

Wissenschaftlicher Jahresbericht 2019



Wissenschaftlicher Jahresbericht 2019

Institut Wohnen
und Umwelt Darmstadt



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
---------------	---

IWU – Schlaglicht

Energetische Gebäudemodernisierung ... (wie) rechnet sich das?	4
--	---

IWU – Forschung

Forschungsfelder im IWU	6
Neuer Vorsitzender für Aufsichtsrat und Gesellschafterversammlung des IWU – Staatssekretär Jens Deutschendorf im Interview	7
Sanierungsanreize für Wohnungseigentümer in Lviv (Lemberg)	8
„Angespannte“ Wohnungsmärkte? – Wie lassen sich Gebiete mit diesem Merkmal empirisch bestimmen?	10
Kurzberichte: Bestimmung des Sozialwohnungsbedarfs in Dresden/ Bestimmung berechtigter Haushalte im Frankfurter Mietwohnungsbau-Programm	12
Kurzberichte: VerTEK-Tool zur energetischen Bewertung von Nichtwohngebäuden/ Modellprojekt zur Reduktion der Nebenkosten	13
Bedarfsdifferenzierte Energieverbrauchsbenchmarks für Geschosswohnbauten	14
Die zukünftige Energieversorgung der deutschen Wohngebäude	16
Kurzberichte: Gradtagszahlen/Rebound-Effekte Raumwärmenutzung/ TEK-Tool zur energetischen Bilanzierung von Nichtwohngebäuden	18

IWU – Daten und Fakten

Projekte im Jahr 2019	20
Forschungs- und Wissensvermittlung 2019	22
Kooperationen, Mitgliedschaften, Beratungsleistungen	26
Das Institut	28
Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des IWU	29
Nachhaltigkeit im Institut	31
Herausgeber	32



Dr.-Ing. Monika Meyer

Vorwort

Chancen für Klimaschutz besser nutzen – interdisziplinäre Forschung für eine nachhaltige Gesellschaft

Bereits in den letzten Jahren beschäftigte uns der Klimawandel in den öffentlichen Diskussionen. Starkwetterereignisse, wiederum ein heißer Sommer, zudem die Waldbrände in Sibirien und auch in Deutschland legten ein deutliches Zeugnis davon ab, dass der menschengemachte Klimawandel immer konkretere Auswirkungen zeigt und beileibe keine bizarre Verschwörungstheorie ist.

Seit Ende des Jahres 2018 formieren sich international zunächst vor allem junge Menschen medienwirksam in verschiedenen Bewegungen, die mit Fridays for Future ihren Anfang nahmen. Das Thema Klimaschutz und die Fragen, was Gesellschaft, Politik und auch jeder Einzelne tun kann, sind in der Mitte der Gesellschaft angekommen und erzeugen auch einen gewissen öffentlichen Druck.

Mit der öffentlichen Diskussion ging die zunehmende Bereitschaft der Politik einher, sich mit dem Thema Klimawandel zu beschäftigen. Im Herbst 2019 verabschiedete die Bundesregierung das Klimapaket, zu dem auch das IWU öffentlich Stellung nahm. Auch auf regionaler und kommunaler Ebene in Hessen und an unserem Standort Darmstadt rückte das Thema Klimawandel und Klimaschutz nach ganz oben auf der Agenda. In Hessen engagiert sich das IWU seit Jahren in unterschiedlichen Gremien der Nachhaltigkeitsstrategie. Auf lokaler Ebene wirkt das IWU im Klimaschutzbeirat Darmstadts und dessen Arbeitsgruppen mit.

Die Reduzierung des Energieverbrauchs im Gebäudebereich gehört zu den gewichtigen Faktoren bei der Minderung der Treibhausgasemissionen und damit dem Verlangsamten des Klimawandels. Das IWU ist seit den 1980er Jahren ein auch international anerkanntes Forschungsinstitut auf diesem Gebiet. Ergebnisse der aktuellen Forschung zu diesem Themenkreis finden sich in dieser Publikation.

Um die gesteckten Klimaschutzziele 2050 zu erreichen, müssen nicht nur die Modernisierungsraten beim Wärmeschutz verdoppelt, sondern auch die Wärmeversorgung umgebaut werden, damit der Wohngebäudebestand möglichst CO₂-frei mit Wärme versorgt werden kann. Im Projekt „Energieeffizienz und zukünftige Energieversorgung im Wohngebäudesektor: Analyse des zeitlichen Ausgleichs von Energieangebot und -nachfrage“ (vgl. S. 16) entwickelte das IWU ein Simulationsmodell für die Wärme- und Stromversorgung, das eine optimierte Nutzung der zeitlich fluktuierenden Beiträge von Solar- und Windstrom berücksichtigt.

Die Frage, ob und wie sich eine energietechnische Modernisierung im Altbaubestand bezahlt macht, beschäftigt vor allem die privaten, selbstnutzenden Eigentümer von Wohngebäuden in Deutsch-

land. Auf der Basis vieler realisierter und wissenschaftlich begleiteter Projekte beleuchtet das „Schlaglicht“ in diesem Heft unterschiedliche Aspekte der Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

Für Verbesserungen der Energieeffizienz in den Mehrfamilienhäusern in der Ukraine bestehen Hindernisse darin, dass die Eigentümer schlecht organisiert sind, über wenig Vermögen verfügen und für Kredite exorbitante Zinsen zahlen müssen. Das IWU erarbeitete in einem internationalen Konsortium Handlungsempfehlungen für ein kommunales Förderinstrument in Lviv (vgl. S. 8).

Ein weiteres Projekt „Soll-/Ist-Vergleich des Energieverbrauchs zur Evaluierung und Steigerung der Effizienz von Energiesparmaßnahmen im Praxisalltag eines Wohnungsunternehmens“ (vgl. S. 14) beschäftigte sich mit dem Umgang mit ungewöhnlich hohen Verbrauchswerten in Wohngebäuden. Für Wohnungsunternehmen entwickelte das IWU eine Methodik des Verbrauchscontrollings durch Zusammenführen von Jahresverbrauchswerten und rechnerischen Bedarfswerten. Die verwendeten Energieprofil-Indikatoren eignen sich auch als Grundlage für ein bundesweites Monitoring.

Das Thema der angespannten Wohnungsmärkte hat nach wie vor Relevanz in der gesellschaftlichen Diskussion. Auch mit Seitenblick auf einige provokante Vorschläge zur Begrenzung der Mieten bspw. im Land Berlin reagierte der Bund mit mietpreisbegrenzenden Instrumenten. Wie im Bericht auf S. 10 dargestellt, entwickelte das IWU zunächst in zwei Bundesländern Verfahren zur empirischen Bestimmung von Gebieten mit angespanntem Wohnungsmarkt, in denen diese Instrumente angewendet werden dürfen.

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser, ich hoffe, ich konnte Sie neugierig auf unsere Forschungsergebnisse machen.

Besonders freut uns, dass sich das Institut hinsichtlich seiner internen Organisation nach dem schwierigen Jahr 2018 nun wieder in ruhigerem Fahrwasser befindet. Die Spitze der Verwaltung konnte mit Herrn Dipl.-Kaufmann Ingo Fuß sehr kompetent besetzt werden. Zur positiven Entwicklung unseres Instituts trugen weiterhin das hervorragende Engagement der IWU-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter und der interdisziplinäre Geist seiner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre – wir freuen uns auf Ihre Anregungen.



Dr. Andreas Enseling

Energietechnische Gebäudemodernisierung ... (wie) rechnet sich das?

Energietechnische Modernisierungen in Altbauten erschließen erhebliche Energieeinsparpotenziale und erhöhen den Wohnkomfort. Das zeigen viele realisierte und wissenschaftlich begleitete Projekte. Ungeachtet dieser Vorteile und der drängenden klimapolitischen Erfordernisse (siehe IWU Schlaglicht 02/2018) werden immer wieder öffentliche Diskussionen über die ökonomische Sinnhaftigkeit bzw. die Wirtschaftlichkeit solcher Gebäudemodernisierungen geführt. Was macht eine eindeutige Aussage so schwer? Welche Unsicherheiten sind bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu beachten? Dies wird im Folgenden aus der Perspektive selbstnutzender Eigentümer von Wohngebäuden erörtert.

Betriebswirtschaftlich gesehen, ist eine Maßnahme zur energietechnischen Gebäudemodernisierung wirtschaftlich, wenn die Erlöse aus der Maßnahme die Aufwendungen für die Maßnahme übersteigen. Für den selbstnutzenden Eigentümer bestehen die Erlöse in erster Linie aus den Energiekosteneinsparungen, die wesentlich durch die Höhe der Energieeinsparungen bestimmt werden. Die Aufwendungen bestehen hauptsächlich aus den Investitionskosten bzw. den energiebedingten Mehrkosten.

Energieeinsparpotenziale realistisch abschätzen

Zur Bestimmung der Energiekosteneinsparungen sind Informationen über die zu erwartenden Energieeinsparungen notwendig. Um diese abschätzen zu können, stehen sowohl vereinfachte statische als auch komplexe dynamische Energiebilanzprogramme zur Verfügung.

Der große Vorteil der Berechnungen nach statischen Energiebilanzverfahren wie die Energiebedarfsberechnung nach EnEV (Energieeinsparverordnung) bzw. zukünftig nach GEG (Gebäudeenergiegesetz) liegt in der vereinfachten Datenaufnahme. Auch folgt aus den standardisierten Rahmenbedingungen des Verfahrens die unmittelbare Vergleichbarkeit der Ergebnisse bzgl. der energetischen Eigenschaften des Gebäudes und seiner Anlagentechnik mit anderen Gebäuden. Jedoch kann der Energieverbrauch unter konkreten Nutzungsbedingungen stark von dem

unter Normbedingungen berechneten Bedarf nach EnEV abweichen. Daher ist dieses Verfahren zur Abschätzung realistischer Energieeinsparpotenziale nur geeignet, wenn ein Abgleich des Normbedarfs mit durchschnittlichen Verbrauchswerten von Gebäuden ähnlicher Qualität vorgenommen wird.

Eine Alternative zu den standardisierten Rahmenbedingungen nach EnEV ist z.B. eine Energiebedarfsberechnung nach dem Energiepass Heizung/Warmwasser (EPHW), der eine Anpassung der Rahmenbedingungen in sinnvollen Grenzen ermöglicht.

Altbauten stellen an Energiebilanzverfahren die besondere Herausforderung, dass wesentliche energietechnische Parameter in der Regel nicht vorliegen und auf Basis von Tabellen- und Erfahrungswerten abgeschätzt werden müssen. Dabei können die Parameter im Einzelfall innerhalb großer Bandbreiten plausibel angesetzt werden. Erschwerend kommt hinzu, dass sich einzelne Parameter in ihrem Zusammenwirken verstärken oder aber auch in ihrer Wirkung aufheben können. Deshalb verbleibt bei der Berechnung von Einsparpotenzialen im Sanierungsfall häufig eine gewisse Unsicherheit. Nicht zuletzt hängt die Hebung dieser Potentiale auch von der Qualitätssicherung bei der Planung und Ausführung der Modernisierungsmaßnahmen ab.

Investive Kosten unterliegen Bandbreiten

Die zweite zentrale Eingangsgröße der Wirtschaftlichkeitsberechnung sind die anzusetzenden investiven Kosten der Maßnahmen, die marktbedingt variieren.

Unter Beachtung des „Kopplungsprinzips“ können sie erheblich reduziert werden. Das Kopplungsprinzip besagt, ein Bauteil dann energietechnisch grundlegend zu verbessern, wenn ohnehin eine Instandsetzung oder Modernisierung ansteht. Es gilt für die meisten Bauteile der thermischen Hülle und der Heizungsanlage. Ausnahmen sind die Dämmung der Kellerdecke und der obersten Geschossdecke, da bei beiden Bauteilen in der Regel über die Lebensdauer keine Instandsetzung erforderlich ist, sowie der erstmalige Einbau einer Solaranlage. Eine Konsequenz des Kopplungsprinzips ist die Aufteilung der Gesamtkosten der Maßnahmen in „ohnehin erforderliche Kosten“ und „energiebedingte Mehrkosten“. Lediglich die energiebedingten Mehrkosten sollten in die Wirtschaftlichkeitsberechnung eingehen, da die Instandsetzungskosten unabhängig von der energietechnischen Modernisierung beim Hauseigentümer ohnehin angefallen wären. Insbesondere für die Fassade und für die Fenster reduzieren sich die für die Modernisierung anzusetzenden Kosten so deutlich. Die entsprechende Zuordnung der Kosten ist jedoch im Detail nicht immer eindeutig zu treffen. Auch deshalb können die energiebedingten Kosten im Einzelfall in einem weiten Bereich streuen.



Wärmetechnische Sanierung – ein Beitrag zum Klimaschutz

Weitere Einflussgrößen bei der Bestimmung der Wirtschaftlichkeit

Als weitere Kostenkategorien müssen z. B. beim erstmaligen Einbau von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung zusätzliche Kosten für Wartung und Instandhaltung angesetzt werden. Auch sollten Ersatzinvestitionen berücksichtigt werden, wenn der gewählte Betrachtungszeitraum die Lebensdauer der Maßnahme übersteigt. Optional können auch Entsorgungskosten von Bauteilen eingerechnet werden. Ist die Lebensdauer der Maßnahme länger als der Betrachtungszeitraum sollten Restwerte am Ende des Betrachtungszeitraums als Erlös in die Berechnung einfließen. Förderung, z. B. durch die KfW, stellt eine weitere mögliche Erlöskategorie dar.

Auch die Wahl des Verfahrens der Wirtschaftlichkeitsberechnung (statisch oder dynamisch) hat Einfluss auf das Ergebnis. Da Energiesparinvestitionen im Gebäudebereich immer mehrere Perioden betreffen, sollte bei ihrer Beurteilung die zeitliche Struktur der Ein- und Auszahlungsreihen und entsprechende Zins-effekte berücksichtigt und deshalb ein dynamisches Verfahren wie die Kapitalwert- und die Annuitätenmethode gewählt werden.

Zudem hängen Aussagekraft und Ergebnisse der Berechnungen erheblich von der Festlegung von wesentlichen Rechenparametern wie dem Betrachtungszeitraum, dem Kalkulationszinssatz, dem aktuellen Energiepreis und der zukünftigen Energiepreissteigerung ab. Einige Parameter können nur subjektiv festgelegt werden oder sind – wie die Entwicklung von Zinsen und Energiepreisen – mit großen Unsicherheiten behaftet.

Die Problematik unsicherer Eingangsgrößen

In wissenschaftlichen Studien wird der Problematik unsicherer Eingangsgrößen häufig mit einer Variation der Parameter im Rahmen von deterministischen Sensitivitätsanalysen begegnet. Sensitivitätsanalysen geben darüber Aufschluss, wie stark eine Kennzahl zur Beschreibung der Wirtschaftlichkeit (z. B. die Kosten der eingesparten kWh) von einer oder mehreren Eingangsgrößen (z. B. der Energieeinsparung) bestimmt wird, d. h. wie sensitiv sie auf Änderungen von einzelnen Parametern reagiert. Deterministische Sensitivitätsanalysen gehen dabei von sicheren Erwartungen über die Ausprägung einzelner Eingangsgrößen aus.

Bei einer stochastischen Risikoanalyse wird dagegen versucht den wesentlichen Eingangsgrößen Wahrscheinlichkeiten zuzuordnen, um anschließend auch die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Wirtschaftlichkeitskennzahl zu bestimmen. Stochastisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass statistische Wahrsein-

lichkeitsverteilungen statt Einzelwerte zur Beschreibung der Parameter herangezogen werden. Im Rahmen der Simulation wird darauf aufbauend ein Zufallsexperiment (die Berechnung einer bestimmten Kennzahl der Wirtschaftlichkeit) in großer Anzahl wiederholt. Für die Politikberatung könnte so beispielsweise geprüft werden, in wie viel Prozent aller Fälle die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme gegeben ist und wie Förderprogramme angepasst werden sollten.

Energetische Modernisierung – Wirtschaftlich realisierbar mit Zusatznutzen

Konkrete Beispielberechnungen zeigen, dass energetische Gebäudemodernisierungen häufig wirtschaftlich zu realisieren sind. Die Berechnungen zeigen aber auch die Abweichungen auf, die sich durch die unvermeidlichen Unsicherheiten bei der Bestimmung der Eingangsgrößen und der Wahl von Randbedingungen ergeben können. Notwendig sind daher einzelfallspezifische Wirtschaftlichkeitsberechnungen, die auf verlässlichen Datengrundlagen aufbauen und den Einfluss der verschiedenen Eingangsgrößen und ihre mögliche Bandbreite transparent machen.

Wirtschaftlichkeitsanalysen sind **eine** wichtige Entscheidungsgrundlage für oder gegen energetische Modernisierungsinvestitionen. Maßgeblich in Zeiten des Klimawandels müssen jedoch die Gesichtspunkte des Klimaschutzes sein. Zur dringend erforderlichen Reduktion der CO₂-Emissionen im Gebäudebestand müssen die derzeitigen Modernisierungsraten beim Wärmeschutz von ca. 1% mindestens verdoppelt und auch energetische Sanierungen in Angriff genommen werden, die nicht betriebswirtschaftlich rentabel sind. Überproportionale Belastungen von Gebäudeeigentümern durch diese gesellschaftliche Aufgabe können z. B. durch Förderprogramme vermieden werden, wie sie derzeit die KfW für energetische Modernisierungen anbietet.

Neben Energieeinsparungen und Klimaschutz bringen energieeffiziente Gebäudekonzepte zumeist einen höheren Wohnkomfort, eine höhere thermische Behaglichkeit und sie reduzieren das Tauwasser- oder Schimmelrisiko. Auch die Lebensdauer der Gebäudehülle oder die Restnutzungsdauer des Gebäudes kann sich durch diese Maßnahmen verlängern. Dies stellt für Nutzer und Eigentümer einen erheblichen Zusatznutzen dar, der jedoch nicht ohne weiteres bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu quantifizieren ist. Dieser Zusatznutzen kann sich jedoch indirekt in der Werthaltigkeit der Immobilie ausdrücken. Für private Eigentümer, die eine Immobilie selbst nutzen, können gerade die Aspekte des Zusatznutzens ausschlaggebend für eine Investitionsentscheidung sein.



