

# Schwerpunkt Wirtschaftlichkeit

## Eigenschaften und Potentiale des Leichtbaus

# Schwerpunkt Wirtschaftlichkeit

## Eigenschaften und Potentiale des Leichtbaus

„Eigenschaften und Potentiale des Leichtbaus“ ist eine wissenschaftliche Studie, die unter Leitung von Prof. Dr. Ing. Karsten Tichelmann/Institut für Trocken- und Leichtbau Darmstadt unter Mitwirkung von DI Dr. Adolf Merl/TU Wien, Prof. Jochen Pfau/Versuchsanstalt für Holz und Trockenbau Darmstadt, DI Dr. Margit Pfeiffer-Rudy/TU Wien und Prof. DDI Wolfgang Winter/TU Wien im Auftrag von BAU.GENIAL erstellt wurde. Die einzelnen Kapitel werden in gesonderten Heften publiziert. Eine Kurzfassung der gesamten Studie ist nachzulesen auf [www.baugenial.at](http://www.baugenial.at)

## 3 Wirtschaftlichkeit von Leichtbauweisen

### 3.1 Einleitung

*Leichtigkeit, Ressourcen- und Energieeffizienz sind die Kriterien der Zukunft*

Verschiedenste Entwicklungen im 21. Jahrhundert führen dazu, dass zukünftiges Bauen zunehmend weniger unter dem Aspekt der „Schwere“ und somit der Massivbauweise geplant wird, sondern vielmehr unter den Kriterien der Leichtigkeit, der Ressourcen- und Energieeffizienz sowie der Veränderbarkeit. Unter diesen Aspekten nimmt der Leichtbau eine bedeutende Rolle ein.

*Vergleich der Leistungsfähigkeit von Bauweisen*

Ein Vergleich der „Leistungsfähigkeit“ verschiedener Bauweisen setzt die Erfüllung der gleichen oder vergleichbaren Funktionen durch die betrachteten Bauteile voraus. Bestimmte Anforderungen werden für einen Bauteil bauordnungsrechtlich festgelegt oder privatrechtlich vereinbart, z. B. Festlegung eines Schalldämm-Maßes. Ein ganzheitlicher technischer Vergleich betrachtet die weiteren Eigenschaften des Bauteils, z. B. Dicke, Gewicht, weitere bauphysikalische Eigenschaften (Feuerwiderstand, Wärmedurchlasswiderstand), Montagedauer, usw. Man spricht auch von vergleichbaren „Dienstleistungen“ einer Bauart bzw. Bauweise. In der Regel findet der Primär-Vergleich auf Bauteilebene statt, der Sekundär-Vergleich bei globaler Betrachtung der Eigenschaften der Bauweise.

Als Entscheidungsgrundlage zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Bauweisen können folgende Kriterien herangezogen werden:

#### **I Bauphysikalische Kriterien**

Schalldämmung, Brandschutz, Wärmeschutz, Feuchteschutz

#### **I Technische und konstruktionsspezifische Kriterien**

Bauteildicke, Gewicht, Tragfähigkeit, Beanspruchbarkeit, Flexibilität und Anpassbarkeit, Installationsfreundlichkeit

#### **I Baubetriebliche und ökonomische Kriterien**

Vorfertigung und Vorfertigungsgrad, Bauzeit, bauartspezifische Trocknungs- und Wartezeiten, Baukosten, Betriebs- und Instandhaltungskosten

#### **I Ökologische Kriterien und Umweltverträglichkeit**

Primärenergieverbrauch, CO<sub>2</sub>-Äquivalent, NO-Äquivalent,

*„soft skills“ von Bauteilen*

Von grundlegender Natur sind die in Abhängigkeit von Gebäudetyp und Nutzung direkt gesetzlich vorgegebenen Eigenschaften (i. d. R. bauphysikalische Eigenschaften) sowie die aus der planmäßigen Belastung heraus erforderlichen Eigenschaften (z. B. Tragfähigkeit von tragenden Bauteilen, Holzschutz, Wasserdichtheit von Kellerwänden). Die darüber hinaus gehenden Kriterien werden als so genannte „weiche Eigenschaften“ (soft skills) bezeichnet, sie unterliegen keinen direkten gesetzlichen oder belastungsbe-

dingten Anforderungen. Trotzdem kommt ihnen eine große Bedeutung bei der Auswahl einer Bauweise zu, da sie in direktem Zusammenhang zu der Wirtschaftlichkeit und Effizienz eines Gebäudes stehen.

Mit welcher Qualität die genannten „Dienstleistungen“ über eine gegebene Grundanforderung hinaus erfüllt werden, d. h. in welchem Maße „soft skills“ vorliegen, kann als Bewertungskriterium für eine Bauweise herangezogen werden. Bauweisen, die in ihren Eigenschaften bezüglich der oben aufgeführten Kriterien überlegen sind, werden positiv bewertet. Der Einsatz dieser Bauweisen unter gezielter Nutzung ihrer Potentiale führt zu einer Verbesserung der technischen Eigenschaften und Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes.

Auf der Ebene der Bauteile ist zwischen tragenden und nichttragenden Systemen zu unterscheiden. Nichttragende Systeme, z. B. nichttragende Innenwände, haben die primäre Funktion des Raumabschlusses, tragende Systeme erfüllen zusätzlich eine statische Funktion. Mit dem Raumabschluss verbunden sind häufig Anforderungen bauphysikalischer Art sowie an die Widerstandsfähigkeit gegen nutzungsinduzierte Belastungen. Diese Anforderungen sind in bestimmten Bereichen gesetzlich geregelt, wie z. B. bei Schallschutzanforderungen, Brandschutzanforderungen oder der Belastbarkeit.

*Unterscheidung nach tragenden  
und nichttragenden Systemen*

Darüber hinaus existieren weitergehende Ansprüche der Bauherren und Gebäudenutzer, basierend auf ihren subjektiven Erwartungen und auf ökonomischen und nutzungsspezifischen Erfordernissen, z. B. an die Bauzeit, Nutzfläche, Betriebskosten, Flexibilität und Veränderbarkeit. Die Erfüllung dieser Ansprüche wird durch die Art der Bauteile und der Bauweise wesentlich beeinflusst. Ein leistungsfähiges System erfüllt die gesetzlichen Mindestanforderungen und weist darüber hinaus Eigenschaften (soft skills) auf, die die Qualität eines Gebäudes für den Bauherrn/Eigentümer und für den Nutzer erhöhen.

Ökologische Kriterien und Themen der Nachhaltigkeit entziehen sich in der Regel einer direkten Bewertung durch den Bauherrn oder Nutzer. Sie werden in der Regel nach eigenem Wissen und Gewissen individuell definiert, gesetzliche Anforderungen existieren in weiten Bereichen nicht (Ausnahme: Verbot gefährdender Baustoffe, MAK-Grenzwerte). Die Bewertbarkeit und damit die Bedeutung dieser Kriterien wird in Zukunft zunehmen, eingedenk der langen Gebäudelebensdauern sollten sie schon heute entsprechend berücksichtigt werden (siehe Kapitel Nachhaltigkeit).

*Zunehmende Bedeutung  
ökologischer Kriterien*

### **Randbedingungen für einen Bauweisenvergleich**

Der direkte, quantitative Vergleich zwischen Gebäuden in Massiv- und Leichtbauweise ist schwierig, da sich Gebäude durch den Bauort und dessen örtliche Gegebenheiten (Marktsituation, geographische Lage, Erschließung

*Quantitative und qualitative  
Vergleichbarkeit*

etc.), die Architektur (Grundrisse und Kubatur, Ausrichtung etc.) die Bauweise, die Nutzung, die Eigenschaften der Bauteile und die Gebäudekosten unterscheiden. In der Regel sind die Randbedingungen so unterschiedlich oder gegenläufig, dass ein direkter Vergleich einzelner Gebäude nur qualitative Aussagen ermöglicht.

Um quantitative Aussagen über bauweisenspezifische Eigenschaften (soft skills) treffen zu können, müssen von der Lage und Architektur identische Gebäude verglichen werden, bei denen noch mindestens eine weitere Eigenschaft in der gleichen Qualität umgesetzt wurde (z. B. Wärmeschutz, Wohnfläche).

Alternativ ist der Vergleich einer möglichst großen Anzahl ähnlicher Gebäude, unter Eliminierung regionaler Gegebenheiten, möglich. Für einen Vergleich bieten sich im besonderen Maße Einfamilienhäuser an, da diese von der Funktion und Nutzung identisch sind und bei gleicher Belegungsdichte (z. B. vierköpfige Familie) und gleichem Kostenrahmen ähnliche Grundflächen und Grundrisse aufweisen. Zudem existieren bei diesen Gebäuden in der Regel keine spezifischen Anforderungen an den Schall- und Brandschutz. Bei mehrgeschoßigen Gebäuden und verdichteter Bauweise sowie bei gewerblichen Nutzungen existieren eine Vielzahl von Anforderungen aus der Gebäudenutzung (Art und Intensität, Belegungsdichte) und der Gebäudegröße (Grundfläche, Höhe), die einen Vergleich verwässern.

