



**Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung**

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



BBSR-Online-Publikation Nr. 02/2017

Quantifizierung von Rebound-Effekten bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden / Bundesliegenschaften

Energiekennwerte, Prebound-Effekt und Verhalten
der Nutzer/innen vor einer energetischen Sanierung

Ein Projekt des Forschungsprogramms „Zukunft Bau“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) betreut vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

ISSN 1868-0097

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31– 37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat II 7 – Energieoptimiertes Bauen
Jörg Lammers
joerg.lammers@bbr.bund.de

Auftragnehmer

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin
Dr. Julika Weiß, Katharina Heinbach, Lars Sorge
in Kooperation mit:
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU C-S)
Doreen Großmann, Prof. Dr. Bernd Hirschl
RWTH Aachen, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN)
Dr. Ray Galvin

Stand

Januar 2017

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten
Die vom Auftragnehmer vertretene Auffassung ist nicht unbedingt mit der des Herausgebers identisch.

Zitierweise

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): Quantifizierung von Rebound-Effekten bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden / Bundesliegenschaften. Energiekennwerte, Prebound-Effekt und Verhalten der Nutzer/innen vor einer energetischen Sanierung. BBSR-Online-Publikation 02/2017, Bonn, Februar 2017.



Liebe Leserinnen und Leser,

bei der energetischen Sanierung von Gebäuden öffnet sich zwischen geplanter und realisierter Energieeinsparung eine Lücke. Das liegt vor allem daran, dass sich die Gebäudenutzer nicht so energiebewusst verhalten wie erhofft. Zu diesem Ergebnis kam bereits vor zwei Jahren eine BBSR-Studie (BBSR-Online-Publikation Nr. 01/2015), die sich Rebound-Effekten bei der Sanierung von Büro- und Verwaltungsgebäuden widmete.

Das aktuelle Projekt dient dazu, die gewonnenen Erkenntnisse anhand von Fallstudien zu vertiefen. Gegenstand sind acht Büro- und Verwaltungsgebäude des Bundes, die vor einer Sanierung stehen. Ergebnisse der nun vorliegenden ersten Projektphase stützen die Befunde unserer Forschungsarbeit. Demnach gab die Mehrheit der befragten Gebäudenutzer an, im privaten Bereich stärker als am Arbeitsplatz darauf zu achten, Energie zu sparen – etwa beim Heizen der Räume. Eine Veränderung des Nutzerverhaltens bietet daher bereits vor der Sanierung der Gebäude ein großes Potenzial, sorgsamer mit Energie umzugehen. Ich freue mich, dass wir Ihnen Ergebnisse der Forschungsarbeit in der vorliegenden Online-Publikation präsentieren können.

Das Projekt geht nach der Sanierung der Gebäude in die zweite Phase. Die Forscher werden dann die Einspar-effekte der Sanierung ermitteln und untersuchen, inwieweit die Sanierung auch zu einem energiebewussteren Verhalten der Beschäftigten führt.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

A handwritten signature in blue ink, which reads "H. Herrmann".

Direktor und Professor Harald Herrmann

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	6
Executive Summary	9
1 Einführung	12
2 Methodische Vorgehensweise	13
2.1 Auswahl der Fallstudienobjekte	13
2.2 Mathematische Definition des Prebound-Effektes	15
2.3 Ermittlung der Objektdaten und Energiekennwerte der Fallstudienobjekte	15
2.3.1 Ermittlung Energiebedarfs- und verbrauchswerte	15
2.3.2 Erfassung des Lüftungsverhaltens	16
2.3.3 Erfassung der Raumlufttemperatur	17
2.4 Durchführung der Interviews und Befragungen.....	18
2.4.1 Qualitative Interviews mit Nutzer/innen und dem Fachpersonal	18
2.4.2 Quantitative Befragung der Nutzer/innen mittels einer Online-Erhebung	21
3 Ergebnisse der Fallstudien.....	22
3.1 Energiebedarf und –verbrauch, Prebound-Effekt.....	22
3.1.1 Lüftungsverhalten.....	24
3.1.2 Heizungsverhalten.....	27
3.1.3 Anpassungsstrategien in Mehrpersonnbüros.....	28
3.2 Nutzerzufriedenheit und Raumtemperatur	28
3.2.1 Nutzerzufriedenheit im Winter	28
3.2.2 Nutzerzufriedenheit im Sommer.....	30
3.3 Interesse an Energiekennwerten und Energiesparen	31
3.3.1 Persönliches Interesse an Energiekennwerten	31
3.3.2 Energiesparendes Verhalten	31
3.3.3 Motivation für ein energieeffizientes Verhalten	33
3.3.4 Unterschiede zum Verhalten im privaten Bereich	35
3.4 Erwartungen an die energetische Sanierung	36
3.5 Objektspezifische Ergebnisse	38
3.5.1 Hauptzollamt (HZA) Saarbrücken	38
3.5.2 Theodor-Heuss-Kaserne (THK) Stuttgart (Gebäude 4N)	40
3.5.3 Theodor-Heuss-Kaserne Stuttgart (THK) (Gebäude 2).....	42
3.5.4 Krafftahrt-Bundesamt (KBA) Flensburg (Haus A und Haus B).....	43
3.5.5 Bildungs- und Wissenschaftszentrum der Bundesfinanzverwaltung (BWZ) Frankfurt.....	46
3.5.6 Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) Augsburg	49
3.5.7 Hauptzollamt (HZA) Nürnberg.....	51
4 Zusammenhang zwischen Nutzerverhalten und Energiekennwerten.....	53
4.1 Gebäudezustand, Sanierungsbedarf und Energiekennwerte	53
4.2 Zufriedenheit und Verhalten der Nutzer/innen	54
4.3 Prebound- Effekte	55

5	Schlussfolgerungen.....	58
5.1	Übertragbarkeit der Ergebnisse	58
5.2	Empfehlungen für die weitere Untersuchung des Pre- und Rebound-Effekts in Bundesliegenschaften.....	60
5.3	Empfehlungen für die Reduktion des Energieverbrauchs in Bundesliegenschaften	61
6	Literaturverzeichnis	63
7	Anhang	64
7.1	Interviewleitfäden der qualitativen Interviews und Fragebogen der Online-Erhebung.....	64
7.1.1	Interviewleitfaden Fachpersonal.....	64
7.1.2	Interviewleitfaden Nutzer/innen	64
7.1.3	Fragebogen Nutzer/innen (Online-Erhebung).....	65
7.1.4	MAXQDA.....	67
7.2	Ergänzende Ergebnisse der quantitativen Befragung der Nutzer/innen (Online-Erhebung)	70
7.2.1	Rücklauf	70
7.2.2	Büronutzung.....	70
7.2.3	Einschätzung des energetischen Zustands des Büros im Winter	71
7.2.4	Einschätzung des energetischen Zustands des Büros im Sommer	76
7.2.5	Erwartungen an eine energetische Sanierung	78
7.2.6	Interesse am Thema Energiesparen	81
7.2.7	Energetisches Verhalten zu Hause	82
7.3	Dokumentation des Lüftungsverhaltens.....	86
7.3.1	Objektspezifische Auswertung	86
7.3.2	Objektübergreifende Auswertung.....	89

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1:	Angaben der befragten Nutzer/innen zu der Anzahl der Lüftungsvorgänge pro Tag sowie der Dauer eines Lüftungsvorgangs in Minuten im Büro	26
Abb. 3.2:	Angaben der befragten Nutzer/innen zu der persönlichen Bedeutung des Themas Energiesparen im Dienstgebäude und zu Hause.....	32
Abb. 3.3:	Erwartungen der Nutzer/innen im Falle einer energetischen Sanierung in den nächsten Jahren	36
Abb. 4.1:	Bedarf und Verbrauch von Nichtwohngebäuden	57
Abb. 5.1:	Zusammenhang von Bedarf und Verbrauch in 52 Bundesliegenschaften	58

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Übersicht Fallstudienobjekte.....	14
Tab. 2.2:	Anzahl der ausgewerteten Fenster	17
Tab. 2.3:	Anzahl der befragten Personen und Zeitraum der Interviews in den Fallstudienobjekten.....	20
Tab. 2.4:	Anzahl befragter Nutzer/innen und Rücklauf bei der Online-Umfrage in den acht Fallstudienobjekten.....	22
Tab. 3.1:	Thermischer Energiebedarf und –verbrauch, Prebound-Effekte.....	23
Tab. 3.2:	Stichprobenartige Erfassung des Lüftungsverhaltens von außen.....	25
Tab. 3.3:	Messungen der Raumlufttemperaturen	29
Tab. 3.4:	Maßnahmen, die zu einem sparsamen Umgang mit Energie motivieren würden	33
Tab. 5.1:	Prebound-Effekt von Nichtwohngebäuden aus unterschiedlichen Gebäudedatensätzen aus Deutschland.....	59
Tab. 7.1:	Rücklaufquote bei der quantitativen Befragung in den Fallstudienobjekten.....	70
Tab. 7.2:	Anzahl der Personen, die zusätzlich zu der/dem befragten Nutzer/in das Büro nutzen.....	70
Tab. 7.3:	Temperaturempfinden bei Nutzer/innen in Mehrpersonenbüros (mindestens 2 Nutzer/innen pro Büro)	71
Tab. 7.4:	Lüftungsbedürfnis bei Nutzer/innen in Mehrpersonenbüros (mindestens 2 Nutzer/innen pro Büro)	71
Tab. 7.5:	Zufriedenheit mit dem Raumklima im Allgemeinen im Büro im Winter.....	71
Tab. 7.6:	Zufriedenheit mit der Raumtemperatur im Büro im Winter.....	72
Tab. 7.7:	Zugerscheinungen im Büro im Winter.....	72
Tab. 7.8:	Unangenehm kühle Außenwände im Büro im Winter	73
Tab. 7.9:	Zufriedenheit mit der Regulierbarkeit der Raumtemperatur im Büro im Winter.....	73
Tab. 7.10:	Regulierung der Raumtemperatur im Büro im Winter	74
Tab. 7.11:	Anzahl der Regelungsvorgänge an der Heizung pro Tag im Büro im Winter.....	74
Tab. 7.12:	Art der Fensterlüftung im Büro im Winter.....	75
Tab. 7.13:	Anzahl der Lüftungsvorgänge pro Tag im Büro im Winter	75
Tab. 7.14:	Dauer eines Lüftungsvorganges in Minuten im Büro im Winter	76
Tab. 7.15:	Zufriedenheit mit der Raumtemperatur im Büro im Sommer.....	76
Tab. 7.16:	Zufriedenheit mit der Regulierbarkeit der Raumtemperatur im Büro im Sommer	77
Tab. 7.17:	Art der Regulierung der Raumtemperatur im Büro im Sommer	77
Tab. 7.18:	Erwartungen an ein besseres Raumklima	78
Tab. 7.19:	Erwartungen an eine Erleichterung bei der Bedienbarkeit der Fenster.....	78

Tab. 7.20:	Erwartungen an einen besseren Sonnen-/Hitzeschutz	79
Tab. 7.21:	Erwartungen an eine bessere Regulierbarkeit der Heizung.....	79
Tab. 7.22:	Erwartungen an eine Energieeinsparung.....	80
Tab. 7.23:	Erwartungen an eine Nutzung von erneuerbaren Energien.....	80
Tab. 7.24:	Erwartungen an eine optische Aufwertung des Erscheinungsbildes.....	81
Tab. 7.25:	persönliche Bedeutung des Themas „Energiesparen“ im Dienstgebäude	81
Tab. 7.26:	Interesse an der Höhe des Energieverbrauchs für Strom und Wärme im Dienstgebäude.....	82
Tab. 7.27:	Anzahl der Regelungsvorgänge an der Heizung pro Tag zu Hause im Winter	82
Tab. 7.28:	Regulierung der Raumtemperatur zu Hause im Winter	83
Tab. 7.29:	Art der Fensterlüftung im Büro zu Hause im Winter.....	83
Tab. 7.30:	Anzahl der Lüftungsvorgänge pro Tag zu Hause im Winter.....	84
Tab. 7.31:	Dauer eines Lüftungsvorganges in Minuten zu Hause im Winter	84
Tab. 7.32:	persönliche Bedeutung des Themas „Energiesparen“ zu Hause.....	85
Tab. 7.33:	Interesse an der Höhe des Energieverbrauchs für Strom und Wärme zu Hause	85
Tab. 7.34:	Dokumentation des Lüftungsverhaltens HZA Saarbrücken	86
Tab. 7.35:	Dokumentation des Lüftungsverhaltens THK, Gebäude 4N	86
Tab. 7.36:	Dokumentation des Lüftungsverhaltens THK, Gebäude 2.....	86
Tab. 7.37:	Dokumentation des Lüftungsverhaltens KBA, Gebäude A	87
Tab. 7.38:	Dokumentation des Lüftungsverhaltens KBA, Gebäude B	87
Tab. 7.39:	Dokumentation des Lüftungsverhaltens BWZ Frankfurt	87
Tab. 7.40:	Dokumentation des Lüftungsverhaltens BlmA Augsburg.....	88
Tab. 7.41:	Dokumentation des Lüftungsverhaltens HZA Nürnberg.....	88
Tab. 7.42:	Beobachtetes Lüftungsverhalten nach Tageszeiten	89

Abkürzungsverzeichnis

B	Energiebedarf
BAMF	Bundesamt für Migration und Flüchtlinge
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BImA	Bundesanstalt für Immobilienaufgaben
BWZ	Bildungs- und Wissenschaftszentrum der Bundesfinanzverwaltung
DG	Dachgeschoss
EG	Erdgeschoss
EnEV	Energieeinsparverordnung
HZA	Hauptzollamt
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
LED	Leuchtdiode
LEK	Liegenschaftsenergiekonzept
NGF	Nettogrundfläche
OG	Obergeschoss
P	Prebound-Effekt
THK	Theodor-Heuss-Kaserne in Stuttgart
UG	Untergeschoss
V	Energieverbrauch
WRG	Wärmerückgewinnung
WW	Warmwasser

Kurzfassung

Der Bund hat sich im Sinne der Vorbildwirkung der öffentlichen Hand vorgenommen, bis 2020 den Wärmebedarf der Bundesbauten um 20 % zu reduzieren. Im Rahmen des Sanierungsfahrplans Bundesbauten sollen in den nächsten Jahren zahlreiche Bundesliegenschaften umfassend energetisch saniert werden. Hierfür wurden bereits Gebäude mit hohem Einsparpotenzial identifiziert, die prioritär zu sanieren sind. Bei Wohngebäuden wurde beobachtet, dass vor einer energetischen Sanierung der tatsächliche Verbrauch meist unterhalb des berechneten theoretischen Bedarfswerts liegt. Nach der Sanierung liegt der Verbrauch dagegen häufig oberhalb des Bedarfs. Aus unterschiedlichen Gründen kommt es daher bei privaten Konsumenten und Konsumentinnen in Folge von Effizienzsteigerungen vielfach zu Rebound-Effekten. Rebound-Effekte können sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen auswirken, daher sollten diese bereits bei der Sanierungsplanung berücksichtigt werden. Da sich die Erkenntnisse zu Rebound-Effekten bei Wohngebäuden nicht ohne weiteres auf Nichtwohngebäude übertragen lassen, soll dieses Vorhaben zur Beantwortung der Frage beitragen, ob bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden ebenfalls Rebound-Effekte zu erwarten und was ggf. Ursachen dafür sind.

Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) hat im Jahr 2013 eine Sondierungsstudie zur Quantifizierung von Rebound-Effekten bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/ Bundesliegenschaften in Auftrag gegeben¹. Die im Rahmen dieser Studie entwickelte Methodik wurde in vier Fallstudien erprobt und hat sich für die Ermittlung von Rebound-Effekten und deren Ursachen bewährt. Allerdings wurden in der Sondierungsstudie ausschließlich Liegenschaften nach der Durchführung von Sanierungen untersucht. Da dadurch besonders zum Nutzerverhalten vor der Sanierung nur eingeschränkt belastbare Daten gewonnen werden konnten, wurde die Methodik weiterentwickelt und in Fallstudien erprobt. Das aktuelle Vorhaben beschränkt sich auf die Untersuchung von acht Gebäuden, die in den nächsten Jahren wahrscheinlich saniert werden sollen. In einem möglichen Folgevorhaben sollen diese nach der Sanierung wieder untersucht werden, um Unterschiede im Nutzerverhalten vor und nach der Sanierung sowie die Veränderung der Energiekennwerte durch die Sanierung zuverlässig zu ermitteln. Erst zusammen mit einem Folgeprojekt, in dem eine Ex-Post-Untersuchung durchgeführt wird, lassen sich Ergebnisse zum direkten Rebound-Effekt bei energetischen Sanierungen ableiten. Auf Basis der Ergebnisse des aktuellen Vorhabens können jedoch bereits Aussagen zum Nutzerverhalten in unsanierten Bundesliegenschaften sowie zum Zusammenhang von Bedarf und Verbrauch und damit zum Prebound-Effekt getroffen werden.

Im Rahmen der Fallstudien wurden zunächst die Energiekennwerte für die untersuchten Gebäude auf Basis vorhandener Daten und der Liegenschaftsenergiekonzepte ermittelt. Darüber hinaus wurden das Lüftungsverhalten und die Raumlufttemperatur in einigen Büros stichprobenartig erfasst, um so die Selbsteinschätzungen der Nutzer/innen zu ergänzen. Dazu wurden einerseits persönliche, qualitative halbstrukturierte Interviews mit ca. fünf ausgewählten Nutzer/innen in jedem Gebäude und andererseits eine quantitative Panelerhebung durchgeführt. Die Panelerhebung bietet zudem die Möglichkeit der quantitativen Auswertung der Verhaltensänderung für die geplante Nachsanierungsbefragung. Zudem wurden qualitative halbstrukturierte Interviews mit dem Fachpersonal durchgeführt, sodass ergänzende Informationen zum Nutzerverhalten erhoben wurden sowie Annahmen der Energiebedarfsberechnung mit dem tatsächlichen Zustand des Gebäudes und geplante Sanierungsmaßnahmen ausgewertet werden konnten.

¹ BBSR (Hrsg.): Sondierungsstudie zur Quantifizierung von Rebound-Effekten bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/ Bundesliegenschaften. BBSR-Online-Publikation 01/2015, Februar 2015.

Als Fallstudiengebäude wurden acht Büro- und Verwaltungsgebäude des Bundes ausgewählt, für die bereits eine Energiebedarfsberechnung durchgeführt wurde: zwei Gebäude des Krafftahrt-Bundesamtes in Flensburg, das Hauptzollamt Saarbrücken, zwei Gebäude der Theodor-Heuss-Kaserne in Stuttgart, das Bildungs- und Wissenschaftszentrum der Bundesfinanzverwaltung in Frankfurt a.M., die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben in Augsburg und das Hauptzollamt Nürnberg. Neben einer breiten Streuung der Lage der Gebäude, variierte ebenso das Baujahr (von 1912 bis 1979), die Größe (von 1.800 m² bis 24.000 m² beheizter Nettogrundfläche) und damit auch die Anzahl der Nutzer/Innen im Gebäude (von 38 bis ca. 400).

Die thermischen Energieverbrauchswerte wurden witterungsbereinigt. Anschließend wurden basierend auf den Verbrauchs- und Bedarfswerten die Prebound-Effekte der einzelnen Fallstudiengebäude berechnet. Der Prebound-Effekt wurde bei Wohngebäuden beobachtet: In alten, ineffizienten Wohngebäuden ist vor einer energetischen Sanierungen der Energieverbrauch in der Regel geringer als der berechnete Energiebedarf. Berechnet wird die Höhe des Effekts als Differenz zwischen Bedarf und Verbrauch bezogen auf den Bedarf. Der Wert gibt also an, wie stark Verbrauch und Bedarf voneinander abweichen. Die spezifischen thermischen Energiebedarfswerte der Fallstudiengebäude liegen zwischen 93 und 448 kWh/ (m² a) und damit oberhalb der Verbrauchswerte von 68 bis 177 kWh/ (m² a). Dadurch ergeben sich durchgängig positive Prebound-Effekte, die zwischen 13 % und 63 % liegen. Der Durchschnittswert des thermischen Energieverbrauch aller Fallstudiengebäude liegt bei 107 kWh/ (m² a) und der Energiebedarf bei 211 kWh/ (m² a); damit ergibt sich ein mittlerer Prebound-Effekt von 44 %. Der durchschnittliche Prebound-Effekt für einen Datensatz von 41 anderen Bundesliegenschaften liegt bei nur 21 %. Da Fallstudiengebäude mit einem vergleichsweise hohen Bedarf untersucht wurden, ist ein höherer durchschnittlicher Prebound-Effekt plausibel. Insgesamt liegen die ermittelten Werte innerhalb des im Vergleichsdatsatz ermittelten Bereichs von bis zu 78 %. In der Hälfte der Fallstudiengebäude wurden hohe Prebound-Effekte von um die 60 % berechnet, in den anderen vier Gebäuden sind die Werte dagegen deutlich geringer – auch da in diesen teilweise eine Verbrauchsanpassung der Bedarfswerte erfolgte.

Die objektspezifische Auswertung lässt keinen direkten Zusammenhang zwischen der Höhe der Prebound-Effekte und dem erfassten und beobachteten Nutzerverhalten erkennen. Insgesamt verhalten sich die Nutzer/Innen in allen Gebäuden recht ähnlich. Bei der Bewertung der Daten muss daher an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Berechnung der Prebound-Effekte abhängig von der Genauigkeit der Verbrauchswerte und den getroffenen Annahmen der Bedarfsberechnungen ist. Bei der Bedarfsberechnung von Nichtwohngebäuden müssen eine Vielzahl von Annahmen getroffen werden, bspw. zur energetischen Qualität der Bauteile, der Zonierungen, Annahmen zu den Nutzungsbedingungen in den einzelnen Zonen und der Gebäudeanlagentechnik. Einerseits sind diese Faktoren aufgrund von nicht oder nicht vollständigen Gebäudeunterlagen zum Teil nicht bekannt und können daher nur abgeschätzt werden. Andererseits können aber auch Nutzungsbedingungen schwanken oder sich über die Jahre verändern. Ebenso werden zu der komplexen Anlagentechnik bei der Bedarfsberechnung viele Annahmen getätigt. Aufgrund der Vielzahl an zulässigen Annahmen bei der Energiebedarfsberechnung nach EnEV kann der berechnete Wert für ein Gebäude mit einem definierten energetischen Zustand eine breite Streuung aufweisen. Werden die Nutzungsbedingungen und Objektspezifika genau erfasst, nähert sich der berechnete Bedarf dem tatsächlichen Verbrauch an. Diese Erkenntnis wurde auch bei den Energiekonzepten für die Bundesimmobilien nach dem einheitlichen Verfahren des Standard-Liegenschaftsenergiekonzepts (LEK) unter Berücksichtigung der Energieeinsparverordnung (EnEV) angewendet, indem ein Verbrauchs-Bedarfs-Abgleich durchgeführt wurde. Wenn beide Werte weit auseinanderliegen, wird die Bedarfsberechnung überarbeitet, sodass sich der erste und zweite berechnete Bedarfswert deutlich unterscheiden können. Dies erschwert einen Vergleich der Bedarfswerte und damit auch die Robustheit des mit diesem Wert berechneten Prebound-Effekts. Hinzu kommt, dass die Bedarfsberechnungen in der Regel einmalig erfolgen, denen aber mehrjährige Verbrauchswerte gegenübergestellt werden. Da laufend kleinere bauliche Maßnahmen und Optimierungen in den Liegenschaften erfolgen und sich die Nutzung einzelner Räume immer wieder ändert, beziehen sich die Verbrauchswerte der vorherigen Jahre teilweise aber auf andere Gebäude- und Anlagenzustände sowie Nutzungsbedingungen.

Die Befragung der Nutzer/innen ergab, dass ein Großteil zufrieden mit der Raumtemperatur und der Regulierbarkeit der Heizung im Winter ist. Aber immerhin jedem vierten ist häufig zu kalt; vereinzelt wird auch über Zugscheinungen geklagt. Hierbei gibt es deutliche Unterschiede zwischen den untersuchten Gebäuden. In allen Gebäuden stellt jedoch aus Sicht der Nutzer/innen der sommerliche Wärmeschutz ein deutlich größeres Problem als das Raumklima im Winter dar. Deshalb erhoffen sich die Nutzer/innen durch eine energetische Sanierung primär eine Verbesserung der Situation im Sommer. Erst an zweiter Stelle steht das Ziel der Energieeinsparung. Auch bei vorhandenen Außenjalousien fehlen den Nutzer/innen im Sommer effektive Regulierungsmöglichkeiten und sie leiden unter zu hohen Raumtemperaturen. Der Grad der Betroffenheit unterscheidet sich dabei je nach Lage (Himmelsrichtung, Stockwerk) im Gebäude; erschwerend kommt bei einigen Nutzer/innen hinzu, dass aufgrund einer lauten Straße nicht über einen längeren Zeitraum hinweg gelüftet werden kann.

Trotz der hohen Prebound-Effekte lassen die Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Erhebungen und Beobachtungen nicht darauf schließen, dass sich die meisten der Nutzer/innen am Arbeitsplatz besonders energieeffizient verhalten. So ist die Zahl der Heizungsregulierungen pro Tag sehr viel geringer als die Zahl der Lüftungsvorgänge – die demnach in der Regel mit aufgedrehter Heizung stattfinden. Viele Interviewte gaben an, die Heizung kaum zu regulieren und auch beim Verlassen des Hauses nach Feierabend diese nicht herunterzudrehen. Gleichzeitig geben viele Nutzer/innen an, dass sie die Raumtemperatur eher über das Öffnen von Fenster und Türen als über das Regulieren der Heizung anpassen. In vielen Gebäuden sind die Türen der Büros aus Gründen der Ansprechbarkeit immer geöffnet. Dadurch erhöht sich der thermische Energiebedarf, da Flure und tlw. Treppenhäuser annähernd auf das Temperaturniveau der Büros geheizt werden.

Ein Großteil der Nutzer/innen gab an sich im privaten Bereich deutlich effizienter zu verhalten als im dienstlichen Bereich. Daher ist das Interesse am Energieverbrauch und die Bedeutung des Themas Energiesparen beim eigenen Haus oder der eigenen Wohnung deutlich höher als am Arbeitsplatz. Dennoch geben Zweidrittel der Nutzer/innen an, dass ihnen Energiesparen am Arbeitsplatz wichtig ist. Rund die Hälfte hat Interesse an Informationen zum Energieverbrauch am Arbeitsplatz. Maßnahmen, um das Interesse am Thema und die Umsetzung von Energiesparen zu steigern, wären aus Sicht der Nutzer/innen insbesondere mehr und bessere Informationen sowie Wettbewerbe und finanzielle Anreize. Gewünscht werden darüber hinaus aber auch Unterstützungsmöglichkeiten, wie bessere Steuerungsmöglichkeiten und mehr Automatisierung. Auch die energetische Sanierung könnte ein energieeffizientes Verhalten unterstützen.

Executive Summary

The Federal Government has adopted the goal of reducing the heating energy demand of federal buildings by 20 % by 2020, so that the public service can set an example to the community. Over the next ten years a large number of federal properties will be thermally retrofitted within the framework of the government's Renovation Plan for Federal Buildings (Sanierungsfahrplan Bundesbauten). Buildings with high energy saving potential have already been identified as a priority for retrofitting. In general, retrofit plans are based on theoretical energy demand figures. If the energy savings potential is wrongly estimated in the retrofit plan, this can lead to faulty priorities and outcomes. In order to make better estimates of energy saving potential there needs to be better understanding of the relationship between theoretical energy demand and actual consumption. The aim of this project is to contribute to addressing the question if rebound effects can be expected when non-residential buildings are retrofitted and if so, what their causes are.

In 2013 the Federal Institute for Building, and Urban and Spatial Research (BBSR) commissioned a special exploratory study on quantifying rebound effects after thermal retrofits of non-residential/federal properties. The method developed in that study was tested in four case studies and proved effective for determining rebound effects. These case studies were of buildings that had already been retrofitted. Because only limited reliable data on occupant behavior prior to the retrofits could be obtained, the method has been further developed and tested in new case studies. The current study therefore focuses on investigating eight buildings which are highly likely to be thermally retrofitted within the next few years. In a proposed subsequent study after their retrofitting, carefully researched comparisons will be able to be made regarding pre- and post-retrofit occupant behavior, as well as changes in thermal characteristics of the buildings. In an ex-post investigation, rebound effects will also be able to be calculated on the basis of actual consumption data. In the present study issues of occupant behavior in non-retrofitted buildings are reported, as well as relationships between theoretical and actual energy consumption, and thereby the level of prebound effects evident in these buildings.

In the current case studies the theoretical energy consumption was determined on the basis of available data together with the buildings' energy designs. Further, air temperature was recorded and occupants' ventilation routines were observed in randomly selected offices. This data was supplemented with occupants' own self-reports of their energy-related behavior. This included qualitative semi-structured interviews with five selected occupants in each building, and also a quantitative panel data investigation. The panel data investigation offers the possibility for current occupant behavior to be quantitatively compared with behavior after the planned retrofits take place. Qualitative semi-structured interviews were also conducted with technical staff to obtain further information about occupant behavior and a better understanding of how the calculation of energy demand relates to the buildings' condition and to planned thermal retrofit measures.

Eight federal office and administration buildings were selected as case studies. Theoretical energy demand had already been calculated for each of these. The case studies were:

- two buildings of the Federal Automobile Office (Kraftfahrbundesamt) in Flensburg;
- the Central Customs Office (Hauptzollamt) in Saarbrücken;
- two buildings of the Theodor Heuss Military Barracks (Theodor-Heuss-Kaserne) in Stuttgart;
- the Education and Science Center of the Federal Tax Administration (Bildungs- und Wissenschaftszentrum der Bundesfinanzverwaltung) in Frankfurt a.M.;
- the Federal Office for Property Works (Bundesanstalt für Immobilienaufgaben) in Augsburg;
- the Central Tax Office (Hauptzollamt) in Nuremberg.

This provided a wide geographical dispersion of buildings as well as a range of building ages (earliest built in 1912; most recent in 1979), sizes (1,800 – 24,000 m² of heated floor area) and numbers of worker-occupants (38 – 400).

The figures for actual energy consumption were weather-adjusted. Prebound effects were calculated for each case study building based on the buildings' actual and theoretical energy consumption. Prebound effects in residential buildings have been extensively observed. Actual energy consumption in older, energy inefficient buildings is generally lower than theoretical energy consumption prior to thermal retrofitting. The prebound effect is (defined as) the difference between theoretical and actual consumption as a fraction of percentage of theoretical consumption. The size of the prebound effect indicates how far actual consumption deviates from (i.e. is proportionally lower than) theoretical consumption. The theoretical energy consumption of the case study buildings ranged from 93 to 448 kWh/(m²a), while actual consumption ranged from 68 to 177 kWh/(m²a), giving positive prebound effects of 13 - 63 %. The average actual consumption was 107 kWh/ (m²a) while average theoretical consumption was 211 kWh/ (m²a), giving an average prebound effect of 44 %. By comparison, the average prebound effect in a data set of 41 other federal properties was just 21 %. A high average prebound effect among the case study buildings is plausible due to the comparatively high theoretical consumption. The average theoretical consumption in the larger data set was around 78 % of the average of that in the case study buildings. In half the case study buildings high prebound effects of around 60 % were found. In the other four buildings prebound effects were significantly lower, in some cases due to an adjustment of theoretical consumption towards actual consumption.

The detailed case by case investigations did not show a direct relationship between the magnitude of the prebound effect and observed and self-reported occupant behavior. In general, the occupants of the buildings appeared to behave rather similarly. Regarding on-site data gathering, the calculation of the prebound effect depends crucially on the accuracy of the measurement of actual consumption and the estimation of theoretical consumption. In calculating the theoretical consumption in non-residential buildings a number of assumptions must be made regarding, for example, the thermal quality of different features of the building substance, different indoor temperature zones, different usage characteristics in different zones, and building operation technology. Due to missing or incomplete building documentation, information on these factors is not all to hand and can only be estimated. Further, usage can fluctuate or its characteristics can change over the years. Also a number of assumptions about the building operation technology had been made in calculating the theoretical consumption. Because of the large number of broad assumptions in calculating the theoretical consumption according to EnEV rules, the resulting value can be offered only within a wide range. The assumptions of (idealized) occupant behavior that had been embedded in the calculation of the buildings' theoretical consumption could not be checked in this study due to lack of data. Nevertheless, these have a significant influence on the results. When the specifics of usage and of the physical building are correctly incorporated into calculations of theoretical consumption, theoretical consumption tends to converge toward actual consumption. Recognition of this is incorporated in the energy calculation methodology for federal buildings in the 'Standard-LEK-Verfahren' (a calculation methodology given in German Standard ÖNORM B 88110-1), which tends to align actual and theoretical consumption. If these two values diverge overmuch the calculation is revised, and different results for theoretical consumption can differ significantly. This makes comparisons of theoretical consumption difficult and can thereby reduce the robustness of calculations of prebound effects based on these values. A further issue is that theoretical consumption is generally calculated just once for a building, whereas a number of years of actual consumption figures are to hand. Because there are continual small improvements to the building and optimization of thermal components over the years, and because the usage of particular segments of a building alters from time to time, we can end up with different occupant behavior in a somewhat different building from that in which usage-adjusted theoretical consumption was originally calculated.

Questioning the occupants indicated that most were satisfied with indoor temperature and ease of regulating the heating in winter. Nevertheless, one in four were often too cold, and a number complained about draughts.

An even greater problem from the viewpoint of the occupants was mitigation of indoor heat in summer. Therefore, through the forthcoming retrofits the occupants are hoping primarily for an improvement in the situation in summer, while energy saving is of secondary importance. Even with blinds that are currently to hand, the users are unable to regulate for summer conditions and suffer high indoor temperatures. The degree of difficulty varies according to building features (orientation to the sun; floor of the office). A further problem is the discomfort of traffic noise when windows are opened for ventilation for long periods.

Despite the high rebound effects, the results of qualitative and quantitative questioning and of observations do not indicate that most of the occupants behave particularly energy-efficiently. For example, the number of heating adjustments per day is much lower than the number of ventilation sessions – most of which take place while the heating is turned up. Many interviewees admitted that they hardly ever adjust the heating and do not turn it down when going home at the weekend. Many admit they regulate the indoor temperature more often by opening windows and doors than by adjusting the heating. In a number of the buildings, office doors are kept constantly open so that people can talk to each other between rooms. This increases the heating energy consumption of nearby corridors and stair wells, as these are thereby heated to the same temperature as the offices.

Most of the occupiers declared they behave much more energy efficiently at home than in the workplace. Correspondingly, their interest in energy consumption and the meaning of energy saving for their own homes tends to be far greater than for their workplaces. Nevertheless, two-thirds of the occupants maintained that energy saving in the workplace is important to them. About half say they are interested in information on energy saving in the workplace. In their view, more and better information, competitions and monetary incentives would be particularly good measures to increase the implementation of energy saving. They also desired supportive measures such as better control technology and automation, and felt that a thermal retrofit would also increase energy efficient behavior.

1 Einführung

Der Bund hat sich im Sinne der Vorbildwirkung der öffentlichen Hand vorgenommen, bis 2020 den Wärmebedarf der Bundesbauten um 20 % zu reduzieren. Im Rahmen des Sanierungsfahrplans Bundesbauten sollen in den nächsten Jahren zahlreiche Bundesliegenschaften umfassend energetisch saniert werden. Hierfür wurden bereits Liegenschaften mit hohem Einsparpotenzial identifiziert, die prioritär zu sanieren sind (Scoringliste). Bei Wohngebäuden wurde beobachtet, dass vor einer energetischen Sanierung der tatsächliche Verbrauch unterhalb des berechneten theoretischen Bedarfs liegt. Nach der Sanierung liegt allerdings der Verbrauch oberhalb des Bedarfs. Aus unterschiedlichen Gründen kommt es daher bei privaten Konsumenten und Konsumentinnen in Folge von Effizienzsteigerungen vielfach zu Rebound-Effekten. Rebound-Effekte können sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen auswirken, daher sollten diese bereits bei der Sanierungsplanung berücksichtigt werden. Da sich die Erkenntnisse zu Rebound-Effekten bei Wohngebäuden nicht ohne weiteres auf Nichtwohngebäude übertragen lassen, soll dieses Vorhaben zur Beantwortung der Frage beitragen, ob bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden Rebound-Effekte zu erwarten und was ggf. Ursachen dafür sind.

Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) hat im Jahr 2013 eine Sondierungsstudie zur Quantifizierung von Rebound-Effekten bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/ Bundesliegenschaften in Auftrag gegeben². Im Rahmen dieser Studie wurde eine Methodik entwickelt und in vier Fallstudien erprobt. Die Methodik hat sich grundsätzlich für die Ermittlung von Rebound-Effekten und deren Ursachen bewährt. Allerdings wurden in der Sondierungsstudie ausschließlich Liegenschaften nach der Durchführung von Sanierungen untersucht. Insbesondere zum Nutzungsverhalten vor der Sanierung konnten deshalb nur eingeschränkt belastbare Daten gewonnen werden: Die Nutzer/innen erinnerten sich nicht mehr im Detail an ihr Lüftungs- und Heizverhalten aus dem Zeitraum vor der Sanierung, der meist schon einige Jahre zurück lag. Als weiteres Problem einer reinen Ex-Post-Betrachtung stellte sich die Ermittlung von zuverlässigen Energiekennwerten für das Gebäude vor der Sanierung heraus, insbesondere bei Liegenschaften, in denen keine gebäudescharfe Erfassung des Wärmeverbrauchs stattfand. In der vorliegenden Studie wurde die Methodik weiterentwickelt und in Fallstudien erprobt.

Das aktuelle Vorhaben beschränkt sich auf die Untersuchung der Gebäude vor einer energetischen Sanierung. Es wurden Liegenschaften untersucht, bei denen davon ausgegangen wurde, dass in den nächsten Jahren eine energetische Sanierung erfolgen soll. Damit soll ermöglicht werden, im Rahmen eines Folgevorhabens, Untersuchungen nach der Sanierung durchzuführen und somit Unterschiede im Verhalten vor und nach der Sanierung sowie die Veränderung der Energiekennwerte durch die Sanierung zuverlässig zu ermitteln. Aufgrund der Möglichkeit einer Panelerhebung vor und nach der Sanierung wurden die qualitativen Interviews um eine quantitative Befragung der Nutzer/innen ergänzt, so dass die Verhaltensänderungen auch quantitativ erfasst werden können. Um auch Liegenschaften ohne gebäudescharfe Wärmeverbrauchserfassung untersuchen zu können, wurde im Rahmen des Vorhabens außerdem die Möglichkeit geschaffen, Wärmemengenzähler zu installieren.

Erst zusammen mit einem Folgeprojekt, in dem eine Ex-Post-Untersuchung durchgeführt wird, lassen sich Ergebnisse zum direkten Rebound-Effekt bei energetischen Sanierungen ableiten. Auf Basis der Ergebnisse des aktuellen Vorhabens können jedoch bereits Aussagen zum Nutzerverhalten in unsanierten Bundesliegenschaften sowie zum Zusammenhang von Bedarf und Verbrauch und damit zum Prebound-Effekt getroffen werden.

² BBSR (Hrsg.): Sondierungsstudie zur Quantifizierung von Rebound-Effekten bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/ Bundesliegenschaften. BBSR-Online-Publikation 01/2015, Februar 2015.

2 Methodische Vorgehensweise

Ziel der empirischen Arbeiten im Vorhaben war die Ermittlung der Energiekennwerte und des Prebound-Effekts sowie des Nutzerverhaltens zur Ermittlung der Ursachen des Prebound-Effekts in Bundesliegenschaften vor einer energetischen Sanierung.

Zu diesem Zweck wurden zunächst Gebäude für die Durchführung von Fallstudien gesucht und ausgewählt. In diesen Gebäuden fanden dann umfangreiche empirische Erhebungen statt:

- Für die Berechnung des Prebound-Effekts sind thermische Bedarfs- und Verbrauchswerte notwendig. Diese wurden ermittelt. Wo der Wärmeverbrauch nicht gebäudescharf erfasst wurde, erfolgte der Einbau von Wärmemengenzählern.
- Nutzerverhalten und Ursachen des Prebound-Effekts wurden auf Basis von Interviews mit den Nutzer/innen und dem Fachpersonal, einer quantitativen Befragung, einer Objektbegehung sowie einer stichprobenhaften Messung der Lüftungsart sowie der Temperatur in verschiedenen Räumen untersucht.

Nachfolgend werden die einzelnen Untersuchungsschritte im Detail beschrieben.

2.1 Auswahl der Fallstudienobjekte

Bei der Auswahl der Fallstudienobjekte wurden folgende Auswahlkriterien berücksichtigt:

- Es soll sich um Büro- und Verwaltungsgebäude mit einer möglichst konstanten Nutzung handeln (keine fluktuierende Nutzung).
- Bei der Mehrzahl der Objekte soll keine Außentätigkeit der Mitarbeiter/innen bzw. kein hoher Publikumsverkehr vorliegen.
- Bei den Gebäuden soll vor und nach der geplanten energetischen Sanierung eine Nutzung durch die gleiche Personengruppe bestehen.
- Bei den Gebäuden soll bereits ein Energiekonzept vorhanden sein bzw. die Bearbeitung des Energiekonzeptes soll bis zum Jahresende 2015 abgeschlossen sein.
- Die Umsetzung der energetischen Sanierungsmaßnahmen soll innerhalb der nächsten Jahre geplant sein.
- Die Erfassung des Wärmeverbrauchs soll idealerweise gebäudescharf erfolgen bzw. die Liegenschaft nur aus einem Objekt bestehen. In diesem Fall ist keine Installation von Messtechnik erforderlich. Für den Fall, dass keine gebäudescharfe Wärmeverbrauchserfassung erfolgt, ist die Installation von Wärmemengenzählern notwendig.
- Für die Fallstudien sollen Liegenschaften des Bundes ausgewählt werden.

Vom BBSR wurde eine Liste mit grundsätzlich in Frage kommenden Bundesliegenschaften zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich durchgängig um Gebäude, die aufgrund ihres schlechten Ausgangszustands im Rahmen des Sanierungsfahrplans für die Erstellung eines Liegenschaftsenergiekonzepts ausgewählt wurden. Auf Grundlage der verfügbaren Informationen zu diesen Liegenschaften wurde eine Vorauswahl anhand der genannten Kriterien vorgenommen und im nächsten Schritt die Eignung dieser Objekte für die Fallstudien mit den zuständigen Objektmanagern der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) nochmals überprüft. Entscheidend waren in dieser Phase insbesondere die Aspekte Wärmeverbrauchserfassung, Abschluss des Energiekonzepts, Standortsicherheit des Gebäudes und Durchführung einer energetischen Sanierungsmaßnahme in den nächsten fünf Jahren.

Für die Fallstudien wurden ausschließlich Bundesliegenschaften, d. h. Liegenschaften im Eigentum und der Verwaltung der BImA, ausgewählt. Bei den Fallstudienobjekten handelt es sich um die nachfolgend aufgeführten sechs Bundesliegenschaften mit insgesamt acht Gebäuden. Tab. 2.1 gibt einen Überblick über die Fallstudienobjekte; in Kapitel 3.5 werden die einzelnen Objekte näher beschrieben. Bei den Gebäuden handelt es sich jeweils um ein Gebäude des Hauptzollamtes (HZA) in Nürnberg und um ein Gebäude des HZA in Saarbrücken, zwei Gebäude des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) in Flensburg, zwei Gebäude einer Bundeswehrkaserne in Stuttgart (Theodor-Heuss-Kaserne - THK) sowie jeweils ein Gebäude des Bundesamtes für Immobilienaufgaben in Augsburg (BImA) und des Bildungs- und Wissenschaftszentrums (BWZ) in Frankfurt a. M. Die Übersicht zeigt, dass die Objekte eine breite Streuung hinsichtlich der geographischen Lage, dem Baujahr, der Größe (beheizte Nettogrundfläche (NGF)) sowie der Anzahl an Mitarbeitern aufweisen. Die Nutzer/innen in den Gebäuden des HZA in Nürnberg und Saarbrücken und der Bundeswehrkaserne verbringen durchschnittlich ca. 20 % ihrer Arbeitszeit außerhalb des Gebäudes. Bei den anderen Gebäuden verbringen die Nutzer/innen nahezu die gesamte Arbeitszeit innerhalb ihres Büros oder zumindest innerhalb des Gebäudes.

Tab. 2.1: Übersicht Fallstudienobjekte

* NGF = Nettogrundfläche

Objekt	Ort (Bundesland)	WE-Nummer	Baujahr	beheizte NGF [m ²]	Anzahl Mitarbeiter
Hauptzollamt (HZA) Saarbrücken	Saarbrücken (Saarland)	130758	1977	10.911	375
Bundesamt für Migration und Flüchtlinge (BAMF), Zentrale und Hauptzollamt (HZA) Nürnberg, Gebäudeteil HZA	Nürnberg (Bayern)	132745	1935 -1936	11.575	320
Theodor-Heuss-Kaserne, Gebäude 4N	Bad Cannstatt (Baden- Württemberg)	143899	1979	5.140	75
Theodor-Heuss-Kaserne, Gebäude 2			1930	4.635	75
Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) Flensburg, Haus A	Flensburg (Schleswig- Holstein)	142496	1960 -1965	15.534	960
Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) Flensburg, Haus B			1977 -1981	9.835	
Bildungs- und Wissenschaftszentrum der Bundesfinanzverwaltung (BWZ), Dienstszitz Frankfurt	Frankfurt a. M. (Hessen)	129828	1912	3.117	60
Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA), Dienstgebäude Augsburg	Augsburg (Bayern)	135123	1936	1.813	38

2.2 Mathematische Definition des Prebound-Effektes

Bei Wohngebäuden ist aus vielen großen Datensätzen bekannt, dass vor der Sanierung der Energieverbrauch vielfach deutlich geringer ist als der Bedarf. Wird der höhere Bedarfswert als Bewertungsgrundlage für eine Sanierungsentscheidung gewählt, kann durch die energetische Sanierung nicht der Effekt erbracht werden. Daher sollte bei der Sanierungsentscheidung der Prebound-Effekt Berücksichtigung finden.

Bei der energetischen Sanierung eines Gebäudes gibt es vier relevante Energiekennwerte, die gemessen oder berechnet werden können: Der Energiebedarf vor der Sanierung B_1 , der Energieverbrauch vor der Sanierung V_1 , der Energiebedarf nach der Sanierung B_2 und der Energieverbrauch nach der Sanierung V_2 . Beim Energiebedarf handelt es sich um eine theoretische Größe, die unter standardisierten Annahmen (Normnutzungsbedingungen (bspw. für die Raumlufttemperatur und den Luftwechsel), Referenzstandort, innere Wärmegewinne, etc.), der vorhandenen Gebäudesubstanz (Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudehülle) und der Anlagentechnik gebäude- aber nicht nutzerspezifisch berechnet wird. Die Grundlage für die thermische Energiebedarfsberechnung bildet in Deutschland die Energieeinsparverordnung (EnEV). Der Energieverbrauch hingegen ist eine reale Messgröße, die auch durch das Nutzerverhalten beeinflusst wird. Der Energieverbrauch wird mit Messtechnik (Verbrauchszähler) erfasst und bspw. auf Energieabrechnungen der Versorgungsunternehmen angegeben. In der vorliegenden Studie wurde der Energieverbrauch der einzelnen Abrechnungsperioden witterungsbereinigt und auf den Referenzstandort bezogen.

Der Rebound-Effekt kann auf Grundlage der Energieverbrauchswerte und -bedarfswerte vor und nach der Sanierung berechnet werden (vgl. Weiß et al. 2015). Da bei diesem Projekt die Fallstudiengebäude allerdings noch nicht energetisch saniert wurde und auch vielfach noch keine Maßnahmenauswahl festgelegt wurde, liegen zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes weder Energiebedarfswerte noch -verbrauchswerte für den Zustand nach der Sanierung vor.

Mit dem Prebound-Effekt P , der sich jedoch ausschließlich auf den Zustand vor der Sanierung bezieht, kann jedoch die Differenz zwischen thermischen Energieverbrauch vor der Sanierung (V_1) und thermischen Energiebedarf vor der Sanierung (B_1) bewertet werden (siehe Formel 1) (Galvin und Sunikka-Blank 2016).

$$P = \frac{B_1 - V_1}{B_1} * 100 \% \quad (1)$$

Der Prebound-Effekt P bewertet die Differenz zwischen Energiebedarf und -verbrauch bezogen auf den -bedarfswert. Ist der Prebound-Effekt gleich Null, dann entspricht theoretisch das Nutzerverhalten dem Verhalten unter Normbedingungen, der theoretische Bedarf stimmt mit dem tatsächlichen Verbrauch überein. Wenn der Prebound-Effekt größer als Null ist, dann liegt der Verbrauch unterhalb des Bedarfs. Die Nutzer/innen verbrauchen also weniger Energie als unter Normbedingungen erwartet würde. Je höher der Prebound-Effekt ist, desto größer ist die Abweichung zwischen Bedarf und tatsächlichen Verbrauch.

2.3 Ermittlung der Objektdaten und Energiekennwerte der Fallstudienobjekte

2.3.1 Ermittlung Energiebedarfs- und verbrauchswerte

Die thermischen Energieverbrauchswerte wurden aus Rechnungen des Energieversorgungsunternehmens bzw. Zusammenstellungen für mehrere Jahre von dem bzw. der jeweils zuständigen Objektverantwortliche/n der BImA übernommen. Für die einzelnen Jahre wurden die Verbrauchswerte mit den Klimafaktoren des Deutschen Wetterdienstes witterungsbereinigt. Die Ermittlung des Energieverbrauchs der Fallstudienobjekte unterliegt objektspezifischen Besonderheiten. Die Liegenschaften des HZA Saarbrücken, der BImA Augsburg

burg und des BWZ Frankfurt a.M. bestehen jeweils nur aus einem einzigen Gebäude, daher lagen die Werte des Energieverbrauchs und -bedarfs gebäudescharf vor. Die Liegenschaft der Theodor-Heuss-Kaserne in Stuttgart umfasst mehrere Gebäude, die allerdings mit einer Gebäudeleittechnik ausgestattet sind. Daher wird für die beiden Gebäude der Energieverbrauch ebenfalls gebäudescharf erfasst. Die Liegenschaft des KBA Flensburg besteht aus drei Hauptgebäuden (dem Haus A, dem Haus B und einem weiteren Bürogebäude) sowie zwei kleineren Pförtnerhäusern. Zur gebäudescharfen Erfassung des Wärmeverbrauchs wurden zwei Wärmemengenzähler, welche durch das Projekt finanziert wurden, eingebaut. Der Einbau des zweiten Wärmemengenzählers konnte jedoch erst im Frühjahr 2016 erfolgen, so dass bisher keine Heizperiode erfasst werden konnte.

Bei dem Hauptzollamt Nürnberg liegt der thermische Energieverbrauch nur für die gesamte Liegenschaft, bestehend aus fünf unterschiedlichen Gebäuden bzw. Gebäudeteilen, vor. Der vom HZA genutzte Gebäudeteil grenzt geschossübergreifend direkt an einen Gebäudeteil an, der von einer anderen Behörde genutzt wird. Beide Gebäudeteile sind über mehrere Heizungsstränge miteinander verbunden und eine separate Erfassung des thermischen Energieverbrauchs für den Gebäudeteil des Hauptzollamts findet nicht statt. Der Einbau von Wärmemengenzählern wurde für das Objekt geprüft. Zur behördenspezifischen Erfassung des Wärmeverbrauchs hätten mehrere Wärmemengenzähler eingebaut werden müssen, was aus Gründen der Wirtschaftlichkeit unterblieb. Der Energieverbrauch des HZA Nürnbergs wurde daher anteilig über die Fläche (gemäß Bezugsflächenangabe des Energieausweises) umgelegt. Daher handelt es sich beim Energieverbrauch des HZA Nürnbergs nur um einen abgeschätzten Wert, der keine Nutzerspezifika der verschiedenen Behörden der Liegenschaft (bspw. Nutzungszeiten) berücksichtigt. Der tatsächliche Verbrauch in der untersuchten Behörde kann evtl. erheblich abweichen, was die Aussagekraft dieses Wertes einschränkt.

Der thermische Energiebedarf wurde gebäudescharf aus den separaten Energiekonzepten entnommen. Die einzige Ausnahme bildet hier das Krafftahrt-Bundesamt Flensburg. Bei diesem Objekt wurde der Energiebedarf für den Gebäudeteil A und B gemeinsam berechnet.

2.3.2 Erfassung des Lüftungsverhaltens

Im Rahmen der Interviews vor Ort wurde in den Fallstudienobjekten eine stichpunktartige, einmalige Messung des Lüftungsverhaltens durchgeführt, um die Selbsteinschätzungen der Nutzer/innen zu überprüfen. Zur Erfassung der Art der Fensterlüftung wurden in einer Fotodokumentation alle zugänglichen Seiten des Gebäudes aufgenommen. Bei einem Gebäude wurde die Art der Lüftung in einer Skizze dokumentiert, da das Gebäude verwinkelt war und eine Fotodokumentation aufgrund der nicht ausreichend vorhandenen Fokuswinkel nicht möglich war. Zu drei unterschiedlichen Zeiten (in der Regel morgens, vormittags und nachmittags) wurden jeweils in einem Zeitabstand von ca. 10 Minuten drei Aufnahmen getätigt. Folgende äußere Randbedingungen wurden dabei erfasst:

- Datum und Uhrzeit der jeweiligen Messung,
- Äußere Witterungsbedingungen (Messung der Außenlufttemperatur und Einschätzung der Witterungsbedingungen (Wind, Schnee, Regen, Sonnenschein)),
- Sonstige äußere Einflussfaktoren (bspw. individuelle Einschätzung der Geräuschkulisse je Gebäudeseite).

Die Fotoaufnahmen wurden anschließend hinsichtlich der Art der Lüftung (Stoßlüfter, Kipplüfter und Dauerkipplüfter) ausgewertet. Beim Krafftahrt-Bundesamt in Flensburg können die Fenster konstruktionsbedingt nicht komplett geöffnet werden, so dass dort kein Stoßlüften möglich ist. Als „Dauerlüfter“ wurden diejenigen Fenster gezählt, die während eines Erfassungsdurchgangs (3 Dokumentationen im zeitlichen Abstand von ca. 10 Minuten) bzw. während aller drei Durchgänge (morgens, vormittags und mittags bzw. nachmittags) geöffnet waren.

Die Auswertung bezieht sich auf die einsehbaren Fenster, die wiederum abhängig von der Zugänglichkeit bestimmter Bereiche, dem Einsatz von Außenjalousien, den Grenzen der fotografischen Erfassung (bspw. Winkel, Schatten, Blendungen), Zuparken der Fensterflächen, u.a. ist. Für jeden Durchgang wurde die nicht einsehbare Anzahl von Fenster dokumentiert und diese floss in die Bildung der Bezugsgröße der auswertbaren Fenster mit ein³. Die Erfassung der klimatischen Bedingungen, der genaue Dokumentationszeitpunkt sowie die Anzahl der geöffneten Fenster pro Durchgang sind im Anhang in Kapitel 7.3 „Dokumentation des Lüftungsverhaltens“ für jedes Objekt enthalten.

Die Anzahl der ausgewerteten Fenster pro Durchgang unterscheidet sich je nach Größe der Fallstudienobjekte erheblich (siehe Tab. 2.2). So wurden bspw. bei einem der Gebäude des Kraffahrt-Bundesamt Flensburg fast 2.000 Fenster ausgewertet. Bei der BImA Augsburg waren es dagegen nur 119 Fenster. Insgesamt war der Anteil der Fenster, die ausgewertet werden konnten hoch und lag bei 63 % bis 100 %.

Tab. 2.2: Anzahl der ausgewerteten Fenster

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage eigener Beobachtungen (u.a. Fotodokumentation).

¹ Anteil in die Auswertung einbezogene Fenster im Verhältnis zur Gesamtzahl an Fenstern.

Objekt	ausgewertete Fenster	
	[Anzahl]	[%] ¹
HZA Saarbrücken	1.080	87 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	388	98 %
THK Stuttgart, Gebäude 2	273	63 %
KBA Flensburg, Gebäude A	1.979	92 %
KBA Flensburg, Gebäude B	1.220	91 %
BWZ Frankfurt	212	99 %
BImA Augsburg	119	99 %
HZA Nürnberg	192	100 %

2.3.3 Erfassung der Raumlufttemperatur

Ebenso wie das Lüftungsverhalten wurde in den Fallstudienobjekten die Raumlufttemperatur erfasst, um die Selbsteinschätzungen der Nutzer/innen zu ergänzen. Zur Erfassung der Raumlufttemperatur erfolgte in den Büros der Interviewpartner/innen eine Temperaturmessung, sofern diese hierzu ihr Einverständnis gaben. Dabei wurde einmalig mit einem mobilen Messgerät die Temperaturmessung durchgeführt. Folgende Randbedingungen wurden dokumentiert:

- Datum und Uhrzeit der jeweiligen Messung,
- gemessene Raumlufttemperatur,

³ Bei dem Fallstudienobjekt HZA Nürnberg konnte der Innenhof aus sicherheitstechnischen Gründen nicht betreten werden bzw. dort keine Fotoaufnahmen durchgeführt werden. Die Gesamtzahl der ausgewerteten Fenster bezieht sich demnach ausschließlich auf die Außenbereiche des Gebäudes.

- Anzahl der Mitarbeiter/innen im Büro,
- Büroausrichtung und Raumnummer,
- Zeitspanne zum letzten Lüftungsvorgang (ca. in Stunden),
- Zusätzliche Bemerkungen.

Die Auswertung der Raumlufttemperatur-Messungen erfolgte anonymisiert. Die Erfassung der Raumnummern und der Namen der Mitarbeiter/innen soll eine Vergleichbarkeit für eine Wiederholung der Messung nach einer energetischen Sanierung ermöglichen. Dadurch könnte eine Verhaltensänderung durch die Sanierung, die zu Rebound-Effekten führt, näher erforscht werden. Die Messung der Raumlufttemperatur erfolgt mit digitalen Temperaturmessgerät „testo 110“ der Firma Testo AG, Lenzkirch mit einem Lufttemperatur-Messfühler für den Messbereich -50 °C bis 125 °C, bei einer Genauigkeit von $\pm 0,2$ K zwischen -25 °C und 80 °C.

2.4 Durchführung der Interviews und Befragungen

Um Informationen zum Nutzerverhalten sowie der Einstellung und Wahrnehmung der Nutzer/innen zu erhalten, wurden eine quantitative Erhebung mittels eines standardisierten Fragebogens sowie eine vertiefende qualitative Erhebung mittels eines persönlichen halbstrukturierten, digital aufgenommenen Interviews durchgeführt. Die quantitative Erhebung richtete sich an alle Nutzer/innen der ausgewählten Gebäude. Für die qualitative Erhebung wurden je Fallstudienobjekt vier bis sieben Nutzer/innen ausgewählt und befragt. Bei den Gesprächen mit dem Fachpersonal (Objektmanager, Bauverwaltung, technisches Personal etc.) wurden ergänzende Informationen zum Nutzerverhalten ermittelt. Außerdem dienten die Interviews dem Abgleich zwischen den Annahmen in den Energiekonzepten vor der Sanierung mit dem tatsächlichen Zustand des Gebäudes sowie den geplanten energetischen Sanierungsmaßnahmen. Die Befragung erfolgte ebenfalls in Form von halbstrukturierten, digital aufgenommenen Interviews. Sowohl die qualitative als auch quantitative Erhebung fand im Rahmen der Heizperiode (Winter 2015/2016) statt, um sicherzustellen, dass das Heizungs- und Lüftungsverhalten im Winterhalbjahr bei den Befragten präsent ist. Bei der Erhebung, Verarbeitung und Verwendung der persönlichen Daten wurden die gültigen Datenschutzbestimmungen eingehalten.

2.4.1 Qualitative Interviews mit Nutzer/innen und dem Fachpersonal

Zur Durchführung der qualitativen Interviews mit dem Fachpersonal und den Nutzer/innen wurden die im Rahmen des Projektes „Sondierungsstudie zur Quantifizierung von Rebound-Effekten bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden / Bundesliegenschaften“ entwickelten Leitfäden für eine Befragung vor der energetischen Sanierung überarbeitet und weiterentwickelt.

Für die Interviews mit den Nutzer/innen wurden je Fallstudienobjekt ca. fünf Personen ausgewählt. Dazu wurden die Behörden- / Dienststellenleiter/innen der Liegenschaften gebeten, Mitarbeiter/innen für eine Teilnahme an der Befragung zu gewinnen. Die Interviewten sollten in Summe folgende Kriterien erfüllen:

- möglichst langjährig (mindestens 5 Jahren) im Gebäude beschäftigt,
- Büros in unterschiedlichen Gebäudeteilen (Himmelrichtung und/ oder Geschoss,
- unterschiedliche Dienstfunktionen.

Die Interviewpartner/innen für die Gespräche mit dem für die Gebäude zuständigen Fachpersonal wurden im Austausch mit der Behördenleitung der jeweiligen Liegenschaft sowie dem bzw. der Objektmanager/in der BImA ausgewählt.

Die Interviews mit den Nutzer/innen umfassten folgende Themenkomplexe:

- Büronutzung
- Heizungs- und Lüftungsverhalten im Winter und Sommer und Ursachen hierfür
- Komfort für Nutzer/innen
- Erwartungen der Nutzer/innen an energetische Sanierungsmaßnahmen
- Kenntnis und Interesse am Energieverbrauch des Dienstgebäudes
- Mögliche Anreize für einen sparsamen Umgang mit Energie
- Unterschiede zwischen Heizungs- und Lüftungsverhalten im dienstlichen und privaten Bereich und Ursachen hierfür

Die Leitfragen des Interviews sind im Anhang dokumentiert (siehe 7.1.2).

Die Interviews mit dem Fachpersonal beinhalteten folgende Themenkomplexe:

- Zuständigkeiten, Aufgaben,
- bautechnische Veränderungen bzw. Veränderungen bei der Raumnutzung
- Einschätzung des energetischen Zustands des Gebäudes, des energetischen Nutzungskomforts für die Mitarbeiter/innen im Gebäude und der Regulierungsmöglichkeiten bzw. Selbsthilfemaßnahmen, die den Nutzer/innen zur Verfügung stehen
- Erwartungen an die energetische Sanierung aus Sicht des Fachpersonals
- Interesse der Nutzer/innen an Informationen zum Energieverbrauch und Zugänglichkeit der Energieverbrauchswerte für die Nutzer/innen aus Sicht des Fachpersonals,
- Schulungen der Nutzer/innen zu energieeffizientem Heizungs- und Lüftungsverhalten

Die Leitfragen sind ebenfalls im Anhang dokumentiert (siehe 7.1.1). Zusätzlich zu der Befragung zum Ist-Zustand des Gebäudes wurde, sofern von der Behördenleitung genehmigt, mit einer Fachperson eine Objektbegehung durchgeführt. Ziel dieser Vor-Ort-Begehung war die Inaugenscheinnahme des energetischen Zustands des Gebäudes, die Überprüfung der vorhandenen Gebäudetechnik und der Annahmen zu beheizten Flächen sowie die Besichtigung von einigen typischen Büros der Nutzer/innen und die Ermittlung von objekt-spezifischen Besonderheiten.

In allen acht Gebäuden wurde mit vier bis sechs Nutzer/innen gesprochen. Insgesamt konnten die Vorgaben für die Rekrutierung der Nutzer/innen weitgehend erfüllt werden (Ausrichtung und Etage des Büros, Dienstposition). Beim Fachpersonal konnten je Objekt Interviews mit drei bis sechs Personen geführt werden; auch hier konnten durch die Streuung der Aufgabenbereiche unterschiedliche Erfahrungen berücksichtigt werden.

In den acht untersuchten Gebäuden wurden insgesamt 69 Personen interviewt (43 Nutzer/innen und 28 Personen des Fachpersonals) (siehe Tab. 2.3). Zwei Personen waren sowohl Nutzer/innen in dem Gebäude als auch Fachpersonal, daher wurden diese Personen entlang beider Leitfäden interviewt. Die Interviews erfolgten vor Ort durch eine bzw. zwei Interviewer/innen des Forschungsteams. Lediglich ein Interview musste telefonisch durchgeführt werden aufgrund der Abwesenheit der betreffenden Personen im Zeitraum der Interviews. Fünf Interviews wurden als Doppelinterviews mit jeweils zwei Personen und ein Interview wurde mit drei Personen (Fachpersonal) gleichzeitig durchgeführt. Eine Person sprach sich gegen eine digitale Aufzeichnung des Interviews aus, daher wurde dieses Interview nur schriftlich protokolliert. Die digital aufgezeichneten Interviews wurden transkribiert und anonymisiert. Die Auswertung der Interviews erfolgte mit der Software

MAXQDA der Firma VERBI GmbH, Berlin (Version 11 und 12). Eine kurze Beschreibung der Software sowie der verwendeten Funktionen befindet sich im Anhang (Kapitel 7.1.4).

Tab. 2.3: Anzahl der befragten Personen und Zeitraum der Interviews in den Fallstudienobjekten

Objekt	Interviews mit Mitarbeiter/Innen [Anzahl Personen]	Interviews mit Fachpersonal [Anzahl Personen]	Durchführung vor Ort
HZA Saarbrücken	7	5	24.-25.02.2016
THK Stuttgart, Gebäude 2 und 4N	6 im Gebäude 2 4 im Gebäude 4N	6	13.-15.01.2016
KBA, Haus A und B	4 im Haus A 4 im Haus B 2 Verbinder A und B	6	17.-18.02.2016
BWZ Frankfurt a.M.	5	3	24.-25.02.2016
BlmA Augsburg	5	5	18.-19.01.2016
HZA Nürnberg	6	3	02.-03.03.2016
Gesamt	43	28	

Wesentliches Ziel der Interviews mit ausgewählten Nutzer/innen war es, Erklärungen für bestimmte Verhaltensweisen und Einflussfaktoren auf das Nutzerverhalten herauszufinden. Zentrale Fragestellungen bei der Auswertung der Interviews waren demnach:

- Warum wird kipp- oder stoßgelüftet?
- Welchen Einfluss haben die Kollegen/innen im Zimmer auf das Verhalten und was sind Strategien zum Umgang mit unterschiedlichen Bedürfnissen?
- Wie wirkt sich die persönliche Einstellung zum Thema Energiesparen auf das Heizungs- und Lüftungsverhalten sowie die Motivation zum sparsamen Umgang mit Energie aus?
- Welche Gebäudespezifika und ggf. Rahmenbedingungen beeinflussen das Verhalten oder den Komfort der Nutzer/innen im Gebäude? Welche Maßnahmen ergreifen die Nutzer/innen bzw. welche Regulierungsmöglichkeiten stehen ihnen zur Verfügung?
- Wie empfinden die Nutzer/innen den Komfort des Gebäudes und wie spiegelt sich dies bei den Erwartungen an die energetische Sanierung des Gebäudes wider?
- Ist das Thema Energiesparen in der Behörde offiziell oder inoffiziell ein Thema?
- Wie unterscheidet sich das Heizungs- und Lüftungsverhalten am Arbeitsplatz und zu Hause? Was sind Ursachen dafür?

Für die Auswertung der Transkripte wurde ein System thematischer Codes erarbeitet und die Nutzer/innen mittels Dokumentenvariablen charakterisiert (siehe Anhang). Anschließend wurden mit Hilfe von themenbezogenen und selektiven Retrievals Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Befragten herausgearbeitet sowie Erklärungen bzw. Einflussfaktoren abgeleitet.

2.4.2 Quantitative Befragung der Nutzer/innen mittels einer Online-Erhebung

Für die quantitative Befragung der Nutzer/innen wurde ein Fragebogen erarbeitet und mit dem Auftraggeber abgestimmt. Der Fragebogen umfasst folgende Themenkomplexe:

- Kontinuität und Dauer der Büronutzung
- Heizungs- und Lüftungsverhalten
- Nutzungskomfort
- Erwartungen an die energetische Sanierungsmaßnahme
- Unterschiede Heizungs- und Lüftungsverhalten im dienstlichen und privaten Bereich
- Interesse am Energiesparen und der Höhe des Energieverbrauchs

Die Fragen sind im Anhang (Kapitel 7.1.3) dokumentiert. Die Befragung erfolgte mittels einer Online-Erhebung mit dem Tool „onlineumfragen.com“. Die Einladung der Nutzer/innen zur Teilnahme an der Befragung sowie eine Erinnerung bzw. Verlängerung des Befragungszeitraums erfolgte per E-Mail durch die Behördenleitung der jeweiligen Liegenschaft. Ziel dieser direkten Ansprache der Mitarbeiter/innen durch die Behördenleitung war es, eine möglichst hohe Rücklaufquote zu erreichen. Die E-Mail enthielt Informationen zum Forschungsvorhaben und der Erhebung, einen Hinweis zur Freiwilligkeit und Dauer der Teilnahme sowie Link und Passwort zur Online-Umfrage. Bei den Liegenschaften Theodor-Heuss-Kaserne in Stuttgart und Krafftahrt-Bundesamt in Flensburg erfolgte die Einladung zur Befragung über den gesamten E-Mailverteiler, der auch Mitarbeiter/innen in anderen Gebäuden der Liegenschaft umfasste. Um dennoch eine Zuordnung der Mitarbeiter/innen zu den ausgewählten Gebäuden der Liegenschaft vornehmen zu können, wurde bei diesen Liegenschaften abgefragt, in welchem Gebäude das Büro der Nutzer/innen liegt. Im Rahmen der Online-Erhebung wurde auch ein Kontrollcode erhoben, um bei der Befragung nach der energetischen Sanierung eine Vergleichbarkeit herstellen zu können. Die Befragung fand über einen Zeitraum von vier Wochen im Februar/März 2016 statt.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Gesamtzahl der Mitarbeiter/innen in den Fallstudienobjekten sowie die Zahl der Mitarbeiter/innen, welche an der Online-Umfrage teilgenommen haben. Beim KBA Flensburg konnte die Zahl der Mitarbeiter/innen, die im Gebäude A und B ihr Büro haben, nicht genau ermittelt werden, da ein Teil der Mitarbeiter/innen noch in einem dritten Gebäude sitzt. Die reale Teilnahmequote für dieses Objekt ist demnach höher als in Tab. 2.4 angegeben. Die Übersicht zeigt, dass sowohl bei der Gesamtzahl der Mitarbeiter/innen als auch bei den Rücklaufquoten deutliche Unterschiede zwischen den Fallstudienobjekten bestehen. Insgesamt nahmen 499 der 1.881 eingeladenen Nutzer/innen an der Erhebung teil, dies entspricht einem objektübergreifenden Rücklauf von 27 %.

Tab. 2.4: Anzahl befragter Nutzer/innen und Rücklauf bei der Online-Umfrage in den acht Fallstudienobjekten

Objekt	Anzahl Mitarbeiter	Anzahl Mitarbeiter/innen mit einer Teilnahme an der Befragung	Rücklaufquote
HZA Saarbrücken	375	69	18 %
THK Stuttgart, Gebäude 2 und 4N	Gebäude 2: 75 Gebäude 4N: 75	43	34 %
KBA, Haus A und B	960 (inklusive zusätzliches Gebäude in Liegenschaft)	251	26 %
BWZ Frankfurt a.M.	60	23	38 %
BlmA Augsburg	38	25	66 %
HZA Nürnberg	320	88	28 %
Gesamt	1.881	499	27 %

Für die Auswertung der Online-Erhebung wurde die Statistiksoftware IBM SPSS Statistics in Version 19 verwendet. Jeder Ausprägung innerhalb eines gebäudespezifischen Rohdatensatzes wurde eine objektspezifische Identifizierungsnummer zugewiesen, sodass die insgesamt acht Einzeldatensätze zu einem Gesamtdatensatz zusammengeführt werden konnten. Die Stichprobengröße des bereinigten Gesamtdatensatzes beinhaltet insgesamt 495 Fälle, da vier Teilnehmer/innen ihren Arbeitsplatz nicht in den untersuchten Gebäuden haben und bei der Auswertung somit nicht berücksichtigt werden konnten. Bei der Auswertung der Daten wurde als Bezugsgröße jeweils die verwendbaren Angaben bei der jeweiligen Frage gewählt. Für die Analyse von Zusammenhängen wurde das Zusammenhangsmaß Kendalls Tau-c (T_c) verwendet. Dieses Zusammenhangsmaß eignet sich für die Analyse von ordinal skalierten Merkmalen und lässt Rückschlüsse über die Stärke und Richtung eines Zusammenhangs zu. Das Zusammenhangsmaß ist im Bereich von -1 und +1 skaliert, wobei das Vorzeichen die Richtung des Zusammenhangs bestimmt. Ein Wert von 0 bedeutet, dass zwischen betrachteten Variablen kein Zusammenhang besteht; Werte nahe 1 (-1 bzw. +1) weisen auf einen starken Zusammenhang hin. Bei der Analyse von nominal skalierten Merkmalen wurde dahingegen das Zusammenhangsmaß Cramers-V verwendet. Der Kontingenzkoeffizient ist ebenfalls im Bereich von 0 und 1 skaliert. Ein Wert von 0 deutet auf statistische Unabhängigkeit hin; Werte nahe 1 weisen auf einen vollständigen Zusammenhang hin.

