

Anne Niemann

# Das Forschungsprojekt »Einfach Bauen«

## Ganzheitliche Strategien für energieeffizientes, einfaches Bauen mit Holz, Leichtbeton und hochwärmedämmendem Mauerwerk

Forschende am Lehrstuhl für Entwerfen und Konstruieren der Technischen Universität München gehen der Frage nach, wie die Architektur mit baulichen Mitteln so optimiert werden kann, dass es möglichst wenig Technik bedarf, um ein angenehmes Raumklima zu erzeugen. Weiterhin werden die so entwickelten Gebäude mit Standardwohngebäuden oder Wohngebäuden in Niedrigenergiebauweise bezüglich Umweltwirkung und Lebenszykluskosten über einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren verglichen.

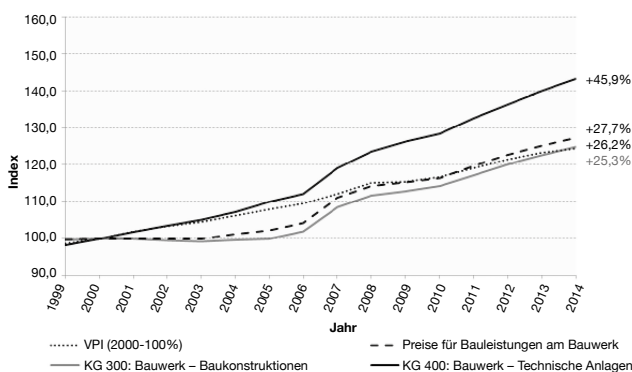


Abb. 1: Darstellung der Indexreihen »KG 300 – Bauwerk – Baukonstruktionen« und »KG 400 – Bauwerk – Technische Anlagen« im Vergleich zum Verbraucherpreisindex (VPI) [1]

Die Anforderungen an den Wärme-, Brand- und Schallschutz von Gebäuden steigen seit Jahrzehnten stetig. Neben der Optimierung von Baumaterialien wird vor allem durch

### KERNAUSSAGEN

- »Einfach Bauen« bedeutet, die Komplexität von Konstruktion und Gebäudetechnik zu reduzieren.
- Das Ergebnis sollen Gebäude sein, die einfach zu bauen und einfach zu nutzen sind.
- Ziel ist, durch Reduktion und Robustheit die Umwelt über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden hinweg zu schonen.

den vermehrten Einsatz von technischen Anlagen versucht, die hohen Ziele zu erreichen: Energie (in Form von Heizenergie) zu sparen und für den Nutzer einen ganzjährigen Komfort zu gewährleisten. In der Folge ist der Anteil für technische Anlagen an den Baukosten in den letzten Jahren erheblich gestiegen. Wie Abb. 1 zeigt, hat zwischen dem Jahr 2000 und 2014 eine Preissteigerung von 45,9 % stattgefunden.

Weiterhin führt dies zu einer Vielzahl von Vorschriften und technischen Regelungen, die Planer und Bauherren oftmals überfordern. Fehler in Planung, Ausführung und Bedienung sind die Folge. »Die Dinge, die wir entwerfen, und die wir umsetzen, sind in der Regel zu kompliziert«, findet Florian Nagler, unter dessen Federführung der Forschungsschwerpunkt »Einfach Bauen« an der TU München stattfindet. »Da ist der Reflex verständlich, zu fragen: Wie geht das einfacher?« [2].

Mangelnde Flexibilität der auf eine spezielle Nutzung hin maßgeschneiderten modernen Gebäude führt oftmals zu ihrem frühen Abbruch und Neubau. Dabei gibt es genügend historische Beispiele, wie Gebäude langfristig flexibel genutzt werden und ohne komplizierte Technik funktioniert haben. Gründerzeitbauten sind wohl deshalb so begehrt, weil ihre Grundstruktur eine vielfältige Nutzung für Wohnen, Büro, Arztpraxen u. v. m. zulässt. Dazu zählen sowohl die Raumgrößen und -proportionen als auch die große Raumhöhe. Umbauten sind aufgrund der einfachen und nachvollziehbaren Konstruktionen leicht durchführbar. Gleichzeitig ist die Grundsubstanz mit dicken Außenwänden robust und langlebig. Wirtschaftliche Zwänge, aber auch Technikgläubigkeit, führten im Laufe der Zeit zu einem Verlust an baulicher Qualität. Gebäude wurden optimiert durch niedrigere Decken und monofunktionale



Abb. 2: Das Gebäude 2226 diente als Anregung für die Forschungstätigkeiten an der TU München

Grundrisslösungen [2]. Technische Systeme gleichen seit her den Verlust an Komfort aus, statt diesen mit baulichen Mitteln zu erreichen.