### **3.2 Kosten**

*Vergleich von Herstellungskosten*

Die Herstellkosten heutiger Holzhäuser in ihren Kern-Einsatzgebieten (Einfamilien- und Zweifamilien-Wohnhäuser, Doppelhäuser, Reihenhäuser, Mehrfamilien- und Bürohäuser bis 3 Vollgeschoße) entsprechen denen vergleichbarer Mauerwerksbauten. Die internetbasierten Recherchen von Pfau zeigen, dass das „Stück Haus“ im deutschsprachigen Markt, unabhängig von der Bauweise, bei gleicher Nutzung und Ausstattung, auch preislich in der selben Größenordnung liegt (vgl. Anhang 3.7.2). Die den gleichen Kosten zugrunde liegenden Qualitäten sind allerdings unterschiedlich, der Wärmeschutzstandard ist bei den betrachteten, preisneutralen Holzhäusern durchwegs höher und die Wohnfläche bei gleicher Grundfläche größer. Die Basis der üblichen Vergleiche ist unterschiedlich, bei Normierung auf identische Qualitäten / Eigenschaften stellt sich das Gebäude in Holzbauweise als kostengünstiger heraus (vgl. Anhang 3.7.1).

*Vergleich des  
Wärmeschutzstandards*

*Vergleich der Bauzeiten*

Durch die Vorfertigung im Holzrahmenbau und der Modulbauweise werden die Bauzeiten deutlich verkürzt. Der Bau wird nicht durch zusätzliche Feuchtigkeit belastet, die ausgebauten Gebäude sind sofort nutzbar. Dadurch lassen sich Zwischenfinanzierungszeiten und parallele Mietkosten reduzieren. (vgl. Anhang 3.7.1). Ein besonders hoher Kostenvorteil ergibt sich bei größeren Immobilien (mehrgeschoßige Leichtbauten), die als Mietobjekte konzipiert sind. Für den Investor/Bauherrn verkürzen sich die Zwischen-

finanzierungszeiten um bis zu 50 %, die Vermietung ist entsprechend frühzeitiger möglich. Abhängig von den jeweiligen Randbedingungen (Miethöhe, Bauzeitverkürzung) liegen die Einsparungen bei ca. 3 % bis 5 %.

Eine deutliche Massenreduzierung bei gleichzeitig besseren Schall- und Wärmeschutzeigenschaften lässt sich vor allem im Bereich Wandsysteme (Trennwände, Außenwände/Fassade) erzielen. Für den Leichtbau ergeben sich in der Summe geringere Anforderungen an die Tragfähigkeit der Fundamente. Bei Sanierungs-, Umnutzungs- und Aufstockungsmaßnahmen kann vielfach auf Tragwerksverstärkungen verzichtet werden. Nicht zu vergessen sind auch die Einsparungen beim Transport der einzelnen Bauteile. Insgesamt wird weniger Masse verbaut und bewegt. Der Aufwand für die lastabtragende Rohbaukonstruktion wird reduziert, die Baukosten sinken.

*Vergleich des Massenanteils*

### 3.3 Nutzfläche

Tragende und nichttragende Wände in Leichtbauweise erfüllen die an sie gestellten bauphysikalischen Anforderungen bei geringerer Wanddicke als vergleichbare massive Systeme. Bei Innenwänden in Metall- oder Holzständerbauweise beziehen sich die Anforderungen in der Regel auf den Brand- und Schallschutz, bei Außenbauteilen auf den Wärmeschutz. Die schlankere Bauweise von leichten Außenbauteilen liegt darin begründet, dass die Dämmebene integrativ in der Tragwerksebene angeordnet werden kann. Bei Mauerwerkskonstruktionen mit Wärmedämmverbund-System wird die Dämmebene additiv vor der Tragkonstruktion angeordnet. Das aus Gründen des Wärmeschutzes im Mauerwerksbau ohne zusätzliche Dämmebene verbreitete Steinformat von 36 cm Breite führt zu noch größeren Konstruktionsdicken bei einem Wärmeschutz auf dem untersten zulässigen Niveau. Exemplarische Bauteile sind mit ihren Eigenschaften und Abmaßen in den entsprechenden Kapiteln gegenübergestellt.

*Schlankere Bauweise ermöglicht bessere Nutzung der Grundfläche*

Aus der geringeren Grundfläche der Leichtbauteile bei gleichen bauphysikalischen Eigenschaften resultiert ein Gewinn an Wohn- und Nutzfläche in Gebäuden. Bei Einfamilienhäusern ergibt sich bei gleicher Grundfläche eine um 5 % bis 10 % höhere Wohnfläche. Bei Mehrfamilienhäusern oder einer Büronutzung beträgt der Flächengewinn ca. 5 m<sup>2</sup> je 60 m<sup>2</sup> bis 80 m<sup>2</sup> Nutzfläche (vgl. Anhang)

Der Flächengewinn ist bei Wohngebäuden (EFH/ZFH) für den Nutzer kaum zu realisieren, da er bei den üblichen Standardgrundrissen gleichmäßig auf die einzelnen Räume verteilt ist und so zu Raumvergrößerungen von meist unter einem Quadratmeter führt. Nur wenn die Architektur bewusst auf den Flächengewinn reagiert, ist mit der gezielten Vergrößerung einzelner Räume (z. B. Badezimmer, Küche) ein Mehrwert für den Nutzer verbunden, z. B. Platz für großzügige Badewannen oder mehr Stauraum im Schlafzimmer.

*Kostenneutraler Flächengewinn  
steigert Verkaufserlös*

Für den Vermieter oder Verkäufer von Wohn- und Nutzflächen erhöht sich durch den kostenneutralen Flächengewinn der erzielbare Miet- oder Verkaufserlös. Die Wirtschaftlichkeit einer Immobilie steigt. Aus Sicht des Mieters/Käufers werden – bei auf die Gebäudeeinheit bezogenen Preisen (fixer Miet- oder Verkaufspreis für eine Immobilie) – die auf den Quadratmeter bezogenen Kosten für Miete bzw. Kauf günstiger, die Immobilie wird attraktiver. Neben diesen ökonomischen Vorteilen wird zugleich sparsamer mit der Ressource „Bauland“ umgegangen.

*Flexible Nutzung von Gebäuden  
steigert Verwertbarkeit*

### **3.4 Flexibilität**

Zukunftsfähige Gebäude besitzen Eigenschaften, die auch unter kommenden Entwicklungen und veränderten Randbedingungen bestehen können. Sie werden nach den Kriterien Veränderbarkeit, Anpassbarkeit, Adaption, Gebäudeintelligenz und Ressourcenminimierung entworfen und genügen in ihrer Baukonstruktion wie in ihrer Technik den zukünftigen Anforderungen. Sie lassen sich umnutzen und wandeln, so dass ein langer Lebenszeitraum entsteht, und sind jederzeit leicht nachrüstbar, wenn dies erforderlich wird.

Bei Neubauvorhaben müssen sich Investoren und Projektentwickler der Frage stellen, was sie für wen und zu welchem Zweck und Preis erschaffen wollen. Um das Risiko der Nichtvermietbarkeit zu minimieren ist eine hohe bauliche Flexibilität gefordert. Alles muss veränderbar sein. Bauwerke der Zukunft müssen die geplante Wandlungsfähigkeit für die Bedürfnisse und Werte von Morgen in sich aufnehmen. Dies führt zur Entwicklung flexibler multifunktionaler Gebäude, die durch vielfältige Nutzungsmöglichkeiten (Produktionsstätte → Büro → Wohnung → Büro) auf geänderte äußere Randbedingungen reagieren.

Im Rahmen der technischen Ausbauten gilt in Grundausbauten im einfachsten Sinne zu unterscheiden:

- ▮ Beheizung eines Gebäudes
- ▮ Ver- und Entsorgung mit Wasser
- ▮ Ver- und Entsorgung mit elektrischer Energie

Alle weitergehenden Ausbauten sind im weitesten Sinne nutzerspezifische Ausbauten:

- ▮ z. T. Heizungsanlagen, Art der Heizung
- ▮ sanitärtechnische Einrichtungen
- ▮ brandschutztechnische Maßnahmen und Feuerlöschanlagen
- ▮ Lüftungsanlagen
- ▮ Kälteerzeugungsanlagen
- ▮ Klimaanlage
- ▮ nutzerspezifische Elektroanlagen
- ▮ Informations- und Kommunikationssysteme

Dementsprechend trägt ein um- und nachrüstbarer Ausbau zu einem hohen Nutzwert für den Mieter und zur Aktivierung einer langen Lebensdauer des Baukörpers bei. Mit dem Einzug des Facility Management kann die Frage nach der langfristigen Nutzung und Bewirtschaftung von Gebäuden nur mit Hilfe flexibler Gebäudestrukturen beantwortet werden. Mit Leicht- und Trockenbausystemen ist eine Flexibilität im Ausbau zu erreichen, die sich mit massiven Systemen nicht realisieren lässt.

Eine grundrissunabhängige Anordnung von Leichtbauwänden an jeder beliebigen Stelle ist gemäß ÖNORM B 1991-1-1 bei Decken mit Querverteilung möglich. Versetzbare Trennwände gelten als veränderbare ständige Einwirkungen und können als zusätzliche Nutzlast angesetzt werden. Die Höhe der zusätzlichen Nutzlast ergibt sich aus dem Eigengewicht der versetzbaren Trennwand, sie beträgt

$q_k = 0,5 \text{ kN/m}^3$  bei einem Eigengewicht  $\leq 1,0 \text{ kN/m}$ ,

$q_k = 0,8 \text{ kN/m}^3$  bei einem Eigengewicht  $\leq 2,0 \text{ kN/m}$ ,

$q_k = 1,2 \text{ kN/m}^3$  bei einem Eigengewicht  $\leq 3,0 \text{ kN/m}$ .

