

# KURZFRISTIG UMZUSETZENDE MAßNAHMEN ZUR STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ VON GEBÄUDEN UND QUARTIEREN

Felix Rehmann\*, Rita Streblow\*, Dirk Müller<sup>+</sup>

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 27<sup>th</sup>, 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>

\* Technische Universität Berlin/Einstein Center Digital Future

Fachgebiet Digitale Vernetzung von Gebäuden, Energieversorgungsanlagen und Nutzenden, DVG

( [rehmann@tu-berlin.de](mailto: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 des Gasverbrauchs in Gebäuden und Quartieren 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 Diskussionsbeiträge zur Einsparung von Energie und Erdgas in Bestandsgebäuden geliefert:

- Eine zusammenfassende Grafik relevanter und schnell umsetzbarer Maßnahmen mit einer Einschätzung möglicher Einsparungen.
- Eine Bewertung aller 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, Energiemanagement, 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.

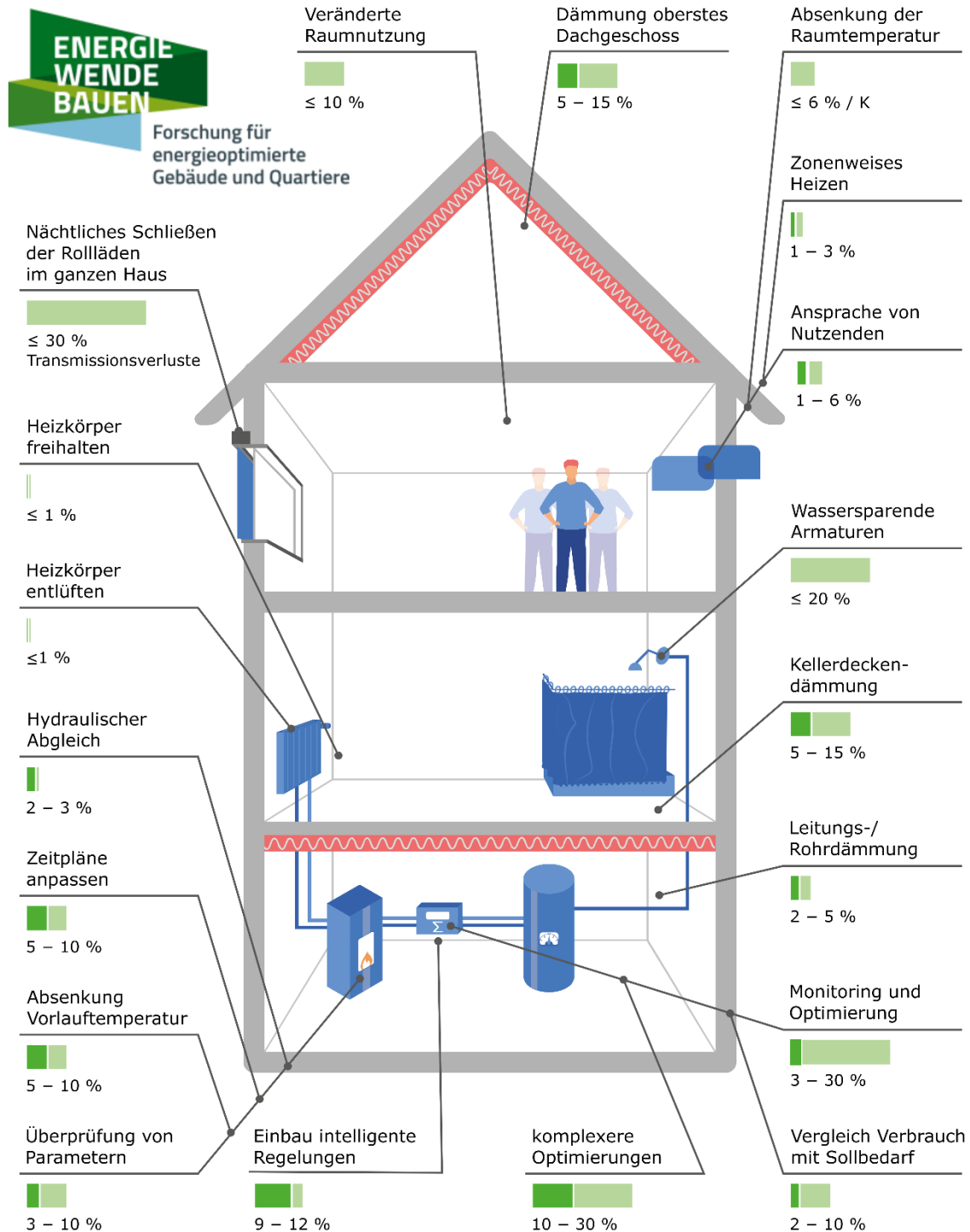


Abbildung 1 Übersicht über die empfohlenen Maßnahmen und die möglichen Einsparungen

# 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] <sup>1</sup>. 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<sup>2</sup> im Handwerk soll zudem ein weiterer Fokus auf solchen Maßnahmen liegen, welche möglichst ohne großen Aufwand umzusetzen sind.

---

<sup>1</sup> Zahlen aus einer Pressemitteilung der Bundesregierung geben einen Wert von 38,2% des Erdgasbezugs 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]

<sup>2</sup> 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 abgegeben. 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.

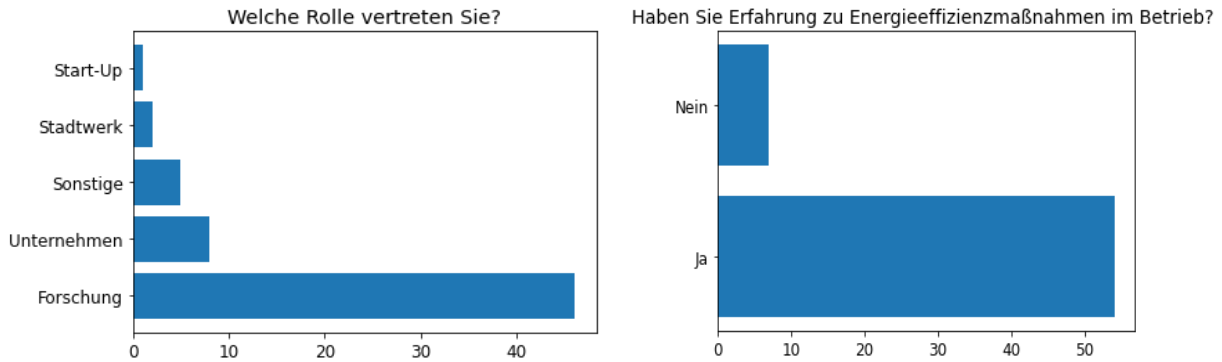


Abbildung 2 Übersicht über die Antworten der Befragten zu deren Rollen (links) und der Erfahrung zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen (rechts)

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.

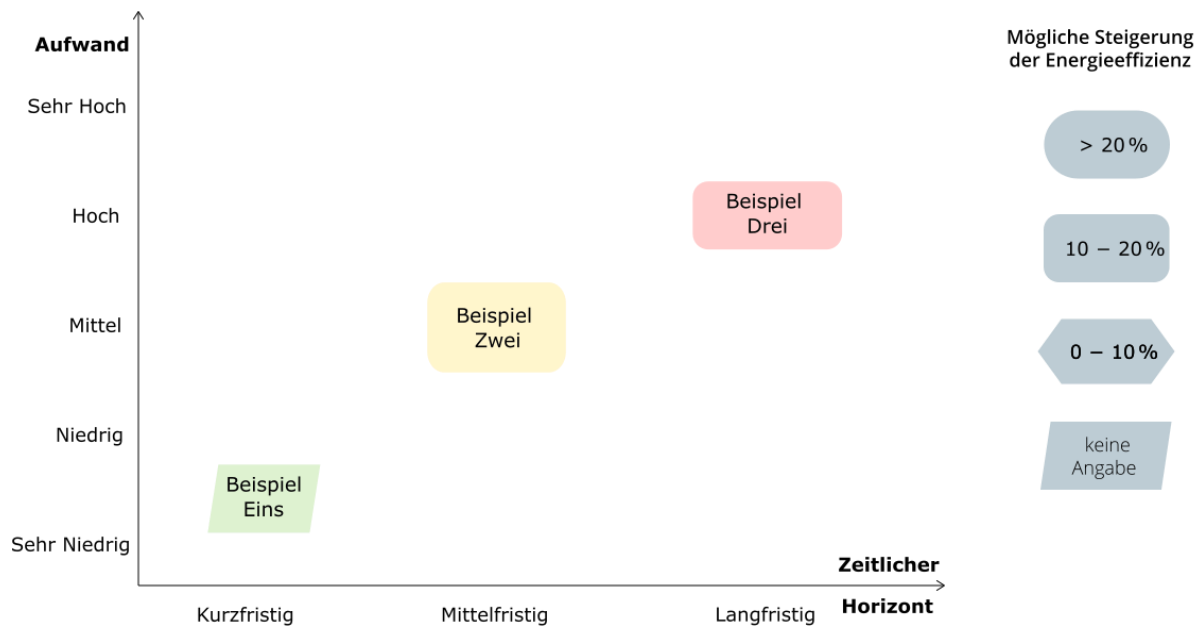


Abbildung 3 Beispielhafte Darstellung der Einordnung

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<sup>3</sup>. Mehrere

<sup>3</sup> 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 Abgleich 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/(m<sup>2</sup>a), 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.