3 Ergebnisse der Fallstudien

3.1 Energiebedarf und -verbrauch, Prebound-Effekt

Die Fallstudiengebäude werden hauptsächlich als Büro- und Verwaltungsgebäude genutzt, daher kann davon ausgegangen werden, dass die Nutzungsbedingungen weitgehend identisch sind. Allerdings unterscheiden sich u.a. altersbedingt die Bausubstanz und auch die installierte Technik der Wärmeversorgung der einzelnen Gebäude deutlich. Dies führt zu einer breiten Streuung der thermischen Energiebedarfe (siehe Tab. 3.1). Den geringsten Energiebedarf mit 93 kWh/(m² a) hat das KBA Flensburg; dies kann auf die Kompaktheit der Bauweise (8-stöckiges Hochhaus), der bereits energetisch guten Bausubstanz eines Gebäudeteils und der laufenden Heizungsoptimierung zurückgeführt werden. Einen über viermal so hohen Energiebedarf hat das BWZ Frankfurt a.M. mit 448 kWh/(m² a). Die anderen sechs Fallstudiengebäude haben mittlere Energiebe-

darfswerte im Bereich von 170 bis 219 kWh/(m² a). Für Büro- und Verwaltungsgebäude liegt der Vergleichswert gemäß Veröffentlichung des BMVBS 2009 bei 150 kWh/(m² a) für die Beheizung und Warmwassererzeugung. Somit haben sechs der Fallstudiengebäude einen etwas höheren Energiebedarf und jeweils ein Gebäude einen niedrigeren und eines signifikant höheren Energiebedarf.

Bei der Bedarfsberechnung von Nichtwohngebäuden ist eine breite Anzahl an Annahmen, bspw. zur energetischen Qualität der Bauteile, der Zonierungen, Annahmen zu den Nutzungsbedingungen in den einzelnen Zonen und der Gebäudeanlagentechnik notwendig. Einerseits sind diese Annahmen aufgrund von nicht oder nicht vollständigen Gebäudeunterlagen nicht immer bekannt und können daher nur abgeschätzt werden. Andererseits können aber auch Nutzungsbedingungen schwanken oder sich über die Jahre verändern. Ebenso werden bei der komplexen Anlagentechnik bei der Bedarfsberechnung viele Annahmen getätigt. Die Vielzahl der zulässigen Annahmen bei der Energiebedarfsberechnung nach EnEV kann dazu führen, dass der berechnete Wert für ein Gebäude mit einem definierten energetischen Zustand eine breite Streuung aufweist. So ergab bspw. die Bedarfsberechnung für das KBA Flensburg in der ersten Berechnungsstufe einen Wert von 204 kWh/(m²*a). Nach erfolgtem Verbrauchs-/ Bedarfsabgleich wurde der Wert durch Anpassungen der Annahmen auf weniger als die Hälfte auf 93 kWh / (m²*a) korrigiert. Auch beim Gebäude der BlmA Augsburg wurde im Standard-LEK darauf hingewiesen, dass der erste berechnete Bedarfswert bei 243 kWh/(m²*a) lag und nach einem Abgleich mit dem Verbrauchswerte, eine zweite Berechnungsstufe durchgeführt wurde. Durch Anpassung der Annahmen ergab sich ein Bedarfswert von lediglich 183 kWh/(m²*a). Daher wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die berechneten Bedarfswerte stark von den getätigten Annahmen abhängig sind. Bei den Standard-LEK wird im Zuge des Berechnungsverfahrens ein Verbrauchs-/ Bedarfsabgleich durchgeführt. In wieweit die Annahmen der Energiebedarfsberechnung bei den anderen Fallstudiengebäuden nach einem erfolgten Bedarfs-/ Verbrauchsabgleich angepasst wurden, geht aus den zur Verfügung stehenden Unterlagen nicht hervor. Aufgrund der hohen Differenzen zwischen Bedarfs- und Verbrauchswert kann allerdings vermutet werden, dass keine Anpassung der Annahmen bei der Bedarfsberechnung erfolgte.

Der Energieverbrauch der einzelnen Fallstudiengebäude liegt zwischen 68 und 177 kWh/(m²*a). Den geringsten Verbrauch hat das HZA Nürnberg, der jedoch nicht gebäudespezifisch sondern nur durch eine Nutzflächenumlage der gesamten Liegenschaft ermittelt werden konnte. Den höchsten Verbrauch weist das BWZ Frankfurt a. M. auf. Der mittlere spezifische Wärmeverbrauch von über 900 Liegenschaften des Bundes lag im Jahr 2008 bei 117 kWh/(m²*a); auch bei Bürogebäuden lag der Verbrauch in einer ähnlichen Größenordnung (BBSR, 2012). Der durchschnittliche Verbrauchswerte aller Fallstudiengebäude liegt bei 107 kWh/(m²*a) und damit in etwa in Höhe des Vergleichswertes.

Tab. 3.1: Thermischer Energiebedarf und –verbrauch, Prebound-Effekte

¹ Witterungs- und Heizperioden bereinigte Werte; ² beim HZA Nürnberg erfolgte die gebäudescharfe Zuordnung des Energieverbrauchs durch Umlage des gesamten Energieverbrauchs der Liegenschaft auf die Nutzflächen der einzelnen Gebäude; der tatsächliche Verbrauch kann evtl. erheblich abweichen, was die Aussagekraft dieses Wertes einschränkt

Objekt	spezifische thermische Energiekennwerte in [kWh/(m ² *a)]		Prebound-Effekt	Anzahl der Abrechnungsperioden für die Verbrauchswerte
	Verbrauch ¹	Bedarf		
HZA Saarbrücken	122	170	28 %	6
THK Stuttgart, Gebäude 2	79	178	56 %	6
THK Stuttgart, Gebäude 4N	83	219	62 %	3

KBA Haus A und B gesamt	81	93	13 %	5
BWZ Frankfurt a.M.	177	448	60 %	3
BlmA Augsburg	136	183	26 %	5
HZA Nürnberg	68 ²	183	63 % ²	6
Durchschnitt aller Fallstudiengebäude	107	211	44 %	-
<i>Bedarfwerte vor Anpassung der Annahmen nach Verbrauchs-/ Bedarfsabgleich:</i>				
KBA Haus A und B gesamt	81	204	60 %	5
BlmA Augsburg	136	243	44 %	5

Wie bereits bei der Sondierungsstudie zu diesem Projekt (vgl. Weiß et al. 2015) festgestellt wurde, liegt der Energiebedarf bei Büro- und Verwaltungsgebäuden vor der Sanierung häufig über dem Energieverbrauch. Dies konnte auch für die Fallstudienobjekte dieses Projektes festgestellt werden. Der Prebound-Effekt weist somit positive Werte auf und liegt zwischen 13 % und 62 % (ohne Berücksichtigung des HZA Nürnberg). Die mathematische Definition des Prebound-Effektes ist im Kapitel 2.2 beschrieben. Die beiden Fallstudiengebäude, bei denen der Bedarfswert mehrstufig berechnet wurde, weisen die niedrigsten Prebound-Effekte auf. Wenn hingegen die höheren Bedarfswerte der ersten Bedarfs-Berechnungsstufe zugrunde gelegt werden, liegen die Prebound-Effekte deutlich höher und betragen 60 % bzw. 44 %. Sie liegen damit in einer Größenordnung wie bei der Mehrheit der restlichen Fallstudienobjekte. Die große Varianz der Höhe des Prebound-Effektes für ein und dasselbe Gebäude durch Anpassung der getätigten Annahmen bei der Bedarfsberechnung stellte die Empfindlichkeit der Rechengröße Prebound-Effekt gegenüber seinen Eingangsgrößen dar. Ebenso wie der Prebound-Effekt ist auch der Rebound-Effekt stark von den Eingangsgrößen abhängig.

3.1.1 Lüftungsverhalten

Die objektübergreifende Auswertung zeigt folgendes Bild bzgl. der Fensterstellung: Rund 44 % der befragten Nutzer/innen lüften im Winter ausschließlich mit komplett geöffnetem Fenster (Stoßlüftung), rund 36 % lüften mit einer Kombination aus Stoß- und Kipplüftung. Ausschließlich mit gekipptem Fenster lüften 20 % der Befragten. Bei diesen Zahlen ist zu beachten, dass die Gebäude des KBA Flensburg bei der übergreifenden Auswertung nicht mit einbezogen wurden, da hier aufgrund baulicher Gegebenheiten nahezu ausschließlich eine Lüftung mit Kippstellung der Fenster möglich ist und dies die Ergebnisse bzgl. der Fensterstellung verzerrt hätte. In Mehrpersonenbüros wird mit zunehmender Zahl der Personen weniger ausschließlich das Fenster gekippt, sondern häufiger stoßgelüftet bzw. Stoßlüftung und Kipplüftung kombiniert. Auch die Einstellung gegenüber dem Thema Energiesparen hat einen gewissen Einfluss auf das Lüftungserhalten: Bei den Nutzer/innen, die dem Thema Energiesparen eine sehr hohe Bedeutung beimessen, ist der Anteil der Kipplüfter etwas geringer; bei den Befragten die als Antwort „gar keine“ bzw. „keine“ Bedeutung angaben, liegt der Anteil der Kipplüfter dagegen etwas über dem Durchschnitt.

Tab. 3.2: Stichprobenartige Erfassung des Lüftungsverhaltens von außen

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage eigener Beobachtungen (u.a. Fotodokumentation).

¹ arithmetischer Mittelwert der gekippten bzw. komplett geöffneten Fenster über alle drei Durchgänge.

Objekt	Anteil gekippter Fenster ¹	Anteil Fenster komplett geöffnet ¹	Anteil dauerhaft gekippter Fenster ¹
	[%]	[%]	[%]
HZA Saarbrücken	2,9 %	0,2 %	0,5 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	3,0 %	0,1 %	1,3 %
THK Stuttgart, Gebäude 2	12,9 %	0,5 %	5,3 %
KBA Flensburg, Gebäude A	4,9 %	bautechnisch bedingt nur Kippen möglich	1,4 %
KBA Flensburg, Gebäude B	7,8 %		0,5 %
BWZ Frankfurt	4,2 %	0,2 %	3,3 %
BlmA Augsburg	3,3 %	0,5 %	3,1 %
HZA Nürnberg	3,0 %	0,1 %	2,3 %

Die stichprobenartige Erfassung des Lüftungsverhaltens von außen führte in allen Fallstudiengebäuden zu recht ähnlichen Ergebnissen. Es wurde beobachtet, dass der Anteil an komplett geöffneten Fenstern im Vergleich zum Anteil an gekippten Fenstern deutlich geringer ist. Dies steht nicht im Widerspruch zu den Ergebnissen der Befragung, da bei der Erfassung auch Fenster in Sanitär- bzw. Gemeinschaftsräumen erfasst wurden (darunter ein Großteil der „Dauerlüfter“) und durch den kurzen Erfassungszeitraum Stoßlüftungen mit geringer Zeitdauer seltener erfasst werden als Kipplüftungen über einen längeren Zeitraum.

Hinsichtlich der Häufigkeit der Lüftung pro Tag im Winter ergab die quantitative Befragung, dass die Mehrheit der Nutzer/innen ihr Büro jeden Tag 1 bis 3-mal lüftet (siehe Abb. 3.1). Kipplüfter öffnen im Winter pro Tag häufiger das Fenster, während Stoßlüfter im Vergleich dazu tendenziell weniger Lüftungsvorgänge pro Tag durchführen.

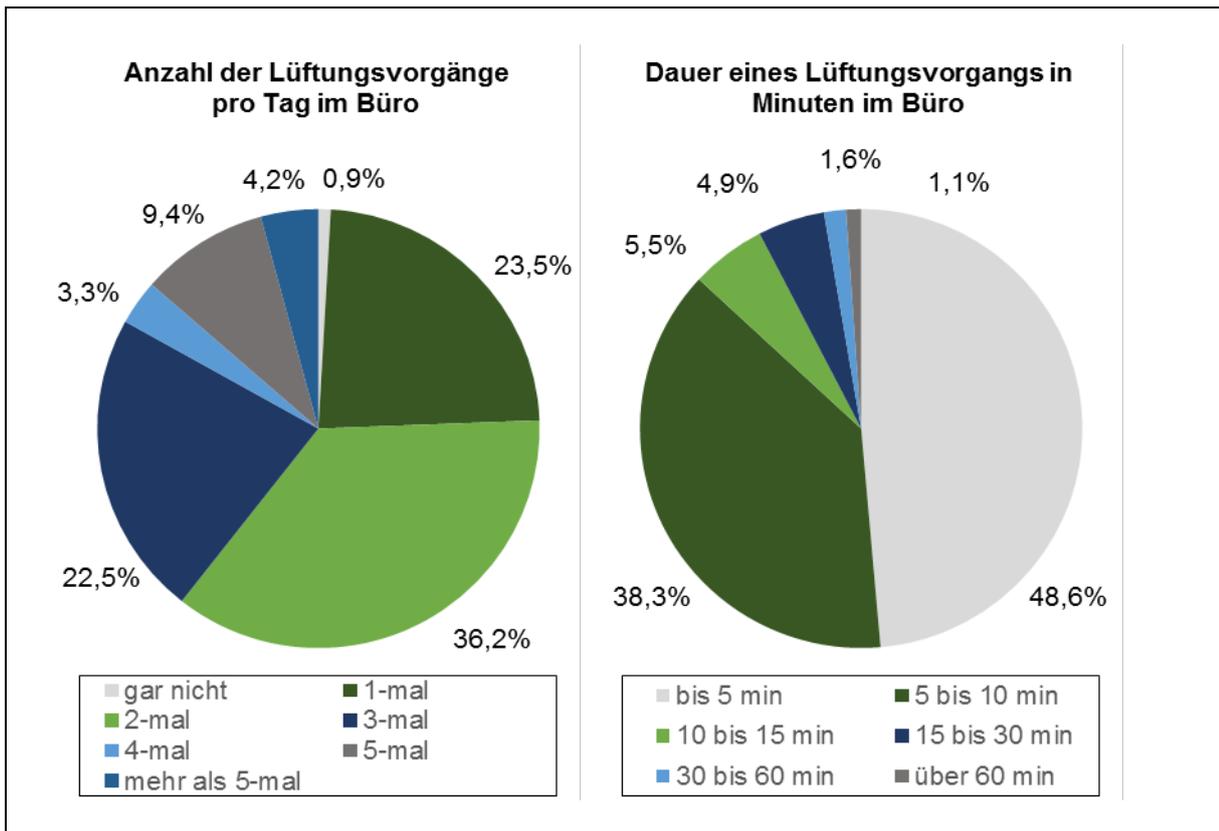


Abb. 3.1: Angaben der befragten Nutzer/innen zu der Anzahl der Lüftungsvorgänge pro Tag sowie der Dauer eines Lüftungsvorgangs in Minuten im Büro

Quelle: Quantitative Befragung der Nutzer/innen in den Fallstudienobjekten (Gesamtdatensatz ohne Gebäude des KBA Flensburg; Anzahl Lüftungsvorgänge: N=414, Dauer Lüftungsvorgangs: N=369).

Entgegen den Erwartungen wurde zwischen der Art der Fensterstellung und der Dauer pro Lüftungsvorgang bei der objektübergreifenden Auswertung kein signifikanter Zusammenhang festgestellt; in beiden Gruppen lüftet ein Großteil der Nutzer/innen mit einer Dauer von bis zu 5 Minuten (gekippt: 53 %; komplett geöffnet: 55 %) bzw. zwischen 5 und 10 Minuten (gekippt: 28 %; komplett geöffnet: 37 %). Bei Lüftungsvorgängen mit 15 Minuten und mehr ist der Anteil der Kipp Lüfter dagegen höher (gekippt: 16 %; komplett geöffnet: 4 %).

Die Arbeitsstättenregel Lüftung (ASR A3.6., 2016) empfiehlt, dass Büroräume nach Bedarf gelüftet werden. Als Anhaltswert wird empfohlen einmal pro Stunde bei einer Lüftungsdauer von 3 Minuten im Winter und 5 Minuten in der Übergangszeit Stoßzulüften. Im Vergleich hierzu ist die Lüftungshäufigkeit in den untersuchten Objekten deutlich geringer. Gleichzeitig lüften viele Nutzer/innen deutlich länger als die empfohlene Zeit – und viele mit Kipp- statt Stoßlüftung. Die stichprobenartige Erfassung des Lüftungsverhaltens bestätigt, dass Fenster die über einen längeren Zeitraum offen stehen in der Regel gekippt und nicht komplett geöffnet sind.

Die qualitativen Interviews ergaben zu den Lüftungsgewohnheiten, dass fast alle Nutzer/innen im Winter morgens zu Arbeitsbeginn lüften. Die Interviewten gaben an, dass sie darüber hinaus lüften, wenn bspw. die Luft zu stickig oder das Büro zu warm wird. Weitere Gründe für das Lüften sind: aufkommende Müdigkeit, das Bedürfnis unangenehme Gerüche (Ausdünstungen aus den räumlichen Einbauten oder nach erhöhter körperlicher Aktivität) sowie einen höheren Frischluftbedarf aufgrund von mehreren Personen im Raum auszugleichen. Wenn im Büro die Wärme nachmittags durch die zusätzliche Sonneneinstrahlung ansteigt wird

nachmittags häufiger zusätzlich gelüftet als vormittags. Häufig werden Abwesenheitszeiten zum Lüften genutzt, bspw. während des Kaffeeholens, der Mittagspause oder dem Gang zum Kopierer.

Kipp- statt Stoßlüften kann ein Kompromiss zwischen dem Bedürfnis nach ständiger Frischluft und der eindringenden Kälte zu sein: *„damit frische Luft reinkommt, aber ich will nicht dass es sofort zu kalt wird“* (N9). Wie auch die quantitative Auswertung der Lüftungsdauer gezeigt hat, scheinen Kipp- im Gegensatz zu Stoßlüfter/innen die Fenster eine längere Zeit geöffnet zu lassen: *„Wir lüften eher Kipp. ... Das Fenster ständig auf und zu machen, kommt eigentlich eher weniger vor.“* (N1). Als Gründe für Kipp- statt Stoßlüften werden zudem vollgestellte Fensterbänke (durch Pflanzen oder Technik) oder die Angst vor wegfliegendem Papier und den daraus resultierenden Folgen *„sonst muss ich ja alles wieder zusammen suchen“* (N6) angegeben. Aber auch bauliche Restriktionen, wie bspw. keine komplett zu öffnenden Fenster, lassen nur Kippplüftung zu. Da bei einigen Interviewten aus arbeitstechnischen Gründen tagsüber sowieso die Bürotür geöffnet ist, nutzen diese neben den Fenstern auch die Bürotür zur Lüftung. Diese Personen gaben an dadurch deutlich seltener und/oder kürzer über die Fenster zu lüften.

Im Sommer lüften viele Interviewpartner ebenfalls morgens zu Beginn der Arbeitszeit, da die Fenster aus Sicherheitsgründen nicht über Nacht geöffnet bleiben dürfen und es dadurch zu keiner Nachtabkühlung in den Büros kommen kann. Da ein Großteil der Interviewten aber bereits zeitig am Morgen ihre Arbeit beginnt, wurde angegeben, dass die noch frische Morgenluft genutzt wird und so die Fenster bis zu mehreren Stunden geöffnet bleiben. Wenn den Nutzer/innen bewusst wird, dass es draußen wärmer ist als drinnen, schließen viele die Fenster: *„Wenn ich merke, dass die Luft draußen wärmer ist als im Büro, dann mache ich zu.“* (N15). Einige Interviewte schützen sich gezielt vor Hitze im Büro indem sie nach einer morgendlichen Bürolüftung die Fenster schließen und das Büro verschatten: *„Tagsüber werden die Fenster definitiv nicht geöffnet, weil das bringt einen höchstens um. Es ist dann eher verschattet und man versucht die Kühle die man morgens gewonnen hat möglichst lange zu erhalten.“* (N2). Jedoch gibt es auch Nutzer/innen die angaben, dass die Fenster den ganzen Tag im Sommer geöffnet bleiben. Begründet wird dies mit den fehlenden Alternativen zur Kühlung des Büros.

Auch Standortfaktoren haben einen Einfluss auf das Lüftungsverhalten. So gaben Nutzer/innen, deren Büro zu einer stark frequentierten Straße ausgerichtet ist, an, dass sie vor allem im Sommer und den Übergangszeiten gerne länger oder dauerhaft lüften würden. Aufgrund von Schallemissionen von außen ist dann aber eine ungestörte Arbeit oder das Führen von Telefonaten schwierig bis unmöglich. Als störende Schallquellen wurden die nahe Straße, Rasenmäher oder auch Lärm aus Nachbargebäuden genannt. Zudem zwingen auch die Besprechungen von sensiblen Themen die Fenster wenigsten zeitweise geschlossen zu halten. Dadurch wird seltener und kürzer gelüftet wie persönlich gewünscht und kurzes Stoßlüften ist bei diesen Nutzer/innen verbreiteter als Kippplüften.

3.1.2 Heizungsverhalten

Im Rahmen der Online-Befragung wurden die Nutzer/innen gebeten, die Anzahl der täglichen Regelungsvorgänge an der Heizung in ihrem Büro anzugeben. Ein Großteil der Nutzer/innen gab an, an einem Tag im Winter die Heizung nicht (41 %) oder nur einmal täglich (28 %) zu regeln. Bei der Befragung wurde jedoch nicht zwischen dem morgendlichen Auf- bzw. abendlichen Abdrehen der Heizung sowie den Regelungsvorgängen im Laufe des Tages differenziert.

Im Rahmen der Interviews vor Ort gab ein Großteil der Nutzer/innen an, dass die Steuerung des Heizungskörpers auf einer Stufe verharrt; wenige regulieren nach oder drehen beim Lüften oder nach Feierabend runter. Viele stellen zu Beginn der Heizungsperiode die gewünschte Stufe ein und lassen diese dann während der gesamten Heizperiode konstant. Eine Ausnahme bilden schwer zu regulierende Heizkörper (bspw. alte Rippenheizkörper), diese müssen oft nachgestellt werden. Ein/e Nutzer/in berichtete, dass er/sie entweder den Heizkörper anstellen kann, dann wird dieser heiß oder abstellen kann, dann kühlt dieser schnell aus. Eine

Regulierung scheint nicht möglich. In einem Fall laufen nicht isolierte Heizungsrohre durch das Büro, so dass hier die Nutzer/innen keine Heizung aufdrehen, sondern nur die überschüssige Wärme weglüften.

Die Auswertung der Online-Befragung zeigt, dass die Raumtemperatur des Büros im Winter von den Nutzer/innen am häufigsten über den Thermostat oder das Öffnen bzw. Schließen des Fensters reguliert wird (83 % bzw. 81 %). 43 % der Befragten nutzen das Öffnen bzw. Schließen der Tür für die Regulierung der Raumtemperatur. Als Grund für die häufige Regulierung über die Fenster wurde bei den Interviews angegeben, dass sich die Räume nach dem Schließen der Fenster schnell aufheizen und eine Regulierung der Heizung zu einem kalten Büro führt: *„Je nach Außentemperatur lass ich das Fenster auch gekippt. [...] Das Problem ist, dass es sich relativ schnell aufheizt, wenn das Fenster geschlossen ist. Deswegen muss man öfters mal durchlüften. Und wenn man die Heizung ausschaltet, ist es im Winter relativ schnell kalt.“* (N25).

3.1.3 Anpassungsstrategien in Mehrpersonenbüros

Ein Großteil der befragten Nutzer/innen teilt sich das Büro mit Kolleg/innen, lediglich knapp ein Viertel der online-befragten Nutzer/innen arbeitet in einem Einzelbüro. Insgesamt geben rund drei Viertel der Nutzer/innen, die sich ihr Büro mit ein oder mehreren Kolleg/innen teilen an, dass die Kollegen/innen in ihrem Büro zumindest meistens sowohl ein ähnliches Temperaturempfinden als auch Lüftungsbedürfnis haben. Sehr gering ist der Anteil der Befragten, bei denen Lüftungsbedürfnis und Temperaturempfinden innerhalb des Büros gar nicht harmonieren: Dies ist nur bei gut 4 % der Fall. Auch bei den Interviews vor Ort gaben die persönlich Befragten an, dass die Kollegen/innen im Büro hinsichtlich dem Lüftungsbedürfnis und der gewünschten Raumlufttemperatur meist gut harmonisieren. Bei nicht ganz ausgewogenen Heizungs- und Lüftungsbedürfnissen gaben einige an, dass sie sich untereinander absprechen und auf die Bedürfnisse des/der jeweils anderen eingehen: *„Ich öffne das Fenster dann mal wenn er nicht da ist oder während der Mittagspause“* (N13). Auch räumliche Vorteile werden genutzt, bspw.: *„Das ist bei uns recht einfach, weil ich sitze an der Heizung. Wenn es mir kalt ist, dann mache ich einfach die Heizung an. [...] Die Heizung ist ja direkt neben dem Fenster, daher komme ich an beides direkt dran“* (N8). Je mehr Personen sich ein Büro teilen, desto wahrscheinlicher ist es, dass es festgelegte Regeln gibt. So berichtete ein/e Mitarbeiter/in in einem Großraumbüro mit über 20 Kolleg/innen, dass es festgelegte Lüftungszeiten gibt.

Neben der Absprachen der Kolleg/innen untereinander wurden auch andere Anpassungsstrategien genannt. So berichteten einige Nutzer/innen von dem gleichzeitigen Öffnen der Fenster und dem Aufdrehen der Heizkörper um den unterschiedlichen Temperaturbedürfnissen im Büro gerecht zu werden: *„Ich hatte das Fenster offen, ich saß am Fenster, und sie hatte so einen Heizlüfter unter dem Schreibtisch.“* (N 2). In Mehrpersonenbüros werden meist Kompromisse gefunden. Im Einzelfall können die konträren Bedürfnisse aber zu einem hohen Energieverbrauch führen, bspw. bei dauerhaft gleichzeitigem Lüften und Heizen.

3.2 Nutzerzufriedenheit und Raumtemperatur

3.2.1 Nutzerzufriedenheit im Winter

Bei der Frage nach der Zufriedenheit mit dem Raumklima im Büro im Winter gab mehr als die Hälfte der befragten Mitarbeiter/innen an, überwiegend zufrieden oder sehr zufrieden zu sein. Dennoch ist immerhin noch ein Viertel der Nutzer/innen mit dem Raumklima unzufrieden. Je höher die Zufriedenheit mit dem Raumklima ist, desto seltener wird die Heizung nachgeregelt und gelüftet.

Auch die empfundene Raumtemperatur wird von zwei Drittel der befragten Mitarbeiter/innen im Winter als angenehm wahrgenommen. Rund ein Viertel aller Nutzer/innen empfindet jedoch die Raumtemperatur im Winter als häufig zu kalt. Im Gegensatz dazu wird die Raumtemperatur von nur 5 % als häufig zu warm empfunden.

Mit der Regulierbarkeit der Raumtemperatur in ihrem Büro im Winter ist knapp ein Drittel der befragten Nutzer/innen unzufrieden. Rund die Hälfte der Nutzer/innen ist dagegen mit der Regulierbarkeit im Winter überwiegend zufrieden bzw. sehr zufrieden.

Tab. 3.3: Messungen der Raumlufthtemperaturen

Quelle: eigene Berechnungen auf Grundlage der Messungen im Rahmen der Interviews vor Ort.

Objekt	Anzahl der Messungen	gemessene Temperatur von - bis	Mittelwert gemessene Temperatur
HZA Saarbrücken	6	21,4 °C – 24,9 °C	22,7 °C
THK Stuttgart, Gebäude 2	6	20,2 °C – 23,9 °C	21,4 °C
THK Stuttgart, Gebäude 4N	4	20,1 °C – 22,3 °C	21,7 °C
KBA, Haus A	4	20,7 °C – 23,3 °C	21,8 °C
KBA, Haus B	6	21,2 °C – 23,7 °C	21,9 °C
BWZ Frankfurt a. M.	5	21,5 °C – 23,9 °C	22,0 °C
BlmA Augsburg	5	19,8 °C – 23,9 °C	21,2 °C
HZA Nürnberg	6	20,8 °C – 23,2 °C	21,8 °C
Alle Gebäude	42	19,8 °C – 24,9 °C	21,8 °C

Die Messung der Raumlufthtemperaturen in den Büros der Interviewpartner ergab eine weite Streuung von 19,8 °C bis 24,9 °C (siehe Tab. 3.3). Die mittleren Raumlufthtemperaturen in den Fallstudiengebäuden lagen zwischen 21,2 °C und 22,7 °C, damit ist die Streuung deutlich geringer als beim Vergleich der Einzelwerte. Der arithmetische Mittelwert aller gemessenen Raumlufthtemperaturen beträgt 21,8 °C; dieser liegt somit 0,8 K höher als die Normraumlufthtemperatur von 21 °C für Büroräumen gemäß DIN V 18599-10, die auch bei der Energiebedarfsberechnung nach Energieeinsparverordnung (EnEV) angesetzt wird. In einer breit angelegten Studie zur Erfassung der Zufriedenheit der Nutzer/innen mit der Raumtemperatur kamen Wagner et al. (2015) zu folgendem Ergebnis in Bürogebäuden: „Die Mittelwerte der Innentemperaturen, mit denen Nutzer/innenzufrieden waren, lagen in der Heizperiode bei 23 °C“. Im Vergleich zu diesem Wert sind die stichprobenartig gemessenen Raumlufthtemperaturen im Schnitt über ein Kelvin geringer.

Die persönlich Interviewten bestätigten, dass sie im Winter und den Übergangszeiten in der Regel das Büro so regulieren können, dass es als angenehm empfunden wird: *„Ja, also warm wird es. Wenn ich dann wirklich beide auf 5 drehe, dann wird es schön warm hier.“* (N5). In Ausnahmesituationen, bspw. bei sehr tiefen Temperaturen, berichtete ein/e Nutzer/in, dass es etwas länger dauert bis es angenehm im Büro wird, dann wird dies meist durch zusätzliche Kleidung ausgeglichen. Vereinzelt wurde von Kollegen/innen berichtet, die als sehr wärmebedürftig eingeschätzt wurden und neben dem normalen Heizkörper einen zusätzlichen elektrischen Heizlüfter nutzen.

Lediglich bei starkem Wind wurde von wenigen angegeben, dass das Büro kälter als gewünscht ist: *„Ein Problem glaube ich, gibt es wenn der Wind auf die Fassade trifft und es kalt ist. Dann ist es sehr schwer das Büro warm zu bekommen.“* (N20). Auch bei geschlossenen Fenstern kommt es dann zu Zugerscheinungen,

die als unangenehm empfunden werden: *„Negativ ist, wenn es windig ist, dann zieht es sehr stark und das auch bei geschlossenen Fenstern. ... Es pfeift. Ich sitze seitlich zum Fenster und habe immer eine kalte linke Schulter und einen kalten Nacken.“* (N14). Büros mit großen Fensterfronten wurden von einzelnen Nutzer/innen im Winter als unangenehm empfunden, da diese viel Kälte abstrahlen.

3.2.2 Nutzerzufriedenheit im Sommer

Zwei Drittel der Interviewten ist mit dem Raumkomfort in ihren Büros im Sommer deutlich unzufriedener als im Winter: Nur 29 % der befragten Nutzer/innen empfinden die Raumtemperatur im Sommer als angenehm (siehe Tab. 7.15). Bei der Frage nach der Zufriedenheit mit der Regulierbarkeit der Raumtemperatur im Büro im Sommer gaben mehr als die Hälfte der insgesamt befragten Mitarbeiter/innen an, sehr unzufrieden bzw. eher unzufrieden zu sein. Nur ein Viertel war mit der Regulierbarkeit überwiegend oder sehr zufrieden. Je wärmer die Temperatur empfunden wird, desto unzufriedener sind die Befragten mit den Regulierungsmöglichkeiten.

In Übereinstimmung mit der quantitativen Befragung ist auch ein Großteil der persönlich Interviewten mit dem Raumkomfort in ihren Büros im Sommer deutlich unzufriedener als im Winter. Vor allem die nach Süden und Westen ausgerichteten Büros werden als zu warm wahrgenommen und die Nutzer/innen haben nach eigenen Angaben zu wenige Regulierungsmöglichkeiten. Die Ausrichtung des Büros und die natürliche Verschattung (bspw. Bäume) sind wichtige Einflussfaktor auf die Nutzerzufriedenheit im Sommer. Die Temperaturen wurden in Büros nach Süden und Westen als deutlich höher eingestuft: *„da es hier die Sonnen-seite ist. ... wir haben mal gemessen. Da waren wir dann bei 28 °C und teilweise hat es dann auch mal die 30 °C geknackt. Also das war nicht angenehm darin zu arbeiten“* (N3). Der Unterschied zwischen der Ausrichtung der Büros wurde von den Nutzer/innen als sehr deutlich wahrgenommen: *„Man merkt tatsächlich einen gravierenden Unterschied, ob man auf dieser Seite ist oder auf der anderen.“* (N2).

Die quantitative Erhebung hat gezeigt, dass die am häufigsten genutzte Regulierungsmöglichkeit im Sommer das Öffnen der Fenster ist. Auch Sonnenschutz über Jalousien und das Schaffen eines Durchzugs bzw. das Öffnen der Bürotüren sind wichtige Regulierungsmöglichkeiten. Rund 10 % der Befragten gaben an, einen Ventilator zu benutzen. Bei den Interviews wurden zudem folgende Anpassungsstrategien an besonders heißen Tagen genannt: die Verschiebung ihre Arbeitszeit hin zu einem früheren Beginn und damit zu einem zeitigeren Arbeitsende oder Überstunden am Nachmittag abbauen. Als eine weitere Strategie wurde leichte Kleidung, viel Trinken und Pausen im Freien genannt. Nur wenige persönlich Befragte nutzen Ventilatoren und versuchen damit ein erträglicheres Klima zu schaffen: *„Insofern mache ich zusätzlich die Oberlichter auf, wenn es zu warm wird. Wir haben keine klimatisierten Räume. An den extrem warmen Tagen stelle ich mir in den Nachmittagsstunden zusätzlich einen Ventilator in das Büro.“* (N12). Auch vom Versuch die wirbelnde Luft des Ventilators zusätzlich mit einem feuchten Tuch zu kühlen wurde berichtet. Am effektivsten wird die Verschattung mit Außenjalousien, die separat gesteuert werden können, empfunden. Bei diesen besteht jedoch teilweise das Problem, dass diese bei zu starkem Wind automatisch zum Schutz vor Beschädigung der Anlage hochfahren. Dann können nur noch Innenjalousien genutzt werden. Innenjalousien werden von den Nutzer/innen hauptsächlich als Blendschutz genutzt. Als Schutz vor Hitze werden diese demnach als weniger effektiv eingestuft und zudem ungern bedient: *„sie wirken wenig bis gar nicht. Zum Teil sind sie verhakt, da sie sehr veraltet sind. Diese Jalousien kann man auch nicht mehr richtig hin und her bewegen.“* (N14).

Einzelne Nutzer/innen schließen die Jalousien bereits nachmittags zum Arbeitsende, sodass sich die Büros nicht aufheizen. Teilweise werden die Außenjalousien automatisch morgens heruntergefahren, um alle Räume effektiv zu verschatten. Wenn die Außenjalousie automatisch heruntergefahren wurde, ist ein individuelles Hochfahren durch die Nutzer/innen erfolglos: *„Ja, wenn sie in ihrem Modus sind, dann geht sie 2 Minuten später wieder herunter. Das kann ich nicht mehr regeln.“* (N12). Dies wurde teilweise negativ bewertet.

3.3 Interesse an Energiekennwerten und Energiesparen

3.3.1 Persönliches Interesse an Energiekennwerten

Gut die Hälfte der Befragten zeigt grundsätzlich Interesse an der Höhe des Energieverbrauchs im Dienstgebäude. Deutlich höher ist das Interesse für den Strom- und Wärmeverbrauch allerdings im privaten Bereich: Hier finden fast 90 % die Höhe des Energieverbrauchs sehr interessant bzw. interessant. Ein Großteil der persönlich Interviewten gab an, dass ihnen die Energieverbrauchswerte des Dienstgebäudes nicht bekannt sind. Ausnahmen gab es bei denjenigen Nutzer/innen, welche im Zusammenhang mit ihrer Funktion (z.B. Zuständigkeit für die Abrechnung) mit den Angaben zum Energieverbrauch in Berührung kommen. Das Interesse der befragten Nutzer/innen an den Werten zum Strom- und Wärmeverbrauch ihres Dienstgebäudes ist unterschiedlich.