Das Gewicht von Montagewänden beträgt bei einer Raumhöhe von 3 m, je nach Systemtyp, 0,75 bis 2,0 kN/m.

Durch ihre Flexibilität sind Trockenbaukonstruktionen an wechselnde Nutzungsbedingungen einfach anpassbar. In der Bauphase können Änderungswünsche des zukünftigen Wohnungseigentümers oder Mieters noch relativ spät realisiert werden, eine „Nutzerbeteiligung“ wird dadurch möglich. Eine derartige Eingriffsmöglichkeit des Nutzers ist bei gewerblichen Bauten/Bürobauten als Standard etabliert und eine Voraussetzung für die Vermietbarkeit von Immobilien. Für höchste Anforderungen an die Flexibilität existieren zerstörungsfrei umsetzbare Systeme. Nicht zuletzt ist auch eine Demontage mit vergleichsweise geringem Aufwand verbunden, große Schuttmengen fallen nicht an.

*Trockenbaukonstruktionen leichter anpassbar*

Zweischalige Leichtbausysteme sind installationsfreundlich. In den Hohlraum des Systems lassen sich Installationen (Elektro, Sanitär, Lüftung etc.) führen, Einbauten (Licht, Auslässe, Sprinklerköpfe etc.) werden in die Bauteiloberfläche integriert. Eine leichte Revisionierbarkeit bei Wartungsarbeiten und Nachinstallationen ist gegeben.

*Zweischalige Systeme sind installationsfreundlich*

Nicht zuletzt wird durch Leichtbausysteme eine funktionelle Flexibilität erreicht. Leicht- und Trockenbausysteme können additiv zu bestehenden Konstruktionen eingesetzt werden, um deren Eigenschaften, insbesondere im Brand-, Schall- und Wärmeschutz, kostengünstig zu verbessern. Dies ist von besonderer Bedeutung bei Arbeiten im Bestand sowie bei Sanierungs- und Umnutzungsmaßnahmen.

*Additive Anwendung von Trockenbausystemen zur kostengünstigen Verbesserung von Konstruktionen*

### 3.5 Werthaltigkeit und Lebensdauer

Die Ausführungen in den Kapiteln zur Bauphysik und Standsicherheit von Gebäuden in Leichtbauweise haben gezeigt, dass diese Gebäude heute in ihren üblichen Einsatzbereichen von ihren Eigenschaften her herkömmlichen Massivgebäuden gleichwertig oder überlegen sind. Die Überlegenheit in vielen Bereichen basiert auf der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Leichtbauweise in den letzten 40 Jahren. Durch die technischen, konstruktiven, bauphysikalischen und materialspezifischen Verbesserungen werden die technische Lebensdauer, die Gesamtnutzungsdauer und die Restnutzungsdauer und damit auch der Wert einer Immobilie entscheidend positiv beeinflusst.

*Bei Nutzungsdauer Frequenz der  
Modernisierungsmaßnahmen  
bedenken*

In der Vergangenheit wurden für die einfachen Holztafelbauten früherer Jahre Gesamtnutzungsdauern von 60 Jahren angesetzt. Durch die reduzierten Herstellkosten dieser Gebäude ist die Wirtschaftlichkeit insgesamt trotz dieses Ansatzes mit der von älteren Massivgebäuden (Ansatz einer Gesamtnutzungsdauer von 100 Jahren) vergleichbar, Wertermittlung und erzielbare Preise stimmen überein. Bei den genannten Gesamtnutzungsdauern ist zu berücksichtigen, dass diese in keiner Weise die tatsächliche Gesamtnutzungsdauer wiedergeben, die durch die nach kürzeren Zeiträumen erfolgenden Renovierungs-, Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen deutlich länger ist.

*Technische Lebensdauer  
von Massiv- und  
Leichtbaukonstruktionen gleichauf*

Die nachgewiesene Qualitätsverbesserung von Holzhäusern, die zunehmende Bedeutung bestimmter Bewertungskriterien (z. B. Wärmeschutz, Flexibilität, ökologische Kriterien) und die beim Leichtbau in besonderen Maße vorhandenen positiven Eigenschaften führen heute zu einer anderen Bewertungspraxis bei Gebäuden in Holz- und Leichtbauweise. Die Gesamtnutzungsdauer von Neubauten in Holz- und Massivbauweise sowie die Restnutzungsdauer von Gebäuden mit Baujahr ab Mitte der 80er Jahre werden heute gleich angesetzt. Die technische Lebensdauer und die Gesamtnutzungsdauer moderner Holzhäuser entsprechen denen von Häusern aus Mauerwerk und Beton.

Die heute bei Wertermittlungen höher angesetzte Gesamt- und Restnutzungsdauer von Immobilien in Holzbauweise ist begründet durch:

- sehr guten winterlichen Wärmeschutz – heutige und zukünftige Anforderungen werden erfüllt
- seit Mitte der 80er Jahre guten sommerlichen Wärmeschutz
- jeher gut ausgebildete Fassaden mit gutem Schutz des Holzes vor Niederschlag
- seit Anfang der 80er Jahre verbesserte und inzwischen überdurchschnittliche Luftdichtheit
- seit Anfang der 80er Jahre guten bis sehr guten Schallschutz,
- Qualitätsüberwachung der Fertigung von Holzhäusern seit Ende der 80er Jahre (Fremd- und Eigenüberwachung)
- übliche Holzbauteile, feuerhemmend oder hochfeuerhemmend ausgeführt und in der Regel mit nichtbrennbaren Materialien bekleidet

Nicht zuletzt ist die Lebensdauer der tragenden Gebäudestruktur meist nur von sekundärer Bedeutung für die Lebensdauer des Gebäudes. Betrachtet man die Lebenszyklen einzelner Gebäudeelemente, so betragen diese:

- für den Rohbau über 50 Jahre in der Regel mehr als 100 Jahre.
- für die Gebäudehülle ca. 30 Jahre.
- für den technischen Ausbau länger als 10 Jahre.
- für den Ausbau von Informations- und Kommunikationsmitteln ca. 5 – 10 Jahre.

Der Marktwert eines Gebäudes entspricht dem „Nutzwert“, den ein Mieter dem Objekt zumisst. Der Nutzwert wird primär durch die Lage, die vorhandene Infrastruktur und durch die Möglichkeit technischer Anpassung und Veränderbarkeit bestimmt (vgl. Abschnitt 3.4 „Flexibilität“). Nutzwerte im Bauwesen zu optimieren bedeutet vorrangig, mit unseren Gebäuden Werte für die Nutzer unter Einbeziehung der zukünftigen Bedürfnisse zu schaffen und die Investition hierauf gezielt auszurichten. Der Wert eines nicht flexiblen Gebäudes, das die am Standort nachgefragte Nutzung nicht zulässt, wird, vor allem in Ballungsgebieten, häufig vom Grundstückswert deutlich überstiegen, der Abriss ist die wirtschaftliche Konsequenz.

*Marktwert eines Gebäudes entspricht dem Nutzwert für den Mieter*

### 3.6 Vergleich von Innenwandsystemen in Massiv- und Trockenbauweise

In Tab. 6-1 sind verschiedene leichte und massive innere Trennwände mit ihren technischen und bauphysikalischen Kennwerten aufgelistet. Die Anforderungen der ÖNORM B 3415 und der ÖNORM B 3358-6 werden von allen aufgeführten Systemen erfüllt.

Bestehen im Wohnungsbau bauphysikalische Anforderungen an Wände, so betreffen diese in der Regel sowohl Brandschutz als auch Schallschutz (z. B. Treppenraumwände, Wände von Fluchtwegen, Wohnungstrennwände). Die Anforderung F-30 A wird von allen nichttragenden Wandsystemen der Tab. 6-1 erfüllt. Bei Metallständerwänden werden Gipsfaserplatten oder Gipskarton-feuerschutzplatten und Mineralwollgedämmstoffe eingesetzt, abweichende Baustoffe sind über Prüfzeugnisse nachgewiesen. Im Massivbau erfüllen dünne, verputzte Bausysteme die Anforderungen. Minimale Wanddicken betragen für beide Systeme 70 – 80 mm. Der Schallschutz der Trocken- und Leichtbausysteme ist bei diesen Systemen deutlich höher.

*Schallschutz im Vergleich*

Die Anforderung F-90 A wird von massiven Systemen mit einer Dicke von  $\geq 11,5$  cm (teilweise können auch dünnere Elemente zum Einsatz kommen), beidseitig verputzt, erfüllt. Baustoffabhängig kann auch eine höhere Feuerwiderstandsdauer mit 11,5 cm dicken Wänden erzielt werden. Bei Schallschutzanforderungen sind diese Wandstärken im Massivbau jedoch meist nicht ausreichend. In diesem Fall müssen dickere und schwerere Konstruktionen eingesetzt werden. Die schalltechnische Qualität einer einschaligen Wohnungstrennwand wird erst ab einer Masse von 400 kg/m<sup>2</sup> erreicht.

