

Einfach massiv – monolithische Wandaufbauten in drei Forschungshäusern

Anne Niemann
Technische Universität München
München, Deutschland



Einfach massiv – monolithische Wandaufbauten in drei Forschungshäusern

1. Hintergrund

Die Komplexität der Konstruktionen und Gebäudetechnik steigt seit Jahrzehnten stetig. Dies betrifft die Anforderungen an Standsicherheit, Wärme-, Feuchte-, Brand- und Schallschutz, Hygiene und Gesundheit wie auch den allgemeinen Nutzerkomfort. Das äußert sich in einer fast unüberblickbaren und weiter steigenden Zahl an Normen und Baugesetzen. Das damit anvisierte Ziel der Qualitätssicherung wird oft nicht erreicht: Die Folge der Komplexität ist eine hohe Fehlerquote in Planung und Ausführung sowie eine Überforderung von Bauherren und Nutzern. Daher stellt sich die Frage: «Geht das nicht auch einfacher?»

2. Das Forschungsprojekt Einfach Bauen

Seit 2017 untersucht im Forschungszentrum Einfach Bauen der Technischen Universität München ein interdisziplinäres Team unter der Leitung von Prof. Florian Nagler, wie man die Komplexität im Bauen reduzieren kann. Der Anspruch ist, Strategien für einfach gebaute Gebäude zu entwickeln, die – über einen Zeitraum von 100 Jahren betrachtet – gedämmten Konstruktionen und sogar Niedrigenergiehäusern sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich überlegen sind. Gefördert wird das mehrstufige Forschungsvorhaben durch das Programm «Zukunft Bau» [1] des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

2.1. Grundlagenforschung

Ziel im ersten Schritt war es festzustellen, welche baulichen Maßnahmen einen entscheidenden Einfluss auf das Innenraumklima haben [2]. Wie kann die Architektur so optimiert werden, dass es auch ohne den Einsatz von viel Technik im Winter angenehm warm und im Sommer nicht zu heiß wird?

Ausgangspunkt der Untersuchungen waren die heute hochentwickelten Konstruktionsmaterialien Massivholz, Leichtbeton und hochwärmedämmendes Mauerwerk als schichtenarme bzw. monolithische Wandaufbauten.