Forschungsfelder im IWU

Die interdisziplinäre Forschung am IWU verbindet Themen aus den Bereichen Wohnen und Stadtentwicklung sowie Energieeffizienz und Klimaschutz. Entsprechend seines Gründungsauftrages von 1971 untersucht das Institut Wohnformen, Wohnungsmärkte und ordnungspolitische Instrumente und leitet daraus Handlungs- und Politikempfehlungen insbesondere zur Verbesserung der Wohnverhältnisse ärmerer Haushalte und des Klimaschutzes ab. Seit 1986 forscht das Institut auch zu Fragen der rationellen Energienutzung. Es wirkt bei der Optimierung energieeffizienter Gebäude mit und entwickelt Verfahren zur energetischen Gebäudeanalyse. Auf der Basis primärstatistischer Erhebungen beteiligt es sich an der Erarbeitung von Gesamtstrategien zur Reduktion des Energieverbrauchs von Gebäuden. Verhaltensweisen und Entscheidungslogiken involvierter Akteure werden generell als wichtige Einflussfaktoren einbezogen. Das Tätigkeitsspektrum des Instituts gliedert sich in die folgenden vier Forschungsfelder mit je zwei Forschungslinien.

Wohnungsmärkte und Wohnungspolitik

Wohnungsmärkte für Haushalte mit Zugangs- und Zahlungsschwierigkeiten

Auf der Basis kleinräumiger Wohnungsmarktbeobachtung mit Schwerpunkt in Hessen erarbeitet das IWU Strukturinformationen und Prognosen zur Lage an den Wohnungsmärkten mit besonderer Berücksichtigung von Haushalten mit Versorgungsschwierigkeiten.

Ordnungs- und sozialpolitische Fragen des Wohnens

Das IWU untersucht wohnungspolitische Instrumente wie z. B. das Mietrecht, das Wohngeld oder die Kosten der Unterkunft in der Grundsicherung und setzt Impulse in der wohnungspolitischen Diskussion.

Energetische Gebäudebewertung und -optimierung

Werkzeuge zur energetischen Gebäudebewertung und -optimierung

Das IWU entwickelt und überprüft Verfahren der energetischen Bilanzierung, Bewertung und Optimierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden unter Einbeziehung der Energieerzeugung. Ziel ist die Bereitstellung einfacher und realitätsnaher Beratungs- und Prognosewerkzeuge für die Praxis.

Technologien und Konzepte für Energiespargebäude

Das IWU entwickelt und analysiert innovative Ansätze für den Klimaschutz im Gebäudebereich, führt Simulationen durch und begleitet Modellprojekte. Gebäude- und Anlagentechnik sollen zu vertretbaren Kosten ökologisch optimiert werden.

Strategische Entwicklung des Gebäudebestands

Monitoring des deutschen Gebäudebestands

Das IWU arbeitet an der Erhebung und Aufbereitung von Grundlagendaten zum deutschen Gebäudebestand, insbesondere zur Energieeffizienz und Modernisierungsdynamik.

Strategien für den Klimaschutz im Gebäudebereich

Mithilfe von Zukunftsszenarien werden Transformationsprozesse in Richtung Klimaschutz im Gebäudebereich für verschiedene Rahmenbedingungen analysiert. Ziel ist auch die Evaluation und Weiterentwicklung politischer Instrumente und ihre Wirkungskontrolle.

Handlungslogiken von Akteuren im Gebäudebereich

Verhaltensweisen und Entscheidungslogiken von Akteuren im Gebäudebereich

Das IWU untersucht Einstellungen, Entscheidungslogiken und Verhaltensweisen von Bewohnern, Eigentümern und anderen Akteuren, bezogen auf bauliche oder technische Maßnahmen zur Energieeinsparung, ihr Lüftungs- und Heizverhalten oder ihre Wohnbedürfnisse.

Ökonomische Bewertung von Gebäude-Investitionen

Das IWU analysiert die ökonomischen Bedingungen für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Gebäuden, z. B. im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Kostenstudien und bewertet ökonomische Anreize durch Förderinstrumente und Ordnungspolitik.

Neuer Vorsitzender für Aufsichtsrat und Gesellschafterversammlung des IWU – Staatssekretär Jens Deutschendorf im Interview



Jens Deutschendorf ist Staatssekretär im Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen. Seit der konstituierenden Sitzung des IWU-Aufsichtsrats am 16.5.2019 ist er Vorsitzender des

IWU-Aufsichtsrats wie auch Vorsitzender der IWU-Gesellschafterversammlung. Das Ministerium ist sowohl für den Bereich Energie als auch für den Bereich Wohnen zuständig, was das Forschungsinstitut als Vorteil für die Kommunikation ansieht.

Das IWU schätzt das Fachwissen des Diplom-Ingenieurs als Stadtplaner und sein vielfältiges Wirken in Politik und Gesellschaft, z. B. zuvor als Staatsrat beim Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen. Zuletzt konnte der fachliche Austausch zwischen Politik und Wissenschaft im November 2019 vertieft werden: Unter Leitung von Staatssekretär Jens Deutschendorf besuchte eine Delegation des Hessischen Wirtschaftsministeriums, darunter IWU-Geschäftsführerin Dr. Monika Meyer, die Republik Korea und Japan. Gemeinsam tauschten sich die Experten dort u. a. über das städtebauliche Konzept eines nachhaltigen Neubaugebiets vor den Toren Tokios aus.

Im Rückblick auf das Jahr 2019: Welches waren die wichtigsten Themen in der Zusammenarbeit des hessischen Wirtschaftsministeriums mit dem IWU?

Das war gewiss das Thema „Wohnen“, und es wird uns noch auf absehbare Zeit intensiv beschäftigen. Wohnen ist die soziale Frage unserer Tage. Das ist inzwischen schon so etwas wie eine Binsenweisheit, aber es ändert nichts an ihrer Dringlichkeit. Die Landesregierung stellt sich dieser Herausforderung, und dabei ist das IWU ein wichtiger Partner. Ein Beispiel: Bei der Ausgestaltung unserer mietrechtlichen Regelungen hat uns das IWU entscheidend unterstützt, indem es die Gebiete mit besonders gefährdeter Wohnungsversorgung ermittelt hat. Die Ergebnisse dieser Untersuchung haben maßgeblich dazu beigetragen, die Gebietskulisse zu bestimmen, in der seit dem letzten Jahr sowohl die Hessische Mietenbegrenzungsverordnung als auch die Kapungsgrenzen- und Kündigungsbeschränkungsverordnung gelten. Diese fundierte Datenbasis ist die Voraussetzung für Rechtssicherheit. Im Ergebnis haben wir jetzt klare und einheitliche Spielregeln: In allen 31 Städten und Gemeinden in Hessen mit angespanntem Wohnungsmarkt gelten dann Mietpreisbremse, Mieterhöhungsdeckel und ein verlängerter Schutz vor Kündigung wegen Eigenbedarfs. Das sind wesentlich mehr Städte und Gemeinden als zuvor. Die Mietpreisbremse etwa war in der alten Verordnung auf 16 Kommunen beschränkt.

Die Frage nach mehr bezahlbaren Wohnungen vor allem im südhessischen Ballungsraum ist in aller Munde. Welchen Beitrag konnte das IWU zu den politischen Weichenstellungen in Hessen leisten?

Das IWU ist ein wichtiger Partner in unserer Allianz für Wohnen in Hessen. Es bringt sich hier seit 2015 mit guten und konstruktiven Ideen ein. 2019 hat die Allianz für Wohnen ihr 12-Punkte-Programm „Bezahlbaren Wohnraum schaffen – bestehenden sichern“ verabschiedet. Das 12-Punkte-Programm setzt u. a. Schwerpunkte bei der weiteren Optimierung der Förderbedingungen für Mietwohnungsbau und Eigentumsbildung, bei der Mobilisierung von Baulandpotenzialen, bei der Verbesserung von Beteiligungsprozessen und Wissenstransfer, bei der stärkeren Ausrichtung der Städtebauförderung auf das Thema Wohnen und greift die Beschleunigung des Bauens auf. Das IWU war an der Entwicklung des Programms maßgeblich beteiligt, dafür bin ich sehr dankbar.

Aber auch in der wohnungspolitischen Diskussion liefert das IWU durch seine Analysen wichtige Beiträge. Hier möchte ich insbesondere die Wohnungsbedarfsprognose für die hessischen Landkreise und kreisfreien Städte nennen – eine unverzichtbare Grundlage für die Diskussion über den politischen Handlungsbedarf auf diesem Gebiet.

Eines der Kernthemen des IWU ist die Nachhaltigkeit beim Wohnen, insbesondere die rationelle Energienutzung im Gebäudebereich. Wie sehen Sie den Zusammenhang zu den Bestrebungen des Landes?

Das IWU hat sich sehr engagiert an der hessischen Nachhaltigkeitsstrategie und an der Entwicklung des hessischen Integrierten Klimaschutzplans 2025 beteiligt, unter anderem im Steuerungskreis „Biologische Vielfalt“ und dabei auch am Leitfaden „Hessische Städte – Natürlich vielfältig!“. Wir verdanken dem IWU wichtige Impulse. Aktuell gewinnt das Thema Nachhaltigkeit im Wohnungs- und Städtebau sehr an Bedeutung.

Mit dem Projekt „Großer Frankfurter Bogen“ wollen wir erreichen, dass mehr Flächen für den Wohnungsbau ausgewiesen werden, und zwar bevorzugt im Umkreis von Bahnstationen, von denen aus der Frankfurter Hauptbahnhof in höchstens 30 Minuten zu erreichen ist. Wir veranschlagen das Potenzial auf rund 200.000 Wohnungen, aber diese Gebiete müssen natürlich in jeder Hinsicht nachhaltig sein, d. h. klimagerechte Wohn- und Lebensqualität bieten. Sonst vermauern wir buchstäblich die Zukunft. Mit anderen Worten: Das Motto „Bauen, bauen, bauen“ greift zu kurz. Was wir heute bauen, steht noch in vielen Jahrzehnten. Das heißt: Wir müssen jetzt schon das Jahr 2050 im Blick haben, wenn Hessen ohne fossile und atomare Energiequellen auskommen will. Das betrifft natürlich auch den Gebäudebestand. Dafür müssen wir die Sanierungsquote verdoppeln.

Was erwarten Sie in den nächsten fünf Jahren vom IWU?

Ich wünsche mir, dass wir weiterhin auf das IWU und seine Expertise bauen können. Die Herausforderungen im Wohnungs- und Städtebau sind für sich allein schon beträchtlich, aber der enge Zusammenhang mit ökologischen und sozialen Fragen gibt ihnen erst ihre eigentliche Dimension. Dafür brauchen wir ein solides Fundament aus Fakten und wissenschaftlicher Analyse, und dafür steht das IWU.



Iris Behr

Sanierungsanreize für Wohnungseigentümer in Lviv (Lemberg)

Die energetische Modernisierung privatisierter Wohnungsbestände in Mehrfamilienhäusern der Ukraine wird durch eine Vielzahl von Problemen behindert. Ein Großteil der Wohnungseigentümer verfügt über wenig Vermögen und die Zinsen für Modernisierungskredite sind mit bis zu 20 % exorbitant hoch. Auch sind die Eigentümer häufig nicht in Wohnungseigentümergeinschaften organisiert, was die Mobilisierung privater Mittel für Investitionen in das Gemeinschaftseigentum zusätzlich erschwert. Das IWU hat zusammen mit ukrainischen Partnern für die Stadt Lviv (Lemberg) eine für diese Problematik passende kommunale Förderlinie entwickelt.

Diese ergänzt die Förderung durch den nationalen Energieeffizienzfonds, den die Ukraine mit Unterstützung internationaler Geber – der EU, der Weltbank und Deutschland – im Jahr 2018 aufgelegt hat und in dessen Fokus die privatisierten Wohnungsbestände in Mehrfamilienhäusern stehen. Die Wohnungseigentümer bilden häufig Hausgemeinschaften ohne Rechtsform, deren Mitglieder sich als Eigentümer der Wohnungen zwar um ihre eigenen Wohnungen kümmern, aber nicht unbedingt das Gemeinschaftseigentum, z. B. die Hülle (Fassade, Fenster, Dach), die Heizungsanlage oder die Keller im Blick haben.

Vorgaben des nationalen Energieeffizienzfonds

Der nationale Energieeffizienzfonds (EEF) übernimmt für „umfangreiche Modernisierungsmaßnahmen“ in Gebäuden, die vor 2006 errichtet worden sind, d. h. für Wärmeschutzmaßnahmen an der Gebäudehülle und die Modernisierung der Anlagentechnik, 70% der Modernisierungskosten nach Abschluss der Maßnahmen als Zuschuss. Zuschüsse erhalten ausschließlich formalisierte Wohnungseigentümergeinschaften (WEGs), um einen Anreiz zur Bildung von WEGs zu setzen. Außerdem sollen die Fördermittel insbesondere einkommensschwache Haushalte erreichen und so den Umfang staatlicher Unterstützungsleistungen senken. In Lviv erhalten z. B. ca. 27% der Haushalte Zuschüsse zu den Betriebskosten, die vor allem die Heizkosten mindern sollen.

Allerdings hat die Zielgruppe – einkommensschwache Eigentümergemeinschaften – Schwierigkeiten und wenig Bereitschaft, 30% der energetischen Modernisierungsinvestition mit einem hochverzinsten Kredit zu finanzieren. Deshalb hat das IWU zusammen mit der Gemeinde Lviv ein Konzept für eine kommunale Ko-Finanzierung entwickelt, das diese Lücke schließen soll.

Gebäudetypen, Modernisierungsbedarf und Investitionskosten

Zunächst klärten die Partner im Rahmen einer „baseline study“, welche typischen Gebäude mit hohem baulichen und anlagentechnischen Instandsetzungsbedarf und gleichzeitig hohem Energiebedarf der ausgewählte Bezirk „Syhiv“ aufweist. Der Gebäudebestand in Syhiv erwies sich als sehr homogen. Mehr als 90% der Gebäude gehören zu zwei Gebäudetypen, die zwischen 1984 und 1994 errichtet worden sind. Von den 153 für eine spezifische kommunale Förderung in Frage kommenden Gebäuden sind 121 Gebäude 9-geschossige Plattenbauten und 22 Gebäude 9- bis 15-geschossige Backsteingebäude. Die insgesamt 9 Heizzentralen (ZTPs), an die die Gebäude angeschlossen waren, wurden bis Ende 2019 abgebaut und durch einzelne Heizstationen (ITPs) in jedem Gebäude ersetzt. Während bei den ZTPs die Wärmeversorgung zentral durch den lokalen Wärmeversorger geregelt wurde, ermöglichen es die ITPs den Hausbesitzern, ihren Wärmeverbrauch selbst zu regulieren.

Um zu ermitteln, welche Energieeinsparungen in den Typgebäuden durch eine umfassende energetische Sanierung zu erwarten sind, wurden für beide Typen die wesentlichen baulichen und anlagentechnischen Eigenschaften erfasst und Energiebilanzen für den Ist-Zustand und den Zustand nach einer energetischen Sanierung gemäß EEF berechnet. Die berechneten Energiebedarfe für den IST-Zustand entsprachen im Durchschnitt den



Hoher Sanierungsbedarf – Gebäude in Lviv

gemessenen Energieverbräuchen des kommunalen Energieversorgungsunternehmens. Eine Sanierung gemäß den Kriterien des EEF würde bei beiden Typgebäuden zu Energieeinsparungen von bis zu 50% führen.

Darauf aufbauend wurden die Maßnahmenkosten einer energetischen Sanierung entsprechend diesen Vorgaben und für weitere energetische Maßnahmen abgeschätzt. Außerdem waren sozio-ökonomische Indikatoren zu ermitteln: Wie hoch ist der Anteil der öffentlichen Hilfeempfänger und in wie weit sind bereits WEGs gebildet worden bzw. befinden sich in der Gründungsphase?

Außerdem waren sozio-ökonomische Indikatoren zu ermitteln: Wie hoch ist der Anteil der öffentlichen Hilfeempfänger und in wie weit sind bereits WEGs gebildet worden bzw. befinden sich in der Gründungsphase?

Die Ausarbeitung wurde vom IWU in enger Abstimmung mit der Deutschen Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ), den städtischen Akteuren aus Verwaltung und Politik, dem kommunalen Energieversorger und aktiven Eigentümergemeinschaften des Stadtteils durchgeführt.

Entwicklung eines kommunalen Förderinstruments

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen des IWU für energetische Modernisierungsmaßnahmen in den beiden Typgebäuden ergaben unter Berücksichtigung

- der in der baseline study ermittelten Energiekosteneinsparungen,
- der Förderung durch den EEF,
- der spezifischen Rahmenbedingungen der WEGs (u. a. wenig Eigenkapital, hoher Zinssatz, kurze Amortisationserwartung, hohe Inflationsrate),
- und der Unsicherheit der Eingangsparameter (z. B. Zins- und Energiepreisentwicklung),

dass die Investitionen für die WEGs – trotz der hohen EEF-Förderung – ohne ein zusätzliches kommunales Finanzierungsinstrument nicht wirtschaftlich realisierbar sind. Die Höhe der zusätzlich nötigen kommunalen Förderung wurde mit 10%–15% der anfänglichen Investitionssumme veranschlagt.

Im nächsten Schritt entwickelte das IWU in enger Kooperation mit der Gemeinde folgende Gestaltungsoptionen des kommunalen Förderinstruments und überprüfte sie aus der Perspektive der WEGs und der Gemeinde:

- direkte kommunale Zuschüsse (u. a. Zinszuschüsse),
- zinsverbilligte kommunale Kredite (mit und ohne Tilgungszuschuss),
- ein kommunales Contracting-Modell,
- sowie zinsfreie kommunale Vorfinanzierungskredite.

Eine schwerwiegende Umsetzungshürde besteht darin, dass die vom EEF angebotene Förderung erst nach Abschluss und Überprüfung der Maßnahmen gewährt wird. Die dadurch erforderliche Vorfinanzierung, die zusätzlich zum Eigenkapital aufgebracht werden muss, belastet die WEGs in der ersten Zeit mit hohen Zinszahlungen. Als Optionen zur Gestaltung der kommunalen Förderung wurden deshalb ein direkter Zinszuschuss zu den Kosten

der ersten Periode oder ein zinsfreier kommunaler Vorfinanzierungskredit zur Überbrückung der Zeit bis zur Auszahlung des EEF-Zuschusses empfohlen. Bei fixem Budget führt der Zinszuschuss zum Verzehr des Fonds, während der Fonds beim zinsfreien Vorfinanzierungskredit weitgehend erhalten bleibt (revolving fund). Da die Zuschüsse einmalig und mit deutlich niedrigerem Betrag als der Kredit gewährt würden, könnten damit kurzfristig jedoch mehr Fälle angestoßen werden.