Bei einem großen Teil der Nutzer/innen ist grundsätzliches Interesse vorhanden. Aus den persönlichen Erfahrungen fehlt es jedoch vielen an Interpretationsmöglichkeiten für die Werte, sodass eine aufbereitete Weitergabe (bspw. mit Vergleichswerte oder Eingruppierungen, etc.) der Energiewerte gewünscht wird. Dies würde den Nutzern/innen eine vergleichende Einschätzung ihres Dienstgebäudes mit ähnlichen Gebäuden ermöglichen: *„Da ich keine Vergleichswerte habe, könnte ich mit den Zahlen nichts anfangen. [...] wenn ich keine Vergleichswerte, habe würde ich sagen: Schön, ist das jetzt gut oder ist das schlecht, ich weiß es nicht.“* (N 2). Auch wäre für die Nutzer/innen eine Darstellung hilfreich, die angibt, wie sich der Verbrauch in den letzten Jahren entwickelt hat. Zudem könnte eine Sensibilisierung der Nutzer/innen für das Thema Energieeffizienz das Interesse an den Energiekennwerten steigern. Bei den Nutzer/innen mit Interesse an den Energiekennwerten stellte sich auf Nachfrage oft heraus, dass viele wüssten, woher sie diese Werte bekommen könnten: *„Ich kann die abrufen, wenn ich die will.“* (N4). Daraus lässt sich schließen, dass zwar ein grundsätzliches Interesse vorhanden ist, dieses jedoch meist nicht so groß ist, dass die interviewten Personen aktiv werden und die Werte nachfragen. Nur vereinzelt wurde großes Interesse an den Energiekennwerten geäußert. Ein Teil der Nutzer/innen zeigte grundsätzlich kein Interesse an den Kennzahlen zum Energieverbrauch: *„der Mehrzahl ist es egal.“* (N17) und *„Nein. Hauptsache ich habe es warm“* (N7).

3.3.2 Energiesparendes Verhalten

Mit Blick auf ein energiesparendes Verhalten am Arbeitsplatz zeigt sich ein ähnliches Bild wie beim Interesse am Energieverbrauch. Auch hier lassen sich bei den interviewten Nutzer/innen grundsätzlich zwei Gruppen unterscheiden. Zum einen gibt es Nutzer/innen, die sowohl im dienstlichen als auch im privaten Bereich auf ein energiesparendes Verhalten achten. Dies geschieht überwiegend aus intrinsischer Motivation, d.h. die persönliche Bedeutung des Themas Energiesparen ist bei diesen Nutzer/innen als hoch einzuschätzen: *„Ich habe kein Verständnis dafür, wenn ich in den Urlaub oder über das Wochenende wegfahre und die Heizung hier drinnen aufgedreht ist. Das ist sind Ressourcen.“* (N6) oder *„Da achte ich dann schon darauf. Das mache ich ja zu Hause auch. In dem Raum, in dem man nicht ist, da macht man das Licht aus und dreht den Heizkörper auf Sparflamme“* (N10). Auch die Ergebnisse der Online-Befragung zeigen diesen Zusammenhang: Nutzer/innen, die dem Thema Energiesparen zu Hause eine hohe Bedeutung beimessen, schätzen die Bedeutung auch im Dienstgebäude höher ein. Generell muss aber festgestellt werden, dass das Thema Energiesparen grundsätzlich im privaten Bereich einen höheren Stellenwert einnimmt: 85 % der Befragten gaben im Rahmen der Online-Erhebung an, dass für sie zu Hause das Thema Energiesparen eine sehr hohe bis hohe Bedeutung hat; im dienstlichen Bereich waren dies nur 64 % (siehe Abb. 3.2).

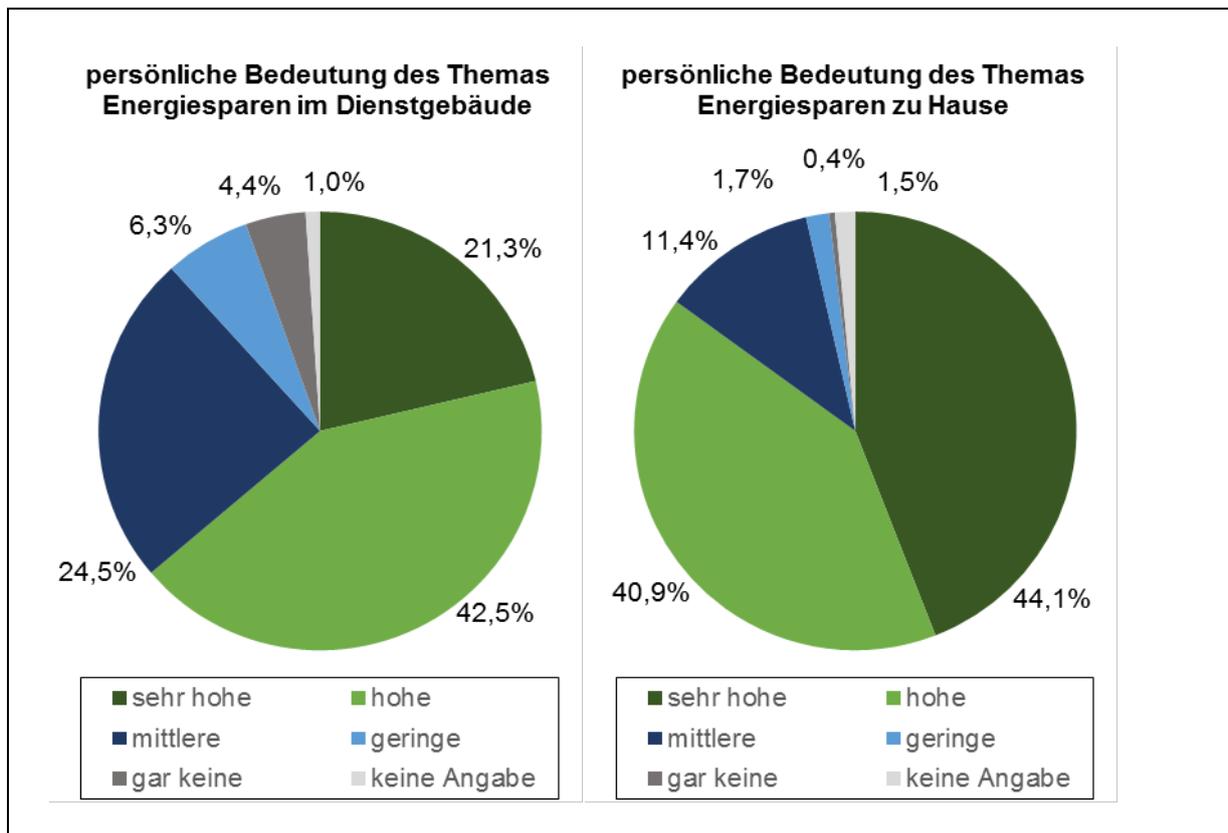


Abb. 3.2: Angaben der befragten Nutzer/innen zu der persönlichen Bedeutung des Themas Energiesparen im Dienstgebäude und zu Hause

Quelle: Quantitative Befragung der Nutzer/innen in den Fallstudienobjekten (Gesamtdatensatz; im Dienstgebäude: N=478, zu Hause: N=474).

Zum anderen gibt es Nutzer/innen, denen es aus verschiedenen Gründen nicht wichtig ist, sich am Arbeitsplatz energiesparend zu verhalten. Als ein Grund für das geringere Interesse am Energiesparen und den Energieverbrauchswerten im dienstlichen Bereich nannten die persönlich Befragten, dass die Nutzer/innen die Kosten für Energie im Dienstgebäude nicht selbst tragen müssen: „Das man das Büro verlässt ohne das Licht auszuschalten oder die Heizung nicht herunter dreht, wenn man lüftet etc. Das passiert oft. Es ist nicht mein Haus und nicht mein Geld, da geht der Mensch anders mit um“ (N13). Neben dem Kostenaspekt stehen zum Teil auch Bequemlichkeit bzw. eingespielte Verhaltensweisen einem energiesparenden Verhalten entgegen: „Einer ist zu faul die Außentür zu zumachen und bringt den Fußstopper ran, dann bläst die ganze Zeit kalte Luft hier rein“ (N6). Darüber hinaus spielt auch die Einschätzung einiger Nutzer/innen eine Rolle, dass ihr persönliches Verhalten nur eine geringe bis gar keine Auswirkungen auf die Energieeffizienz des Gesamtgebäudes hat: „Wenn ich jetzt sage okay, ich lüfte mal ich drehe die Heizung ein bisschen runter, könnte ich vielleicht auf die Anzahl der Büros minimal Auswirkungen dadurch erzielen. Also ich würde jetzt nicht sagen, dass ich der Hauptverbraucher des Hauses bin und das alles im Endeffekt von mir abhängt. Aber sonst, denke ich, dann müsste sich schon jeder daran halten, beziehungsweise die Regeln da beachten.“ (N25).

Unklare Zuständigkeiten für Heizung, Fenster und Licht in Gemeinschaftsräumen, Fluren und Sanitäreanlagen führen dazu, dass sich niemand für diese Räume verantwortlich fühlt und z.B. in Toiletten die Fenster lange Zeit bei aufgedrehter Heizung geöffnet bleiben oder das Licht in den Fluren am Abend nicht ausgeschaltet wird. In einem Objekt wurde berichtet, dass bis vor wenigen Jahren abends der Hausmeister kontrolliert hat, ob alle Fenster geschlossen sind und das Licht ausgeschaltet ist. Der Wegfall dieser Kontrolle wurde bedauert, da das Licht auf den Fluren inzwischen häufig über Nacht angeschaltet bleibt.

Informationen dazu, wie man richtig heizt und lüftet bzw. Energiespartipps haben die Nutzer/innen in den Fallstudienobjekten nur vereinzelt erhalten. Einzelne haben Informationen zum Heizen und Lüften bspw. über E-Mails („Vor zwei Jahren wurde mal rumgeschickt, wie man im Winter heizen und lüften sollte.“ (N9)), als Teil der Hausordnung („Wir haben in unserer Hausordnung, soweit ich weiß, einen Passus drin. Dauerlüften nicht erlaubt, Stoßlüften zu bevorzugen [...] die muss jeder lesen und die kriegt man auch immer wieder mal zu Kenntnis“ (N2)) und im Rahmen der Unterweisung durch die Fachkraft für Arbeitssicherheit bekommen. Neben Informationen von offizieller Seite gibt es vereinzelt Nutzer/innen, die ihre Kolleg/innen auf energiesparende Verhaltensweisen hinweisen oder auch außerhalb ihres Büros aktiv werden. So drehen diese z.B. die Heizung in nicht genutzten Büros herunter, achten darauf, dass die Heizung nicht bei geöffnetem Fenster läuft und dass nicht genutzte elektronische Geräte wie PCs ausgeschaltet werden: „Und wenn ich sehe, dass die Heizkörper voll aufgerissen sind, dann drehe ich die auch ein bisschen runter, da wo ich das sehe.“ (N4). Auch von bereits durchgeführten einmaligen Aktionen zur Erhöhung der Energieeffizienz wurde berichtet. Diese erzielten allerdings nicht die gewünschte Wirkung: „Ich erinnere mich an eine Aktion. Wir haben die Fenster gezählt, die im Winter offen standen. In diesen Büros legten wir Zettel aus. Kam dies ein zweites Mal vor, haben wir die Heizung in den Büros abgedreht und sie kamen montags in ein ganz kaltes Büro. Die Wirkung war gleich 0.“ (N18).

3.3.3 Motivation für ein energieeffizientes Verhalten

Die quantitative Befragung ergab, dass Nutzer/innen sich zum energieeffizienten Verhalten hauptsächlich durch finanzielle Anreize und Informationen zum Energieverbrauch bzw. den Energiekosten motivieren lassen würden. Ebenfalls als motivierend schätzte eine hohe Anzahl an Personen die Verbesserung des energetischen Zustands des Gebäudes bzw. den Einsatz von Steuerungs- und Regelungstechnik ein (siehe Tab. 3.4).

Tab. 3.4: Maßnahmen, die zu einem sparsamen Umgang mit Energie motivieren würden

Quantitative Befragung der Nutzer/innen in den Fallstudienobjekten (Gesamtdatensatz; Gesamtzahl der verwertbaren Antworten = 240).

Art der Maßnahme	Beispiele / Erläuterungen	Anzahl der Nennungen
finanzielle Anreize	Bonus, Prämien, Verwendung der eingesparten Kosten für die Abteilung / die Mitarbeiter/innen d.h. Beitrag zur Kaffeekasse / Betriebsausflügen, Investition in die Ausstattung	46
Informationen zum Energieverbrauch bzw. den Energiekosten und der erzielten Einsparung	Informationen über die Höhe des Energieverbrauchs und die damit zusammenhängenden Kosten – auch im Vergleich mit anderen Bereichen bzw. Dienststellen um die Werte einordnen zu können, Veröffentlichung der durch Energiesparmaßnahmen eingesparten Kosten	37
Verbesserung des energetischen Zustands des Gebäudes	Dämmung, Sanierung / Austausch der Fenster, besserer Sonnenschutz, Einsatz erneuerbarer Energien	36
Einsatz von Steuerungsinstrumenten und/oder Regelungstechnik	Sensoren / Bewegungsmelder, außenliegender Sonnenschutz, bessere Thermostate, sparsamere Geräte / IT, Steckdosenleisten	35
Informationen und Hinweise zum Thema Energiesparen	Energiespartipps, Mission-E-Veranstaltung, Informations-Emails, Schilder und Aushänge	23

Art der Maßnahme	Beispiele / Erläuterungen	Anzahl der Nennungen
sonstige bauliche Veränderungen	Modernisierung der Leitungen, Veränderung der Bürogröße / Deckenhöhe	21
keine Maßnahmen / Anreize notwendig	bereits sparsames Verhalten am Arbeitsplatz, keine zusätzliche Motivation notwendig	17
Wettbewerb / Anerkennung (nicht finanzielle Anreize)	z. B. Energiesparwettbewerb, Vergleich mit anderen Behörden bzw. Abteilungen	15
Vorbildfunktion	Vorbildfunktion der Behörde bzw. Leitung und der Mitarbeiter/innen	7
Sanktionen	Bestrafung von Energieverschwendung	3
Gesamt		240

Im Rahmen der Interviews vor Ort wurden als motivierende Maßnahmen insbesondere mehr Informationen bzw. Schulungen, bessere automatische Steuerungsmöglichkeiten sowie Wettbewerbe und Preise genannt.

Ein Teil der persönlich Interviewten ist der Meinung, dass mehr Informationen zum Thema Energieverbrauch (z.B. die Entwicklung des Energieverbrauchs und die Interpretation des Verlaufs) und energiesparendes Verhalten für sie selbst und auch für ihre Kolleg/innen ein zusätzlicher Anreiz sein könnte, sich am Arbeitsplatz energieeffizient zu verhalten: *„Man könnte die Entwicklung der Verbräuche in einer Personalversammlung darstellen. Vielleicht hat man dann noch die ein oder andere Argumentation und Erklärungen warum es so ist [...]. Ich denke damit kann man eine Menge an Leuten zu fassen kriegen“* (N17) oder *„Ich glaube schon, dass die Mitarbeiter mehr darauf achten würden, wenn sie vernünftig durch Verbrauchswerte und über ein energiesparsames Verhalten aufgeklärt werden würden [...]. Mit ein paar einfachen Informationen [...] kann man eine Menge erreichen.“* (N12).

Einige Nutzer/innen wünschen sich bessere bzw. mehr automatische Steuerungsmöglichkeiten bei der Heizung, die sich den individuellen Tagesabläufen anpassen, um so ein energiesparendes Verhalten einfacher zu machen bzw. ohne Komfortverlust zu ermöglichen. Darüber hinaus wurden Wettbewerbe und/oder Preise als mögliche Maßnahmen genannt, die die Nutzer/innen zu einem energieeffizienten Verhalten motivieren könnten: *„Wenn es eine Art Wettbewerb gäbe und man etwas "gewinnen" könnte, wäre der Anreiz sicher da.“* (N26)

Im Gegensatz zur Online-Erhebung wurden bei den persönlichen Interviews finanzielle Anreize als mögliche Motivation nur von wenigen Nutzer/innen eingebracht. Ein möglicher Grund dafür ist, dass sich die wenigsten Mitarbeiter/innen vorstellen können, dass sich finanzielle Anreize, wie z. B. Prämienmodelle, in einer Behörde umsetzen lassen. Auf Nachfrage, ob die Nutzer/innen finanzielle Anreize theoretisch motivieren würden, sich energieeffizient zu verhalten, gab es sowohl bejahende als auch ablehnende Antworten. Ein Teil der Nutzer/innen würde dies motivieren, stärker auf den Energieverbrauch am Arbeitsplatz zu achten: *„Finanzielle Anreize motivieren immer.“* (N9) oder *„Ja. Monetäre Ansätze. Ganz klar. Wenn man eine Transparenz der Kosten schaffen würde und dies auf eine Dienststelle oder ein Gebäude unterrechnen kann und im Rahmen des Controllings Zielvorgaben macht und Anreize der Energieabsenkung schafft und das Ganze auch monetär mit Prämien belohnt, da kann man - glaube ich - jeden mit packen.“* (N5). Ablehnung gab es bei den Nutzer/innen u.a. weil der finanzielle Anreiz als zu gering eingeschätzt wurde, um die Verhaltensweisen zu ändern. Auch gaben Nutzer/innen an, dass sie Anreize ein falsches Signal sein könnten, wenn Rahmenbedingungen nicht eingehalten werden: *„Wenn ich jetzt dafür belohnt werde, weil ich sonst immer auf dem richtig schlechten Niveau war im Vergleich zu den anderen. Also wenn ich jetzt eine Belohnung bekomme, weil die*

unten besser gelüftet haben als wir hier oben, nur weil wir es dann ändern. Ich weiß nicht ob es das richtige Signal ist, welches man setzen möchte.“ (N3). Bei finanziellen Anreizen wurde von vielen eingeschätzt, dass die Mitarbeiter/innen auch untereinander stärker als bisher auf das energieeffiziente Verhalten achten würden: „Ich glaube schon, dass es eine Gruppendynamik gibt bei sowas. Dass der eine auf den anderen aufpasst.“ (N7).

Ein Teil der Nutzer/innen gab an, dass es für sie keine Maßnahmen gibt, die sie zu einem sparsameren Umgang mit Energie motivieren würden. Dafür lassen sich zwei unterschiedliche Gründe anführen. Zum einen gibt es die Gruppe derjenigen, die grundsätzlich kein Interesse daran hat, am Arbeitsplatz auf einen sparsamen Umgang mit Energie zu achten. Zum anderen gibt es Nutzer/innen, die durch zusätzliche Anreize nicht motiviert werden können, da sie diese bereits intrinsisch motiviert sind: *„mich können Sie nicht motivieren, weil ich motiviert bin. Also es gibt bei mir keine Steigerung mehr. Ich bin sehr motiviert Energie zu sparen und mit Ressourcen schonend und vernünftig umzugehen. Das mache ich im Privatleben [...] und ich mache es auch hier.“ (N2).*

3.3.4 Unterschiede zum Verhalten im privaten Bereich

Die Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Erhebung kommen zu dem Ergebnis, dass sich das Heizungs- und Lüftungsverhalten im privaten und im dienstlichen Bereich unterscheidet und im privaten Bereich in der Regel energieeffizientes Verhalten häufiger praktiziert wird.

Während der Abwesenheit werden bei vielen Interviewten die Heizungen heruntergedreht und deutlich öfter - entsprechend den Komfortbedürfnis der Bewohner/innen und den individuellen Wärmelasten der Räume - nachreguliert. Während ein/e Nutzer/in angab, im Büro die überschüssige Wärme weg zu lüften und die Heizung immer auf der gleichen Stufe zu belassen, beschrieb er/sie für das eigene Wohnumfeld ein anderes Verhalten: *„Ja, da reguliere ich die Heizung öfter nach. Am Tag regulieren wir, wenn die Sonne scheint die Heizung herunter. Tagsüber wenn wir da sind oder gegen Nachmittag da drehen wir sie hoch und abends wieder ein bisschen weiter herunter. Da muss es dann nicht so warm in den Räumen sein.“ (N24).* Die quantitative Befragung bestätigt, dass die Nutzer/innen im privaten Bereich deutlich effektiver die Raumlufttemperaturen regulieren als im dienstlichen Bereich. So ist der Anteil derer, die über das Thermostat die Raumlufttemperatur regeln im privaten Bereich deutlich höher und derer die über das Öffnen und Schließen der Fenster oder Raamtüren regulieren deutlich geringer als im dienstlichen Bereich.

Bei einem Vergleich der Verhaltensweisen ist zu berücksichtigen, dass im privaten Bereich auch die Routinen und Verhaltensweisen, gebäudespezifische Faktoren und Heizungs- und Regelungssysteme unterscheiden. So gibt es im privaten Bereich beispielsweise zusätzliche Gründe zu lüften (Geruchs- und Wasserdampflasten in Küche und Bad ausgleichen) und die Räume werden ja nach Nutzungszweck beheizt. Auch die Bedürfnisse von anderen Familienmitgliedern bzw. Mitbewohner bestimmen stark das Heizungsverhalten. Automatische Regelungssysteme unterstützen die Bewohner im privaten Bereich beim energieeffizienten Verhalten. Heizungsregelungen werden aktiv an die täglichen Routinen angepasst und bspw. während der Arbeitszeit eine zweite „Nachtabsenkung“ eingestellt. Auch von installierten Heizungsventilen mit intelligenten Sensoren wurde berichtet.

Bei der qualitativen Befragung gab ein Teil der Nutzer/innen an, dass im privaten Bereich nicht stärker auf energieeffizientes Verhalten geachtet wird als im dienstlichen Bereich: *„Also nicht nur, weil jetzt so nach dem Motto, zu Hause muss ich es selbst bezahlen und hier ist es mir egal, nein auf keinen Fall.“ (N2).* Der größere Anteil bestätigte allerdings, dass zu Hause doch stärker auf energiesparendes Verhalten geachtet wird. So wird bspw. kürzer und intensiver gelüftet, beim Lüften die Heizung abgedreht und zudem die Beheizung den individuellen Tagesablauf angepasst und dadurch deutlich öfter nachreguliert: *„Ich glaube, dass ich zu Hause deutlich, noch deutlich energiebewusster bin und auf das Heizen und Energiesparen achte als hier.“ (N4).* Auch wenn es im dienstlichen Bereich als zu umständlich empfunden wird, die Heizung während des Lüftens

abzudrehen, wird im privaten Bereich auf deren Einhaltung geachtet: „Normalerweise sollte man das machen, denn zu Hause mache ich es auch. Aber hier vergesse ich es. Bei dem einen Heizkörper ist es umständlich heranzukommen.“ (N26).

3.4 Erwartungen an die energetische Sanierung

Hinsichtlich einer möglichen energetischen Sanierung dominieren die Erwartungen an eine Verbesserungen der Situation im Sommer. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass wie im Kapitel 3.2.2 berichtet wurde, ein Großteil der Nutzer/innen mit der Situation im Sommer unzufrieden ist. Die quantitative Befragung ergab, dass 73 % der befragten Nutzer/innen (sehr) hohe Erwartungen in Bezug auf einen besseren Sonnen-/Hitzeschutz nach einer möglichen energetischen Sanierung haben (siehe Abb. 3.3).

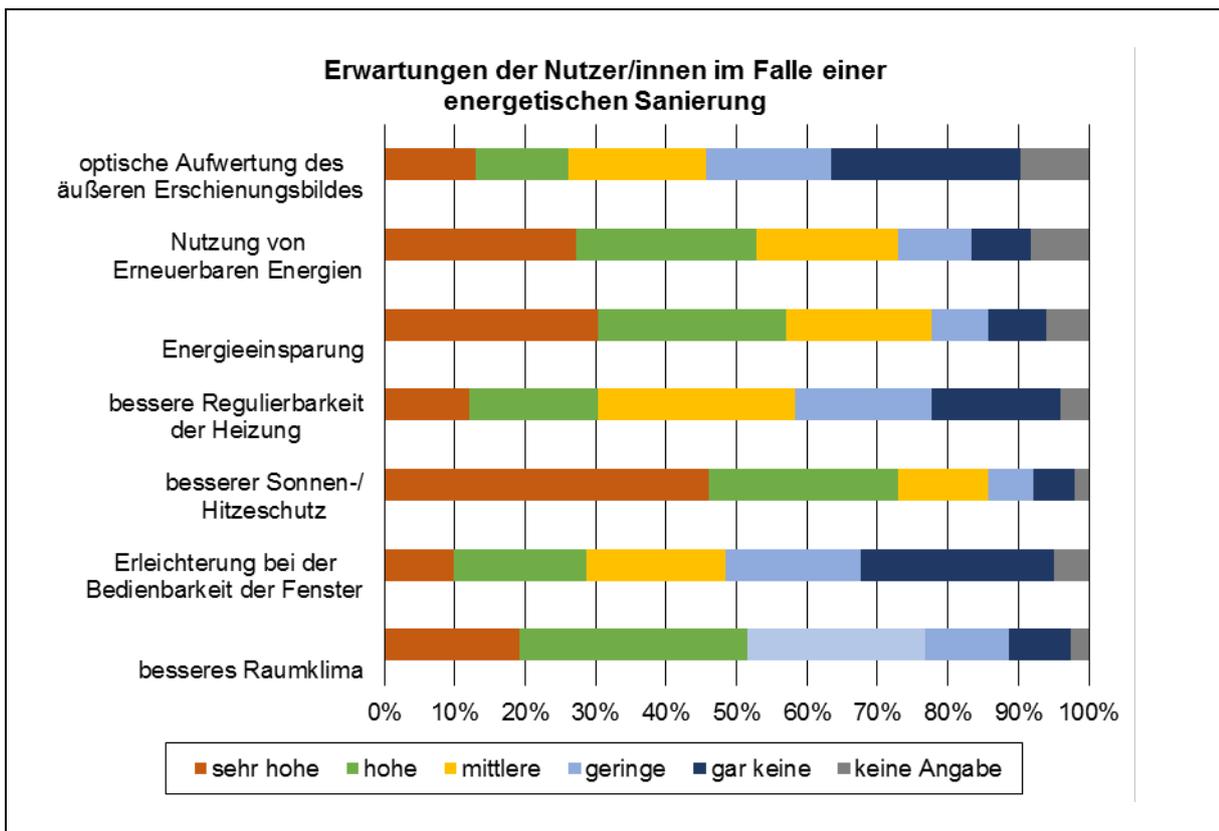


Abb. 3.3: Erwartungen der Nutzer/innen im Falle einer energetischen Sanierung in den nächsten Jahren

Quelle: Quantitative Befragung der Nutzer/innen in den Fallstudienobjekten (Gesamtdatensatz; N=479).

Rund 57 % haben zudem (sehr) hohe Erwartungen bezüglich einer Energieeinsparung und 53 % (sehr) hohe Erwartungen bezüglich der vermehren Nutzung von Erneuerbaren Energien. Auch die Erwartungen an eine Verbesserung des Raumklimas werden von 52 % der Befragten als (sehr) hoch bewertet. Zusätzlich zu den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten bei der quantitativen Befragung (siehe Abb. 3.3) wurden im Rahmen der Interviews vor Ort folgende Maßnahmen bzw. Erwartungen geäußert: Klimaanlage, Fenstersanierung bzw. -austausch, automatische Lüftungssysteme / Verbesserung der Luftqualität, Außenwanddämmung und Warmwasser in den Sanitärräumen.

Wie die Ausführungen zur Zufriedenheit der Nutzer/innen gezeigt haben, sind diese mehrheitlich zufrieden mit der Situation im Winter. In den persönlichen Interviews wurden daher kaum spezifische Erwartungen an eine Verbesserung des Zustands im Winter geäußert. Vereinzelt Nennungen betreffen eine Außenwanddäm-

mung um dem Auskühlen der Wände im Winter entgegenzuwirken, eine bessere Heizungssteuerung sowie einen Austausch der Fenster um Zugerscheinungen zu beseitigen. Die Erwartungen an die Verbesserung der Situation im Sommer sind dagegen hoch. Bei der Interpretation der Ergebnisse zur Nutzerzufriedenheit sollte jedoch beachtet werden, dass es im Sommer 2015 eine länger anhaltende Hitzeperiode gab und die Auswirkungen den Nutzer/innen zum Zeitpunkt der Interviews noch sehr präsent waren. Auf Nachfrage stellte sich heraus, dass insbesondere die Situation im letzten Sommer schwierig war. Diese Tatsache führt ggf. dazu, dass einige Nutzer/innen die Verbesserung der Situation im Sommer als besonders dringlich eingeschätzt haben und die Ergebnisse einer Erhebung nach einem vergleichsweise kühlen Sommer ggf. etwas anders aussehen würden.

Ein Teil der persönlich befragten Nutzer/innen gab an, gar keine Erwartungen an die energetische Sanierung zu haben. Als Grund wurde u.a. genannt, dass sich die Nutzer/innen in ihrem Büro wohl fühlen und deswegen aus ihrer Sicht kein Handlungsbedarf für eine energetische Sanierung besteht. Einige Nutzer/innen haben sogar Vorbehalte gegenüber einer Sanierung, z. B. weil sie befürchten, dass eine Außendämmung der Fassade zu Schimmelbildung führt: *„ich weiß von Häusern, welche man hochenergetisch innen saniert hat, dass man danach stärker lüften muss aufgrund von Schimmelflecken. Ich denke, das wird schwer sein einigen kälteempfindlicheren Kollegen und Kolleginnen klar zu machen, dass sie lüften müssen“* (N23) oder weil sie Bedenken habe, dass dies zu einer höheren Wärmebelastung im Sommer führt: *„ich finde es sehr angenehm, in einem gemauerten Haus zu sein ohne Außendämmung. Das hat ein angenehmes Raumklima. Ich meine im Sommer, wenn die Außendämmung drauf ist, bekommt man die Wärme nicht mehr richtig raus aus dem Gebäude.“* (N4).

3.5 Objektspezifische Ergebnisse

3.5.1 Hauptzollamt (HZA) Saarbrücken

Allgemeine Informationen



Quelle: eigenes Foto

Baujahr	1977
beheizte NGF	10.911 m ² laut Energiekonzept
Wärmebedarf (Endenergie)	170 kWh/(m ² a) (Heizung und Warmwasser)
Wärmeverbrauch (Endenergie)	122 kWh/ (m ² a) (Mittelwert von 2009-14, witterungsbereinigt)
Energetischer Zustand Gebäudehülle (U-Werte)	Dach: 0,4-2,3 W/ (m ² K) Fenster: 3,5 W/ (m ² K) Fassade: 0,5-3,7 W/ (m ² K)
Regulierungsmöglichkeiten Raumklima	Heizungsregulierung: Thermostatventile Art der Lüftung: hauptsächlich über Fensterlüftung Verschattungen: raumseitig steuerbare Außenjalousien und Innenjalousien
Bauliche Besonderheiten	Sichtbetonvorhangfassade, Lüftungsanlage mit zentraler Wärme-Rückgewinnung für ausgewählte Bereiche (bspw. Küche, innenliegende Räume), nicht für Büroräume; Fassade mit geringer aber vorhandener Wärmedämmung; zusätzliche Dämmung wäre schwierig umzusetzen
Wärmeversorgung	Fernwärme
Gebäudenutzer	100 % Verwaltung: HZA 80 %, 1 Landesbehörde des Saarlands 20 %
Anzahl Mitarbeiter/innen	Ca. 375 Mitarbeiter/innen
Einschätzung Sanierungsbedarf	LEK in Erstellung bzw. Freigabe, vorher keine finalen Aussagen zum Sanierungsbedarf möglich; wahrscheinlich: Flachdächer, da auch Lebensdauerende erreicht ist, Fenster zumindest zum Teil, da teilweise nur 1-fach verglast
Wahrscheinliche Maßnahmen	Flachdach, Fenster teilweise, aber zeitlich noch nicht absehbarer Sanierungszeitraum

Ergänzende Informationen zur Nutzung und zum baulichen Zustand

Die ergänzenden Angaben basieren auf dem Energiebericht der Firma Energy Evaluation, Merzig, den Interviews mit dem Fachpersonal sowie Beobachtungen vor Ort. Das HZA Saarbrücken besteht aus einem größeren Gebäudeteil mit sechs Stockwerken sowie einem kleineren Gebäudeteil mit vier Stockwerken, der sich direkt an den größeren Gebäudeteil anschließt. Das Gebäude besteht hauptsächlich aus Büroräumen. Zusätzlich sind wenige Sitzungszimmer, eine Küche mit Speisesaal, Lagerräume sowie Technikräume, die teilweise gekühlt werden müssen, enthalten. Die Anzahl dieser sonstigen Räume ist aber verhältnismäßig gering. Die Küche und der Speisesaal werden belüftet. Das Gebäude wurde in den letzten Jahren immer vollständig genutzt, es gab keinen Leerstand. Die meisten Nutzer/innen verbringen den größten Teil ihrer Arbeitszeit in dem Gebäude.

Die Außenmauern bestehen aus zweischaligem Mauerwerk mit einer Sichtbetonvorhangfassade. Zwischen äußerer und innerer Schale wurde bereits eine Dämmung bei der Erbauung des Gebäudes eingebracht. Die Fenster haben einen Aluminiumrahmen und sind überwiegend zweifachverglast. In einem kleineren Bereich sind allerdings auch nur 1-fach-verglaste Fenster vorhanden. Das Flachdach auf beiden Gebäudeteilen ist am Ende seines Lebenszyklus angekommen. Für den sommerlichen Wärme- und Blendschutz wurde das gesamte Gebäude mit Außenjalousien, die sich raumweise steuern lassen, ausgestattet. Diese Außenjalousien funktionieren gut und werden von den Nutzer/innen aktiv bedient.

Die Heizungstechnik wurde im Jahr 2008 erneuert, es wurden die Regelungstechnik inklusive Pumpen ausgetauscht und der Fernwärmeschluss verringert. Die Leistung des Wärmeübertragers zur Fernwärme wurde halbiert, auch im Hinblick auf eine zukünftige energetische Sanierung. Diese führte zu keinen negativen Reaktionen bei den Nutzer/innen des Gebäudes. Eine Nacht- und Wochenendabsenkung der Heizung ist vorhanden. Aus dem Energiebericht kann allerdings nicht entnommen werden, ob die Nacht- und Wochenendabsenkung bei der Berechnung des Energiebedarfs berücksichtigt wurde. In einigen Räumen, die bisher mit einer Klimaanlage ausgestattet waren, wurde diese zurückgebaut, da die Nutzeranforderung nicht mehr bestand. Dafür wurden zwei Serverräume zusätzlich klimatisiert. Auch die Beleuchtung wurde auf LED umgestellt. Eine Besonderheit bei diesem Objekt ist, dass zum Arbeitsende der Hausmeister durch die Flure geht und geöffnete Fenster schließt.

Da das Standard-LEK derzeit noch in der Erstellung bzw. der Freigabe ist, konnte das Fachpersonal keine Aussage zum Umfang und der Wahrscheinlichkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen tätigen. Allerdings wurde eine Sanierung der Fassade als bautechnisch schwierig umsetzbar eingeschätzt. Als wahrscheinlich werden die Dämmung und der Neuaufbau des Flachdachs eingeschätzt, da diese bautechnisch am Ende des Lebenszyklus ist und auch die bauliche Umsetzung als unproblematisch erscheint. Als sinnvoll wird auch eine zumindest teilweise Erneuerung der Fenster eingeschätzt. Das befragte Fachpersonal erwartet durch eine energetische Sanierung, dass der Energieverbrauch reduziert und sich für die Nutzer/innen der Komfort im Sommer erhöht wird.

Energiekennwerte und Nutzerverhalten

Beim HZA Saarbrücken ist der Anteil an Nutzer/innen, die mit der Raumlufttemperatur im Büro im Winter zufrieden sind, geringer als im Durchschnitt über alle Gebäude. Auffällig ist, dass die Temperatur von 18 % als häufig zu warm eingeschätzt wurde, in anderen Gebäudegaben dies nur sehr wenig Befragte an. Gleichzeitig sind die Nutzer/innen nicht unzufriedener mit den Regulierungsmöglichkeiten als im Durchschnitt. Die hohe Raumlufttemperatur im Winter konnte auch bei der stichprobenartigen Temperaturmessung festgestellt werden: dabei erreichte das HZA Saarbrücken die höchste mittlere Raumlufttemperatur und den höchsten Einzelwert. Der dadurch bedingte hohe Energieverbrauch könnte ein Grund für den vergleichsweise geringen Prebound-Effekt in diesem Objekt sein.

Beim Lüftungsverhalten ist der Anteil an Mischlüftern, also Personen, die sowohl Kipp- als auch Stoßlüften, in diesem Objekt am höchsten. Gelüftet wird dabei vielfach kurz (unter 5 min), unter anderem weil über die Hälfte aller Büroräume zu einer vielbefahrenen Straße ausgerichtet ist. Aufgrund der hohen Schallbelastung empfinden es viele Befragte als unangenehm oder unmöglich bei geöffnetem Fenster zu arbeiten bzw. zu telefonieren. Der beobachtete Anteil an Dauerlüftern ist in diesem Objekt am geringsten. Das Lüftungsverhalten ist dadurch eher energieeffizient.

