivem Stoß- oder Querlüften anstelle einer Dauer-Kippstellung. Durch das Dauerlüften werden unnötig hohe Luftaustauschraten erreicht, die zu einer Auskühlung des Raumes führen.		110

Tabelle 5 Übersicht über die Maßnahmen im Cluster Systemintegration

Kurzbezeichnung Maßnahme	**Beschreibung Maßnahme**	**Geschätzte Ersparnis**	**Vorschläge**
Nutzung von Niedertemperaturnetzen	-	-	14
Sektorenkopplung	Kopplung von Strom, Wärme und Mobilität zur Schaffung von Synergien.	20 %	18, 35, 55

	Voraussetzung: Energiemanagementsystem und regelungsfähige Anlagentechnik zur dynamischen Steuerung.		
Erschließung dezentraler Wärmequellen außerhalb des Gebäudes	Erschließung dezentraler Wärmequellen und Nutzung bestehender Nahwärmenetze als Pufferspeicher.		2, 43

Tabelle 6 Übersicht über die Maßnahmen im Cluster Sonstiges

Kurzbezeichnung Maßnahme	**Beschreibung Maßnahme**	**Geschätzte Ersparnis**	**Vorschläge**
Passive Kühlung	Nutzung von passiven Kühlmaßnahmen wie bspw. durch Verschattung, nächtlichem Lüften und Hinterlüfteter Fassade.		21, 104
PV-Einbindung	Schaffung der Möglichkeite„ um mehr PV-Strom einzubinden durch bspw. Regelungstechnik oder Mieterstrom. "-"	30 %	30
BIM-basierte Lebenswegbilanz	Betrachtung der „grauen-Energie“ der Baumaterialien durch BIM-basierte Ökobilanz.	realistisch ca. 20% der "grauen" Energie bzw. "grauen" CO2e-Emissionen	50
Bauteilaktivierung	Bestand: Untersuchung der bauphysikalischen Parameter von Bestandsgebäuden und deren Möglichkeit als Speichermasse zur Temperaturregulierung genutzt zu werden.	ca. 20%	80
Organisatorische Abläufe	Organisatorische Veränderungen bei der Gebäudenutzung, z. B. Schaffen flexibler Arbeitswelten, damit einzelne Gebäudegeschosse bei geringer	10	81

	Auslastung teilweise abgesenkt betrieben werden können		
SIG – Stärkung von Suffizienz Gedanken im Gebäude	Optimierung der Bestandsnutzung durch Anpassbarkeit an veränderten Bedarf im Lebenszyklus eines Gebäudes	im Quartieren bis zu 50%	91
Nächtliches Schließen der Rollläden im ganzen Haus	Durch das Schließen der Rollläden werden die Wärmeabstrahlverluste des Gebäudes minimiert. Durch eine zusätzliche Luftschicht zwischen Fenster und Rollladen wird zudem der U-Wert des Fensters verbessert. Versuche haben gezeigt, dass so die Wärmeverluste durch die Fenster über Nacht um ca. 30 % reduziert werden können.	bis zu 30 % der Wärmeverluste durch die Fenster über Nacht (-> nur der Wärmeverluste durch die Fenster, nicht insgesamt), abhängig vom Fenster-U-Wert	108
Wassersparende Duschbrausen und Verbrauchsverhalten	Durch den Einsatz wassersparender Duschbrausen und Armaturen können bis zu 20 % des Energiebedarfs für Warmwasser eingespart werden. Weitere 10 % sind durch ein bewusstes und sparsames Verbrauchsverhalten bei der Warmwassernutzung möglich.	bis zu 30 % des Energiebedarfs für Warmwasserbereitung	109

Tabelle 7 Gesammelte Vorschläge

Rolle	Erfahrung im Betrieb	Antworten ID	Cluster	Maßnahme	Kurzbezeichnung Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Mögliche Ersparnis der Maßnahme in %	Aufwand der Maßnahme	Zeitlicher Horizont der Maßnahme	Bei aktuellen Rahmenbedingungen umsetzbar	Antwort berücksichtigt
Stadtwerk	Ja	1	Energiemanagement	-	Lastmanagement fürs gesamte Versorgungsnetz aufbauen	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	2	Systemintegration	Erschließung dezentraler Wärmequellen außerhalb	Kopplung durch Wärmenetze	-Die Kopplung durch Wärmenetze von Gebäuden und Quartieren, ermöglicht das Ausnutzen von Synergien (bspw. Nutzung von Abwärme, Ausgleich verschiedener Wärmequellen,...)	25	Sehr Hoch	Langfristig	Keine Aussage möglich	

				des Gebäudes							
Forschung	Ja	3	Sonstiges	-	Mieterstrom etc.	-	-	Niedrig	Kurzfristig	Nein	Nein, nicht unter aktuellen Rahmenbedingungen umsetzbar.
Forschung	Ja	4	Energiemanagement	Nutzung Erneuerbarer Strom	Nutzung EE-Strom bei stromgeführten Systemen	Steigerung des Eigenstromverbrauchs. Vermeidung von Stromeinspeisung, Umrüstung auf stromgeführte Systeme (Wärmepumpe)	25	Hoch	Mittelfristig	Ja	
Forschung	Ja	5	Energiemanagement	-	Energiemanagement	Automatisiertes Zähler- und Energiemanagement Passendes Daten- und Informationsmanagement Verbesserte Planungs- und Betreiberprozesse, die EM und GM implizit bereits passend mit berücksichtigen	15.-30	Mittel	Mittelfristig	Nein	Nein, nicht unter aktuellen Rahmenbedingungen

											umsetzbar.
Forschung	Ja	6	Energiemanagement	-	Intelligente lowcost Heizkörperventile und Verbraucherinfos zu T-Raum-Absenkung	- Anwesenheitsbasierte Raumtemperaturen und damit "Weg vom nicht immer einleuchtenden 1 ... 5 auf dem Thermostatventil" - Wirkung geht über das hinaus, was mit einfacher Nachttemperatur.-Absenkung erreichbar	10 ... 15	Mittel	Kurzfristig	Keine Aussage möglich	
Forschung	Ja	7	Nutzende	Informationsbereitstellung	Nutzerverhalten	Kurz gehaltene Merkblätter, Online-Schulungen o.Ä., um Bewusstsein für richtigen Umgang zu schaffen.	-	Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Unternehmen	Ja	8	Energiemanagement	Betriebsoptimierung	Prädiktive Betriebsoptimierung (z.B. MPC)	- Implementierung prädiktiver Regelalgorithmen - verschiedene Modellierungsansätze möglich/kombinierbar - Mathematische Optimierung - Verwendung unterschiedlicher Kostenfunktionen zu unterschiedlichen Zeiten - Fallunterscheidung und Fahrweisen Auswahl (Modi) - Dynamisierung bisher fest eingestellter Parameter	10 - 20	Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	9	Anlagentechnik	Vorlauftemperatur senken	Vorlauftemperaturen senken (VLS)	- Nachtabsenkung in Quartieren - Vorlauftemperatur von Heizungen um bis zu 5 °C absenkbar, wenn Bewusst-	10	Mittel	Kurzfristig	Ja	