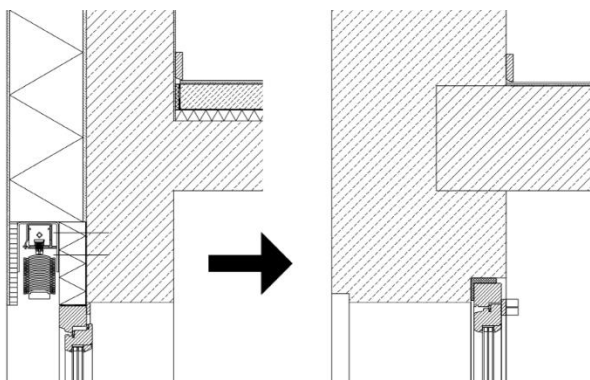


Abbildung 1: Schematische Darstellung des vereinfachten Wandaufbaus in Beton

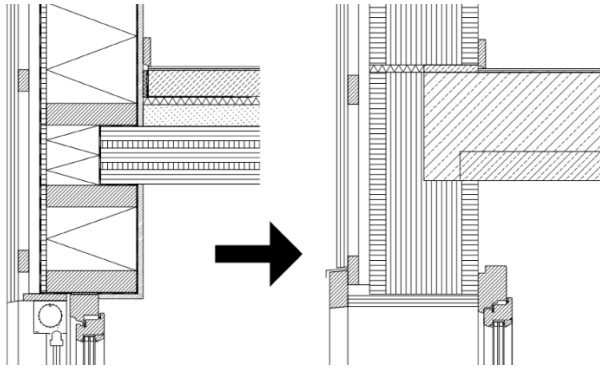


Abbildung 2: Schematische Darstellung des vereinfachten Wandaufbaus in Holz

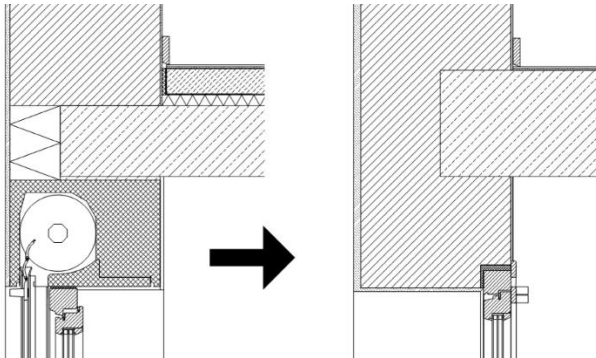


Abbildung 3: Schematische Darstellung des vereinfachten Wandaufbaus in Mauerwerk

Ausgehend von einem 18 m² großen Basis-Raummodell wurden in einer Computersimulation Parameter wie Geometrie, Fenstergröße, Glasart und Außenwanddicke verändert. Die Kombination von 81 verschiedenen Geometrien, vier Himmelsrichtungen, drei Bauweisen und drei Glasarten ergab knapp 3000 Varianten. In der Auswertung zeigte sich, dass Raumvarianten mit reduziertem Hüllflächenanteil, thermischen Speichermassen, großen Raumhöhen und optimierten Fensterflächen sich als optimal bezüglich geringem Heizwärmebedarf und reduzierter Überhitzung im Sommer erwiesen.

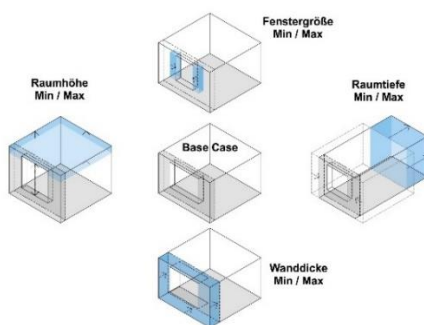


Abbildung 4: Jeweils ein Parameter der Grundvariante wurde schrittweise verändert

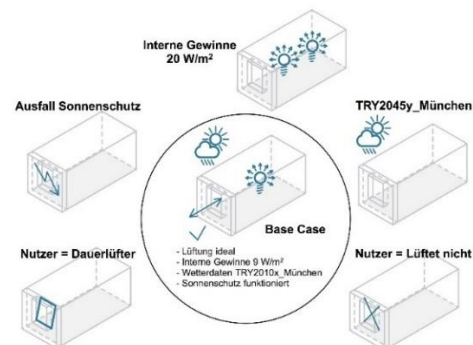


Abbildung 5: Untersuchung der Robustheit durch die Veränderung der Randbedingungen

Diese rein auf die baulichen Faktoren ausgerichtete Untersuchung lieferte klare Ergebnisse. Doch was passiert, wenn sich die bislang konstant gehaltenen Randbedingungen, wie beispielsweise das Wetter oder das Nutzerverhalten, ändern? Ein System wird als robust definiert, wenn es unter Idealbedingungen nicht unbedingt das bestmögliche Ergebnis erreicht, dafür aber unsensibel auf sich verändernde Eingangsgrößen reagiert.

In der Robustheitsuntersuchung hat sich gezeigt, dass das Lüftungsverhalten des Nutzers den größten Einfluss auf den Heizwärmebedarf 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. Die Kosten verhalten sich analog dazu.

2.2. 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



Abbildung 6: An drei 1:1 Modellen wurden exemplarische Details (Sockel, Öffnungen) und materialgerechtes Konstruieren erprobt. Foto: TUM

2.3. Die drei Forschungshäuser



Abbildung 7: Straßenansicht der drei Forschungshäuser im Bauzustand; Foto: Max Kratzer

Die erforschten Grundprinzipien des einfachen Bauens wurden in einem Leitfaden [3] zusammengefasst und kamen beim Bau von drei Forschungshäuser durch Florian Nagler Architekten in Bad Aibling zur Anwendung.

Entstanden sind drei material- und klimagerecht konstruierte dreigeschossige Wohngebäude in den Bauweisen Massivholz, Leichtbeton und wärmedämmendem Mauerwerk. Um Stürze und damit Materialwechsel und aufwändige Details zu vermeiden, leiten sich die Fensterformen von den Eigenschaften des Außenwandmaterials ab. Die Entscheidung für monolithische Wand- und Deckenkonstruktionen wurde bereits in der Antragsphase gefällt. Grund hierfür war der Wunsch, durch eine einschichtige Bauweise die Komplexität der Gebäude in der Planungs- und Bauphase, aber auch während der Instandsetzung und dem Rückbau zu reduzieren. 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.

2.4. Monolithische Außenwandkonstruktionen

Üblicherweise bildet eine Schicht aus Mauerwerk, Stahlbeton oder Holz das Tragwerk und sorgt mit ihrer Masse für Schallschutz und thermische Trägheit. Die in der Regel außen angebrachte Schicht aus Dämmstoffen garantiert die Wärmeisolation der Außenwand. Den Abschluss bildet die Fassade als Gestaltungselement und wetterabweisende Schicht. Macht man sich nun Gedanken über die weitere Zukunft der Gebäude, stellen sich Fragen: Welcher Instandhaltungsaufwand entsteht, wenn verschiedene Schichten das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben? Sind Ersatzteile für das Gebäude auch zukünftig verfügbar? Kann ich die Teile des Gebäudes wiederverwenden oder Materialmischungen wieder voneinander trennen?