Das Projekt 2226 von Baumschlagler Eberle Architekten zeigt eindrucksvoll, dass nicht das Zurückfallen in alte Zeiten, sondern die Rückbesinnung auf traditionelle Entwurfskonzepte, kombiniert mit moderner Technik, eine Lösung darstellen können. Bei diesem multifunktionalen Büro- und Wohngebäude aus dem Jahr 2013 wurde durch den Verzicht auf wassergeführte aktive Raumkonditionierungssysteme ein radikal einfacher Weg beschritten. Das Kunstlicht stellt die einzige fest installierte Wärmequelle der Räume neben den Bürogeräten dar, zur aktiven Kühlung besteht grundsätzlich keine Möglichkeit. Herausgekommen ist ein Gebäude mit geringem Heizwärmebedarf, der durch eine hochwertige Gebäudehülle, thermische Speichermassen und durch die internen und die solaren Gewinne erreicht wird [3]. Weitere Projekte, wie das ohne technische Raumtemperierung auskommende Kräuterlager in Laufen von Herzog & De Meuron Architekten, haben in den letzten Jahren eine Diskussion über die Möglichkeiten von Lowtech-Gebäuden angeregt.

### Forschungsprojekt »Einfach Bauen«

Vor diesem Hintergrund hat sich an der TU München das Thema »Einfach Bauen« als Forschungsschwerpunkt etab-



Abb. 4: Durch die verschiedenen Schichten mit unterschiedlicher Lebensdauer befindet sich ein Gebäude im ständigen Wandel

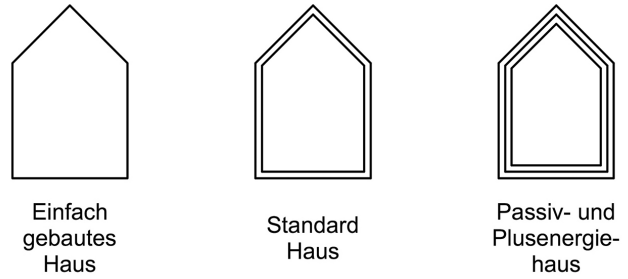


Abb. 3: Hypothese des Forschungsprojekts: Wohngebäude mit hochwertiger und gleichzeitig suffizienter Architektur, robuster Baukonstruktion und reduzierter Gebäudetechnik sind, über einen Lebenszeitraum von 80 bis 100 Jahren, bei besserer Aufenthaltsqualität sowohl üblichen Standardwohngebäuden als auch Passiv- und Niedrigenergiehäusern hinsichtlich Ökobilanz und Lebenszykluskosten überlegen

liert. Das Team unter der Leitung von Prof. Florian Nagler, bestehend aus Architekten und Bau- und Umweltingenieuren, stellte sich die Frage, wie die Architektur mit baulichen Mitteln so optimiert werden kann, dass es möglichst wenig Technik bedarf, um ein angenehmes Raumklima zu erzeugen. Und wie verhalten sich derart »einfach gebaute« Häuser im Vergleich zu Standardwohngebäuden oder Wohngebäuden in Niedrigenergiebauweise bezüglich Umweltwirkung und Lebenszykluskosten über einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren? Im von der Forschungsinitiative Zukunft Bau [4] geförderten Forschungsprojekt »Einfach Bauen – Integrale Strategien für energieeffizientes, einfaches Bauen mit Holz, Leichtbeton und hochwärmedämmendem Mauerwerk – Untersuchung der Wechselwirkungen von Raum, Konstruktion und Gebäudetechnik« wurden über einen Zeitraum von zwei Jahren grundlegende Prinzipien des einfachen Bauens untersucht.

### Methodik

Zu Beginn der Untersuchung traf das Team einige Festlegungen [5]: Betrachtet wird die Typologie von Wohngebäuden mit flexibel nutzbaren Raumgrößen nach Vorbild der Gründerzeitbauten. Da der Bau von Studentenwohnheimen als Pilotprojekte anvisiert war, bildet das Raummodell ein durchschnittliches Studentenzimmer eines Wohnheims mit einer Nettogrundfläche von 18m<sup>2</sup> nach.

