

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# **Nutzendenverhalten – Einflussfaktoren und Einflussnahme auf die Gebäudeenergieperformance**

Querauswertung der Projekte der Förderinitiative  
Energiewendebauen

Wissenschaftliche Begleitforschung Energiewendebauen, Modul 2



## Kurzfassung

Der Energieverbrauch von Gebäuden wird stark vom Verhalten der Nutzenden beeinflusst, was eine zentrale Rolle im Rahmen der Gebäudeenergiewende spielt. Die Art und Weise, wie Bewohnende mit der Gebäudetechnik umgehen, kann erhebliche Auswirkungen auf den gesamten Energieverbrauch eines Gebäudes haben. Dies umfasst unter anderem die Nutzung von sowie die Interaktion mit Gebäudetechnik, den Einsatz elektronischer Geräte und die Akzeptanz einzelner Technologien. Die vorliegende Auswertung untersucht daher, inwieweit Projekte im Bereich „Energiewendebauen“ (EWB) das Verhalten der Nutzenden analysieren. Das Hauptziel dieser Auswertung ist es, einen umfassenden Überblick über die aktuellen Forschungsfragen und -methoden in diesem Bereich zu geben.

Die qualitative Analyse zeigt, dass nicht alle Projekte, die das Nutzendenverhalten untersuchen, klar definieren, welches spezifische Verhalten im Fokus steht. In den Projekten, in welchen jedoch detaillierte Informationen vorhanden sind, wird am häufigsten das Heizverhalten untersucht, häufig ergänzt durch das Lüftungsverhalten. Einige Projekte beschäftigen sich auch mit dem Warmwasserverbrauchsverhalten sowie mit der Steuerung von Beleuchtung und Verschattung. Technische und soziodemographische Einflussfaktoren werden in vielen Projekten untersucht, wobei in einigen Fällen auch der Einfluss der Einstellungen der Nutzenden auf ihr Verhalten beleuchtet wird. Einzelne Studien analysieren den Effekt von Interventionen, wie der Bereitstellung von Informationen, auf das Energieverbrauchsverhalten.

Methodisch erfassen die meisten Projekte den relevanten Energieverbrauch durch Messungen, wobei ergänzend oder ausschließlich Befragungen durchgeführt werden. Nur drei der betrachteten Projekte führen experimentelle Untersuchungen mit Probandinnen und Probanden durch. In Bezug auf die soziodemographischen Einflussfaktoren zeigen die Ergebnisse, dass Informationen und Empfehlungen zum Energieverbrauchsverhalten von den Nutzenden meist positiv aufgenommen werden und ihr Verhalten beeinflussen, sofern diese Anregungen einfach und nachvollziehbar sind. Es zeigt sich jedoch, dass individuelle Eingriffsmöglichkeiten, wie manuelle Steuerungen, weniger genutzt werden als erwartet. Stattdessen scheinen automatisierte, aber individualisierbare Funktionen, wie Kalenderfunktionen zur Temperaturregelung, eine vielversprechendere Alternative zu sein. Ältere Nutzende neigen dazu, eine höhere Raumtemperatur zu bevorzugen, während das Bedarfsprofil je nach Erwerbstätigkeit der Nutzenden zwischen Wochentagen und Wochenenden variiert. Hinsichtlich der technischen Einflussfaktoren ergeben sich folgende wichtige Erkenntnisse: Es ist nicht eindeutig, dass eine zeitabhängige Temperaturregelung generell sinnvoll ist, da deren Nutzen stark vom Ausgangszustand vor der Implementierung abhängt. Lüftungsanlagen tragen dazu bei, die manuelle Fensterlüftung zu reduzieren, ohne diese jedoch vollständig zu ersetzen. Träge Reaktionen von Gebäudesystemen können die Zufriedenheit der Nutzenden mindern, da diese den Eindruck gewinnen, dass ihre Einstellungen und Präferenzen keinen Einfluss auf das System haben. Nutzerfreundliche, klassische Systeme wie Jalousien zur Verschattung und einfache Thermostate werden von Nutzenden gegenüber komplexeren, weniger intuitiven Systemen bevorzugt.

Insgesamt zeigt sich, dass das Verständnis des Nutzendenverhaltens sowie die Wahl und Gestaltung geeigneter technischer Systeme entscheidend für eine erfolgreiche Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden sind. Ein umfassender Ansatz, der sowohl technische als auch verhaltensbezogene Faktoren einbezieht, ist notwendig, um die Ziele der Gebäudeenergiewende zu erreichen.

## Inhaltsübersicht

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1. | Einleitung .....                            | 1  |
| 2. | Methode.....                                | 1  |
| 3. | Ergebnisse .....                            | 2  |
| 4. | Zusammenfassung .....                       | 8  |
| 5. | Anhang: Ausgewertete Projekte .....         | 10 |
| 6. | Anhang: Weitere Interessante Projekte ..... | 19 |
|    | Referenzen .....                            | 22 |

## 1. Einleitung

Der Einfluss des Nutzendenverhaltens auf den Energieverbrauch von Gebäuden ist ein bedeutendes Thema im Kontext der Gebäudeenergieeffizienz. Die Art und Weise, wie Bewohnende mit der Gebäudetechnik interagieren, kann erhebliche Auswirkungen auf den Gesamtenergieverbrauch eines Gebäudes haben. Das reicht von der Nutzung von sowie der Interaktion mit der Gebäudetechnik, den Einsatz elektronischer Geräte und die Akzeptanz einzelner Technologien über den Einsatz von elektronischen Geräten bis hin zur Akzeptanz spezifischer Technologien. Ein tiefgehendes Verständnis dieser Zusammenhänge ist von großer Bedeutung, um effektive Strategien zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden zu entwickeln.

Die Frage danach, welche Faktoren das Nutzendenverhalten beeinflussen, beschäftigt sowohl die Sozialwissenschaften als auch die Energieforschung. Aufgrund der Komplexität des Themas betrachten Studien nur Teilbereiche der Thematik und empirische Ergebnisse sind meist nur eingeschränkt auf andere Kontexte übertragbar. Sozialwissenschaftliche Studien untersuchen neben Gebäudemerkmalen insbesondere den Einfluss soziodemographischer Variablen auf das Energieverhaltensverhalten. Methodisch werden häufig Regressionsanalysen auf Basis von Befragungen und/oder Verbrauchsabrechnungen angewendet (vgl. z. B. (1), (2), (3)). Ein Vorteil solcher Studien ist, dass große Datensätze erhoben und ausgewertet werden können. Nachteilig ist, dass die Variablenspezifikation eine geringe Genauigkeit aufweist, was besonders für die Gebäudemerkmale gilt. In der Technologieforschung werden Gebäudemerkmale und Verbrauchsdaten im Rahmen von experimentellen Studien und Energieverbrauchsmessungen genauer erfasst. Allerdings ist die Zahl der Probandinnen und Probanden solcher experimenteller Studien meist deutlich geringer. Darüber hinaus finden sie nicht immer in realen Umgebungen sondern unter Laborbedingungen statt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse erschwert.

In der vorliegenden Querauswertung wird untersucht, inwieweit die Projekte im Forschungsbereich Energieeffizientebauen (EEB) das Nutzendenverhalten untersuchen. Primäres Ziel ist es, einen Überblick über aktuelle Fragestellungen sowie Forschungsmethoden in diesem Themenbereich zu geben. Die Auswertung erhebt dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass in weiteren, hier nicht betrachteten Forschungsprojekten, einzelne Elemente der betrachteten Fragestellungen explizit oder implizit adressiert werden. Einige der untersuchten Projekte laufen noch und können deshalb nicht vollständig ausgewertet werden. Weiterhin liegen nicht für alle Vorhaben Veröffentlichungen vor. Projekte, welche ausschließlich die Akzeptanz und nicht das Verhalten von Nutzenden untersuchen, werden nicht berücksichtigt.

## 2. Methode

Die Auswertung basiert auf einer qualitativen Querauswertung aller EEB Forschungsprojekte, welche im Betrachtungszeitraum von 09.2020 bis 04.2024 laufend waren. Datengrundlage bieten die EnArgus Kurzbeschreibungen der Forschungsprojekte sowie, wenn vorhanden, Websites und Veröffentlichungen der ausgewerteten Projekte. Zur Selektion relevanter Projekte wurden in einem ersten Schritt die Kurzbeschreibungen aller Projekte im Forschungsbereich ausgewertet. Hierbei wurden sämtliche Projekte, die das Schlagwort „Nutzerverhalten“ in der Vorhabensbeschreibung enthalten, näher betrachtet. In einem zweiten Schritt wurden darüber hinaus auch Projekte betrachtet, bei welchen anhand der Forschungsthematik oder der Projektbeschreibung darauf geschlossen werden konnte, dass das Nutzendenverhalten als Teil der Arbeit mit untersucht wird. Zu den jeweiligen Projekten wurden alle öffentlich auffindbaren Informationen als Teil der Querauswertung berücksichtigt.

### 3. Ergebnisse

Der Begriff „Nutzendenverhalten“ wird häufig als Sammelbegriff für verschiedene Verhaltensweisen von Gebäudenutzenden verwendet, von denen angenommen wird, dass sie einen Einfluss auf den Energieverbrauch des Gebäudes haben. Im Rahmen dieser Auswertung wurde versucht herauszuarbeiten, welches Verhalten in den Projekten konkret untersucht wird. Es wird somit aufgezeigt, wie das Nutzendenverhalten als Untersuchungsgegenstand spezifiziert wird (a), welche Einflussfaktoren auf dieses spezifizierte Verhalten analysiert werden (b) sowie mit welchen Methoden das Verhalten und die Einflussfaktoren untersucht werden (c). In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse kurz zusammengefasst. Die vollständige Auflistung der Projekte inklusive der Methoden und Projektergebnisse findet sich im Anhang.