*Brandschutz im Vergleich*

Bei Leichtbauwänden werden für F-90-Konstruktionen doppelte Beplankungen aus Gipsfaserplatten oder Gipskartonfeuerschutzplatten bzw. dickere Platten und Mineralwollgedämmstoff eingesetzt, abweichende Baustoffe sind über Prüfzeugnisse nachgewiesen. F-90 A ist mit Wandstärken ab 100 mm (Masse ca. 50 kg/m<sup>2</sup>) zu erreichen, wobei mit Standardkonstruktionen bereits Schalldämm-Maße von annähernd 50 dB erzielt werden, mit Sondersystemen darüber hinaus. Wohnungstrennwände mit einer mindesterforderlichen bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz von 55 dB sind als Doppelständerwände ab einer Dicke von 155 mm und einer Masse von 50 kg/m<sup>2</sup> zu realisieren. Über F-90 A hinausgehende Anforderungen werden durch zusätzliche Beplankungslagen und Sonderkonstruktionen (bis F-240 A) erreicht, wobei die Masse dieser Konstruktionen unter 100 kg/m<sup>2</sup> liegt.

Brandwände können mit Mauerwerk der Rohdichteklasse  $\geq 1,4$  ab einer Dicke von 240 mm realisiert werden. Über Prüfzeugnisse sind auch verschiedene Brandwände in Trockenbauweise nachgewiesen, die bedeutend leichter sind.

Innenwandsystem			Bauphysik <sup>1)</sup>		
Beschreibung	Dicke [mm]	Masse [kg/m <sup>2</sup> ]	Schallschutz RW [dB]	Brandschutz	Wärmeschutz U [W/m <sup>2</sup> K]
Ständerwand CW 50, 12,5 mm GKB/GKF, MW 50 mm	75	25	41	F-30 A	0,61
Ständerwand CW 50, 12,5 mm GF, MW 40 mm	75	35	46	F-30 A	
Ständerwand CW 75, 12,5 mm GKB/GKF, MW 50 mm	100	25	42	F-30 A	0,61
Ständerwand CW 75, 12,5 mm GF, MW 40 mm	100	34	49	F-30 A	
Ständerwand CW 100, 12,5 mm GKB/GKF, MW 50 mm	125	25	43	F-30 A	0,61
Ständerwand CW 50, 2x12,5 mm GKB/GKF, MW 50 mm	100	49	48	F-90 A	0,57
Ständerwand CW 50, 2x12,5 mm GF, MW 50 mm	100	64	57	F-90 A	
Ständerwand CW 75, 2x12,5 mm GKB/GKF, MW 50 mm	125	49	49	F-90 A	0,57
Ständerwand CW 75, 2x12,5 mm GF, MW 50 mm	125	64	60	F-90 A	
Ständerwand CW 100, 2x12,5 mm GKB/GKF, MW 50 mm	125	49	49	F-90 A	0,57
Doppelständerwand CW 50, 2x12,5 mm GKB/GKF, MW 2 x 50 mm	155	50	> 60	F-90 A	0,57
Doppelständerwand CW 75, 2x12,5 mm GKB/GKF, MW 2 x 50 mm	205	50	> 60	F-90 A	0,57
Doppelständerwand CW 75, 2x12,5 mm GF, MW 50 mm	205	66	66	F-90 A	
Doppelständerwand CW 100, 2x12,5 mm GKB/GKF, MW 2 x 50 mm	255	50	> 60	F-90 A	0,57
Gipswandbauplatte 0,9, 60 mm, Gipsputz 2 x 15 mm	90	85	37	F-30 A	
Gipswandbauplatte 0,9, 80 mm, Gipsputz 2 x 10 mm	100	93	38	F-90 A	
Gipswandbauplatte 1,2, 100 mm, Kalkzementputz 2 x 15 mm	120	140	43	F-180 A	
Porenbeton 0,6, 75 mm, Gipsputz 2 x 10 mm	95	68	36	F-30 A	
Porenbeton 0,6, 100 mm, Gipsputz 2 x 10 mm	120	84	37	F-90 A	
Porenbeton 0,7, 115 mm, Kalkzementputz 2 x 15 mm	145	134	43	F-120 A	
Kalksandstein 1,8, 70 mm, Gipsputz 2 x 10 mm	90	140	43	F-60 A	
Kalksandstein 1,4, 115 mm, Gipsputz 2 x 10 mm	135	176	48	F-90 A F-120 A	
Kalksandstein 1,8, 115 mm, Gipsputz 2 x 10 mm	135	218	50	F-90 A F-120A	
Kalksandstein 2,0, 240 mm, Gipsputz 2 x 10 mm (tragend)	260	476	60	F-180 A <sup>2)</sup>	
Ziegel 1,0, 115 mm, Gipsputz 2 x 10 mm	135	135	43	F-90 A	
Ziegel 1,6, 115 mm, Kalkzementputz 2 x 15 mm	145	200	48	F-90 A	
Ziegel 1,8, 240 mm, Kalkzementputz 2 x 15 mm (tragend)	270	432	58	F-180 A <sup>2)</sup>	
Beton 2,5, 240 mm (tragend)	240	600	64	F-180 A <sup>2)</sup>	

Tab. 3-1: Vergleich verschiedener Innenwandsysteme

<sup>1)</sup> Die bauphysikalischen Angaben entstammen ÖNORM B 3358.  
Bei den Angaben für Konstruktionen mit Gipsfaserplatten handelt es sich um mit Fermacell-Gipsfaserplatten erzielte Prüfwerte.  
Die angegebenen Brandwiderstandsklassen liegen im Rahmen der ÖNORM B 3358 noch nicht nach ÖNORM EN 13501 vor.  
Die Gültigkeit der angegebenen Klassen ist bis März 2010 gegeben, ab 1. März 2010 müssen die Klassifizierungen aller Systeme nach ÖNORM EN 13501 erbracht sein.