Im Sommer sind im HZA Saarbrücken überdurchschnittlich viele Nutzer/innen unzufrieden mit der Raumlufttemperatur und besonders unzufrieden mit den Regulierungsmöglichkeiten. Die vorhandenen Außenjalousien werden regelmäßig durch die Mitarbeiter/innen genutzt, dies konnte auch bei der Vorort-Beobachtung des Lüftungsverhaltens im Winter festgestellt werden. Obwohl die Außenjalousien einen guten Sonnenschutz bieten, gaben viele Befragte an, dass sich die Büros im Sommer stark aufheizen. Daher haben 88 % der Nutzer/innen sehr hohe bis hohe Erwartungen an die Verbesserung der sommerlichen Situation. Ein Grund hierfür könnte sein, dass der Wärmedurchgang durch die Fensterscheiben und den Fensterrahmen sehr hoch ist und die Wände schlecht gedämmt sind.

3.5.2 Theodor-Heuss-Kaserne (THK) Stuttgart (Gebäude 4N)

Allgemeine Informationen



Quelle: eigene Fotos

Baujahr	1979
beheizte NGF	5.140 m ² lt. LEK
Wärmebedarf (Endenergie)	219 kWh/(m ² a) (Heizung und Warmwasser)
Wärmeverbrauch (Endenergie)	83 kWh/ (m ² a) (Mittelwert 2012-14, witterungsbereinigt)
Energetischer Zustand Gebäudehülle	Dach: Flachdach aus dem Errichtungsjahr Fenster: 2-fach verglast mit nicht thermisch getrennten Alu-Rahmen, hauptsächlich aus dem Baujahr Fassade: Stahl-Beton-Skelettbauweise, keine Sanierung seit Erbauung, Fassade aber wahrscheinlich bereits minimal gedämmt
Regulierungsmöglichkeiten Raumklima	Heizungsregulierung: Thermostatventile Art der Lüftung: hauptsächlich über Fensterlüftung Verschattungen: Innenjalousien und zusätzlich haben die Büros auf der Südseite individuell steuerbare Außenjalousien

Bauliche Besonderheiten	Sichtbetonvorhangfassade,
Wärmeversorgung	Niedertemperatur-Gaskessel + Öl-Spitzlastkessel
Gebäudenutzung	Büros (1.-3. OG), Garagen, Lager, Unterkunftsraum
Anzahl Mitarbeiter/innen	Ca. 75 Mitarbeiter/innen
Einschätzung Sanierungsbedarf	Fenster amortisieren sich lt. Energiekonzept im Betrachtungszeitraum; LEK noch nicht freigegeben
Wahrscheinliche Maßnahmen	Fenster austausch, evtl. auch Dach aber zeitlich noch nicht absehbarer Sanierungszeitraum

Ergänzende Informationen zur Nutzung und zum baulichen Zustand

Die nachfolgenden Einschätzungen basieren auf dem Energiebericht der Firma GN Bauphysik, Stuttgart, den Interviews mit dem Fachpersonal sowie Beobachtungen vor Ort. Das Gebäude 4N der THK wurde in Stahl-Beton-Skelettbauweise mit vorgehängten Fertigbetonteilen im Jahr 1979 errichtet. Es ist anzunehmen, dass die Fassade bereits minimal gedämmt ist. Ähnlich wie beim HZA Saarbrücken besteht die Dämmung allerdings auch aus dem Baujahr des Gebäudes. Die 2-fachverglaste Aluminiumfenster wurden in Pfosten-Riegelkonstruktion errichtet und bilden eine große Wärmebrücke. Die Fenster auf der Südseite sind mit individuell steuerbare Außenjalousien ausgestattet. Alle Büros haben Innenjalousien zum sommerlichen Hitze- und Blendschutz. Das Gebäude hat ein gekiestes Flachdach und besteht insgesamt aus 6 Geschossen. Im Untergeschoss und Erdgeschoss befinden sich Lagerräume; zusätzlich wird das Erdgeschoss noch als Garage genutzt. Im 1.-3. OG sind überwiegend Büroräume und wenige Gemeinschaftsräume angeordnet. Im Dachgeschoss finden sich Unterkunftsraum. Die gesamte Liegenschaft wird über ein kleines eigenes Nahwärmenetz versorgt. Die Wärmeerzeugung übernimmt ein Niedertemperatur Gaskessel, für die Spitzenlast kommt zusätzlich ein Ölkombikessel zum Einsatz. Eine Nacht- und Wochenendabsenkung der Heizung ist vorhanden. Aus dem Energiebericht kann allerdings nicht entnommen werden, ob die Nacht- und Wochenendabsenkung bei der Berechnung des Energiebedarfs berücksichtigt wurde.

Sowohl das Gebäude 2 als auch das Gebäude 4N wurden immer vollständig genutzt, es gab keinen Leerstand. Die Liegenschaft der THK Stuttgart besteht aus mehreren Gebäuden, in denen viele Nutzer/innen untergebracht sind. Als sinnvolle energetische Sanierungsmaßnahme wurde eine Erneuerung der Fenster mit Sonnenschutzverglasung angesehen, so dass im Sommer die solaren Wärmegewinne über die Fensterscheibe reduziert werden.

Energiekennwerte und Nutzerverhalten

Bei den beiden Gebäuden der THK Stuttgart sind die Energieverbrauchswerte recht ähnlich; der Bedarf des Gebäudes 4N liegt geringfügig höher als der des Gebäudes 2. Die Rebound-Effekte sind bei beiden Gebäuden recht hoch, was aufzeigt dass der Verbrauch im Vergleich zum Bedarf gering ist. Die Befragung und die Interviews liefern jedoch keine Hinweise auf ein besonders effizientes Lüftungs- und Heizungsverhalten. Die Nutzer/innen des Gebäudes 4N haben besonders häufig ein Einzelbüro. Die Raumlufttemperatur wird von überdurchschnittlich vielen Befragten als häufig zu kalt eingeschätzt: Dies gaben immerhin 71 % der Befragten an. Dies kann ein Grund für den verhältnismäßig geringen Energieverbrauch sein. Ebenfalls häufig unzufrieden sind die Nutzer/innen mit den Regulierungsmöglichkeiten im Winter. Gleichzeitig regulieren die Nutzer/innen überdurchschnittlich oft die Heizung nach. Stoßlüften ist besonders weit verbreitet. Auch im

Sommer sind die Befragten mit der Raumlufttemperatur und den Regulierungsmöglichkeiten trotz Innenjalousie bzw. auf der Südseite sogar Außenjalousie besonders unzufrieden. Insgesamt wünscht sich ein Großteil der Nutzer/innen durch eine energetische Sanierung eine bessere Regulierung der Heizung und ein besseres Raumklima. Auffällig ist in dem Gebäude außerdem das geringe Interesse der Befragten am Energieverbrauch, und zwar sowohl im dienstlichen wie im privaten Bereich.

3.5.3 Theodor-Heuss-Kaserne Stuttgart (THK) (Gebäude 2)

Allgemeine Informationen



Quelle: eigenes Foto

Baujahr	1930
beheizte NGF	4.635 m ² lt. LEK
Wärmebedarf (Endenergie)	178 kWh/(m ² a) (Heizung und Warmwasser)
Wärmeverbrauch (Endenergie)	79 kWh/ (m ² a) (Mittelwert 2009-14, witterungsbereinigt)
Wärmeversorgung	Niedertemperatur-Gaskessel + Öl-Spitzlastkessel
Energetischer Zustand Gebäudehülle	Dach: Steildach mit 8 cm Mineralwolle Fenster: 2-fach wärmeschutzverglast Fassade: Vollziegelmauerwerk, wahrscheinlich ungedämmt
Regulierungsmöglichkeiten Raumklima	Heizungsregulierung: Thermostatventile Art der Lüftung: hauptsächlich über Fensterlüftung Verschattungen: individuell steuerbare Außenjalousien
Gebäudenutzer	100 % Verwaltung, Büros (EG, 1.-2. OG), Lager (UG), Unterkunftsräume (ca. 10 %); DG ungenutzt
Anzahl Mitarbeiter/innen	Ca. 75 Mitarbeiter/innen
Einschätzung Sanierungsbedarf	Fassade und Fenster amortisieren sich lt. Energiekonzept im Betrachtungszeitraum
Wahrscheinliche Maßnahmen	Keine Maßnahmen geplant, evtl. Fassadendämmung

Ergänzende Informationen zur Nutzung und zum baulichen Zustand

Das Gebäude 2 wurde als Massivbau mit Vollziegelmauerwerk errichtet, so dass es über eine hohe thermische Speichermasse verfügt. Ca. im Jahr 2000 wurden die Fenster, die Heizungsstränge und die Heizkörper erneuert. Das Steildach ist mit 8 cm Mineralwolle gedämmt. Das Dachgeschoss wird nicht beheizt und genutzt. Das Erdgeschoss und die beiden Obergeschosse werden hauptsächlich als Bürogebäude genutzt. In einem kleineren Teil des Gebäudes sind Unterkunftsräume zu finden.

Als sinnvolle energetische Sanierungsmaßnahme wurde eine Erneuerung der Fenster mit Sonnenschutzverglasung angesehen, sodass im Sommer die solaren Wärmegewinne über die Fensterscheibe reduziert werden. Mit dem Energiekonzept wurde die Wirtschaftlichkeit der Dämmung der Fassade untersucht. Die Amortisationszeit dieser Maßnahme beläuft sich demnach auf 6 Jahre. Allerdings wurde vom Fachpersonal die Sanierung des Gebäudes 4N als notwendiger eingestuft, vor allem um die Situation der Nutzer/innen im Sommer erträglicher zu machen. Eine Dämmung der Fassade beim Gebäude 2 wurde als bautechnisch nicht und energetisch nicht zwingend notwendig eingeschätzt.

Energiekennwerte und Nutzerverhalten

Die Prebound-Effekte sind in dem Gebäude recht hoch, was zeigt, dass der Verbrauch im Vergleich zum Bedarf eher gering ist. Die Befragung und die Interviews liefern jedoch keine Hinweise auf ein besonders effizientes Lüftungs- und Heizungsverhalten. Die befragten Nutzer/innen sind mit dem Raumklima im Winter am zufriedensten von allen Fallstudienobjekten. Auch mit den Regulierungsmöglichkeiten bzgl. der Raumlufttemperatur im Winter sind überdurchschnittlich viele zufrieden. Ein ähnliches Bild zeigt sich im Sommer. Beim Gebäude 2 ist gleichzeitig der Anteil an gekippten Fenstern bei den Beobachtungen sehr hoch gewesen, der Anteil dauerhaft geöffneter Fenster am höchsten von allen Fallstudiengebäuden.

3.5.4 Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) Flensburg (Haus A und Haus B)

Allgemeine Informationen



Quelle: eigene Fotos; links Haus A und rechts Haus B

Baujahr	Haus A: 1960-1965; Haus B: 1977-1981
beheizte NGF	15.534 m ² Haus A und 9.835 m ² Haus B

Wärmebedarf (Endenergie)	97 kWh/(m ² a) (Heizung und Warmwasser)												
Wärmeverbrauch (Endenergie)	81 kWh/ (m ² a) (Mittelwert 2011-15, witterungsbereinigt)												
Energetischer Zustand Gebäudehülle (U-Werte)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 35%;">Gebäude A:</th> <th style="width: 35%;">Gebäude B:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dach:</td> <td>0,3-0,4 W/ (m² K)</td> <td>0,5 W/ (m² K)</td> </tr> <tr> <td>Fenster:</td> <td>1,6 W/ (m² K)</td> <td>3,0 W/ (m² K)</td> </tr> <tr> <td>Fassade:</td> <td>0,6 W/ (m² K)</td> <td>0,8 W/ (m² K)</td> </tr> </tbody> </table>		Gebäude A:	Gebäude B:	Dach:	0,3-0,4 W/ (m ² K)	0,5 W/ (m ² K)	Fenster:	1,6 W/ (m ² K)	3,0 W/ (m ² K)	Fassade:	0,6 W/ (m ² K)	0,8 W/ (m ² K)
	Gebäude A:	Gebäude B:											
Dach:	0,3-0,4 W/ (m ² K)	0,5 W/ (m ² K)											
Fenster:	1,6 W/ (m ² K)	3,0 W/ (m ² K)											
Fassade:	0,6 W/ (m ² K)	0,8 W/ (m ² K)											
Regulierungsmöglichkeiten Raumklima	Heizungsregulierung: Thermostatventile Art der Lüftung: hauptsächlich über Fensterlüftung (nur Kipplüftung) Verschattungen: Außenjalousien (zentral und individuelle steuerbar) (zentrale Steuerung hat Vorrang); Innenjalousien												
Bauliche Besonderheiten	Klimatisierung Rechenzentrum und kleine Gebäudeteile												
Wärmeversorgung	Fernwärme												
Gebäudenutzer	93 % Verwaltung, 7 % Rechenzentrum												
Anzahl Mitarbeiter/innen	Ca. 960 Mitarbeiter/innen (inklusive zusätzliches Gebäude in Liegenschaft)												
Einschätzung Sanierungsbedarf	<u>Fenster, Dach und Fassade:</u> Haus A: energetischer Zustand: mittlerer bis hoher Sanierungsbedarf, baulicher Zustand: geringer Sanierungsbedarf; Haus B: energetischer Zustand: hoher Sanierungsbedarf, baulicher Zustand: geringer bis mittlerer Sanierungsbedarf)												
Wahrscheinliche Maßnahmen	nur Gebäude B (Fenster, Türen, Fassade) und nicht vor 2019 / 2021												
Sonstiges	Brandschutzmaßnahmen laufen an und Betonpfeilersanierung Gebäude A												

Ergänzende Informationen zur Nutzung und zum baulichen Zustand

Im Folgenden wird für die Gebäude A und B des Kraffahrbundesamtes Flensburg der energetische Zustand abgeschätzt sowie bauliche Besonderheiten benannt. Die Angaben basieren auf dem Liegenschaftsenergiekonzept, den Interviews mit dem für das Gebäude zuständigen Fachpersonal sowie Beobachtungen vor Ort. Genutzt werden die Gebäude überwiegend als Büros. Zusätzlich sind Rechenzentren untergebracht. Zum Komplex des Gebäudes B zählen die Küche und der Speisesaal, die in einem Anbau untergebracht sind. Zum überwiegenden Teil verbringen die Mitarbeiter/innen den größten Teil ihrer Arbeitszeit im Büro.

Die Liegenschaft besteht aus mehreren Gebäuden, die gemeinsam über die städtische Fernwärme versorgt werden. Das Gebäude A ist ein 9-geschossiger Hochhaus (Erdgeschoss mit 8 Obergeschossen) in Skelettbauweise mit Stahlbeton und einem Sockelgeschoss. Zwischen 1990-1994 wurde die gesamte Gebäudehülle erneuert. An der Fassade wurden Glaselemente und eine Dämmung von 8 cm angebracht. Die Fenster haben eine Wärmeschutzverglasung und thermisch getrennte -Aluminiumrahmen. Das Flachdach ist ebenfalls mit durchschnittlich 15 cm gedämmt. Auch die Heizungen wurden erneuert sowie die Heizungsstränge neueinge-

teilt. Diese sind nun nach Himmelsrichtung und für wenige aneinandergrenzende Stockwerke steuerbar. Die Heizungsleitungen sind gedämmt.

Das Gebäude B ist ein 4-geschossiges Hochhaus, das ebenfalls in Skelettbauweise errichtet wurde. Die beiden Gebäude sind im Erd- und Sockelgeschoss miteinander verbunden. Beide Gebäude haben ein Flachdach. Während beim Gebäude A bereits in den 90er Jahren die Gebäudehülle umfangreich saniert wurde, wurden am Gebäude B bisher keine umfangreichen Maßnahmen an der Gebäudehülle vorgenommen. Lediglich ein Marderschaden an einem Fassadenteil wurde behoben. Die Fenster haben eine Isolierverglasung mit einem Tropenholz-Aluminiumrahmen. Da die Fenster störanfällig sind und teilweise nicht mehr dicht schließen, nimmt die Wartung der Beschläge altersgemäß zu. Die Fassade ist mit 6 cm gedämmt. Auch die Fassade ist fast am Ende ihrer rechnerischen Lebensdauer. Das Flachdach ist mit durchschnittlich 10 cm gedämmt. Die Heizungsverteilung ist innenliegend, aber nicht durchgängig gedämmt.

Sowohl im Gebäude A als auch B können lediglich die Ober- und Unterlichter gekippt werden. Der feststehende Mittelteil kann nicht geöffnet werden. Beim Gebäude A können die Außenjalousien zentral runter- und hochgefahren werden, eine automatische Verschattung ist so möglich. Die Jalousien können aber auch individuell und raumabhängig gesteuert werden. Wenn diese allerdings zentral gesteuert wurden, dann hat diese gewählte Stellung Vorrang. Beim Gebäude B sind ebenfalls Außenjalousien vorhanden, die raumindividuell gesteuert werden können. Zusätzlich zu den Außenjalousien verfügen alle Büros über Innenjalousien, die zusätzlich vor eindringender Sonne als Blendschutz dienen. Bei zu starkem Wind werden die Außenjalousien automatisch zum Schutz vor Beschädigung hochgefahren. An besonders windigen/ stürmischen Tagen (ca. 10-12 Tage pro Jahr) kommt es im Gebäude A zu Zugscheinungen durch die Fenster.

Bei beiden Gebäuden ist bei der Beheizung eine Nacht- und Wochenendabsenkung eingestellt, diese wurde auch im Energiebericht (nach Standard-LEK) berücksichtigt. Die Vorlauftemperatur der Heizung wird individuell kontrolliert, so dass bspw. zu Beginn der Heizperiode mit der niedrigsten möglichen Vorlauftemperatur gestartet wird. Die Anlagenkomponenten werden laufend gewartet und erneuert. So wurden die Pumpen ca. 2012 gegen Hocheffizienzpumpen ausgetauscht. Klimatisiert sind lediglich die Rechenzentren; die Küche und der Speisesaal sind mit einer Lüftungsanlage ausgestattet. Sanierungen und Optimierungen werden laufend durchgeführt, so wird das Gebäude nach und nach auf LED-Beleuchtung umgestellt. Auch läuft im Gebäude A derzeit eine Brandschutzsanierung an. Zusätzlich wurde ein Zentral-Licht-Aus ab 21:00 Uhr installiert. Auch der Hausmeister nimmt bei Kontrollrundgängen geöffnete Fenster auf und die Mitarbeiter/innen der Büros werden dann ggf. am nächsten Tag darüber informiert, dass nachts die Fenster geschlossen zu halten sind.

Während das Gebäude A aufgrund der Geometrie im Sommer einer hohen Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist und es dadurch in den Büros zu hohen Wärmelasten kommt, wurde dies als weniger relevant im Gebäude B eingeschätzt, da durch die Geometrie eine geringere Sonneneinstrahlung ins Gebäude kommt und auch teilweise natürliche Verschattungsmöglichkeiten bestehen.

Beim Gebäude A besteht derzeit kein energetischer Sanierungsbedarf, beim Gebäude B sollten die Fenster erneuert werden und evtl. die Fassade oder das Flachdach energetisch saniert werden. Eine Festlegung der Sanierungsmaßnahme bzw. des Umfangs gibt es allerdings noch nicht.

Energiekennwerte und Nutzerverhalten

Beim KBA wurde der Energiebedarf für das Haus A und B gemeinsam berechnet. Da die Gebäudehülle des Hauses A bereits in den 1990er Jahren saniert wurde, ist der Energiebedarf der geringste aller Fallstudienobjekte. Der Energieverbrauch liegt unterhalb des Energiebedarfs, so dass ein positiver Prebound-Effekt erreicht wird. Allerdings unterscheiden sich die Werte des Prebound-Effektes stark, je nachdem welcher Energiebedarfswert angesetzt wird. Wie der Energiebedarf der ersten Berechnungsstufe (vor dem Verbrauchs-

Bedarfsabgleich) angesetzt, ergibt sich ein hoher Prebound-Effekt von 60 %. Dieser Wert sinkt allerdings auf nur 13 % ab, wenn der Energiebedarf der zweiten Berechnungsstufe (Anpassung der Annahmen nach erfolgreichem Verbrauchs-Bedarfs-Abgleich) angenommen wird. Die große zulässige Spannbreite der Annahmen bei der Bedarfsberechnung erschwert es den theoretischen energetischen Zustand des Gebäudes richtig einzuschätzen und dadurch qualifizierte Aussagen zum Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch zu tätigen.

Lüften können die Nutzer/innen in den beiden Gebäuden des KBA nur durch Kipplüftung. Bei der quantitativen Befragung wurde festgestellt, dass die Nutzer/innen deutlich mehr Lüftungsvorgänge durchführen als in den anderen untersuchten Objekten. Auch die angegebene Lüftungsdauer ist vergleichsweise hoch. Mit der Raumlufttemperatur im Winter sind die Nutzer/innen im Gebäude B unzufriedener als im Gebäude A, wobei ihnen zu einem vergleichsweise hohen Anteil zu warm ist. Anders ist die Situation im Sommer. Hier sind die Nutzer/innen im Gebäude B überdurchschnittlich häufig zufrieden. Im Gebäude A liegt der Anteil an Unzufriedenen höher, was wohl vor allem an der Geometrie der Gebäude liegt. In beiden Gebäuden existieren Außen- und Innenjalousien. Dennoch erwarten die Nutzer/innen sowohl im Gebäude A als auch im Gebäude B durch eine mögliche energetische Sanierung vor allem eine Verbesserung beim sommerlichen Wärmeschutz, gefolgt von Energieeinsparung. Außerdem taucht hier häufiger der Wunsch nach besseren Lüftungsmöglichkeiten auf.

3.5.5 Bildungs- und Wissenschaftszentrum der Bundesfinanzverwaltung (BWZ) Frankfurt

Allgemeine Informationen

		Quelle: eigene Fotos.
Baujahr	1912; 50er und 80er Jahre Ergänzung von je einem Stockwerk	
beheizte NGF	3.117 m ² laut Energiekonzept	
Wärmebedarf (Endenergie)	448 kWh/(m ² a) (Heizung und Warmwasser)	
Wärmeverbrauch (Endenergie)	177 kWh/ (m ² a) (MW: 2012-14, witterungsbereinigt)	
Energetischer Zustand Gebäudehülle (U-Werte)	Dach: 0,50 W/ (m ² K) Fenster: 4,10 W/ (m ² K) Fassade: 1,48-2,1 W/ (m ² K)	
Regulierungsmöglichkeiten Raumklima	Heizungsregulierung: Thermostatventile Art der Lüftung: in den Büroräumen hauptsächlich über Fensterlüftung; in den Laborbereichen vorwiegend über Lüftungsanlage	

	Verschattungen: raumseitig steuerbare Außenjalousien auf der Sonnenseite und innenliegender Blendschutz
Bauliche Besonderheiten	Ergänzung von je einem Stockwerk in den 50er und 80er Jahren, Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung für den überwiegenden Teil der Laborbereiche, Klimatisierung einiger Räume über dezentrale Klimageräte
Wärmeversorgung	Fernwärme
Gebäudenutzer	80 % Verwaltung, 20 % Forschung (Büroräume, Laborbereiche, Seminarräume)
Anzahl Mitarbeiter/innen	Ca. 60 Mitarbeiter/innen
Einschätzung Sanierungsbedarf	Laut LEK: Außenwanddämmung (4. und 5. OG), Fensteraustausch, Optimierung der Anlagentechnik, Solaranlage, Erneuerung der Lüftungsanlage inkl. Wärmerückgewinnung, LED-Beleuchtung
Wahrscheinliche Maßnahmen	Laut Prüfbericht zum LEK: Außenwanddämmung (Sockel bis Traufe), Fensteraustausch, Optimierung der Anlagentechnik, Solarthermie-Anlage, LED-Beleuchtung, Erneuerung der Lüftungsanlage inkl. Wärmerückgewinnung

Ergänzende Informationen zur Nutzung und zum baulichen Zustand

Im Folgenden werden die wesentlichen Punkte zur Einschätzung des energetischen Zustands sowie bauliche Besonderheiten des Bildungs- und Wissenschaftszentrum der Bundesfinanzverwaltung (BWZ) in Frankfurt a. M. angeführt. Die Angaben basieren auf dem Liegenschaftsenergiekonzept, den Interviews mit dem für das Gebäude zuständigen Fachpersonal und dem Gebäuderundgang vor Ort. Das Gebäude hat insgesamt 5 Stockwerke sowie ein Keller- und ein Dachgeschoss. Das 4. und 5. OG wurden nachträglich aufgesetzt, Keller und Dachgeschoss sind unbeheizt. Oberhalb eines Teils des Kellergeschosses befindet sich ein Flachdach bzw. eine Terrasse. Die Außenwand ist ungedämmt. Die Fenster haben nicht-thermisch getrennte Aluminium-rahmenprofile und eine Doppelverglasung. Die Laborbereiche werden über eine Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung be- bzw. entlüftet. Zudem werden einige wenige Räume mit dezentralen Klimageräten gekühlt. Die Fenster sind mit einem Blendschutz von Innen sowie auf der Sonnenseite des Gebäudes auch mit einem außenliegenden Sonnenschutz ausgestattet. Der Blendschutz befindet sich jedoch teilweise in einem sehr schlechten Zustand.

Bezüglich der Nutzung des Gebäudes sind folgende Punkte anzumerken: In dem Gebäude befinden sich Laborbereiche sowie Seminarräume, in denen Fortbildungen durchgeführt werden. Die überwiegende Zahl der Mitarbeiter/innen verbringt einen Teil der Arbeitszeit außerhalb ihrer Büros in den Laborbereichen und zum Teil auch in den Lehrsälen. Über den Zeitraum der letzten zwei Jahre wurde ein Austausch der Wasserleitungen durchgeführt. Dies beinhaltete auch die Erneuerung der Anlagentechnik (z.B. Warmwasserbereiter) und die Dämmung der Wasserleitungen. Im Zuge der umfangreichen Baumaßnahmen mussten die Mitarbeiter/innen zunächst in die eine Hälfte des Gebäudes um- bzw. zusammenziehen, im Anschluss daran in den anderen Gebäudeteil. Es ist möglich, dass die Einschätzungen der Nutzer/innen zum Komfort des Gebäudes teilweise durch die notwendigen Lüftungsvorgänge (bspw. nach Malerarbeiten) und das Ein- und Ausgehen der Handwerker/innen beeinflusst wurde (Zugerscheinungen). Auch ist davon auszugehen, dass die Baumaßnahmen der letzten zwei Jahre zum Teil Auswirkungen auf den thermischen Energieverbrauch hatten.

Im LEK für die Liegenschaft des BWZ in Frankfurt a.M. wird der Sanierungsbedarf bei der Gebäudehülle als hoch, bei der Anlagentechnik als mittel eingeschätzt. Im Rahmen der drei Sanierungsvarianten werden im

Wesentlichen die folgenden Sanierungsmaßnahmen vorgeschlagen: Dämmung der Warmwasser- und Heizungsleitungen, Optimierung der Anlagentechnik, Erneuerung der Lüftungsanlage inkl. Wärmerückgewinnungsanlage, Dämmung der Außenwand, Austausch der Fenster, Installation einer Solaranlage und Einbau von LED inkl. Bewegungsmeldern. Der Prüfbericht zum LEK sieht den Maßnahmenswerpunkt bei der Gebäudehülle (Außenwand, Fenster, Sonnenschutz) inklusive einer Optimierung der Anlagentechnik. Die zentralen Erwartungen des befragten Fachpersonals mit Blick auf eine mögliche energetische Sanierung sind Einsparungen beim Energieverbrauch; hier gibt es jedoch unterschiedliche Schwerpunktsetzung des Fachpersonals in Bezug auf Strom und Wärme. Weiterhin wird ein Austausch der Fenster, um Zugproblematiken zu beseitigen sowie eine Optimierung der Regelungstechnik bei den Heizkörpern empfohlen.

Energiekennwerte und Nutzerverhalten

Das BWZ in Frankfurt hat im Vergleich zu den anderen sieben Fallstudienobjekten den höchsten spezifischen Energiebedarf und auch -verbrauch. Gleichzeitig ist der Prebound-Effekt hoch, das heißt Verbrauch und Bedarf liegen weit auseinander. Eine Erklärung für die vergleichsweise hohen Energiekennwerte kann neben der Gebäudehülle der Unterschied bei der Nutzung des Gebäudes sein. Denn im Gegensatz zu einem reinen Verwaltungsgebäude sind im BWZ auch Labore untergebracht, in denen relativ konstante Klimabedingungen benötigt werden. Für den Laborbetrieb wird im Vergleich zu den anderen Fallstudienobjekten mehr Energie benötigt. Einen weiteren Grund für den hohen Energiebedarfswert führt das LEK für die Liegenschaft an. Einige Bereiche (Lagerräume aber auch Büro- und Laborräume) können theoretisch beheizt werden und fließen in die Bedarfsberechnung gemäß DIN V 18599 ein, faktisch handelt es sich jedoch um unbeheizte Bereiche. Dies hat sich beim Gebäuderundgang mit dem Fachpersonal bestätigt. Bezüglich der Situation im Winter zeigen die Ergebnisse der quantitativen Befragung, dass die Zufriedenheit der Nutzer/innen mit dem Raumklima im Büro bei diesem Gebäude am geringsten ist. Hier dominieren die Unzufriedenen, nur 17 % sind sehr oder überwiegend zufrieden. Auch gaben überdurchschnittlich viele der Befragten an, dass die Raumtemperatur im Winter als zu kalt empfunden wird (mehr als die Hälfte) und entsprechend war die Zufriedenheit mit der Regulierung der Raumtemperatur deutlich geringer als im Gesamtdatensatz. Interessanterweise liegen die gemessenen Raumlufttemperaturen sowohl bei der Spanne als auch bei dem Mittelwert im oberen Bereich der insgesamt gemessenen Werte. Die Messungen können somit die als zu gering empfundene Temperaturen nicht bestätigen, jedoch gab es zum Zeitpunkt der Interviews vor Ort auch keine Außentemperaturen von unter 0 °C und die Messungen erfolgten nicht flächendeckend. Das Fachpersonal schätzt die Temperaturen in den Büros als ausreichend warm ein. Möglicherweise haben auch die Baumaßnahmen der letzten zwei Jahre (Austausch der Wasserleitungen) teilweise zu einem geringeren Komfort im Winter beigetragen, da hierbei oftmals Türen offen standen bzw. frisch gestrichene Räume belüftet werden mussten. Im BWZ in Frankfurt ist auch im Sommer die Unzufriedenheit überdurchschnittlich hoch: die große Mehrheit der Mitarbeiter/innen empfindet die Raumtemperatur im Sommer als zu warm und überdurchschnittlich viele sind unzufrieden mit der Regulierbarkeit dieser. Auch wenn bei dem Gebäude bereits ein Blendschutz sowie teilweise ein außenliegender Sonnenschutz vorhanden ist, so sind die Erwartungen der Nutzer/innen hier auch in Bezug auf einen besseren Sonnen- bzw. Hitzeschutz im Zuge einer energetischen Sanierung überdurchschnittlich hoch. Besonders Problematisch scheint die sommerliche Hitzebelastung in den Lehrsälen zu sein. Als wesentliche Einflussfaktoren auf das Verhalten der Nutzer/innen (Heizen und Lüften) konnten eine stark befahrene Straße auf der Nordseite des Gebäudes sowie die häufige Praxis, Bürotüren offen stehen zu lassen, ausgemacht werden. Auch berichteten die Nutzer/innen von einem deutlichen Nord-Süd-Gefälle bei den Temperaturen im Gebäude, insbesondere im Sommer, was sich auch auf das Lüftungsverhalten auswirkt. Mit der Dämmung der Wasserleitungen wurde bereits eine im LEK vorgeschlagene Maßnahme umgesetzt; die Umsetzung der energetischen Sanierung wird bei dieser Liegenschaft vom Fachpersonal als wahrscheinlich eingeschätzt.

3.5.6 Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) Augsburg

Allgemeine Informationen



Quelle: eigene Fotos.

Baujahr	1936
beheizte NGF	1.813 m ² laut Energiekonzept
Wärmebedarf (Endenergie)	183 kWh/(m ² a) (Heizung), (Warmwasser dezentral elektrisch)
Wärmeverbrauch (Endenergie)	136 kWh/ (m ² a), (MW: 2011-15, witterungsbereinigt)
Energetischer Zustand Gebäudehülle (U-Werte)	Dach: ~ 6,0 W/ (m ² K) Oberste Geschossdecke: 0,36 W/ (m ² K) Fenster: 3,1 W/ (m ² K) Fassade: 1,70 W/ (m ² K)
Regulierungsmöglichkeiten Raumklima	Heizungsregulierung: Thermostatventile Art der Lüftung: hauptsächlich über Fensterlüftung Verschattungen: raumseitig steuerbarer, außenliegender Sonnenschutz (Lamellenraffstores)
Bauliche Besonderheiten	Eingeschossiger Anbau (KG und EG) steht leer und ist auf den Rohbauzustand zurück gebaut; oberste Geschossdecke bereits gedämmt.
Wärmeversorgung	Fernwärme
Gebäudenutzer	100 % Verwaltung, teilweise Leerstand, Büro- und Besprechungsräume (EG+OG), Technik- und Archivräume (UG), DG nicht ausgebaut
Anzahl Mitarbeiter/innen	Ca. 38 Mitarbeiter/innen
Einschätzung Sanierungsbedarf	Außendämmung mit WDVS, Fensteraustausch und Austausch der Türen; LEK liegt vor, wird jedoch derzeit überarbeitet und ist noch nicht freigegeben
Wahrscheinliche Maßnahmen	Fensteraustausch und Außenwanddämmung

Ergänzende Informationen zur Nutzung und zum baulichen Zustand

Im Folgenden werden die wesentlichen Punkte zur Einschätzung des energetischen Zustands sowie bauliche Besonderheiten des Objektes der BlmA in Augsburg aufgeführt. Die Angaben basieren auf der noch nicht veröffentlichten Entwurfsfassung des LEKs, welches sich derzeit in Überarbeitung befindet, sowie den Interviews mit dem Fachpersonal. Bei dem Objekt der BlmA in Augsburg handelt es sich um ein 3-geschossiges Gebäude mit einem nicht ausgebauten Dachgeschoss. Auf der südwestlichen Seite gibt es einen 1-geschossigen, unterkellerten Anbau, der seit Jahren leer steht und auch nicht beheizt wird. Auch Teile des Erdgeschosses zum Anbau hin stehen leer. Die Bereiche mit Leerstand wurden teilweise auf den Rohbauzustand zurückgebaut. Die Anschlusswände sind ungedämmt. Das oberste Geschoss unter dem ungeheizten Dachboden wurde nachträglich mit Mineralwolle gedämmt. Eine Wärmedämmung der Fassade ist nicht vorhanden. Bei den Fenstern handelt es sich um zweischeibenverglaste Aluminiumfenster, die Außentüren zur Straße hin sind nur einscheibenverglast. Ein außenliegender Sonnenschutz (Lamellenraffstores) wurde vor ca. 4 Jahren nachgerüstet. Die Anlagentechnik (Wärmeversorgung mit Fernwärme) ist insgesamt in einem guten Zustand. Die Dacheindeckung ist dagegen in einem schlechten Zustand, hier gibt es unabhängig von einer möglichen energetischen Sanierung einen hohen Handlungsbedarf. Auch die Fenster sind in einem schlechten Zustand, so dass häufig Reparaturen notwendig sind.

Bezüglich der Nutzung des Gebäudes ist anzumerken, dass in den letzten zwei Jahren einige Büros (ca. 4-5) leer stehen. Die Entwurfsfassung des LEK kommt zu der Einschätzung, dass der Sanierungsbedarf bei der Gebäudehülle – Fenster, Außenwände und Dacheindeckung – hoch ist. Das Fachpersonal teilt diese Einschätzung insbesondere mit Blick auf die Fenster und das Dach. Von Seiten des Fachpersonals wurde angemerkt, dass bei einer energetischen Sanierung eine Kombination aus Außenwanddämmung, Dachsanierung und Fensteraustausch als sinnvoll erachtet wird. Da die Fenster in einem energetisch schlechten Zustand sind und das Dach in jedem Fall saniert werden muss, ist eine Einrüstung des Gebäudes in jedem Fall notwendig. Somit wäre es effizient, im Zuge dessen auch eine Außenwanddämmung der Fassade durchzuführen. Denkmalschutz ist bei der energetischen Sanierung dieses Objektes nicht zu beachten.

Auch wenn das LEK derzeit noch überarbeitet wird, ist eine energetische Sanierung des Gebäudes als wahrscheinlich einzuschätzen. Voraussichtlich wird dann eine Sanierung der Gebäudehülle (Außenwand, Dach und Fenster) durchgeführt, zumal bei Dach und Fenstern unabhängig davon ein erheblicher Reparaturbedarf besteht.