#### a) **Untersuchtes Verhalten:**

In sechs der untersuchten Projekte wird lediglich angegeben, **Energieverbrauchsverhalten** von Nutzenden zu untersuchen, wobei die Beschreibungen hier sehr allgemein bleiben (03EN3036, 03EN3034, 03EN1020, 03SBE0002, 03EN1073, 03EN1063). Für einige Projekte liegen jedoch detaillierte Informationen bezüglich des betrachteten Verhaltens vor.

So werden im Projekt „DataFEE“ (03EN1002A) das Heiz- und Kühlverhalten untersucht sowie die Steuerung von Licht und Verschattung durch die Nutzenden. Darüber hinaus werden auch der Zeitpunkt und die Dauer des Öffnens von Fenstern erfasst. Im Projekt „MOBASY“ (03SBE0004A) werden das Heizverhalten bzw. die Thermostateinstellung durch Nutzende sowie das Warmwassernutzungs- und das Lüftungsverhalten erfasst. Letzteres wird ebenfalls in Projekt „EnEff:Stadt - KA-Durlach“ (03ET1590) untersucht. Im Projekt „EnEff:Campus“ (03ET1415) wird das Nutzendenverhalten als Anzahl der Nutzendeneingriffe über Raumbediengeräte zur Steuerung der Temperatur spezifiziert. Projekt „MAGGIE“ (03SBE0007) untersucht das Gas- und Stromverbrauchsverhalten. Im Projekt „FlexEhome“ (03EGB0025) werden sowohl das Heizverhalten als auch das Verhalten bei der Möglichkeit von Verschattung der Fenster untersucht. Das Projekt „sEnSys“ (03EN1053) analysiert sowohl die Akzeptanz von Nutzenden gegenüber einem neuen Energiemanagementsystem als auch die Auswirkungen von Nutzenden, wenn diese mithilfe von Visualisierungen der Messwerte Einfluss auf die Steuerung des Energiemanagementsystems nehmen können. Im Projekt „NuData\_Campus“ (03ET1648) werden das Heiz- und Lüftungsverhalten sowie die Beleuchtungssteuerung und Verdunklung von Fenstern durch Nutzende untersucht. Das Projekt „Plus-Eq-Net“ (03EN1299) untersucht sowohl den Wärme-, Gesamtstrom- und Wasserverbrauch als auch den Stromverbrauch eines Hybrid-Trinkwarmwasser-Bereiters.

Insgesamt werden am häufigsten das **Heiz- und Lüftungsverhalten** untersucht. Auch anderes Verhalten zur Einflussnahme auf das Raumklima, z. B. durch die Möglichkeit zur **Verschattung** und **Beleuchtungssteuerung** sowie **Nutzendeneingriffe**, wird in einigen Projekten analysiert.

#### b) **Untersuchte Einflussfaktoren**

Die in den Projekten untersuchten Einflussfaktoren auf das Nutzendenverhalten sind divers. Im Folgenden wird versucht, diese in sozioökonomische Faktoren bzw. Merkmale der Nutzenden versus technische Faktoren bzw. Gebäudemerkmale zu klassifizieren. Dies stellt eine Vereinfachung dar, weil häufig auch das Zusammenspiel von Faktoren untersucht wird, dient jedoch der übersichtlicheren Beschreibung.

##### Sozioökonomische Einflussfaktoren - Merkmale der Nutzenden

Vier Projekte untersuchen den Einfluss von **Information** auf das Nutzendenverhalten. Im Falle der Projekte „EnEff:Stadt: EIPH - Energieinsel Petershagen“ (03ET1513) und „NuData\_Campus“

(03ET1648) werden den Nutzenden dabei allgemeine Informationen über energiesparendes Verhalten zur Verfügung gestellt, z. B. über Apps sowie schriftliche und mündliche Hinweise, in Projekt „DataFEE“ (03EN1002) zusätzlich auch spezifische Informationen über die Gebäudetechnik. Im Projekt „SmartHotelSupply“ (03ET1513) wurde außerdem der Effekt von Aufforderungen zu energiesparendem Verhalten analysiert und im Vorhaben „GreenEnergyFirst“ (03SBE0002) wurden den Nutzenden konkrete Verhaltensempfehlungen gegeben.

Das Projekt „NuData\_Campus“ (03ET1648) untersucht, inwieweit sich die **Partizipation der Nutzenden** bei der Transformation hin zu einem klimaneutralen Gebäude auf das Verhalten dieser und deren Akzeptanz für umgesetzte Maßnahmen auswirkt. Ähnliches wurde auch im Projekt „LezBAU“ (03EN1074) untersucht. Dabei standen die Nutzungsfreundlichkeit und die Akzeptanz des entwickelten Webtools im Vordergrund, wobei bei der Entwicklung von diesem eine durchgehende Zusammenarbeit von Nutzenden und Stakeholdern stattfand. Mit Hilfe des Webtools soll die Entscheidungsfindung zu klimaverträglichen Lösungen durch Datenbanken mit Informationen zu Beispielgebäuden, Konstruktionen und Anlagentechnik erleichtert werden.

Zwei Projekte untersuchen den Einfluss der **Einstellung oder Haltung der Nutzenden auf das Energieverbrauchsverhalten**. So wird im Projekt „SmartHotelSupply“ (03ET1513) die grundsätzliche Einstellung der Nutzenden zum Thema Nachhaltigkeit erfasst. Im Vorhaben „MAGGIE“ (03SBE0007) wird der Einfluss der Akzeptanz der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen auf das Verhalten der Nutzenden untersucht.

In Vorhaben „PIK\_II\_Verbund“ (03EN1020A) wird der Einfluss von flexiblen Raumnutzungskonzepten und heterogenen Nutzendenstrukturen beurteilt. Auch in den Vorhaben „MAGGIE“ (03SBE0007) und „MOBASY“ (03SBE0004) wird der Einfluss von **soziodemographischen Variablen** (Alter, Haushaltszusammensetzung, etc.) auf das Nutzendenverhalten untersucht.

#### Technische Einflussfaktoren - Gebäudemerkmale

Die Projekte „MOBASY“ (03SBE0004) und „FlexEhome“ (03EGB0025) untersuchen den Einfluss verschiedener **Gebäudemerkmale**, wie zum Beispiel das Vorhandensein einer Lüftungsanlage und die Auswirkungen von aktiven und passiven Verschattungskonzepten, auf das Nutzendenverhalten.

Im Projekt „Windheizung 2.0.“ (03EN6013) sollen unter anderem die Nutzendeninteraktion mit der Technik und Regelung und die Nutzendenakzeptanz des Systems untersucht werden.

Viele Vorhaben untersuchen die Auswirkungen spezieller gebäudetechnischer Ausstattungen auf das Nutzendenverhalten. Dazu zählt z. B. das Vorhaben „NuData\_Campus“ (03ET1648), bei dem die Effekte von **Verschattung und Beleuchtungsstärke** auf das Kühlungs- und Lichtsteuerungsverhalten analysiert werden. Im Projekt „sEnSys“ (03EN1053) wird der allgemeine Einfluss von **smarter Gebäudetechnik** und verschiedenen **Betreibermodi** für Strom- und Wärmekonzepte näher betrachtet. Zwei Projekte untersuchen, inwiefern der Einsatz **zeitabhängiger Temperaturregelung** (03SBE0002) bzw. **intelligenter Zähler** (03SBE0007) Auswirkungen auf das Nutzendenverhalten und den Energieverbrauch hat. Im Vorhaben „EnEff:Stadt - KA-Durlach“ (03ET1590) werden die **Messgrößen** relative Luftfeuchtigkeit und CO<sub>2</sub>-Konzentration im Zusammenhang mit dem Lüftungsverhalten untersucht. Inhalt des Projekts „EnEff:Campus“ (03ET1415) ist unter anderem die Analyse der Raumtemperatur als Einflussfaktor auf die Anzahl der **Bedienungen von Raumsteuergeräten**.

Im Projekt „Plus-Eq-Net“ (03EN1299) wird untersucht, inwieweit eine verbesserte Gebäudetechnik sich auf den Energieverbrauch und das Nutzendenverhalten auswirkt.

Im Projekt „InnoEff“ (03EN1073) wird untersucht, wie ein intelligentes Energiemanagementsystem aus den Nutzendeneingriffen und -vorgaben nach einer gewissen

Lernzeit eigenständig die benötigte Soll-Vorlauf­temperatur ermittelt und selbständig adaptiert, ohne dabei Einbuße im Nutzendenkomfort zu verursachen.

Das Projekt „PECSnet“ (03EN1081) untersucht, inwieweit mithilfe eines „Personalized Environmental Control System“ (PECS) durch einen Regelungsansatz der Energieverbrauch, bei gleichzeitig maximaler Nutzendenzufriedenheit, verringert werden kann. An der Schnittstelle von Mensch und Technik wird untersucht, welche Faktoren einen erfolgreichen Einsatz von PECS bedingen.

### c) Forschungsmethoden

In vielen, aber nicht in allen Projekten, die das Nutzendenverhalten untersuchen, wird der **Energieverbrauch messtechnisch** erfasst, um aus den Messwerten Rückschlüsse auf das Nutzendenverhalten zu ziehen (03EN3036, 03EN3034, 03EN1002, 03SBE0002, 03SBE0007, 03ET1415, 03ET1648, 03EN1299). In sieben Vorhaben finden zusätzlich oder ausschließlich **Befragungen der Nutzenden** statt, um den Energieverbrauch sowie Einflussfaktoren auf diesen zu erfassen (03EN1002, 03ET1513, 03SBE0002, 03SBE0007, 03SBE0004, 03ET1648). In zwei Projekten werden **Probandinnen und Probandenversuche** durchgeführt (03EN1002, 03ET1590), dabei werden Apps und Befragungen genutzt und das Verhalten der Nutzenden wird dokumentiert. Vier Projekte untersuchen das Nutzendenverhalten durch den **Einsatz eines Demonstrators** (03EGB0025, 03EN1053, 03EN1299, 03ET1648). Bei den Demonstratoren handelt es sich um Bestandsgebäude und Neubauten, in denen Konzepte getestet werden und das Nutzendenverhalten untersucht werden kann. Zudem findet bei zwei Projekten ein **Monitoring des Nutzendenverhaltens** statt (03EGB2025, 03EN1299). Im Projekt „PECSnet“ (03EN1081) soll mit **Feld- und Laborstudien** zu den Themen Akzeptanz und Nutzendenverhalten geforscht werden.