<sup>2)</sup> Als Brandwand geeignet





Abb. 3-1: Beide Häuser im Bauzustand

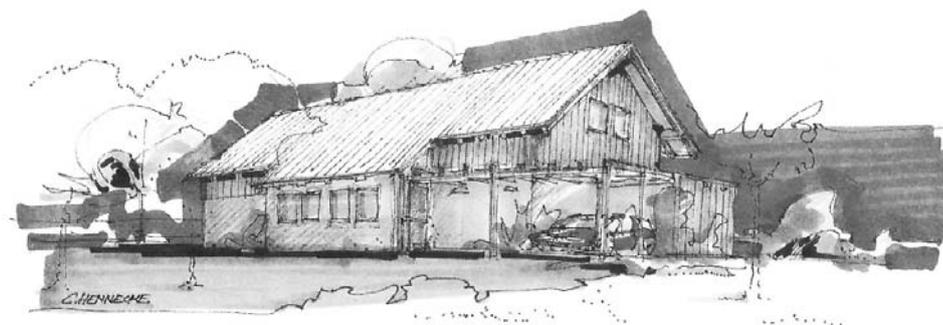


Abb. 3-2: Zeichnung Straßenansicht

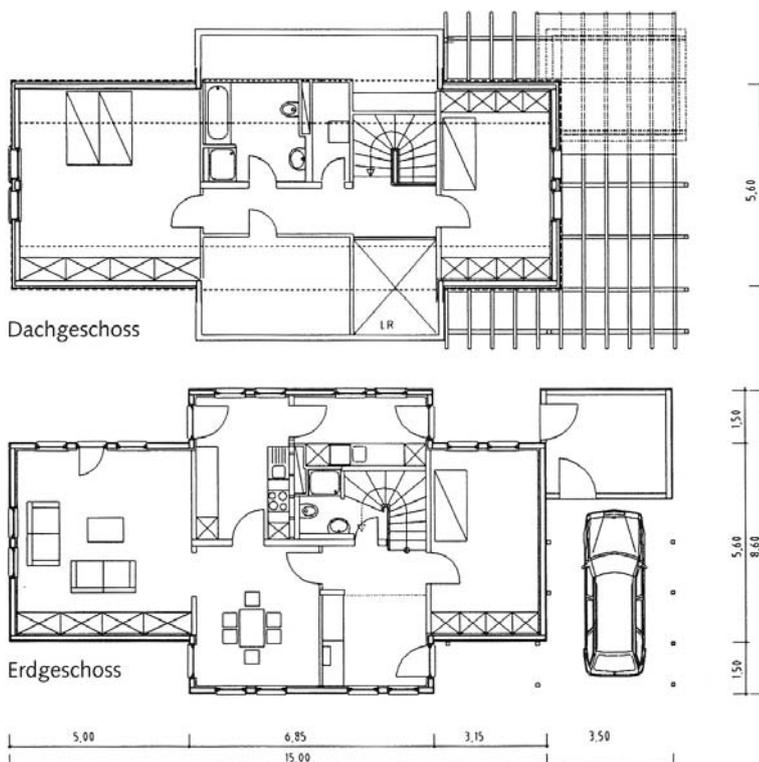


Abb. 3-3: Grundrisse des Holzhauses Wohnfläche

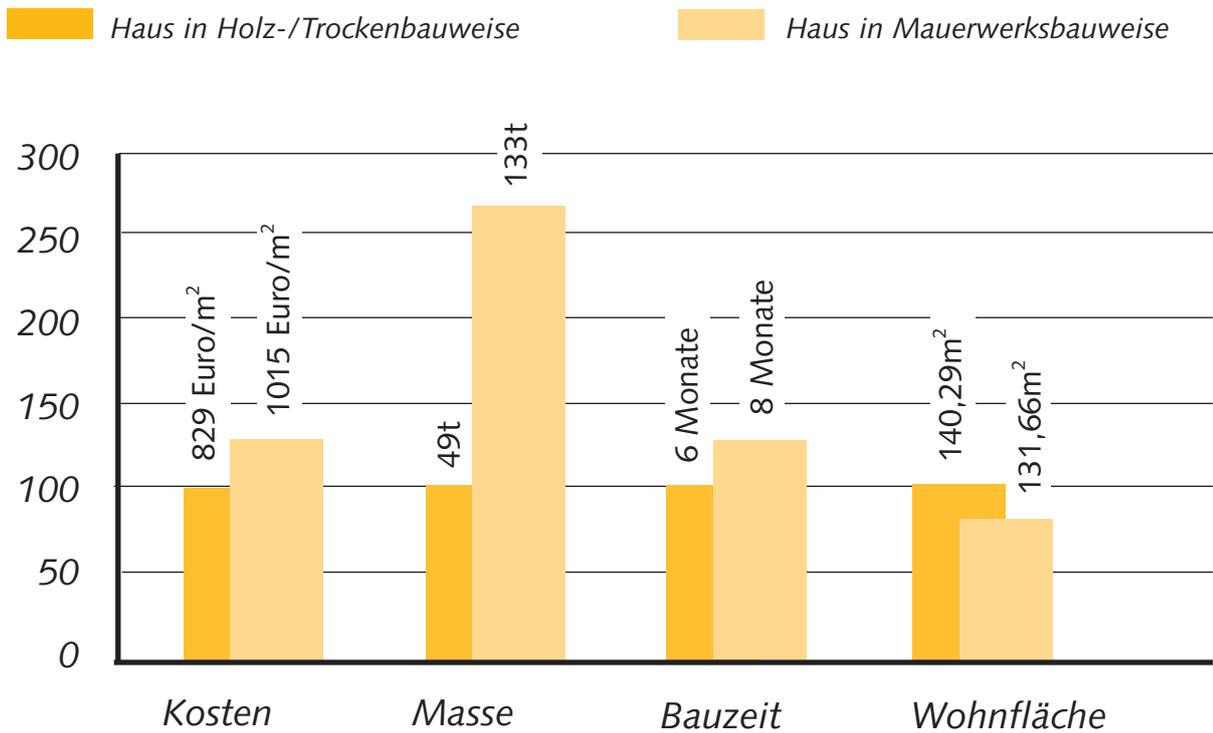


Abb. 3-4: Vergleich verschiedener Kenngrößen beim Projekt Rigidom

+ 6,5 % Wohnnutzfläche im  
Leichtbau

### Wohnfläche

Bei identischer Gebäudegrundfläche ergibt sich ein Unterschied in der Gesamtwohnfläche in der Größenordnung von etwa 6,5 %. Die wird bei gleichen wärmetechnischen Eigenschaften durch die schlankeren Außen- und Innenwände des Hauses in Holzrahmenbau- und Trockenbauweise erzielt.

- 3 Monate Bauzeit im Leichtbau

### Bauzeit

Die Vergabe der Aufträge für beide Häuser erfolgte zum gleichen Zeitpunkt, Fundamente und Bodenplatte wurden für beide Häuser parallel von dem Rohbauunternehmer des Mauerwerkshauses erstellt. Von Baubeginn bis zum Ende der Dachdeckung ergaben sich ca. 2 Monate Bauzeitendifferenz, die sich bis zum Abschluss der Arbeiten fortsetzten. Zudem ist zu berücksichtigen, dass das Holzhaus zum Zeitpunkt der Fertigstellung im Innern trocken ist, während im Mauerwerkshaus noch ein relativ hoher Feuchtigkeitsanteil besteht, der einen sofortigen Einzug ohne eine mindestens kurze Austrocknungszeit nicht möglich macht. Es ergab sich eine Gesamtdifferenz bis zum Bezug von 3 Monaten. Da dadurch Zwischenfinanzierungskosten und zugleich 3 Monate Mietkosten eingespart werden, führte allein die kürzere Bauzeit beim Holzhaus zu einer Einsparung von etwa 3 % gegenüber dem massiven Gebäude.

### Verbaute Masse

Die Masse des Holzhauses beträgt ca. 37 % des massiven Gebäudes. Die

Sparsamkeit in der Verwendung der Mittel zum Erreichen des gleichen Ziels – in diesem Fall die Reduzierung von Masse zur Errichtung eines Wohnhauses gleicher Wohnqualität - hat neben einem geringeren Einsatz an Primärenergie auch baukonstruktive Vorteile. Das geringere Gewicht des Holzbauhauses wurde bei der Ausbildung der Gründung genutzt. Die Bodenplatte gründet flächig auf einem XPS-Hartschaum. Neben den ökonomischen Vorteilen der Ausführung dieser Gründungsvariante ergeben sich bauphysikalische Vorteile: Die Konstruktion ist über die Bodenplatte wärmebrückenfrei in das Erdreich eingebettet und sehr gut gegen den Wärmeabfluss in das Erdreich geschützt.

### Kostenvergleich

Die nachfolgend dargestellten Kosten basieren auf den abgerechneten Erstellungskosten (netto) der Wohnhäuser. Die Kosten wurden in Euro umgerechnet und gerundet.

Leistungsbereich	Mauerwerksbau	Holzrahmenbau
Bauwerkskosten Tragkonstruktion	65.000 Euro	58.000 Euro
Bauwerkskosten Rohbau inkl. Tragkonstruktion	97.500 Euro	82.000 Euro
Bauwerkskosten Ausbau	35.500 Euro	34.000 Euro
Bauwerkskosten gesamt Rohbau + Ausbau	133.000 Euro	116.000 Euro
Bauzeit	8 Monate	6 Monate
Mehrkosten Zwischen- finanzierung und Miete	2.600 Euro	–
Quadratmeter Wohnfläche	131,66 m <sup>2</sup>	140,29 m <sup>2</sup>
Kosten/m <sup>2</sup> Wohnfläche	1014,51 Euro/m <sup>2</sup>	828,86 Euro/m <sup>2</sup>

Tab. 3-3: Kostengegenüberstellung Mauerwerksbau/Holzrahmenbau (ohne MwSt.)

Die Differenz von ca. 20.000 Euro Mehrkosten des Mauerwerkshauses zum Holz-/Trockenbauhaus – d. h. ca. 20 % – ist bei dem Projekt im Wesentlichen beim Rohbau entstanden und wie folgt zu erklären:

- Holz wurde zum Zeitpunkt des Baus am Markt für Baustoffe günstig angeboten.
- Die Baustellenfertigung beim massiven Gebäude, vor allem die zusätzlich erforderliche Aufbringung des WDVS, ist arbeits- und damit lohnintensiver als die Vorfertigung im Holzbau.

- Die Gesamtbauzeit und damit der Einsatz des Personals an der Baustelle waren beim massiven Gebäude länger.

### 3.7.2 Internetbasierte Recherche

Ideale Randbedingungen für einen Bauweisenvergleich wie unter Tab. 3-2 beschrieben stehen in der Regel nicht zur Verfügung. Um trotzdem quantitative Aussagen über die Wirtschaftlichkeit von Holz- im Vergleich zu Massivhäusern treffen zu können, bietet sich der Vergleich einer möglichst großen Anzahl ähnlicher Gebäude an. Dadurch lassen sich regionale und gebäudetypische Gegebenheiten weitestgehend eliminieren, die Vergleichsaussagen basieren auf statistisch gemittelten „Normhäusern“.

*Vergleich standardisierter  
Einfamilienhäuser*

Um mit vertretbarem Aufwand entsprechende Datenmengen für Vergleichsbetrachtungen zu erhalten, bieten sich internetbasierte Recherchen an. Entsprechende Recherchen wurden von Pfau durchgeführt, wobei die Untersuchungen Deutschland und Österreich umfassten. Betrachtet wurden ausschließlich Einfamilienhäuser, da diese von der Funktion und Nutzung identisch sind und bei gleicher Belegungsdichte (z. B. vierköpfige Familie) und gleichem Kostenrahmen ähnliche Grundflächen und Grundrisse aufweisen. Die Untersuchungen beschränkten sich auf Hersteller, die ihre Gebäude überregional und schlüsselfertig anbieten, die betrachteten Holzhäuser werden industriell gefertigt. Um unterschiedliche Ausstattungen der Gebäude weitestgehend auszuschließen, wurde der Vergleich im unteren Preissektor angesiedelt (90.000 Euro bis 120.000 Euro Verkaufspreis für ein EFH). Ergänzt wurden die Kernbetrachtungen durch die Einbeziehung einzelner, individuell von kleineren Hausherstellern und Zimmereien hergestellter Wohnhäuser.

Die Kosten für die betrachteten Gebäude werden im Wesentlichen durch die Geschoßigkeit (Bungalow, ein Vollgeschoß und ausgebautes Dachgeschoß, etc.) und die vorgesehene Belegungsdichte (i. d. R. 4 oder 5 Personen) definiert. Bei hier gleichen Randbedingungen lagen die betrachteten Gebäude, unabhängig von der Bauweise, preislich in der gleichen Größenordnung. Zwar ist es durchaus üblich, dass einzelne vermeintlich ähnliche Gebäude um bis zu 15 % unterschiedliche Verkaufspreise aufweisen, diese Schwankungen treten aber in beiden Richtungen auf. Den vermutlich auf unterschiedliche Ausstattungen zurückzuführenden Differenzen konnte im Rahmen des Internetvergleichs nicht genauer nachgegangen werden. Im Mittelwert ergaben sich für die gleichen Gebäudetypen, unabhängig von der Bauweise, die gleichen Verkaufspreise.