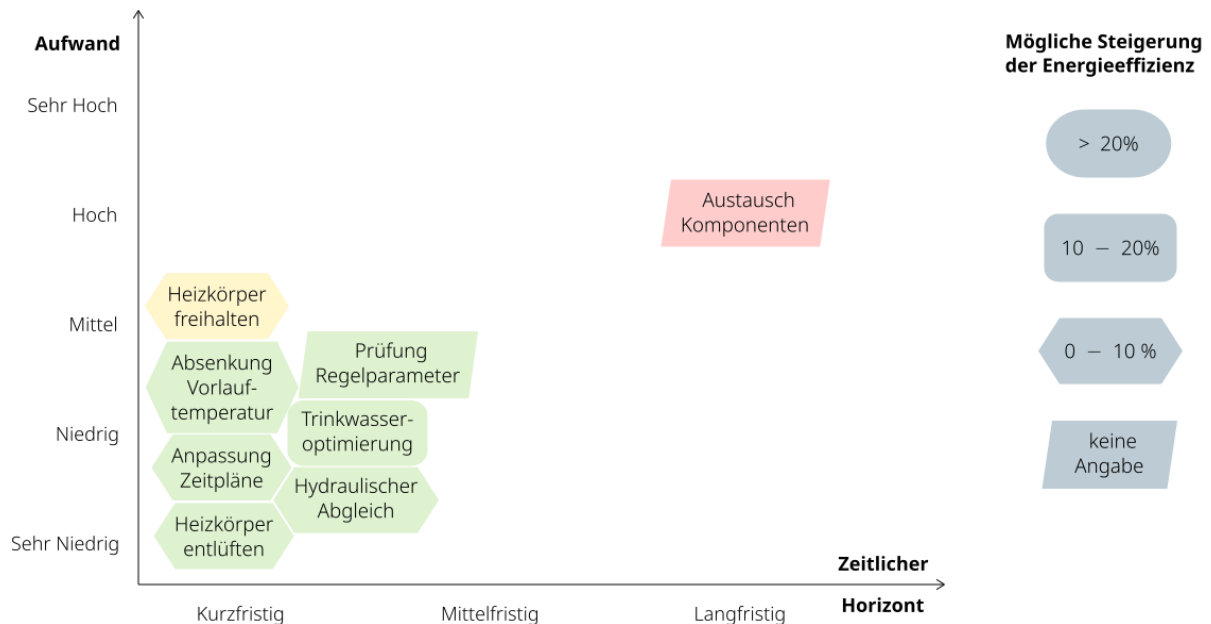


Abbildung 4 Einordnung der Maßnahmen des Clusters Anlagentechnik

## 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.

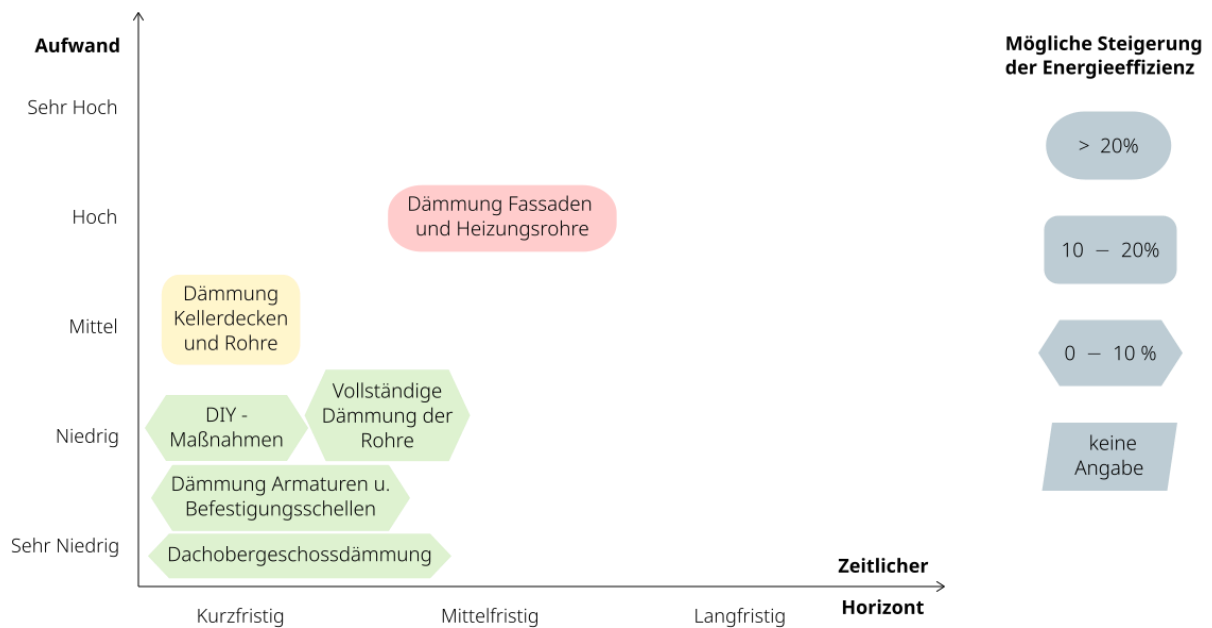


Abbildung 5 Einordnung der Maßnahmen des Clusters Dämmung

## 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.

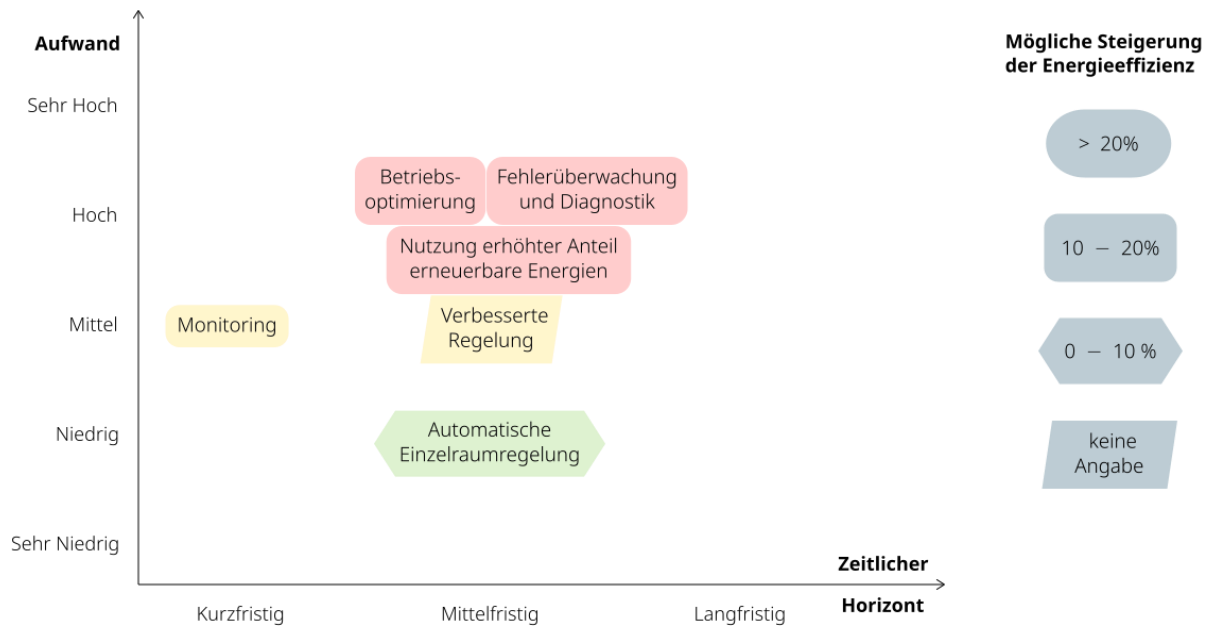
Auf Basis eines Monitorings lassen sich weitere Maßnahmen aufsetzen. Eine bessere Regelung ermöglicht eine bedarfsgerechte Führung von Außenluftmengen [Antwort 41]. Auch können Einzelraumregelungen umgesetzt werden, sodass nur diejenigen Räume beheizt werden, welche wirklich genutzt werden [Antwort 57]. 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 Regelungen (Model Predictive Control – MPC) den „Goldstandard“ dar. Im Projekt BestHeatNet konnten für verschiedene Fälle in Simulationen signifikante Einsparungen in Betriebskosten und CO<sub>2</sub>-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.



## 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<sup>4</sup>. 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 beispielsweise 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.

<sup>4</sup> Es handelt sich um die Vorschläge 7, 12, 48, 60, 72, 75, 93, 105, 110.

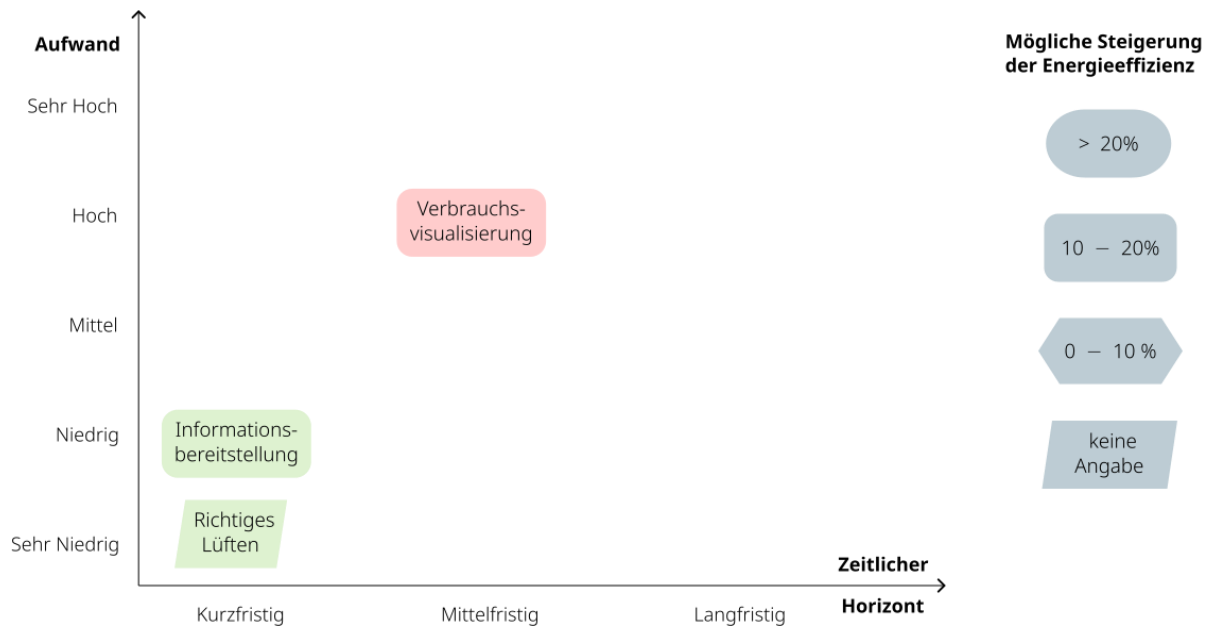


Abbildung 7 Einordnung der Maßnahmen des Clusters Verhalten von Nutzenden

## Systemintegration

Dem Cluster Systemintegration sind sechs Vorschläge zugeordnet<sup>5</sup>. 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 Sektorkopplung 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.