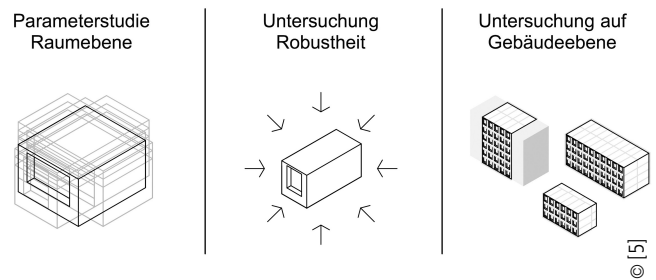


Abb. 5: Aufeinander aufbauende Arbeitsschritte im Forschungsprojekt »Einfach Bauen«



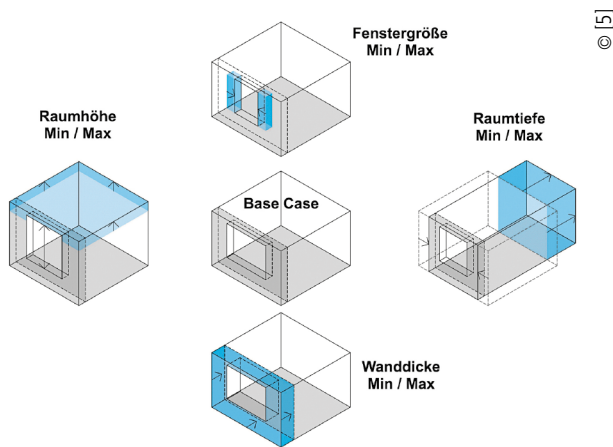


Abb. 6: Jeweils ein Parameter der Grundvariante wurde schrittweise verändert

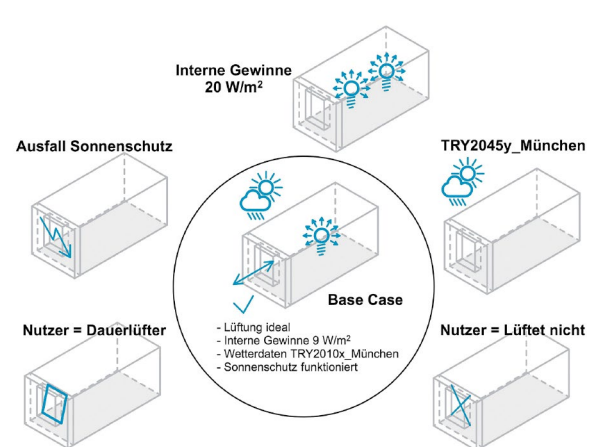


Abb. 7: Unsichere Randbedingungen = Robustheit

Die Wandaufbauten sind schichtenarm bzw. monolithisch ausgebildet, um die Nachteile von vielschichtigen Wandaufbauten zu umgehen: Bei mehrschichtigen Bauteilen übernehmen die einzelnen Schichten jeweils spezielle Anforderungen. Durch die unterschiedliche Haltbarkeit und Nutzungsdauer der Bauteilschichten müssen diese Schichten, während und auch am Ende der Lebenszeit eines Gebäudes, wieder voneinander getrennt werden. Aufwendige Bauweisen, d. h. jeder Knotenpunkt im Detail, jede Übergabestelle von Gewerken auf der Baustelle, bergen zudem ein hohes Fehlerpotenzial.

Um ein breites Spektrum abzudecken, werden gleich drei Materialien betrachtet: die heute hoch entwickelten Konstruktionsmaterialien Massivholz, Leichtbeton und hochwärmedämmendes Mauerwerk. Eine ausführliche Produkt- und Projektrecherche führt in den Vorarbeiten zur Festlegung von optimierten Konstruktionen und Detaillösungen.

Grundsätzlich gliedert sich die Studie in drei Teile. Der erste Abschnitt ist eine Parameterstudie auf Raumebene, in der Einzelräume entworfen und hinsichtlich des Energieverbrauchs untersucht wurden. Anschließend überprüften die Forscher, ob die Raumvarianten, die die besten Ergebnisse geliefert hatten, auch mit veränderten Randbedingungen zurechtkamen. Im letzten Schritt wurden die Räume zu schematischen Gebäuden adaptiert und mit haustechnischen Systemen ergänzt. Hierfür ermittelte man jeweils die Kosten für Entstehung und Betrieb sowie die Umwelteinwirkung.

## Untersuchung auf Raumebene – Optimierung der Architektur

Ein multifunktional nutzbarer Raum mit der Grundfläche von 18m<sup>2</sup> stellte das Basis-Raummodell dar, den sogenannten »Base Case«. Das Nutzerverhalten sowie die Heiztechnik wurden ideal angesetzt, und konstant der Wetterdatensatz für die Stadt München verwendet. Davon ausgehend variierte man Raumparameter wie Geometrie, Fenstergröße,