Neben der Betrachtung der Verkaufspreise für ein „Stück Haus“ mit definierter Funktion (z. B. Vollgeschoß und ausgebautes Dachgeschoß, 4 Personen-Familie, Hauswirtschaftsraum) wurden bei der Recherche, soweit möglich, auch weitere Gebäudeeigenschaften („soft skills“) untersucht. Fast immer

möglich war ein Vergleich der Grund- und der Wohnfläche der Gebäude, da die Grundrisse auf den Homepages der Anbieter in der Regel hinterlegt sind. In vielen Fällen konnte die energetische Qualität der Außenbauteile (U-Wert) verglichen werden, da der Außenwandaufbau beschrieben war.

Ohne Ausnahme wurde bei den Vergleichen festgestellt, dass die Gebäude in Holzbauweise bei gleicher Grundfläche eine größere Wohnfläche aufweisen bzw. bei gleicher Wohnfläche das Massivhaus eine größere Grundfläche benötigt. Die Unterschiede belaufen sich bei den betrachteten Einfamilienhäusern auf ca. 5 % bis 10 % oder ca. 5 m<sup>2</sup> je 60 m<sup>2</sup> bis 80 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Der Unterschied war umso größer, je ähnlicher sich die Gebäude vom energetischen Standard der Außenbauteile waren.

*größere Wohnflächen beim Leichtbau*

In der Regel war der Wärmeschutz der Außenbauteile deutlich unterschiedlich. Während die U-Werte der betrachteten Holzrahmenbauhäuser, trotz des niedrigen Preissektors, zwischen 0,18 W/m<sup>2</sup>K und 0,26 W/m<sup>2</sup>K liegen, erreichen die massiven Außenwände U-Werte zwischen 0,30 W/m<sup>2</sup>K und 0,40 W/m<sup>2</sup>K. Der Wärmeschutzstandard ist bei den betrachteten, preisneutralen Holzhäusern durchwegs höher.

*höherer Wärmeschutzstandard*

Aus der Vergleichsbetrachtung folgert, dass der Käufer bei gleichem Preis für ein Gebäude im Falle eines Holzhauses ein mehr an Wohnfläche und einen besseren Wärmeschutz erhält. Die Kosten je Quadratmeter Wohnfläche sind beim Holzhaus niedriger, dazu kommen die Einsparungen bei den Heizkosten. Aus dieser Erkenntnis kann direkt abgeleitet werden, dass ein Massivhaus bei gleichem Wärmeschutzstandard der Außenbauteile und bei identischer Wohnfläche teurer als ein ansonsten vom Gebäudetyp und der Ausstattung gleichwertiges Holzhaus ist (vgl. Abb. 3-4).

*Bei gleichem Wärmeschutzstandard der Außenbauteile ist Leichtbau günstiger*

Im Rahmen des Vergleichs bestand ergänzend die Chance, den Angebotspreis für ein schlüsselfertiges Massivhaus eines überregionalen Anbieters mit einem Alternativangebot eines regional ansässigen Zimmereibetriebs (qualitätsüberwacht) zu vergleichen. Der Angebotspreis des Zimmereibetriebs lag ca. 15 % über dem des Massivhausanbieters. Dies ist einerseits durch die nicht industrielle und damit kostenintensivere Fertigung des Zimmereibetriebs bedingt. Auf der anderen Seite wich der Zimmereibetrieb bei seinem Alternativangebot nicht von seinen Standard-Konstruktionsaufbauten ab. Angeboten wurde ein diffusionsoffener Außenwandaufbau mit Zellulose-Einblasdämmung, äußerem Wärmedämmverbundsystem auf Holzweichfaserbasis und innenseitiger Installationsebene. Der U-Wert beträgt 0,22 W/m<sup>2</sup>K, das Schalldämm-Maß ca. 48 dB. Dem gegenüber steht der U-Wert des angebotenen Massivhauses mit 0,30 W/m<sup>2</sup>K (WDVS 10 cm, 17,5 cm Ziegel, Putz) und einem Schalldämm-Maß von ca. 38 dB. Die Auswirkungen auf die Wohnfläche wurden oben dargestellt. Den abweichenden Angebotspreisen liegen unterschiedliche Qualitäten zu Grunde. Bei gleichen

Qualitäten wäre ein geringerer Preisunterschied zu erwarten.

Ähnliche Preisunterschiede ergeben sich in der Regel auch beim direkten Wettbewerb mit lokalen Massivhausanbietern. Bei der nichtindustriellen Fertigung für den regionalen Markt sind die Preisunterschiede in noch größerem Maße durch Qualitätsunterschiede bedingt. Der im Wettbewerb stehende Außenwandaufbau eines Mauerwerkshauses verzichtet in der Regel gänzlich auf zusätzliche Dämmmaßnahmen, es kommen wärmetechnisch „optimierte“ Mauerwerkssteine (Hochleichtlochziegel, Porenbeton) niedriger Druckfestigkeit mit einem Steinmaß von 36 cm zum Einsatz. Im Gegensatz zu dem oben beschriebenen, energetisch überdurchschnittlichen Massivhaus ergeben sich bei dem ungedämmten Wandaufbau U-Werte zwischen 0,40 W/m<sup>2</sup>K und 0,50 W/m<sup>2</sup>K. Die Auswirkungen des schlechteren Wärmedämmstandards auf den Energieverbrauch sowie des um 50 % dickeren Außenwandaufbaus auf das Verhältnis von Wohnfläche zu Grundfläche liegen hier in einer anderen Größenordnung.

Vom privaten Käufer verglichen wird der Preis für ein „Stück Haus“; die dem Preis zu Grunde liegenden (unterschiedlichen) Qualitäten spielen häufig keine Rolle oder werden nicht erkannt.

## Exemplarischer Vergleich

### Haus für eine vierköpfige Familie

#### Erdgeschoß:

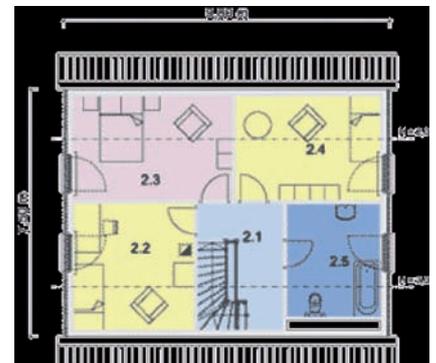
Wohnzimmer mit Essbereich  
Küche  
Gäste-WC  
Hauswirtschaftsraum, Hausanschluss

#### Obergeschoß:

3 Schlafzimmer  
Badezimmer



Erdgeschoß



Obergeschoß

#### Massivhaus:

Wohnfläche EG 68,2 m<sup>2</sup>  
Wohnfläche DG 52,5 m<sup>2</sup>  
**Wohnfläche gesamt 120,7 m<sup>2</sup>**  
Grundfläche EG 84,6 m<sup>2</sup>  
**Verhältnis Wohnfläche zu Grundfläche 1,43**

#### Außenwand:

Putz  
WDVS 100 mm  
Hochlochziegel 175 mm  
Gipsputz 15 mm  
**Wanddicke ca. 300 mm**  
**U-Wert 0,30 W/m<sup>2</sup>K**  
**Schalldämm-Maß R'<sub>w,R</sub> = 38 dB**  
(DIN 4109, Bbl. 1)

#### Holzhaus:

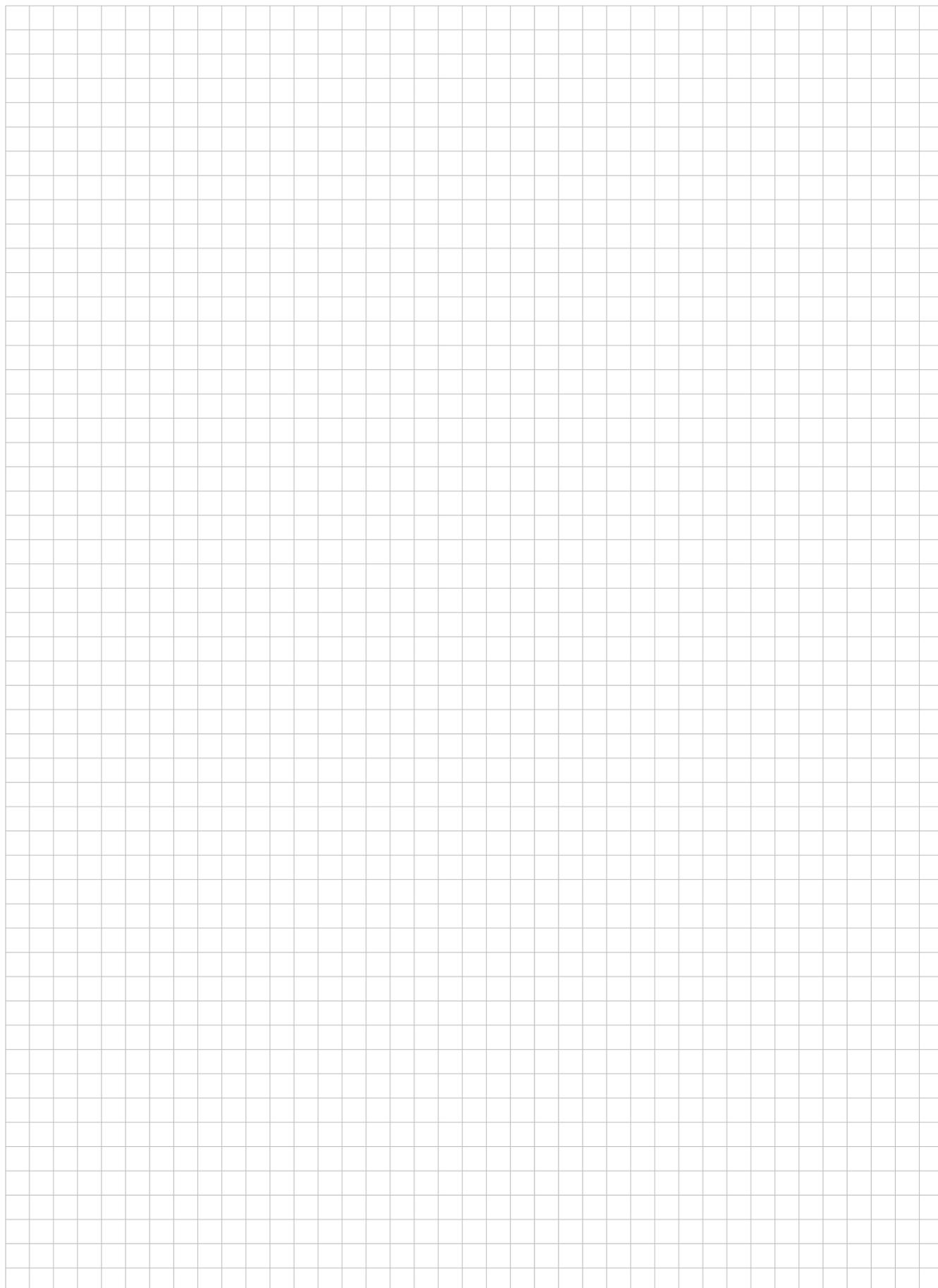
Wohnfläche EG 63,1 m<sup>2</sup>  
Wohnfläche DG 59,3 m<sup>2</sup>  
**Wohnfläche gesamt 122,4 m<sup>2</sup>**  
Grundfläche EG 75,5 m<sup>2</sup>  
**Verhältnis Wohnfläche zu Grundfläche 1,62**