						sein für diese Maßnahme bei Bewohnern gebildet wurde (Energiesparen wegen Ukraine-Krieg ist nötig und machbar -> Pulli anziehen!)					
Forschung	Ja	10	-	-	Smarttechnologien	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Unternehmen	Nein	11	Systemintegration	-	Einsatz von hybriden Heizsystemen	Quartiersbezogene Betrachtung und Steuerung in Verbindung mit Weiternutzung vorhandener Infrastrukturen für insbesondere grüne Gase	20	Mittel	Mittelfristig	Ja	Nein, keine Erfahrung im Betrieb
Forschung	Ja	12	Nutzende	Temperatursenkung	Geringere Nutzeranforderungen	Absenkung von Solltemperaturen	-	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	13	Anlagentechnik	Hydraulischer Abgleich	Pumpen richtig einstellen und System hydraulisch abgleichen	- relativ einfache Maßnahme zur Energieeinsparung - Pumpenstromverbrauch sinkt	2	Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	14	Systemintegration	-	Netztemperaturen senken: Niedertemperaturnetze, LowEx	-	-	Mittel	Mittelfristig	Ja	

Forschung	Ja	15	Dämmung	-	Dämmung Kellerdecken und einfacher zugänglicher Rohre	Die Kellerdecken- und Rohrdämmung ist i.A. die am einfachsten, wirtschaftlichsten und arbeits-/ressourcenseitig effizientesten umzusetzende Dämmmaßnahme im Bestand.	bis zu 15	Mittel	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	16	-	-	GridOptimizer	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	17	Dämmung	-	Konsequentes dämmen der Wärmebrücken bei Heizungs- und Warmwasserleitungen	Armaturen und Befestigungsschellen werden traditionell nicht gedämmt und stellen große Wärmebrücken dar. Zur nachträglichen Dämmung gibt es viele Lösungen. Die einfachste ist das Umwickeln mit dämmen Klebeband. In dem Zuge muss natürlich auch die sonstige Rohrdämmung geprüft und ausgebessert werden.	4	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	18	Systemintegration	Sektorenkopplung	Energiemanagement	Das zuvor beschriebene Energieversorgungsvorhaben wird durch ein wetter- und verbrauchsgeführtes, netzdienliches Energiemanagementsystem gesteuert - "digitaler Zwilling" für optimale Sektorenkopplung	-	Sehr Hoch	Mittelfristig	Ja	

For-schung	Ja	19	Däm-mung	-	NT-ready - Beratung, Förderung und Stan-dardsetzung für Nieder-temperatur in Gebäuden	NT-ready ist eine eindeutige Aussage, dass ein Gebäude für erneuerbare Ener-gien vorbereitet ist. NT-ready ist die Eintrittskarte in die erneuerbare Welt, das heißt es ist der Mindest-standard, ab dem erneuerbare Wärme in der Re-gel sinnvoll ist. Des erfordert Beratung (NT-ready als ein Zwischenziel formal in den individu-ellen Sanierungsfahrplan (iSFP), Förde-rung (z.B. NT-ready-Bonus in der Bun-desförderung für effiziente Gebäude (BEG) ähnlich dem iSFP-Bonus) und Maßnahmen im Ordnungsrecht (als Er-füllungstatbestand für Gebäude der bei-den schlechtesten Effizienzklassen G und H, Erfüllung der absehbaren EU-An-forderungen an Minimum energy Per-formance Standards (MEPS)).	-	Hoch	Mit-tel-fristig	Keine Aus-sage mög-lich	
	Ja	20	Anla-gen-tech-nik	Prüfung Regel-para-meter	Prüfung Re-gelparame-ter der TGA	Prüfung und Anpassung Parameter der Wärmeerzeugung/Heizkreise: -Soll-Vorlauftemperaturen/Heizkurven -Heizgrenztemperaturen/Abschaltzei-ten/Zeitprogramme von Pumpen Ist Teilweise in hydraulischer. Abgleich integriert.	-	Nied-rig	Kurz-fristig	Ja	

Forschung	Ja	21	Sonstiges	Passive Kühlung	Passive Kühlung [original: PassKue]	Passive Kühlmaßnahmen bspw. durch Verschattung, nächtlichem Lüften und Hinterlüfteter Fassade (Die Nachfrage nach AirConditioner hat in den letzten Jahren zugenommen)	-	Nicht einschätzbar	Mittelfristig	Ja	
Forschung	Ja	22	Anlagentechnik	-	Flächenheizungen	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	23	Anlagentechnik	Austausch Komponenten	Wärmepumpe	- energieeffiziente Wärmegewinnung (um mehrere Faktoren größere Effizienz als bloße Verbrennung fossiler Energieträger) - Eignung zur Sektorenkopplung (thermisch-elektrisch)	300	Mittel	Kurzfristig	Ja	
Unternehmen	Ja	24	Anlagentechnik	Trinkwarmwasseroptimierung	Trinkwarmwasser-optimierung [original: TWWO]	Reduzierung der Zirkulationszeiten der TWW-Bereitstellung, Reduzierung der TWW-Bereitstellungstemperatur an die unterste Grenze der TWW-Verordnung, Reduzierung der Legionellenschaltvorgänge auf ein Minimum	15	Sehr Niedrig	Kurzfristig	-	
Forschung	Ja	25	Energiemanagement	Monitoring	Monitoring der Maßnahmen mittels Datenanalyse	- mittlere/größere Liegenschaften haben meist ein Gebäudeleitsystem. Dies ermöglicht i.d.R. ein Monitoring der Funktionsweise und Effizienz der Heizung / Kühlung - Es sollten die Verbräuche engmaschig kontrolliert werden (z.B. wochenweise). Somit kann der Erfolg der Maßnahmen	5	Mittel	Kurzfristig	Ja	

						verifiziert werden (bzw. Maßnahmen weiter verschärft werden)					
Stadtwerk	Ja	26	Anlagentechnik	Hydraulischer Abgleich	Hydraulischer Abgleich auf der Sekundärseite	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	27	Energiemanagement	-	MPC	-Nutzung von prädiktiven Vorhersagen zur Optimierung der Energieströme im Gebäude/Quartier. -Nutzung von flexiblen Strompreisen für Demand-Side-Management. -Es fehlen finanzielle Anreize neben der Eigenverbrauchsoptimierung.	10-15	Sehr Hoch	Mittelfristig	Nein	Nein, nicht unter aktuellen Rahmenbedingungen umsetzbar.