Energiekennwerte und Nutzerverhalten

Genau wie bei dem KBA Flensburg wurde beim Gebäude der BlmA Augsburg bei der Bedarfsberechnung ein Verbrauchs-Bedarfs-Abgleich durchgeführt. Dadurch wurde der berechnete spezifische Bedarf von 243 kWh/(m² a) in einer zweiten Berechnungsstufe durch Anpassung der Annahmen auf 183 kWh/(m² a) reduziert. Der Verbrauch des Gebäudes liegt allerdings mit 136 kWh/(m² a) weiterhin deutlich unterhalb dieses Bedarfs. Allerdings ist der spezifische Energieverbrauch im Vergleich zu den anderen Fallstudienobjekten eher hoch. Das Fallstudiengebäude weist auch nach der Anpassung des Bedarfs einen vergleichsweise geringen Prebound-Effekt auf. Eine Ursache hierfür könnte die Praxis vieler Mitarbeiter/innen sein, die Bürotüren offen stehen zu lassen. Die Außentüren, insbesondere die einfachverglasten Türen zur Straße hin, sind in einem schlechten energetischen Zustand, es kommt also in der Folge zu Wärmeverlusten. Auch wurde in den Interviews angemerkt, dass die Außentüren von Mitarbeiter/innen in Pausenzeiten z.T. mit Holzblöcken offen gehalten werden um ein erneutes Öffnen mit dem Schlüssel zu umgehen. Mit Blick auf das Nutzerverhalten konnten gegenüber den anderen Objekten darüber hinaus keine auffälligen Unterschiede festgestellt werden.

Bei dem Objekt der BlmA in Augsburg fällt im Vergleich zu den anderen untersuchten Gebäuden auf, dass ein Großteil der Mitarbeiter/innen in Einzelbüros sitzt. Wie auch bei den anderen Objekten, gibt es bei den Nut-

zer/innen insgesamt eine hohe Zufriedenheit mit dem Raumklima sowie der Höhe und Regulierung der Raumtemperatur im Winter. Besonders viele Befragte sind hier sogar sehr zufrieden. Bezüglich der Situation im Sommer zeigt sich im Vergleich zu den anderen Fallstudienobjekten die höchste Zufriedenheit mit der Regulierung der Raumtemperatur. Dennoch gab ein Großteil der Nutzer/innen bei der quantitativen Befragung an, dass sie die Raumtemperatur im Sommer als häufig bzw. immer zu warm empfinden und auch die Erwartungen an einen besseren Sonnen- bzw. Hitzeschutz sind hoch und entsprechen dem über alle Gebäude ermittelten Durchschnitt. Möglicherweise trägt die Nachrüstung eines außenliegenden Sonnenschutzes vor ca. 4 Jahren zu der Zufriedenheit bei der Regulierung der Temperatur im Sommer bei.

3.5.7 Hauptzollamt (HZA) Nürnberg

Allgemeine Informationen



Quelle: eigene Fotos.

Baujahr	1935 – 1936
beheizte NGF	11.575 m ²
Wärmebedarf (Endenergie)	183 kWh/(m ² a) (Heizung und Warmwasser)
Wärmeverbrauch (Endenergie)	68 kWh/ (m ² a), (MW: 2009-2014, witterungsbereinigt)
Energetischer Zustand Gebäudehülle (U-Werte)	Dach: Angaben liegen nicht vor Fenster: Angaben liegen nicht vor Fassade: Angaben liegen nicht vor
Regulierungsmöglichkeiten Raumklima	Heizungsregulierung: Thermostatventile Art der Lüftung: hauptsächlich über Fensterlüftung Verschattungen: raumseitig steuerbarer, innenliegender Sonnenschutz
Bauliche Besonderheiten	HZA ist Teil eines großen Gebäudekomplexes (BAMF und HZA); 3. OG nachträglich aufgesetzt
Wärmeversorgung	Fernwärme
Gebäudenutzer	Verwaltungsgebäude (Hauptzollamt) mit Publikumsverkehr

Anzahl Mitarbeiter/innen	Ca. 320 Mitarbeiter/innen
Einschätzung Sanierungsbedarf	LEK noch nicht freigegeben, wird derzeit überarbeitet und liegt noch nicht vor, vorher keine Aussagen zum Sanierungsbedarf möglich
Wahrscheinliche Maßnahmen	Fensteraustausch; Außenwanddämmung und Sonnenschutz aufgrund von Denkmalschutz unwahrscheinlich

Ergänzende Informationen zur Nutzung und zum baulichen Zustand

Das LEK wurde zwar bereits erstellt, wird derzeit jedoch umfassend überarbeitet und lag nicht vor. Die nachfolgenden Angaben basieren somit auf den Aussagen des Fachpersonals sowie den Energieausweisen für die Liegenschaft. Das HZA Nürnberg ist Teil eines großen Gebäudekomplexes, welcher die Zentrale des Bundesamtes für Migration und Flüchtlinge (BAMF), das HZA Nürnberg sowie ein Kantinegebäude und zwei Pfortnergebäude umfasst. Im Gebäudeteil des HZA sitzt zudem ein weiterer Nutzer. Das Gebäude hat insgesamt 4 Stockwerke, das 3. OG wurde nachträglich aufgesetzt. Die Erneuerung der Außentüren wurde gerade abgeschlossen. Vor ca. 3 Jahren wurde eine Optimierung der Heizungsanlage durchgeführt, die Einstellung der Heizung ist jedoch immer noch nicht final abgeschlossen. In der Zeit, in der es Probleme mit der Heizung gab, wurden teilweise Heizstrahler für die Liegenschaft angeschafft und für die Beheizung der Büros genutzt. Bei dem Gebäude ist Denkmalschutz zu beachten, d.h. im EG, im 1. OG und im 2. OG ist nur ein innenliegender Sonnenschutz vorhanden. Im 3.OG, welches nachträglich aufgesetzt wurde, befindet sich ein außenliegender Sonnenschutz. Die Bausubstanz (EG bis 2. OG) wird vom Fachpersonal als gut eingeschätzt. In den Räumen im 3. OG gibt es im Sommer Probleme mit Hitzebelastungen. Der Zustand der Fenster wird als schlecht eingeschätzt: diese weisen eine schlechte Isolierung sowie Undichtigkeiten auf (Zugerscheinungen, Eindringen von Regenwasser). Vom Fachpersonal wird vor allem der hohe Stromverbrauch der Liegenschaft als Problem angesehen, so dass mit Blick auf die Reduktion des Energieverbrauchs insbesondere im Bereich Strom Handlungsbedarf gesehen wird.

Mit Blick auf die Nutzung des Gebäudes ist anzuführen, dass im ersten Halbjahr 2016 keine Nacht- und Wochenendabsenkung der Heizung erfolgte. Grund war die hohe Arbeitsbelastung beim BAMF mit zusätzlichen Nacht- und Wochenendschichten. Dies hat sich noch nicht auf den ausgewerteten Energieverbrauch ausgewirkt, ist aber ggf. für die Einschätzung späterer Werte relevant.

Da das LEK zum Zeitpunkt der Fallstudie nicht vorlag, können auf dieser Basis auch keine Einschätzungen zum Sanierungsbedarf genannt werden. Aufgrund des Denkmalschutzes sind eine Außenwanddämmung sowie ein außenliegender Sonnenschutz als Maßnahmen der energetischen Sanierung unwahrscheinlich. Ein Austausch der Fenster wird vom Fachpersonal jedoch übereinstimmend als notwendige und sinnvolle Maßnahme eingeschätzt.

Energiekennwerte und Nutzerverhalten

Der Gebäudeteil des HZA Nürnberg zeigt im Vergleich zu den anderen untersuchten Objekten den geringsten spezifischen thermischen Energieverbrauch und den höchsten Prebound-Effekt. Im Gegensatz zu den anderen Objekten konnte hier jedoch keine gebäudescharfe Erfassung des Verbrauchs erfolgen, sondern der Verbrauch wurde über den Anteil der Fläche des HZA an der gesamten Liegenschaft umgelegt, was die Aussagekraft des Wertes einschränkt. Aus Sicht des Fachpersonals liegt der Fokus eher auf Einsparungen im Bereich Strom.

Die Nutzer/innen bewerten die Situation im Winter (Zufriedenheit mit dem Raumklima, der Höhe und Regulierbarkeit der Raumtemperatur) überwiegend positiv. Auch im Sommer ist die Unzufriedenheit mit der Raumtemperatur verglichen mit anderen untersuchten Gebäuden eher gering. Das Problem einer zu hohen Raumtemperatur im Sommer beschränkt sich vorwiegend auf das 3. OG, welches nachträglich aufgesetzt wurde und eine andere Bausubstanz mit einem geringeren Wärmespeichervermögen aufweist. Aus Sicht der Nutzer/innen ist der Handlungsdruck demnach nicht so groß, so dass bei den Erwartungen an eine energetische Sanierung kein Punkt besonders hervorsteht. Aufgrund des Denkmalschutzes sind die möglichen Maßnahmen begrenzt. Lediglich bei den Fenstern scheint aus technischer und Nutzersicht (Zugerscheinungen) Handlungsbedarf zu bestehen, der im Zuge einer Sanierung auch entsprechend umgesetzt werden könnte. Wesentliche Einflussfaktoren auf das Verhalten der Nutzer/innen (Heizen und Lüften) ist wie bei den vorher genannten Gebäuden auch hier eine stark befahrene Straße auf der Nordseite des Gebäudes.

4 Zusammenhang zwischen Nutzerverhalten und Energiekennwerten

4.1 Gebäudezustand, Sanierungsbedarf und Energiekennwerte

Im Rahmen des Vorhabens wurden Bundesliegenschaften mit einer breiten Streuung hinsichtlich des Baujahrs (1912-1979), der Größe (beheizte Nettogrundfläche von 1.800 m² bis 24.000 m²), der Lage (N (Flensburg); W (Saarbrücken, Frankfurt), S (Augsburg, Nürnberg, Stuttgart)) und der Anzahl an Nutzer/innen (38- 400) untersucht. Gemeinsam ist den Gebäuden, dass es sich um Büro- und Verwaltungsgebäude handelt, wobei die Mitarbeiter/innen einen hohen Anteil ihrer Arbeitszeit im Büro verbringen. In den Hauptzollämtern und der Theodor-Heuss-Kaserne machen Außentätigkeiten rund 20 % der Arbeitszeit aus, im BWZ sind die Mitarbeiter/innen nicht nur in ihren Büros sondern regelmäßig auch in den Laboren tätig. Die Datengrundlage zu den Liegenschaften weist eine unterschiedlich gute Qualität auf. Dies liegt unter anderem daran, dass nicht für alle Gebäude die Standard-LEKs vorlagen. Darüber hinaus fehlen (noch) in zwei Fällen die gebäudescharfen Bedarfs- oder Verbrauchswerte. Dies schränkt die Aussagekraft der Energiekennwerte für das HZA in Nürnberg und die beiden einzelnen Gebäude des KBAs in Flensburg ein.

Die Energiebedarfe liegen insgesamt zwischen 93 und 448 kWh/(m² a). Am geringsten ist der Energiebedarf des KBA in Flensburg, am höchsten der Wert des BWZ in Frankfurt. Die übrigen Werte liegen bei 170-219 kWh/(m² a) und damit recht nah zusammen. An dieser Stelle muss noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die Höhe der Energiebedarfswerte für ein und dasselbe Gebäude trotz definierten energetischen Zustand durch die Zulässigkeit einer breiten Varianz an Annahmen sich stark unterscheiden kann (siehe Kapitel 3.1).

Die Energieverbräuche streuen insgesamt weniger stark als die Bedarfswerte und liegen zwischen 68 und 177 kWh/(m² a) bzw. bei 79 bis 177 kWh/(m² a) ohne Berücksichtigung des HZA in Nürnberg, da dieser Wert nicht gemessen sondern nur durch eine Flächenumlage ermittelt werden konnte und damit dessen Höhe mit Unsicherheiten behaftet ist.

Entsprechend der Auswahlvorgaben sollten die ausgewählten Gebäude einen hohen energetischen Sanierungsbedarf aufweisen. Ein Teil der Gebäude wird ständig gut gewartet und Werterhaltungsarbeiten werden durch Personal vor Ort laufend durchgeführt. Dadurch ist der Sanierungsbedarf aus Sicht der Gebäudenutzer/innen und Objektverantwortlichen nicht unmittelbar erkennbar. Wo normale Erhaltungsmaßnahmen (u.a. Brandschutz, Austausch der Rohrleitungen) laufend durchgeführt werden, führt dies teilweise zu einer langsamen aber kontinuierlichen Absenkung des Energiebedarfs und -verbrauchs. Bei einigen Gebäuden besteht

neben dem energetischen Sanierungsbedarf zudem ein erheblicher baulicher Sanierungsbedarf, der bereits äußerlich sichtbar ist.

Der Bedarf einer Sanierung wird in den Energiekonzepten und Standard-LEKs sowie aus Sicht des Fachpersonals recht unterschiedlich bewertet – und wird nur bedingt von hohen spezifischen Bedarfs- bzw. Verbrauchswerten abhängig gemacht. Bei allen Fallstudiengebäuden ist die Umsetzung der Sanierung noch nicht beschlossen; vielfach der Umfang und die Zeitraum derzeit noch nicht absehbar. Eine Umsetzung wird durch die Interviewten frühestens im Jahr 2019 erwartet, wobei sie meist von einem geringeren Sanierungsumfang als im LEK vorgeschlagen ausgehen. In den Interviews wurde deutlich, dass bei der Auswahl der durchzuführenden Maßnahmen nicht nur deren Energieeinsparung, sondern auch die Auswirkungen auf und insbesondere der Aufwand für die Behörde als Entscheidungskriterium berücksichtigt wird. So werden aus dem Energiekonzept insbesondere diejenigen Maßnahmen ausgewählt, die den laufenden Betrieb wenig beeinträchtigen - es sei denn, Maßnahmen werden aus baulicher oder nutzerseitiger Sicht ohnehin als notwendig erachtet.

Lediglich bei den Gebäuden der BlmA in Augsburg, des BWZ in Frankfurt sowie mit Einschränkung beim Gebäude B des KBA in Flensburg wird ein umfassender Sanierungsbedarf der Gebäudehülle festgestellt. Während die Gebäude des BWZ und der BlmA einen vergleichsweise hohen Bedarf und Verbrauch aufweisen gilt dies nicht für das Gebäude B der KBA. In einer Reihe weiterer Gebäude ist vor allem der Austausch der Fenster geplant (HZA Nürnberg, THK Haus 4N, tlw. HZA Saarbrücken). Meist sind keine Maßnahmen an der TGA geplant, was wohl auch daran liegt, dass alle Gebäude mit Nah- oder Fernwärme beheizt werden und bereits in vielen Gebäuden in der jüngeren Vergangenheit ein regelmäßiger Austausch älterer Komponenten sowie des Wärmeübertragers zur Fernwärmestation und Anpassungen der Regel- und Steuerungstechnik stattfand.

4.2 Zufriedenheit und Verhalten der Nutzer/innen

Die empirischen Erhebungen zeigen, dass ein Großteil der Nutzer/innen der untersuchten Gebäude im Winter mit der Raumtemperatur und der Regulierbarkeit der Heizung zufrieden ist. Immerhin aber ist es jedem vierten häufig zu kalt, vereinzelt wird auch über Zugserscheinungen geklagt. Dies gilt insbesondere für die Gebäude 4N der THK und das Gebäude des BWZ in Frankfurt. So sind im BWZ nur 17 % der Befragten mit dem Raumklima zufrieden, im Gebäude 4N der THK empfinden 71 % der Befragten die Raumtemperatur im Winter als zu kalt. Einigen Nutzer/innen ist dagegen im Winter zu warm in ihrem Büro; dies wird besonders häufig im HZA Saarbrücken angegeben. Ein Drittel ist unzufrieden mit den Regulierungsmöglichkeiten im Winter, darunter besonders viele Nutzer/innen des Gebäudes 4N der THK. Die gemessenen mittleren Raumtemperaturen lagen in den Fallstudiengebäuden zwischen 21,2 °C und 22,7 °C und damit höher als dies in den Normen zur Bedarfsberechnung (21 °C) vorgesehen ist. Gleichzeitig liegen die mittleren Raumtemperaturen in den Fallstudienobjekten aber niedriger, als die in Bürogebäuden durchschnittlich angenehm empfundene Raumtemperatur von 23°C (vgl. Wagner et al. 2015). Dennoch hat nur ein kleiner Teil der Befragten im Winter Probleme mit den Raumtemperaturen. Es ist auffällig, dass die Unzufriedenheit der Nutzer/innen mit der Raumtemperatur im Winter in zwei Gebäuden hoch ist. Diese beiden Gebäude weisen auch die höchsten Bedarfswerte und somit einen energetisch vergleichsweise schlechten Zustand auf. Allerdings sind die stichprobenartig gemessenen Temperaturen in beiden Gebäuden nicht auffällig. Als Gründe für die Unzufriedenheit mit der Raumtemperatur in wurde von den Befragten genannt, dass die Reaktionszeit der Heizung als zu lang empfunden wird und einige Büros ungünstig gelegen sind, so dass es zu Zugserscheinungen durch das nahe Treppenhaus kommt.

Ein deutliches größeres Problem als das Raumklima im Winter stellt aus Sicht der Nutzer/innen der sommerliche Wärmeschutz dar. Deshalb erhoffen sich die Nutzer/innen durch eine energetische Sanierung primär eine Verbesserung der Situation im Sommer, erst an zweiter Stelle steht das Ziel der Energieeinsparung. Auch bei

vorhandenen Außenjalousien fehlen den Nutzer/innen im Sommer effektive Regulierungsmöglichkeiten und sie leiden unter zu hohen Raumtemperaturen. Der Grad der Betroffenheit unterscheidet sich dabei je nach Lage (Himmelsrichtung, Stockwerk) im Gebäude; erschwerend kommt bei einigen Nutzer/innen hinzu, dass aufgrund einer lauten Straße nicht über einen längeren Zeitraum gelüftet werden kann.

Sowohl die Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Erhebungen als auch die Beobachtungen vor Ort lassen darauf schließen, dass sich ein großer Teil der Nutzer/innen am Arbeitsplatz nicht besonders energieeffizient verhält. So ist die Zahl der Heizungsregulierungen pro Tag sehr viel geringer als die Zahl der Lüftungsvorgänge – die demnach in der Regel mit aufgedrehter Heizung stattfinden. Viele Interviewte gaben an, die Heizung kaum zu regulieren und auch beim Verlassen des Hauses nach Feierabend diese nicht herunterzudrehen. Vereinzelt wird dagegen sehr häufig die Heizung reguliert. Die qualitativen Interviews zeigen, dass dies vor allem dort der Fall ist, wo die Temperaturen sonst nicht komfortabel sind. Die hohe Zahl der Regulierungen weist hier möglicherweise auf nicht gut funktionierende Thermostate oder einer Übersteuerung (erst ganz aufdrehen, dann wieder stark zurück, etc.) hin. Gleichzeitig geben viele Nutzer/innen an, dass sie die Raumtemperatur eher über das Öffnen von Fenster und Türen als über das Regulieren der Heizung anpassen. In vielen Gebäuden sind die Türen der Büros aus Gründen der Ansprechbarkeit immer geöffnet. Dadurch erhöht sich der thermische Energiebedarf, da Flure und tlw. Treppenhäuser annähernd auf das Temperaturniveau der Büros geheizt werden. Ein Problem stellen außerdem Gemeinschafts- und Toilettenräume dar: Für diese fühlt sich niemand zuständig, so dass in diesen häufig gleichzeitig die Heizung aufgedreht ist und die Fenster gekippt sind. In Mehrpersonnbüros wird häufig ein Kompromiss ausgehandelt, wenn unterschiedliche Vorstellungen zum Heizungs- und Lüftungsverhalten bestehen. In Einzelfällen kommt es dabei zu hohen Energieverlusten, da die Nutzer/innen „gegeneinander“ Lüften und Heizen.

Insgesamt ist das Interesse am Energieverbrauch und die Bedeutung des Themas Energiesparen beim eigenen Haus oder der eigenen Wohnung deutlich höher als am Arbeitsplatz. Dennoch geben Zweidrittel der Nutzer/innen an, dass ihnen Energiesparen am Arbeitsplatz wichtig ist. Rund die Hälfte hat Interesse an Informationen zum Energieverbrauch am Arbeitsplatz. Maßnahmen um das Interesse am Thema und die Umsetzung von Energiesparen zu steigern, wären aus Sicht der Nutzer/innen insbesondere mehr und bessere Informationen sowie Wettbewerbe und finanzielle Anreize. Gewünscht werden darüber hinaus aber auch Unterstützungsmöglichkeiten wie bessere Steuerungsmöglichkeiten und mehr Automatisierung. Auch die energetische Sanierung könnte ein energieeffizientes Verhalten unterstützen.

4.3 Prebound-Effekte

Die Verbrauchswerte liegen bei den untersuchten Objekten durchgehend deutlich unter den Bedarfswerten. Die hieraus berechneten Prebound-Effekte liegen zwischen 13 und 63 %. Hohe Werte von um die 60 % wurden bei den beiden Gebäuden der THK, des BWZ und im HZA Nürnberg festgestellt, wobei der Wert des HZA Nürnberg mit Unsicherheiten behaftet ist. Ebenso ergibt sich ein hoher Prebound-Effekt beim KBA, wenn der Energiebedarfswert vor der Anpassung der Annahmen zur Bedarfsberechnung zugrunde gelegt wird. Nach der Verringerung des Bedarfswertes ergibt sich für das KBA allerdings der geringste Prebound-Effekt der Fallstudiengebäude. Vergleichsweise geringe Prebound-Werte weisen das HZA Saarbrücken und die BlmA in Augsburg auf. In Kapitel 3.1 und in den nachfolgenden Absätzen wird auf die Probleme bei der Ermittlung des Prebound-Effekts eingegangen. Zunächst soll hier jedoch dargestellt werden, ob sich die Höhe der Prebound-Effekte zumindest teilweise über das Nutzerverhalten erklären lässt.

Insgesamt verhalten sich die Nutzer/innen in allen Gebäuden recht ähnlich. Einzelne Besonderheiten fallen jedoch auf: So werden die Temperaturen in den Gebäuden in Saarbrücken und Flensburg besonders oft als zu warm empfunden, in Saarbrücken wurden durchschnittlich besonders hohe Raumlufttemperaturen gemessen; in Augsburg wird über einen Gang häufig ins Freie gelüftet. Diese Besonderheiten könnten Anzeichen für ein ineffizientes Nutzerverhalten sein, was die in diesen Gebäuden niedrigen Prebound-Effekte (beim KBA: nach Anpassung des Bedarfswertes) erklären könnte. Ebenso lassen sich teilweise Erklärungen für hohe

Prebound-Effekte finden: In Frankfurt entspricht die Nutzung nicht den Bedarfsberechnungen. Im BWZ in Frankfurt und vor allem im Gebäude 4N der THK wird häufig über zu kalte Räume und schlechte Regulierungsmöglichkeiten geklagt. Diese Merkmale könnten die hohen Prebound-Effekte in diesen Objekten erklären, da eine energieeffizientere Nutzung des Gebäudes bei der Bedarfsberechnung angenommen wurde und die Nutzer/innen die Räume teilweise nicht entsprechend ihren Komfortansprüchen temperieren können.

Andererseits ergeben die Erhebungen auch in Gebäuden mit hohen Prebound-Effekten ein wenig effizientes Nutzer/innen-Verhalten, so dass dessen Einfluss die ermittelte Höhe der Effekte allenfalls sehr eingeschränkt erklären kann. So hat das Gebäude 2 der THK einen vergleichsweise hohen Prebound-Effekt obwohl der Anteil dauerhaft gekippter Fenster hier am höchsten ist. Auch das BWZ weist einen hohen Prebound-Effekt auf trotz vergleichsweise hoher Raumlufttemperaturen. Hinzu kommt, dass teilweise unterschiedliche Effekte auch ausgleichen können: So wurde beim HZA Saarbrücken zwar hohe Raumlufttemperaturen festgestellt, aber gleichzeitig ist der Anteil an dauerhaft geöffneter Fenstern gering und es wird vergleichsweise kurz gelüftet.

Zusammenfassend kann daher festgestellt werden, dass alleine über das Nutzerverhalten keine Rückschlüsse auf die Höhe der Prebound-Effekte geschlossen werden können – und andersherum. Denn eine Vielzahl an Faktoren (Annahmen der Bedarfsberechnung; Erfassung der Verbrauchswerte, unterschiedliche Aspekte des Nutzerverhaltens, gebäude- und anlagentechnische Einflussfaktoren) beeinflusst die Höhe des Prebound-Effektes, wobei sich diese Faktoren jeweils überlagern.

Bei der Bewertung der Daten muss berücksichtigt werden, dass die Berechnung der Prebound-Effekte abhängig von der Genauigkeit der Verbrauchswerte und der Bedarfsberechnungen ist. Die bei der Bedarfsberechnung angesetzten Annahmen zu den Nutzungsparametern (bspw. zur Zonierung oder der Nacht- und Wochenendabsenkung der Heizung) werden im Energiebericht bzw. im Standard-LEK nicht bzw. nicht vollständig angegeben, so dass die Richtigkeit dieser Annahmen nicht überprüft werden konnte (bspw. ob die Nachtabsenkung einberechnet wurde). Bei der Ermittlung der thermischen Bedarfs- dem Verbrauchswert anzunähern. So hat das IWU (2014) in einer Studie mit 91 Nichtwohngebäuden bewiesen, dass der Mittelwert des Bedarfs- und Verbrauchsverhältnis für die thermische Energie bei einer möglichst genauen objektspezifischen Erfassung nur bei 1,16 liegt.

Bei einer zulässigen Erfassung nach Standardwerten kann dieses Verhältnis dagegen bis zu 1,47 betragen (IWU 2014). Auch die Standardabweichungen sind bei einer möglichst genauen objektspezifischen Erfassung deutlich geringer. In Abbildung Abb. 4.1 ist der vom IWU (2014) gefundene Zusammenhang grafisch dargestellt. Theoretisch entspricht der Verbrauch dem Bedarf (blaue Kurve). Bei hohen Bedarfs- dem Verbrauchswert anzunähern. So hat das IWU (2014) in einer Studie mit 91 Nichtwohngebäuden bewiesen, dass der Mittelwert des Bedarfs- und Verbrauchsverhältnis für die thermische Energie bei einer möglichst genauen objektspezifischen Erfassung nur bei 1,16 liegt.

Bei effizienten Gebäuden mit einem niedrigen Endenergiebedarf liegt wiederum der Energieverbrauch über dem –bedarf (siehe Abb. 4.1). Unter der Annahme von Standard-Nutzungsbedingungen (rote Kurve) ist die Abweichung zwischen Bedarf und Verbrauch vor allem bei hohen Bedarfs- dem Verbrauchswert anzunähern. So hat das IWU (2014) in einer Studie mit 91 Nichtwohngebäuden bewiesen, dass der Mittelwert des Bedarfs- und Verbrauchsverhältnis für die thermische Energie bei einer möglichst genauen objektspezifischen Erfassung nur bei 1,16 liegt.

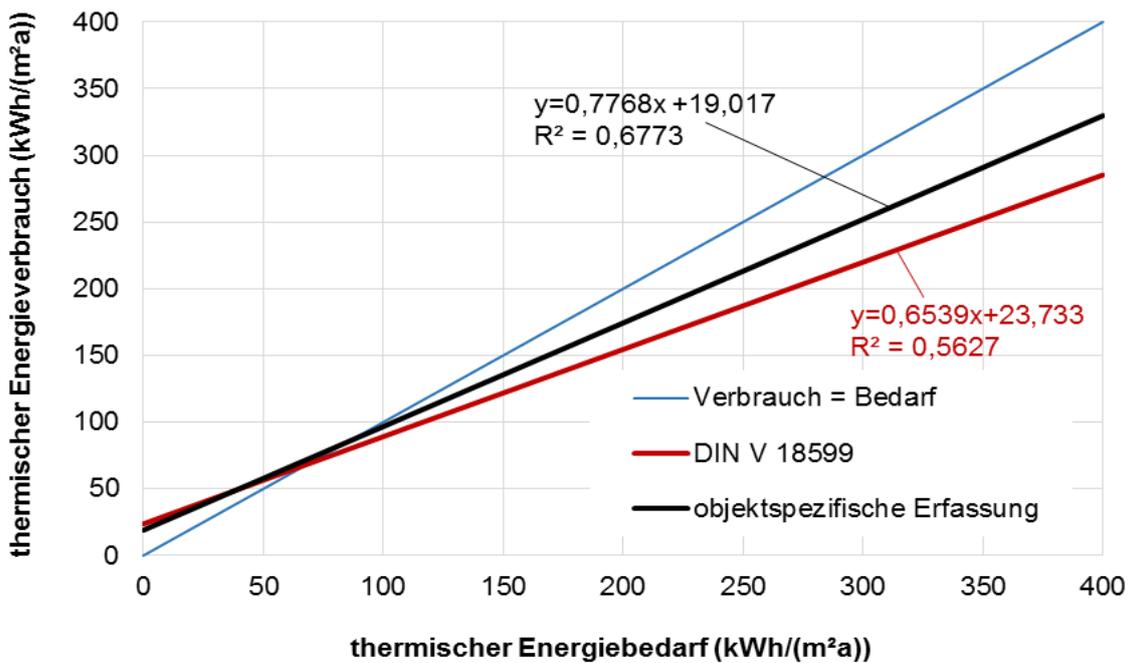


Abb. 4.1: Bedarf und Verbrauch von Nichtwohngebäuden

Eigene Darstellung auf Datenbasis des IWU (2014); Erläuterung: auf der blauen Linie ist Verbrauch=Bedarf; auf der roten Linie ist die Erfassung der Standard-Nutzungsbedingungen nach DIN V 18599-100; auf der schwarzen Linie die genaueste mögliche Erfassung mit objektspezifischen Daten dargestellt

Ein weiterer Grund für das Abweichen zwischen Verbrauchs- und Bedarfswerten kann darin liegen, dass sich die Verbrauchswerte durch kleinere Baumaßnahmen und Optimierungen sowie Nutzungsänderungen laufend verändern. So werden bspw. bei notwendigen Brandschutzsanierung oder dem Austausch von Türen oft auch die energetische Qualität der Gebäudehülle verbessert. In den Fallstudienobjekten wurde berichtet, dass immer wieder Verbesserungen an der Anlagentechnik (bspw. Einbau von Hocheffizienzpumpen, Austausch der Heizungsregulierungsventile) erfolgen. Dies führt zu einem langsamen Absinken des Energieverbrauchs. Auch eine Veränderung der Nutzungsart beeinflusst den Verbrauch. So werden teilweise ehemalige Büroräume als Archive oder als Besprechungsräume genutzt, einzelne Räume stehen zwischendurch leer, etc. Während der Berechnung des mittleren Energieverbrauchs i.d.R. mehrere Jahreswerte zugrunde liegen, die jeweils durch die energetische Qualität der Gebäudehülle, der Anlagensituation und der Nutzung beeinflusst werden, erfasst die Bedarfsberechnung nur den Zustand zum Erstellungszeitpunkt. Verbesserungsmaßnahmen und Nutzungsänderungen werden entsprechend nicht analog berücksichtigt. Dies kann bei mehrjähriger Berücksichtigung der Verbrauchswerte zu einer Abweichung zwischen Bedarf- und Verbrauchswert führen.

Wie die Ergebnisse des IWU (2014) zeigen, gibt es auch bei genauer objektspezifischer Erfassung des thermischen Energiebedarfs noch eine Differenz zwischen Verbrauch und Bedarf (siehe Abb. 4.1), wobei Verbrauch und Bedarf mit zunehmendem Bedarf auseinanderdriften. Hierfür gibt es zwei Interpretationsmöglichkeiten: Das Nutzerverhalten ändert sich (bei hohem Bedarf sind die Raumlufttemperaturen geringer, es wird seltener Kipp gelüftet, etc.). Darüber hinaus kommt eine Studie zu dem Ergebnis, dass die Bedarfswerte in alten Gebäuden oft zu hoch sind und "viele alte Gebäude nicht so schlecht wie ihr Ruf" sind (Walberg et al. 2011). Li et al. (2015) kommen auf der Basis von Messungen zu dem Ergebnis, dass die derzeit für die Berechnungen verwendeten U-Werte besser sein könnten als in der Realität. Zum Einfluss der Berechnungsverfahren auf die Abweichungen besteht demnach noch Forschungsbedarf.

5 Schlussfolgerungen

5.1 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die Energiekennwerte der im Vorhaben untersuchten Gebäude wurden mit denen anderer öffentlicher Liegenschaften verglichen. Hierfür wurde ein Datensatz, der den Autor/innen für die Sondierungsstudie vom BBSR zur Verfügung gestellt wurde (vgl. Weiß et al. 2015), um die Daten der in der vorliegenden Studie sowie in der Sondierungsstudie untersuchten Gebäude ergänzt. Die Ergebnisse sind in Abb. 5.1 dargestellt.

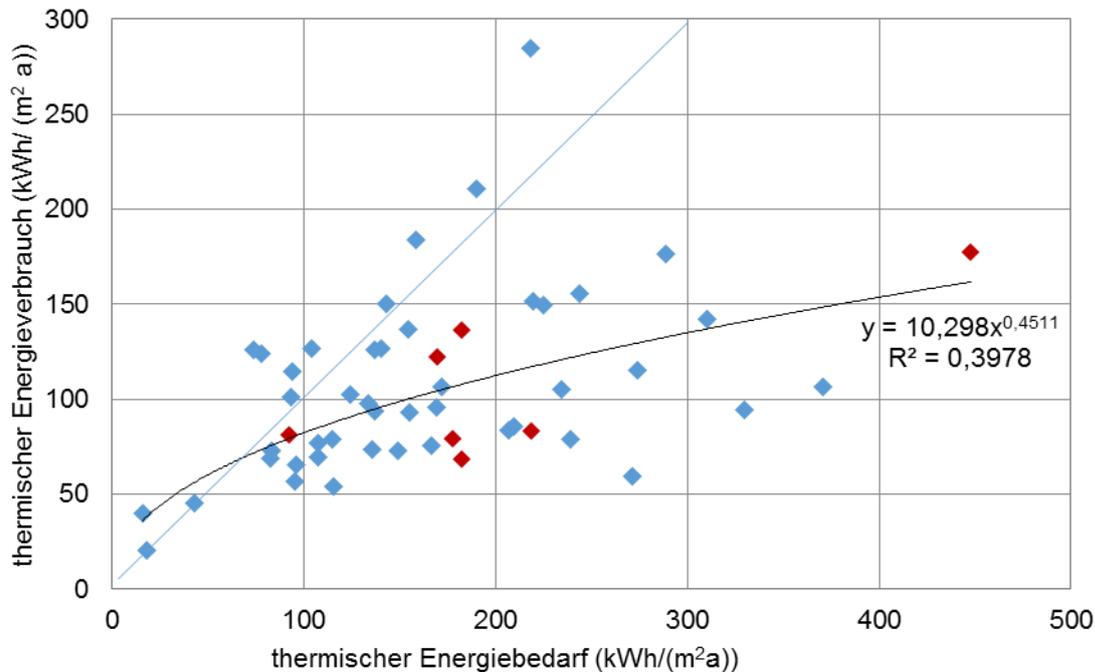


Abb. 5.1: Zusammenhang von Bedarf und Verbrauch in 52 Bundesliegenschaften

Erläuterung: rot markiert sind die in der Studie untersuchten 7 Gebäude; auf der blauen Linie ist Verbrauch=Bedarf; die schwarze Linie zeigt die Best-Fit-Kurve

Die Grafik zeigt, dass bei Gebäuden mit höherem Bedarf der Verbrauch in der Regel deutlich unter der blauen Linie und damit unterhalb des Bedarfs liegt. Dies gilt auch für die untersuchten Gebäude: ihre Werte gruppieren sich um die Best-Fit-Kurve (schwarze Kurve); das deutet darauf hin, dass die Energiekennwerte im Schnitt typisch für öffentliche Gebäude sind. Damit kann die bei Wohngebäuden bereits mehrfach gewonnene Erkenntnis, dass bei älteren, unsanierten Gebäuden der Bedarf über dem Verbrauch liegt, auch für die untersuchten Nichtwohngebäude bestätigt werden. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch eine Studie des IWU (2014).

Bei den Fallstudiengebäuden wird deutlich, dass das Gebäude des BWZ in Frankfurt im Vergleich zum gesamten Datensatz einen ungewöhnlich hohen spezifischen Bedarf aufweist. Als Folge des Auseinanderdriftens von Verbrauch und Bedarf nimmt auch der durchschnittliche Prebound-Effekt mit zunehmendem Bedarf zu. Bei den untersuchten Liegenschaften handelt es sich gemäß der Auswahlkriterien um Gebäude mit hohem Sanierungsbedarf und entsprechend im Schnitt überdurchschnittlichen Bedarfswerten. Im Durchschnitt liegt der Bedarf des Vergleichsdatsatzes mit 52 Nichtwohngebäuden bei 167 kWh/(m² a). Bei den Fallstudiengebäuden liegen sechs der untersuchten Gebäude über diesem Wert, nur das KBA in Flensburg weist einen deutlich geringeren Bedarf auf.