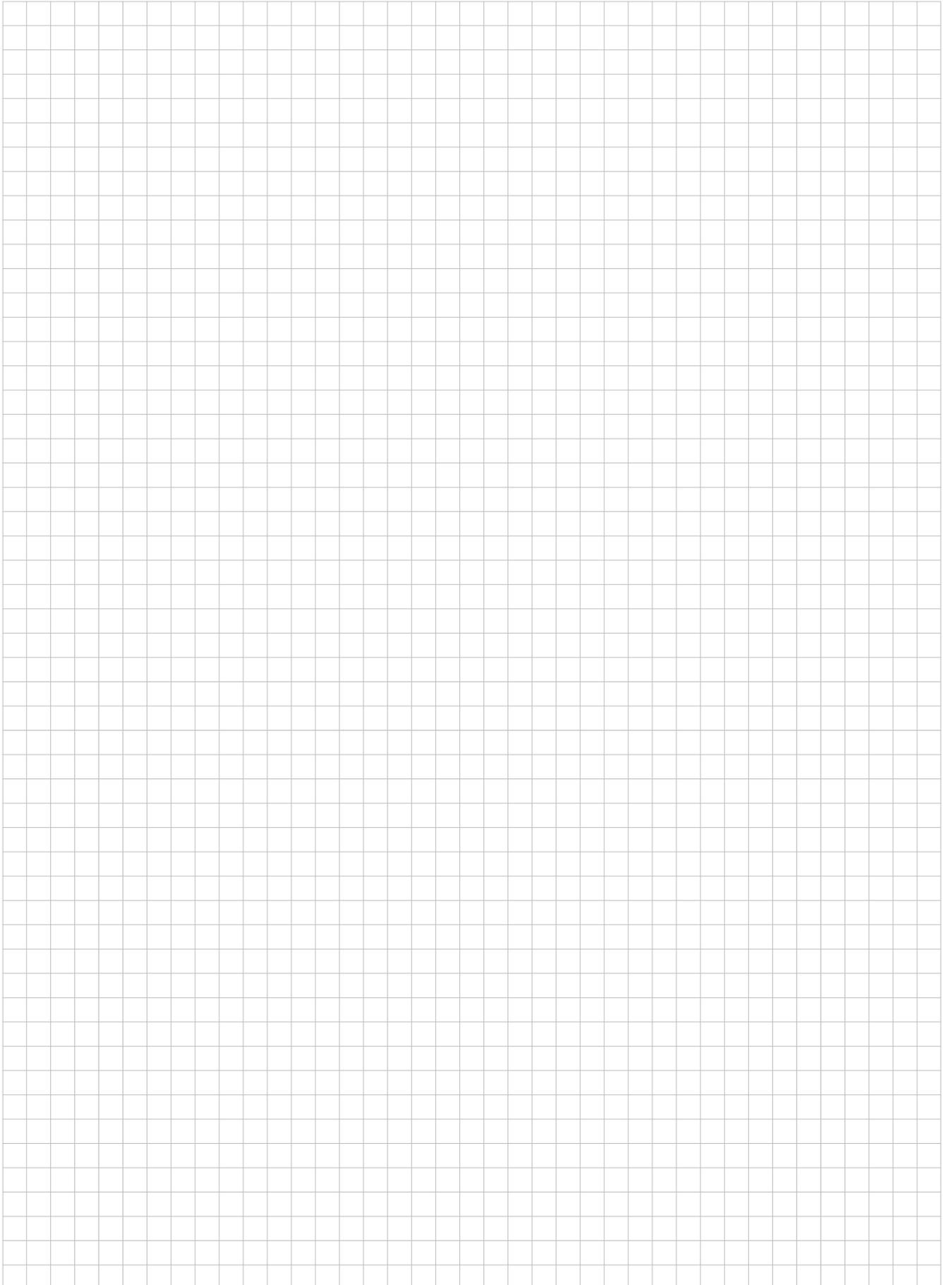
#### Außenwand:

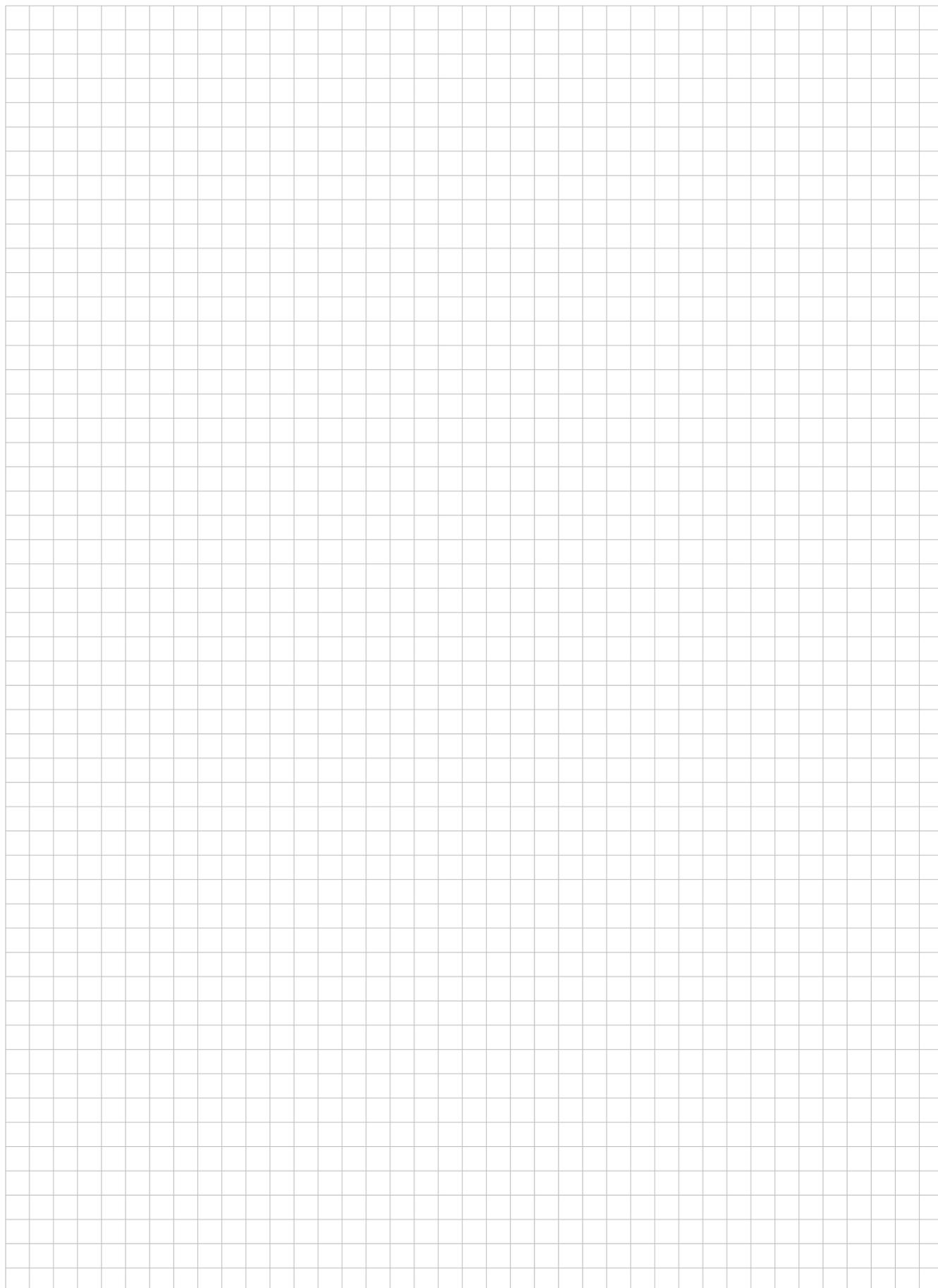
Putz, WDVS 80 mm  
Holzwerkstoffplatte 12 mm  
MW-Dämmung 040 140 mm / Ständer 145 mm  
Dampfbremse  
Sparschalung  
Gipskartonplatte 12,5 mm  
**Wanddicke ca. 280 mm**  
**U-Wert 0,17 W/m<sup>2</sup>K**  
**Schalldämm-Maß R'<sub>w,R</sub> = 42 dB**  
(DIN 4109, Bbl. 1)