Neben den energetischen und finanziellen Fragen sind in der Gemeinde Lviv weitere Hindernisse zu überwinden, um Wohnungseigentümer zu einer energetischen Modernisierung zu bewegen.

Information und Aktivierung der Eigentümerinnen und Eigentümer

Bislang haben die Eigentümer nur in wenigen der privatisierten Häuser eine WEG gebildet. Bis 2018 war die Hausverwaltung der privatisierten Häuser weiter von den kommunalen Diensten übernommen worden. Voraussetzung für eine verstärkte Sanierungstätigkeit ist sowohl ein höherer Organisationsgrad der Eigentümerhaushalte als auch Informationskampagnen und Beratungsangebote zum Thema energetische Sanierung. Die Gemeinde reagierte darauf mit einem neuen kommunalen energetischen Modernisierungsprogramm und der Einstellung eines Energieberaters. Auch hat sie ein Kommunikationskonzept entwickelt, um das beschriebene Förderprogramm zu bewerben und dem häufig hohen Misstrauen in staatliche Maßnahmen und Einrichtungen entgegen zu wirken. So mangelt es z. B. an Vertrauen, dass die versprochenen Zuschüsse nach Durchführung der Maßnahmen auch tatsächlich ausbezahlt werden.

Qualitätssicherung und -kontrolle

Die vom EEF vorgegebenen „umfangreichen Modernisierungsmaßnahmen“ sind nicht ohne weiteres auf der Baustelle zu realisieren. Durchgeführte Modernisierungsmaßnahmen lassen geringe Kenntnisse über die adäquaten Maßnahmen, den Einsatz mäßigen Materials sowie schlechte Ausführung erkennen. Überzeugung und Aufklärung über Qualität und Kosten ist erforderlich, um die Verwendung günstiger, aber häufig nicht passgenauer Materialien aus dem Baumarkt zu verhindern. Um die bereitgestellten Fördermittel effizient zu verarbeiten sind Handwerkerschulungen, Auswahlwettbewerbe und Qualitätskontrollen nötig. Hierfür hat das IWU ein Qualitätssicherungs- und Qualifizierungskonzept erstellt. Bei der Durchführung der ersten Förderfälle soll dieser Auswahl- und Lernprozess begleitet und überwacht werden, um die Erfahrungen bei den nächsten Fällen anzuwenden und so eine gute Praxis aufzubauen.

Baseline Study (Energy Consumption, Socio Economic Situation, Formation of Home Owner associations) in Sychiv – Lviv and design of a municipal financial incentive for EE in residential buildings

Auftraggeber: Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ)

Laufzeit: November 2018 – Oktober 2019

Partner: Association of energy engineers of Ukraine (AEE), „EcoclubRivne“ (Ukraine)

Projektteam IWU: Iris Behr, Dr. Andreas Enseling, Dr. Eberhard Hinz

Kontakt: Iris Behr (i.behr@iwu.de)



Martin Vaché

„Angespannte“ Wohnungsmärkte – Wie lassen sich Gebiete mit diesem Merkmal empirisch bestimmen?

In vielen deutschen Großstädten und ihrem Umland bleibt das Angebot an Wohnungen hinter der wachsenden Nachfrage zurück, was deutlich steigende Mietpreise zur Folge hat. Die Bundesregierung hat auf diese Entwicklung mit der Verschärfung bzw. Neueinführung von mietpreisbegrenzenden Instrumenten reagiert wie z. B. der Einführung der sog. Mietpreisbremse im Jahr 2015. Solche Regulierungen wurden auf Gebiete mit „angespannten“ Wohnungsmärkten begrenzt. Das IWU hat insbesondere für Hessen aber auch für Bayern Verfahren zur Bestimmung von Gebieten mit diesem Merkmal entwickelt und über acht Jahre hinweg Erfahrungen damit gesammelt.

Zur Identifikation von Gebieten mit angespannten Wohnungsmärkten hat die Bundesregierung im § 556d (2) BGB Kriterien vorgegeben, die von den Ländern zu konkretisieren sind, da sich sowohl die Wohnungsmarktlage als auch die Untersuchungsmöglichkeiten bundesweit unterschiedlich darstellen. Aus diesen Kriterien lassen sich fünf Indikatoren oder Teilbedingungen ableiten:

- überdurchschnittliche Wachstumsrate der Mietpreise,
- unzureichendes Verhältnis zwischen Neubau und Wachstum der Wohnungsnachfrage (im Folgenden „Neubauintensität“ genannt),
- überdurchschnittliche Mietbelastung,
- geringe Leerstandsrate,
- Wohnungsdefizit (d. h. eine im Verhältnis zum Wohnungsangebot große Nachfrage).

Während sich die ersten zwei Indikatoren auf eine Tendenz beziehen – das Spannungsniveau erhöht sich – beziehen sich die letzten drei auf ein bestimmtes Spannungsniveau. Mit Hinblick auf die Befristung der Maßnahmen auf zunächst fünf Jahre lässt sich „Anspannung“ als zeitlich befristete Abweichung von ausgeglichenen Versorgungsstrukturen interpretieren. Die Bezugsgröße eines entspannten Niveaus sollte angesichts unterschiedlicher Wohnungsmarkttypen idealerweise dabei lokal oder wenigstens regional definiert werden.

Umsetzung für Hessen

Für das Land Hessen hat das IWU 2015 ein Verfahren zur Bestimmung von Gebieten mit angespannten Wohnungsmärkten entwickelt und 2018 zur Fortschreibung verwendet; 2020 steht eine weitere Aktualisierung an. Ein vergleichbares, in Teilen auf die Situation in Bayern abgeändertes Verfahren entwickelte das IWU für den Freistaat Bayern. Das Verfahren beinhaltet drei Schritte:

1. Die Berechnung der o. g. fünf Indikatoren zur Messung der Anspannung und der Versorgungsgefährdung auf Grundlage geeigneter Datenquellen,
2. die Bestimmung geeigneter Bezugsnormen, bei deren Über- oder Unterschreiten die Teilbedingung als erfüllt gelten kann, und
3. die Festlegung, in welcher Beziehung die einzelnen Teilbedingungen zueinander stehen und unter welchen Gesamtbedingungen ein Gebiet als angespannt zu betrachten ist.

Auswahl geeigneter Datenquellen

Die zur Berechnung der fünf Indikatoren verwendeten Datenquellen müssen verschiedenen Anforderungen genügen: Aktualität, kleinräumige und trotzdem flächendeckende Verfügbarkeit, Vergleichbarkeit sowohl zwischen Untersuchungsgebieten als auch zwischen Zeitpunkten und hinreichende Genauigkeit. Innerhalb dieses Anforderungskatalogs ergeben sich diverse Zielkonflikte. So ist eine Auswertung der meisten Indikatoren auf Ebene der Gemeinden nur unter Inkaufnahme höherer statistischer Unsicherheit möglich. Z. B. erlauben die alle vier Jahre durchgeführten stichprobenbasierten Erhebungen zur Wohnsituation der Mikrozensuserhebung keine ausreichend tiefe regionale Gliederung der Erkenntnisse zu Miethöhe und Mietbelastung und müssen daher mit Hilfe statistischer Methoden ergänzt werden. Angebotsmieten wiederum sind zwar in ausreichender Aktualität und Kleinräumigkeit verfügbar, decken jedoch regional unterschiedlich Teilsegmente der Wohnungsmärkte ab und sind daher nur bedingt vergleichbar. Insgesamt erfordert die Auswahl von Datenquellen bezüglich der genannten Anforderungen Kompromisse, wobei die Vergleichbarkeit höher zu bewerten ist als eventuelle Repräsentativität.

Wahl des Verfahrensansatzes

Welche der fünf Teilbedingungen müssen mindestens erfüllt sein, um eine Marktanspannung festzustellen? Wie lassen sie sich untereinander gewichten? Das Auswahlverfahren muss die empirischen Befunde zu den Teilbedingungen so zusammenfassen, dass am Ende eine eindeutige Einstufung einer Gemeinde erfolgen kann. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Teilbedingun-

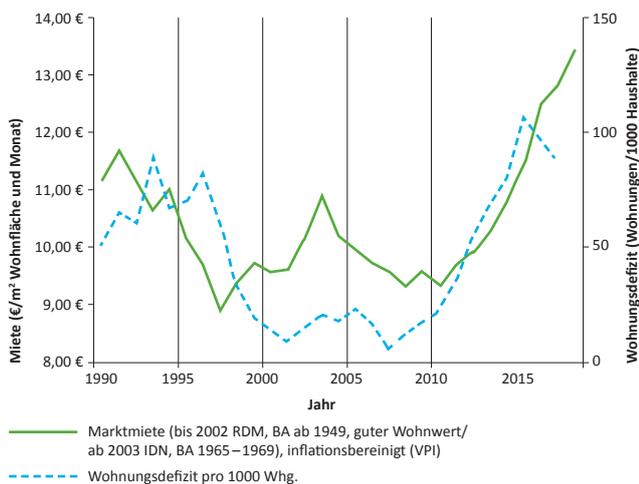


Abbildung: Wohnungsdefizit und Marktmietenentwicklung in Frankfurt am Main 1990 bis 2017: Kausale Zusammenhänge zwischen Marktspannungsindikatoren

gen in unterschiedlicher Weise kausal aufeinander Bezug nehmen (Wohnungsdefizit und Mietpreishöhe/Mietkostenbelastung, vgl. Abbildung) bzw. einen vergleichbaren Sachverhalt repräsentieren (Leerstand und Wohnungsdefizit).

Zwei grundlegende Verfahrensansätze können unterschieden werden: Im ersten Ansatz werden die empirischen Befunde zu Leerstand, Wohnversorgungsfrage, Mietpreiswachstum etc. zu einer einzelnen Messgröße (Index) aggregiert. Der zweite Ansatz bewertet die Einzelbefunde jeweils separat und zieht das Ergebnis kumulativ zur Gesamtbewertung heran.

Indexbildung

Aufgrund der unterschiedlichen Skalierung der Merkmale erfordert die Aggregation der Einzelbefunde zu einem Index eine Angleichung der Skalenbreite der einzelnen Indikatoren, was mangels empirisch begründbarer Kausalzusammenhänge im Regelfall durch eine Rangfolgenbildung, ggf. unter Anwendung normativer Gewichtungsfaktoren, geschieht. Ein solcher Index erlaubt Aussagen zur relativen Verortung einer Gemeinde in einer Verteilung aller Gemeinden. Jedoch kann nicht festgestellt werden, ob auch in absoluten Maßstäben eine Marktanspannung vorliegt.

Der Vorteil des Verfahrens liegt darin, dass die Informationsmenge metrisch skaliert der Indikatoren voll genutzt wird. Ein relativ höheres Wohnungsdefizit führt bei diesem Verfahren ungeachtet der Ausprägung anderer Indikatoren zu einer anderen Einordnung der betroffenen Gemeinde auf einer Indexskala als ein geringeres. Dies setzt eine entsprechende Messgenauigkeit der Indikatoren voraus, die aufgrund der oben gezeigten Einschränkungen bei der Datenbasis nicht unbedingt gegeben ist.

Kumulative Bewertung

Das IWU bewertet die einzelnen Indikatoren separat bei Über- bzw. Unterschreiten eines Schwellenwertes als Teilbedingung für das Vorliegen einer Marktanspannung. Ein Gebiet wird als angespannter Wohnungsmarkt im Sinne des § 556d (2) BGB erkannt, wenn vier der fünf Teilbedingungen erfüllt sind.

Die Ausprägung einer Messgröße wird hier nur soweit berücksichtigt, wie sie zur Erfüllung einer Teilbedingung beiträgt. So wird z. B.

das Unterschreiten eines bestimmten Leerstands-niveaus als Teilbedingung erkannt, wie weit der Leerstand unter diesem Niveau liegt, jedoch nicht. Die Informationsreduktion erhöht nicht nur die Robustheit des Untersuchungsansatzes angesichts statistischer Unschärfe, sondern ist vor dem Hintergrund der kausalen Abhängigkeiten der Teilbedingungen auch inhaltlich zu vertreten.

Angespannte Wohnungsmärkte werden so anhand objektiver Vergleichsmaßstäbe festgestellt. Eine Wohnversorgungsquote von weniger als z. B. 103 Wohnungen auf 100 Haushalte gilt objektiv als Anzeichen eines angespannten Wohnungsmarkts, ungeachtet der Frage, ob dieser Wert relativ zu anderen besonders hoch oder niedrig ist.

Beurteilung der Teilbedingungen

Grundlage hierfür sind ausreichend präzise definierte objektive Bewertungsmaßstäbe. So beruht die Feststellung einer ausreichender Wohnversorgungsquote bzw. einer angemessenen Leerstandsrate auf dem Konzept der „natürlichen“ Leerstandsrate, die sich in Folge strukturtypischer Fluktuationsraten, Vermietungsmechanismen und Modernisierungsintervallen ergibt. Eine hinreichend objektive Bezugsgröße lässt sich auch für die Mietbelastungsquote ermitteln, da im Allgemeinen der Anteil der Haushalte mit Mietüberbelastungen und Zahlungsschwierigkeiten mit zunehmender Mietbelastungsquote steigt. Schwieriger ist die objektive Feststellung von Schwellenwerten der Mietpreisteigerung. Grundsätzlich kann ein Mietpreiswachstum auch Nachholwachstum bedeuten, weshalb auch das Ausgangsniveau zu berücksichtigen ist. Auch muss die jeweilige Entwicklung der Löhne und Renten einbezogen werden, da vor allem ein darüber liegendes Mietpreiswachstum zu Leistbarkeitsproblemen führt.

Messtechnische Probleme können sich durch fehlende Datenverfügbarkeit ergeben. Vor allem die hilfswise Verwendung von Marktdaten (sog. Angebotsmieten) für Teilmärkte mangels flächendeckend verfügbarer repräsentativer Mietdaten vermittelt in Städten und teilweise auch in kleinen, ländlich geprägten Wohnungsmärkten keine repräsentativen Lagebilder. Eine Festlegung, welche Preissteigerungsrate „deutlich“ zu hoch ist, muss solche messtechnischen Verzerrungen berücksichtigen.

Aufgrund der beschriebenen statistischen Unsicherheiten und möglichen Messfehler bleiben auch bei der Wahl robuster Auswahlverfahren Zuordnungsfehler nicht aus. Eine regelgeleitete Einbindung von Gemeinden in Grenzfällen zur Plausibilisierung der Zuordnungen hat sich daher als sinnvoll erwiesen.

Untersuchung zur Feststellung von Gebieten mit besonderem Wohnraumdefizit im Sinne des § 558 Abs. 3 n.F. BGB (Kappungsgrenze) anhand geeigneter Indikatoren, 2013.
 Auftraggeber: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung
Umsetzung des geplanten § 556d BGB in Hessen („Neuvertragsmietbremse“), 2015.
 Auftraggeber: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und Folgeprojekte 2018 und 2020
Gebiete angespannter Wohnungsmärkte in Bayern, 2019.
 Auftraggeber: Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

Kontakt: Martin Vaché (m.vache@iwu.de)

Bestimmung des Sozialwohnungsbedarfs in Dresden

Die Landeshauptstadt Dresden hat sich das Ziel gesetzt, die Wohnungsversorgung für einkommensschwache Haushalte mit besonderem Augenmerk auf Familien sowie auf ältere und behinderte Menschen durch die Förderung von Sozialwohnungen zu sichern. Das Institut Wohnen und Umwelt ermittelte deshalb, wie viele Dresdener Mieterhaushalte als Zielgruppe in Frage kommen, weil sie mit hohen Wohnkosten belastet sind. Dazu konnte das IWU auf die Daten der repräsentativen kommunalen Bürgerumfrage vom März 2018 zurückgreifen.

Zur Ermittlung der Mieterhaushalte mit hoher Wohnkostenbelastung setzte das IWU ein Ausschlussverfahren an. Zunächst schätzten sie ab, wie viele der Mieterhaushalte innerhalb der Einkommensgrenzen des sächsischen Wohnraumförderungsgesetzes von 2018 lagen. Von diesen waren dann die Haushalte mit Bezug von Grundsicherungsleistungen nach Sozialgesetzbuch II oder VII abzuziehen, da sie zwar über ein geringes Einkommen verfügen, ihre Unterkunftskosten jedoch in angemessener Höhe anerkannt werden. Es wurde davon ausgegangen, dass nur im Einzelfall aufgrund von Zugangsschwierigkeiten die Vermittlung in eine geförderte Wohnung geboten ist. Außerdem wurden Haushalte herausgenommen, bei denen sich alle Mitglieder im Ausbildungsstatus befanden und die deshalb voraussichtlich nur temporär belastet sind. Schließlich wurden Haushalte mit erhöhtem Wohnflächenkonsum ausgeschlossen. Hier dürfte – jedenfalls in einem entspannten Wohnungsmarkt – eine freiwillige Entscheidung für größere Flächen und damit höhere Wohnkosten vorliegen. Als Kriterium für eine erhöhte Wohnfläche wurden die Wohnflächenrichtwerte des geförderten Wohnungsbaus plus 20% ange-

setzt. Im Gegenzug wurden Haushalte einbezogen, deren „normale“ Wohnkostenbelastung auf eine besonders geringe Ausstattung mit Flächen oder Räumen zurückgeführt werden konnte.

Als Maßstab für eine hohe Wohnkostenbelastung setzte das IWU verschiedene Varianten der Relation von Wohnkosten zu Einkommen an. So errechneten sie, wieviel Haushalte ihr Haushaltsnettoeinkommen zu mehr als 30% für die Bruttokaltmiete (Grundmiete plus Betriebskosten ohne Heizung), für die Bruttowarmmiete (Bruttokaltmiete plus Heizung) oder zu mehr als 40% für die Bruttowarmmiete ausgeben mussten. Alternativ bestimmten sie diese Anteile in Bezug auf das Nettoäquivalenzeinkommen (das bedarfsgewichtete Pro-Kopf-Einkommen), was zu einer höheren Anzahl von Haushalten in der Kategorie „hohe Wohnkostenbelastung“ führte. Ergänzend zur Abschätzung der Zielgruppengröße empfahlen die Forscher hinsichtlich der zu vereinbarenden Belegungsrechte eine bedarfs- bzw. dringlichkeitsorientierte Vergabe der geförderten Wohnungen über eine zentrale städtische Stelle sowie die Festlegung einer Mietpreisbindung, die Mieten unterhalb des aktuellen Marktpreisniveaus sicherstellt.