<sup>5</sup> Es handelt sich um die Vorschläge 2, 14, 18, 35, 43, 55.

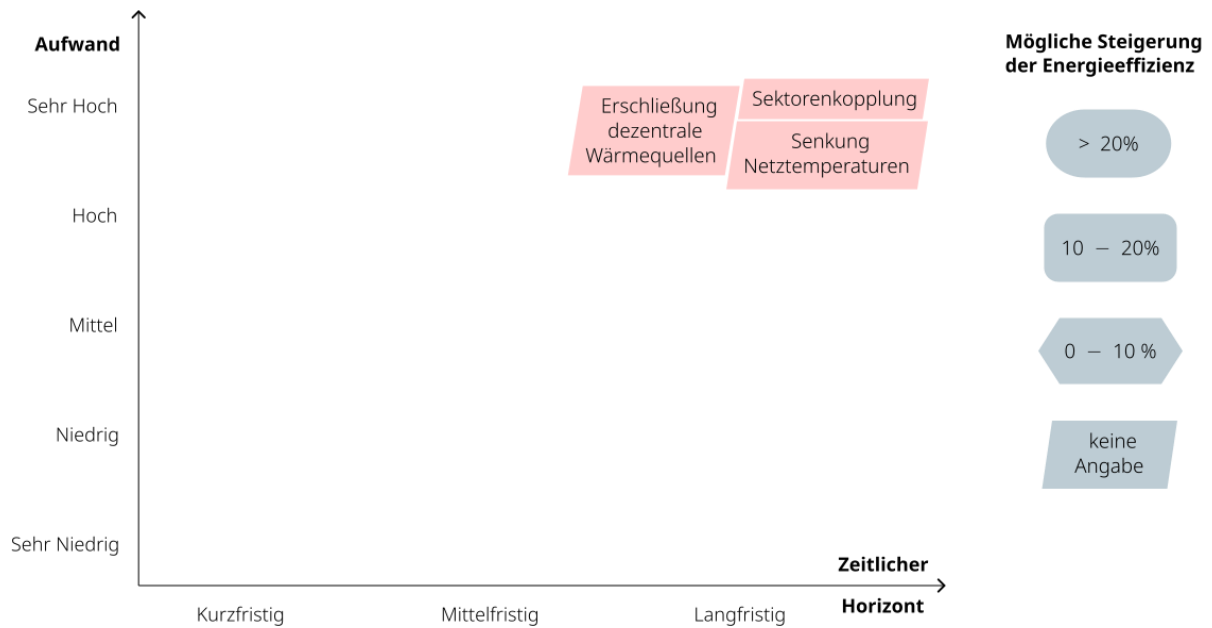


Abbildung 8 Einordnung der Maßnahmen im Cluster Systemintegration

## 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<sup>6</sup> 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<sub>2</sub>-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.

<sup>6</sup> 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.

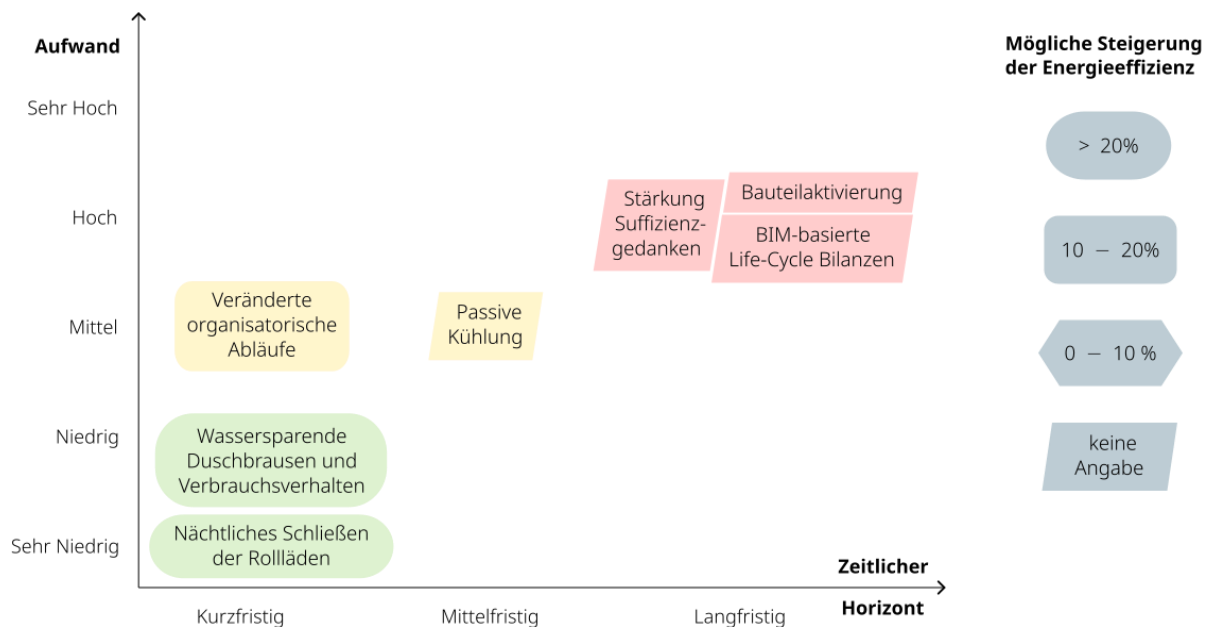


Abbildung 9 Einordnung der Maßnahmen des Clusters Sonstiges

# 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<sup>7</sup>. 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 **Nachtabstaltung** 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 Nachtabstaltung** 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 Raumtemperatur.

---

<sup>7</sup> 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<sub>2</sub>-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 liegenden 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*

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

*Tabelle 2 Übersicht über die Maßnahmen im Cluster Dämmung*

| <b>Kurzbezeichnung Maßnahme</b>                | <b>Beschreibung Maßnahme</b>                                                                                                                                                                                  | <b>Geschätzte Ersparnis</b> | <b>Vorschläge</b> |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 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 Wärmeverlusten. | 5 %                         | 45                |
| Dachobergeschoßsdämmung                        | 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 Regelung um bspw. bedarfsgeführte Luftmengen von Lüftungsanlagen bereitzustellen.                                                                                                                                                                                              | -                    | 41                      |
| Automatische Einzelraumregelung [original: AERR] | automatische Einzelraumregelung: Einbau von (durch den Mieter) programmierbaren elektronischen Thermostatventilen 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*

| <b>Kurzbezeichnung Maßnahme</b> | <b>Beschreibung Maßnahme</b>                                                                                                                                                                                             | <b>Geschätzte Ersparnis</b> | <b>Vorschläge</b> |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 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*

| <b>Kurzbezeichnung Maßnahme</b>    | <b>Beschreibung Maßnahme</b>                                         | <b>Geschätzte Ersparnis</b> | <b>Vorschläge</b> |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 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*

| <b>Kurzbezeichnung Maßnahme</b> | <b>Beschreibung Maßnahme</b>                                                                                                                                    | <b>Geschätzte Ersparnis</b>                                            | <b>Vorschläge</b> |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Passive Kühlung                 | Nutzung von passiven Kühlmaßnahmen wie bspw. durch Verschattung, nächtlichem Lüften und Hinterlüfteter Fassade.                                                 |                                                                        | 21, 104           |
| PV-Einbindung                   | Schaffung der Möglichkeit, 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              | Er-<br>fah-<br>run<br>g im<br>Be-<br>trie<br>b | Ant<br>wor<br>ten<br>ID | Clus-<br>ter                     | Maß-<br>nahme                                                                          | Kurzbezeich-<br>nung Maß-<br>nahme                                     | Beschreibung der Maßnahme                                                                                                                                                | Mögliche Erspar-<br>nis der Maß-<br>nahme in % | Auf-<br>wand<br>der<br>Maß-<br>nahm<br>e | Zeitli-<br>cher<br>Hori-<br>zont<br>der<br>Maß-<br>nahm<br>e | Bei<br>aktu-<br>ellen<br>Rah-<br>men-<br>be-<br>din-<br>gun-<br>gen<br>um-<br>setz-<br>bar | Ant-<br>wort<br>be-<br>rück-<br>sich-<br>tigt                    |
|--------------------|------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Stadt-<br>werk     | Ja                                             | 1                       | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment  | -                                                                                      | Lastmanage-<br>ment fürs ge-<br>samte Ver-<br>sorgungsnetz<br>aufbauen | -                                                                                                                                                                        | -                                              | -                                        | -                                                            | -                                                                                          | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |
| For-<br>schun<br>g | Ja                                             | 2                       | Sys-<br>temin-<br>tegra-<br>tion | Er-<br>schlie-<br>ßung<br>dezent-<br>raler<br>Wär-<br>me-<br>quellen<br>außer-<br>halb | Kopplung<br>durch Wär-<br>menetze                                      | -Die Kopplung durch Wärmenetze von Gebäuden und Quartieren, ermöglicht das Ausnutzen von Synergien (bspw. Nutzung von Abwärme, Ausgleich verschiedener Wärmequellen,...) | 25                                             | Sehr<br>Hoch                             | Lang-<br>fristig                                             | Keine<br>Aus-<br>sage<br>mög-<br>lich                                                      |                                                                  |