Glasart und Außenwanddicke. Das Innenraummaß für die Fassadengliederung sowie für die Raumtiefe betrug jeweils zwischen drei und sechs Meter, wobei die Wertepaare Tiefe/Breite in Kombination immer eine Nettogrundfläche von 18m<sup>2</sup> ergaben. Die Raumhöhe variierte von 2,40m, wie von der Musterbauordnung (MBO) vorgeschrieben, bis zu komfortablen 3,40m. Auch der minimale Fensterflächenanteil wurde mit 1/8 der Nettogrundfläche des Raumes durch die MBO vorgegeben. Die Brüstungs- und Sturzhöhe, welche ein Fensterband aufspannen, bestimmten die maximal mögliche Fensterfläche. Als Glasvarianten standen Sonnen- und Wärmeschutzglas jeweils mit Zwei- oder Dreischeibenverglasung zur Auswahl. Die Außenwände unterschieden sich in drei Stärken,

wobei die mittlere Wandstärke eines jeden Materials den U-Wert von 0,28W/m<sup>2</sup>K nach EnEV 2014/16 ergibt. Davon deutlich abweichend, stellten die Mindest- und Maximalwandstärken Extremfälle dar, um die Auswirkungen von U-Wert und Speichermasse auf

Raumklima, Energieeffizienz, Ökologie (LCA) und Ökonomie (LCC) zu beleuchten.

Die Kombination von 81 verschiedenen Geometrien, vier Himmelsrichtungen, drei Bauweisen und drei Glasarten ergab 2916 zu simulierende Varianten. Wenn die gewählte Fenstergröße in Kombination mit Glasart und Raumproportion zu wenig Tageslicht in den Raum ließ (als Grenze wurden min. 2 % Tageslichtquotient festgelegt), wurde diese nicht weiter untersucht. So reduzierte sich die Variantenzahl auf 2603, die thermisch dynamisch simuliert wurden. Dafür kam die Rhinoceros/Grasshopper®-Umgebung mit dem Plug-in TRNLizard mit dem Rechenkern der Software TRNSYS 18 zum Einsatz.

Welche Parameterkonfigurationen vereinigen nun am besten den Wunsch nach einem geringen Heizwärmebedarf und wenigen Übertemperaturgradstunden im Gebäude?

Der Heizwärmebedarf wird primär durch Maßnahmen gesenkt, die die Transmissionswärmeverluste über die Hülle verringern und sekundär über Maßnahmen, die die solaren Gewinne erhöhen. Die Übertemperaturgradstunden

»Man sollte alles  
so einfach wie möglich sehen  
– aber auch nicht einfacher.«

Albert Einstein

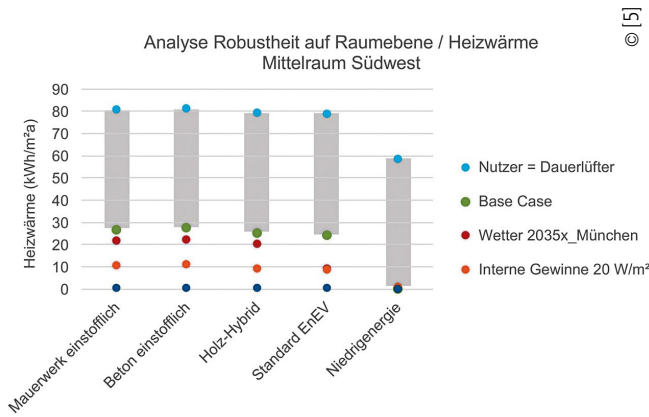


Abb. 8: Beispiel der Robustheitsanalyse auf Raumebene: Ergebnisspreizung für den Heizwärmebedarf für einen Mittelraum mit Südwestausrichtung

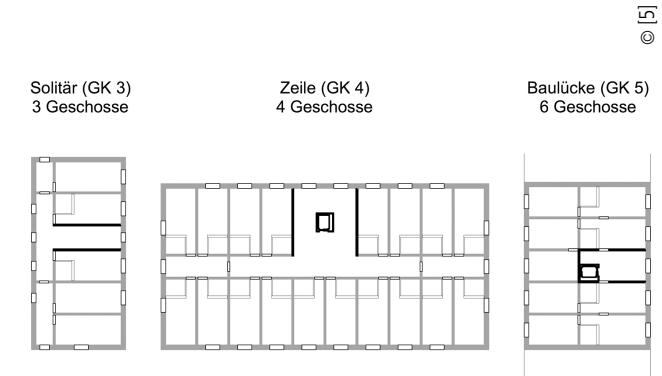


Abb. 9: Typengrundrisse GK 3 (Solitär), GK 4 (Zeile), GK 5 (Baulücke)