Forschung	Nein	28	Energiemanagement	-	Optimierte Regelung der Heizungssysteme	-	-	-	Mittelfristig	Nein	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Nein	29	Sonstiges	Verfügbarkeit Handwerker	Arbeitserlaubnis für Asylsuchende	Ähnlicher Punkt wie zuvor: Wir brauchen mehr Handwerker. Gleichzeitig verbieten wir Asylsuchenden zu arbeiten, bis über ihren Status abschließend entschieden ist. Solange sie hier sind könnten sie auch hier arbeiten, das hilft der Integration und dem Handwerk. Auch wenn die Personen noch keine Ausbildung haben, das Anlernen für Hilfstätigkeiten z.B. bei Dämmarbeiten oder dem Gerüstbau sollte sich schnell lernen lassen. Und da die Verfahren sich gerne mal über Jahre hinweg ziehen ist oft auch eine dreijährige Ausbildung drin.	-	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	Nein, keine Erfahrung im Betrieb

Forschung	Ja	30	Sonstiges	-	PV-Einbindung	-politische Möglichkeiten für Mehrfamilienhäuser schaffen (Mieterstrom etc.) -Einbindung der PV-Leistung in Regler für Gebäudeenergiesystem	30	Mittel	Mittelfristig	Ja	
Forschung	Ja	31	Energiemanagement	-	MPC	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	32	Anlagentechnik	Prüfung Regelparameter	Senkung der Betriebstemperaturen im Heizfall, Anhebung im Kühlfall	Nachtabsenkung umsetzen. Vorlauftemperaturen absenken sodass Heizflächen nur soviel leisten, wie für Raum notwendig. Ungenutzte Räume nicht beheizen / kühlen	20	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	33	Energiema	-	Verbesserte Regelung	Verbesserte Anlagenregelung über alle Gewerke	20-50	Hoch	Mittelfristig	Nein	Nein, nicht unter

			nage-ment		und Gebäu-deautoma-tion	Optimierte Betriebsführung gewerke-übergreifend z.B. mittels MPC und KI/ML adaptive Regelungsstrategien					aktu-ellen Rah-men-be-din-gun-gen um-setz-bar.
For-schun g	Ja	34	Anla-gen-tech-nik	Trink-warm-wasser-opti-mie-rung	Effizienz-maßnahmen im Bereich Trinkwasser-erwärmung/-verteilung	- Strangabgleich Zirkulation durch ge-ringinvestive Installation thermo-elektrischer Ventile mit Anbindung an die GLT - Damit auch Öffnung von Optionen zur Absenkung des Temperaturniveaus Trinkwarmwasser - Abstellen trinkwasserhygienisch nicht wirksamer vorbeugender thermische Desinfektion und damit Absenken des T-Niveaus insbesondere im Wärmenetz-bereich im Sommer möglich. Mithin auch signifikante Wirkung auf Effizienz der Wärmebereitstellung für die Trink-wassererwärmung	10 ... 15	Mittel	Kurz-fristig	Ja	
For-schun g	Ja	35	Sys-temin tegra-tion	Sekto-ren-kopp-lung	Sektoren-kopplung	Kopplung von Strom, Wärme und Mobi-lität zur Schaffung von Synergien. Vo-raussetzung: Energiemanagementsys-tem und regelungsfähige Anlagentech-nik zur dynamischen Steuerung.	hoch	Hoch	Mit-tel-fristig	Ja	

Unternehmen	Ja	36	Energiemanagement	Betriebsoptimierung	Einbeziehung von Nutzungsdaten (z.B: Ressourcenmanagement)	- Berücksichtigung von Buchungsinformationen (beabsichtigte Nutzung) - Berücksichtigung von Anwesenheitsinformationen (tatsächliche Nutzung) - in Anlagensteuerung - Prädiktionsquellen einbeziehen, z.B: - Fahrzeugdaten (Batteriezustand bei Ankunft, geplante Abreise, Standzeit)	10-20	Mittel	Mittelfristig	Ja	
Forschung	Ja	37	Dämmung	-	Dämmmaßnahmen umsetzen (DMU)	- Heizungsrohre dämmen - Fassaden dämmen	30	Hoch	Mittelfristig	Ja	
Forschung	Ja	38	Nutzende	-	Motivation der Nutzer	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	39	Energiemanagement	Monitoring	Messung und Vergleich mit Planung	-	-	Mittel	Mittelfristig	Ja	
Unternehmen	Nein	40	Anlagentechnik	-	Minderung der Trink-Warm-Wasser Temperatur und Vor-/Rückläufe	Quartiersbezogene Steuerung	-	Sehr Hoch	Mittelfristig	Keine Aussage möglich	Nein, keine Erfahrung im Betrieb