Unter der Devise «Einfach Bauen» werden deshalb folgende Ziele verfolgt:

- Wenige Bauteilschichten
- Sortenreine Verwendung mineralischer oder nachwachsender Rohstoffe
- Bauteile den Eigenschaften des Materials folgend zu robusten und langlebigen Konstruktionen fügen

Das monolithische Bauen umfasst allgemein einstoffliche Bauweisen aus Materialien wie Beton, Ziegel oder Holz. Der Begriff, übersetzt «aus einem Stein», stammt aus dem Griechischen und bezeichnet die Vereinigung verschiedener Funktionen, beispielsweise der Statik oder des Wärmeschutzes, in einem einzigen Bauteil. Dass die elementaren Funktionen des Bauwerks mit nur einem Bauteil erfüllt werden, grenzt das monolithische Bauen von mehrschichtigen Konstruktionsweisen ab [3].



Abbildung 8: Die drei verwendeten Außenwandmaterialien: Massivholz und Ziegel – jeweils mit Luftkammern, sowie Infraleichtbeton. Foto: Tilmann Jarmer

2.5. Massivholz

Für den Holzbau bedeutete dies die Wahl eines Vollholzwandbauteils, das die Anforderungen an die deutsche Energiesparverordnung (EnEV) erfüllen musste, und zwar mit möglichst wenig Ressourceneinsatz. Es gibt bereits ein zugelassenes Produkt auf dem Markt, das durch schmale, vertikale Schlitze in den vertikalen Mittellagen des Holzquerschnitts – einem Hohlkammerziegel ähnlich – Lufteinschlüsse ins Bauteil integriert.

Durch diese Luftkammern im Querschnitt ist eine Verringerung der Wärmeleitfähigkeit auf $\lambda = 0,07 \text{ W/mK}$ möglich, womit ein U-Wert von $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ bereits bei Wandelementen von einer Dicke von 23 cm erreicht wird. Allerdings zeigte sich in den Simulationen, dass nur ein Holz-Hybridbau robust genug ist, um in Bezug auf Speichermasse und Wirtschaftlichkeit mit Bauten aus Beton oder Mauerwerk mithalten zu können. Um die Anzahl der Übertemperaturgradstunden zu senken, wurde für den Holzbau daher eine Betondecke eingeplant.

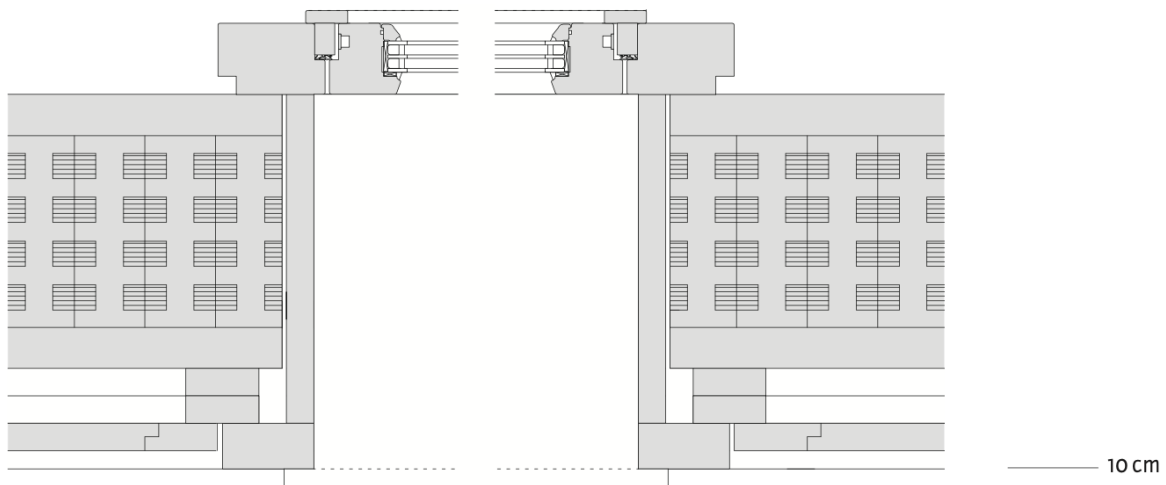


Abbildung 9: Ausführungsplanung für eins der drei Forschungshäuser für Bad Aibling. Architekt Florian Nagler hat hier Vollholzwandbauteile mit schmalen Schlitzen in den vertikalen Mittellagen verwendet. Einem Hohlkammerziegel ähnlich verringern die Lufteinschlüsse die Wärmeleitfähigkeit der Bauteile. (Florian Nagler Architekten)