Tab. 5.1: Prebound-Effekt von Nichtwohngebäuden aus unterschiedlichen Gebäudedatensätzen aus Deutschland
eigene Berechnungen auf Basis der genannten Datenquellen

	Vorliegende Studie	Lammers (2014)	Oschatz et al. (2014)	IWU (2014)
Objekte	Bundesliegenschaften (Büro- und Verwaltungsgebäude)	Bundesliegenschaften (Büro- und Verwaltungsgebäude)	Bürogebäude	Nichtwohngebäude
Stichprobengröße N	7	41	32	92
Durchschnittlicher Prebound-Effekt (%)	44	21	15	17
Minimaler Prebound-Effekt (%)	13	-150	-	-
Maximaler Prebound-Effekt (%)	63	78	-	-

Der Prebound-Effekt für die sieben untersuchten Gebäude liegt im Bereich von 13 % bis 63 %, mit einem Durchschnitt von 44 %. Das bedeutet, dass der gemessene Verbrauch durchschnittlich 44 % unterhalb des Bedarfs (theoretischer Verbrauch) liegt. Der durchschnittliche Prebound-Effekt für den Datensatz von 41 Bundesliegenschaften (ohne die Fallstudienresultate der vorliegenden Studie und der Sondierungsstudie) liegt dagegen bei nur 21 % (siehe Tab. 5.1). Da in den anderen Datensätzen Gebäude enthalten sind, die einen niedrigen spezifischen Bedarf aufweisen, sind deren durchschnittliche Prebound-Effekte mit 15 bis 21 % erwartungsgemäß geringer als der für die untersuchten Fallstudiengebäude berechnete Durchschnittswert. Die Prebound-Effekte der untersuchten Gebäude liegen innerhalb des mit dem Vergleichsdatsatz ermittelten Bereichs von minus 150 % bis plus 78 %. Ein negativer Prebound-Effekt bedeutet, dass in dem Gebäude der Verbrauch über dem Bedarf liegt.

Für die Vergleichsdatsätze stehen i.d.R. nur sehr eingeschränkt Informationen zu deren Ermittlung und Aufbereitung zur Verfügung. Bspw. ist nicht für alle Datensätze bekannt, ob sich die Verbrauchswerte auf mehrere Heizperioden beziehen und diese auch witterungsbereinigt wurden⁴. Zudem ist unbekannt, ob im Gebäude Räume leer standen. Deshalb kann die Robustheit der Verbrauchswerte nicht bewertet werden.

Die Prebound-Werte der Bundesliegenschaften (vorliegende Studie und Vergleichsdatsatz) sind insgesamt etwas höher als die der anderen Datensätze mit Bürogebäuden bzw. unterschiedlichen Nichtwohngebäuden (siehe Tab. 5.1). Daraus könnte man schließen, dass sich die Nutzer/innen von Bundesliegenschaften besonders effizient verhalten. Mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie sowie der Sondierungsstudie kann dies jedoch eher nicht bestätigt werden. Zwar gibt es vereinzelt Hinweise auf sparsames Verhalten in den untersuchten Bundesliegenschaften, aber generell gab ein Großteil der Nutzer/innen an sich im privaten Bereich deutlich effizienter zu verhalten als im dienstlichen Bereich. Entsprechend müssen bei der Interpretation der Prebound-Effekte (und nach einer erfolgreichen energetischen Sanierung auch Rebound-Effekte) neben dem Nutzerverhalten auch andere Aspekte wie bspw. die Genauigkeit der Bedarfsermittlung und die Robustheit der Verbrauchswerte berücksichtigt werden.

⁴ Die Datensätze von Lammers (2014) beziehen sich in der Regel auf mehrere Heizungsperioden und sind alle witterungsbereinigt.

Zusammenfassend kann aber davon ausgegangen werden, dass die ermittelten Erkenntnisse zur Höhe von Energiekennwerten und dem Vorhandensein von Prebound-Effekten, unter Berücksichtigung der genannten Einschränkungen auf Büro- und Verwaltungsgebäude in Bundesliegenschaften, übertragbar sind. Robuste Aussagen zur Höhe von Prebound-Effekten lassen sich allerdings aufgrund der Vielzahl von Einflussgrößen auf die Eingangsgrößen bei der Berechnung des Prebound-Effektes nicht tätigen. Da auch das Nutzerverhalten in den Fallstudiengebäuden sehr ähnlich ist – bei unterschiedlich hohen Prebound-Effekten - ist zu erwarten, dass der Einfluss der Nutzer/innen auf die Höhe von Prebound-Effekten im Vergleich zur Bedeutung der Ermittlung von Verbrauchs- und Bedarfswerten eher gering ist. Daher sollte bei der Interpretation von Pre- und auch der Rebound-Effekte die Komplexität der unterschiedlichen Einflussfaktoren auf die Eingangsgrößen deutlich stärker im Vordergrund stehen und mindestens gleichrangig wie das Nutzerverhalten Berücksichtigung finden.

Auffallend sind die Erwartungen der Nutzer/innen an eine energetische Sanierung. In dieser Studie, wie auch in der vorangegangenen Sondierungsstudie, teilten die Nutzer/innen mit, dass in der Heizperiode die Raumlufttemperaturen mehrheitlich als weder zu warm noch als zu kalt wahrgenommen werden; im Sommer hingegen wird die Raumlufttemperatur überwiegend als zu warm eingestuft. Dieses Ergebnis bestätigt ebenfalls die Nutzerbefragung von Wagner et al. (2015) in Bürogebäuden.

5.2 Empfehlungen für die weitere Untersuchung des Pre- und Rebound-Effekts in Bundesliegenschaften

Eine zentrale Fragestellung des Vorhabens ist es festzustellen, ob sich durch energetische Sanierungen das Nutzerverhalten in Bundesliegenschaften ändert und es somit durch energetische Sanierungen zu Rebound-Effekten kommt. Um dieser Fragestellung nachzugehen ist es wichtig, dass ergänzend zu den Untersuchungen vor der Sanierung in den acht Fallstudiengebäuden auch Untersuchungen nach einer möglicherweise erfolgten energetischen Sanierung erfolgen. Wichtig ist dabei, dass die Untersuchung des Nutzerverhaltens nach Sanierung mit derselben Methodik wie vor der Sanierung erfolgt. Dadurch kann direkt aufgezeigt werden, inwiefern sich das Nutzerverhalten durch eine Sanierung verändert. Eine Sanierung scheint zumindest für sechs der Gebäude wahrscheinlich. Da allerdings die vorgelagerten Planungszeiträume sehr lang sind, werden diese frühestens im Jahr 2019 saniert. Nach einer erfolgten energetischen Sanierung sollten die Fallstudiengebäude erneut untersucht werden, um evtl. Änderungen des Nutzerverhaltens aufgrund der energetischen Sanierung aufzudecken. Da eine energetische Sanierung bei lediglich sechs Gebäuden wahrscheinlich ist, wird daher die Erhöhung der Anzahl der Fallstudiengebäude der Vorsanierungsbefragung empfohlen, um so die Anzahl an Gebäuden für die Nachsanierungsbefragung zu erhöhen.

Nach einer energetischen Sanierung sinken die Energieverbräuche durch Anpassung der Nutzer/innen an das Gebäude und Optimierung der Anlagentechnik langsam ab (vgl. Weiß et al. 2015). Daher sollte die Durchführung der Nachsanierungsbefragung idealerweise im ersten Jahr nach der Sanierung und evtl. im dritten Jahr nach der Sanierung erfolgen. So können sowohl wahrgenommene Veränderungen des Nutzerverhaltens und Anpassungsstrategien direkt nach der Sanierung als auch die in 2-3 Jahren nach der Sanierung eingestellten Verhaltensweisen erfasst und vergleichend ausgewertet werden.

Hinsichtlich der Höhe von Pre- und Rebound-Effekten bestehen bei Nichtwohngebäuden große Unsicherheiten, was vielfältige Gründe hat. Einerseits ist noch immer die Anzahl der untersuchten Nichtwohngebäuden zur Ermittlung der Rebound-Effekte im Vergleich zur Datenbasis bei Wohngebäuden sehr gering (größter bekannter Datensatz: IWU (2014) mit 92 Nichtwohngebäuden). Daher sollte die Datenbasis für Vergleichswerte der Energiekennwerte ausgebaut werden. Idealerweise sollten die Energiekennwerte nach verschiedenen Gebäudearten (nach Bauwerkszuordnungskatalog) erhoben werden. Andererseits beeinflussen die zugrundeliegenden Daten die Höhe der Effekte maßgeblich, weshalb die Verbrauchs- und Bedarfswerte möglich genau erfasst werden sollten. Verbrauchswerte sollten auf mehrere Jahreswerte zurückzuführen sein und bei Änderungen der Nutzung im Gebäude bspw. bei Durchführung von Sanierungsmaßnahmen sollten die

Veränderungen in der angepassten Bedarfsberechnung berücksichtigt werden. Insbesondere sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Die Energiebedarfswerte sollten immer gebäudescharf berechnet werden, wenn ein betrachtetes Gebäude aus mehreren Gebäudeteilen besteht (bspw. beim Krafft-Bundesamt in Flensburg).
- In den Energiebedarfsberechnungen (Standard-LEK) sollten die Zonierungen und alle zugrundeliegenden Annahmen ersichtlich sein, sodass diese überprüft und bei Veränderungen ggf. korrigiert werden können. Bei der Anpassung der Bedarfswerte nach einem Verbrauchs-Bedarfsabgleich sollten für beiden Varianten die Annahmen dokumentiert werden.
- Beeinflussungen des Energieverbrauchs sollten dokumentiert werden. So sollten längere Zeiträume des Leerstands der Gebäude, Umnutzungen, Umbaumaßnahmen, Anpassungen der Anlagentechnik erfasst werden. Mit diesen Informationen können Veränderungen des Energieverbrauchs erklärt werden.
- Für die Fallstudienobjekte wird es als sinnvoll angesehen, die Bedarfsberechnung für alle Objekte von einer Person durchzuführen, sodass die getätigten Annahmen sowie die verwendete Berechnungssoftware einheitlich sind.
- Bei einigen Fallstudienobjekten wurde das Energiekonzept zudem (noch) nicht nach Standard-LEK-Konzept erstellt, da diese teilweise schon einige Jahre alt sind. Daher ist zu vermuten, dass trotz durchgeführtem Verbrauchs-/ Bedarfsabgleich keine Anpassung der Annahmen der Bedarfsberechnung erfolgte und so der Bedarfswert nicht dem Verbrauch angenähert wurde. Im Rahmen der vorliegenden Studie war es nicht möglich ergänzend Bedarfsberechnungen zu erstellen. Es wird deshalb empfohlen, dass für alle Gebäude ein Standard-LEK erstellt wird, oder im Zuge der Durchführung der Erhebungen nach Sanierung für alle Fallstudienobjekte einheitliche Bedarfsberechnung erstellt werden.

Da in den untersuchten Fallstudiengebäuden lediglich stichprobenartige Temperaturmessungen durchgeführt wurden, wäre eine Langzeitmessung (bspw. 1 Jahr) der Raumlufttemperaturen in mehreren zufällig ausgewählten Büroräumen eine sinnvolle Ergänzung zur Erhöhung der Erkenntnis über das Nutzerverhalten. Als sinnvoll wird zudem eine messtechnische Erfassung des Lüftungsverhaltens (bspw. der Lüftungsdauer und der Öffnungsart) in den zufällig ausgewählten Büros, in denen die Raumlufttemperatur gemessen wird, eingeschätzt. Die Erfassung könnte durch eine Langzeiterfassung mit Datenloggern erfolgen. Dadurch lassen sich belastbare Daten zum Nutzerverhalten gewinnen.

5.3 Empfehlungen für die Reduktion des Energieverbrauchs in Bundesliegenschaften

Obwohl in allen untersuchten Fallstudiengebäuden positive Prebound-Effekte festgestellt wurden, lassen die Ergebnisse der Fallstudien darauf schließen, dass weitere Potentiale zur Steigerung der Energieeffizienz durch eine Änderung des Nutzerverhaltens vorhanden sind. In der vorliegenden Studie gab ein Großteil der Nutzer/innen an, dass sie es begrüßen würden, regelmäßig Informationen zur Höhe des Energieverbrauchs des Dienstgebäudes zu erhalten. Die Informationen sollen aufbereitet, verständlich und vergleichbar vorliegen. Als Anlass für den Beginn der regelmäßigen Information zu den Energiekennwerten könnte bspw. das Ende der Sanierungsmaßnahme im Gebäude sein. Ein Großteil der befragten Nutzer/innen ist interessiert daran zu erfahren, welche Energieeinsparung durch die Sanierungsmaßnahme erwartet und welche tatsächlich erreicht wird. Einige Befragte gaben an, dass sie daraus für ihr privates Wohnumfeld Erfahrungen ableiten würden. Eine andere Möglichkeit zur Erhöhung des energieeffizienten Verhaltens bei den Nutzer/innen ist die Schaffung von Anreizen. Ein Großteil der Befragten fand den Ausblick auf finanzielle oder auch ideelle Anreize motivierend, um bei sich und auch bei anderen stärker als bisher auf energieeffizientes Verhalten zu achten. Darüber hinaus motivierend für das eigene sparsame Verhalten sind aus Sicht einiger Nutzer/innen auch die Verbesserung des energetischen Zustands sowie weitere bauliche Maßnahmen. Es könnte sich deshalb

lohnend, die Sanierungen als Anlass zu nehmen, um Maßnahmen zur Verhaltensänderung der Nutzer/innen durchzuführen. Ebenfalls von einer Reihe von Nutzer/innen als wünschenswert erachtet wurden Steuerungsinstrumente und Regelungstechnik, die sie bei einem sparsameren Verhalten unterstützen können. Welche Methoden (reine Informationsmaßnahmen, Partizipation von Nutzer/innen bei der Auswahl von gebäudespezifischen Energieeffizienzmaßnahmen, Schaffung von Anreizsystemen (finanziell oder ideelle) oder technische Systeme) bei der Animation des energieeffizienten Nutzerverhaltens am effektivsten wirken, bildet ein weiteres spannendes Untersuchungsfeld.

In dieser Studie, wie auch bei Wagner et al. (2015), wurde festgestellt, dass die Nutzer/innen mit den Raumlufttemperaturen im Winter größtenteils zufrieden sind. Im Sommer hingegen sind die Nutzer/innen mit dem Raumklima und den zur Verfügung stehenden Regulierungsmöglichkeiten überwiegend unzufrieden. Daher wird eine Nachrüstung von effektiven sommerlichen Wärmeschutz sowie ggf. Raumklimatisierung zukünftig immer stärker an Bedeutung gewinnen. Da die Raumklimatisierung i.d.R. elektrisch betrieben werden muss und dies zu hohen Stromverbräuchen und u.U. auch zu hohen Rebound-Effekten führen kann, sollten bereits bei den derzeit geplanten Sanierungsmaßnahmen effektive, wenn möglich bauliche Maßnahmen für den sommerlichen Wärmeschutz eingeplant werden.

6 Literaturverzeichnis

- ARS A3.6 (2012): Regeln für Arbeitsstätten, Lüftung.
- BBSR (2012): Energie- und CO₂-Bericht Bundesliegenschaften 2012, auf der Grundlage von Verbrauchsdaten der Jahre 1990 bis 2008, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bericht II704-10-02-2012.abgerufen am 26.10.2016 unter: <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Bauwesen/EnergieKlima/Energiebeauftragter/Berichte/Energiebericht2012.pdf>
- BMVBS (2009): Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchs-kennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin.
- DIN V 18599-10 (2011): Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten. Ausgabe Dezember 2011.
- Galvin, Ray und Minna Sunikka-Blank (2016): Quantification of (p)rebound effects in retrofit policies – Why does it matter? *Energy* 95: 415–424.
- IWU (2014): Teilenergiekennwerte von Nichtwohngebäuden (TEK) Querschnittsanalyse der Ergebnisse der Feldphase. Darmstadt: IWU - Institut Umwelt und Wohnen.
- Lammers J (2014): Datenset bereitgestellt durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Nutzung auf Anfrage..
- Li, Francis G. N., A.Z.P. Smith, Phillip Biddulph, Ian G. Hamilton, Robert Lowe, Anna Mavrogianni, Eleni Oikonomou, Rokia Raslan, Samuel Stamp, Andrew Stone, et al. (2015): Solid-wall U-values: heat flux measurements compared with standard assumptions. *Building Research & Information* 43, Nr. 2 (4. März): 238–252.
- Majcen, Daša, Laure Itard und Henk Visscher (2015): Statistical model of the heating prediction gap in Dutch dwellings: Relative importance of building, household and behavioural characteristics. *Energy and Buildings* 105 (15. Oktober): 43–59.
- Oschatz, Bert, Kati Jagnow und Dieter Wolff (2014): Leitfaden zum Abgleich Energiebedarf - Energieverbrauch. Berlin. <https://www.delta-q.de/export/sites/default/de/downloads/Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich.pdf>.
- Wagner, Andreas, Gerrit Höfker, Thomas Lützkendorf, Cornelia Moosmann, Karin Schakib-Ekbatan und Marcel Schweiker (2015): *Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden. Empfehlungen für Planung und Betrieb*. Hg. v. FIZ Karlsruhe und BINE Informationsdienst. Bonn: Fraunhofer IRB.
- Walberg, Dieter, Astrid Holz, Timo Gniechwitz und Thorsten Schulze (2011): Wohnungsbau in Deutschland - 2011 Modernisierung oder Bestandsersatz. Studie zum Zustand und der Zukunftsfähigkeit des deutschen „Kleinen Wohnungsbaus“. Kiel: Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.
- Weiß, Julika, Ray Galvin, Reinhard Madlener, Doreen Großmann und Bernd Hirschl (2015): Sondierungsstudie zur Quantifizierung von Rebound-Effekten bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/Bundesliegenschaften. Arbeitsbericht/Forschungsbericht. BBSR-Online-Publikation. Bonn und Berlin: IÖW, RWTH, FCN, BTU Cottbus. http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2015/DL_ON012015.pdf

7 Anhang

7.1 Interviewleitfäden der qualitativen Interviews und Fragebogen der Online-Erhebung

7.1.1 Interviewleitfaden Fachpersonal

- 1) Begrüßung
- 2) Was ist Ihre Aufgabe / Ihre Zuständigkeit in diesem Gebäude? Seit wann sind Sie für dieses Gebäude zuständig?
- 3) Dieses Gebäude wurde 19XX erbaut. Gab es in den letzten Jahren/ Jahrzehnten bautechnische Veränderungen an der Gebäudehülle / -technik oder Raumnutzung?
- 4) Wie schätzen Sie den energetischen Zustand des Gebäudes ein?
- 5) Wie schätzen Sie den energetischen Nutzungskomfort für die Mitarbeiter/ innen im Gebäude ein?
- 6) Welche Reaktionen seitens der Nutzer/innen gab es bereits hinsichtlich des energetischen Zustandes und des Nutzungskomforts des Gebäudes?
- 7) Welche Regulierungsmöglichkeiten haben Sie bzw. welche Selbsthilfemaßnahmen ergreifen die Nutzer/innen?
- 8) Wenn dieses Gebäude energetisch saniert werden sollte: Welche Erwartungen hätten Sie an die Wirkung der energetischen Sanierung für dieses Gebäude?
- 9) Kennen Sie den Energieverbrauch (Wärme und Strom) für dieses Gebäude? Wie schätzen Sie das Interesse bei den Nutzer/innen diesbezüglich ein?
- 10) Ist Ihnen bekannt ob die Nutzer/innen bereits Hinweis zum energiesparenden Verhalten bekommen haben bzw. ob bereits Schulungen dazu durchgeführt wurden?

7.1.2 Interviewleitfaden Nutzer/innen

- 1) Begrüßung
- 2) Wie lange arbeiten Sie schon in diesem Gebäude? Wie lange sitzen Sie schon in Ihrem Büro?
- 3) Teilen Sie sich Ihr Büro mit anderen Kolleginnen oder Kollegen? Haben Sie und Ihre Kollegen/innen ein ähnliches Temperatur- und Lüftungsbedürfnis?
- 4) Wie sieht bei Ihnen ein typischer Tagesablauf im Winter aus?
- 5) Wie sieht bei Ihnen ein typischer Tagesablauf im Sommer aus?

- 6) Wie wohl fühlen Sie sich in Ihrem Büro und in diesem Gebäude?
- 7) Heizen und lüften Sie im Büro anders als zuhause?
- 8) Wenn dieses Gebäude energetisch saniert werden sollte: Welche Erwartungen hätten Sie an die Wirkung der energetischen Sanierung für dieses Gebäude?
- 9) Kennen Sie den Energieverbrauch (Wärme und Strom) für dieses Gebäude?
- 10) Motivation zum sparsamen Umgang mit Energie?

7.1.3 Fragebogen Nutzer/innen (Online-Erhebung)

Büronutzung

- 1) Wie viele Personen nutzen außer Ihnen das Büro, in dem Sie sitzen, gleichzeitig?
- 2) Welchen Anteil Ihrer täglichen Arbeitszeit verbringen Sie durchschnittlich in Ihrem Büro und innerhalb des Gebäudes, in dem sich Ihr Büro befindet?

Einschätzung des energetischen Zustandes Ihres Büros im Winter

- 3) Wie zufrieden sind Sie mit dem Raumklima im Allgemeinen in Ihrem Büro / Ihrem Gebäude?
- 4) Wie empfinden Sie die Raumtemperatur in Ihrem Büro / Ihrem Gebäude?
- 5) Haben Sie das Gefühl, dass es in Ihrem Büro ...
 - a. unangenehm zieht?
 - b. die Außenwände unangenehm kühl sind?
- 6) Wie zufrieden sind sie mit der Regulierbarkeit der Raumtemperatur in Ihrem Büro?
- 7) Wie regulieren Sie die Raumtemperatur in Ihrem Büro?
- 8) Wie oft an einem Tag regeln Sie die Heizung in Ihrem Büro nach?
- 9) Wie lüften Sie üblicherweise Ihr Büro?
 - a. Fensterstellung
 - b. Anzahl der Lüftungsvorgänge pro Tag
 - c. Dauer eines Lüftungsvorganges in min.

Einschätzung des energetischen Zustandes Ihres Büros im Sommer

- 10) Wie empfinden Sie die Raumtemperatur in Ihrem Büro / Ihrem Gebäude?
- 11) Wie zufrieden sind sie mit der Regulierbarkeit der Raumtemperatur in ihrem Büro?

12) Wie regulieren Sie die Raumtemperatur in Ihrem Büro?

Ihre Erwartungen an eine energetische Sanierung

13) Wenn das Gebäude, in dem sich Ihr Büro befindet, in den nächsten Jahren energetisch saniert werden sollte, welche Erwartungen hätten Sie an die Sanierung?

- a. besseres Raumklima
- b. Erleichterung bei der Bedienbarkeit der Fenster
- c. besserer Sonnen- / Hitzeschutz
- d. bessere Regulierbarkeit der Heizung
- e. Energieeinsparung
- f. Nutzung von Erneuerbaren Energien
- g. optische Aufwertung des äußeren Erscheinungsbildes
- h. sonstige Erwartungen (offen)

Interesse am Energiesparen

14) Welche Bedeutung hat für Sie persönlich das Thema „Energiesparen“ im Dienstgebäude?

15) Wie interessant ist für Sie die Höhe des Energieverbrauchs für Strom und Wärme in Ihrem Gebäude / Ihrem Dienstbereich?

16) Welche Maßnahmen würden Sie zu einem sparsameren Umgang mit Energie motivieren?

Energetisches Verhalten zu Hause

17) Wie oft an einem Tag im Winter, an dem Sie zu Hause sind (bspw. Wochenende), regeln Sie die Heizung nach?

18) Wie regulieren Sie die Raumtemperatur bei Ihnen zu Hause?

19) Wie lüften Sie üblicherweise zu Hause?

- a. Fensterstellung
- b. Anzahl der Lüftungsvorgänge pro Tag
- c. Dauer eines Lüftungsvorganges in min.

20) Welche Bedeutung hat für Sie persönlich das Thema „Energiesparen“ zu Hause?

21) Wie interessant ist für Sie die Höhe des Energieverbrauchs für Strom und Wärme für Ihre eigene Wohnung bzw. Ihr eigenes Haus?

7.1.4 MAXQDA

Für die Auswertung der Interviews mit ausgewählten Nutzer/innen wurde die Software MAXQDA der Firma VERBI GmbH, Berlin (Version 11 und 12) eingesetzt. Es handelt sich hierbei um eine QDA-Software; die Abkürzung QDA steht für „Qualitative Data Analysis“ bzw. „Qualitative Datenanalyse“. Grundsätzlich können damit unterschiedliche Analyseverfahren der qualitativen Sozialforschung durchgeführt werden.⁵ Im Rahmen des Vorhabens erfolgte eine qualitative Inhaltsanalyse. Das dafür entwickelte System thematischer Codes sowie die definierten Dokumentenvariablen sind nachfolgend aufgeführt.

Dokumentenvariablen MAXQDA:

- Gebäude
- Büronutzung:
 - Belegung:
 - Einzelzimmer
 - Doppel- bzw. Mehrfachzimmer
 - Dauer Beschäftigung im Gebäude
 - Weniger als ein Jahr
 - Bis zu 3 Jahre
 - Mehr als 3 Jahre
 - Lage Büro
- Stockwerk
 - Erdgeschoss
 - Dachgeschoß / oberstes Stockwerk
 - Stockwerk zwischen EG und oberstem Stockwerk
- Himmelsrichtung
 - Nord
 - Ost
 - Süd
 - West
- Persönliche Einstellung gegenüber dem Thema Energiesparen
 - wichtig
 - unwichtig
 - Lüftungstyp
 - Kipplüfter
 - Stoßlüfter

⁵ Weitere Informationen zu der Software MAXQDA gibt es unter <http://www.maxqda.de/>

- Mischlüfter/in
 - Codesystem MAXQDA:
 - Lüftungsverhalten Büro
- Lüftungsverhalten Winter
- Lüftungsverhalten Sommer
- Gebäudespezifische Einflussfaktoren
- Sicherheitsaspekte
- Sonstiges
 - Heizungsverhalten Büro
- Heizungsverhalten
- EF auf das Temperaturniveau im Zimmer
- Sonstiges
 - Zufriedenheit der Nutzer/innen mit dem Komfort des Gebäudes
- EF Zufriedenheit Raumtemperatur im Winter
- EF Zufriedenheit Raumtemperatur im Sommer
- Gebäudespezifische Einflussfaktoren
- EF auf Komfort / Behaglichkeit
- Sonstiges
 - Regulierungsmöglichkeiten
- Raumtemperatur im Winter
- Raumtemperatur im Sommer
- Zegerscheinungen
- Sonstiges
 - Anpassungsstrategien
- Gleichzeitiges Öffnen Fenster und Aufdrehen der Heizung
- Lüftung / Regulierung Heizung sobald Kolleg/in aus dem Büro
- Kompromiss
- Sonstiges
 - Energiesparendes Verhalten
- Interesse am Energieverbrauch
- Informationen / Schulungen
- Verhaltensweisen
- Sonstiges
 - Motivation zum sparsameren Umgang mit Energie
- Maßnahmen / Anreize würden nicht motivieren

- Maßnahmen / Anreize würden motivieren
- Sonstiges
 - Erwartungen an die energetische Sanierung des Gebäudes
- Keine Erwartungen
- Ablehnende Haltung gegenüber Sanierung
- Energieeinsparung
- Verbesserung Situation im Winter
- Verbesserung Situation im Sommer
- Sonstiges
 - Heizungs- und Lüftungsverhalten Zuhause
- Lüftungsverhalten Zuhause
 - EF gleiches Lüftungsverhalten
 - EF unterschiedliches Lüftungsverhalten
 - Sonstiges
- Heizungsverhalten Zuhause
 - EF gleiches Heizungsverhalten
 - EF unterschiedliches Heizungsverhalten
 - Sonstiges

7.2 Ergänzende Ergebnisse der quantitativen Befragung der Nutzer/innen (Online-Erhebung)

7.2.1 Rücklauf

Tab. 7.1: Rücklaufquote bei der quantitativen Befragung in den Fallstudienobjekten

Objekt	Anzahl Mitarbeiter	Rücklauf (Anzahl)	Rücklauf (in %)
BlmA Augsburg	38	25	66 %
BWZ Frankfurt a.M.	60	23	38 %
HZA Nürnberg	320	88	28 %
HZA Saarbrücken	375	69	18 %
KBA Flensburg	960	251	26 %
THK Stuttgart Gebäude 2	53	29	55 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	75	14	19 %
Gesamt	1881	499	27 %

7.2.2 Büronutzung

Tab. 7.2: Anzahl der Personen, die zusätzlich zu der/dem befragten Nutzer/in das Büro nutzen

	0 Personen	1 Person	2 Personen	3 Personen oder mehr	keine Angabe
Gesamt-datensatz	23,1 %	35,5 %	23,7 %	17,4 %	0,2 %
BlmA Augsburg	60,0 %	24,0 %	16,0 %	0,0 %	0,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	43,5 %	34,8 %	17,4 %	4,3 %	0,0 %
HZA Nürnberg	20,5 %	29,5 %	28,4 %	21,6 %	0,0 %
HZA Saarbrücken	24,6 %	46,4 %	17,4 %	11,6 %	0,0 %
KBA Flensburg Gebäude A	14,9 %	39,0 %	26,0 %	19,5 %	0,6 %
KBA Flensburg Gebäude B	13,2 %	33,0 %	28,6 %	25,3 %	0,0 %
THK Stuttgart Gebäude 2	27,6 %	37,9 %	17,2 %	17,2 %	0,0 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	78,6 %	14,3 %	7,1 %	0,0 %	0,0 %

Tab. 7.3: Temperaturempfinden bei Nutzer/innen in Mehrpersonnbüros (mindestens 2 Nutzer/innen pro Büro)

	ja	meistens	eher nicht	gar nicht	keine Angabe
Gesamt- datensatz	26,8 %	44,0 %	22,0 %	4,8 %	2,4 %
BlmA Augsburg	20,0 %	60,0 %	20,0 %	0,0 %	0,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	38,5 %	38,5 %	23,1 %	0,0 %	0,0 %
HZA Nürnberg	25,4 %	41,8 %	23,9 %	4,5 %	4,5 %
HZA Saarbrücken	23,1 %	48,1 %	17,3 %	1,9 %	9,6 %
KBA Flensburg Gebäude A	35,6 %	43,9 %	16,7 %	3,8 %	0,0 %
KBA Flensburg Gebäude B	12,7 %	45,6 %	31,6 %	10,1 %	0,0 %
THK Stuttgart Gebäude 2	33,3 %	28,6 %	28,6 %	4,8 %	4,8 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	33,3 %	66,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Tab. 7.4: Lüftungsbedürfnis bei Nutzer/innen in Mehrpersonnbüros (mindestens 2 Nutzer/innen pro Büro)

	ja	meistens	eher nicht	gar nicht	keine Angabe
Gesamt- datensatz	32,0 %	44,7 %	16,4 %	4,2 %	2,6 %
BlmA Augsburg	50,0 %	40,0 %	0,0 %	0,0 %	10,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	30,8 %	61,5 %	7,7 %	0,0 %	0,0 %
HZA Nürnberg	30,9 %	35,3 %	25,0 %	4,4 %	4,4 %
HZA Saarbrücken	28,8 %	51,9 %	7,7 %	1,9 %	9,6 %
KBA Flensburg Gebäude A	39,4 %	46,2 %	11,4 %	3,0 %	0,0 %
KBA Flensburg Gebäude B	17,7 %	49,4 %	24,1 %	8,9 %	0,0 %
THK Stuttgart Gebäude 2	42,9 %	23,8 %	23,8 %	4,8 %	4,8 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	33,3 %	33,3 %	33,3 %	0,0 %	0,0 %

7.2.3 Einschätzung des energetischen Zustands des Büros im Winter

Tab. 7.5: Zufriedenheit mit dem Raumklima im Allgemeinen im Büro im Winter

	sehr unzufrieden	eher unzufrieden	teils/ teils	überwiegend zufrieden	sehr zufrieden
Gesamt-datensatz	4,5 %	20,4 %	22,2 %	41,4 %	11,5 %
BImA Augsburg	4,0 %	12,0 %	20,0 %	40,0 %	24,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	4,3 %	21,7 %	56,5 %	13,0 %	4,3 %
HZA Nürnberg	6,0 %	12,0 %	15,7 %	53,0 %	13,3 %
HZA Saarbrücken	7,2 %	23,2 %	29,0 %	31,9 %	8,7 %
KBA Flensburg Gebäude A	5,2 %	23,5 %	19,6 %	39,9 %	11,8 %
KBA Flensburg Gebäude B	2,2 %	24,4 %	22,2 %	40,0 %	11,1 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	10,3 %	17,2 %	58,6 %	13,8 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	28,6 %	35,7 %	35,7 %	0,0 %

Tab. 7.6: Zufriedenheit mit der Raumtemperatur im Büro im Winter

	keine Angabe	immer zu kalt	häufig zu kalt	angenehm	häufig zu warm	immer zu warm
Gesamt-datensatz	1,6 %	1,2 %	25,5 %	66,0 %	5,1 %	0,4 %
BImA Augsburg	0,0 %	0,0 %	32,0 %	68,0 %	0,0 %	0,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	4,3 %	4,3 %	47,8 %	43,5 %	0,0 %	0,0 %
HZA Nürnberg	0,0 %	1,2 %	15,7 %	71,1 %	10,8 %	1,2 %
HZA Saarbrücken	0,0 %	4,3 %	26,1 %	49,3 %	18,8 %	1,4 %
KBA Flensburg Gebäude A	1,3 %	3,3 %	23,5 %	53,6 %	16,3 %	2,0 %
KBA Flensburg Gebäude B	0,0 %	2,2 %	21,1 %	44,4 %	32,2 %	0,0 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	0,0 %	13,8 %	72,4 %	13,8 %	0,0 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	0,0 %	71,4 %	14,3 %	14,3 %	0,0 %

Tab. 7.7: Zugerscheinungen im Büro im Winter

	nein, noch nie	ja, aber selten	ja, manchmal	ja, oft	ja, immer
Gesamt-datensatz	26,9 %	22,1 %	28,3 %	18,4 %	4,3 %
BImA Augsburg	36,0 %	36,0 %	36,0 %	36,0 %	0,0 %

	nein, noch nie	ja, aber selten	ja, manchmal	ja, oft	ja, immer
BWZ Frankfurt a.M.	21,7 %	17,4 %	39,1 %	21,7 %	0,0 %
HZA Nürnberg	39,8 %	27,7 %	25,3 %	6,0 %	10,8 %
HZA Saarbrücken	29,0 %	27,5 %	24,6 %	13,0 %	5,8 %
KBA Flensburg Gebäude A	13,7 %	13,7 %	13,7 %	13,7 %	13,7 %
KBA Flensburg Gebäude B	22,5 %	21,3 %	27,0 %	27,0 %	2,2 %
THK Stuttgart Gebäude 2	75,0 %	14,3 %	7,1 %	3,6 %	0,0 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	7,1 %	21,4 %	50,0 %	21,4 %	0,0 %

Tab. 7.8: Unangenehm kühle Außenwände im Büro im Winter

	keine Angabe	nein, noch nie	ja, aber selten	ja, manchmal	ja, oft	ja, immer
Gesamt- datensatz	10,1 %	34,1 %	13,8 %	19,8 %	15,7 %	6,4 %
BlmA Augsburg	8,0 %	36,0 %	28,0 %	12,0 %	12,0 %	4,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	4,3 %	17,4 %	13,0 %	17,4 %	30,4 %	17,4 %
HZA Nürnberg	9,6 %	48,2 %	10,8 %	18,1 %	9,6 %	3,6 %
HZA Saarbrücken	5,8 %	29,0 %	17,4 %	26,1 %	13,0 %	8,7 %
KBA Flensburg Gebäude A	14,4 %	26,8 %	13,7 %	18,3 %	20,3 %	6,5 %
KBA Flensburg Gebäude B	11,2 %	32,6 %	11,2 %	23,6 %	15,7 %	5,6 %
THK Stuttgart Gebäude 2	3,6 %	67,9 %	10,7 %	7,1 %	7,1 %	3,6 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	7,1 %	21,4 %	14,3 %	35,7 %	14,3 %	7,1 %