|           |    |   |                   |                            |                                              |                                                                                                                                                                                                         |        |         |               |      |                                                          |
|-----------|----|---|-------------------|----------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|---------------|------|----------------------------------------------------------|
|           |    |   |                   | 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<br>Passendes Daten- und Informationsmanagement<br>Verbesserte Planungs- und Betreiberprozesse, die EM und GM implizit bereits passend mit berücksichtigen | 15.-30 | Mittel  | Mittelfristig | Nein | Nein, nicht unter aktuellen Rahmenbedingungen            |

|                            |    |   |                                  |                                                |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |              |                  |                                       |                      |
|----------------------------|----|---|----------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|------------------|---------------------------------------|----------------------|
|                            |    |   |                                  |                                                |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |              |                  |                                       | um-<br>setz-<br>bar. |
| For-<br>schun<br>g         | Ja | 6 | Ener-<br>giema-<br>nage-<br>ment | -                                              | Intelligente<br>lowcost Heiz-<br>körperven-<br>tile und Ver-<br>braucherin-<br>fos zu T-<br>Raum-Ab-<br>senkung | - Anwesenheitsbasierte Raumtempera-<br>turen und damit "Weg vom nicht immer<br>einleuchtenden 1 ... 5 auf dem Ther-<br>mostatventil"<br>- Wirkung geht über das hinaus, was mit<br>einfacher Nachttemperatur.-Absenkung<br>erreichbar                                                                                                                           | 10 ... 15 | Mittel       | Kurz-<br>fristig | Keine<br>Aus-<br>sage<br>mög-<br>lich |                      |
| For-<br>schun<br>g         | Ja | 7 | Nut-<br>zende                    | Infor-<br>mati-<br>onsbe-<br>reitstel-<br>lung | Nutzerver-<br>halten                                                                                            | Kurz gehaltene Merkblätter, Online-<br>Schulungen o.Ä., um Bewusstsein für<br>richtigen Umgang zu schaffen.                                                                                                                                                                                                                                                     | -         | Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig | Ja                                    |                      |
| Un-<br>ter-<br>neh-<br>men | Ja | 8 | Ener-<br>giema-<br>nage-<br>ment | Be-<br>triebso-<br>ptimie-<br>rung             | Prädiktive<br>Betriebsopti-<br>mierung (z.B.<br>MPC)                                                            | - Implementierung prädiktiver Regelal-<br>gorithmen<br>- verschiedene Modellierungsansätze<br>möglich/kombinierbar<br>- Mathematische Optimierung<br>- Verwendung unterschiedlicher Kos-<br>tenfunktionen zu unterschiedlichen Zei-<br>ten<br>- Fallunterscheidung und Fahrweisen<br>Auswahl (Modi)<br>- Dynamisierung bisher fest eingestell-<br>ter Parameter | 10 - 20   | Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig | Ja                                    |                      |
| For-<br>schun<br>g         | Ja | 9 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | Vorlauf-<br>tempe-<br>ratur<br>senken          | Vorlauftem-<br>peraturen<br>senken (VLS)                                                                        | - Nachtabsenkung in Quartieren<br>- Vorlauftemperatur von Heizungen um<br>bis zu 5 °C absenkbar, wenn Bewusst-                                                                                                                                                                                                                                                  | 10        | Mittel       | Kurz-<br>fristig | 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<br>- Pumpenstromverbrauch sinkt                                                   | 2  | Niedrig      | Kurzfristig   | Ja |                                     |
| Forschung   | Ja   | 14 | Systemintegration | -                      | Netztemperaturen senken: Niedertemperaturnetze, LowEx       | -                                                                                                                                   | -  | Mittel       | Mittelfristig | Ja |                                     |

|                    |    |    |                                  |                                 |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |                      |                         |    |                                                                  |
|--------------------|----|----|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-------------------------|----|------------------------------------------------------------------|
| For-<br>schun<br>g | Ja | 15 | Däm-<br>mung                     | -                               | Dämmung<br>Kellerdecken<br>und einfa-<br>cher zugäng-<br>licher Rohre                                   | Die Kellerdecken- und Rohrdämmung<br>ist i.A. die am einfachsten, wirtschaft-<br>lichsten und arbeits-/ressourcenseitig<br>effizientesten umzusetzende Dämm-<br>maßnahme im Bestand.                                                                                                                                                     | bis zu 15 | Mittel               | Kurz-<br>fristig        | Ja |                                                                  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 16 | -                                | -                               | GridOptimi-<br>zer                                                                                      | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | -         | -                    | -                       | -  | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 17 | Däm-<br>mung                     | -                               | Konsequen-<br>tes dämmen<br>der Wärme-<br>brücken bei<br>Heizungs-<br>und Warm-<br>wasserlei-<br>tungen | Armaturen und Befestigungsschellen<br>werden traditionell nicht gedämmt und<br>stellen große Wärmebrücken dar. Zur<br>nachträglichen Dämmung gibt es viele<br>Lösungen. Die einfachste ist das Umwi-<br>ckeln mit dämmen Klebeband. In dem<br>Zuge muss natürlich auch die sonstige<br>Rohrdämmung geprüft und ausgebes-<br>sert werden. | 4         | Sehr<br>Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig        | Ja |                                                                  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 18 | Sys-<br>temin-<br>tegra-<br>tion | Sekto-<br>ren-<br>kopp-<br>lung | Energiema-<br>nagement                                                                                  | Das zuvor beschriebene Energieversor-<br>gungsvorhaben wird durch ein wetter-<br>und verbrauchsgeführtes, netzdienli-<br>ches Energiemanagementsystem ge-<br>steuert - "digitaler Zwilling" für opti-<br>male Sektorenkopplung                                                                                                           | -         | Sehr<br>Hoch         | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja |                                                                  |

|                     |    |    |                               |                                     |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |              |                         |                                       |  |
|---------------------|----|----|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------|-------------------------|---------------------------------------|--|
| For-<br>schun-<br>g | Ja | 19 | Däm-<br>mung                  | -                                   | NT-ready -<br>Beratung,<br>Förderung<br>und Stan-<br>dardsetzung<br>für Nieder-<br>temperatur<br>in Gebäuden | <p>NT-ready ist eine eindeutige Aussage, dass ein Gebäude für erneuerbare Energien vorbereitet ist. NT-ready ist die Eintrittskarte in die erneuerbare Welt, das heißt es ist der Mindest-standard, ab dem erneuerbare Wärme in der Regel sinnvoll ist.</p> <p>Des erfordert Beratung (NT-ready als ein Zwischenziel formal in den individuellen Sanierungsfahrplan (iSFP), Förderung (z.B. NT-ready-Bonus in der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ähnlich dem iSFP-Bonus) und Maßnahmen im Ordnungsrecht (als Erfüllungstatbestand für Gebäude der beiden schlechtesten Effizienzklassen G und H, Erfüllung der absehbaren EU-Anforderungen an Minimum energy Performance Standards (MEPS)).</p> | - | Hoch         | Mit-<br>tel-<br>fristig | Keine<br>Aus-<br>sage<br>mög-<br>lich |  |
|                     | Ja | 20 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik | Prüfung<br>Regel-<br>para-<br>meter | Prüfung Re-<br>gelpara-<br>meter der TGA                                                                     | <p>Prüfung und Anpassung Parameter der Wärmeerzeugung/Heizkreise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Soll-Vorlauftemperaturen/Heizkurven</li> <li>-Heizgrenztemperaturen/Abschaltzeiten/Zeitprogramme von Pumpen</li> </ul> <p>Ist Teilweise in hydraulischer. Abgleich integriert.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | - | Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig        | Ja                                    |  |