### d) Forschungsergebnisse aus den Projekten

Im Folgenden werden erste Forschungsergebnisse der Projekte zu den einzelnen Einflussfaktoren auf das Nutzendenverhalten aufgeführt.

#### Sozioökonomische Einflussfaktoren

##### **Information**

In Projekt „DataFEE“ (03EN1002) konnte in Versuchen eine Verhaltensänderung von Bürogebäudenutzenden festgestellt werden, die Informationen sowie Empfehlungen und Eingriffsmöglichkeiten in Sollwerte mittels einer App erhielten. Die Probandinnen und Probanden haben die App als hilfreich empfunden. Im Projekt „GreenEnergyFirst“ (03SBE0002) führte die Einstellung des empfohlenen Temperaturprofils in Wohngebäuden teilweise zu einer Steigerung des Energieverbrauchs. Grund hierfür war, dass Geringverbrauchende vor Projektbeginn viele Räume nicht heizten.

##### **Partizipation der Nutzenden**

Im Projekt „DataFEE“ (03EN1002) bewerteten die Probandinnen und Probanden es positiv, dass sie eine App zur direkten Steuerung des Raumes nutzen konnten. Im Projekt „EnEff:Campus“ (03ET1415) konnte trotz funktionierender Einzelraumregelung nur eine spärliche Nutzung der Temperatur-Eingriffsmöglichkeiten durch die Nutzenden festgestellt werden. Die Anzahl der Eingriffe bezüglich einer gewünschten erhöhten Raumtemperatur fiel dabei deutlich höher aus als bezüglich einer niedrigeren Temperatur. Die Ergebnisse legen nahe, dass ein Einspareffekt eher durch eine Kalenderfunktion und eine dadurch verbesserte Anpassung an die Nutzung des Raums zu erwarten ist als durch die Raumbediengeräte.

### **Einstellung/Haltung der Nutzenden**

Im Projekt „MAGGIE“ (03SBE0007) konnte festgestellt werden, dass Voraussetzungen dafür, dass intelligente Zähler Einfluss auf das Energienutzungsverhalten haben, die grundsätzliche Bereitschaft der Mietenden sowie eine einfache Bedienung sind.

Im Projekt „sEnSys“ (03EN1053) wurde beobachtet, dass die Akzeptanz von energetischen Sanierungen nur dann gegeben ist, wenn die Mietenden vom **wirtschaftlichen und technischen Zusammenspiel** dieser profitieren. Zudem steigert sich die Akzeptanz, wenn genügend **Aufklärung** über die dadurch entstehenden Vorteile betrieben wird.

Das Projekt „SmartHotelSupply“ (03ET1513) hat umfassende Daten zur Einstellung von Hotelgästen zu den Themen Nachhaltigkeit und Energieverbrauch erhoben:

- Ein Großteil der Befragten erwartet durch Maßnahmen zur Energieeinsparung weder Luxus- noch Komforteinbußen und ist bereit, zugunsten einer Energieeinsparung auf eine angepasste Raumtemperatur zu achten
- Die Mehrheit der Befragten vermutet, dass sich Gäste zu Hause umweltbewusster als während eines Hotelaufenthaltes verhalten.
- Nachteile durch ein nachhaltiges Hotel befürchtet keiner der Befragten, von Vorteilen gehen hingegen 70 % aus.
- Knapp 80 % der Befragten vermuten Vorteile auf Seiten des Hotels, z. B. durch eine positivere Außenwahrnehmung und somit Vorteile bei der Gästegewinnung.
- Gut 20 % der Befragten vermuten keine Vorteile, da sie nicht von einer Kostenreduktion ausgehen.
- Bei der Frage nach der Wichtigkeit daran mitzuwirken, Energie während des Aufenthaltes zu sparen, liegt die Zustimmung mit „hoch“ und „sehr hoch“ insgesamt bei 84 %. Die Bereitschaft zum Mitwirken liegt sogar bei 96 %.
- Die „Wohlfühltemperatur“ zum Check-in liegt bei einem Großteil der Gäste bei 20 - 22 °C, bei 40 % liegt sie darunter und bei keiner der Befragten darüber.
- Über 90 % sind bereit die Wohlfühltemperatur herunterzuregeln, einige davon jedoch nur bei vorhergehender Information durch das Hotel, z. B., um anders packen zu können.

### **Soziodemographische Variablen**

Die Forschenden im Projekt „NuData\_Campus“ (03ET1648) haben festgestellt, dass die Art und Weise, wie Nutzende mit Schnittstellen der Gebäudetechnik interagieren, sowohl von sozialpsychologischen als auch von sozialen Faktoren und Normen abhängt. So wird mit zunehmendem Alter z. B. mehr geheizt. Auch die Häufigkeit und Intensität der Fensterlüftung hängt im Wesentlichen von den täglichen Aktivitäten und deutlich weniger als angenommen vom Wetter ab.

In den Projekten „MAGGIE“ (03SBE0007) und „MOBASY“ (3SBE0004) konnten auf Basis von Nutzendenbefragungen Beobachtungen zum Einfluss diverser soziodemographischer Variablen auf das Energieverbrauchsverhalten in Wohngebäuden gemacht werden:

- Die **[Energie-]Verbrauchsmuster** hängen mit der **Altersstruktur der Haushalte** zusammen, nicht jedoch mit der Zahl der Haushaltsmitglieder.
- Bei Haushalten von Personen mit **Erwerbstätigkeit** unterscheiden sich die Muster zwischen Wochentagen und Wochenenden, bei Seniorinnen und Senioren-Haushalten nicht.
- Die Existenz einer Person über 65 Jahre im Haushalt erweist sich als signifikanter Einflussfaktor auf die Thermostatstufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung am Tag.



- Weitere nutzendenspezifische Faktoren, wie z. B. die Anwesenheit eines Kindes, das bedarfsgewichtete Haushaltseinkommen oder auch der Bezug von Sozialleistungen zeigen keinen signifikanten Einfluss auf das Heizverhalten.
- Unter Kontrolle der Haushaltsstruktur und des Einkommens zeigt sich das **Bildungsniveau** als ein Faktor, der zu einer im Mittel niedrigeren Thermostateinstellung führt. Dies korreliert mit den Aussagen zur Erwerbstätigkeit, welche im Durchschnitt zu an Wochentagen geringeren Thermostateinstellungen führt. Weiterhin zeigt die Befragung, dass besserverdiene Haushalte sowie jene mit höherem Bildungsniveau seltener in Gebäuden mit vielen Stockwerken leben. Die Anzahl der Stockwerke im Gebäude korreliert laut Auswertungen der Stichprobe aufgrund des besseren A/V-Verhältnisses höherer Gebäude negativ mit der Thermostatstufe.
- Grundsätzlich gilt: je höher die **Wohndichte**, desto stärker wird gelüftet. Es stellte sich auch heraus, dass Haushalte mit einem höheren Bildungsniveau im Mittel weniger lüften. Auch diese Korrelation deckt sich mit den Korrelationen aus Bildungsniveau, Erwerbstätigkeit und Anwesenheit, da geringere Anwesenheit im Durchschnitt zu geringerem Lüften führt.
- Die **Duschhäufigkeit** pro Person und Woche sinkt mit steigender Haushaltsgröße.

#### Technische Einflussfaktoren - Gebäudemerkmale

##### **Technische Einflussfaktoren**

Der Einsatz einer **zeitabhängigen Temperaturregelung** kann sowohl zu Einsparung als auch zu Mehrverbrauch führen. Entscheidend dabei sind das bestehende Verbrauchsniveau und Heizverhalten der Bewohnenden (03SBE0002).

Existiert eine Lüftungsanlage, wird statistisch signifikant weniger gelüftet – insbesondere wird Kipplüften kaum noch betrieben. Dennoch zeigt sich gleichzeitig, dass die meisten Haushalte trotz einer Lüftungsanlage noch zusätzlich lüften. Je mehr Wohnungen in einem Gebäude sind, desto länger wird insgesamt tagsüber gelüftet (03SBE0004).

Die Temperaturantworten der Gebäudetechnik sind mit mehreren Stunden träge. Insbesondere bei Absenkung der Temperatur wurden trotz angeforderter geringerer Raumtemperatur vorübergehend noch steigende Temperaturen festgestellt (03ET1415). Es konnte beobachtet werden, dass, je langsamer eine **Rückmeldung der Systemtechnik** ist, desto schneller die Nutzendenzufriedenheit sinkt, da Nutzende den Eindruck bekommen, dass die festgelegten Einstellungen keinen wirklichen Einfluss auf die Technik haben (03ET1648).

Bei einer zunehmenden Automatisierung der Gebäudetechnik haben Nutzende oft weniger **Kontrollmöglichkeiten** über die Technik, was zu einer geringeren Nutzendenzufriedenheit führt. Zudem führt eine zu **komplexe Bedienung** der Technik zu einer fehlerhaften oder gar keiner Nutzung dieser, wodurch ihre energetischen Vorteile verloren gehen. Allgemein ist zudem zu beachten, dass bis jetzt eine manuelle Bedienung von Gebäudetechnik, z. B. im Bereich von Jalousien, einer automatischen oft durch die einfache Kontrollmöglichkeit vorgezogen wird (03ET1648). Schon bei einer Kontrollmöglichkeit von  $\pm 2$  °C an Thermostaten wird eine Nutzendenzufriedenheit von ca. 90 % erreicht. Wichtig ist dabei eine verständliche und einfache Bedienung der Thermostate (03ET1648).

Die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz hat Auswirkungen darauf, wie oft diese eingeschaltet wird. So wird eine Beleuchtung in der Regel häufiger eingeschaltet, wenn sie über 200 Lux beträgt (03ET1648).