Ermittlung des Sozialwohnungsbedarfs für die Landeshauptstadt Dresden unter Verwendung eines auf die Wohnkostenbelastung abstellenden Ermittlungsansatzes

Laufzeit: März – August 2019

Auftraggeber: Landeshauptstadt Dresden

Projektteam: Dr. Max-Christopher Krapp, Dr. Holger Cischinsky, Galina Nuss

Kontakt: Dr. Max-Christopher Krapp (m.krapp@iwu.de)

Frankfurter Mietwohnungsbau-Programm – Bestimmung der berechtigten Haushalte

Die Stadt Frankfurt am Main unterstützt mit dem „Frankfurter Programm für den Neubau von bezahlbaren Mietwohnungen“ die Schaffung von Mietwohnungen für Haushalte, die sich auf dem freien Frankfurter Mietwohnungsmarkt nicht zu einer tragbaren Miete mit Wohnraum versorgen können. Das Programm erweitert den Umfang der in Frankfurt förderberechtigten Haushalte, indem es zusätzlich zu den beiden Einkommensstufen des Hessischen Wohnraumförderungsgesetzes drei weitere, darüber liegende Einkommensstufen definiert.



Um die Zielerreichung des Frankfurter Programms zu überprüfen, hat das IWU im Auftrag des Stadtplanungsamts der Stadt Frankfurt am Main für jeden Förderweg die Zahl und Struktur der berechtigten Frankfurter Mieterhaushalte ermittelt. Hierzu konzipierte das IWU ein

Mikrosimulationsmodell auf Basis des auf 2016 fortgeschriebenen Mikrozensus 2014 des Statistischen Bundesamtes und reichernte diese Datenquelle um Einkommensinformationen aus der amtlichen Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) an. Dadurch konnten für jeden in den Mikrozensus 2014 eingebundenen Mieterhaushalt aus Frankfurt am Main die förderrechtlich maßgeblichen Einkommensverhältnisse in sehr guter Näherung ermittelt werden. Durch die Gegenüberstellung mit den Einkommensgrenzen des Frankfurter Programms wurde für jeden Stichprobenhaushalt bestimmt, ob und wenn ja in welchem der Förderwege eine Berechtigung gegeben ist. Eine anschließende Hochrechnung stellte Repräsentativität in Bezug auf die Grundgesamtheit aller Frankfurter Mieterhaushalte her.

Aktualisierte Schätzung der in den Frankfurter Programmen für den Neubau von bezahlbaren Mietwohnungen – Förderweg 1 und Förderweg 2 – berechtigten Haushalte

Laufzeit: Dezember 2018 – April 2019

Auftraggeber: Stadtplanungsamt der Stadt Frankfurt am Main

Projektteam: Dr. Holger Cischinsky, Dr. Andreas Hartung,

Markus Rodenfels

Kontakt: Dr. Holger Cischinsky (h.cischinsky@iwu.de)

VerTEK – ein Tool zur energetischen Bewertung von Nichtwohngebäuden

Wie können Verbrauchswerte von Nichtwohngebäuden für Wärme und Strom mit wenig Aufwand bewertet und Einsparpotenziale überschlagen werden? Mit dem vom IWU entwickelten VerTEK-Tool lassen sich wesentliche Gebäudedaten relativ einfach erfassen und Referenz-Energiekennwerte für die vorliegende Gebäudenutzung errechnen. Der Vergleich der Verbrauchswerte mit diesen Kennwerten ermöglicht eine Einordnung des realen Verbrauchs in eine von fünf Energieaufwandsklassen von sehr gering bis sehr hoch.

Mit einer darüber hinausgehenden Auswertung ermöglicht das VerTEK-Tool dann den Einstieg in die Energieberatung. Dazu bewertet das Tool die Effizienz der vorhandenen technischen Anlagen des Gebäudes und teilt die erfassten Gesamtverbräuche für Wärme und Strom auf die vorhandenen Gewerke und die jeweiligen Nutzungszonen auf. Die so ermittelten Verbrauchs-Teilenergiekennwerte des Gebäudes je Gewerk und Nutzungszone werden mit Referenz-Teilenergiekennwerten verglichen. So können energetische Schwachstellen eines Gebäudes auf der Ebene der techni-

schen Gewerke (Heizung, Beleuchtung, Luftförderung, etc.) identifiziert werden. Zudem lassen sich Einsparpotenziale für thermische und elektrische Energie sowie für Treibhausgasemissionen je Gewerk und für das Gebäude berechnen.

Das VerTEK-Tool kann für eine rasche Bestandsaufnahme, die Analyse von Energieverbrauchsstrukturen und die Bewertung der energetischen Qualität von Nichtwohngebäuden – z. B. für eine Initialberatung – verwendet werden. Des Weiteren können die Verbrauchswerte durch Leerstands- und Klimakorrekturen an die Vorgaben des Energieverbrauchsausweises gemäß EnEV angepasst bzw. ausgewertet werden. Das Tool steht in Kürze kostenfrei zur Verfügung.

Es wurde aufbauend auf den Ergebnissen des vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) beauftragten Projektes „Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden“ entwickelt.

Kontakt: Behrooz Bagherian (b.bagherian@iwu.de)

Modellprojekt zur Reduktion der Nebenkosten im Praxistest

Das Modellprojekt „PassivhausSozialPlus“ mit 42 Sozialmietwohnungen in Darmstadt zeigt, wie die monatlichen Aufwendungen für Nebenkosten und Haushaltsstrom erheblich gesenkt werden können. Die beiden sanierten Bestandsgebäude und ein barrierefreier Ersatzneubau wurden 2019 fertiggestellt und bezogen. Bauliche und technische Maßnahmen wie ein hochwertiger energetischer Standard (Passivhaus-Standard im Neubau und bei der energetischen Sanierung), energieeffiziente Küchengeräte und LED-Beleuchtung, Grauwassernutzung sowie Photovoltaikanlagen und Elektrospeicher zur Erzeugung von Mieterstrom wurden mit einem speziellen Abrechnungsmodell kombiniert, das Sparanreize setzt. Den Mieterhaushalten stehen für Strom und Wasser im Rahmen einer Nebenkostenpauschale Budgets zur Verfügung, die sich am Bedarf sparsamer Haushalte orientieren und müssen nur, wenn das Budget überschritten wird, Kontingente hinzukaufen. Liegt der Verbrauch innerhalb des Budgets sind die Wohnkosten gut planbar, was vor allem bei geringen Einkommen einen großen Vorteil darstellt.

Das IWU hatte bei der Lösungsfindung sowohl bei den Nebenkosten und den Budgets als auch in technischer Hinsicht beraten und das Messkonzept entwickelt, das nun in einem zweijährigen Monitoring zum Einsatz kommt. Die Verbrauchs- und Nutzungsdaten des Modellprojekts sowie von weiteren sanierten Mehrfamilienhäusern werden im Projekt MOBASY im realen Betrieb erfasst und analysiert. Durch den systematischen Vergleich mit den Erwartungswerten werden erhöhte Verbrauchswerte identifiziert und



Maßnahmen zur Verbesserung eingeleitet – durch Überprüfung der Betriebsführung, Rückmeldungen an die Bewohner bzw. durch ein detaillierteres Monitoring des Betriebsverhaltens. Mit einer Bewohnerbefragung untersucht das IWU außerdem beim „PassivhausSozialPlus“ die Akzeptanz von Besonderheiten wie Pauschalmiete, Haushaltsstrombudget oder Grauwasseranlage.

MOBASY – Modellierung der Bandbreiten und systematischen Abhängigkeiten des Energieverbrauchs zur Anwendung im Verbrauchcontrolling von Wohngebäudebeständen
November 2017 – Oktober 2021

Fördermittelgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie/
Projektträger Jülich PTJ, Verbundvorhaben Solares Bauen
Verbundpartner: Hochschule Darmstadt, Neue Wohnraumhilfe Darmstadt
Assoziierte Partner: bauverein Darmstadt, Wohnbau Gießen, Nassauische Heimstätte Frankfurt
Projektteam IWU: Tobias Loga, Marc Großklos, Ulrike Hacke, Ines Weber, André Müller, Dr. Holger Cischinsky, Jens Calisti, Günter Lohmann, Markus Rodenfels,

Kontakt PassivhausSozialPlus: Marc Großklos (m.grossklos@iwu.de)



Tobias Loga

Bedarfsdifferenzierte Energieverbrauchs- benchmarks für Geschosswohnbauten

Ein ungewöhnlich hoher Verbrauchswert für Heizung und Warmwasser ist ein Hinweis auf mögliche Mängel am Gebäude oder an technischen Anlagen bzw. an deren Einstellung und somit ein Indikator für lohnende Maßnahmen zur Energieeinsparung. Doch welcher Verbrauch ist unter den real gegebenen Randbedingungen „zu hoch“? Um dies beurteilen zu können, sind Vergleichswerte hilfreich, die den mittleren Verbrauch von Gebäuden ähnlicher energetischer Qualität angeben. Das IWU hat zusammen mit der Nassauischen Heimstätte/Wohnstadt (NHW) für ein Quartier untersucht, wie derartige bedarfsdifferenzierte Verbrauchsbenchmarks gebildet und für die Verbrauchsanalyse eingesetzt werden können. Der Bundesregierung wird empfohlen, die hier verwendeten Basis-Indikatoren in die Dokumentation zum Energiebedarfs- und Energieverbrauchsausweis aufzunehmen.

Ausgangspunkt des Projekts sind die bei der NHW für die Nebenkostenabrechnung verwendete Verbrauchsdatenbank sowie die „Energieprofil“-Datenbank, die sowohl einfache Indikatoren für die Geometrie und den energetischen Zustand der Gebäude und Anlagentechnik als auch den auf dieser Grundlage berechneten jeweiligen Energiebedarf umfasst. (Kurzverfahren Energieprofil) [<https://www.iwu.de/forschung/energie/kurzverfahren-energieprofil/>]. Die Energieprofil-Datenbank und die zugehörige Arbeitsmappe mit Formblättern zur Datenaufnahme waren im Kontext des EU-Projekt ESAM 2008 [<https://www.iwu.de/forschung/handlungslogiken/esam/>] entwickelt und mit Daten befüllt worden und wird seitdem innerhalb der NHW kontinuierlich gepflegt.

Das IWU entwickelte nun eine Methodik, mit der die Verbrauchsdaten den Bedarfsdaten gebäudeweise zugeordnet und daraus „bedarfsdifferenzierte Verbrauchsbenchmarks“ abgeleitet werden können. Dazu wurden nach einer Überprüfung der Daten zunächst Kategorien der (theoretischen) energetischen Qualität gebildet („Energiebedarfsklassen“). Dann berechnete das IWU für die den Klassen zugeordneten Energiebedarfsintervalle jeweils die Mittelwerte des Energieverbrauchs und leitete durch Bezug auf die mittleren Bedarfswerte typische Verbrauch-Bedarf-Verhält-

nisse (Mittelwert und Streuung) ab. Damit steht für jede Energiebedarfsklasse ein Erwartungswert des Verbrauchs mit seiner typischen Spanne als Vergleichskennwert zur Verfügung.

Die Datenzusammenführung und -analyse wurde modellhaft für die Wohngebäude eines Quartiers erprobt. Die für das Quartier ermittelten Ergebnisse zeigen einen sehr ausgeprägten Zusammenhang zwischen dem gemessenen Verbrauch und dem berechneten Bedarf. Der Vergleich der energetisch schlechtesten mit den energetisch besten Gebäuden belegt die Potenziale der energetischen Modernisierung: Bei den drei Gebäuden der Stichprobe in der schlechtesten Bewertungsklasse lag der gemessene Heizenergieverbrauch bei 192 kWh/(m²a), bei den sieben Gebäuden der besten Klasse bei 44 kWh/(m²a) – also um 77 % niedriger.

Betriebsoptimierung und Modernisierungsplanung mit Verbrauchsbenchmarks

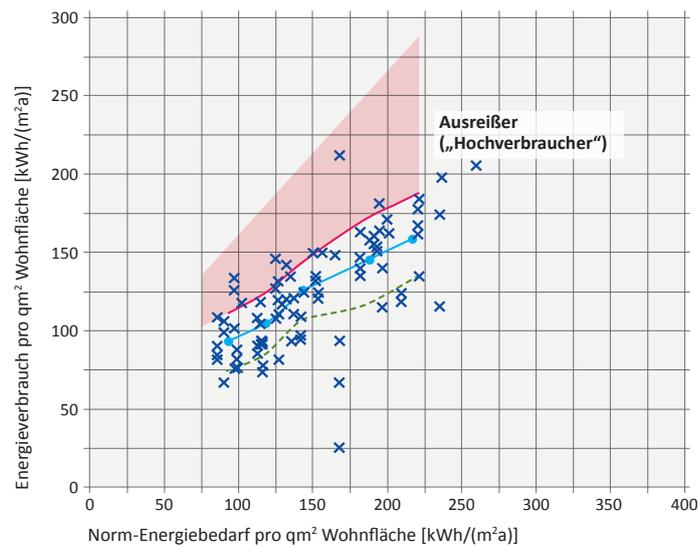
Die bedarfsdifferenzierten Verbrauchsbenchmarks wurden zunächst für die Plausibilitätsprüfung der verwendeten Daten und dann für die Identifizierung von „Ausreißer“-Gebäuden (siehe Abbildung) verwendet. Dabei sind „Ausreißer“ solche Gebäude, die deutlich mehr oder weniger Energie verbrauchen als gemäß der typischen Streuung des Verbrauch-Bedarf-Verhältnisses zu erwarten wäre. Die Datenanalyse mündet bei den „Ausreißern“ nach oben in eine Überprüfung der Betriebsführung und gegebenenfalls in (geringinvestive) Maßnahmen zur Verringerung des Verbrauchs. Die Gebäude mit im realen Betrieb in ihrer Bedarfsklasse besonders niedrigem Verbrauch können dagegen als Vorbilder für künftige Modernisierungen dienen.

Darüber hinaus eignen sich bedarfsdifferenzierte Verbrauchsbenchmarks als Prognosewerkzeug z. B. für Modernisierungsplanungen. Denn mit der Benchmark-Analyse steht ein Verfahren zur Verfügung, mit dessen Hilfe einem konkreten Gebäude, dessen energetischer Zustand grob bekannt ist, der Erwartungswert und die typische Spanne des Energieverbrauchs zugeordnet werden können. Dieses Verfahren ist insbesondere zur Abschätzung des nach einer Modernisierung oder Teilmodernisierung erwarteten Energieverbrauchs von Bedeutung. Die tatsächliche Wirkung von energetischen Modernisierungen können nachvollzogen und die zugehörigen CO₂-Emissionen ermittelt werden. Auch ist es mithilfe der Verbrauchsbenchmarks möglich, den von einer Modernisierungsplanung betroffenen Miethaushalten die erwarteten Betriebskostensenkungen empirisch belegbar darzustellen.

Mithilfe der im Projekt gemachten Erfahrungen kann das Wohnungsunternehmen nun die Analysen ohne großen Aufwand auf weite Teile seines Gebäudebestandes ausweiten und so dafür sorgen, dass zukünftig empirisch abgesicherte Verbrauchskennwerte als Grundlage für Investitionsentscheidungen bereit stehen.

Abbildung: Identifizierung von Ausreißern als Ausgangspunkt für Maßnahmen zur Verbesserung
(Die Werte beinhalten Brennstoffe oder Wärmemengen für Heizung und Warmwasser im Verbrauchsjahr 2017)

- × Einzel-Gebäude – Daten verwendet für Benchmark
- Mittelwert Verbrauch
- Mittelwert plus Standardabweichung
- Mittelwert minus Standardabweichung



Übertragbarkeit auf andere Wohnungsunternehmen

Die größte Herausforderung für eine Übertragung des Verfahrens auf andere Wohnungsunternehmen liegt in der üblicherweise unzureichenden Datenlage insbesondere in Bezug auf den energetischen Zustand der Gebäude. Als Voraussetzung für den Einstieg in die Bildung von Verbrauchsbenchmarks empfiehlt das IWU daher eine systematische Erfassung der energetisch relevanten Zustandsindikatoren. Bei der Festlegung der Erhebungsgrößen ist eine Anlehnung an die Energieprofil-Indikatoren sinnvoll, die auch eine vereinfachte Energiebilanzberechnung erlauben. Als Leitlinie zur Einführung eines Verbrauchscontrollings auf der Grundlage von bedarfsdifferenzierten Verbrauchsbenchmarks hat das IWU eine Checkliste für Wohnungsunternehmen erstellt. Auch die freie Verfügbarkeit der am IWU entwickelten Werkzeuge zur Ermittlung des Erwartungswertes des Energieverbrauchs unterstützt die weitere Verbreitung des Verfahrens.

Aus wissenschaftlicher Sicht diene das Projekt der Verbesserung der Grundlagen für einen statistischen Abgleich der rechnerischen Energiebilanzierung mit dem realen Verbrauch. Das entwickelte Verfahren ermöglicht die Ermittlung der tatsächlichen Wirkung von Energiesparmaßnahmen. Die Ergebnisse sind besonders relevant für die Verbesserung von Prognose-Instrumenten und Szenarienberechnungen für die Modernisierung von Wohngebäudebeständen auf den verschiedenen Skalierungsebenen Portfolio, Region, Bundesland und Gesamtdeutschland.

Monitoring des Gebäudebestands auf Bundesebene

Zur Verbesserung der Datenlage und der Prognose auf Bundesebene empfiehlt das IWU der Bundesregierung die Aufnahme der in diesem Projekt verwendeten Energieprofil-Indikatoren in die Regelungen zum Energieausweis. Konkret bedeutet dies die Integration der Energieprofil-Indikatoren

- in ein ergänzendes Datenübersichtsblatt für den Energiebedarfsausweis;
- in die XML-Datei für den Energiebedarfsausweis;
- in einen Erhebungsbogen für den Energieverbrauchsausweis sowie in eine zugehörige XML-Datei.

Wohnungsunternehmen könnten dann mithilfe der Energieausweis-XML-Dateien ihre eigenen Datenbanken aufbauen, die sowohl die energierelevanten Informationen zum Zustand (Energieprofil-Indikatoren) als auch den Normenergiebedarf enthalten würden.