werden primär über die Vermeidung von solaren Gewinnen und sekundär über mehr Speichermasse gesenkt. Ein adaptives System, das solare Wärmeeinträge im Sommer vermeidet und solare Wärmegewinne im Winter ermöglicht, könnte diesen Konflikt auflösen. Allerdings wird, sofern das System nicht stabil gegenüber des »Nutzerfehlverhaltens« ist, die Robustheit vermindert, da im Falle einer Fehlfunktion keine Verbesserung, sondern eine Verschlechterung entsteht, z. B. durch einen geschlossenen Sonnenschutz im Winter oder eine ungeschützte Glasfassade auf der Südseite im Sommer. Eine robustere Strategie wäre es, die Fensteröffnung so zu gestalten, dass die Belichtung des Raums auch bei einem kleinen Fensterflächenanteil noch ausreichend gegeben ist. Dies wäre durch höhere Räume zu erreichen, da dadurch die Belichtungswirkung der Fensteröffnung verbessert wird, weil das Licht tiefer in den Raum gelangt. In der detaillierten Auswertung der Parameterstudie befinden sich Varianten mit maximaler Raumtiefe und Raumhöhe, geringem Fensterflächenanteil und Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung immer unter den Top 10 bei den Übertemperaturgradstunden und in der Top 30 bezüglich des Heizwärmebedarfs.

Insgesamt zeigte es sich, dass Raumvarianten mit reduziertem Hüllflächenanteil, thermischen Speichermassen und optimierten Fensterflächen mit einem Tageslichtquotienten von 2 % sich als optimal bezüglich geringem Heizwärmebedarf und reduzierter Überhitzung im Sommer erwiesen. An diesen erfolgreichen Raumkonfigurationen wurde im nächsten Schritt die Robustheit gegenüber unsicheren Randbedingungen untersucht.

### Untersuchung der Robustheit

Bisherige Planungsprozesse haben zum Ziel, für die jeweilige Aufgabe das Optimum zu finden. So erreicht beispielsweise ein Niedrighaus bestmögliche Werte in Bezug auf den Heizwärmebedarf. Dabei bleibt oft unberücksichtigt, dass sich die als ideal angenommenen Umgebungsparameter in der Realität dramatisch ändern können. Diese Annahme wurde als Grundlage für die Robustheitsuntersuchung genommen. Ein System wurde als robust definiert, wenn es unter Idealbedingungen nicht unbedingt das bestmögliche Ergebnis erreicht, dafür aber unsensibel auf sich verän-

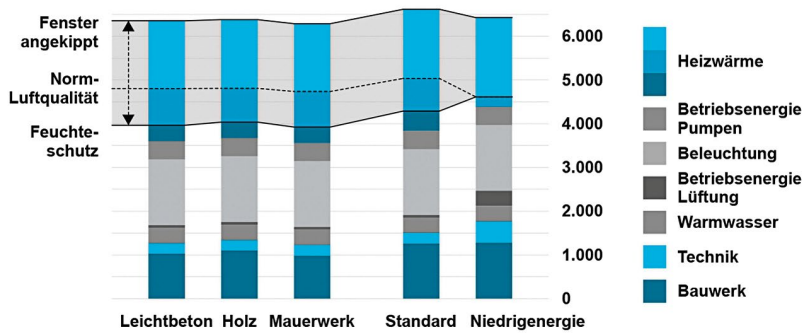
dernde Eingangsgrößen reagiert. Ein robustes System sollte also auch dann gute Ergebnisse liefern, wenn die im ersten Simulationsdurchlauf konstant gehaltenen Umgebungsparameter variieren.

In Phase 2 beschreibt der zugrunde gelegte Wetterdatensatz ein ganzjährig milderes Klima, das der Deutsche Wetterdienst für das Jahr 2045 prognostiziert. Für das Nutzerverhalten wird der Extremfall angenommen: Entweder lüftet der Bewohner tagsüber zu keinem Zeitpunkt. Damit besteht der Luftwechsel ausschließlich aus einer minimalen angenommenen Grundlüftung. Als entgegengesetztes Verhalten lüftet der Nutzer tagsüber konstant, unabhängig von der Außentemperatur. Auch wenn dieses Verhalten in der Realität nur selten eintreffen mag, gibt es doch sehr deutlich Aufschluss über die Performance des simulierten Raums. Als Extremfall des Kriteriums »Interne Gewinne« werden die internen Lasten von 9 auf 20 W/m mehr als verdoppelt, um den Effekt auf Heizwärmebedarf und sommerlichen Wärmeschutz zu testen. Während in Phase 1 kein Sonnenschutz vorgesehen war und die Fenster nur durch die unterschiedlich tiefen Laibungen verschattet wurden, ist diesmal für den Holzbau ein außen liegender, dynamischer Sonnenschutz mit einem Abminderungsfaktor von 80 % vorgesehen. Im Extremfall fällt der Sonnenschutz komplett aus. Zum Vergleich wurden zusätzlich zu den drei bislang untersuchten einfachen Bauweisen (Mauerwerk, Infralichtbeton und Massivholz) noch ein Holz-Beton-Hybrid und jeweils ein Raummodell in Standardbauweise und in Niedrigenergiebauweise betrachtet, was eine Variantenzahl von 128 ergab.