Tab. 7.9: Zufriedenheit mit der Regulierbarkeit der Raumtemperatur im Büro im Winter

	keine An- gabe	sehr unzu- frieden	eher unzu- frieden	teils/teils	überwiegend zufrieden	sehr zufrie- den
Gesamt- datensatz	0,6 %	10,1 %	19,9 %	20,5 %	37,3 %	11,6 %
BlmA Augsburg	0,0 %	4,0 %	16,0 %	12,0 %	44,0 %	24,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	8,7 %	26,1 %	26,1 %	30,4 %	8,7 %
HZA Nürnberg	0,0 %	10,8 %	13,3 %	12,0 %	42,2 %	21,7 %

	keine Angabe	sehr unzufrieden	eher unzufrieden	teils/teils	überwiegend zufrieden	sehr zufrieden
HZA Saarbrücken	0,0 %	14,5 %	23,2 %	17,4 %	40,6 %	4,3 %
KBA Flensburg Gebäude A	1,3 %	11,1 %	15,0 %	26,1 %	34,6 %	11,8 %
KBA Flensburg Gebäude B	1,1 %	6,7 %	30,3 %	22,5 %	34,8 %	4,5 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	11,1 %	14,8 %	14,8 %	40,7 %	18,5 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	7,1 %	35,7 %	28,6 %	28,6 %	0,0 %

Tab. 7.10: Regulierung der Raumtemperatur im Büro im Winter

Mehrfachantworten waren möglich. Die Prozentwerte beziehen sich jeweils auf die Zahl der befragten Nutzer/innen (Prozent der Fälle).

	keine Angabe	über Thermostat	Fenster öffnen bzw. schließen	Tür öffnen bzw. schließen	Klima-anlage betätigen	andere Maßnahme
Gesamtdatensatz	0,4 %	80,5 %	82,6 %	43,1 %	0,4 %	3,5 %
BlmA Augsburg	0,0 %	88,0 %	68,0 %	48,0 %	0,0 %	0,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	73,9 %	91,3 %	47,8 %	0,0 %	8,7 %
HZA Nürnberg	0,0 %	88,0 %	80,7 %	34,9 %	0,0 %	3,6 %
HZA Saarbrücken	0,0 %	75,4 %	75,4 %	44,9 %	0,0 %	2,9 %
KBA Flensburg Gebäude A	0,7 %	79,1 %	87,6 %	41,2 %	0,7 %	2,6 %
KBA Flensburg Gebäude B	1,1 %	76,4 %	91,0 %	48,3 %	0,0 %	4,5 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	81,5 %	66,7 %	44,4 %	3,7 %	3,7 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	100,0 %	64,3 %	50,0 %	0,0 %	7,1 %

Tab. 7.11: Anzahl der Regelungsvorgänge an der Heizung pro Tag im Büro im Winter

	keine Angabe	gar nicht	1-mal	2-mal	3-mal	mehr als 3-mal
Gesamtdatensatz	3,3 %	41,4 %	27,7 %	19,7 %	3,3 %	4,6 %
BlmA Augsburg	0,0 %	32,0 %	32,0 %	32,0 %	0,0 %	4,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	21,7 %	13,0 %	34,8 %	17,4 %	13,0 %
HZA Nürnberg	1,2 %	33,7 %	31,3 %	24,1 %	6,0 %	3,6 %

	keine Angabe	gar nicht	1-mal	2-mal	3-mal	mehr als 3-mal
HZA Saarbrücken	4,3 %	49,3 %	26,1 %	15,9 %	1,4 %	2,9 %
KBA Flensburg Gebäude A	3,3 %	44,4 %	25,5 %	17,6 %	3,3 %	5,9 %
KBA Flensburg Gebäude B	7,9 %	48,3 %	28,1 %	12,4 %	0,0 %	3,4 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	33,3 %	37,0 %	25,9 %	0,0 %	3,7 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	35,7 %	35,7 %	21,4 %	7,1 %	0,0 %

Tab. 7.12: Art der Fensterlüftung im Büro im Winter

	gekippt	komplett geöffnet	teils gekippt/ teils komplett geöffnet
Gesamtdatensatz (ohne KBA)	20,0 %	43,8 %	36,1 %
BImA Augsburg	16,7 %	54,2 %	29,2 %
BWZ Frankfurt a.M.	39,1 %	39,1 %	21,7 %
HZA Nürnberg	11,1 %	55,6 %	33,3 %
HZA Saarbrücken	29,9 %	22,4 %	47,8 %
KBA Flensburg Gebäude A	90,5 %	1,4 %	8,2 %
KBA Flensburg Gebäude B	92,1 %	7,9 %	0,0 %
THK Stuttgart Gebäude 2	14,8 %	44,4 %	40,7 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	7,7 %	69,2 %	23,1 %

Tab. 7.13: Anzahl der Lüftungsvorgänge pro Tag im Büro im Winter

	gar nicht	1-mal	2-mal	3-mal	4-mal	5-mal	mehr als 5-mal
Gesamtdatensatz (ohne KBA)	0,9 %	23,5 %	36,2 %	22,5 %	3,3 %	9,4 %	4,2 %
BImA Augsburg	0,0 %	37,5 %	25,0 %	37,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	14,3 %	61,9 %	19,0 %	0,0 %	4,8 %	0,0 %
HZA Nürnberg	0,0 %	19,7 %	40,8 %	23,7 %	2,6 %	9,2 %	3,9 %
HZA Saarbrücken	3,4 %	22,0 %	20,3 %	22,0 %	6,8 %	16,9 %	8,5 %

	gar nicht	1-mal	2-mal	3-mal	4-mal	5-mal	mehr als 5-mal
KBA Flensburg Gebäude A	0,0 %	13,2 %	21,7 %	28,7 %	10,1 %	16,3 %	10,1 %
KBA Flensburg Gebäude B	0,0 %	9,7 %	27,8 %	25,0 %	8,3 %	12,5 %	16,7 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	38,1 %	47,6 %	9,5 %	0,0 %	4,8 %	0,0 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	16,7 %	41,7 %	16,7 %	8,3 %	8,3 %	8,3 %

Tab. 7.14: Dauer eines Lüftungsvorganges in Minuten im Büro im Winter

	bis 5 min	5 bis 10 min	10 bis 15 min	15 bis 30 min	30 bis 60 min	über 60 min
Gesamt-datensatz (ohne KBA)	48,6 %	38,3 %	5,5 %	4,9 %	1,6 %	1,1 %
BlmA Augsburg	25,0 %	60,0 %	15,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	50,0 %	30,0 %	5,0 %	10,0 %	5,0 %	0,0 %
HZA Nürnberg	58,6 %	37,1 %	1,4 %	1,4 %	1,4 %	0,0 %
HZA Saarbrücken	46,0 %	36,0 %	6,0 %	8,0 %	2,0 %	2,0 %
KBA Flensburg Gebäude A	26,1 %	29,6 %	13,9 %	16,5 %	7,8 %	6,1 %
KBA Flensburg Gebäude B	18,3 %	38,0 %	12,7 %	25,4 %	2,8 %	2,8 %
THK Stuttgart Gebäude 2	37,5 %	31,3 %	12,5 %	12,5 %	0,0 %	6,3 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	57,1 %	42,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

7.2.4 Einschätzung des energetischen Zustands des Büros im Sommer

Tab. 7.15: Zufriedenheit mit der Raumtemperatur im Büro im Sommer

	keine Angabe	immer zu kalt	häufig zu kalt	angenehm	häufig zu warm	immer zu warm
Gesamt-datensatz	1,9 %	0,4 %	3,1 %	28,7 %	44,9 %	21,0 %
BlmA Augsburg	4,0 %	0,0 %	4,0 %	32,0 %	52,0 %	8,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	0,0 %	4,3 %	13,0 %	47,8 %	34,8 %
HZA Nürnberg	2,4 %	1,2 %	2,4 %	41,0 %	39,8 %	13,3 %
HZA Saarbrücken	0,0 %	0,0 %	1,4 %	10,1 %	42,0 %	46,4 %
KBA Flensburg Gebäude A	1,3 %	0,7 %	3,3 %	27,8 %	52,3 %	14,6 %

	keine Angabe	immer zu kalt	häufig zu kalt	angenehm	häufig zu warm	immer zu warm
KBA Flensburg Gebäude B	2,2 %	0,0 %	5,6 %	36,0 %	38,2 %	18,0 %
THK Stuttgart Gebäude 2	7,4 %	0,0 %	0,0 %	29,6 %	37,0 %	25,9 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	0,0 %	0,0 %	28,6 %	50,0 %	21,4 %

Tab. 7.16: Zufriedenheit mit der Regulierbarkeit der Raumtemperatur im Büro im Sommer

	keine Angabe	sehr unzufrieden	eher unzufrieden	teils/teils	überwiegend zufrieden	sehr zufrieden
Gesamtdatensatz	2,3 %	22,9 %	29,7 %	22,5 %	19,1 %	3,5 %
BImA Augsburg	4,0 %	8,0 %	28,0 %	16,0 %	36,0 %	8,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	34,8 %	30,4 %	26,1 %	8,7 %	0,0 %
HZA Nürnberg	3,6 %	19,3 %	21,7 %	21,7 %	26,5 %	7,2 %
HZA Saarbrücken	0,0 %	43,5 %	36,2 %	8,7 %	10,1 %	1,4 %
KBA Flensburg Gebäude A	2,6 %	20,5 %	34,4 %	27,2 %	11,9 %	3,3 %
KBA Flensburg Gebäude B	1,1 %	18,0 %	24,7 %	23,6 %	30,3 %	2,2 %
THK Stuttgart Gebäude 2	7,4 %	11,1 %	22,2 %	33,3 %	22,2 %	3,7 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	28,6 %	42,9 %	21,4 %	7,1 %	0,0 %

Tab. 7.17: Art der Regulierung der Raumtemperatur im Büro im Sommer

Ergebnisse Gesamtdatensatz. Offen Frage; Mehrfachantworten waren möglich. Anzahl Mehrfachantworten = 803; Anzahl befragte Nutzer/innen = 435. Die Prozentwerte beziehen sich jeweils auf die Zahl der befragten Nutzer/innen (Prozent der Fälle).

Art der Regulierung	Anzahl Nennungen	Anteil in %
Öffnen der Fenster	299	68,7 %
Öffnen der Fenster ohne Angaben zur Tageszeit	229	52,6 %
Öffnen der Fenster am Morgen	70	16,1 %
Jalousie / Sonnenschutz	143	32,9 %
Durchzug (Türen und Fenster öffnen)	97	22,3 %
Öffnen der Bürotür	77	17,7 %
Ventilator	47	10,8 %
Thermostat	39	9,0 %
Elektrischer Lüfter/Klimaanlage	6	1,4 %
Keine (ausreichende) Regulierungsmöglichkeit	34	7,8 %

7.2.5 Erwartungen an eine energetische Sanierung

Tab. 7.18: Erwartungen an ein besseres Raumklima

	keine Angabe	sehr hohe	hohe	mittlere	geringe	gar keine
Gesamt-datensatz	2,5 %	19,2 %	32,4 %	25,3 %	11,9 %	8,8 %
BImA Augsburg	0,0 %	29,2 %	29,2 %	16,7 %	12,5 %	12,5 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	34,8 %	39,1 %	13,0 %	13,0 %	0,0 %
HZA Nürnberg	7,2 %	8,4 %	22,9 %	33,7 %	14,5 %	13,3 %
HZA Saarbrücken	0,0 %	20,3 %	37,7 %	27,5 %	10,1 %	4,3 %
KBA Flensburg Gebäude A	2,7 %	18,7 %	32,7 %	25,3 %	11,3 %	9,3 %
KBA Flensburg Gebäude B	2,2 %	19,1 %	36,0 %	22,5 %	12,4 %	7,9 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	18,5 %	25,9 %	25,9 %	14,8 %	14,8 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	42,9 %	42,9 %	14,3 %	0,0 %	0,0 %

Tab. 7.19: Erwartungen an eine Erleichterung bei der Bedienbarkeit der Fenster

	keine Angabe	sehr hohe	hohe	mittlere	geringe	gar keine
Gesamt-datensatz	5,0 %	9,8 %	18,8 %	19,8 %	19,2 %	27,3 %
BImA Augsburg	0,0 %	12,5 %	29,2 %	16,7 %	12,5 %	29,2 %
BWZ Frankfurt a.M.	4,3 %	21,7 %	13,0 %	30,4 %	13,0 %	17,4 %
HZA Nürnberg	6,0 %	6,0 %	7,2 %	18,1 %	22,9 %	39,8 %
HZA Saarbrücken	4,3 %	11,6 %	31,9 %	17,4 %	18,8 %	15,9 %
KBA Flensburg Gebäude A	5,3 %	12,0 %	20,7 %	19,3 %	17,3 %	25,3 %
KBA Flensburg Gebäude B	5,6 %	9,0 %	16,9 %	27,0 %	21,3 %	20,2 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	7,4 %	3,7 %	7,4 %	22,2 %	59,3 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	0,0 %	35,7 %	14,3 %	21,4 %	28,6 %

Tab. 7.20: Erwartungen an einen besseren Sonnen-/Hitzeschutz

	keine Angabe	sehr hohe	hohe	mittlere	geringe	gar keine
Gesamt-datensatz	2,1 %	46,1 %	26,7 %	12,9 %	6,3 %	5,8 %
BlmA Augsburg	0,0 %	41,7 %	29,2 %	4,2 %	4,2 %	20,8 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	69,6 %	17,4 %	4,3 %	8,7 %	0,0 %
HZA Nürnberg	6,0 %	39,8 %	22,9 %	14,5 %	9,6 %	7,2 %
HZA Saarbrücken	0,0 %	69,6 %	18,8 %	7,2 %	2,9 %	1,4 %
KBA Flensburg Gebäude A	2,7 %	44,7 %	28,0 %	14,7 %	5,3 %	4,7 %
KBA Flensburg Gebäude B	1,1 %	39,3 %	30,3 %	13,5 %	6,7 %	9,0 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	33,3 %	40,7 %	18,5 %	3,7 %	3,7 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	21,4 %	35,7 %	28,6 %	14,3 %	0,0 %

Tab. 7.21: Erwartungen an eine bessere Regulierbarkeit der Heizung

	keine Angabe	sehr hohe	hohe	mittlere	geringe	gar keine
Gesamt-datensatz	4,0 %	12,1 %	18,2 %	28,0 %	19,4 %	18,4 %
BlmA Augsburg	0,0 %	16,7 %	16,7 %	33,3 %	20,8 %	12,5 %
BWZ Frankfurt a.M.	4,3 %	21,7 %	34,8 %	17,4 %	8,7 %	13,0 %
HZA Nürnberg	9,6 %	3,6 %	10,8 %	20,5 %	22,9 %	32,5 %
HZA Saarbrücken	0,0 %	18,8 %	14,5 %	36,2 %	20,3 %	10,1 %
KBA Flensburg Gebäude A	4,0 %	14,7 %	18,0 %	24,7 %	24,0 %	14,7 %
KBA Flensburg Gebäude B	4,5 %	9,0 %	15,7 %	38,2 %	13,5 %	19,1 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	11,1 %	18,5 %	22,2 %	18,5 %	29,6 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	0,0 %	71,4 %	21,4 %	7,1 %	0,0 %

Tab. 7.22: Erwartungen an eine Energieeinsparung

	keine Angabe	sehr hohe	hohe	mittlere	geringe	gar keine
Gesamt-datensatz	6,1 %	30,3 %	26,7 %	20,7 %	8,1 %	8,1 %
BlmA Augsburg	4,2 %	41,7 %	20,8 %	12,5 %	8,3 %	12,5 %
BWZ Frankfurt a.M.	8,7 %	43,5 %	26,1 %	17,4 %	4,3 %	0,0 %
HZA Nürnberg	6,0 %	30,1 %	24,1 %	19,3 %	7,2 %	13,3 %
HZA Saarbrücken	4,3 %	34,8 %	27,5 %	17,4 %	10,1 %	5,8 %
KBA Flensburg Gebäude A	6,7 %	30,0 %	29,3 %	17,3 %	9,3 %	7,3 %
KBA Flensburg Gebäude B	7,9 %	22,5 %	28,1 %	29,2 %	6,7 %	5,6 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	33,3 %	22,2 %	18,5 %	7,4 %	18,5 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	7,1 %	14,3 %	21,4 %	50,0 %	7,1 %	0,0 %

Tab. 7.23: Erwartungen an eine Nutzung von erneuerbaren Energien

	keine Angabe	sehr hohe	hohe	mittlere	geringe	gar keine
Gesamt-datensatz	8,1 %	27,1 %	25,7 %	20,0 %	10,4 %	8,6 %
BlmA Augsburg	0,0 %	20,8 %	41,7 %	25,0 %	4,2 %	8,3 %
BWZ Frankfurt a.M.	13,0 %	21,7 %	17,4 %	34,8 %	8,7 %	4,3 %
HZA Nürnberg	10,8 %	32,5 %	21,7 %	13,3 %	7,2 %	14,5 %
HZA Saarbrücken	4,3 %	31,9 %	17,4 %	27,5 %	10,1 %	8,7 %
KBA Flensburg Gebäude A	9,3 %	28,0 %	28,0 %	12,7 %	13,3 %	8,7 %
KBA Flensburg Gebäude B	9,0 %	21,3 %	33,7 %	22,5 %	9,0 %	4,5 %
THK Stuttgart Gebäude 2	3,7 %	29,6 %	25,9 %	22,2 %	7,4 %	11,1 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	7,1 %	14,3 %	50,0 %	28,6 %	0,0 %	0,0 %

Tab. 7.24: Erwartungen an eine optische Aufwertung des Erscheinungsbildes

	keine Angabe	sehr hohe	hohe	mittlere	geringe	gar keine
Gesamtdatensatz	9,6 %	12,9 %	13,2 %	19,6 %	17,7 %	26,9 %
BlmA Augsburg	0,0 %	25,0 %	12,5 %	33,3 %	12,5 %	16,7 %
BWZ Frankfurt a.M.	8,7 %	39,1 %	13,0 %	26,1 %	8,7 %	4,3 %
HZA Nürnberg	15,7 %	7,2 %	7,2 %	7,2 %	14,5 %	48,2 %
HZA Saarbrücken	4,3 %	21,7 %	20,3 %	15,9 %	20,3 %	17,4 %
KBA Flensburg Gebäude A	10,7 %	10,0 %	12,7 %	16,7 %	19,3 %	30,7 %
KBA Flensburg Gebäude B	10,1 %	5,6 %	15,7 %	33,7 %	18,0 %	16,9 %
THK Stuttgart Gebäude 2	3,7 %	14,8 %	11,1 %	14,8 %	22,2 %	33,3 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	14,3 %	14,3 %	7,1 %	28,6 %	21,4 %	14,3 %

7.2.6 Interesse am Thema Energiesparen

Tab. 7.25: persönliche Bedeutung des Themas „Energiesparen“ im Dienstgebäude

	keine Angabe	sehr hohe	hohe	mittlere	geringe	gar keine
Gesamtdatensatz	1,0 %	21,3 %	42,5 %	24,5 %	6,3 %	4,4 %
BlmA Augsburg	0,0 %	16,7 %	41,7 %	33,3 %	4,2 %	0,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	4,3 %	21,7 %	60,9 %	8,7 %	0,0 %	4,3 %
HZA Nürnberg	0,0 %	30,1 %	33,7 %	28,9 %	2,4 %	4,8 %
HZA Saarbrücken	0,0 %	18,8 %	49,3 %	21,7 %	4,3 %	5,8 %
KBA Flensburg Gebäude A	1,3 %	18,8 %	39,6 %	26,8 %	8,7 %	4,7 %
KBA Flensburg Gebäude B	1,1 %	21,3 %	46,1 %	19,1 %	7,9 %	4,5 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	22,2 %	40,7 %	22,2 %	11,1 %	3,7 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	14,3 %	42,9 %	35,7 %	7,1 %	0,0 %

Tab. 7.26: Interesse an der Höhe des Energieverbrauchs für Strom und Wärme im Dienstgebäude

	keine Angabe	sehr interessant	interessant	mäßig interessant	wenig interessant	gar nicht interessant
Gesamtdatensatz	2,5 %	15,1 %	39,5 %	25,9 %	9,8 %	7,1 %
BlmA Augsburg	0,0 %	12,5 %	45,8 %	33,3 %	4,2 %	4,2 %
BWZ Frankfurt a.M.	8,7 %	13,0 %	56,5 %	13,0 %	8,7 %	0,0 %
HZA Nürnberg	4,8 %	21,7 %	28,9 %	26,5 %	10,8 %	7,2 %
HZA Saarbrücken	0,0 %	8,7 %	42,0 %	31,9 %	7,2 %	10,1 %
KBA Flensburg Gebäude A	2,0 %	15,4 %	34,2 %	26,8 %	11,4 %	10,1 %
KBA Flensburg Gebäude B	2,2 %	15,7 %	49,4 %	16,9 %	11,2 %	4,5 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	14,8 %	48,1 %	25,9 %	7,4 %	3,7 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	7,1 %	7,1 %	28,6 %	50,0 %	7,1 %	0,0 %

7.2.7 Energetisches Verhalten zu Hause

Tab. 7.27: Anzahl der Regelungsvorgänge an der Heizung pro Tag zu Hause im Winter

	keine Angabe	gar nicht	1-mal	2-mal	3-mal	mehr als 3-mal
Gesamtdatensatz	5,1 %	34,6 %	28,5 %	22,2 %	3,4 %	6,3 %
BlmA Augsburg	4,3 %	47,8 %	13,0 %	13,0 %	13,0 %	8,7 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	34,8 %	30,4 %	30,4 %	4,3 %	0,0 %
HZA Nürnberg	4,8 %	32,5 %	27,7 %	20,5 %	4,8 %	9,6 %
HZA Saarbrücken	4,3 %	50,7 %	20,3 %	17,4 %	4,3 %	2,9 %
KBA Flensburg Gebäude A	5,4 %	27,2 %	32,7 %	26,5 %	2,0 %	6,1 %
KBA Flensburg Gebäude B	6,7 %	36,0 %	30,3 %	20,2 %	1,1 %	5,6 %
THK Stuttgart Gebäude 2	7,7 %	23,1 %	30,8 %	30,8 %	3,8 %	3,8 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	35,7 %	35,7 %	7,1 %	0,0 %	21,4 %

Tab. 7.28: Regulierung der Raumtemperatur zu Hause im Winter

Mehrfachantworten waren möglich. Die Prozentwerte beziehen sich jeweils auf die Zahl der befragten Nutzer/innen (Prozent der Fälle).

	keine Angabe	über Thermostat	Fenster öffnen bzw. schließen	Tür öffnen bzw. schließen	Klimaanlage betätigen	andere Maßnahmen
Gesamtdatensatz	2,5 %	83,8 %	66,2 %	20,7 %	1,7 %	7,2 %
BImA Augsburg	4,3 %	78,3 %	56,5 %	21,7 %	0,0 %	8,7 %
BWZ Frankfurt a.M.	4,3 %	78,3 %	65,2 %	13,0 %	4,3 %	8,7 %
HZA Nürnberg	1,2 %	85,5 %	73,5 %	20,5 %	1,2 %	7,2 %
HZA Saarbrücken	1,4 %	88,4 %	52,2 %	15,9 %	2,9 %	4,3 %
KBA Flensburg Gebäude A	2,7 %	83,0 %	72,8 %	23,1 %	2,0 %	6,8 %
KBA Flensburg Gebäude B	3,4 %	83,1 %	64,0 %	20,2 %	1,1 %	7,9 %
THK Stuttgart Gebäude 2	3,8 %	76,9 %	69,2 %	19,2 %	0,0 %	15,4 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	92,9 %	50,0 %	35,7 %	0,0 %	0,0 %

Tab. 7.29: Art der Fensterlüftung im Büro zu Hause im Winter

	gekippt	komplett geöffnet	teils gekippt/ teils komplett geöffnet
Gesamtdatensatz	16,2 %	50,7 %	33,2 %
BImA Augsburg	0,0 %	73,9 %	26,1 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	47,6 %	52,4 %
HZA Nürnberg	6,3 %	66,3 %	27,5 %
HZA Saarbrücken	4,6 %	66,2 %	29,2 %
KBA Flensburg Gebäude A	28,4 %	29,8 %	41,8 %
KBA Flensburg Gebäude B	28,2 %	44,7 %	27,1 %
THK Stuttgart Gebäude 2	4,2 %	62,5 %	33,3 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	84,6 %	15,4 %

Tab. 7.30: Anzahl der Lüftungsvorgänge pro Tag zu Hause im Winter

	gar nicht	1-mal	2-mal	3-mal	4-mal	5-mal	mehr als 5-mal
Gesamt-datensatz	0,0 %	25,4 %	41,2 %	21,0 %	5,6 %	4,6 %	2,2 %
BlmA Augsburg	0,0 %	10,5 %	47,4 %	31,6 %	5,3 %	5,3 %	0,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	15,8 %	52,6 %	26,3 %	0,0 %	5,3 %	0,0 %
HZA Nürnberg	0,0 %	26,7 %	41,3 %	24,0 %	4,0 %	2,7 %	1,3 %
HZA Saarbrücken	0,0 %	30,4 %	42,9 %	16,1 %	3,6 %	5,4 %	1,8 %
KBA Flensburg Gebäude A	0,0 %	25,2 %	38,2 %	19,8 %	7,6 %	5,3 %	3,8 %
KBA Flensburg Gebäude B	0,0 %	25,6 %	41,0 %	19,2 %	7,7 %	5,1 %	1,3 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	33,3 %	33,3 %	28,6 %	0,0 %	0,0 %	4,8 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	18,2 %	54,5 %	9,1 %	9,1 %	9,1 %	0,0 %

Tab. 7.31: Dauer eines Lüftungsvorganges in Minuten zu Hause im Winter

	bis 5 min	5 bis 10 min	10 bis 15 min	15 bis 30 min	30 bis 60 min	über 60 min
Gesamt-datensatz	24,9 %	40,7 %	16,1 %	14,8 %	1,0 %	2,6 %
BlmA Augsburg	22,2 %	61,1 %	11,1 %	5,6 %	0,0 %	0,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	26,3 %	42,1 %	5,3 %	26,3 %	0,0 %	0,0 %
HZA Nürnberg	36,1 %	47,2 %	9,7 %	6,9 %	0,0 %	0,0 %
HZA Saarbrücken	27,5 %	45,1 %	19,6 %	7,8 %	0,0 %	0,0 %
KBA Flensburg Gebäude A	18,5 %	34,7 %	21,8 %	18,5 %	1,6 %	4,8 %
KBA Flensburg Gebäude B	16,9 %	39,0 %	16,9 %	20,8 %	2,6 %	3,9 %
THK Stuttgart Gebäude 2	43,8 %	37,5 %	6,3 %	6,3 %	0,0 %	6,3 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	44,4 %	22,2 %	11,1 %	22,2 %	0,0 %	0,0 %

Tab. 7.32: persönliche Bedeutung des Themas „Energiesparen“ zu Hause

	keine Angabe	sehr hohe	hohe	mittlere	geringe	gar keine
Gesamt-datensatz	1,5 %	44,1 %	40,9 %	11,4 %	1,7 %	0,4 %
BlmA Augsburg	4,3 %	26,1 %	60,9 %	8,7 %	0,0 %	0,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	39,1 %	52,2 %	8,7 %	0,0 %	0,0 %
HZA Nürnberg	1,2 %	48,2 %	36,1 %	13,3 %	1,2 %	0,0 %
HZA Saarbrücken	1,4 %	53,6 %	33,3 %	8,7 %	1,4 %	1,4 %
KBA Flensburg Gebäude A	1,4 %	40,8 %	40,1 %	14,3 %	3,4 %	0,0 %
KBA Flensburg Gebäude B	2,2 %	44,9 %	42,7 %	9,0 %	0,0 %	1,1 %
THK Stuttgart Gebäude 2	0,0 %	38,5 %	50,0 %	7,7 %	3,8 %	0,0 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	50,0 %	35,7 %	14,3 %	0,0 %	0,0 %

Tab. 7.33: Interesse an der Höhe des Energieverbrauchs für Strom und Wärme zu Hause

	keine Angabe	sehr interessant	interessant	mäßig interessant	wenig interessant	gar nicht interessant
Gesamt-datensatz	1,9 %	60,4 %	29,9 %	6,4 %	0,8 %	0,6 %
BlmA Augsburg	4,3 %	52,2 %	34,8 %	8,7 %	0,0 %	0,0 %
BWZ Frankfurt a.M.	0,0 %	60,9 %	34,8 %	4,3 %	0,0 %	0,0 %
HZA Nürnberg	1,2 %	67,5 %	27,7 %	3,6 %	0,0 %	0,0 %
HZA Saarbrücken	1,4 %	69,6 %	21,7 %	5,8 %	0,0 %	1,4 %
KBA Flensburg Gebäude A	2,1 %	56,2 %	30,8 %	8,2 %	2,1 %	0,7 %
KBA Flensburg Gebäude B	2,3 %	59,1 %	31,8 %	4,5 %	1,1 %	1,1 %
THK Stuttgart Gebäude 2	3,8 %	50,0 %	38,5 %	7,7 %	0,0 %	0,0 %
THK Stuttgart Gebäude 4N	0,0 %	57,1 %	28,6 %	14,3 %	0,0 %	0,0 %

7.3 Dokumentation des Lüftungsverhaltens

7.3.1 Objektspezifische Auswertung

Tab. 7.34: Dokumentation des Lüftungsverhaltens HZA Saarbrücken

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage eigener Beobachtungen

Aufnahme- datum	Tages- zeit	Außen- temperatur	verbale Einschätzung der Wetterbedingungen	Anteil Fenster gekippt [%]	Anteil Fenster komplett geöffnet [%]
25.02.2016	Morgens (8:00 Uhr – 8:30 Uhr)	1 °C	trocken, aufgehender Sonnen- aufgang, windstill	2,3 %	0,1 %
25.02.2016	Vormittags (9:13 Uhr - 9:43 Uhr)	2 - 4 °C	trocken, sonnig, windstill	2,4 %	0,1 %
25.02.2016	Mittags (11:01 Uhr - 11:32 Uhr)	6 - 8 °C	trocken, sonnig, sehr leichter Wind	3,8 %	0,4 %

Tab. 7.35: Dokumentation des Lüftungsverhaltens THK, Gebäude 4N

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage eigener Beobachtungen

Aufnahme- datum	Tages- zeit	Außen- temperatur	verbale Einschätzung der Wetterbedingungen	Anteil Fenster gekippt [%]	Anteil Fenster komplett geöffnet [%]
14.01.2016	Morgens (8:35 Uhr – 9:30 Uhr)	0 - 1 °C	trocken, klar und windstill	1,8 %	0,2 %
14.01.2016	Vormittags (10:20 Uhr - 11:00 Uhr)	2 - 3 °C	trocken, klar, sonnig und windstill	3,5 %	0,0 %
14.01.2016	Mittags (12:23 Uhr - 12:55 Uhr)	4 - 5 °C	trocken, klar, sonnig und windstill	3,7 %	0,1 %

Tab. 7.36: Dokumentation des Lüftungsverhaltens THK, Gebäude 2

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage eigener Beobachtungen

Aufnahme- datum	Tages- zeit	Außen- temperatur	verbale Einschätzung der Wetterbedingungen	Anteil Fenster gekippt [%]	Anteil Fenster komplett geöffnet [%]
14.01.2016	Morgens (8:35 Uhr – 9:30 Uhr)	0 - 1 °C	Trocken, klar und windstill	12,3 %	0,6 %

14.01.2016	Vormittags (10:20 Uhr - 11:00 Uhr)	2 - 3 °C	Trocken, klar, sonnig und windstill	11,9 %	0,2 %
14.01.2016	Mittags (12:23 Uhr - 12:55 Uhr)	4 - 5 °C	Trocken, klar, sonnig und windstill	14,4 %	0,6 %

Tab. 7.37: Dokumentation des Lüftungsverhaltens KBA, Gebäude A

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage eigener Beobachtungen

Aufnahme- datum	Tages- zeit	Außen- temperatur	verbale Einschätzung der Wetterbedingungen	Anteil Fenster gekippt [%]	Anteil Fenster komplett geöffnet [%]
18.02.2016	Morgens (9:15 Uhr – ca. 10:30 Uhr)	0 - 1 °C	trocken, klar, beginnender Sonnenaufgang, fast windstill	4,7 %	technisch nicht möglich
19.02.2016	Vormittags (10:55 Uhr- ca. 11:45 Uhr)	4 °C	leicht nebelig, nebelfeucht, windstill	3,7 %	
18.02.2016	Mittags (12:00 Uhr-12:45 Uhr)	1 - 4 °C	trocken, klar, sonnig, windstill	6,1 %	

Tab. 7.38: Dokumentation des Lüftungsverhaltens KBA, Gebäude B

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage eigener Beobachtungen

Aufnahme- datum	Tages- zeit	Außen- temperatur	verbale Einschätzung der Wetterbedingungen	Anteil Fenster gekippt [%]	Anteil Fenster komplett geöffnet [%]
18.02.2016	Morgens (9:15 Uhr – ca. 10:30 Uhr)	0 - 1 °C	trocken, klar, beginnender Sonnenaufgang, fast windstill	8,2 %	technisch nicht möglich
19.02.2016	Vormittags (10:55 Uhr - ca. 11:45 Uhr)	4 °C	leicht nebelig, nebelfeucht, windstill	7,0 %	
18.02.2016	Mittags (12:00 Uhr-12:45 Uhr)	1 - 4 °C	trocken, klar, sonnig, windstill	8,1 %	

Tab. 7.39: Dokumentation des Lüftungsverhaltens BWZ Frankfurt

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage eigener Beobachtungen.

Aufnahme- datum	Tages- zeit	Außen- temperatur	verbale Einschätzung der Wetterbedingungen	Anteil Fenster gekippt [%]	Anteil Fenster komplett geöffnet [%]
25.02.2016	Morgens (08:15 bis ca. 08:45 Uhr)	0 °C	Sonnenschein, leichter Wind	6,1 %	0,5 %

25.02.2016	Vormittags (10:20 Uhr bis ca. 10:45 Uhr)	4 °C	Sonnenschein, relativ windstill	4,5 %	0,0 %
24.02.2016	Nachmittags (15:50 bis ca. 16:20 Uhr)	9 °C	Sonne und Wolken im Wechsel, am frühen Vormittags gab es Regen und Hagel, später Besserung der Wetterbedingungen	2,0 %	0,0 %

Tab. 7.40: Dokumentation des Lüftungsverhaltens BlmA Augsburg

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage eigener Beobachtungen

Aufnahme- datum	Tages- zeit	Außen- temperatur	verbale Einschätzung der Wetterbedingungen	Anteil Fenster gekippt [%]	Anteil Fenster komplett geöffnet [%]
19.01.2016	Morgens	- 6 °C	durchgängig bewölkt, windstill, Boden schneebedeckt	3,9 %	0,3 %
18.01.2016	Vormittags	- 4 bis - 6 °C	teilweise bewölkt/sonnig, Boden schneebedeckt, windstill	1,7 %	0,3 %
19.01.2016	Nachmittags	- 2 °C	durchgängig bewölkt, windstill, Boden schneebedeckt, etwas heller als morgens	4,2 %	0,8 %

Tab. 7.41: Dokumentation des Lüftungsverhaltens HZA Nürnberg

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage eigener Beobachtungen

Aufnahme- datum	Tages- zeit	Außen- temperatur	verbale Einschätzung der Wetterbedingungen	Anteil Fenster gekippt [%]	Anteil Fenster komplett geöffnet [%]
03.03.2016	Morgens	2 °C	bewölkt / grauer Himmel, kein Regen, leichter Wind	3,0 %	1,0 %
03.03.2016	Vormittags	4 °C	bewölkt / grauer Himmel, kein Regen, leichter Wind	2,6 %	0,5 %
03.03.2016	Nachmittags	7 - 8 °C	bewölkt / grauer Himmel aber teilweise etwas Sonne, kein Regen, leichter Wind	3,5 %	0,2 %

7.3.2 Objektübergreifende Auswertung

Tab. 7.42: Beobachtetes Lüftungsverhalten nach Tageszeiten

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage eigener Beobachtungen (u.a. Fotodokumentation).

¹ Anteil in die Auswertung einbezogene Fensterscheiben im Verhältnis zum gesamten Anteil der Fensterscheiben des Gebäudes; ² arithmetischer Mittelwert über einen Durchgang.

Objekt	Anteil gekippter Fenster ¹			Anteil der komplett geöffneten Fenster ²		
	morgens	vor-mittags	mittags bzw. nachmittags	morgens	vor-mittags	mittags bzw. nachmittags
HZA Saarbrücken	2,3 %	2,4 %	3,8 %	0,1 %	0,1 %	0,4 %
THK Stuttgart, Gebäude 4N	1,8 %	3,5 %	3,7 %	0,2 %	0,0 %	0,1 %
THK Stuttgart, Gebäude 2	12,3 %	11,9 %	14,4 %	0,6 %	0,2 %	0,6 %
KBA Flensburg, Gebäude A	4,7 %	3,7 %	6,1 %	bautechnisch bedingt nur Kippen möglich		
KBA Flensburg, Gebäude B	8,2 %	7,0 %	8,1 %			
BWZ Frankfurt	6,1 %	4,5 %	2,0 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %
BlmA Augsburg	3,9 %	1,7 %	4,2 %	0,3 %	0,3 %	0,8 %
HZA Nürnberg	3,0 %	2,6 %	3,5 %	1,0 %	0,5 %	0,2 %