Die Datenlage in der Wohnungswirtschaft würde darüber hinaus erheblich verbessert, wenn die Energieprofil-Indikatoren auch in den Verbrauchsdatenbanken von Messdienstleistern mitgeführt würden, um in den von ihnen veröffentlichten Verbrauchsstatistiken auch bedarfsdifferenzierte Verbrauchsbenchmarks ausweisen zu können.

Die Verbesserung der Datenlage und der Vergleichbarkeit von Daten durch einheitliche Monitoring-Indikatoren ist unabdingbar, um Verfahren zum kontinuierlichen Monitoring des Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser, wie sie im Projekt für umfangreichen Wohngebäudebeständen entwickelt und erprobt wurden, erweitert einsetzen zu können.

Das Projekt wurde gefördert nach den Richtlinien des Landes Hessen zur Energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes (HEG).

Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks

Laufzeit: Oktober 2017 – Juni 2019

Fördermittelgeber: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

Partner: Nassauische Heimstätte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Kontakt: Tobias Loga (t.loga@iwu.de)



Dr. Nikolaus Diefenbach

Die zukünftige Energieversorgung der deutschen Wohngebäude

Um die Klimaschutzziele 2050 im Wohngebäudektor zu erreichen, müssen die Modernisierungsraten beim Wärmeschutz verdoppelt werden. Gleichzeitig steht ein Umbau der Wärmeversorgung an. Welche Struktur der Energieversorgung ist nötig, um den Wohngebäudebestand möglichst CO₂-frei mit Wärme zu versorgen? Zur Beantwortung dieser Frage hat das IWU ein Simulationsmodell für die Wärme- und Stromversorgung der deutschen Wohngebäude entwickelt, das eine optimierte Nutzung der zeitlich variablen Solar- und Windenergieerzeugung berücksichtigt. Auf Grundlage dieser Untersuchung wurden auch Schlussfolgerungen für die Ausgestaltung zukunftsweisender Konzepte für Einzelgebäude im Neubau gezogen.

Während in der Vergangenheit die Gebäude und ihre Wärmeversorgung weitgehend unabhängig vom Stromsektor betrachtet werden konnten, werden in Zukunft die Abhängigkeiten zwischen beiden Sektoren erheblich zunehmen: Elektrische Wärmepumpen spielen eine zentrale Rolle, um Wind- und Solarstrom nutzbar zu machen. Daneben sind auch Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zu beachten, die bei der Wärmeerzeugung gleichzeitig Strom produzieren.

Simulationsmodell

Das IWU hat mithilfe eines neu entwickelten Simulationsmodells untersucht, wie im deutschen Wohngebäudebestand ein zukünftiger Energieversorgungsmix für Wärme und Strom in Abhängigkeit von unterschiedlichen energetischen Standards der Gebäude und dem verstärkten Einsatz fluktuierender regenerativer Energiequellen (Solar- und Windstrom) aussehen muss, um einen weitgehenden zeitlichen Ausgleich von Energieangebot und -nachfrage zu erreichen. Das Modell berücksichtigt die stündlich zur Verfügung stehenden Beiträge von Solar- und Windstrom ebenso wie die Optionen für den Einsatz und die Regelung von brennstoffbetriebenen Kraftwerken und Kraft-Wärmekopplungsanlagen. Auch bezieht es Möglichkeiten ein, dezentrale Heizsysteme flexibel einzusetzen – z.B. die Wärmeerzeugung zwischen elektrischen Wärmepumpen und ergänzenden Heizkesseln gezielt zu verteilen bzw. überschüssigen Solar- und Windstrom über Wärmepumpen in Wärmespeicher einzuspeisen.

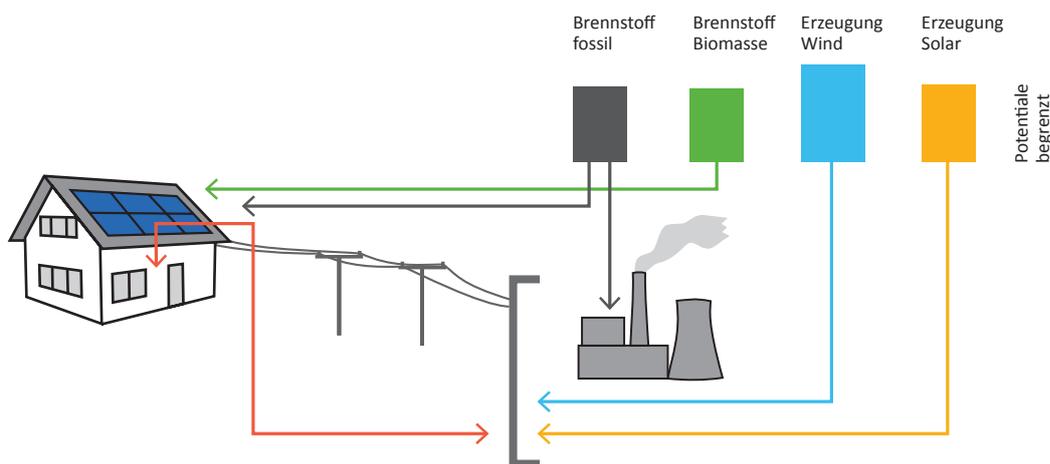
Eine besondere Aufgabe bestand in der Modellierung des zeitlichen Zusammenspiels von elektrischem Kraftwerkspark (mit herkömmlichen Kraftwerken, Solar- und Windstromanlagen) und flexibel steuerbaren Wärmeversorgungssystemen. Die gefundene Lösung orientiert sich am „Merit-Order-Modell“ für die elektrische Energieerzeugung: Die verfügbaren Kraftwerke werden entsprechend ihrer aktuellen Stromerzeugungskosten sortiert. Für die Deckung des aktuellen Strombedarfs werden dann vorrangig die Kraftwerke mit den niedrigsten Kosten eingesetzt.

Dieses Konzept wird im Modell auf die flexiblen Wärmeversorgungssysteme ausgeweitet: So kann der Strombedarf einer Wärmepumpe einerseits durch ein herkömmliches Kraftwerk gedeckt werden. Andererseits kann der elektrische Energieverbrauch im Gebäude aber auch vermieden werden, wenn statt der Wärmepumpe ein parallel installierter Heizkessel eingeschaltet wird. Der Übergang von der Wärmepumpe zum Kessel kann also – aus Sicht des elektrischen Energiesystems – als das Zuschalten eines „Einsparkkraftwerks“ interpretiert werden. Dieses erzeugt zwar keine elektrische Energie, aber vermeidet den Stromverbrauch. Wichtig sind dabei auch die Kosten: Auf Basis des notwendigen Brennstoffverbrauchs im Heizkessel lassen sich Stromvermeidungskosten für das „Einsparkkraftwerk“ berechnen. Mit diesen Vermeidungskosten können flexible Wärmeversorgungssysteme in die Einsatzoptimierung des Kraftwerksparks einbezogen werden: Herkömmliche Kraftwerke und „Einsparkkraftwerke“ werden entsprechend ihrer Erzeugungs- bzw. Vermeidungskosten sortiert, und es werden vorrangig die Systeme mit den niedrigsten Kosten eingesetzt. Statt der eigentlichen Kosten lassen sich im Modell auch andere Bewertungsmaßstäbe für die Einsatzoptimierung verwenden, z.B. die „Umweltkosten“ in Form des Primärenergieverbrauchs oder der Treibhausgasemissionen.

Reduzierung Wärmebedarf

Für die erforderliche Senkung des Wohngebäude-Wärmeverbrauchs orientieren sich die Modellanalysen an früheren Szenarien des IWU: Demnach ist eine Verdopplung der durchschnittlichen Wärmeschutz-Modernisierungsraten in wenigen Jahren erforderlich, so dass im Jahr 2050 Bestandsgebäude mit Baujahren bis 2009 zu mehr als drei Vierteln der Bauteilfläche (darin vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtete Altbauten zu weit über 90%) energetisch modernisiert sind.

Die Modellanalysen zeigen nun: Fortschritte in dieser Größenordnung beim Wärmeschutz sind auch bei detaillierter Berücksichtigung der verfügbaren Wärmeversorgungstechnologien tatsächlich notwendig, denn nur so können ausreichend hohe Anteile regenerativer Energien erreicht werden. Grund sind die bestehenden Potenzialgrenzen bei allen erneuerbaren Energiequellen. Während Biomasse generell nur eingeschränkt verfügbar ist, sind bei Windkraft- und Solaranlagen die Flächen zur Installation limitiert. Der mögliche Beitrag der Wind- und Solarenergie wird zu-



Berücksichtigung von Potentialgrenzen für alle Energieträger bei der Bilanzierung von zukunfts-fähigen Gebäuden

dem durch das teils ungünstige zeitliche Zusammentreffen von Energieangebot und -nachfrage begrenzt.

Daraus folgt: Wenn der Wärmeverbrauch nicht im erforderlichen Ausmaß reduziert werden kann, reichen die Potentiale der erneuerbaren Energieträger nicht aus, um fossile Energieträger im notwendigen Umfang zurückzudrängen und die Klimaschutzziele zu erreichen.

Zukunftsfähige Neubauten

Anders als bei Bestandsgebäuden ist man im Neubau schon beim Entwurf vergleichsweise frei, sehr weitgehende und optimierte Lösungen bei Wärmeschutz und Anlagentechnik vorzusehen. Orientierung geben das KfW-Effizienzhaus 40 und der Passivhausstandard. Für die Solarenergiegewinnung geeignete Dachflächen sollten möglichst vollständig genutzt werden – nicht nur für das eigene Gebäude, sondern auch zur Erschließung der solaren Erzeugungspotenziale insgesamt. Außerdem sind Wärmespeicher für den tageszeitlichen Lastausgleich einzusetzen. Ein Brennstoffverbrauch im Sommer kann auf diese Weise weitgehend überflüssig gemacht werden.

Wind- und Solarenergie

Da auch im gedämmten Gebäudebestand das Gros des Wärmebedarfs im Winterhalbjahr anfällt und sich der Biomasseeinsatz kaum noch steigern lässt, kommt der Windenergie hier eine besondere Bedeutung zu. Um deren begrenzte Potentiale zu schonen, ist gleichzeitig eine möglichst weitgehende Solarenergie-nutzung sinnvoll. Der Einsatz von fossilen Brennstoffen und Biomasse im Sommer kann dann zukünftig nicht nur im Neubau, sondern im gesamten Gebäudebestand fast vollständig vermieden werden. Damit Wind- und Solarenergie aber überhaupt für die Wärmeversorgung genutzt werden können, müssen die zukünftigen Wärmeversorgungssysteme möglichst flächendeckend mit den entsprechenden Fähigkeiten ausgestattet werden.

Wärmepumpen

Elektrischen Wärmepumpen kommt vor diesem Hintergrund eine Schlüsselrolle in der zukünftigen Wärmeversorgung zu. Sie schaffen zunächst einmal die Grundvoraussetzung dafür, dass Windenergie überhaupt effizient zur Wärmeversorgung eingesetzt

werden kann. Darüber hinaus ermöglichen sie auch die Nutzung von Photovoltaikstrom und eröffnen daher über das Stromnetz zusätzlich die Möglichkeit, auch diejenigen Gebäude mit Solarenergie zu versorgen, die selbst keine für Solaranlagen nutzbaren Dachflächen aufweisen. Schließlich tragen Wärmepumpen im Zusammenspiel mit modernen Kraftwerken und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zu einer – im Vergleich mit den heute dominierenden Heizkesseln – effizienteren Nutzung von Brennstoffen bei. Die Notwendigkeit eines massiven Umbaus der Beheizungsstruktur wird deutlich, wenn man den IWU-Modellrechnungen (in denen zumeist 80% bis 100% der Wohngebäude anteilig Wind- und Solarenergie nutzen können) die heutige Beheizungsstruktur gegenüberstellt: Aktuell werden lediglich ca. 3% der Wohngebäude mit Wärmepumpen beheizt, nur in diesem kleinen Segment lässt sich also Windenergie effizient für die Wärmeversorgung einsetzen. Die Fähigkeit zur Solarenergienutzung durch Solarwärmeanlagen bzw. Wärmepumpen ist ebenfalls erst in ca. 15% der Gebäude vorhanden.

Hoher Handlungsdruck trotz offener Fragen

Bei der Umsetzung der Wärmewende gibt es noch viele offene Fragen zu klären. Insbesondere ist mit deutlich komplexeren Wärmeversorgungssystemen als bisher zu rechnen. Allerdings ist schnelles Handeln notwendig: Laut Szenarienanalysen des IWU darf die Einführung wirksamer politischer Instrumente zur Erhöhung der Modernisierungsraten beim Wärmeschutz und zum Umbau der Wärmeversorgungsstruktur nicht weiter hinausgezögert werden, wenn die Klimaschutzziele 2050 noch erreicht werden sollen.

Energieeffizienz und zukünftige Energieversorgung im Wohngebäudesektor: Analyse des zeitlichen Ausgleichs von Energieangebot und -nachfrage

Laufzeit: August 2015 – März 2019

Forschungspartner: Hochschule Darmstadt, Fachbereich Elektro- und Informationstechnik; Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH, Aachen

Förderung: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (aufgrund eines Beschlusses des Bundestages)/Projektträger Jülich PTJ
Projektteam IWU: Dr. Nikolaus Diefenbach, Marc Großklos, André Müller, Michael Grafe, Rolf Born, Stefan Swiderek

Kontakt: Dr. Nikolaus Diefenbach (n.diefenbach@iwu.de)

IWU-Tool Gradtagszahlen

Mit dem IWU-Tool „Gradtagszahlen-Deutschland.xls“ werden seit 2006 die durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) publizierten Temperaturdaten so aufbereitet, dass sie für verschiedene Standorte in Deutschland als monatliche Mittelwerte, Heiztage und als Gradtagzahlen bzw. Heizgradtage zur Verfügung stehen. Im Kontext des Projekts „MOBASY“ wurde das Tool auf 814 Temperatur-Messstationen erweitert. Auch stehen nun monatliche Werte der Globalstrahlung auf verschiedenen orientierten Flächen für über 3.000 Standorte zur Verfügung. Da die als Quelle verwendeten satellitengestützt ermittelten Globalstrahlungswerte nur für die horizontale Orientierung vorliegen, werden für andere Orientierungen Schätzfunktionen angewendet, welche im Rahmen von MOBASY aus detaillierten Messdaten abgeleitet worden sind. Ebenfalls auf der Basis von Schätzfunktionen wird die Globalstrahlung an Heiztagen ermittelt, die für eine einfache Heizperiodenbilanz erforderlich ist. Die neue Version des Tools umfasst Datentabellen mit Monatswerten für Temperatur und Globalstrahlung ab 1991. In der zugehörigen Dokumentation sind die methodischen Grundlagen dargestellt.

MOBASY – Modellierung der Bandbreiten und systematischen Abhängigkeiten des Energieverbrauchs zur Anwendung im Verbrauchcontrolling von Wohngebäudebeständen
Laufzeit: November 2017 – Oktober 2021
Fördermittelgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Kontakt: [Tobias Loga \(t.loga@iwu.de\)](mailto:t.loga@iwu.de)

Verbessertes TEK-Tool zur energetischen Bilanzierung von Nichtwohngebäuden

Die im IWU entwickelte und erprobte Teilenergiekennwert-Methodik erlaubt mithilfe des TEK-Tools eine schnelle energetische Bilanzierung von Nichtwohngebäuden im Bestand. Basis ist eine vereinfachte Berechnung der nutzungsabhängigen Energiebedarfe der verschiedenen Gewerke (wie Heizung, Beleuchtung, Kühllkälte) für die diversen Nutzungszonen des Gebäudes (z.B. Lager, Kantine, Hörsaal), welche nur einen Bruchteil der Zeit einer Energiebedarfsberechnung erfordert. Nun wird das Tool mit seiner Weiterentwicklung zum „TEK2GO“ noch nutzerfreundlicher gestaltet und seine Funktionalität erweitert. Vor allem der Arbeitsaufwand zur Zonierung der Gebäude und zur Bestimmung der Zonenflächen wird durch alternativ einsetzbare Methoden stark reduziert. So konnte für einige Gebäudetypen ein mathematischer Ansatz definiert werden, der eine automatische Bestimmung und Verteilung der Nutzungszonen mit anschließender Nutzermodifikation ermöglicht. Alternativ kann die Bestimmung der Zonenflächen über den Import der Daten aus Raumbüchern bzw. aus CAD-Dateien erfolgen. Außerdem wird die bei der Eingabe häufig notwendige Ergänzung fehlender Gebäudedaten vereinfacht, indem Daten mit typischen Baukonstruktionen und Anlagen in einer zugeordneten Datenbank hinterlegt werden. Für die Datenaufnahme bei einer Vor-Ort-Gebäudebegehung werden die Benutzeroberflächen und Software von TEK2GO an den Einsatz mit einem Tablet-PC angepasst. Schließlich ist eine Ein- und Ausgabe für die Quartiersanalyse geplant, die eine automatisierte energetische Bewertung eines Gebäudepools erlauben.

Rebound-Effekte bei der Raumwärmenutzung

Wenn effizientere Technologien Energiedienstleistungen billiger machen, reagieren Verbraucher oft mit einer Steigerung ihres Konsums und machen Energieeinsparungen dadurch (zum Teil) zunichte. Welche Ursachen haben solche Rebound-Effekte im Raumwärmebereich und wie kann man ihnen begegnen? Dies untersucht das IWU gemeinsam mit mehreren Forschungs- und Praxispartnern auf Basis einer zweistufigen Mieterbefragung. Die erste Befragung von 2.000 Mieterinnen und Mietern der Nassauischen Heimstätte/Wohnstadt hat Ende 2019 begonnen und soll aufzeigen, ob und wie sich das Wärmenutzungsverhalten zwischen verschiedenen Nutzergruppen bzw. Haushaltskonstellationen in sanierten und nicht/kaum sanierten Beständen unterscheidet und ob mögliche Energieeinspar- oder Rebound-Effekte auf beeinflussbare Komponenten zurückgehen. In einer weiteren, für den Winter 2020/2021 geplanten experimentellen Befragung (Vignettenstudie) sollen Ansatzpunkte identifiziert werden, wie Haushalte in einem idealen Heizverhalten unterstützt werden können.