|                            |    |    |                                  |                                                     |                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |                                 |                         |    |                                                                  |
|----------------------------|----|----|----------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------|-------------------------|----|------------------------------------------------------------------|
| For-<br>schun-<br>g        | Ja | 21 | Son-<br>tiges                    | Passive<br>Küh-<br>lung                             | Passive Küh-<br>lung [origi-<br>nal: PassKue]                  | Passive Kühlmaßnahmen bspw. durch<br>Verschattung, nächtlichem Lüften und<br>Hinterlüfteter Fassade (Die Nachfrage<br>nach AirConditioner hat in den letzten<br>Jahren zugenommen)                                                                                                                            | -   | Nicht<br>ein-<br>schätz-<br>bar | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja |                                                                  |
| For-<br>schun-<br>g        | Ja | 22 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | -                                                   | Flächenhei-<br>zungen                                          | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | -   | -                               | -                       | -  | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |
| For-<br>schun-<br>g        | Ja | 23 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | Aus-<br>tausch<br>Kompo-<br>nenten                  | Wärme-<br>pumpe                                                | - energieeffiziente Wärmergewinnung<br>(um mehrere Faktoren größere Effizienz<br>als bloße Verbrennung fossiler Energie-<br>träger)<br>- Eignung zur Sektorenkopplung (ther-<br>misch-elektrisch)                                                                                                             | 300 | Mittel                          | Kurz-<br>fristig        | Ja |                                                                  |
| Un-<br>ter-<br>neh-<br>men | Ja | 24 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | Trink-<br>warm-<br>wasser-<br>opti-<br>mie-<br>rung | Trinkwarm-<br>wasser-opti-<br>mierung [ori-<br>ginal:<br>TWWO] | Reduzierung der Zirkulationszeiten der<br>TWW-Bereitstellung, Reduzierung der<br>TWW-Bereitstellungstemperatur an die<br>unterste Grenze der TWW-Verordnung,<br>Reduzierung der Legionellenschaltvor-<br>gänge auf ein Minimum                                                                                | 15  | Sehr<br>Nied-<br>rig            | Kurz-<br>fristig        | -  |                                                                  |
| For-<br>schun-<br>g        | Ja | 25 | Ener-<br>giema-<br>nage-<br>ment | Monito-<br>ring                                     | Monitoring<br>der Maßnah-<br>men mittels<br>Datenana-<br>lyse  | - mittlere/größere Liegenschaften ha-<br>ben meist ein Gebäudeleitsystem. Dies<br>ermöglicht i.d.R. ein Monitoring der<br>Funktionsweise und Effizienz der Hei-<br>zung / Kühlung<br>- Es sollten die Verbräuche engmaschig<br>kontrolliert werden (z.B. wochenweise).<br>Somit kann der Erfolg der Maßnahmen | 5   | Mittel                          | Kurz-<br>fristig        | 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                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Nutzung von prädiktiven Vorhersagen zur Optimierung der Energieströme im Gebäude/Quartier.</li> <li>-Nutzung von flexiblen Strompreisen für Demand-Side-Management.</li> <li>-Es fehlen finanzielle Anreize neben der Eigenverbrauchsoptimierung.</li> </ul> | 10-15 | Sehr Hoch | Mittelfristig | Nein | Nein, nicht unter aktuellen Rahmenbedingungen umsetzbar. |

|                    |          |    |                                 |                                       |                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |                      |                         |      |                                                                  |
|--------------------|----------|----|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------|-------------------------|------|------------------------------------------------------------------|
| For-<br>schun<br>g | Nei<br>n | 28 | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment | -                                     | Optimierte<br>Regelung der<br>Heizungssys-<br>teme | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | - | -                    | Mit-<br>tel-<br>fristig | Nein | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |
| For-<br>schun<br>g | Nei<br>n | 29 | Sons-<br>tiges                  | Verfüg-<br>barkeit<br>Hand-<br>werker | Arbeitser-<br>laubnis für<br>Asylsu-<br>chende     | Ähnlicher Punkt wie zuvor: Wir brau-<br>chen mehr Handwerker. Gleichzeitig<br>verbieten wir Asylsuchenden zu arbei-<br>ten, bis über ihren Status abschließend<br>entschieden ist.<br>Solange sie hier sind könnten sie auch<br>hier arbeiten, das hilft der Integration<br>und dem Handwerk.<br>Auch wenn die Personen noch keine<br>Ausbildung haben, das Anlernen für<br>Hilfstätigkeiten z.B. bei Dämmarbeiten<br>oder dem Gerüstbau sollte sich schnell<br>lernen lassen. Und da die Verfahren<br>sich gerne mal über Jahre hinweg zie-<br>hen ist oft auch eine dreijährige Ausbil-<br>dung drin. | - | Sehr<br>Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig        | Ja   | Nein,<br>keine<br>Erfah-<br>rung<br>im<br>Be-<br>trieb           |

|                    |    |    |                                 |                                     |                                                                                       |                                                                                                                                                                               |       |                      |                         |      |                                                                  |
|--------------------|----|----|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------|-------------------------|------|------------------------------------------------------------------|
| For-<br>schun<br>g | Ja | 30 | Sons-<br>tiges                  | -                                   | PV-Einbin-<br>dung                                                                    | -politische Möglichkeiten für Mehrfami-<br>lienhäuser schaffen (Mieterstrom etc.)<br>-Einbindung der PV-Leistung in Regler<br>für Gebäudeenergiesystem                        | 30    | Mittel               | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja   |                                                                  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 31 | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment | -                                   | MPC                                                                                   | -                                                                                                                                                                             | -     | -                    | -                       | -    | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 32 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik   | Prüfung<br>Regel-<br>para-<br>meter | Senkung der<br>Betriebstem-<br>peraturen im<br>Heizfall, An-<br>hebung im<br>Kühlfall | Nachtabsenkung umsetzen. Vorlauf-<br>temperaturen absenken sodass Heizflä-<br>chen nur soviel leisten, wie für Raum<br>notwendig. Ungenutzte Räume nicht<br>beheizen / kühlen | 20    | Sehr<br>Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig        | Ja   |                                                                  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 33 | Ener-<br>giema                  | -                                   | Verbesserte<br>Regelung                                                               | Verbesserte Anlagenregelung über alle<br>Gewerke                                                                                                                              | 20-50 | Hoch                 | Mit-<br>tel-<br>fristig | Nein | Nein,<br>nicht<br>unter                                          |

|                    |    |    |                                  |                                                     |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |           |        |                         |    |                                                                                      |
|--------------------|----|----|----------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------|-------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |    |    | nage-<br>ment                    |                                                     | und Gebäu-<br>deautoma-<br>tion                                                    | Optimierte Betriebsführung gewerke-<br>übergreifend z.B. mittels MPC und<br>KI/ML<br>adaptive Regelungsstrategien                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |           |        |                         |    | aktu-<br>ellen<br>Rah-<br>men-<br>be-<br>din-<br>gun-<br>gen<br>um-<br>setz-<br>bar. |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 34 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | Trink-<br>warm-<br>wasser-<br>opti-<br>mie-<br>rung | Effizienz-<br>maßnahmen<br>im Bereich<br>Trinkwasser-<br>erwärmung/-<br>verteilung | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Strangabgleich Zirkulation durch ge-<br/>ringinvestive Installation thermo-<br/>elektrischer Ventile mit Anbindung an<br/>die GLT</li> <li>- Damit auch Öffnung von Optionen zur<br/>Absenkung des Temperaturniveaus<br/>Trinkwarmwasser</li> <li>- Abstellen trinkwasserhygienisch nicht<br/>wirksamer vorbeugender thermische<br/>Desinfektion und damit Absenken des<br/>T-Niveaus insbesondere im Wärmenetz-<br/>bereich im Sommer möglich. Mithin<br/>auch signifikante Wirkung auf Effizienz<br/>der Wärmebereitstellung für die Trink-<br/>wassererwärmung</li> </ul> | 10 ... 15 | Mittel | Kurz-<br>fristig        | Ja |                                                                                      |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 35 | Sys-<br>temin-<br>tegra-<br>tion | Sekto-<br>ren-<br>kopp-<br>lung                     | Sektoren-<br>kopplung                                                              | Kopplung von Strom, Wärme und Mobi-<br>lität zur Schaffung von Synergien. Vo-<br>raussetzung: Energiemanagementsys-<br>tem und regelungsfähige Anlagentechn-<br>ik zur dynamischen Steuerung.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | hoch      | Hoch   | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja |                                                                                      |

|             |      |    |                   |                     |                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |           |               |                       |                                     |
|-------------|------|----|-------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|---------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Unternehmen | Ja   | 36 | Energiemanagement | Betriebsoptimierung | Einbeziehung von Nutzungsdaten (z.B: Ressourcenmanagement)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Berücksichtigung von Buchungsinformationen (beabsichtigte Nutzung)</li> <li>- Berücksichtigung von Anwesenheitsinformationen (tatsächliche Nutzung)</li> <li>- in Anlagensteuerung</li> <li>- Prädiktionsquellen einbeziehen, z.B:</li> <li>- Fahrzeugdaten (Batteriezustand bei Ankunft, geplante Abreise, Standzeit)</li> </ul> | 10-20 | Mittel    | Mittelfristig | Ja                    |                                     |
| Forschung   | Ja   | 37 | Dämmung           | -                   | Dämmmaßnahmen umsetzen (DMU)                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Heizungsrohre dämmen</li> <li>- Fassaden dämmen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                        | 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-<br>schun<br>g         | Ja | 41 | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment  | -                                                                                                           | Verbesserte<br>Regelung                                                                                                                     | z.B. bedarfsgeführte Luftmengen von<br>Lüftungsanlagen                                                                                                                                                                                                                    | -      | Nied-<br>rig                   | Kurz-<br>fristig        | Ja |  |
| For-<br>schun<br>g         | Ja | 42 | Däm-<br>mung                     | -                                                                                                           | Dämmung<br>der Rohre<br>auf Vollstän-<br>digkeit über-<br>prüfen                                                                            | - einfache, kostengünstige Maßnahme<br>- Rohrverluste sinken                                                                                                                                                                                                              | 2...5  | Nied-<br>rig                   | Kurz-<br>fristig        | Ja |  |
| For-<br>schun<br>g         | Ja | 43 | Sys-<br>temin-<br>tegra-<br>tion | Er-<br>schlie-<br>ßung<br>dezent-<br>raler<br>Wär-<br>me-<br>quellen<br>außer-<br>halb<br>des Ge-<br>bäudes | außerhalb<br>des Gebäu-<br>des: dezent-<br>rale Wärme-<br>quellen er-<br>schließen,<br>Bestands-<br>netze als Puf-<br>ferspeicher<br>nutzen | Nutzung von bestehenden Nahwärme-<br>netzen als Pufferspeicher                                                                                                                                                                                                            | -      | Nicht<br>ein-<br>schätz<br>bar | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja |  |
| Un-<br>ter-<br>neh-<br>men | Ja | 44 | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment  | Be-<br>triebso<br>ptimie-<br>rung                                                                           | Betriebsopti-<br>mierung [ori-<br>ginal: BO]                                                                                                | Betriebsdiagnose und -optimierung -><br>Auswertung historischer Betriebsdaten<br>bestehen der GA-Systeme kann zu nicht<br>und gering investiven Maßnahmen füh-<br>ren                                                                                                     | bis 25 | Hoch                           | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja |  |
| For-<br>schun<br>g         | Ja | 45 | Däm-<br>mung                     | -                                                                                                           | Bereitstel-<br>lung von DIY-<br>Maßnahmen<br>wie Tesa-Iso-<br>lierbändern<br>für Fenster-                                                   | O.g. Klebebänder, die es in jedem Bau-<br>markt gibt, kann jede(r) selbst installie-<br>ren. V.a. in älteren Bestandsimmobilien<br>mit schlecht schließenden Fenstern und<br>Türen kann hier eine Reduktion von<br>Luftzügen und damit Wärmeverlusten<br>erreicht werden. | 5      | Nied-<br>rig                   | Kurz-<br>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 | -                         | Pumpen-tausch                                  | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     | -            | -           | -  | Nein, keine vollständige Antworten. |
| Forschung | Ja | 47 | Anlagentechnik | Vorlauf-temperatur-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 |                                     |