### **Messdaten vs. Befragungsergebnisse**

Im Vorhaben „MAGGIE“ (03SBE0007) hingegen wich die Selbsteinschätzung der Haushalte, ob ihr Gasverbrauch „hoch“, „niedrig“ oder „durchschnittlich“ ist, häufig von den Messdaten ab. Im Projekt „EnEff:Stadt - KA-Durlach“ (03ET1590) konnte festgestellt werden, dass in Schlafzimmern niedrigere Luftwechselraten, in den übrigen Räumen höhere Luftwechselraten, als ursprünglich berechnet bevorzugt wurden.

## 4. Zusammenfassung und Fazit

Aus der qualitativen Queraswertung von Untersuchungen zum Nutzendenverhalten innerhalb von EWB-Projekten können verschiedene Schlüsse gezogen werden, woraus sich Implikation für weitere Forschung ableiten lassen.

Nicht alle Projekte, die sich mit den Nutzendenverhalten beschäftigen, spezifizieren, welches Verhalten sie genau untersuchen. Bei den Projekten, bei denen Informationen vorhanden sind, wird am häufigsten das **Heizverhalten** untersucht, teilweise ergänzend auch das **Lüftungsverhalten**. In Einzelprojekten werden zudem das **Warmwasserverbrauchsverhalten** sowie die Steuerung von **Beleuchtung und Verschattung** untersucht.

Die Projekte untersuchen sowohl **technische** als auch **soziodemographische Einflussfaktoren**. Darüber hinaus wird in einigen Projekten der Einfluss der **Einstellung der Nutzenden** auf ihr Verhalten betrachtet. Einzelne Vorhaben untersuchen zudem den **Effekt von Interventionen**, wie z. B. das Bereitstellen von Informationen, auf das Energieverbrauchsverhalten.

Mit Blick auf die Methodik wird in den meisten Projekten der relevante Energieverbrauch messtechnisch erfasst, teils finden ergänzend oder ausschließlich Befragungen statt. Nur in drei der betrachteten Projekte werden Probandinnen- und Probandenversuche durchgeführt.

Hinsichtlich der **sozioökonomischen Einflussfaktoren** können folgende Ergebnisse herausgestellt werden:

- Informationen und Empfehlungen bzgl. des Energieverbrauchsverhaltens werden von Nutzenden meist als positiv aufgefasst und beeinflussen deren Handeln, sofern die Anstöße einfach und nachvollziehbar sind.
- Individuelle Eingriffsmöglichkeiten werden weniger als erwartet genutzt. Vielversprechender scheinen in diesem Zusammenhang Kalenderfunktionen zur Regelung der Raumtemperatur zu sein.
- Die Ergebnisse mehrerer Studien zeigen den Einfluss soziodemografischer Variablen auf das (Energie-)Verbrauchsverhalten:
  - Je älter die Nutzenden sind, umso höher ist generell die gewünschte Temperatur.
  - Abhängig von der Erwerbstätigkeit der Nutzenden unterscheidet sich das Bedarfsprofil unter der Woche und am Wochenende.
  - Bei einem höheren Bildungsniveau der Nutzenden, welches mit der Erwerbstätigkeit und somit auch mit der Anwesenheit korreliert, ist generell ein verringerter Energieverbrauch zu beobachten, jedoch auch geringere Lüftungsraten.
- Grundvoraussetzung für die Nutzung von Eingriffsmöglichkeiten sind eine positive Einstellung der Nutzenden sowie nachvollziehbare und einfacher Bedienmöglichkeiten.

In Bezug auf die **technischen Einflussfaktoren** sind folgende Ergebnisse relevant:

- Bezogen auf das Energieeinsparpotenzial kann nicht eindeutig bestätigt werden, dass eine zeitabhängige Temperaturregelung sinnvoll ist, da dieses in Abhängigkeit vom Zustand vor der Maßnahme bewertet wird.
- Lüftungsanlagen führen dazu, dass weniger manuell über Fenster gelüftet wird. Allerdings wird die Fensterlüftung nicht gänzlich verdrängt.
- Träge Gebäudereaktionen reduzieren die Nutzendenzufriedenheit und führen dazu, dass Nutzende annehmen, dass ihre Präferenzen und Einstellungen keinen Einfluss auf das System haben.

- Intuitive, klassische Systeme, wie z. B. Jalousien zur Verschattung und einfache Thermostate, werden von Nutzenden gegenüber komplexen Systemen mit wenig Eingriffsmöglichkeiten bevorzugt.
- Die Einschätzung von Nutzenden hinsichtlich ihres (Energie-)Verbrauchsverhaltens im Vergleich zu vorliegenden Messwerten stimmt weder grundsätzlich überein, noch weicht sie immer ab.

Aus der Analyse des Nutzerverhaltens in EWB-Projekten ergeben sich mehrere Implikationen für die zukünftige Forschung:

- **Klarere Definition des untersuchten Verhaltens:** Viele Projekte benennen zwar das Nutzendenverhalten als Untersuchungsgegenstand, spezifizieren aber nicht genau, welches Verhalten sie untersuchen. Zukünftige Forschung sollte möglichst früh genau definieren, welches spezifische Nutzendenverhalten analysiert wird (z.B. Heizverhalten, Lüftungsverhalten, Wasserverbrauch, Beleuchtungssteuerung), um die Forschungsmethoden und das Studiendesign auf den jeweiligen Schwerpunkt ausrichten zu können.
- **Erweiterung der untersuchten Verhaltensbereiche:** Da bisher vor allem das Heiz- und Lüftungsverhalten untersucht wurde, erscheint es sinnvoll, weitere Bereiche des Energieverbrauchsverhaltens, wie z.B. das Warmwasserverbrauchsverhalten oder die Nutzung von Verschattungs- und Beleuchtungssystemen, verstärkt zu untersuchen.
- **Untersuchung komplexerer Interaktionssysteme:** Die Ergebnisse zeigen, dass einfache und intuitive Systeme von den Nutzenden bevorzugt werden. Zukünftige Studien sollten daher untersuchen, wie komplexere Systeme (z.B. Smart Home Technologien) nutzendenfreundlicher und intuitiver gestaltet werden können. Dabei könnten nutzendenzentrierte Designansätze hilfreich sein, die dem Nutzenden Rückmeldung zum Verbrauchsverhalten und zur Interaktion mit der Gebäudetechnik geben.
- **Vielfalt der Methoden und Experimente:** Die meisten Projekte verwenden Messungen und Befragungen, während experimentelle Ansätze (Probandenexperimente) selten sind. Um besser zu verstehen, wie bestimmte Interventionen oder Systeme das Verhalten beeinflussen, sollten mehr experimentelle Studien durchgeführt werden. Diese könnten gezielte Verhaltensänderungen unter kontrollierten Bedingungen untersuchen und Kausalitäten aufzeigen.
- **Einfluss von Interventionen und Feedback:** Die Auswertung zeigt, dass Informationen und Empfehlungen das Verhalten positiv beeinflussen, wenn sie einfach und verständlich sind. Zukünftige Forschung könnte untersuchen, wie die Wirkung von Feedback optimiert werden kann. Der Fokus könnte darauf liegen, welche Art von Information am effektivsten ist und wie sie präsentiert werden sollte, um langfristige Verhaltensänderungen zu fördern. Auch die Diskrepanz zwischen der Selbsteinschätzung des Verbrauchsverhaltens und den tatsächlichen Messungen sollte untersucht und versucht werden, durch gezielte Kommunikation und Feedback eine realistischere Selbstwahrnehmung zu fördern.
- **Technische und soziodemografische Wechselwirkungen:** Die Studien zeigen eine Korrelation zwischen soziodemografischen Faktoren und der Nutzung der Gebäudetechnik. Beispielsweise bevorzugen ältere Nutzende eine höhere Raumtemperatur. Die Forschung könnte die spezifischen Anforderungen und Präferenzen verschiedener Bevölkerungsgruppen näher untersuchen, um die Gebäudetechnik auf die jeweiligen Nutzungsbedingungen hin zu optimieren.

## 5. Anhang: Ausgewertete Projekte

### 1. Verbundvorhaben EnEff:Stadt: EIPH - Energieinsel Petershagen: zukunftsfähiges, nachhaltiges Wohn-/Lebensquartier 4.0

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Förderkennzeichen            | 03EN3036A-B   |
| Laufzeit                     | 01.02.2021 - 31.07.2023   |
| Projektziele/-inhalte        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intelligente Vernetzung von 6 Mehrfamilienhäusern (Neubau)</li> <li>• Erfassung von Daten zu Nutzenden- und Verbrauchendenverhalten, Lastprofilen zwischen Erzeuger-/Speicheranlagen sowie Verbrauchenden in Abhängigkeit vom Wetter</li> <li>• Entwicklung von Algorithmen für ein innovatives Betriebsführungskonzept</li> </ul> |
| Untersuchtes Verhalten       | Energieverbrauchsverhalten  |
| Untersuchte Einflussfaktoren | <i>nicht bekannt</i>  |
| Forschungsmethoden           | Messung des Energieverbrauchs   |
| Ergebnisse                   | <i>nicht bekannt</i>  |
| Veröffentlichungen/Quellen   | (4), (5)  |

### 2. Verbundvorhaben EnEff:Stadt: EnQM-Phase2

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Förderkennzeichen            | 03EN3034A-C   |
| Laufzeit                     | 01.02.2021- 31.01.2025  |
| Projektziele/-inhalte        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwerpunkt des Projektes ist das Langzeitmonitoring einer denkmalgeschützte Wohnsiedlung</li> <li>• Gebäudedaten, z. B. Raumtemperaturen und der Energieverbrauch, werden messtechnisch erfasst und für Langzeitanalysen gespeichert.</li> <li>• Neben der Bewertung des anlagentechnischen Betriebs, werden die Daten zum Erlernen des Nutzendenverhaltens verwendet und dienen der Verhaltensanalyse der Nutzenden bezüglich der Energienutzung.</li> </ul> |
| Untersuchtes Verhalten       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieverbrauchsverhalten</li> </ul>  |
| Untersuchte Einflussfaktoren | Nicht bekannt   |
| Forschungsmethoden           | Messung des Energieverbrauchs   |
| Ergebnisse                   | <i>Projekt laufend</i>  |
| Veröffentlichungen/Quellen   | -   |