Komponenten der Entstehung und Stabilität von Rebound-Effekten und Maßnahmen für deren Eindämmung (KOSMA)

Laufzeit: Oktober 2018 – März 2022
www.kosma-projekt.de
Fördermittelgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung
Forschungspartner: ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Nassauische Heimstätte/Wohnstadt (NHW)
Projektteam IWU: Ulrike Hacke, Dr. Ina Renz, Ines Weber, Michael Grafe
Kontakt: [Ulrike Hacke \(u.hacke@iwu.de\)](mailto:u.hacke@iwu.de)



Erweiterung und Verbesserung der Bedienbarkeit einer Berechnungsmethode für die energetische Bilanzierung von Nichtwohngebäuden im Bestand

Laufzeit: Oktober 2017 – Juni 2020
Fördermittelgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Gefördert mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau – Ein Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
Projektteam: Behrooz Bagherian, Prof. Dr. Volker Ritter, Stefan Swiderek, Kornelia Müller, Dr. Desirée Batzer-Kaufmann
Kontakt: [Behrooz Bagherian \(b.bagherian@iwu.de\)](mailto:b.bagherian@iwu.de)



Daten und Fakten

Projekte im Jahr 2019

Das IWU bearbeitet in den vier Forschungsfeldern „Wohnungsmärkte und Wohnungspolitik“, „Energetische Gebäudebewertung und -optimierung“, „Strategische Entwicklung des Gebäudebe-

stands“ und „Handlungslogiken von Akteuren im Gebäudebereich“ jährlich durchschnittlich rund 50 Projekte auf der Grundlage des IWU-Strategiepapiers.

Wohnungsmärkte und Wohnungspolitik

Wohnungspolitiken in der EU

Kommunale Klimaanpassung im Vergleich – Die Diffusion von Politikinnovationen

Simulationsbasierte Analyse von mietrechtlichen Instrumenten

Evaluation der Mietpreisbremse in Hamburg

Wohnungsmarktbericht Hessen

Wohnungsbedarfsprognose Hessen

Gebiete angespannter Wohnungsmärkte in Bayern

Evaluation der KfW-Förderprogramme „Altersgerecht Umbauen (Barrierereduzierung – Einbruchschutz)“

Schichtung der hessischen Mieterhaushalte nach dem Einkommen gemäß Hessischem Wohnraumfördergesetz

Ermittlung des Sozialwohnungsbedarfs für die Landeshauptstadt Dresden

Schätzung der in den Frankfurter Programmen für den Neubau von bezahlbaren Mietwohnungen berechtigten Haushalte

Wohnraumbedarfsanalyse für die Stadt Kassel

Bestimmung von Angemessenheitsgrenzen der Kosten der Unterkunft und Heizung für den Kreis Bergstraße

Bestimmung von Angemessenheitsgrenzen der Kosten der Unterkunft und Heizung für den Main-Kinzig-Kreis

Bestimmung von Angemessenheitsgrenzen der Kosten der Unterkunft und Heizung für den Kreis Offenbach

Schülerprognose Wetteraukreis

Aktualisierung Budgetlinienmodell (Eigenprojekt)

Strategische Entwicklung des Gebäudebestands

Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Repräsentative Primärdatenerhebung zur statistisch validen Erfassung und Auswertung der Struktur und der energetischen Qualität des Nichtwohngebäudebestands in Deutschland

Energieeffizienz und zukünftige Energieversorgung im Wohngebäudesektor: Analyse des zeitlichen Ausgleichs von Energieangebot und -nachfrage (EEGebäudeZukunft)

Mikrosimulationsmodell zur Analyse der akteursbezogenen Kosten für Klimaschutzszenarien im Wohngebäudebestand (Misimko)

Verbundvorhaben EG2050: Demonstration von Flexibilitätsoptionen im Gebäudesektor und deren Interaktion mit dem Energiesystem Deutschlands – FlexGeber; Teilvorhaben: Analysen zum Gebäudebestand Deutschlands (AGD)

EG2050:E4Q – Einbindung erneuerbarer Energieträger in die Energieversorgung von vernetzten Quartieren; Teilvorhaben: Entwicklung einer geoinformationsdatenbasierten Typisierung städtischer Quartiere

Fortführung des Monitorings der KfW-Programme „Energieeffizient Bauen“ und „Energieeffizient Sanieren“ 2015–2018

Nachhaltiges Quartierskonzept für die Kastel Housing Area in Mainz-Kastel, Wiesbaden

Energiekonzept Ludwigshöhviertel in Darmstadt

Energetische Gebäudebewertung und -optimierung

MOBASY – Modellierung der Bandbreiten und systematischen Abhängigkeiten des Energieverbrauchs zur Anwendung im Verbrauchscontrolling von Wohngebäudebeständen

Soll-/Ist-Vergleich des Energieverbrauchs zur Evaluierung und Steigerung der Effizienz von Energiesparmaßnahmen im Praxisalltag eines Wohnungsunternehmens (Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks)

Objektiverer Vergleich der Anforderungen an „Niedrigstenergiegebäude“ (Nearly Zero-Energy Buildings) – Wohngebäude ab 2021 in Deutschland und 10 Nachbarländern

Erweiterung und Verbesserung der Bedienbarkeit einer Berechnungsmethode (Teil-Energie-Kennwert Methode) für die energetische Bilanzierung von Nichtwohngebäuden im Bestand

Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden

Beratung der Darmstädter Stadtentwicklungs GmbH & Co. KG (DSE) in der frühen Planungsphase des Neubaus der Heinrich-Hoffmann-Schule, Kita und Turnhalle (HHS) und der dabei zu berücksichtigenden Klimaschutzmaßnahmen

Energiekonzept Gartenamt Kassel

Energiekonzept für die Gemeinde Longkam

Energiekonzept für die Gemeinde Monzelfeld

Entwicklung eines Kriterienkataloges für die Erreichung der Klimaschutzziele in den Tätigkeitsfeldern der IDA (Eigenbetrieb Immobilienmanagement der Wissenschaftsstadt Darmstadt)

Methodik Verbrauch Bedarf (Eigenprojekt)

Energetische Betriebsoptimierung des IWU-Gebäudes (Eigenprojekt)

Handlungslogiken von Akteuren im Gebäudebereich

KOSMA – Komponenten der Entstehung und Stabilität von Rebound-Effekten und Maßnahmen für deren Eindämmung

s:ne – Systeminnovation für Nachhaltige Entwicklung – Transfer als Lernprozess in der Region (Teilvorhaben 6: Sanierungsquartier „Mollerstadt“)

BaselineStudy in Lviv (Energy consumption, socioeconomic situation, formation of home owners associations in Lviv-Syhiv and design of a municipal financial incentive for energy efficiency in residential buildings)

Städtische Grünstrukturen für biologische Vielfalt – Integrierte Strategien und Maßnahmen zum Schutz und zur Förderung der Biodiversität in Städten (Urban NBS); Teilprojekt „Expertise urbane Biodiversität“

RentalCal (European Rental Housing framework for Profitability Calculation of Energetic Retrofitting Investments) Follow-up

Erstellung einer Studie über die wirtschaftlichen Auswirkungen verschiedener energetischer Gebäudestandards in Augsburg

Forschungs- und Wissensvermittlung 2019

Publikationen

Bagherian, Behrooz; Enseling, Andreas; Hinz, Eberhard (2019).
Energetische Vorbildfunktion von Bundesbauten.

In Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hg.), Vorbildwirkung Bundesbau. Klimaschutz und die Vorbildfunktion des Bundes im Gebäudebereich. Bonn.

Bagherian, Behrooz; Schaede, Margrit; Born, Rolf; Swiderek, Stefan (2019). *IWU-Haus: Monitoring & Betriebsoptimierung.* Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt.

Behr, Iris (2019). *Mieterstrom – Ein Beitrag zur dezentralen Energietransformation. Von den Mühen der Umsetzung auf der lokalen Ebene.* In: Radtke, Jörg; Canzler, Weert; Schreurs, Miranda; Wurster, Stefan (Hg.), *Energiewende in Zeiten des Populismus.* Wiesbaden: Springer Vieweg.

Behr, Iris; Großklos, Marc (2019). *Mieterstrom. (Rechtliche) Rahmenbedingungen und Möglichkeiten für eine regenerative Stromerzeugung und -versorgung in Gebäuden und Quartieren.* *Wohnungswirtschaft und Mietrecht*, 72 (8), 409–417.

Cischinsky, Holger; Weber, Ines (2019). *Zur fehlenden Äquivalenz von Mindestsicherungsbezug und Armutsgefährdung. – Warum manche Armutsgefährdete keine Mindestsicherung beziehen, während andere Mindestsicherung ohne Armutsgefährdung erhalten.* *Zeitschrift für Sozialreform*, 65 (4), 459–505.

Deschermeier, Philipp; Haas, Heide; Voigtländer, Michael (2019). *Impact of housing market transformation in Germany on affordable housing: The case of North Rhine-Westphalia.* *Journal of Housing and the Built Environment*, 34 (3), 945–946.

Deschermeier, Philipp; Vanella, Patrizio (2019). *A Principal Component Simulation of Age-Specific Fertility – Impacts of Family and Social Policy on Reproductive Behavior in Germany.* *Population Review*, 58 (1).

Diefenbach, Nikolaus; Großklos, Marc; Müller, André; Grafe, Michael; Swiderek, Stefan; Rupert, Hann; Graf, Klaus-Martin; Krzikalla, Norbert (2019). *Analyse der Energieversorgungsstruktur für den Wohngebäudesektor zur Erreichung der Klimaschutzziele 2050.* Endbericht Teil 1 im Projekt „Energieeffizienz und zukünftige Energieversorgung im Wohngebäudesektor: Analyse des zeitlichen Ausgleichs von Energieangebot und -nachfrage (EE-GebäudeZukunft). Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt.

Gill, Bernhard; Wolff, Anna; Weber, Ines; Schomburgk, Ricarda (2019). *Spielarten des Kapitalismus, Spielarten der Nachhaltigkeit und die ökosoziale Dimension der Energiewende.* *Soziologie und Nachhaltigkeit – Beiträge zur sozial-ökologischen Transformationsforschung*, Vol.1.

Grafe, Michael; Cischinsky, Holger (2019). *Nachweis des Energiestandards zur Umsetzung einer*

Klimakomponente im Wohngeld. Herausgegeben von: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bonn: BBSR-Online-Publikation Nr. 05/2019.

Großklos, Marc; Diefenbach, Nikolaus; Müller, André; Grafe, Michael; Swiderek, Stefan; Rupert, Hann; Graf, Klaus-Martin; Krzikalla, Norbert (2019). *Zukunftsfähige Neubauten als Baustein für einen klimaneutralen Wohngebäudebestand 2050.* Endbericht Teil 2 im Projekt „Energieeffizienz und zukünftige Energieversorgung im Wohngebäudesektor: Analyse des zeitlichen Ausgleichs von Energieangebot und -nachfrage (EE-GebäudeZukunft). Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt.

Hacke, Ulrike; Müller, Kornelia; Dütschke, Elisabeth (2019). *Cohousing – social impacts and major implementation challenges.* *GAlA – Ecological Perspectives for Science and Society*, 28 (1), 233–239.

Hartung, Andreas; Hillmert, Steffen (2019). *Assessing the spatial scale of context effects: The example of neighbourhoods' educational composition and its relevance for individual aspirations.* *Social Science Research*, 83.

Hartung, Andreas; Weßling, Katarina; Hillmert, Steffen (2019). *Bildungsaspirationen und Bildungsverlauf. Der Einfluss der regionalen Arbeitsmarktlage.* In: Nicole, Burzan (Hg.), *Komplexe Dynamiken globaler und lokaler Entwicklungen.* Verhandlungen des 39. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie in Göttingen 2018 (Band 39).

Hartung, Andreas; Weßling, Katarina; Hillmert, Steffen (2019). *Educational and occupational aspirations at the end of secondary school: The importance of regional labour-market conditions.* In: Graduate School of Business and Economics (GSBE) (Hg.), *GSBE Research Memoranda 2019.*

Heindl, Peter; Wolff, Anna; Weber, Ines; Reif, Christiane; Gill, Bernhard (2019). *The Relevance of Consumer Preferences and Behaviour for Climate Policy Design: Evidence from Germany.* In: Gawel, Erik; Strunz, Sebastian; Lehmann, Paul; Purkus, Alexandra (Hg.), *The European Dimension of Germany's Energy Transition (335–350).* Cham: Springer International Publishing.

Hörner, Michael; Lichtmeß, Markus (2019). *Energy performance of buildings: A statistical approach to marry calculated demand and measured consumption.* *Energy Efficiency*, 12 (1), 139–155.

Krapp, Max-Christopher; von Malottki, Christian (2019). *Fluktuation auf regionalen Wohnungsmärkten: Empirische Befunde zur Relevanz von regionalstrukturellen, nachfrage- und angebotsseitigen Parametern.* *Stadtforschung und Statistik: Zeitschrift des Verbandes Deutscher Städtestatistiker*, 32 (1), 29–35.

Loga, Tobias; Stein, Britta; Hacke, Ulrike; Müller, André; Großklos, Marc; Born, Rolf; Renz, Ina; Cischinsky, Holger; Hörner, Michael; Weber, Ines (2019). *Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen.* Herausgegeben von: Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bonn: BBSR-Online-Publikation Nr. 04/2019.

Müller, André (2019). *Einfluss des Wandaufbaus auf die Energiebilanz modernisierter Einfamilienhäuser.* Darmstadt Concrete, Annual Journal on Concrete and Concrete Structures, 34.

Müller, André (2019). *Impact of wall construction on the energy balance of single-family house.* Darmstadt Concrete, Annual Journal on Concrete and Concrete Structures, 34.

Müller, André; Wörner, Patrick (2019). *Impact of dynamic CO₂ emission factors for the public electricity supply on the life-cycle assessment of energy efficient residential buildings.* IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 323.

Ritter, Volker; Bagherian, Behrooz; Müller, André; Voss, Karsten; Berges, Malin Johanna (2019). *Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden.* Herausgegeben von: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bonn: BBSR-Online-Publikation 20/2019.

Schoenefeld, Jonas J.; Schulze, Kai; Hildén, Mikael; Jordan, Andrew J. (2019). *Policy Monitoring in the EU: The Impact of Institutions, Implementation, and Quality.* Politische Vierteljahresschrift, 60 (4), 719–741.

Wörner, Patrick; Müller, André; Sauerwein, David (2019). *Dynamische CO₂-Emissionsfaktoren für den deutschen Strom-Mix.* Bauphysik, 41 (1), 17–29.

IWU-Tools und Energiesparinformationen

- „EnEV-XL 5.1“ – Energiebilanzberechnung für Wohngebäude nach EnEV und mit freien Randbedingungen, Excel-Mappe, 2019: 713 Downloads
- „EQ-Tool“: Bilanzierungs-Tool zur energetischen Modellierung von Quartieren, Excel-Mappe (Download von der Homepage des BBSR)
- „Gradtagszahlen in Deutschland“, Excel-Mappe, 2019: 23.253 Downloads
- „Kurzverfahren Energieprofil“ (KVEP 2005/2008/2012), Excel-Mappe, 435 Downloads
- „NSW-Tool zum vereinfachten Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes“, Excel-Mappe, 2019: 382 Downloads
- RentalCal-WebTool, Online-Tool zur Rentabilitätsberechnung energetischer Modernisierungen, 2019: 5.730 Besucher
- „TABULA WebTool“ (November 2015: Erweiterung auf 20 Länder + Berechnung für Gebäudebestände), Online-Tool, 2019: 13.862 Besucher
- „TEK – Teilenergiekennwerte von Nichtwohngebäuden“, Excel-Mappe, 2019: 278 Downloads
- „VSA – Verbrauchsstrukturanalyse für bestehende Nichtwohngebäude“, Excel-Mappe, 2019: 52 Downloads

Energiesparinformationen, 13 Broschüren zu unterschiedlichen Themen der energetischen Modernisierung, 2019: 20.226 Downloads

Lehraufträge

Dr. Holger Cischinsky
(Wintersemester 2018/2019 und 2019/2020)
Lehrauftrag für Statistik 2 (Wahrscheinlichkeitsrechnung und Induktive Statistik) an der Internationalen Berufsakademie (IBA) Darmstadt.

Dr. Monika Meyer
(Wintersemester 2018/2019)
Lehrauftrag im Rahmen des MBA „Building Sustainability – Management Methods for Energy Efficiency“ an der Technischen Universität Berlin.

Vorlesungen

André Müller
Regenerative Energieversorgung
Vorlesung im Rahmen der Lehrveranstaltung „Technische Gebäudeausrüstung I“ (Wintersemester 2019/20) der Technischen Universität Darmstadt am 6.12.2019.

Michael Hörner
Energetische Biomassenutzung
Vorlesung im Rahmen der Lehrveranstaltung „Parameter der Nachhaltigkeit“ (Wintersemester 2018/19) am Fachbereich Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung, Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel am 21.1.2019.

Am IWU betreute Master- und Bachelor-Arbeiten mit Abschluss 2019

Schätzung der Unsicherheiten der Energiebedarfsberechnung für Wohngebäude
Master-Thesis im Studiengang Energy Science and Engineering
Erarbeitet von Marcel Dacaret-Roman
Betreuung: Tobias Loga, André Müller (IWU) und Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner, Institut für Massivbau an der Technischen Universität Darmstadt

Entwicklung einer Methodik zur ökonomischen Bewertung von Bestandsquartieren unter einer aktorsbezogenen Betrachtungsweise
Master-Thesis im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen
Fachrichtung Bauingenieurwesen
Erarbeitet von Johannes Koert
Betreuung: André Müller (IWU), Marleen Fischer und Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner, Institut für Massivbau an der Technischen Universität Darmstadt

Entwicklung einer Berechnungsmethodik zur realitätsnahen Abbildung von Nah- und Fernwärmenetzen
Master-Thesis im Studiengang Umweltingenieurwissenschaften
Erarbeitet von Magda Patyna
Betreuung: André Müller (IWU), Marleen Fischer und Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner, Institut für Massivbau an der Technischen Universität Darmstadt

Modellierung des Energiebedarfs von Nichtwohngebäudebeständen
Master-Thesis in den Studiengängen Energy Science and Engineering & Umweltingenieurwissenschaften (Doppelabschluss)
Erarbeitet von Alexander Weiß

Betreuung: Julian Bischof, Michael Hörner, André Müller (IWU) und Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner, Institut für Massivbau an der Technischen Universität Darmstadt

Untersuchung des Einflusses unterschiedlichen Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in Wohngebäuden

Master-Thesis im Studiengang Bauingenieurwesen

Erarbeitet von Anne Ziegler

Betreuung André Müller (IWU) und Univ.-Prof. Dr.-Ing.