|                    |    |    |                               |                                    |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |              |                         |    |  |
|--------------------|----|----|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------|-------------------------|----|--|
| For-<br>schun<br>g | Ja | 48 | Nut-<br>zende                 | -                                  | Zonenweises<br>Heizen in<br>Wohnungen<br>bei geschlos-<br>senen Zim-<br>mertüren | <p>Offensive Ansprache von Bewohnern hinsichtlich effizientem Verhalten in der Wohnung.</p> <p>Vor allem jüngere Menschen (&lt;50 J.) haben scheinen sich daran gewöhnt zu haben, dass Zimmertüren offen bleiben und alle Räume (direkt oder indirekt) eine individuelle Wohlfühltemperatur besitzen.</p> <p>Durch die Abgrenzung von wenig ge-<br/>nutzten Zimmern (durch das Schließen der Tür) kann der Anteil der gering be-<br/>heizten Nutzfläche erhöht werden und insgesamt der Wärmeverbrauch redu-<br/>ziert werden.</p> <p>In Mietwohnungsbeständen könnten Vermieter, Verbraucherzentralen o.a. Akteure eine aktive Ansprache der Mie-<br/>terschaft übernehmen.</p> | 1-3 | Mittel       | Kurz-<br>fristig        | Ja |  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 49 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik | Aus-<br>tausch<br>Kompo-<br>nenten | Wärme- und<br>Kältespei-<br>cher                                                 | Ein netz- und verbrauchsgeführtes BHKW (KWK-Anlage) versorgt Industrie-<br>anlage mit Strom, Wärme und Kälte (Absorptionskältemaschine). 4 PCM-ba-<br>sierte Pufferspeicher (170°C, 90°C, 0-<br>6°C, -21°C) optimieren die Verbräuche und den Regelbetrieb.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -   | Sehr<br>Hoch | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja |  |

|                     |    |    |                               |                                     |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     |              |                         |    |  |
|---------------------|----|----|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------|----|--|
| For-<br>schun-<br>g | Ja | 50 | Sons-<br>tiges                | -                                   | BIM-LCA -<br>BIM-basierte<br>Lebensweg-<br>bilanz | Die CO2e-Emissionen aus der Produk-<br>tion von Baumaterialien werden mit der<br>Energiewende zunehmend relevanter.<br>Optimierungspotenziale sind erheblich<br>und sollten in den frühen Planungspha-<br>sen erkannt und umgesetzt werden.<br>Eine BIM-basierte THG-/Ökobilanz der<br>Baumaterialien auf Grundlage der EPDs<br>aus ÖKOBAUDAT u.a. Datenquellen ist<br>mit vertretbarem Aufwand möglich. | realistisch ca. 20%<br>der "grauen"<br>Energie bzw.<br>"grauen" CO2e-<br>Emissionen                                                                                                                 | Hoch         | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja |  |
|                     | Ja | 51 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik | Hydrau-<br>lischer<br>Ab-<br>gleich | hydrauli-<br>scher Ab-<br>gleich                  | Sicherstellung von bedarfsgerechter<br>Versorgung der Heizflächen eines Rau-<br>mes.<br>Berechnung und Anpassung/Prüfung<br>Pumpeneinstellung der Heizkreise so-<br>wie Ventileinstellungen der Heizflä-<br>chen/Strangreguliertventile.<br>Berechnung und Prüfung Heizkurve des<br>Wärmeerzeugers.<br>Vermutlich erhöhte Nachfrage durch<br>Preiserhöhung -> Vorkehrungen zur<br>Fachkräftegewinnung.   | thermisch: 0...15<br>[ITG Dresden:<br>Energetische Ein-<br>sparpotentiale<br>und wirtschaftli-<br>che Bewertung<br>des hydraulischen<br>Abgleiches für An-<br>lagen der Gebäu-<br>deenergietechnik] | Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig        | Ja |  |
| For-<br>schun-<br>g | Ja | 52 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik | Anpas-<br>sung<br>Zeit-<br>pläne    | Zeitpläne an-<br>passen                           | oftmals sind keine oder nicht ausrei-<br>chend Zeitpläne umgesetzt (Absen-<br>ken/Ausschalten (z.B. von Pumpen, Lüf-<br>tungsanlagen) nachts und außerhalb<br>von Betriebszeiten (z.B, Wochenenden<br>in Schulen).                                                                                                                                                                                       | 10                                                                                                                                                                                                  | Mittel       | Kurz-<br>fristig        | Ja |  |
| For-<br>schun-<br>g | Ja | 53 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik | Hydrau-<br>lischer<br>Ab-<br>gleich | Hydrauli-<br>scher Ab-                            | - Durchführung hydraulischer Abgleich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 5-15                                                                                                                                                                                                | Nied-<br>rig | Mit-<br>tel-<br>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<br>- 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 Thermostaten an den Heizkörpern zwecks Vermeidung von Überheizung durch Heizkörper- (bzw. Raum-)Übertemperaturen und zwecks Nutzung von Abwesenheitszeiten zur Heizkörperabschaltung | 15 - 30 | Niedrig | Kurzfristig   | Ja |                                     |

|                     |    |    |                                  |                                        |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |      |                      |                         |    |                                                                  |
|---------------------|----|----|----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------|-------------------------|----|------------------------------------------------------------------|
| For-<br>schun-<br>g | Ja | 58 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | Prüfung<br>Regel-<br>para-<br>meter    | Anpassung<br>von Sollwer-<br>ten bzgl. Hei-<br>zen / Kühlen        | - Bei Heizungen / Kühlungen sind Soll-<br>werte z.B. der Vorlauftemperatur defi-<br>niert, oftmals in Abhängigkeit der Au-<br>ßentemperatur (Heizkurve). Diese Soll-<br>werte sollten angepasst werden (bei<br>Heizung sowohl bei der Heizzentrale als<br>auch raumweise)<br>- Heizen / Kühlen bei Abwesenheit ver-<br>meiden!                                                                                                                                                                                                       | 5    | Sehr<br>Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig        | Ja |                                                                  |
| Stadt-<br>werk      | Ja | 59 | Ener-<br>giema-<br>nage-<br>ment | -                                      | Regler opti-<br>mieren                                             | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -    | -                    | -                       | -  | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |
| For-<br>schun-<br>g | Ja | 60 | Nut-<br>zende                    | Ver-<br>brauchs<br>visuali-<br>sierung | Kontinuierli-<br>ches Ver-<br>brauchsfeed-<br>back für Nut-<br>zer | -Nutzer erhalten zur Zeit kein direktes<br>Feedback zu ihrem Verbrauch und kön-<br>nen so nicht die Auswirkungen ihres<br>Verhaltens einschätzen.<br>-Eine digitale Anzeige, die entsprechend<br>kontinuierlich den Verbrauch darstellt<br>(ggf. auch direkt in Kosten umrechnet)<br>zeigt dem Nutzer wo er wie durch An-<br>passung seines Verhaltens sparen kann.<br>-Dies sorgt durch "Gamification" auch<br>zum Erspielen des Verständnisses für<br>die Thematik.<br>-Die Potenziale sind natürlich gänzlich<br>Nutzer abhängig. | 0-30 | Hoch                 | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja |                                                                  |

|                            |           |    |                                  |                                  |                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |                      |                  |    |                                                        |
|----------------------------|-----------|----|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------|------------------|----|--------------------------------------------------------|
| For-<br>schun-<br>g        | Nei-<br>n | 61 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | Tempe-<br>ratur-<br>sen-<br>kung | Senkung In-<br>nentempera-<br>tur der Ge-<br>bäude | Maßnahme ist selbsterklärend!                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | - | Sehr<br>Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig | Ja | Nein,<br>keine<br>Erfah-<br>rung<br>im<br>Be-<br>trieb |
| Un-<br>ter-<br>neh-<br>men | Ja        | 62 | Ener-<br>giema-<br>nage-<br>ment | Monito-<br>ring                  | Low-Cost<br>Monitoring                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktuell sind ist die Mehrzahl der "Be-<br/>treiber" immer noch im Blindflug unter-<br/>wegs, vor allem in Wohngebäuden,<br/>aber auch im Zweckbau; Optimierungs-<br/>möglichkeiten sind unzureichend be-<br/>kannt</li> <li>- Ein Monitoring muss einfach realisier-<br/>bar sein, das bedeutet technisch (Funk-<br/>basiert, batteriebetrieben) aber auch<br/>organisatorisch (bestenfalls ohne zu-<br/>sätzlichen Technikerbesuch)</li> <li>- Basierend auf den Monitoringdaten<br/>könnten dann (automatisiert) Empfeh-<br/>lungen aus einem Katalog gegeben wer-<br/>den, die sich vielleicht auch ohne wei-<br/>tere Kosten (Nutzerverhalten) umset-<br/>zen lassen</li> </ul> | - | Mittel               | Kurz-<br>fristig | Ja |                                                        |