For-schung	Ja	41	Ener-giema nage-ment	-	Verbesserte Regelung	z.B. bedarfsgeführte Luftmengen von Lüftungsanlagen	-	Nied-rig	Kurz-fristig	Ja	
For-schung	Ja	42	Däm-mung	-	Dämmung der Rohre auf Vollstän-digkeit über-prüfen	- einfache, kostengünstige Maßnahme - Rohrverluste sinken	2...5	Nied-rig	Kurz-fristig	Ja	
For-schung	Ja	43	Sys-temin tegra-tion	Er-schlie-ßung dezent-raler Wär-me-quellen außer-halb des Ge-bäudes	außerhalb des Gebäu-des: dezent-rale Wärme-quellen er-schließen, Bestands-netze als Puf-ferspeicher nutzen	Nutzung von bestehenden Nahwärme-netzen als Pufferspeicher	-	Nicht ein-schätz bar	Mit-tel-fristig	Ja	
Un-ter-neh-men	Ja	44	Ener-giema nage-ment	Be-triebso ptimie-rung	Betriebsopti-mierung [ori-ginal: BO]	Betriebsdiagnose und -optimierung -> Auswertung historischer Betriebsdaten bestehen der GA-Systeme kann zu nicht und gering investiven Maßnahmen füh-ren	bis 25	Hoch	Mit-tel-fristig	Ja	
For-schung	Ja	45	Däm-mung	-	Bereitstel-lung von DIY-Maßnahmen wie Tesa-Iso-lierbändern für Fenster-	O.g. Klebebänder, die es in jedem Bau-markt gibt, kann jede(r) selbst installie-ren. V.a. in älteren Bestandsimmobilien mit schlecht schließenden Fenstern und Türen kann hier eine Reduktion von Luftzügen und damit Wärmeverlusten erreicht werden.	5	Nied-rig	Kurz-fristig	Ja	

					oder Türrahmen	Die Maßnahmen ist zudem für die Bewohner "sichtbar" und sie bekommen das Gefühl, aktiv etwas tun zu können.					
Sonstige	Ja	46	Anlagentechnik	-	Pumpentausch	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	47	Anlagentechnik	Vorlauftemperatur senken	Parallelverschiebung der Heizkurve um 4 Kelvin	Heizkurven sind in der Regel zu hoch eingestellt. Mit der Parallelverschiebung z.B. um 4 Kelvin nach unten (z.B. über die an der Heizungsregelung eingestellten Raumtemperatur) wird die Vorlauftemperatur abgesenkt. Der Nutzer kann die Raumtemperatur selbstständig wieder anheben, sollte die Heizkurvenabsenkung zu weitgehend sein.	ca. 3	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	

Forschung	Ja	48	Nutzende	-	Zonenweises Heizen in Wohnungen bei geschlossenen Zimmertüren	Offensive Ansprache von Bewohnern hinsichtlich effizientem Verhalten in der Wohnung. Vor allem jüngere Menschen (<50 J.) haben scheinen sich daran gewöhnt zu haben, dass Zimmertüren offen bleiben und alle Räume (direkt oder indirekt) eine individuelle Wohlfühltemperatur besitzen. Durch die Abgrenzung von wenig genutzten Zimmern (durch das Schließen der Tür) kann der Anteil der gering beheizten Nutzfläche erhöht werden und insgesamt der Wärmeverbrauch reduziert werden. In Mietwohnungsbeständen könnten Vermieter, Verbraucherzentralen o.a. Akteure eine aktive Ansprache der Mieterschaft übernehmen.	1-3	Mittel	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	49	Anlagentechnik	Austausch Komponenten	Wärme- und Kältespeicher	Ein netz- und verbrauchsgeführtes BHKW (KWK-Anlage) versorgt Industrieanlage mit Strom, Wärme und Kälte (Absorptionskältemaschine). 4 PCM-basierte Pufferspeicher (170°C, 90°C, 0-6°C, -21°C) optimieren die Verbräuche und den Regelbetrieb.	-	Sehr Hoch	Mittelfristig	Ja	

For-schung	Ja	50	Sons-tiges	-	BIM-LCA - BIM-basierte Lebensweg-bilanz	Die CO2e-Emissionen aus der Produk-tion von Baumaterialien werden mit der Energiewende zunehmend relevanter. Optimierungspotenziale sind erheblich und sollten in den frühen Planungspha-sen erkannt und umgesetzt werden. Eine BIM-basierte THG-/Ökobilanz der Baumaterialien auf Grundlage der EPDs aus ÖKOBAUDAT u.a. Datenquellen ist mit vertretbarem Aufwand möglich.	realistisch ca. 20% der "grauen" Energie bzw. "grauen" CO2e-Emissionen	Hoch	Mit-tel-fristig	Ja	
	Ja	51	Anla-gen-tech-nik	Hydrau-lischer Ab-gleich	hydrauli-scher Ab-gleich	Sicherstellung von bedarfsgerechter Versorgung der Heizflächen eines Rau-mes. Berechnung und Anpassung/Prüfung Pumpeneinstellung der Heizkreise so-wie Ventileinstellungen der Heizflä-chen/Strangregulierventile. Berechnung und Prüfung Heizkurve des Wärmeerzeugers. Vermutlich erhöhte Nachfrage durch Preiserhöhung -> Vorkehrungen zur Fachkräftegewinnung.	thermisch: 0...15 [ITG Dresden: Energetische Ein-sparpotentiale und wirtschaftli-che Bewertung des hydraulischen Abgleiches für An-lagen der Gebäu-deenergietechnik]	Nied-rig	Kurz-fristig	Ja	
For-schung	Ja	52	Anla-gen-tech-nik	Anpas-sung Zeit-pläne	Zeitpläne an-passen	oftmals sind keine oder nicht ausrei-chend Zeitpläne umgesetzt (Absen-ken/Ausschalten (z.B. von Pumpen, Lüf-tungsanlagen) nachts und außerhalb von Betriebszeiten (z.B, Wochenenden in Schulen).	10	Mittel	Kurz-fristig	Ja	
For-schung	Ja	53	Anla-gen-tech-nik	Hydrau-lischer Ab-gleich	Hydrauli-scher Ab-	- Durchführung hydraulischer Abgleich	5-15	Nied-rig	Mit-tel-fristig	Ja	

					gleich [original: HydrAbgl]						
Forschung	Ja	54	Energiemanagement	-	MPC	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	55	Systemintegration	Sektorenkopplung	Sektorenkopplung	- elektrische und thermische Systeme kombinieren - Netzentlastung des elektrischen Systems durch Dämpfung der thermischen Systeme (langsamere Zeitkonstanten)	20	Mittel	Mittelfristig	Ja	
Forschung	Nein	56	Energiemanagement	Monitoring	Smart systems	- Monitoring des Betriebs und automatisierte Effizienzsteigerung zum Beispiel bei sich wiederholenden Pattern	-	Mittel	Mittelfristig	Ja	Nein, keine Erfahrung im Betrieb
Unternehmen	Ja	57	Energiemanagement	-	Automatische Einzelraumregelung [original: AERR]	automatische Einzelraumregelung: Einbau von (durch den Mieter) programmierbaren elektronischen Themostatventilen an den Heizkörpern zwecks Vermeidung von Überheizung durch Heizkörper- (bzw. Raum-)Übertemperaturen und zwecks Nutzung von Abwesenheitszeiten zur Heizkörperabschaltung	15 - 30	Niedrig	Kurzfristig	Ja	