Carl-Alexander Graubner, Institut für Massivbau an der Technischen Universität Darmstadt

Untersuchung von Hemmnissen und Erfolgsfaktoren der energetischen Gebäudesanierung anhand einer Analyse des energetischen Gebäudezustands im Quartier Mollerstadt

Bachelor-Thesis im Studiengang Umweltingenieurwesen – nachhaltige Siedlungsplanung,

Bachelor of Engineering

Erarbeitet von Hannah Kunzler

Betreuung: Britta Stein (IWU) und Prof. Dr.-Ing. Birte Frommer, Fachbereich Bauingenieurwesen an der Hochschule Darmstadt

Vorträge

Behr, Iris: *Mieterstrom: Rechtliche Rahmenbedingungen und Praxiserfahrungen.* SOLARKAMPAGNE im Kreis Groß Gerau, 29.8.2019, Groß-Gerau.

Behr, Iris: *Mieterstrom: Aktivitäten in Hessen – Erfolgreich umgesetzte Mieterstromkonzepte.*

Fachtagung in der Evangelischen Akademie Frankfurt:

Mieterstrom in der Praxis – Hessische Mieterstromkampagne, 16.5.2019, Frankfurt am Main.

Behr, Iris: *Die besonderen Herausforderungen beim „Sozialen Wohnungsbau“ – Gemeinwohlorientierte Stadtentwicklung.* GARRP Seminar für (angehende) Kommunalpolitikerinnen Schwerpunkt „Bauen und Wohnen“, 12.4.2019, Speyer.

Behr, Iris: *Mieterstrom: (Rechtliche) Rahmenbedingungen und Möglichkeiten für eine regenerative Stromerzeugung und -versorgung in Gebäuden und Quartieren.*

Deutscher Mietgerichtstag 2019: Mietrecht in Zeiten des Wohnungsmangels, 22.3.–23.3.2019, Dortmund.

Behr, Iris: *Herausforderungen Baulandsituation & Wohnungsmarkt in der Metropolregion RheinMain.* Städtebauliches Colloquium Baulandknappheit überwinden – bezahlbares Wohnen sichern, 30.1.2019, Frankfurt am Main.

Behr, Iris; Enseling, Andreas: *Energy efficiency and profitability in the German building sector.*

Besuch einer vietnamesischen Regierungsdelegation des Ministry of Construction, Department of Science, Technology and Environment, 9.7.2019, IWU Darmstadt.

Behrooz, Bagherian: *Eine vereinfachte Methode zu energetischer Bilanzierung bzw. energetischer Potenzialanalyse für Bestandsgebäude im Nichtwohngebäudesektor.* Deutsch-Bulgarische Industrie- und Handelskammer, 6.11.2019, Mannheim.

Behrooz, Bagherian: *Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden.* Zukunft Bau: 9. Projektetage, 5.11.2019, Bonn.

Cischinsky, Holger: *Wohngeld – Analyse der Wirkungsweise des Wohngelds sowie dessen Einbettung in das Transferleistungssystem mithilfe des IWU-Budgetlinienmodells.*

Workshop des Instituts der Deutschen Wirtschaft und des Instituts Wohnen und Umwelt, 21.3.2019, Köln.

Deschermeier, Philipp: *Schlaglichter zum „Wohnen im Alter“. „ICH? Zu alt?“ – Diskriminierung älterer Menschen im Bereich Wohnen.* Fachgespräch in der Reihe ISS im Dialog, 26.8.2019, Frankfurt am Main.

Deschermeier, Philipp: *Wohnraumbedarfsanalyse für die Stadt Kassel.* Wohnungsbedarf in Kassel. Workshop und öffentliche Vorstellung der IWU-Studie, 19.6.2019, Kassel.

Deschermeier, Philipp: *Wohnen im Alter.*

Workshop des Instituts der deutschen Wirtschaft und des Instituts Wohnen und Umwelt, 21.3.2019, Köln.

Diefenbach, Nikolaus: *Assessing the KfW programmes for residential buildings in Germany against the background of monitoring results.* Workshop on Evaluation of Energy Efficiency Policies (EU Commission, DG Energy), 12.9.2019, Brüssel.

Diefenbach, Nikolaus: *Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung aus Sicht der Wärmeversorgung.* Jahrestreffen Forschungsnetzwerk Energiesystemanalyse, Workshop „Bewertung von Sektorkopplungstechnologien“, 24.5.2019, Aachen.

Diefenbach, Nikolaus: *Modernisierungsstand und Umsetzungsraten bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung im deutschen Wohngebäudebestand.* IWU-Fachtagung „Minimierung des Energieverbrauchs von Geschosswohnbauten – Technologien, Benchmarks und Monitoring“, 15.5.2019, Darmstadt.

Grafe, Michael: *Ursachen für Rebound-Effekte bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden – Welche Rolle spielt der Nutzer?*

Bauphysiktage 2019 in Weimar, 25.9.–26.9.2019, Weimar.

Grafe, Michael: *Klimaneutrale Wärmeversorgung von Wohngebäuden – Was tun? Klimaneutrales Heizen – Eine Veranstaltung des Bremer Energie-Konsens,* 11.9.2019, Bremen.

Großklos, Marc: *PassivhausSozialPlus: Ansätze zur Reduktion der Nebenkosten.* Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Nr. 55: „Sozialer Geschosswohnbau: Kostengünstig und energieeffizient – (k)ein Widerspruch?“, 5.11.2019, Darmstadt.

Großklos, Marc: *Neue Konzepte im sozialen Wohnungsbau: Das „PassivhausSozialPlus“ in Darmstadt.* Tag der Immobilienwirtschaft 2019, IHK Darmstadt, 29.10.2019, Darmstadt.

Großklos, Marc: *Auf dem Weg zu zukunftsfähigen Gebäuden – Wo brauchen wir die Digitalisierung in der Wohnung?* Impact Forum 2019, 21.5.2019, Berlin.

Großklos, Marc: *Vom Konzept über die Umsetzung zum Betrieb – Wie kann die Minimierung des fossilen Energieeinsatzes in Mehrfamilienhäusern gelingen?*

IWU-Fachtagung „Minimierung des Energieverbrauchs von Geschosswohnbauten – Technologien, Benchmarks und Monitoring“, 15.5.2019, Darmstadt.

Hartung, Andreas: *Erfassung der lokalen Mietpreisaufwertung am Beispiel von Frankfurt am Main.* Workshop: Soziale Nachhaltigkeit in der Region, 14.11. – 15.11.2019, Siegen.

Hörner, Michael: *Building Energy Performance Simulation using official 3D Building Models (LoD1-DE) and Building Typologies.* IBPSA Project 1, 4th Expert Meeting, 1.9. – 2.9.2019, Rom, Italien.

Hörner, Michael: *Approach to an Unknown: Representative Sample Survey to Explore the Non-residential Building Stock in Germany – Methods and first Results.* eceee Summerstudy 2019, 3.6. – 8.6.2019, Belambra Presqu'île de Giens, France.

Hörner, Michael: *Wärmewende jetzt – Der Weg zu einer drastischen Senkung der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor.* IWU-Fachtagung „Minimierung des Energieverbrauchs von Geschosswohnbauten – Technologien, Benchmarks und Monitoring“, 15.5.2019, Darmstadt.

Koch, Thilo: *Energie- und CO₂-Bilanzierungen als Instrument zu energieeffizienten und klimaneutralen Quartiere.* Umweltwoche Friedrichsdorf, 19.9.2019, Friedrichsdorf.

Loga, Tobias: *Monitoring des energetischen Zustands und vereinfachte Bedarfsberechnung auf der Grundlage der „Energieprofil“-Indikatoren.* IWU-Fachtagung „Minimierung des Energieverbrauchs von Geschosswohnbauten – Technologien, Benchmarks und Monitoring“, 15.5.2019, Darmstadt.

Loga, Tobias: *Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks: Datengrundlagen und Ergebnisse.* IWU-Fachtagung „Minimierung des Energieverbrauchs von Geschosswohnbauten – Technologien, Benchmarks und Monitoring“, 15.5.2019, Darmstadt.

Loga, Tobias: *Transparenz auf dem Weg zur Erreichung der Klimaschutzziele – Monitoring der energetischen Qualität und des tatsächlichen Verbrauchs.* IWU-Fachtagung „Minimierung des Energieverbrauchs von Geschosswohnbauten – Technologien, Benchmarks und Monitoring“, 15.5.2019, Darmstadt.

Meyer, Monika: *Solidarische Planung – Wohnen.* 50 Jahre SRL – Zukunftsperspektiven der räumlichen Planung. Jahrestagung der SRL 2019, 25.10.2019, Berlin.

Meyer, Monika: *Wohnraumbedarfsanalyse Kassel.* Regionale Bauland- und Infrastrukturkonferenz Nordhessen: „Allianzen für die Region“, 29.8.2019, Kassel.

Meyer, Monika: *Wohnungsbedarf in Südhessen.* 57. Internationales Planertreffen, 5.6. – 8.6.2019, Radboud Universiteit Nijmegen.

Meyer, Monika: *200 Fußballfelder Wohnen – Flächen für die Stadtentwicklung.* HEAG Bytes & Brezeln, 20.5.2019, Darmstadt.

Meyer, Monika: *Handeln auf angespannten Märkten – Herausforderung Brexit.* ImmoLounge des BFW (Landesverband Freier Immobilien- und Wohnungsunternehmen), 16.4.2019, Frankfurt am Main.

Meyer, Monika: *Rhein Main-Gebiet – Regionale Strategien für den Wohnungsmarkt.* 135. Sitzung der LAG Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland der ARL, 12.4.2019, Mainz.

Meyer, Monika: *Nachhaltiges Planen bei angespannten Wohnungsmärkten.* Absolventenverabschiedung 2019. Fachbereich Raum- und Umweltplanung, Technische Universität Kaiserslautern, 15.2.2019, Kaiserslautern.

Meyer, Monika: *Sustainable Construction and Habitation as a Research Field.* Management Methods for Energy Efficiency. Lecture Series, 4.2.2019, Berlin.

Müller, André: *Kurzvorstellung des Forschungsvorhabens „E4Q – Einbindung erneuerbarer Energieträger in die Energieversorgung vernetzter Quartiere“ (Posterpräsentation).* 2. Projektforum „EnEff.Gebäude.2050“, 1.10.2019, Wuppertal.

Müller, André: *Impact of dynamic CO₂ emission factors for the public electricity supply on the life-cycle assessment of energy efficient residential buildings.* Sustainable Built Environment D-A-CH- Conference 2019 (SBE19), 11.9. – 14.9.2019, Graz.

Renz, Ina: *Projektvorstellung KOSMA.* Vernetzungskonferenz Rebound-Effekte aus sozial-ökologischer Perspektive, 11.9. – 12.9.2019, Bonn.

Stein, Britta: *Energieberatung mit den EnEV-Normen? Betrachtung von Fallbeispielen unter Berücksichtigung des Nutzereinflusses.* IWU-Fachtagung „Minimierung des Energieverbrauchs von Geschosswohnbauten – Technologien, Benchmarks und Monitoring“, 15.5.2019, Darmstadt.

Stein, Britta: *Konzepte und Ansätze für Niedrigstenergiegebäude in Europa.* GEG-/EnEV-Forum, Bremer Energie-Konsens GmbH, 13.2.2019, Bremen.

Swiderek, Stefan: *Überprüfung der Informationen in den Datenbanken + Ausreißeranalyse.* IWU-Fachtagung „Minimierung des Energieverbrauchs von Geschosswohnbauten – Technologien, Benchmarks und Monitoring“, 15.5.2019, Darmstadt.

Vaché, Martin: *Stellungnahme zu den Gesetzentwürfen der Fraktion der SPD und der Fraktion DIE LINKE.* Öffentliche Anhörung des Ausschusses für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen zu den Gesetzentwürfen: Gesetzentwurf Fraktion der SPD Gesetz über das Verbot der Zweckentfremdung von Wohnraum, 21.8.2019, Hessischer Landtag, Wiesbaden.

Vaché, Martin: *Mieten und Preise im Zyklus: Die Rolle der Fundamentaldaten.* Workshop des Instituts der Deutschen Wirtschaft und des Instituts Wohnen und Umwelt, 21.3.2019, Köln.

Veranstaltungen, Workshops, Konferenzen

Die Wissenschaftler des IWU nehmen regelmäßig an Veranstaltungen, Konferenzen und Workshops teil, um ihre Ansätze, Projekte und Ergebnisse vorzustellen und zu diskutieren sowie den Austausch, den Wissenstransfer und die Vernetzung zu fördern.

Bibliothek

Die Bibliothek des IWU im Erdgeschoß umfasst über 44.000 Bände und ca. 150 gehaltene Zeitschriften und Periodika. Sie ist öffentlich zugänglich.

Kooperationen, Mitgliedschaften, Beratungsleistungen

Die IWU-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten in Gremien, Arbeitskreisen sowie Verbänden mit und sind in Beiräten von Bundes- und Landesministerien sowie der Privatwirtschaft, in Ausschüssen oder als Jurymitglieder aktiv. Hervorzuheben ist die intensive Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, dem Land Hessen und der Stadt Darmstadt. Zu den engen Partnern zählen auch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie sowie die regionalen Wohnungsbaugesellschaften ABG Frankfurt Holding, Nassauische Heimstätte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH und bauverein AG Darmstadt.

Mitgliedschaften in Arbeitskreisen, Gremien und Verbänden

Behrooz Bagherian

- DIN-Ausschuss
NA 041 Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS)
NA 041-05-01 AA Arbeitsausschuss Auslegung und energetische Bewertung von Heizungsanlagen und wassergeführten Kühlanlagen sowie Anlagen zur Trinkwassererwärmung in Gebäuden (SpA CEN/TC 228, SpA ISO/TC 205)
- IBPSA-Germany (International Building Performance Simulation Association – German Chapter)

Iris Behr

- Deutsche Akademie für Städtebau und Landesplanung (DASL)
- Vorsitzende der Kommission Nachhaltiges Bauen beim Umweltbundesamt (UBA)
- Fachkommission „Grüne Antworten auf räumliche Ungleichheiten“ der Heinrich-Böll-Stiftung

Julian Bischof

- IBPSA (International Building Performance Simulation Association) – Project 1

Dr. Holger Cischinsky

- Verein für Socialpolitik –
Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

Dr. Philipp Deschermeier

- Mitglied in der Deutschen Gesellschaft für Demografie (DGD)
- Leiter DGD-Arbeitskreis „Demografische und gesellschaftliche Entwicklungen“
- Mitglied der Jury für den „Allianz Nachwuchspreis für Demografie“
- Academic Member of Athens Institute for Education and Research

Dr. Andreas Enseling

- Institut für Umweltwirtschaftsanalysen e. V. (IUWA)

Ulrike Hacke

- AG 2 „Akteursstrukturen und Akteursverhalten“ des Forschungsnetzwerks Energiesystemanalyse (BMW)

Michael Hörner

- Vertreter des IWU im Lernnetzwerk CO₂neutrale Landesverwaltung der Hessischen Landesregierung
- DIN-Ausschuss
NA 041 Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS)
NA 041-05-01 AA Arbeitsausschuss Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen (SpA ISO/TC 205 „Umweltgerechte Gebäudeplanung“)
- Obmann des Richtlinien-Ausschusses VDI 3807-4 Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude-Teilkennwerte elektrische Energie
- Expertengruppe Energie der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB)
- Forschungsnetzwerk Energie in Gebäuden und Quartieren (BMW)
- Wissenschaftlicher Beirat des GIH Bundesverbands e. V.
- European Council for an Energy Efficient Economy (ECEEE)

Dr. Max-Christopher Krapp

- Arbeitsgemeinschaft der Mietspiegel-Ersteller (AGM)
- European Network for Housing Research (ENHR)
- Großer Konvent der Schader-Stiftung

Dr. Monika Meyer

- Vorstandsmitglied House of Energy, Kassel
- Deutsche Akademie für Städtebau und Landesplanung (DASL)
Vorstand der Landesgruppe Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland
- Vereinigung für Stadt-, Regional- und Landesplanung (SRL)
- Förderverein Bundesstiftung Baukultur e. V.
- Internationales Planer Treffen A-CH-D-LUX-NL
- Nachhaltigkeitskonferenz Hessen
- Beirat „Wohnungswirtschaft“, Nassauische Heimstätte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH
- Beirat „Wohnungs- und Städtebau“, Wohnstadt Stadtentwicklungs- und Wohnungsbaugesellschaft Hessen mbH
- Beirat „Wohnungswesen und Städtebau“, Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen
- Stakeholderbeirat der HEAG Südhessische Energie AG (HSE)

- Projektbeirat zur Frankfurter Sozialberichterstattung
- Großer Konvent der Schader-Stiftung
- Runder Tisch der Wissenschaftsstadt Darmstadt
- Beirat e-hoch-3

André Müller

- Mitglied im VDI-Richtlinienausschuss 4655 „Referenzlastprofile von Ein und Mehrfamilienhäusern für Strom, Heizwärme und Trinkwassererwärmung“.

Dr. Ina Renz

- European Council for an Energy Efficient Economy (ECEEE)
- Mentorin bei Mentoring Hessen – Frauen in Wissenschaft und Wirtschaft

Beratungsleistungen für Politik, Verbände und Gremien, Experten- und Sachverständigentätigkeit

Stellungnahmen

Dr. Holger Cischinsky,

Dr. Max-Christopher Krapp

- Stellungnahme zum Antrag „Rechtssicherheit für die Kommunen und Jobcenter – Berechnung der Kosten der Unterkunft in der Grundsicherung vereinfachen“ (Fraktion FDP) und zum Antrag „Wohnkostenlücke schließen – Kosten der Unterkunft existenzsichernd gestalten“ (Fraktion DIE LINKE), 14.3.2019.

Michael Hörner, Tobias Loga,

Marc Großklos, Dr. Andreas Enseling,

Britta Stein, Behrooz Bagherian,

Stefan Swiderek, Dr. Thilo Koch

- Stellungnahme zum Entwurf der Bundesregierung für ein Gebäudeenergiegesetz vom 28.5.2019 (GEG), 28.6.2019.