Abb. 8 stellt beispielhaft den Heizwärmebedarf für einen Mittelraum mit Südwestausrichtung in fünf untersuchten Varianten dar. Diese Untersuchung wurde für alle Himmelsrichtungen durchgeführt. Der grüne Punkt zeigt jeweils den Base Case an. Alle weiteren Punkte stehen für eine veränderte unsichere Randbedingung. Die vertikale Anordnung der Punkte je Variante geschieht nach Wärmegewinnen/-verlusten bzw. Kelvinstunden auf der y-Achse. Der graue Balken entspricht der Streuung der Zielgröße induziert durch die Schwankung der unsicheren Randbedingungen. Somit lassen sich die Varianten bezüglich ihrer Robustheit vergleichen.

In der Untersuchung hat sich gezeigt, dass das Lüftungsverhalten des Nutzers den größten Einfluss auf den Heiz-

Lebenszykluskosten (LCC) in EUR netto / m<sup>2</sup> Nutzfläche  
Herstellung, Transport, Austausch und Energie Betrieb Zeitraum 100 Jahre, Entsorgung



© Lehrstuhl für Entwerfen und Konstruieren, TU München

Abb. 10: Lebenszykluskosten der Zeilentypologie in GK 4 betrachtet über einen Lebenszyklus von 100 Jahren mit Darstellung verschiedener Lüftungsszenarien

wärmebedarf im Negativen wie im Positiven hat. Im Sommer bestimmen das Wetter und die internen Gewinne vorrangig die Überhitzung. Insgesamt zeigen sich die einfachen Bauweisen robuster gegenüber Einflussnahme durch den Nutzer als die parallel untersuchten Raummodelle mit Standard- und Niedrigenergiekonzept. Der Unterschied der Varianten in der Robustheit auf Raumebene lässt darauf schließen, dass die Robustheit auch auf der Gebäudeebene eine wichtige Rolle spielt. Aus diesem Grund werden im Weiteren durch eine Lebenszyklus- und Lebenskostenanalyse die Effekte der Robustheit berücksichtigt.

### Untersuchung auf Gebäudeebene

Im dritten Schritt wurden auf Basis der Raumvarianten drei typische Bauformen im Geschosswohnungsbau schematisch als Basis für eine Mengenermittlung und Abschätzung der Verbrauchswerte erstellt.

- Solitär (GK 3), 3 Geschosse, 704m<sup>2</sup> Nutzfläche,
- Zeile (GK 4), 4 Geschosse, 2820m<sup>2</sup> Nutzfläche,
- Baulücke (GK 5), 6 Geschosse, 1614m<sup>2</sup> Nutzfläche.

Als Referenz werden den einfachen Bauten in jeder Gebäudeklasse ein Standardgebäude nach EnEV-Standard 2016 mit Wärmepumpenheizsystem und ein Niedrigenergiegebäude gegenübergestellt.

Die Untersuchung auf Gebäudeebene hat gezeigt, dass, über den Zeitraum von 100 Jahren betrachtet, der Energieeinsatz für die Heizung und Belüftung des Gebäudes den dominierenden Einfluss auf die Gesamtbilanz des Gebäudes hat. Wie in der Robustheitsuntersuchung auf Raumebene ermittelt wurde, gibt es hier gleichzeitig große Schwankungen abhängig vom Nutzerverhalten bei der Fensterlüftung. Aufwendigere Gebäudetechniksysteme produzieren nicht automatisch Einsparungen im Betrieb, wie auch andere Studien beweisen [7]. Als Fazit kann festgehalten werden, wenn man ergänzend zu den statischen Umwelt- und Kostenkennwerten die Unsicherheit in den Randbedingungen mitberücksichtigt, hat man bei einfachen Bauten eine deutlich geringere Spreizung des Heizwärmebedarfs und damit ein robusteres System als bei den konstruktiv komplexeren und im Betrieb sensibleren Standard- und

Niedrigenergiegebäuden. Das zeigt sich nicht nur speziell am Heizwärmebedarf, sondern auch in den Übertemperaturstunden, denn diese schwanken bei einfachen Bauten in einem schmaleren Band und zeigen auch damit eine höhere Robustheit sowohl gegen unvorhergesehenes Nutzerverhalten als auch gegen äußere Einflüsse oder nicht funktionsfähige Teilsysteme. Die Kosten verhalten sich analog dazu.