Forschung	Ja	58	Anlagentechnik	Prüfung Regelparameter	Anpassung von Sollwerten bzgl. Heizen / Kühlen	- Bei Heizungen / Kühlungen sind Sollwerte z.B. der Vorlauftemperatur definiert, oftmals in Abhängigkeit der Außentemperatur (Heizkurve). Diese Sollwerte sollten angepasst werden (bei Heizung sowohl bei der Heizzentrale als auch raumweise) - Heizen / Kühlen bei Abwesenheit vermeiden!	5	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Stadtwerk	Ja	59	Energiemanagement	-	Regler optimieren	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	60	Nutzende	Verbrauchsvisualisierung	Kontinuierliches Verbrauchsfeedback für Nutzer	-Nutzer erhalten zur Zeit kein direktes Feedback zu ihrem Verbrauch und können so nicht die Auswirkungen ihres Verhaltens einschätzen. -Eine digitale Anzeige, die entsprechend kontinuierlich den Verbrauch darstellt (ggf. auch direkt in Kosten umrechnet) zeigt dem Nutzer wo er wie durch Anpassung seines Verhaltens sparen kann. -Dies sorgt durch "Gamification" auch zum Erspielen des Verständnisses für die Thematik. -Die Potenziale sind natürlich gänzlich Nutzer abhängig.	0-30	Hoch	Mittelfristig	Ja	

Forschung	Nein	61	Anlagentechnik	Temperatursenkung	Senkung Innentemperatur der Gebäude	Maßnahme ist selbsterklärend!	-	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	Nein, keine Erfahrung im Betrieb
Unternehmen	Ja	62	Energiemanagement	Monitoring	Low-Cost Monitoring	- Aktuell sind ist die Mehrzahl der "Betreiber" immer noch im Blindflug unterwegs, vor allem in Wohngebäuden, aber auch im Zweckbau; Optimierungsmöglichkeiten sind unzureichend bekannt - Ein Monitoring muss einfach realisierbar sein, das bedeutet technisch (Funkbasiert, batteriebetrieben) aber auch organisatorisch (bestenfalls ohne zusätzlichen Technikerbesuch) - Basierend auf den Monitoringdaten könnten dann (automatisiert) Empfehlungen aus einem Katalog gegeben werden, die sich vielleicht auch ohne weitere Kosten (Nutzerverhalten) umsetzen lassen	-	Mittel	Kurzfristig	Ja	

Forschung	Nein	63	Sonstiges	Verfügbarkeit Handwerker	Gehalt für Handwerker pauschal um 20% erhöhen	Es wird seit Jahren rumgejammert, dass wir zu wenige Handwerker haben und die, die den Job gelernt haben ihn immer wieder aufgeben. Kann man ihnen auch nicht wirklich verübeln, bei schlechter Bezahlung und anstrengender körperlicher Arbeit. Deshalb: Gehalt massiv erhöhen, z.B. mit Mindestsätzen bei Ausschreibungen, damit der Beruf wieder attraktiv wird.	-	Mittel	Kurzfristig	Ja	Nein, keine Erfahrung im Betrieb
Forschung	Ja	64	Energiemanagement	Betriebsoptimierung	MPC	-MPC Ansätze in Feldteste und Labore untersuchen -Integration elektrische Systeme in Regler für Wärmebereitstellung -Integration Prognosen in Regelsystem	40	Hoch	Langfristig	Ja	
Forschung	Ja	65	Dämmung	-	Sanierung	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	66	Energiemanagement	-	Digitaler Zwilling, Betriebsoptimierung	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.

Forschung	Ja	67	Energiemanagement	-	Betriebsüberwachung und Fehlervermeidung (FDD)	Untersuchung komplexer Anlagensysteme, sodass diese bestimmungsgemäß funktionieren - individuelle Einstellung realisieren (default-Einstellungen hinterfragen).	10-15	Mittel	Mittelfristig	Ja	
Forschung	Ja	68	Energiemanagement	Monitoring	Anlagen- und Energiemonitoring	Mindestanforderung an Anlagen- und Energiemonitoring bereits beim Planen festlegen ("Bedarfsplanung") Inbetriebnahme- und Langzeitmonitoring etablieren Monitoring in Betreiberkonzepten etablieren	20-30	Mittel	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	69	Energiemanagement	Betriebsoptimierung	Digitalisierung in Kombination mit MPC	Kenntnis über Schwachstellen/Fehlern im Objekt/im Quartier; Erkennen von Lastverschiebepotential; Schaffen von Möglichkeiten als Basis für eine wissensbasierte Nutzerintegration (sprich Vor. für neue Kostenmodelle mit Anreiz)	20	Mittel	Kurzfristig	Keine Aussage möglich	

Forschung	Ja	70	Anlagentechnik	Hydraulischer Abgleich	Hydraulischer Abgleich	- Regelmäßige Durchführung zur Optimierung von Gebäude und Quartier. Bsp.: Öffentliche Gebäude werden oftmals schon bei Inbetriebnahme der Haustechnik nicht ausreichend geprüft. Insbesondere bei Anschluss an ein Wärmenetz wirken sich derartige Nachlässigkeiten stark auf die Effizienz des Gesamtsystems aus. Durch regelmäßige HA ließen sich sowohl Pumpaufwand als auch Wärmeverluste erheblich reduzieren.	1 - 20	Mittel	Kurzfristig	Ja	
Unternehmen	Ja	71	Energiemanagement	Monitoring	Technisches Monitoring	Identifikation von Ineffizienzen Expertensicht Laufzeitanpassung Sollwerte verifizieren Betrieb plausibilisieren, Fehler identifizieren Kennzahlkontrolle	20 - 30	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	72	Nutzende	Informationsbereitstellung	Bewusstsein bei Bewohnern schaffen (BBS)	- Bewohner verständlich informieren, worauf zu achten ist - Energiesparen belohnen (z. B. Bester kann einen Gutschein gewinnen)	10	Mittel	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	73	Energiemanagement	-	Adaptive Komfortmaßnahmen	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige

											Antworten.
Forschung	Ja	74	Energiemanagement	-	Anlagen bei Nichtverwendung ausschalten (Standbyverluste verringern)	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	75	Nutzende	Verbrauchsvisualisierung	Einbeziehung des Nutzers durch Visualisierung des Verbrauchs	-	-	Niedrig	Mittelfristig	Ja	
Unternehmen	Nein	76	Energiemanagement	-	Minderung der Raumtemperatur	Quartiersbezogene Steuerung für Absenkung	-	Sehr Hoch	Mittelfristig	Keine Aussage möglich	Nein, keine Erfahrung im Betrieb

Forschung	Ja	77	Anlagentechnik	Austausch Komponenten	Ersatz von alten, ineffizienten Komponenten	Austausch von alten Komponenten im Bestand	-	Mittel	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	78	Energiemanagement	Betriebsoptimierung	MPC, agentenbasierte Regelung, KI	MPC: Regelung des Geothermie Feldes mittels Modellprädiktiver Regelung agentenbasierte Regelung: Regelung des Gesamtsystems durch modulare verteilte Ansätze KI: Selbstlernende Modellbildung	10 - 40	Hoch	Mittelfristig	Keine Aussage möglich	
Forschung	Ja	79	Anlagentechnik	Vorlauftemperatur senken	Vorlauftemperaturen senken	- einfache, kostengünstige Maßnahme - Kesseleffizienz steigt	5...10	Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	80	Sonstiges	-	im Gebäude: Bauteilaktivierung	Bestand: Untersuchung der bauphysikalischen Parameter und tragwerkstechnische Aspekte	20	Mittel	Mittelfristig	Ja	
Unternehmen	Ja	81	Sonstiges	-	Organisatorische Abläufe der Gebäudenutzung [original: ORGA]	Organisatorische Veränderungen bei der Gebäudenutzung -> z. B. Schaffen flexibler Arbeitswelten, damit einzelne Gebäudegeschosse bei geringer Auslastung teilweise abgesenkt betrieben werden können	10	Mittel	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	82	Anlagentechnik	Vorlauftemperatur senken	Absenkung Vorlauftemperatur	Einstellung einer geringeren Vorlauftemperatur im Heizkreislauf, um faktisch eine geringere Wohnraumtemperatur zu "erzwingen". Diers funktioniert erfahrungsgemäß besser als der Apell an Bewohner, die Thermostate herunterzudrehen.	10	Niedrig	Kurzfristig	Ja	

						Analog kann der TWW-Vorlauf zumindest intervallweise auf 50°C gesenkt werden; die Legionellen Problematik liese sich durch wöchentliches Aufheizen auf 60°C, z.B. für einen Tag, im Griff halten					
Forschung	Ja	83	Energiemanagement	Betriebsoptimierung	Optimierung des Anlagenbetriebs durch Fehlerdetektion aus dem Monitoring der Anlage und ggf. technische Nachrüstung	- Detektion von Fehlströmungen in einem hydraulischen Kreisen und Speichern - Vermeidung von Kurzschlüssen und ungewolltem Bypassbetrieb	-	Hoch	Langfristig	Keine Aussage möglich	
Sonstige	Ja	84	Anlagentechnik	Hydraulischer Abgleich	hydraulischer Abgleich	aufarbeiten gesammeltes Wissen für einfache Umsetzung durch Installateure: welcher hydraulischer Abgleich bringt welche ab	-	Hoch	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	85	Energiemanagement	Nutzung Erneuerbarer Strom		KI-gestütztes Tool zur höheren Eigennutzung des Photovoltaik-Stroms unter Nutzung von Bedarfsdaten und Wetterprognosen. Der Nutzer wird über eine QuartiersApp animiert zu passenden Zeiten Strom z.B. für Waschmaschinen zu nutzen.	10 % des Haushaltsstroms	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	86	Anlagentechnik	Anpassung Zeitpläne	Nachtabschaltung statt Nachabsenkung	Nachtabsenkung und Heizkörperthermostatventile heben sich in ihrer Wirkung auf. Über eine Nachtabschaltung kann eine tatsächliche Termperaturabsenkung im Gebäude erreicht werden.	ca. 10	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	

						Zudem wird der Pumpenstrom reduziert.					
Forschung	Ja	87	Energiemanagement	-	Speichermanagement	Erforderlich hierfür ist die Anpassung des Betriebs von Wärmepumpen an das Angebot von Erneuerbaren Energien unter Zuhilfenahme bestehender Speicher. Der Bedarf wird dabei stärker durch die Nutzung der Speicher bedient, die entsprechend der Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien beladen werden.	10	Niedrig	Mittelfristig	Nein	Nein, nicht unter aktuellen Rahmenbedingungen umsetzbar.
Forschung	Ja	88	Anlagentechnik	Vorlauftemperatur senken	Absenkung der Vorlauf-/Speichertemperaturen von Heizkessel/-speichern	Einstellung von Anlagenparametern zur Steigerung der Effizienz durch Reduktion von Wärmeverlusten. Einfach umsetzbar durch Hausmeister, -warte oder FM-Personal.	1-3	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Unternehmen	Nein	89	Systemintegration	-	Geothermie	Geothermie stellt die effizienteste Art dar, eine Wärmepumpe zu betreiben dar. Die Sonden können mit Hilfe von Überschusswärme den flachen Untergrund (dem in der Heizperiode Energie entzogen wird) wieder regenerieren. Solarthermie bietet sich an. Aber auch PV und Rückkühler oder Biogas / BHKW	-	Mittel	Langfristig	Ja	Nein, keine Erfahrung im Betrieb

						Überschüsse (vgl. Bio2Geo, PTJ gefördert)					
Forschung	Ja	90	Anlagentechnik	Austausch Komponenten	PV-Anlagen i.V. m. Wärmepumpen	Errichtung einer PV-Anlage plus Kältespeicher + WP-Kaskade (COP 5) zur Substituierung von (erdgasbasierter) Fernwärme-gespeister Kälteabsorptionsanlage (COP 0,6)	1% bezogen auf das gesamte städtische FW-Netz, 35% gegenüber der alten Lösung	Sehr Hoch	Langfristig	Ja	
Forschung	Ja	91	Sonstiges	-	SIG - Stärkung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich	Stärkung von Suffizienz Ansätzen im Gebäudebereich und Ausbau politisch-rechtliche Maßnahmen zu ihrer strategischen Verankerung und Unterstützung Nicht- Bauen, Sanieren vor neu Bauen, Weniger/kleiner Bauen, Wandlungsfähig Bauen Optimierung der Bestandsnutzung Anpassbarkeit von Gebäuden an sich verändernde Nutzungsbedingungen und -bedarfe über den Lebenszyklus	im Quartieren bis zu 50 %	Hoch	Langfristig	Ja	
Forschung	Ja	92	Energiemanagement	Betriebsoptimierung	intelligente Optimierung von Gebäude und Quartieren bzw. betriebsbegleitende Optimierung	- keine manuelle Einstellung von Parametern - bedarfsabhängige Bereitstellung von Wärme	ca. 15	Hoch	Kurzfristig	Ja	