|                    |          |    |                                 |                                       |                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |        |                  |    |                                                                  |
|--------------------|----------|----|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|------------------|----|------------------------------------------------------------------|
| For-<br>schun<br>g | Nei<br>n | 63 | Sons-<br>tiges                  | Verfüg-<br>barkeit<br>Hand-<br>werker | Gehalt für<br>Handwerker<br>pauschal um<br>20% erhöhen | Es wird seit Jahren rumgejammert, dass<br>wir zu wenige Handwerker haben und<br>die, die den Job gelernt haben ihn im-<br>mer wieder aufgeben.<br>Kann man ihnen auch nicht wirklich ver-<br>übeln, bei schlechter Bezahlung und an-<br>strengender körperlicher Arbeit.<br>Deshalb: Gehalt massiv erhöhen, z.B.<br>mit Mindestsätzen bei Ausschreibun-<br>gen, damit der Beruf wieder attraktiv<br>wird. | -  | Mittel | Kurz-<br>fristig | Ja | Nein,<br>keine<br>Erfah-<br>rung<br>im<br>Be-<br>trieb           |
| For-<br>schun<br>g | Ja       | 64 | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment | Be-<br>triebso<br>ptimie-<br>rung     | MPC                                                    | -MPC Ansätze in Feldteste und Labore<br>untersuchen<br>-Integration elektrische Systeme in Reg-<br>ler für Wärmebereitstellung<br>-Integration Prognosen in Regelsystem                                                                                                                                                                                                                                   | 40 | Hoch   | Lang-<br>fristig | Ja |                                                                  |
| For-<br>schun<br>g | Ja       | 65 | Däm-<br>mung                    | -                                     | Sanierung                                              | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -  | -      | -                | -  | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |
| For-<br>schun<br>g | Ja       | 66 | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment | -                                     | Digitaler<br>Zwilling, Be-<br>triebsopti-<br>mierung   | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -  | -      | -                | -  | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |

|                    |    |    |                                 |                                   |                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                         |       |        |                         |                                       |  |
|--------------------|----|----|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|-------------------------|---------------------------------------|--|
| For-<br>schun<br>g | Ja | 67 | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment | -                                 | Betriebs-<br>überwa-<br>chung und<br>Fehlerver-<br>meidung<br>(FDD) | Untersuchung komplexer Anlagensys-<br>teme, sodass diese bestimmungsgemäß<br>funktionieren - individuelle Einstellung<br>realisieren (default-Einstellungen hin-<br>terfragen).                                                                         | 10-15 | Mittel | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja                                    |  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 68 | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment | Monito-<br>ring                   | Anlagen- und<br>Energiemoni-<br>toring                              | Mindestanforderung an Anlagen- und<br>Energiemonitoring bereits beim Planen<br>festlegen ("Bedarfsplanung")<br>Inbetriebnahme- und Langzeitmonito-<br>ring etablieren<br>Monitoring in Betreiberkonzepten etab-<br>lieren                               | 20-30 | Mittel | Kurz-<br>fristig        | Ja                                    |  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 69 | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment | Be-<br>triebso<br>ptimie-<br>rung | Digitalisie-<br>rung in Kom-<br>bination mit<br>MPC                 | Kenntnis über Schwachstellen/Fehlern<br>im Objekt/im Quartier; Erkennen von<br>Lastverschiebepotential; Schaffen von<br>Möglichkeiten als Basis für eine wis-<br>sensbasierte Nutzerintegration (sprich<br>Vor. für neue Kostenmodelle mit An-<br>reiz) | 20    | Mittel | Kurz-<br>fristig        | Keine<br>Aus-<br>sage<br>mög-<br>lich |  |

|                            |    |    |                                  |                                                |                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |                      |                  |    |                                          |
|----------------------------|----|----|----------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------|------------------|----|------------------------------------------|
| For-<br>schun-<br>g        | Ja | 70 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | Hydrau-<br>lischer<br>Ab-<br>gleich            | Hydrauli-<br>scher Ab-<br>gleich                      | - Regelmäßige Durchführung zur Opti-<br>mierung von Gebäude und Quartier.<br>Bsp.: Öffentliche Gebäude werden oft-<br>mals schon bei Inbetriebnahme der<br>Haustechnik nicht ausreichend geprüft.<br>Insbesondere bei Anschluss an ein Wär-<br>menetz wirken sich derartige Nachläss-<br>igkeiten stark auf die Effizienz des Ge-<br>samtsystems aus. Durch regelmäßige<br>HA ließen sich sowohl Pumpaufwand<br>als auch Wärmeverluste erheblich redu-<br>zieren. | 1 - 20  | Mittel               | Kurz-<br>fristig | Ja |                                          |
| Un-<br>ter-<br>neh-<br>men | Ja | 71 | Ener-<br>giema-<br>nage-<br>ment | Monito-<br>ring                                | Technisches<br>Monitoring                             | Identifikation von Ineffizienzen<br>Expertensicht<br>Laufzeitanpassung<br>Sollwerte verifizieren<br>Betrieb plausibilisieren, Fehler identifi-<br>zieren<br>Kennzahlkontrolle                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 20 - 30 | Sehr<br>Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig | Ja |                                          |
| For-<br>schun-<br>g        | Ja | 72 | Nut-<br>zende                    | Infor-<br>mati-<br>onsbe-<br>reitstel-<br>lung | Bewusstsein<br>bei Bewoh-<br>nern schaf-<br>fen (BBS) | - Bewohner verständlich informieren,<br>worauf zu achten ist<br>- Energiesparen belohnen (z. B. Bester<br>kann einen Gutschein gewinnen)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 10      | Mittel               | Kurz-<br>fristig | Ja |                                          |
| For-<br>schun-<br>g        | Ja | 73 | Ener-<br>giema-<br>nage-<br>ment | -                                              | Adaptive<br>Komfort-<br>maßnahmen                     | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | -       | -                    | -                | -  | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige |

|                            |          |    |                                 |                                        |                                                                                              |                                                |   |              |                         |                                       |                                                                  |
|----------------------------|----------|----|---------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---|--------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                            |          |    |                                 |                                        |                                                                                              |                                                |   |              |                         |                                       | Ant-<br>wor-<br>ten.                                             |
| For-<br>schun<br>g         | Ja       | 74 | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment | -                                      | Anlagen bei<br>Nichtver-<br>wendung<br>ausschalten<br>(Standbyver-<br>luste verrin-<br>gern) | -                                              | - | -            | -                       | -                                     | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |
| For-<br>schun<br>g         | Ja       | 75 | Nut-<br>zende                   | Ver-<br>brauchs<br>visuali-<br>sierung | Einbeziehung<br>des Nutzers<br>durch Visua-<br>lisierung des<br>Verbrauchs                   | -                                              | - | Nied-<br>rig | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja                                    |                                                                  |
| Un-<br>ter-<br>neh-<br>men | Nei<br>n | 76 | Ener-<br>giema<br>nage-<br>ment | -                                      | Minderung<br>der Raum-<br>temperatur                                                         | Quartiersbezogene Steuerung für Ab-<br>senkung | - | Sehr<br>Hoch | Mit-<br>tel-<br>fristig | Keine<br>Aus-<br>sage<br>mög-<br>lich | Nein,<br>keine<br>Erfah-<br>rung<br>im<br>Be-<br>trieb           |

|                            |    |    |                                  |                                       |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |              |                         |                                       |  |
|----------------------------|----|----|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|-------------------------|---------------------------------------|--|
| For-<br>schun<br>g         | Ja | 77 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | Aus-<br>tausch<br>Kompo-<br>nenten    | Ersatz von al-<br>ten, ineffi-<br>zienten Kom-<br>ponenten                      | Austausch von alten Komponenten im<br>Bestand                                                                                                                                                                                                                   | -       | Mittel       | Kurz-<br>fristig        | Ja                                    |  |
| For-<br>schun<br>g         | Ja | 78 | Ener-<br>giema-<br>nage-<br>ment | Be-<br>triebso-<br>ptimie-<br>rung    | MPC, agen-<br>tenbasierte<br>Regelung, KI                                       | MPC: Regelung des Geothermie Feldes<br>mittels Modellprädiktiver Regelung<br>agentenbasierte Regelung: Regelung<br>des Gesamtsystems durch modulare<br>verteilte Ansätze<br>KI: Selbstlernende Modellbildung                                                    | 10 - 40 | Hoch         | Mit-<br>tel-<br>fristig | Keine<br>Aus-<br>sage<br>mög-<br>lich |  |
| For-<br>schun<br>g         | Ja | 79 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | Vorlauf-<br>tempe-<br>ratur<br>senken | Vorlauftem-<br>peraturen<br>senken                                              | - einfache, kostengünstige Maßnahme<br>- Kesseffizienz steigt                                                                                                                                                                                                   | 5...10  | Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig        | Ja                                    |  |
| For-<br>schun<br>g         | Ja | 80 | Sons-<br>tiges                   | -                                     | im Gebäude:<br>Bauteilakti-<br>vierung                                          | Bestand: Untersuchung der bauphysika-<br>lischen Parameter und tragwerkstechni-<br>sche Aspekte                                                                                                                                                                 | 20      | Mittel       | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja                                    |  |
| Un-<br>ter-<br>neh-<br>men | Ja | 81 | Sons-<br>tiges                   | -                                     | Organisatori-<br>sche Abläufe<br>der Gebäu-<br>denutzung<br>[original:<br>ORGA] | Organisatorische Veränderungen bei<br>der Gebäudenutzung -> z. B. Schaffen<br>flexibler Arbeitswelten, damit einzelne<br>Gebäudegeschosse bei geringer Auslas-<br>tung teilweise abgesenkt betrieben<br>werden können                                           | 10      | Mittel       | Kurz-<br>fristig        | Ja                                    |  |
| For-<br>schun<br>g         | Ja | 82 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | Vorlauf-<br>tempe-<br>ratur<br>senken | Absenkung<br>Vorlauftem-<br>peratur                                             | Einstellung einer geringeren Vorlauf-<br>temperatur im Heizkreislauf, um fak-<br>tisch eine geringere Wohnraumtempe-<br>ratur zu "erzwingen". Diers funktioniert<br>erfahrungsgemäß besser als der Apell<br>an Bewohner, die Thermostate herun-<br>terzudrehen. | 10      | Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig        | Ja                                    |  |