Abbildung 10: Innenaufnahme des Holzhauses. Foto: Sebastian Schels

2.6. Überprüfung der Strategie

Das Konzept Einfach Bauen hat sich unter «Laborbedingungen» als erfolgreich herausgestellt. Doch wie gut funktioniert es im Praxistest? Schaffen die einfach gebauten Forschungshäuser das ganze Jahr über eine thermisch komfortable Aufenthaltsqualität und ist die dafür benötigte Energie verhältnismäßig? Um diese Fragen zu beantworten, erfasst das Forschungsteam im Zeitraum von 2021 bis Anfang 2023 eine Reihe von Daten [4]. Um das bauklimatische Verhalten der drei Bauweisen bewerten und vergleichen zu können, wird der thermische Komfort in den Innenräumen gemessen. In den Wohnungen im 2. Obergeschoss angebrachte Sensoren zeichnen die Komfortparameter Lufttemperatur, Luftfeuchte, Strahlungstemperatur, CO₂-Gehalt, und Beleuchtungsstärke auf. Die Verbrauchsmessung untersucht die jeweiligen Verbräuche an Energie bzw. Energieträgern. Mit der Erfassung und Auswertung der Daten lässt sich überprüfen, ob der zuvor berechnete Energiebedarf in der Praxis erreicht wird. Eine Wetterstation auf dem Dach des Betonhauses liefert zuverlässig Echtzeitdaten zu Temperatur, Feuchte und Wind.

Durch das Bauteilmonitoring werden die Außenwandkonstruktionen auf die Parameter Feuchte-, Temperaturverlauf und Wärmestrom hin überwacht und aufgezeichnet, um die Dauerhaftigkeit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dämmwirkung der angewendeten Materialien und Konstruktionslösungen bewerten zu können. Dazu werden im 2. OG an bzw. in den Außenbauteilen der Nord- und Westfassade Wärmeflussplatten und Feuchtemesselektroden angebracht.

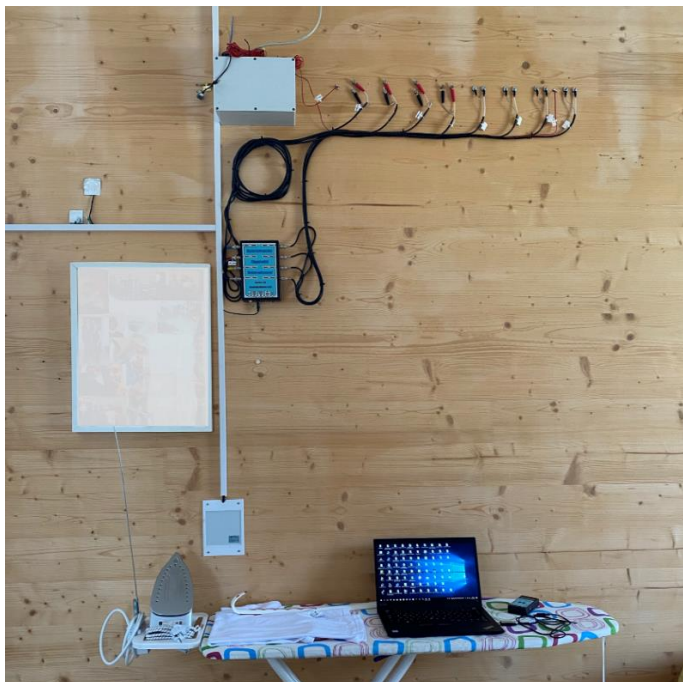


Abbildung 11: Bauteilmessung im Holzmassivhaus in Bad Aibling; Foto: TUM

3. Fazit

Viele Gebäude bleiben lange erhalten, auch wenn dies selten bei der Planung bedacht wird. Um sie langfristig nutzen zu können, sollten Veränderungen möglich und daher bereits im Planungsprozess angedacht sein. Flexible Grundrissstrukturen ermöglichen Wechsel in der Nutzung. Alterungsfähige Oberflächen garantieren die Langlebigkeit der Gebäude. Durch die Trennung von Haustechnik und Baukonstruktion können veraltete Techniksysteeme leichter ersetzt werden. Monolithische Wandaufbauten reduzieren die Komplexität, vereinfachen die Bauabläufe und den Rückbau.

- [1] www.zukunftbau.de
- [2] Nagler, F., et. al. (2018): Einfach Bauen – Abschlussbericht, TU München
- [3] Einfach Bauen – ein Leitfaden, F. Nagler (Hrsg.), Birkhäuser 2021
- [4] aktuelle Einblicke in die Forschung auf www.einfach-bauen.net