### 3. Verbundvorhaben EnOB: DataFEE

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Förderkennzeichen     | 03EN1002A-E  |
| Laufzeit              | 01.07.2019- 31.12.2022   |
| Projektziele/-inhalte | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung und Untersuchung eines Feedforward-Informationssystems, welches den Gebäudenutzenden Informationen über Interaktionsmöglichkeiten und deren Konsequenzen in Bezug auf Behaglichkeit und Energie übermittelt.</li> <li>• Entwicklung von Werkzeugen zur Klassifizierung von Typen von Nutzendenverhalten sowie der Implementierung und Anwendung von selbstlernenden Algorithmen zur Prognose des Nutzendenverhaltens zur komfort- und energieoptimierenden Raumklimaregelung durch den Einsatz von maschinellem Lernen</li> </ul> |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Untersuchtes Verhalten         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizen</li> <li>• Kühlen</li> <li>• Fensteröffnen</li> <li>• Verschattungsteuerung</li> <li>• Lichtsteuerung</li> <li>• Anwesenheit</li> </ul>  |
| Untersuchte Einflussfaktoren   | <p>Bereitstellung einer App für Nutzende mit folgenden Funktionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Information (über Gebäudetechnik und energiesparendes Verhalten)</li> <li>• Eingriffsmöglichkeiten (Veränderung von Sollwerten)</li> <li>• Bewertung des Komfortlevels</li> </ul>  |
| Forschungsmethode              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probandenversuche</li> <li>• Befragungen</li> <li>• Messungen</li> </ul>  |
| Ergebnisse                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• In Versuchen über einen kurzen Zeitraum konnte eine Verhaltensänderung durch die App-Nutzung festgestellt werden</li> <li>• Die Probandinnen und Probanden haben die App als hilfreich empfunden</li> <li>• Die Probandinnen und Probanden bewerten es positiv, wenn die App zur direkten Steuerung des Raumes genutzt werden kann</li> <li>• Die Energieeffizienz verschiedener Handlungen ist nicht immer einfach zu bestimmen. Dadurch empfiehlt die App nicht immer die tatsächlich energiesparendste Handlung</li> </ul> |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen | (6)  |

#### 4. Verbundvorhaben EnOB: PIK\_II\_Verbund

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Förderkennzeichen              | 03EN1020A-C   |
| Laufzeit                       | 01.02.2021 – 31.01.2024   |
| Projektziele/-inhalte          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring, Betriebsanalyse und Betriebsoptimierung eines Bürogebäudes (Neubau) und Rechenzentrums</li> <li>• Analyse zum Nutzendenverhalten</li> <li>• Umsetzung des Energieverbundes mit einem Altbau</li> </ul> |
| Untersuchtes Verhalten         | <i>nicht bekannt</i>  |
| Untersuchte Einflussfaktoren   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexible Raumnutzungskonzepte</li> <li>• Heterogene Nutzendenstrukturen</li> </ul>   |
| Forschungsmethoden             | <i>nicht bekannt</i>  |
| Ergebnisse                     | -   |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen | -   |

#### 5. Verbundvorhaben EnOB: SmartHotelSupply: Energiemanagement in Hotelbetrieben in Abhängigkeit der dynamischen Hotelbelegung, für eine wirtschaftliche sowie effiziente Energieversorgung und -nutzung

|                        |  |
|------------------------|--|
| Förderkennzeichen      | 03ET1513(F)  |
| Laufzeit               | 01.10.2017- 30.09.2021   |
| Projektziele/-inhalte  | Erhöhung der Energieeffizienz sowie der Nachhaltigkeit im Tourismussektor, um dem wachsenden Interesse von Hotelgästen an nachhaltigen Übernachtungsangeboten Rechnung zu tragen und die Hotelbetriebe auf die Gästeanforderungen einzustellen |
| Untersuchtes Verhalten | Energieverbrauchsverhalten von Hotelgästen   |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Untersuchte Einflussfaktoren   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• grundsätzliche Einstellung der Gäste zum Thema Nachhaltigkeit</li> <li>• Aufklärung/Informationen</li> <li>• Appelle/aktive Bitte sich energiesparend zu verhalten</li> <li>• Gamification/Spielerische Maßnahmen, die die Gäste mit Spaß oder Wettkampfgedanken zum Energiesparen anregen</li> <li>• Anreize in Form von Hotelleistungen, wenn eine bestimmte Menge Energie eingespart wurde.</li> </ul>  |
| Forschungsmethoden             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Befragungen</li> </ul>   |
| Ergebnisse                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 90 % der Befragten gaben an, dass das Thema Nachhaltigkeit eine hohe (21%) oder sehr hohe (71%) Wichtigkeit für die Menschheit besitzt.</li> <li>• Fast alle (96%) Gäste gaben an, im privaten Leben zu versuchen sich nachhaltig zu verhalten</li> <li>• Ein Großteil der Befragten erwartet durch Maßnahmen zur Energieeinsparung weder Luxus- noch Komforteinbußen und ist bereit, zugunsten einer Energieeinsparung auf eine angepasste Raumtemperatur zu achten, vermutet aber gleichzeitig, dass ein Großteil der Gäste sich zu Hause umweltbewusster verhält als während eines Hotelaufenthaltes.</li> <li>• Nachteile durch ein nachhaltiges Hotel befürchtet keiner der Befragten, Vorteile hingegen 70 %.</li> <li>• Knapp 80 % vermuten Vorteile auf Seiten des Hotels, z. B. durch eine positivere Außenwahrnehmung und somit Vorteile bei der Gästegewinnung.</li> <li>• Gut 20 % glauben nicht an Vorteile, da sie nicht von einer Kostenreduktion ausgehen.</li> <li>• Bei der Frage nach der Wichtigkeit, persönlich daran mitzuwirken, Energie während des Aufenthaltes zu sparen liegt die Zustimmung mit hoch und sehr hoch insgesamt bei 84 %. Die Bereitschaft mitzuwirken liegt sogar bei 96 %.</li> <li>• Die „Wohlfühltemperatur“ zum Check-in liegt bei einem Großteil der Gäste bei 20-22 Grad Celsius, bei 40 % liegt sie darunter und bei niemandem darüber.</li> <li>• Über 90 % sind bereit die Wohlfühltemperatur herunterzuregeln (einige davon jedoch nur bei vorhergehender Information durch das Hotel, z.B. um anders packen zu können).</li> <li>• <i>Gamification – und Incentive-Maßnahmen konnten wegen Corona/ausbleibender Gäste nicht umgesetzt werden</i></li> </ul> |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen | (7)   |

#### 6. Sanierung des Schul- und Sportzentrums Lohr am Main zur Plus-Energie-Schule (SSZ Nägelseezentrum) Projektphase: Energieoptimierung und Monitoring

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Förderkennzeichen            | 03ET1423A-B   |
| Laufzeit                     | 01.11.2016 - 31.10.2021   |
| Projektziele/-inhalte        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• energetische Optimierung und wissenschaftliches Langzeitmonitoring eines sanierten Schul- und Sportgebäudes und komplexem Anlagensystemen unter besonderer Berücksichtigung des Nutzendenverhaltens</li> </ul> |
| Untersuchtes Verhalten       | -   |
| Untersuchte Einflussfaktoren | -   |
| Forschungsmethoden           | -   |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Ergebnisse                     | Allgemeine Empfehlung: Da das Verhalten der Nutzenden einen entscheidenden Einfluss auf die energetische Bilanz des Gebäudes hat, ist es unerlässlich Nutzende zu informieren. |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen | (8)  |

### 7. SolaresBauen: GreenEnergyFirst - Energieeffizienzassistent für die dezentrale Energieerzeugung in Wohngebäuden.

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Förderkennzeichen             | 03SBE0002A-D   |
| Laufzeit                      | 01.07.2017- 30.06.2021   |
| Projektziele/-inhalte         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung eines Energieeffizienzassistenten für Wohnimmobilien</li> <li>• Analyse des Nutzendenverhaltens</li> <li>• Entwicklung eines Verfahrens für das Nutzendenfeedback sowie Eingriffsmöglichkeiten der Nutzenden zur Lastverschiebung des Energieverbrauchs</li> </ul>  |
| Untersuchtes Verhalten        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieverbrauchsverhalten</li> </ul>   |
| Untersuchte Einflussfaktoren  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz zeitabhängiger Temperaturregelung</li> <li>• (Information/Empfehlungen)</li> </ul>  |
| Forschungsmethoden            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieverbrauchsmessungen</li> <li>• Auswertung Jahresverbrauchsdaten der Heizkostenabrechnungen</li> <li>• Befragungen</li> </ul>   |
| Ergebnisse                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz von zeitabhängiger Temperaturregelung kann sowohl zu Einsparung als auch zu Mehrverbrauch führen. Entscheidend dabei ist das bestehende Verbrauchsniveau und Heizverhalten der Bewohnenden.</li> <li>• Es bestand eine große Spannweite bei den Verbrauchsmustern und damit auch bei den Einsparungen.</li> <li>• Geringverbrauchende heizten vor Projektbeginn viele Räume gar nicht. Die Einstellung des empfohlenen Temperaturprofils, auch unter Berücksichtigung der Raumluftfeuchte, war damit mit einer Steigerung des Verbrauchs verbunden.</li> <li>• Insgesamt hat sich so der Verbrauch von Viel- und Geringverbrauchende durch das Projekt etwas mehr angeglichen.</li> </ul> |
| Veröffentlichungen/<br>Quelle | (9)  |