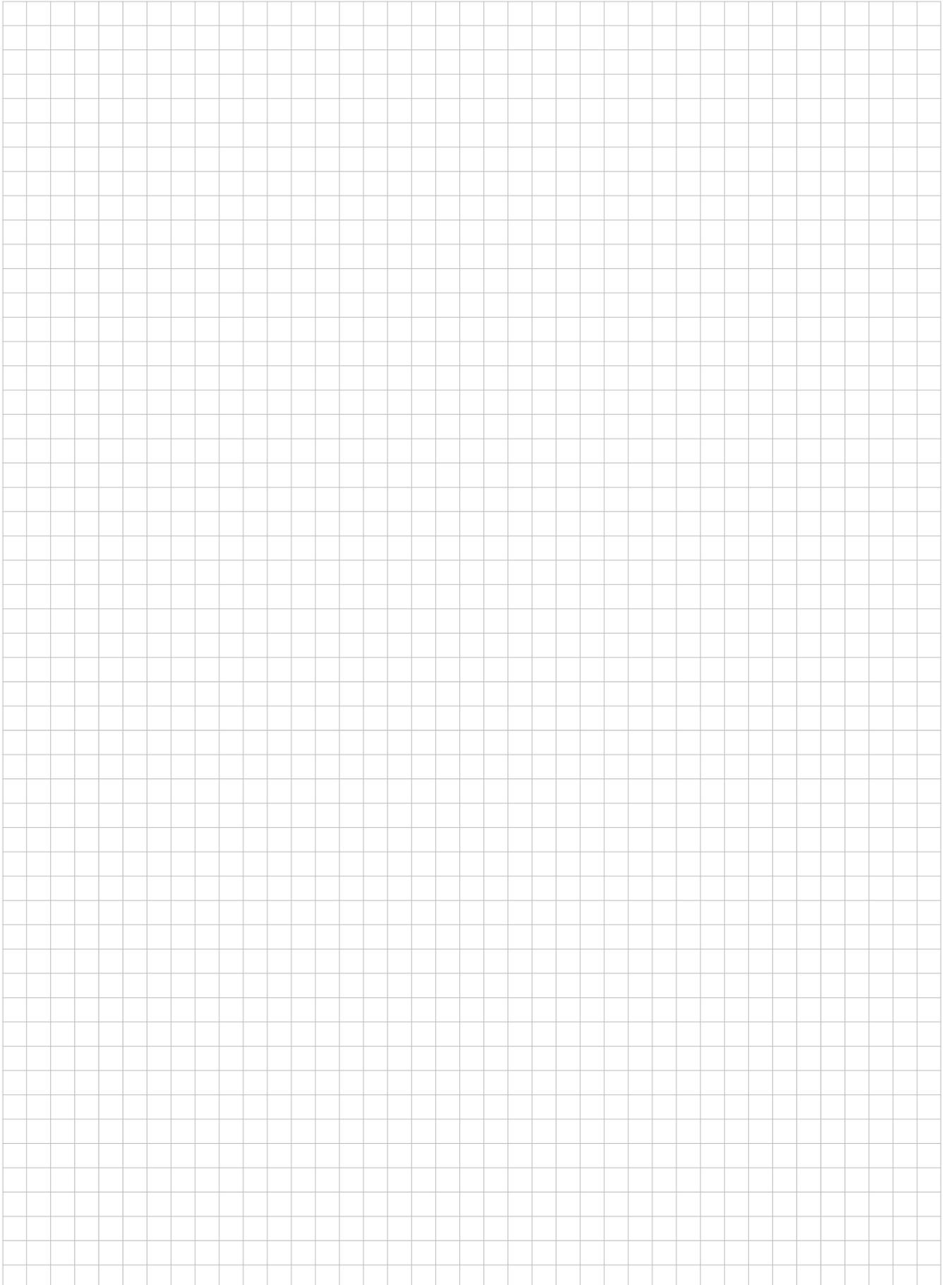
Der Verkaufspreis beider Gebäude liegt unter 100.000,- Euro.

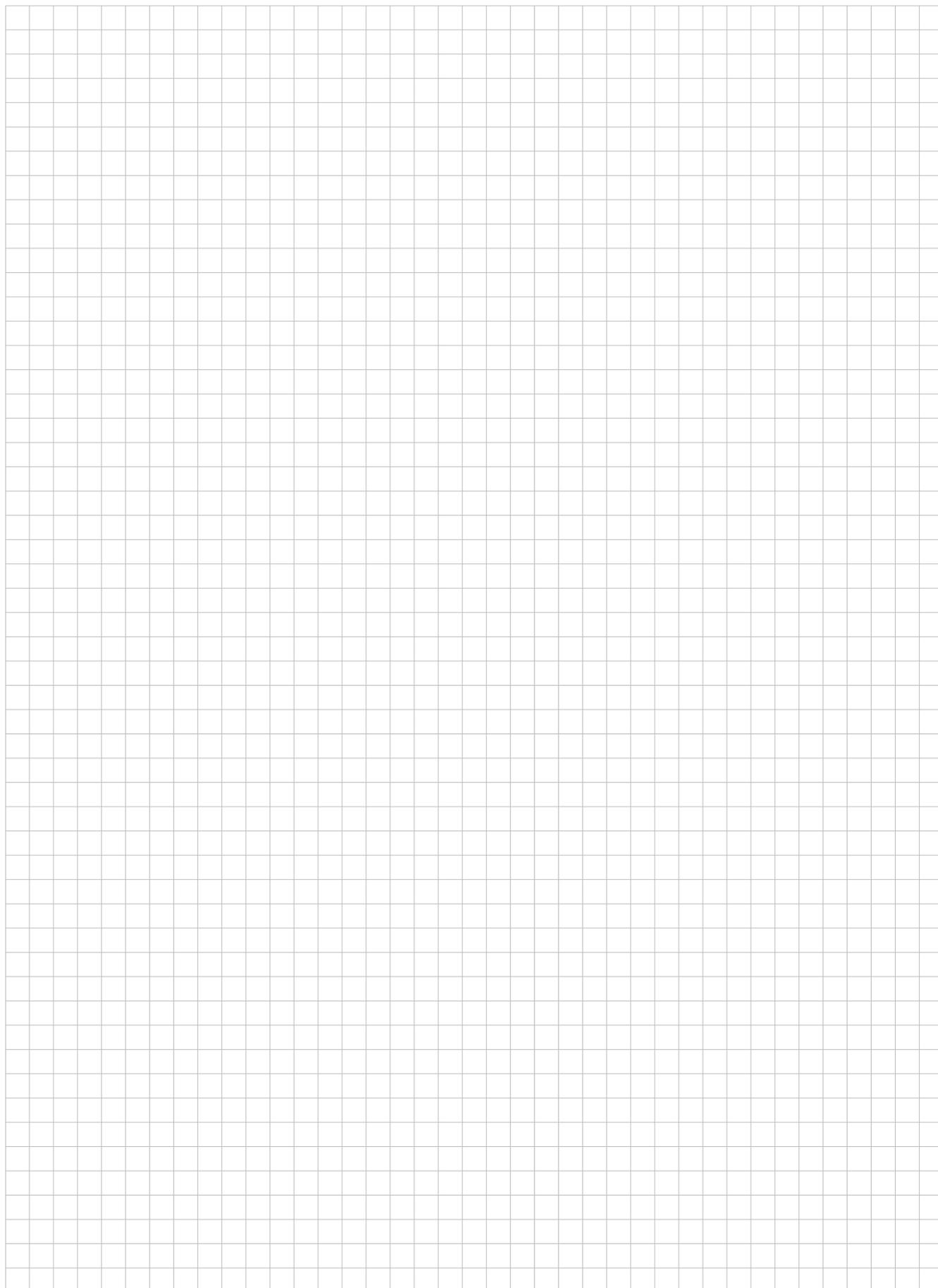
Das diesem exemplarischen Vergleich zu Grunde liegende Massivhaus wird teurer als das Holzhaus angeboten.











## Impressum

Herausgeber und für den Inhalt verantwortlich: BAU.GENIAL. BAU.GENIAL ist eine gemeinsame Initiative der acht führenden Baustoffhersteller Heraklith AG, Knauf GmbH, Lafarge Gips GmbH, Saint-Gobain Rigips Austria GmbH, Rockwool HandelsgesmbH, Saint-Gobain Isover Austria GmbH, Ursa Dämmsysteme Austria GmbH und Xella Trockenbausysteme. Layout: senft&partner, 1020 Wien. Druck: jork printmanagement, 1060 Wien. Wien 2008