|           |    |    |                   |                            |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                     |                          |              |             |                       |  |
|-----------|----|----|-------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------|-------------|-----------------------|--|
|           |    |    |                   |                            |                                                                                                                     | Analog kann der TWW-Vorlauf zumindest intervallweise auf 50°C gesenkt werden; die Legionellen Problematik ließe 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<br>- 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 Eigenutzung 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        | Nachabschaltung statt Nachabsenkung                                                                                 | Nachabsenkung und Heizkörperthermostatventile heben sich in ihrer Wirkung auf. Über eine Nachabschaltung kann eine tatsächliche Temperaturabsenkung 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    | Vorlauf-temperatur-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.<br>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-ge-speister 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<br>Nicht- Bauen, Sanieren vor neu Bauen, Weniger/kleiner Bauen, Wandlungsfähig Bauen<br>Optimierung der Bestandsnutzung<br>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 Gebäuden und Quartieren bzw. betriebsbegleitende Optimierung | - keine manuelle Einstellung von Parametern<br>- bedarfsabhängige Bereitstellung von Wärme                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ca. 15                                                                        | Hoch      | Kurzfristig | Ja |  |

|                    |    |    |                               |                                     |                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |       |                      |                  |                                       |                                                                  |
|--------------------|----|----|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------|------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                    | Ja | 93 | Nut-<br>zende                 | -                                   | Bedarfsge-<br>recht Hei-<br>zen/Lüften                 | Sensibilisierung der Nutzer um Energie-<br>verschwendung durch Nutzerfehler zu<br>vermeiden. Dürften die Preissteigerun-<br>gen z.T. erledigen.<br>Vermeidung überheizen von Räumen.<br>Bedarfsgerechtigkeit ggf. durch smarte<br>Lösungen erreichbar - sollte geprüft<br>werden. | -     | Mittel               | Kurz-<br>fristig | Keine<br>Aus-<br>sage<br>mög-<br>lich |                                                                  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 94 | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik | Prüfung<br>Regel-<br>para-<br>meter | Heizkurven<br>anpassen                                 | oftmals sind Heizkurven falsch einge-<br>stellt/parametriert oder es gibt keine<br>Außentemperaturabhängigkeit. Dies<br>wäre zu prüfen und entsprechend zu<br>optimieren.                                                                                                         | 10    | Mittel               | Kurz-<br>fristig | Ja                                    |                                                                  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 95 | Däm-<br>mung                  | -                                   | Dachoberge-<br>schossdäm-<br>mung [origi-<br>nal: DoG] | - Dämmmaßnahmen obere Geschoss-<br>decke. Auslegung Dachboden mit Däm-<br>mung.                                                                                                                                                                                                   | 10-40 | Sehr<br>Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig | Ja                                    |                                                                  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 96 | -                             | -                                   | ERTUG                                                  | -                                                                                                                                                                                                                                                                                 | -     | -                    | -                | -                                     | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 97 | Nut-<br>zende                 | -                                   | Nutzerschu-<br>lung                                    | -                                                                                                                                                                                                                                                                                 | -     | -                    | -                | -                                     | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |

|                            |           |     |                                  |                                        |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         |              |                         |    |                                                                  |
|----------------------------|-----------|-----|----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|-------------------------|----|------------------------------------------------------------------|
| For-<br>schun-<br>g        | Ja        | 98  | Ener-<br>giema-<br>nage-<br>ment | Be-<br>triebso-<br>ptimie-<br>rung     | MPC (model<br>predictive<br>control)            | - gleichzeitiges Optimieren gegenläufi-<br>ger Ziele: Energieeffizienz und OTS (oc-<br>cupants' thermal satisfaction)<br>- Einbezug zukünftiger Signale: Bedürf-<br>nisse der Nutzer (occupants), Wetterda-<br>ten, dyn. Energiepreise                                                                                                                                                                                                           | 20      | Hoch         | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja |                                                                  |
| For-<br>schun-<br>g        | Ja        | 99  | Anla-<br>gen-<br>tech-<br>nik    | -                                      | Energiespei-<br>cher                            | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | -       | -            | -                       | -  | Nein,<br>keine<br>voll-<br>stän-<br>dige<br>Ant-<br>wor-<br>ten. |
| For-<br>schun-<br>g        | Nei-<br>n | 100 | Nut-<br>zende                    | Ver-<br>brauchs<br>visuali-<br>sierung | Nutzerver-<br>halten beein-<br>flussen          | - Transparenz schaffen über Dash-<br>boards, um Nutzer zu effizienteren Ver-<br>halten zu ermutigen, ggf. auch über<br>Gamification                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | -       | Mittel       | Mit-<br>tel-<br>fristig | Ja | Nein,<br>keine<br>Erfah-<br>rung<br>im<br>Be-<br>trieb           |
| Un-<br>ter-<br>neh-<br>men | Ja        | 101 | Ener-<br>giema-<br>nage-<br>ment | Monito-<br>ring                        | Heizsystem-<br>monitoring<br>[original:<br>HSM] | Heizsystem-Monitoring und Optimie-<br>rung der Betriebsparameter bzw. Besei-<br>tigung von Fehlern durch Auswertung<br>der Daten von Wärmemengenzählern,<br>Strom/Gaszählern und Vergleich von ta-<br>ges- bzw. monatsbezogenen Soll/Ist-<br>Werten des Gebäudes (korrekte außen-<br>temperaturabhängige Heizkurven und<br>deren Realisierung im Realbetrieb, Ver-<br>gleich rechnerischer Soll-Heizbedarf<br>(über mehrere Tage) mit gemessenem | 15 - 20 | Nied-<br>rig | Kurz-<br>fristig        | 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<br>- 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) Klimaanlage | mittel  | mittelfristig | ja |                                     |

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

|                    |    |     |                |   |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                   |                      |                  |    |  |
|--------------------|----|-----|----------------|---|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|----|--|
| For-<br>schun<br>g | Ja | 108 | Sons-<br>tiges | - | Nächtliches<br>Schließen<br>der Rollläden<br>im ganzen<br>Haus        | Durch das Schließen der Rollläden wer-<br>den die Wärmeabstrahlverluste des Ge-<br>bäudes minimiert. Durch eine zusätzli-<br>che Luftschicht zwischen Fenster und<br>Rollladen wird zudem der U-Wert des<br>Fensters verbessert. Versuche haben<br>gezeigt, dass so die Wärmeverluste<br>durch die Fenster über Nacht um ca. 30<br>% reduziert werden können. | bis zu 30 % der<br>Wärmeverluste<br>durch die Fenster<br>über Nacht (-> <i>nur<br/>der Wärmever-<br/>luste durch die<br/>Fenster, nicht ins-<br/>gesamt</i> ), abhängig<br>vom Fenster-U-<br>Wert | gering               | kurz-<br>fristig | ja |  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 109 | Sons-<br>tiges | - | Wasserspa-<br>rende Dusch-<br>brausen und<br>Verbrauchs-<br>verhalten | Durch den Einsatz wassersparender<br>Duschbrausen und Armaturen können<br>bis zu 20 % des Energiebedarfs für<br>Warmwasser eingespart werden. Wei-<br>tere 10 % sind durch ein bewusstes und<br>sparsames Verbrauchsverhalten bei der<br>Warmwassernutzung möglich.                                                                                           | bis zu 30 % des<br>Energiebedarfs für<br>Warmwasserbe-<br>reitung                                                                                                                                 | Nied-<br>rig         | kurz-<br>fristig | ja |  |
| For-<br>schun<br>g | Ja | 110 | Nut-<br>zende  | - | Richtiges Lüf-<br>ten                                                 | Richtiges Lüften mit kurzzeitigem, in-<br>tensivem Stoß- oder Querlüften an-<br>stelle einer Dauer-Kippstellung. Durch<br>das Dauerlüften werden unnötig hohe<br>Luftaustauschraten erreicht, die zu ei-<br>ner Auskühlung des Raumes führen.                                                                                                                 | -                                                                                                                                                                                                 | Sehr<br>Nied-<br>rig | kurz-<br>fristig | 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-energetraeger.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](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](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](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](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/Wirtschaft\\_Energie\\_Umwelt/Themen/Daten\\_Fakten/Betriebe\\_Beschaeftigte\\_Umsaetze/Zeitreihe\\_Fachkraeftemangel\\_Handwerk-Dezember\\_2021.xlsx](https://www.zdh.de/fileadmin/Oeffentlich/Wirtschaft_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 Gebäudeenergie-technik“. 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.job.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 Energieeffizienz - 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](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](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/smart-heizungssteuerung/> (zugegriffen 20. Juli 2022).