### 8. SolaresBauen: MAGGIE - Energetische Modernisierung des genossenschaftlichen Wohnquartiers Margaretenau in Regensburg, Teilvorhaben: Umsetzung und Demonstration von solaraktiven Baustoffen und neuartigen Hybridheizsystem

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Förderkennzeichen            | 03SBE0007C  |
| Laufzeit                     | 01.10.2017 - 31.12.2021   |
| Projektziele/-inhalte        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausstattung und Evaluierung eines Wohn-Gebäudekomplexes mit einem neu entwickelten Hybridheizsystem aus BHKW und hocheffizienter Wärmepumpe</li> <li>• Ziel ist eine optimale Energieeffizienz, einfache Bedienung durch die Nutzenden und transparente Darstellung für ein ressourcenschonendes Nutzendenverhalten</li> </ul> |
| Untersuchtes Verhalten       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieverbrauch (Gas und Strom)</li> </ul>  |
| Untersuchte Einflussfaktoren | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soziodemographische Merkmale</li> <li>• Akzeptanz von Sanierungsmaßnahmen</li> <li>• Einsatz von intelligenten Zählern</li> </ul>  |



|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Forschungsmethoden             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• schriftlicher Fragebogen</li> <li>• mündliche Interviews</li> <li>• elektronische Datenerfassung des Energieverbrauchs</li> </ul>   |
| Ergebnisse                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die [Energie-]Verbrauchsmuster hängen mit der Altersstruktur der Haushalte zusammen, nicht jedoch mit der Zahl der Haushaltsmitglieder.</li> <li>• Bei Haushalten von Personen im Erwerbsalter unterscheiden sich die Muster zwischen Wochentagen und Wochenende, bei Seniorinnen- und Senioren-Haushalten nicht.</li> <li>• Voraussetzungen dafür, dass intelligente Zähler Einfluss auf das Energienutzungsverhalten haben: grundsätzliche Bereitschaft der Mietenden und einfache Bedienung</li> <li>• Die Selbsteinschätzung der Haushalte, ob ihr Gasverbrauch hoch, niedrig oder durchschnittlich ist, stimmt häufig nicht mit den Messdaten überein</li> </ul> |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen | (10), (11)   |

**9. Verbundvorhaben SolaresBauen: MOBASY - Modellierung der Bandbreiten und systematischen Abhängigkeiten des Energieverbrauchs zur Anwendung im Verbrauchscontrolling von Wohngebäudebeständen**

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Förderkennzeichen            | 03SBE0004A-C   |
| Laufzeit                     | 01.11.2017 - 31.10.2022  |
| Projektziele/-inhalte        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung eines physikalisch-empirischen Modells zur Bestimmung des erwarteten Energieverbrauchs von energetisch hochwertigen Wohngebäudebeständen</li> <li>• Erprobung eines Verfahrens, in dem Nutzendenverhalten sozialwissenschaftlich beschrieben und erhoben werden kann.</li> <li>• Entwicklung eines Kurzfragebogens zum Heiz- und Lüftungsverhalten im wärmetechnisch verbesserten Mietwohnungsbestand (in fünf Sprachen)</li> </ul>   |
| Untersuchtes Verhalten       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizverhalten/Thermostateinstellung</li> <li>• Lüftungsverhalten</li> <li>• Warmwassernutzungsverhalten</li> </ul>  |
| Untersuchte Einflussfaktoren | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soziodemographische Merkmale</li> <li>• Gebäudemerkmale</li> </ul>  |
| Forschungsmethoden           | Schriftliche Befragung   |
| Ergebnisse                   | <p><u>Heizverhalten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In Bezug auf nutzendenspezifische Faktoren erweist sich die Existenz einer Person über 65 Jahre im Haushalt als signifikanter Einflussfaktor auf die Thermostatsteufe des Raums mit der höchsten Thermostateinstellung am Tag.</li> <li>• Weitere nutzendenspezifische Faktoren, wie z.B. die Anwesenheit eines Kindes, das bedarfsgewichtete Haushaltseinkommen oder auch der Bezug von Sozialleistungen zeigen keinen signifikanten Einfluss auf das Heizverhalten.</li> <li>• Unter Kontrolle der Haushaltsstruktur und des Einkommens zeigt sich das Bildungsniveau als ein Faktor, der zu einer im Mittel niedrigeren Thermostateinstellung führt</li> <li>• Im Durchschnitt stellen Haushalte in Gebäuden mit Passivhausstandard ihre Thermostate tagsüber etwa eine halbe Stufe niedriger ein.</li> </ul> |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
|                                | <p><u>Lüftungsverhalten:</u></p> <p>Gebäudespezifischen Faktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• existiert eine Lüftungsanlage, wird statistisch signifikant weniger gelüftet – insbesondere wird Kipplüften kaum noch betrieben.</li> <li>• Dennoch zeigt sich gleichzeitig, dass die meisten Haushalte trotz einer Lüftungsanlage noch zusätzlich lüften.</li> <li>• Je mehr Wohnungen in einem Gebäude sind, desto länger wird insgesamt tagsüber gelüftet.</li> </ul> <p>Nutzendenspezifische Faktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• je höher die Wohndichte, desto stärker wird gelüftet.</li> <li>• Haushalte mit einem höheren Bildungsniveau lüften im Mittel weniger.</li> </ul> <p><u>Warmwasserverbrauchsverhalten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Warmwassernutzungsverhalten korreliert weder mit dem Heiz- noch dem Lüftungsverhalten eines Haushaltes.</li> <li>• Die Duschhäufigkeit pro Person und Woche sinkt mit steigender Haushaltsgröße</li> </ul> |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen | (12)   |

#### 10. Verbundvorhaben: EnEff:Stadt - KA-Durlach: Smartes Quartier Karlsruhe-Durlach

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Förderkennzeichen              | 03ET1590A   |
| Laufzeit                       | 01.09.2018 - 30.11.2023   |
| Projektziele/-inhalte          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realisierung eines komplexen Energieversorgungskonzepts für ein Cluster von fünf Bestands-MFH</li> <li>• Ziel ist es, das Energiesystem-Modell mit der Gebäude- und Anlagenautomation zu verknüpfen, um sowohl eine systematische Betriebsoptimierung als auch eine automatische Fehlererkennung unter Einbeziehung von Nutzendenverhalten und Wetterprognose zu erreichen.</li> </ul> |
| Untersuchtes Verhalten         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lüftungsverhalten</li> </ul>   |
| Untersuchte Einflussfaktoren   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• relative Luftfeuchtigkeit</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Konzentration</li> </ul>   |
| Forschungsmethoden             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probandenversuche im Living Lab</li> </ul>   |
| Ergebnisse                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• In den Schlafzimmern wurden niedrigere Luftwechselraten, in den übrigen Räumen höhere Luftwechselraten bevorzugt, als ursprünglich berechnet</li> </ul>  |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen | (13)  |

#### 11. EnOB, EnEff:Campus: Monitoring Neubau Zentralgebäude Universität Lüneburg, Teilvorhaben: Ambient Intelligence, Nutzendeneinbindung, Innovative Bauteile

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Förderkennzeichen            | 03ET1415A-B   |
| Laufzeit                     | 01.09.2016 - 30.06.2021   |
| Projektziele/-inhalte        | Ziel des Forschungsprojektes ist es, das innovative Konzept zur klimaneutralen Energieversorgung eines Quartiers über ein wissenschaftliches Monitoring im Betrieb zu prüfen und zu optimieren. |
| Untersuchtes Verhalten       | Anzahl der Nutzendeneingriffe in Form von Raumbediengeräten   |
| Untersuchte Einflussfaktoren | Raumtemperatur  |
| Forschungsmethoden           | Temperaturmessung, Energieverbrauchsmonitoring  |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Ergebnisse                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wurde trotz funktionierender Einzelraumregelung eine eher spärliche Nutzung der Eingriffsmöglichkeiten durch die Nutzenden festgestellt</li> <li>• Zurückgeführt wird dies auf ein bereits behagliches Raumklima</li> <li>• Die Temperaturantworten [der Technik] sind mit mehreren Stunden relativ träge. Insbesondere bei Absenkung der Temperatur wurden trotz angeforderter geringerer Raumtemperatur vorübergehend noch steigende Temperatur festgestellt.</li> <li>• Zurückgeführt wird dies auf weitere Einflüsse auf die Raumtemperatur, wie Lüftungsverhalten und veränderte Sonneneinstrahlung</li> <li>• Deutlich überwiegen die Anforderungen bezüglich einer gewünschten <i>erhöhten</i> Raumtemperatur.</li> <li>• Ein Einspareffekt ist insbesondere durch eine Kalenderfunktion und daher verbesserte Anpassung an die Nutzung des Raums zu erwarten, weniger durch die Raumbediengeräte</li> </ul> |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen | (14)  |

## 12. Verbundvorhaben: FlexEhome

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Förderkennzeichen              | 03EGB0025   |
| Laufzeit                       | 01.12.2020 – 30.11.2024   |
| Projektziele/-inhalte          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intelligentes Energiemanagementsystem</li> <li>• Deckung des Strom-, Brauchwarmwasser- und Raumwärmebedarf aus eigener Photovoltaikanlage</li> </ul> |
| Untersuchtes Verhalten         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• thermischen Energiebedarf</li> <li>• aktive Verschattung mithilfe der Gebäudetechnik</li> </ul>  |
| Untersuchte Einflussfaktoren   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzendenverhalten</li> <li>• Ausrichtung und Gestaltung der Gebäudehülle</li> </ul>   |
| Forschungsmethoden             | Demostartor, Simulation, Monitoring   |
| Ergebnisse                     | Noch keine Veröffentlichungen   |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen | (15)  |