	Ja	93	Nutzende	-	Bedarfsgerecht Heizen/Lüften	Sensibilisierung der Nutzer um Energieverschwendung durch Nutzerfehler zu vermeiden. Dürften die Preissteigerungen z.T. erledigen. Vermeidung überheizen von Räumen. Bedarfsgerechtigkeit ggf. durch smarte Lösungen erreichbar - sollte geprüft werden.	-	Mittel	Kurzfristig	Keine Aussage möglich	
Forschung	Ja	94	Anlagentechnik	Prüfung Regelparameter	Heizkurven anpassen	oftmals sind Heizkurven falsch eingestellt/parametriert oder es gibt keine Außentemperaturabhängigkeit. Dies wäre zu prüfen und entsprechend zu optimieren.	10	Mittel	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	95	Dämmung	-	Dachobergeschossdämmung [original: DoG]	- Dämmmaßnahmen obere Geschossdecke. Auslegung Dachboden mit Dämmung.	10-40	Sehr Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Forschung	Ja	96	-	-	ERTUG	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	97	Nutzende	-	Nutzerschulung	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.

Forschung	Ja	98	Energiemanagement	Betriebsoptimierung	MPC (model predictive control)	- gleichzeitiges Optimieren gegenläufiger Ziele: Energieeffizienz und OTS (occupants' thermal satisfaction) - Einbezug zukünftiger Signale: Bedürfnisse der Nutzer (occupants), Wetterdaten, dyn. Energiepreise	20	Hoch	Mittelfristig	Ja	
Forschung	Ja	99	Anlagentechnik	-	Energiespeicher	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Nein	100	Nutzende	Verbrauchsvisualisierung	Nutzerverhalten beeinflussen	- Transparenz schaffen über Dashboards, um Nutzer zu effizienteren Verhalten zu ermutigen, ggf. auch über Gamification	-	Mittel	Mittelfristig	Ja	Nein, keine Erfahrung im Betrieb
Unternehmen	Ja	101	Energiemanagement	Monitoring	Heizsystemmonitoring [original: HSM]	Heizsystem-Monitoring und Optimierung der Betriebsparameter bzw. Beseitigung von Fehlern durch Auswertung der Daten von Wärmemengenzählern, Strom/Gaszählern und Vergleich von tages- bzw. monatsbezogenen Soll/Ist-Werten des Gebäudes (korrekte außentemperaturabhängige Heizkurven und deren Realisierung im Realbetrieb, Vergleich rechnerischer Soll-Heizbedarf (über mehrere Tage) mit gemessenem	15 - 20	Niedrig	Kurzfristig	Ja	

						Verbrauch, Bestimmung des Kesselnutzungsgrades. Laufendes Controlling - kann/soll gebäudespezifisch 'automatisiert' werden.					
Forschung	Ja	102	Anlagentechnik	Anpassung Zeitpläne	Anpassung von Zeitplänen (z.B. Nachtabsenkung)	- Heizungen / Kühlungen bzw. einzelne Aggregate (wie Wärmepumpen / BHKW) werden sehr häufig per Nachtabsenkung deutlich heruntergefahren. Diese Zeitbereiche sollten möglichst verlängert werden - ggf. können auch tagsüber noch weitere Deaktivierungszeiten eingestellt werden	5	Niedrig	Kurzfristig	Ja	
Start-Up	Ja	103	Energiemanagement	-	Betriebsmonitoring und daraus abgeleitete Betriebsoptimierung	-	-	-	-	-	Nein, keine vollständige Antworten.
Forschung	Ja	104	Sonstiges	Passive Kühlung	Nachrüstung Außenjalousie	Anbringen von Sonnenschutz außen	Verhinderung eines steigenden Energieverbrauchs durch den Einsatz (mobiler) Klimaanlagen	mittel	mittelfristig	ja	

For-schung	Ja	105	Nut-zende	Tempe-ratur-sen-kung	Raumtempe-ratur senken - Heizenergie sparen	Durch die Absenkung der Zimmertem-peratur um 1 Kelvin kann man ca. 6 % Heizenergie einsparen und Heizkosten reduzieren. Somit kann man ohne Investitionen tätigen zu müssen deutliche Einsparungen bei den Heizkosten erzie-len und einen erheblicher Beitrag zur Energieeffizienz leisten. Eine Tempera-turabsenkung ist speziell in nicht ge-nutzten Räumen und während Abwe-senheitszeiten sinnvoll, ohne dass ein Komfortverlust eintritt.	ca. 6 % Heizener-gie pro K	gering	kurz-fristig	ja	
For-schung	Ja	106	Anla-gen-tech-nik	-	Heizkörper entlüften	Regelmäßige Entlüftung der Heizkörper sorgt dafür, dass die Wärmeübertra-gung im vollen Umfang gewährleistet ist und die Heizkörper richtig warm werden.	ca. 1 % Energie-verbrauch	gering	kurz-fristig	ja	
For-schung	Ja	107	Anla-gen-tech-nik	-	Heizkörper freihalten	Damit die Heizkörper ungehindert ihre Wärme an die Raumluft übertragen können, sollte die Luftzirkulation nicht durch Möbel, Vorhänge oder ähnliches beeinträchtigt werden. Die Heizleistung eines Heizkörpers kann durch solche Hindernisse um bis zu 20 % reduziert sein.	1 % des Energie-verbrauchs (Redu-zierung bis zu ca. 20 % der Heizleis-tung des Heizkör-pers (laut SEE), Reduzierung 4-15 % der Leistungsfä-higkeit (laut Buch "Ratgeber ener-giesparendes Bauen und Sanie-ren"))	gering	kurz-fristig	ja	