### Ergebnis der Forschung

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse die anfangs gestellte These, dass einfache Wohngebäude mit hochwertiger, suffizienter Architektur, robuster Baukonstruktion und reduzierter Gebäudetechnik

hinsichtlich Umweltwirkung und Lebenszykluskosten sowohl Standardwohngebäuden, als auch Niedrigenergiehäusern überlegen sind. Einfach Bauen bedeutet, ein Gebäude bereits in den ersten Planungsschritten durch eine Vielzahl von Entscheidungen robust und langlebig zu gestalten:

- kompakte Gebäudeform,
- einschichtige Wand- und Deckenkonstruktionen,
- klimatisch träge Bauteile durch thermische Speichermasse,
- angemessene Fensterflächen – kein Sonnenschutz – Nutzerlüftung,
- wenig Aufwand für den Betrieb durch geringe Komplexität des Gebäudes,
- handwerkliche Fügung der Bauteile,
- Verzicht auf Hilfsstoffe und materialfremde Sonderbauteile,
- konsequente Trennung von Gebäude und Techniksystemen.

Da der spätere Nutzer insbesondere durch sein Lüftungsverhalten große Einflussmöglichkeiten auf die Energiebilanz des Gebäudes besitzt, sollte er geschult und gleichzeitig sollten technische Systeme verwendet werden, die auch bei einem abweichenden Verhalten des Nutzers noch ausreichend robust sind, um die angestrebten Ergebnisse zu erzielen. Zudem sollten bereits bei der Planung spätere Umnutzungen und Instandsetzungen bedacht werden, da diese bei langer Lebensdauer des Gebäudes ökologisch und ökonomisch große Bedeutung haben.

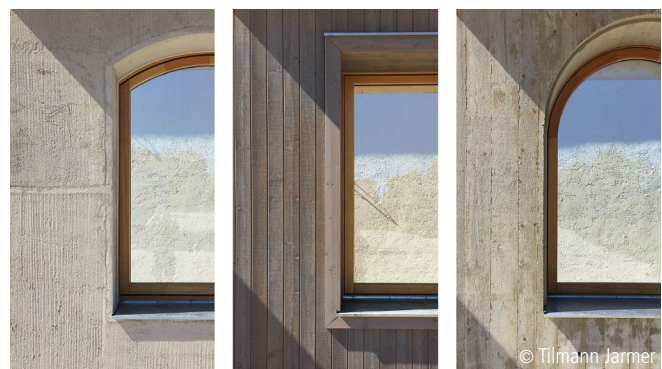


Abb. 11: Fensterdetails der verschiedenen Bauweisen; Foto der Fassadenmodelle im Maßstab 1:1



## Umsetzung in die Praxis – Bau von drei Forschungshäusern

In Bad Aibling planen Florian Nagler Architekten derzeit drei Forschungshäuser als nicht unterkellerte, dreigeschossige Wohngebäude in den Bauweisen Massivholz, Leichtbeton und wärmedämmendem Mauerwerk nach der Strategie »Einfach Bauen«. Die material- und klimagerecht konstruierten Gebäude benötigen von sich aus wenig Heizenergie und überhitzen im Sommer nicht. Der Einsatz von einschichtigen Bauteilen aus natürlichen und nachwachsenden Rohstoffen schont die Umwelt über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes hinweg. Das Ergebnis sind Wohngebäude, die einfach zu bauen und einfach zu betreiben sind. Um Stürze und damit Materialwechsel und aufwendige Details zu vermeiden, leiten sich die Fensterformen von den Eigenschaften des Außenwandmaterials ab (Abb. 11). Die Grundrisse sind möglichst nutzungsneutral entwickelt, um spätere Veränderungen zu ermöglichen (Zusammenschluss von Wohneinheiten, Nutzung als Büroräume o. Ä., s. Abb. 12). Durch die Optimierung von Raumgeometrie, Fensterfläche und Speichermasse konnte das Haustechniksystem sehr einfach gehalten werden: Die Wärmeerzeugung erfolgt über ein vor Ort vorhandenes Biogas-Blockheizkraftwerk mit einer Wärmeübergabe an den Raum über Heizkörper. Fensterfalzlüfter sorgen in Kombination mit Ablüftern in den Badbereichen für eine kontrollierte Grundlüftung zum Feuchteschutz. Fensterlüftung je nach Laune des Nutzers bleibt jederzeit möglich. Die Häuser funktionieren ohne einen außen liegenden, variablen Sonnenschutz.