## 13. Verbundvorhaben: sEnSys

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Förderkennzeichen              | 03EN1053A, C  |
| Laufzeit                       | 01.06.2022 – 31.05.2025   |
| Projektziele/-inhalte          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstration einer Mustersanierung mit smarter Energiesystemregelung</li> <li>• Klima- bzw. Energieneutralität erreichen</li> <li>• Wirtschaftliche Aspekte und Nutzendenakzeptanz untersuchen</li> </ul> |
| Untersuchtes Verhalten         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzendenakzeptanz</li> <li>• Nutzendeneinbindung mithilfe von einer Visualisierung der Messwerte und eine Steuerung durch den Nutzenden</li> </ul>  |
| Untersuchte Einflussfaktoren   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Smarte Gebäudetechnik</li> <li>• Verschiedene Betreibermodi für Strom- und Wärmekonzepte</li> </ul>  |
| Forschungsmethoden             | Demonstration einer Sanierung an einem Bestandgebäude   |
| Ergebnisse                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akzeptanz von energetischen Sanierungen kann nur erfolgen, wenn die Bewohnenden vom wirtschaftlichen und technischen Zusammenspiel profitieren → Nutzendeneinbindung</li> </ul>                            |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen | (16)  |

#### 14. Verbundvorhaben: Plus-Eq-Net

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Förderkennzeichen              | 03EN1299  |
| Laufzeit                       | 01.06.2015 – 31.07.2021   |
| Projektziele/-inhalte          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz von neuer Anlagentechnik, Einbindung von regenerativem Strom und Entwicklung eines intelligenten Energiekonzeptes</li> <li>• Anstreben eines maximalen Eigendeckungs- und Eigennutzungsgrads</li> <li>• Visualisierung des Verbrauches</li> <li>• Nutzendenverhalten mit Energiezählern ermitteln</li> </ul>   |
| Untersuchtes Verhalten         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbrauch von Kaltwasser, Wärme, Gesamtstrom und Stromverbrauch des Hybrid-Trinkwarmwasser-Bereiters</li> <li>• Betriebs- und Nutzendenverhalten ermöglichen eine Analyse des Gebäudebetriebs</li> </ul>   |
| Untersuchte Einflussfaktoren   | Elektrischer Energieverbrauch   |
| Forschungsmethoden             | Simulation, Pilotprojekt, Monitoring, Beobachtung von Bewohnern   |
| Ergebnisse                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch das gegensätzliche Nutzendenverhalten von Gewerben und Wohnhäusern (Gewerbe brauchen am Morgen mehr Energie, Wohnhäuser am Abend) wird beinahe ein konstanter Lastverlauf erreicht</li> <li>• Verbesserte Gebäudestandards reduzieren den durchschnittlichen Energieverbrauch, erhöhen aber den Einfluss des Nutzendenverhaltens</li> <li>• Niedertemperaturnetz ist ausreichend dimensioniert, um den Bedarf an Energie der Bewohner zu decken</li> </ul> |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen |   |

#### 15. Verbundvorhaben: NuData\_Campus

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Förderkennzeichen            | 03ET1648   |
| Laufzeit                     | 01.04.2019 - 31.10.2022  |
| Projektziele/-inhalte        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine auf Grundlagen von Nutzendendaten basierende Optimierung von Gebäuden und Anlagen</li> <li>• Einbeziehen der Nutzende in die Transformation zu einem klimaneutralen Campus</li> </ul>  |
| Untersuchtes Verhalten       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzende durch Aufklärung zu energieeffizientem Handeln animieren</li> <li>• Einfluss des Nutzenden auf das Energieversorgungssystem</li> </ul>   |
| Untersuchte Einflussfaktoren | Lüftungsverhalten, Verdunklung von Fenstern, Heizverhalten, Beleuchtungssteuerung  |
| Forschungsmethoden           | Studien, Interviews mit Nutzenden  |
| Ergebnisse                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit zunehmender Automatisierung der Gebäudesteuerung verliert der Nutzende oft die Kontrolle, was zu geringerer Zufriedenheit führen kann</li> <li>• Nutzende sollten über die Funktionsweisen ausreichend informiert sein, um Einfluss auf die Gebäudetechnik nehmen zu können</li> <li>• Ob und wie ein Nutzender mit den Schnittstellen der Gebäudetechnik interagiert hängt zum einen von sozialpsychologischen Faktoren sowie von sozialen Faktoren und Normen ab → Ältere Menschen frieren zum Beispiel schneller und heizen so mehr</li> <li>• Zunehmende Gebäudeautomatisierung auch im Wohnbereich führt zu einer komplexen Bedienung</li> </ul> |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
|                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forschungen zeigen, das Nutzende einen gewissen Anteil an manueller Kontrolle über Gebäudesysteme beibehalten wollen</li> <li>• Je schneller es eine Rückmeldung auf eine Interaktion mit Gebäudeschnittstellen gibt (z.B. indem die Temperatur nach Hochstellen des Thermostats steigt) desto höher ist die Nutzendenzufriedenheit</li> <li>• Fensterlüftung hängt vor allem von täglichen Aktivitäten ab und so ist es oft effektiver nach den Aktivitäten als nach Wetterdaten zu lüften</li> <li>• Fensterlüftung ist die Hauptursache für die großen Unterschiede beim Heizenergieverbrauch</li> <li>• Bei der Fensterbeschattung wird eine manuelle Bedienung meist durch die höhere Kontrolle zu automatisierten oder motorisierten Steuerungen bevorzugt</li> <li>• Automatische Beschattungssysteme haben die meisten Vorteile bei der Verbesserung der Innenraumthermik und der Energieeinsparung, jedoch werden solche Systeme dreimal häufiger durch den Nutzenden außer Kraft gesetzt als manuelle Jalousien</li> <li>• Bereitstellung persönlicher Kontrolle bei Thermostaten um <math>\pm 2</math> °C reichen aus, um 90 % aller Büroangestellten zufrieden zu stellen</li> <li>• Fehlgebrauch von Thermostaten ist meist auf ein Unverständnis seitens der Nutzenden und eine geringe Nutzendenfreundlichkeit zurückzuführen</li> <li>• Wenn die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz über 200 Lux beträgt, so wird dieses häufiger eingeschaltet, während das Ausschalten vor allem durch das Verlassen eines Raums beeinflusst wird</li> </ul> |
| Veröffentlichungen/<br>Quellen | (17)  |

## 6. Anhang: Weitere Interessante Projekte

Die folgende Tabelle beinhaltet weitere Projekte, die sich mit der Untersuchung des Nutzendenverhaltens beschäftigen, aber zum Zeitpunkt der Auswertung entweder keine oder keine relevanten Veröffentlichungen haben.

### 1. Verbundvorhaben: ETIK

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Förderkennzeichen                   | 03EGB0020   |
| Laufzeit                            | 15.04.2019 – 30.06.2024   |
| Projektziele                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung von nachhaltigen Lösungen zum Beheizen und Lüften von Kirchen, ohne die Behaglichkeit für Nutzende zu reduzieren</li> <li>• Akzeptanz der verschiedenen Systeme und das Verständnis von Nachhaltigkeit durch die Nutzenden ermitteln</li> <li>• Es soll gezeigt werden, dass die Nutzung, der Wille zur Energieeinsparung und der Schutz von Kulturgütern keine Widersprüche darstellen</li> </ul> |
| Veröffentlichung/<br>Projektwebsite | -   |

### 2. Verbundvorhaben: DeckInVent

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Förderkennzeichen                   | 03ET1563  |
| Laufzeit                            | 01.07.2018 – 30.04.2023   |
| Projektziele                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung und Demonstration von Akustikpaneelen mit integrierten Ventilatoren zur Steigerung der Nutzerzufriedenheiten und Unterstützung der Nachtlüftung</li> <li>• Befragung der Mitarbeitenden und dadurch Analyse der Nutzerzufriedenheit und des daraus resultierenden Nutzerverhaltens</li> <li>• Durch eine PV-Anlage mit Stromspeicher soll der Gesamtenergiehaushalt zu 80 % ausgeglichen werden</li> </ul> |
| Veröffentlichung/<br>Projektwebsite | (18), (19)  |

### 3. Verbundprojekt: LLEC-Verwaltungsbau

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Förderkennzeichen                   | 03EGB0010A  |
| Laufzeit                            | 01.07.2018 – 30.04.2023   |
| Projektziele                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstration eines energieeffizienten Gebäudes mit einem komplexen Energiesystems anhand eines Neubaus</li> <li>• Entwicklung von lernfähigen und vorausschauenden Regelstrategien</li> <li>• innovative Informations- und Kommunikationsplattform entwickeln</li> <li>• Erfassung von Echtzeitdaten</li> <li>• Sensibilisierung im Umgang mit Energie</li> <li>• Entwicklung einer grafischen Benutzeroberfläche für effizientes Heizen<br/>→ Nutzer kriegt besseren Einblick in seinen Verbrauch</li> </ul> |
| Veröffentlichung/<br>Projektwebsite | (20)  |

### 4. Verbundvorhaben: Fachwerk\_2.0

|                   |   |
|-------------------|---|
| Förderkennzeichen | 03EN1063  |
| Laufzeit          | 01.09.2022 – 30.08.2026   |
| Projektziele      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung und Erforschung neuartiger Dämmsysteme zur energieeffizienten und ressourcenschonenden Fachwerkinstandsetzung</li> </ul> |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
|                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aus Analyse von Versuchsgebäuden des Freilichtmuseums Hessenpark zukunftsfähige Sanierungslösungen zu entwickeln</li> <li>• Sozioökonomische Aspekte mit untersuchen</li> </ul> |
| Veröffentlichung/Projektwebsite | (20)   |

#### 5. Verbundvorhaben: Windheizung 2.0 - Demo

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Förderkennzeichen               | 03EN6013  |
| Laufzeit                        | 01.11.2022 – 30.04.2026   |
| Projektziele                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Weiterentwicklung und Demonstration einer Sektorenkopplung zwischen der regenerativen Stromerzeugung und der Wärmeversorgung hoch gedämmter Gebäude</li> <li>• Untersuchung der Nutzendeninteraktion mit Technik und Regelung und der Nutzendenakzeptanz gegenüber dem System</li> </ul> |
| Veröffentlichung/Projektwebsite | (21)  |