Forschung	Ja	108	Sonstiges	-	Nächtliches Schließen der Rollläden im ganzen Haus	Durch das Schließen der Rollläden werden die Wärmeabstrahlverluste des Gebäudes minimiert. Durch eine zusätzliche Luftschicht zwischen Fenster und Rollladen wird zudem der U-Wert des Fensters verbessert. Versuche haben gezeigt, dass so die Wärmeverluste durch die Fenster über Nacht um ca. 30 % reduziert werden können.	bis zu 30 % der Wärmeverluste durch die Fenster über Nacht (-> *nur der Wärmeverluste durch die Fenster, nicht insgesamt*), abhängig vom Fenster-U-Wert	gering	kurzfristig	ja	
Forschung	Ja	109	Sonstiges	-	Wassersparende Duschbrausen und Verbrauchsverhalten	Durch den Einsatz wassersparender Duschbrausen und Armaturen können bis zu 20 % des Energiebedarfs für Warmwasser eingespart werden. Weitere 10 % sind durch ein bewusstes und sparsames Verbrauchsverhalten bei der Warmwassernutzung möglich.	bis zu 30 % des Energiebedarfs für Warmwasserbereitung	Niedrig	kurzfristig	ja	
Forschung	Ja	110	Nutzende	-	Richtiges Lüften	Richtiges Lüften mit kurzzeitigem, intensivem Stoß- oder Querlüften anstelle einer Dauer-Kippstellung. Durch das Dauerlüften werden unnötig hohe Luftaustauschraten erreicht, die zu einer Auskühlung des Raumes führen.	-	Sehr Niedrig	kurzfristig	ja	

LITERATUR

[1] D. Müller, *Energiewendebauen: Forschungserkenntnisse von der Komponente bis zum Quartier*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2020.

[2] B. für W. und Klimaschutz, „Derzeit unverzichtbar für eine verlässliche Energieversorgung“. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/konventionelle-energietraeger.html (zugegriffen 9. Mai 2022).

[3] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „FAQ-Liste LNG-Terminal in Deutschland“, März 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/faq-liste-lng-terminal-in-deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=8

[4] „Gasversorgung: Abhängigkeiten verringern“. https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/gasversorgung-abhaengigkeiten-verringern-441270?view=renderNewsletterHtml (zugegriffen 13. Mai 2022).

[5] EUROSTAT, „EU energy mix and import dependency“, 25. März 2022. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_energy_mix_and_import_dependency (zugegriffen 18. Mai 2022).

[6] „Fortschrittsbericht Energiesicherheit“, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, März 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0325_fortschrittsbericht_energiesicherheit.pdf?__blob=publicationFile&v=14

[7] „Bundesnetzagentur - Aktuelle Lage Gasversorgung“. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/aktuelle_gasversorgung/start.html (zugegriffen 15. Juli 2022).

[8] Zentralverband des Handwerks, „Kennzahlen des Handwerks“. https://www.zdh.de/fileadmin/Oeffentlich/Wirschaft_Energie_Umwelt/Themen/Daten_Fakten/Betriebe_Beschaeftigte_Umsaetze/Zeitreihe_Fachkraeftemangel_Handwerk-Dezember_2021.xlsx (zugegriffen 21. Juni 2022).

[9] B. Mailach, F. Emmerich, Oschatz, L. Schinke, und J. Seifert, „Energetische Einsparpotentiale und wirtschaftliche Bewertung des hydraulischen Abgleiches für Anlagen der Gebäudeenergietechnik“. 4. Februar 2019.

[10] „Wie alte Heizungsanlagen effizienter werden“, *https://www.energiewendebauen.de/*. https://www.energiewendebauen.de/projekt/wie-alte-heizungsanlagen-effizienter-werden (zugegriffen 23. Mai 2022).

[11] „Dämmbarkeit des deutschen Gebäudebestandes : Endbericht“, Beuth Hochschule für Technik Berlin, 2015. doi: 10.2314/GBV:870803557.

[12] „Zukunft Altbau Sanierungsgalerie“. https://www.sanierungsgalerie.de/ (zugegriffen 12. Juli 2022).

[13] D. Mariano-Hernández, L. Hernández-Callejo, A. Zorita-Lamadrid, O. Duque-Pérez, und F. Santos García, „A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis“, *J. Build. Eng.*, Bd. 33, S. 101692, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.jobe.2020.101692.

[14] Y. Fürst, D. Herrmann, S. Brandt, und M. Kriegel, „Auto-EnEff: Automatisierte EnergieEffizienzsteigerungen durch selbsttätige Regelparameteroptimierung im laufenden Betrieb : Teilvorhaben: Entwicklung des digitalen Reglers : Abschlussbericht : Laufzeit: 15.11.2016-30.11.2020“, [TU Berlin, Herrmann-Rietschel-Institut], 2020. doi: 10.2314/KXP:1806824183.
[15] M. Reich, J. Gottschald, P. Riegebauer, und M. Adam, „Predictive Control of District Heating System Using Multi-Stage Nonlinear Approximation with Selective Memory“, *Energies*, Bd. 13, Nr. 24, S. 6714, Dez. 2020, doi: 10.3390/en13246714.
[16] V. Stockinger, W. Jensch, und J. Grunewald, „Abschlussbericht: Forschungsvorhaben +Eins - Plusenergiesiedlung Ludmilla-Wohnpark Landshut“, 2015, doi: 10.13140/RG.2.2.12288.99845.
[17] J. Görres, R. Hahn, J. Schrade, H. Erhorn, M. Friedrich, und M. Schmaus, „Stadt mit Energie-Effizienz - SEE Stuttgart : Abschlussbericht“, Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abteilung Energiewirtschaft, 2018. doi: 10.2314/GBV:1031671803.
[18] Deutsche Energie-Agentur, Hrsg., „Versäumnisse ausräumen, Blockaden lösen, Impulse setzen“. 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Dena_BBH_Papier_Massnahmen_Energiewende.pdf
[19] „Projekt-Verbund “LowEx-Bestand”“, *LowEx-Bestand*. https://www.lowex-bestand.de/?lang=de (zugegriffen 11. Juli 2022).
[20] B. Mailach und B. Oschatz, „Kurzstudie Energieeinsparungen Digitale Heizung“. 12. Juli 2017. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bdh-industrie.de/fileadmin/user_upload/Studien/energieeinsparungen_digitale_heizung_2017_01_12.pdf
[21] „Smarte Heizungssteuerung: Weniger Heizkosten, mehr Komfort“. https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/smart-home/smarte-heizungssteuerung/ (zugegriffen 20. Juli 2022).