### Weitere Forschung

Die im Herbst 2018 abgeschlossene Grundlagenforschung ist Start eines Großprojekts mit dem übergeordneten Titel »Einfach Bauen«. Im daran anschließenden, aktuell bis Ende 2020 laufenden Forschungsprojekt »Einfach Bauen 2 – Planen, Bauen, Messen« begleitet und dokumentiert das Forschungsteam den Bau der drei Forschungshäuser in Bad Aibling. Ein Feuchtemonitoring und Wärmeflussmessungen der Bauteile sollen Aufschluss über die tatsächlichen Materialeigenschaften geben. Erste Probemessun-

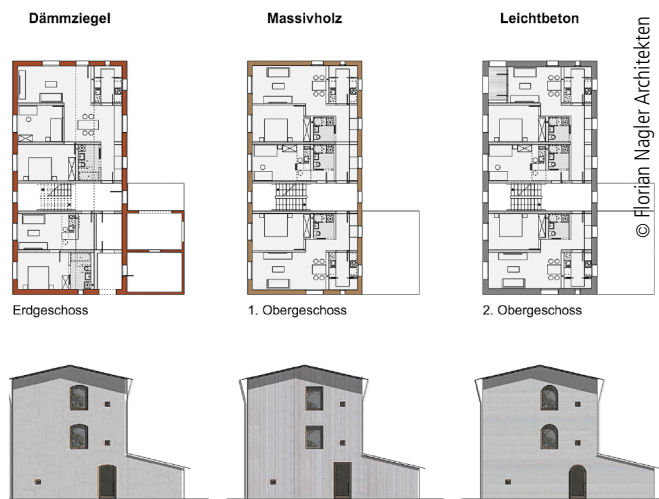


Abb. 12: Grundrisse und Straßenansicht der drei Forschungshäuser

gen einzelner Räume bilden die Grundlage für ein umfangreiches Messkonzept für die nächste Forschungsphase.

Die Erkenntnisse aus der praktischen Anwendung vom einfachen Bauen finden unter Rückkopplung mit den Ergebnissen der Forschung aus »Einfach Bauen 1« Eingang in einen Leitfaden. Durch die anwenderfreundliche Aufbereitung des Themas und das Aufzeigen von Lösungsansätzen bis ins Detail sollen Planer in die Lage versetzt werden, die Prinzipien des einfachen Bauens frühzeitig in die Gebäudeplanung einfließen zu lassen. Private und öffentliche Auftraggeber und Bauherren bekommen damit eine gut verständliche Entscheidungshilfe an die Hand.

Den Abschluss der Reihe bildet die dritte Forschungsphase, deren Durchführung in den Jahren 2021 bis 2022 geplant ist. Nach dem Bezug der Häuser werden vergleichende Langzeitmessungen den Verbrauch und das Raumklima erfassen. Die Bewohner der Forschungshäuser werden zu ihren Gewohnheiten und Wohnzufriedenheit befragt. Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse zu, inwieweit die Annahmen aus der Simulation in der Realität zutreffen und ob eine Anpassung des Konzepts »Einfach Bauen« nötig ist.

### Literatur

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BUNBR) (Hrsg.): Bericht der Baukostensenkungskommission des Bündnisses für bezahlbares Wohnen und Bauen. Berlin, 2015
- [2] Auer, Thomas: Einfach Bauen. In: XIA – Intelligente Architektur 10-12 (2014)
- [3] Eberle, Dietmar (Hrsg.) et al.: be 2226 Die Temperatur der Architektur. Basel: Birkhäuser Verlag, 2016
- [4] Zukunftbau. URL: [www.zukunftbau.de](http://www.zukunftbau.de) [Stand: 10.07.2020]
- [5] Nagler, Florian et al.: Schlussbericht des Forschungsvorhabens Einfach Bauen. München: Technische Universität München, 2018
- [6] Brand, Stewart: How Buildings Learn: What Happens After They're Built. New York City: Viking Verlag, 1994
- [7] GEWOFAG Holding GmbH München: Forschungsprojekt Riem – Wichtige Erkenntnisse für zukünftige Bauvorhaben. München: 2016

### Hinweise

Weitere Informationen und Auflistung der Projektpartner:  
[www.einfach-bauen.net](http://www.einfach-bauen.net)  
 Kostenfreier Download des Schlussberichts [5]:  
[www.baufachinformation.de/einfach-bauen/fb/252337](http://www.baufachinformation.de/einfach-bauen/fb/252337)

### DIE AUTORIN



Dipl.-Ing. Architektin Anne Niemann

Die wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Technischen Universität München ist Projektleiterin im Forschungsprojekt »Einfach Bauen«. Weitere Schwerpunkte ihrer Forschungs- und Autorentätigkeit sind Bauen mit Laubholz und Geschlechtergerechtigkeit in der Architektur.

Technische Universität München  
 Fakultät Architektur  
 Lehrstuhl für Entwerfen und Konstruieren  
 Arcisstraße 21  
 80333 München  
[anne.niemann@tum.de](mailto:anne.niemann@tum.de)