#### 6. Verbundvorhaben: LezBAU

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Förderkennzeichen               | 03EN1074  |
| Laufzeit                        | 01.01.2023 – 31.12.2025   |
| Projektziele                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung eines praxisgerechten Berechnungswerkzeug zur Lebenszyklusanalyse von Gebäuden, welches die Entscheidungsfindung für klimaverträgliche Lösungen erleichtern soll</li> <li>• Durchgehende Einbindung von Nutzenden und Stakeholdern bei Entwicklung des Tools</li> <li>• Nutzendenfreundlichkeit und Akzeptanz des Web-Tools sicherstellen</li> </ul> |
| Veröffentlichung/Projektwebsite | (22)  |

#### 7. Verbundvorhaben: InnoEff

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Förderkennzeichen               | 03EN1073   |
| Laufzeit                        | 01.01.2023 – 31.12.2025  |
| Projektziele                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung eines Ansatzes, der die Heizkurve ohne Rauminformationen und ohne Einbuße des Nutzungskomforts selbständig adaptiert.</li> <li>• Soll-Vorlautemperatur soll sich aus Abhängigkeit, der aus den Wärmegewinnen bzw. Nutzereingriffen oder -vorgaben resultierende Wirkungen selbständig anpassen</li> </ul> |
| Veröffentlichung/Projektwebsite | (23)   |

#### 8. Verbundvorhaben: PECSnet

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Förderkennzeichen               | 03EN1081  |
| Laufzeit                        | 01.01.2024 – 30.06.2027   |
| Projektziele                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung eines Personalized Environmental Control Systems (PECS) mit konventionellen zentralen raumlufttechnischen Anlagen, um bei einem minimalen Energieverbrauch maximale Nutzerzufriedenheit zu erreichen</li> <li>• Akzeptanz und Nutzendenverhalten untersuchen und so Verhaltens- und Komfortmodelle als Input für die Gebäudesimulation zu entwickeln</li> </ul> |
| Veröffentlichung/Projektwebsite | (24)  |





## Referenzen

1. **Cibinskiene, Akvile, Dumciuviene, Daiva und Andrijauskienė, Meda.** Energy Consumption in Public Buildings: The Determinants of Occupants' Behavior. *Energies*. 2020, Bd. Volume 13.
2. **Namazkhan, Maliheh, Albers, Casper und Steg, Linda.** A decision tree method for explaining household gas consumption: The role of building characteristics, socio-demographic variables, psychological factors and household behaviour. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020, Bd. Volume 119.
3. **Oberst, Christian A., Schmitz, Hendrik und Madlener, Reinhard.** Are Prosumer Households That Much Different? Evidence From Stated Residential Energy Consumption in Germany. *Ecological Economics*. 2019, Bd. Volume 158.
4. **Rücker, D., Vogler, T. und Büchner, U.** www.klimastiftung-thueringen.de. *EIPH - Energieinsel Petershagen - Wohn-/Lebensquartier 4.0*. [Online] <https://www.klimastiftung-thueringen.de/wp-content/uploads/2021/08/VortragKlimaschutzstiftungThueringenBuechnerUte-in-novare-am-15062021.pdf>.
5. **Büchner, U. und Rücker, D.** www.unendlich-viel-energie.de. *"Energieinsel" - intelligent, vernetzte, sektorenggekoppelte, energieaktive dezentrale Quartiersversorgung*. [Online] [https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/4391.BWP\\_sept\\_DenisRuecker\\_aQua-thermic\\_Waermepumpe\\_kommunal\\_und\\_urban\\_28.09.21.pdf](https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/4391.BWP_sept_DenisRuecker_aQua-thermic_Waermepumpe_kommunal_und_urban_28.09.21.pdf).
6. **Koczorek, Nicole und Rewitz, Kai.** www.energetage.de. *Entwicklung und Feldtest der DataFEE App: Einfluss auf das Nutzendenverhalten und den Energiebedarf*. [Online] [https://www.energetage.de/fileadmin/user\\_upload/2023/Vortraege/BET2023\\_D.328\\_Koczorek\\_Rewitz\\_DataFEE\\_App\\_Berliner\\_Energetage\\_EBC.pdf](https://www.energetage.de/fileadmin/user_upload/2023/Vortraege/BET2023_D.328_Koczorek_Rewitz_DataFEE_App_Berliner_Energetage_EBC.pdf).
7. **Schöttke, Marcel, et al.** *Energiemanagement in Hotelbetrieben in Abhängigkeit der dynamischen Hotelbelegung, für eine wirtschaftliche sowie effiziente Energieversorgung und -nutzung : Projektbericht Forschungsprojekt SHS Smart Hotel Supply*. Regionalmanagement Nordhessen GmbH; Betterspace GmbH; EAM GmbH & Co. KG; EMD Deutschland; Universität Kassel. 2022.
8. **Kaiser, Jens, et al.** *anierung des Schul- und Sportzentrums Lohr am Main zur Plus-Energie-Schule : Forschungsbericht : Projektphase: Energieoptimierung und Monitoring : Projektlaufzeit: 1. November 2016-31. Oktober 2021*. Technische Universität Dresden, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme; EA Systems Dresden GmbH. 2022.
9. **Grinewitschus, Viktor, et al.** *Energieeffizienzassistent für die dezentrale Energieerzeugung in Wohngebäuden : Green Energy First : Abschlussbericht : Laufzeit: 01.07.2017 bis 30.06.2020, kostenneutral verlängert bis zum 30.06.2021 : Vorhaben-Akronym: GreenEnergyFirst*. 2021.
10. **Andratschke, Christin, et al.** *MAGGIE: Energetische Modernisierung des genossenschaftlichen Wohnquartiers Margaretenau in Regensburg*. 2023.
11. **Energiewendebauen.** Energetisch Modernisieren mit solaraktiven Baustoffen und hybridem Heizsystem. [Online] 2023. <https://www.energiewendebauen.de/projekt/energetisch-modernisieren-mit-solaraktiven-baustoffen-und-hybridem-heizsystem>.
12. **Weber, Ines, et al.** *MOBASY-Teilbericht: Nutzerverhalten in energetisch modernisierten Gebäuden - Ergebnisse einer schriftlichen Mieterbefragung*. 2022.
13. **Carbonare, Nicolas, et al.** Design and implementation of an occupant-centered self-learning controller for decentralized residential ventilation systems. *Building and Environment*. 2021, Bd. Volume 206.

14. **Rischmüller, Samuel, Plesser, Stefan und Opel, Oliver.** *Verbundvorhaben: EnOB, EnEff:Campus: Monitoring Neubau Zentralgebäude Universität Lüneburg; Teilvorhaben: Inbetriebnahme Anlagentechnik, energetische Optimierung (Intensiv-)Monitoring sowie Teilvorhaben: Ambient Intelligence, Nutzereinbindung, Innovative.* Steinbeis-Innovationszentrum; energieplus; Leuphana Universität Lüneburg. 2021.
15. **Technische Universität Berlin.** Das netzdienliche Wasserstoffhaus mit thermischer und elektrischer Vollversorgung. [Online] <https://flexehome.de/>.
16. **enisyst GmbH.** sEnSys - Energetische Sanierungskits für den Wohnbau. [Online] <https://www.enisyst.de/innovation/>.
17. **Dietrich-Rust, Christian, et al.** *Plus-EQ-Net - Netzneutrales Wohn- und Geschäftshaus pulsG in Geretsried; Teilvorhaben Hochschule München: Planung und Umsetzung, Monitoring, Betriebsoptimierung, wissenschaftliche Koordination.* 2022.
18. **Hochschule für angewandte Wissenschaften München.** Die Hochschule auf dem Weg zu einem energieeffizienten Gebäudebetrieb. [Online] <https://www.nudata.de/>.
19. **Karlsruher Institut für Technologie.** Deck-In-Vent: Entwicklung und Demonstration von deckenintegrierter Ventilatoren im Rahmen der Gebäudesanierung des Landratsamtes Dillingen. [Online] [https://fbta.ieb.kit.edu/182\\_931.php](https://fbta.ieb.kit.edu/182_931.php).
20. **Rissetto, Romina und Machner, Rainer.** Gebäudesanierung des Landratsamtes Dillingen. [Online] [https://www.facility-management.de/artikel/fm\\_Gebaeudesanierung\\_des\\_Landrats\\_amtes\\_Dillingen-3742631.html](https://www.facility-management.de/artikel/fm_Gebaeudesanierung_des_Landrats_amtes_Dillingen-3742631.html).
21. **Lyslow, Linda; Erhorn-Kluttig, Heike.** *Smart Readiness von Demonstrationsgebäuden aus der Forschungsinitiative EWB.* 2022.
22. **Hochschule RheinMain.** Fachwerk 2.0 - Entwicklung und Erforschung neuartiger Dämmsysteme zur energieeffizienten und ressourcenschonenden Fachwerkinstandsetzung an Versuchsgebäuden des Freilichtmuseums Hessenpark. [Online] <https://www.hs-rm.de/de/fachbereiche/architektur-und-bauingenieurwesen/forschung/fachwerk-20>.
23. **Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP.** Forschungsvorhaben »Windheizung 2.0: Langzeit-Speicher«. [Online] <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/projekte-referenzen/windheizung-2-0.html>.
24. **Institut Wohnen und Umwelt GmbH.** Lebenszyklus-Bilanzierung in frühen Bauplanungsphasen zur Analyse von Umweltauswirkungen (EnOB: LezBAU). [Online] <https://www.lezbau.de/>.
25. **Projekträger Jülich | Forschungszentrum Jülich GmbH.** enargus: Verbundvorhaben: EnOB: InnoEff - Entwicklung eines innovativen Verfahrens zum energieeffizienten Betrieb heiztechnischer Anlagen. [Online] <https://www.enargus.de/search/?q=01252277%2F1>.
26. **Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen.** PECSnet: Vernetzte lokale Klimatisierungssysteme zur Steigerung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. [Online] <https://www.ebc.eonerc.rwth-aachen.de/go/id/bghikf>.