Martin Vaché, Dr. Holger Cischinsky,

Dr. Philipp Deschermeier, Dr. Max-Christopher Krapp

- Stellungnahme zum Gesetzentwurf „Gesetz über das Verbot der Zweckentfremdung von Wohnraum“ (Fraktion der SPD) sowie zum Dringlichen Gesetzentwurf „Gesetz gegen Leerstand und Zweckentfremdung von Wohnraum“ (Fraktion DIE LINKE)), 12.8.2019.

Britta Stein

- Arbeitsgruppe „Energie, Immobilien und Stadtentwicklung“ des Deutschen Verbands für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e. V.

Martin Vaché

- Architekten- und Stadtplanerkammer Hessen (AKH)
- Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS)
- Gesellschaft für Regionalforschung (GfR)
- European Regional Science Association (ERSA)
- European Network for Housing Research (ENHR)

Dr. Nikolaus Diefenbach

- Stellungnahme zum Antrag der Fraktion BÜNDNIS 90/ DIE GRÜNEN (Drucksache 17/6740 vom 2.7.2019) „Klimaschutz jetzt: Energetische Gebäudesanierung endlich steuerlich fördern!“ im Rahmen der schriftlichen Anhörung des Ausschusses für Kommunales, Heimat, Bauen und Wohnen des Landtags Nordrhein-Westfalen, 18.10.2019.

Dr. Holger Cischinsky, Dr. Nikolaus Diefenbach,

Marc Großklos, Michael Hörner,

Dr. Thilo Koch, Dr. Max-Christopher Krapp,

André Müller, Martin Vaché:

- Wie kann das Klimapaket im Gebäudesektor zum Erfolg werden? - Stellungnahme zum „Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050“ vom 8.10.2019, 11.11.2019.

Sonstige Beratungsleistungen

Dr. Nikolaus Diefenbach

- Teilnahme am Workshop „Indikatoren zur wirtschaftlichen Bedeutung der Energieeffizienz: Verbesserung der Methoden und zusätzliche Bereiche“ des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung am 8.4.2019 in Berlin

Das Institut

Das Institut Wohnen und Umwelt ist eine außeruniversitäre Forschungseinrichtung in der Rechtsform einer GmbH. Organe des Instituts sind der Aufsichtsrat, die Gesellschafterversammlung und die Geschäftsführung. Wissenschaftliche Beratungsgremien sind die Institutskonferenz (IKO) und der Wissenschaftliche Beirat.

Aufsichtsrat

Der Aufsichtsrat trifft sich in der Regel zwei Mal jährlich, um die Arbeit des Institutes auf der Grundlage des Gesellschaftervertrages, der Beschlüsse und relevanter Dokumente zu überprüfen, zu beraten und mit weiterzuentwickeln.

Gesellschafterversammlung

In der Gesellschafterversammlung sind das Land Hessen und die Wissenschaftsstadt Darmstadt vertreten. Die Versammlung tritt ebenfalls in der Regel zweimal pro Jahr zusammen.

Institutskonferenz

Die Institutskonferenz (IKO) hat die Aufgaben, bei der Aufstellung des Forschungsprogramms und der Koordination der Arbeitsprozesse im Forschungsbereich mitzuwirken. Die IKO besteht aus den ständigen wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Gewählter Sprecher war 2019 Michael Hörner.

Institut Wohnen und Umwelt GmbH – Aufsichtsrat		
Institution	Vertreter	Ministerium /Dezernat
Land Hessen	Staatssekretär Jens Deutschendorf (Vorsitzender des Aufsichtsrates und der Gesellschafterversammlung)	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
Land Hessen	Staatssekretärin Dr. Beatrix Tappeser (bis November 2019) Staatssekretär Oliver Conz (ab Dezember 2019)	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Land Hessen	Staatssekretär Dr. Martin J. Worms	Hessisches Ministerium der Finanzen
Stadt Darmstadt	Stadträtin Barbara Akdeniz (stellv. Vorsitzende des Aufsichtsrates)	Dezernat V
Stadt Darmstadt	Caroline Groß	Rechtsanwältin

Finanzen

Einnahmen im Jahr 2019		in Tsd. €
Grundausrüstung	Zuwendungen der Gesellschafter	1.745
Drittmittel	Summe gesamt	2.213
	EU	299
	Bund	1.656
	Länder	118
	Kommunen	74
	Wirtschaft	24
	Sonstige	42
Summe insgesamt		3.958
Budget		4.340

Ausgaben im Jahr 2019		in Tsd. €
Personal		-2.445
Fremdleistungen		-1.033
Sachkosten		-622
Investitionen		-21
Summe insgesamt		-4.121
Budget		4.340

Wissenschaftlicher Beirat

Seit 2015 wird ein wissenschaftlicher Beirat berufen, der das Institut bei der Formulierung der Forschungsstrategie sowie der Aufstellung und Umsetzung des Forschungsprogramms unterstützt.

Prof. Dr. Michèle Knodt (Beiratsvorsitzende)

Technische Universität Darmstadt, Institut für Politikwissenschaft, Arbeitsbereich Vergleichende Analyse politischer Systeme und Integrationsforschung

Prof. Dr. Markus Artz

Universität Bielefeld, Lehrstuhl für Bürgerliches Recht, Europäisches Privatrecht, Handels- und Wirtschaftsrecht sowie Rechtsvergleichung

Prof. Dr. Jochen Monstadt

Chair for Governance of Urban Transitions and Dynamics, Department of Human Geography and Spatial Planning, Faculty of Geosciences, Utrecht

Prof. Ph.D. Irene Peters

HafenCity Universität Hamburg, Mitglied der Forschungsgruppen „Ressourceneffizienz in Architektur und Planung (REAP)“ und „Digital City“

Dr. Burkhard Schulze Darup

Freischaffender Architekt mit Büros in Berlin und Nürnberg (Schulze Darup & Partner)

Prof. Dr.-Ing. Heidi Sinning

Fachhochschule Erfurt, Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation (ISP)
Leitung Lehrstuhl Sozialpolitik

Prof. Dr. Ing. Dipl. Volkswirt Guido Spars

Universität Wuppertal, Leitung Fachgebiet Ökonomie des Planens und Bauens

Prof. Dr. Matthias Wrede

Universität Erlangen, Leitung Lehrstuhl Sozialpolitik

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des IWU

Institutsleitung

Monika Meyer, Dr.-Ing. Architektur

Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

■ ■ Behrooz Bagherian, Dipl.-Bauing., M.Sc. Regenerative Energien und Energieeffizienz

Energetische Bewertung und Optimierung von Nichtwohngebäuden und Quartieren, Energiemonitoring

■ Iris Behr, Rechtsanwältin

Kommunale Wohnungspolitik und -wirtschaft, nationales und Horizon2020-Projektmanagement

■ ■ Julian Bischof, M.Eng. Energetisch-Ökologischer Stadtbau

Energetische Bilanzierung von Nichtwohngebäuden und Monitoring im Nichtwohngebäudesektor

■ ■ Holger Cischinsky, Dr. rer. pol., Dipl.-Volkswirt
Statistik, Stichprobentheorie, Mikrosimulation von Transferleistungssystemen, Wohnungs- und Sozialpolitik

■ ■ Philipp Deschermeier, Dr. rer. pol., Dipl.-Volkswirt
Wohnungsbedarfsprognosen, Wohnungspolitik

■ ■ Nikolaus Diefenbach, Dr.-Ing., Dipl.-Physiker
Konzepte für Klimaschutz u. Monitoring im Wohngebäudesektor

■ Andreas Enseling, Dr. rer. pol., Dipl.-Volkswirt
Ökonomische Bewertung von Gebäudeinvestitionen, Energetisches Portfoliomanagement

■ Michael Grafe, Dipl.-Bauingenieur

Werkzeuge für Nichtwohngebäude, Wärmeversorgung von Quartieren, Nahwärmenetze

■ Marc Großklos, Dipl.-Ing. (FH) Energie- und Umweltschutztechnik

Entwicklung und Evaluation innovativer Gebäudekonzepte, regenerative Energien

■ Ulrike Hacke, Dipl.-Soziologin

Sozialwissenschaftliche Energie- und Wohnforschung

■ Andreas Hartung, Dr. rer. soc.

Sozialwissenschaftliche Wohnungsmarktforschung

■ Eberhard Hinz, Dr.-Ing. Maschinenbau

Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen im Wohngebäudebestand (bis Juli 2019)

■ ■ Michael Hörner, Dipl.-Phys., Energieberater TU, LEED A. P.
Energetische Bewertung Nichtwohngebäude, Klimaschutz und Monitoring im Nichtwohngebäudesektor

■ Thilo Koch, Dr.-Ing. Mechanik

Energie- und CO₂-Bilanzen für Quartiere, thermische Gebäudesimulation, Gebäudetechnik

Forschungsfelder des IWU

- Wohnungsmärkte und Wohnungspolitik
- Energetische Gebäudebewertung und -optimierung
- Strategische Entwicklung des Gebäudebestands
- Handlungslogiken von Akteuren im Gebäudebereich



■ **Max-Christopher Krapp**, Dr. phil., Politikwissenschaft
Instrumente der Wohnungspolitik

■ ■ **Tobias Loga**, Dipl.-Physiker
Methoden und Werkzeuge zur energetischen Optimierung
von Gebäudebeständen

■ ■ **André Müller**, M.Sc. Energy Science and Engineering,
Strom- und Wärmebedarfe von Wohnbauten und
Stadtquartieren

■ **Ina Renz**, Dr. rer. soc.
Methoden der empirischen Sozialforschung,
sozialwissenschaftliche Energie- und Wohnforschung

■ ■ **Britta Stein**, Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt. Ing.
Klimaschutz, Stadtentwicklung und Monitoring

■ ■ **Martin Vaché**, M.Sc. Immobilienwirtschaft,
Dipl.-Ing. Architekt AKH, MRICS
Empirische Wohnungsmarktanalyse und Politik
der Mietwohnungsmärkte

■ ■ **Ines Weber**, M.A. Soziologie
Sozialwissenschaftliche Energie- und Wohnforschung

Projektassistenz

Desirée Batzer-Kaufmann, Dr. M.Sc. Bioinformatik
Web- und Softwareentwicklung, Grafik- und Spiele-
programmierung (bis August 2019)

Jens Calisti, Fachinformatiker
Web- und Softwareentwicklung, Administration

Michael Funke, Dipl.-Geograf
Web-, Software- und Datenbankentwicklung

Günter Lohmann, Dipl.-Soziologe
Sozialwissenschaftliche Methoden, Statistik

Sylvia Metz, M.A. Politikwissenschaft
Public Relations-Managerin (seit September 2019)

Kornelia Müller,
Öffentlichkeitsarbeit, Programmierung, Wohnprojekte

Galina Nuss, Dipl.-Mathematikerin (FH)
Befragungen, Datenmanagement, Statistik, Programmierung

Markus Rodenfels, Dipl.-Mathematiker (FH)
Mikrosimulationsmodelle, statistische Methodik,
Stichprobentheorie, statistische Programmierung

Grete Späck, Befragungsmanagement

Stefan Swiderek, Dipl.-Ing. für Umwelttechnik
Gebäude, erneuerbare Energie, Energieeffizienz,
Datenauswertung

Verwaltung

Ingo Fuß, Dipl.-Kfm. (Univ.)
Verwaltungsleiter (seit April 2019)

Gabriele Karl-Kanaplei,
Empfang, Sekretariat (seit Juli 2019)

Ursula Menger,
Finanzbuchhaltung, Personalverwaltung

Ilona Scholz,
Empfang, Sekretariat (bis August 2019)

Silvia Schulz,
Sekretariat Geschäftsführung

Andrea Soeder, Bibliothek

Peter Vögler, EDV-Betreuung

Stiftungsprofessuren

Volker Ritter, Prof. Dr.-Ing.
(Gemeinsame Berufung)
Modellbildung und Simulation von Gebäuden, Erneuerbare
Energie Systeme, Hochschule Darmstadt (bis März 2019)

Kai Schulze, Prof. Dr. rer. soc., Politikwissenschaft
(Juniorprofessur)
Modelle der Wohnungs- und Energiepolitik,
Technische Universität Darmstadt

Studentische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Zusätzlich arbeitet eine wechselnde Anzahl an Studentinnen
und Studenten im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten,
eines Praktikums oder als studentische Hilfskräfte am IWU.

Nachhaltigkeitsbericht

Die Forschung am IWU verbindet Themen aus den Bereichen Wohnen und Stadtentwicklung sowie Energieeffizienz und Klimaschutz, um einen Beitrag für eine nachhaltige Gesellschaft zu leisten. Entsprechend wichtig ist für das Institut auch eine nachhaltige Gestaltung der Rahmenbedingungen, unter denen die Forschung stattfindet.

Energieverbrauch und CO₂-Reduktion

Das im Jahr 1962 erbaute Bürogebäude wurde auf Anregung und mit wissenschaftlicher Unterstützung des Instituts vom Vermieter bauverein AG nahezu auf Passivhausstandard renoviert. Dabei wurde dem Wärme- und Schallschutz besondere Bedeutung beigemessen. Kennzeichnend sind die hervorragend gedämmte Gebäudehülle, hochwertige Schallschutzfenster, die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und energieeffiziente Beleuchtungsanlagen. Der Energiebedarf liegt um etwa ein Drittel unter dem für Neubauten geforderten Wert. Dem modernisierten Bürogebäude wurde im Jahr 2013 der Architekturpreis Green Building FrankfurtRheinMain in der Kategorie „Bürogebäude und Sanierungsprojekt“ verliehen.

In einem Bürogebäude beeinflussen Computer und andere Arbeitshilfen den Stromverbrauch maßgeblich. Deswegen werden besonders stromsparende PCs eingesetzt und auch die Konfiguration zielt auf einen möglichst sparsamen Betrieb ab.

Daten zum IWU-Gebäude

Baujahr: 1962 als Mittelbau eines dreiteiligen Gebäudekomplexes (ehemals Landratsamt des Kreises Darmstadt-Dieburg). Die anderen Gebäudeteile entstanden 1951 bzw. 1977.

Abschluss Sanierung und Bezug durch das IWU: 2011

Sanierte Bauteile

- Passivhausfenster (z. T. mit besonderem Schallschutz)
U-Wert mit Rahmen und Einbausituation ca. 0,8 W/(m²K)
- Dach: 40 bis 53 cm Polystyrol (Gefälledämmung),
U-Wert: 0,085 W/(m²K)
- Wand: 25 bis 30 cm Neopor, (WLG 032),
U-Wert: 0,11 W/(m²K)
- Perimeter: 30 cm EPS, (WLG 035)
- Kellerdecke: 12 cm Mineralfaser; U-Wert: 0,23 W/(m²K)

Mobilität

Dienstreisen werden nur in begründeten Ausnahmefällen mit dem PKW durchgeführt, i. d. R. wird die Nutzung des öffentlichen Personennah- oder -fernverkehrs in der Genehmigung vorgegeben. Das Institut ist Mitglied bei einem Carsharing-Unternehmen.

Familienfreundlichkeit und Chancengleichheit

Betriebsvereinbarungen gewährleisten familienfreundliche Gleitzeit- und Heimarbeitsregelungen, wie der Verzicht auf eine Kernarbeitszeit, ein breiter täglicher Arbeitszeitkorridor von 15 Stunden und die mögliche Inanspruchnahme von bis zu 24 Tagen Zeitausgleich pro Jahr.

Chancengleichheit von Männern und Frauen ist im Institut gelebte Praxis.

Das IWU ermuntert die Beschäftigten, sich regelmäßig fortzubilden. Durch die vollständige oder teilweise Finanzierung individueller Maßnahmen oder die Organisation von In-House-Schulungen schafft das IWU die Rahmenbedingungen.

Verantwortungsvolle Beschaffung

Über die Institutionelle Förderung des Landes Hessen unterliegt das IWU dem Hessischen Vergabegesetz und den begleitenden Verordnungen. Mit der Erfüllung der darin gemachten Vorgaben ist eine verantwortungsvolle Beschaffung von Waren und Dienstleistungen gewährleistet.

Lüftungsanlage

- Wärmerückgewinnungsgrad: 81 %
- max. Volumenstrom: 5.000 m³/h

Nutzfläche: 1.553 m²

In der Nutzfläche von 1.553 m² ist ein Veranstaltungssaal mit einer Fläche von 210 m² enthalten, der in der Bilanzgrenze des Gebäudes liegt, aber nicht zum Institut gehört. Seine auf der Nordseite liegende Fensterfront wurde nicht in Passivhausqualität ausgeführt.

Verbrauchsdaten (nicht klimabereinigt)

- Verbrauch vor Sanierung: ca. 250 kWh/(m²a) Erdgas
- Verbrauch nach Sanierung:

Jahr	Wärmeerzeugung Kessel (inklusive Verteilverluste)		Strom (inklusive Serverstrom)		CO ₂ -Emissionen (CO ₂ -Äquivalente)
	absolut [MWh]	spezifisch [kWh/(m ² a)]	absolut [MWh]	spezifisch [kWh/(m ² a)]	[t/a]
2013	82,68	53	31,9	21	
2014	51,25	33	28,6	18	33
2015	64,37	41	30,5	20	38
2016	77,12	50	32,1	21	43
2017	71,44	46	33,2	21	42
2018	75,86	49	36,0	23	45
2019	59,88	39	32,3	21	38

Herausgeber

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU)
Rheinstraße 65
64295 Darmstadt
Germany

Telefon: ++49(0)6151-2904-0
Fax: ++49(0)6151-2904-97

E-Mail: info@iwu.de
www.iwu.de

© IWU April 2020

Redaktion: Kornelia Müller, Institut Wohnen und Umwelt GmbH
Layout & Satz: Claudia Adam Graphik-Design, Darmstadt
Druck: Ph. Rheinheimer GmbH, Darmstadt

Soweit in den Beiträgen für Personenbezeichnungen nur die männliche Form verwendet wird, dient dies der besseren Lesbarkeit.

Fotos: Titel: © iStockphoto – lilly3;
S. 1, S. 6, S. 30: © bauverein AG Darmstadt;
S. 3: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Arthur Schönbein;
S. 5: © stock.adobe.com – Zigmunds;
S. 7: © HMWEVW – Oliver Rüter; S. 9: © Oleksandr Dutka;
S. 12, S. 19: © fotolia.com – Tiberius Gracchus; S. 13: © faktor10/Dörfer Architekten;
S. 18: © stock.adobe.com – greshnikov1973;
Porträtfotos der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler:
© Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Andreas Kelm

Papier: Circlesilk Premium White
FSC-zertifiziert

