

HAWK HILDESHEIM

Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst
Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer

Baukonstruktion und Bauphysik in der Fakultät Bauen und Erhalten

Vorlesungsskripte zur Baukonstruktion der HAWK Hildesheim

Holzrahmenbau - Holztafelbau¹

¹ Dietmar Redeker, Gerrit Klusmann

1	Einleitung	3
1.1	Historische Einordnung des Holzrahmen- / Holztafelbaus	3
2	Holzrahmenbau – Holztafelbau	5
2.1	Akzeptanz des Holzbaus in Europa	6
2.2	Analyse des Marktes von Holzfertighäusern	6
2.2.1	Schlüsselfertige Häuser	7
2.2.2	Ausbau- / Mitbauhäuser	7
2.3	Bautechnische Mindest-Anforderungen an Häuser in Tafelbauart aus bauphysikalischer Sicht.....	7
2.3.1	Brandschutzanforderungen.....	7
2.3.2	Schallschutzanforderungen.....	8
2.3.3	Mindestwärmeschutzanforderungen	8
3	Die wirtschaftliche Erstellung und Montage von Häusern in Tafelbauart	10
3.1	Das Typenhaus	10
3.2	Kostengliederung bei der Herstellung von Fertighäusern	11
3.3	Die Baustoffe	11

1 Einleitung

Die Baugenehmigungszahlen sind in Deutschland in den letzten Jahren stark rückläufig. Die Fertigbau-Bilanz für das Jahr 2002/2003 aufgestellt vom Bund Deutscher Fertigbau zeigt diese Tendenz detailliert für den Eigenheimbau auf. Danach gingen die Baugenehmigungszahlen für Ein- und Zweifamilienhäuser insgesamt um ein Drittel zurück.

Deutschland wies im Jahr 2000 eine Eigenheimquote von nur 41 Prozent auf und liegt damit in Europa an vorletzter Stelle. Es stellt sich die Frage, ob die Fertighaushersteller mit ihren Produkten des Holzrahmenbaus bzw. des Holztafelbaus einen bestimmten Teil der Bauinteressenten verstärkt ansprechen können.

Seit den 80er Jahren wird unter der Frage – Bauen-Wohnen–Gesundheit – letztlich die Frage nach der Unbedenklichkeit von Gebäuden und Baustoffen gestellt. Hierbei gilt es Baustoffe mit ihren ökologisch / ökonomischen Abhängigkeiten in Beziehung zu setzen. Ob nicht gerade der Holzbau neue, ökologische Wege aufzeigen kann steht in Frage.

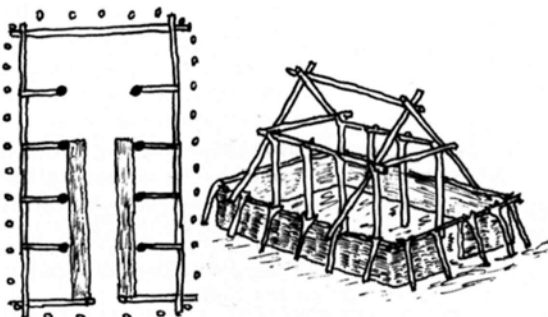
1.1 Historische Einordnung des Holzrahmen- / Holztafelbaus

Das Bauen und seine Erscheinungsformen sind abhängig von verschiedenen Faktoren. Bauformen und Bauweisen sind beeinflusst von den klimatischen und kulturellen Rahmenbedingungen und der Verfügbarkeit von Rohstoffen, Werkzeugen und Technologien. Der Holzbau spielt traditionell in den waldreichen, kälteren Regionen eine große Rolle, während in den trockenen, warmen Regionen mangels Rohstoff mit natürlichen oder künstlichen Steinen gebaut wird.



Abbildung 1 Unterstand aus natürlichen Baustoffen

Der Schutz vor Witterung, wilden Tieren und möglichen Feinden ist seit jeher Beweggrund aller Baubemühungen. Angefangen bei primitiven Unterständen wächst die Komplexität der Bauwerke mit der fortschreitenden kulturellen und technischen Entwicklung. Die Möglichkeit zur Bearbeitung des Rohstoffes mit Werkzeugen und die Diversifizierung der Ansprüche an das Gebäude gehen einher mit der sozialen Entwicklung der Menschheit.



▪ **Abbildung 2** Friesländisches Urhallenhaus

Das friesländische Urhallenhaus von ca. 2000 v. Chr. als Vorläufer des Wohn – Stall – Hauses veranschaulicht diese frühe Entwicklung der Ansprüche z.B. durch die domestizierte Nutztierhaltung. Menschliche Gruppenbildung führt zur Verdichtung in jungsteinzeitlichen Ballungszentren an günstig gelegenen Siedlungsplätzen. Aus der Notwendigkeit zu ihrer Verteidigung entwickeln sich die Pfahlbauten an Fluss – und Seeufern mit bis zu 1200 Bewohnern.

Ab der Bronzezeit ergibt sich aus der Bildung von Städten das Problem der Raumnot in diesen Zentren und damit die Notwendigkeit zum mehrgeschossigen Bauen. Diese Entwicklung ist außerdem gekennzeichnet durch eine zunehmende funktionale und organisatorische Komplexität. Den steigenden Anforderungen begegnet man schon früh mit der Entwicklung rationaler Baumethoden. Die Vorfertigung von Halbzeugen und Bauteilen ist zunächst die einzige Möglichkeit.

Der antike Tempelbau mit seiner strengen Maßordnung und Wiederholung gleicher Bauteile verdeutlicht den frühen Trend zu Rationalisierung und Vorfertigung, ohne dabei ästhetische Aspekte außer acht zu lassen.

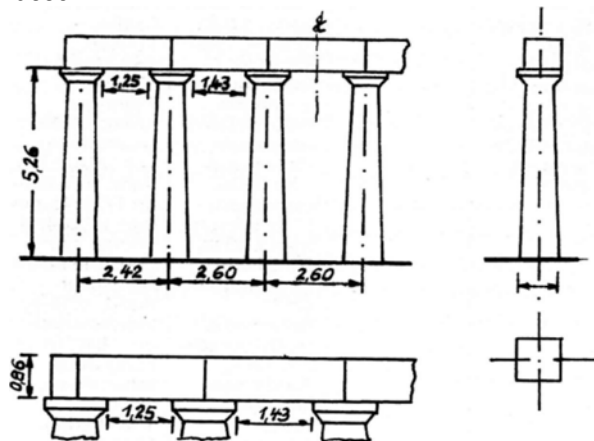


Abbildung 3 Modulares Ordnungssystem des antiken griechischen Tempelbaus

Der weitere technologische Fortschritt ermöglicht es während des späten Mittelalters in den wachsenden Städten mehrgeschossige Fachwerkhäuser zu bauen. Den gewachsenen Qualitätsansprüchen eines solchen Bauwerkes zur Gewährleistung von Stabilität und Dauerhaftigkeit wird durch die handwerkliche Vorfertigung der Komponenten und einer damit möglichen Qualitätskontrolle begegnet.

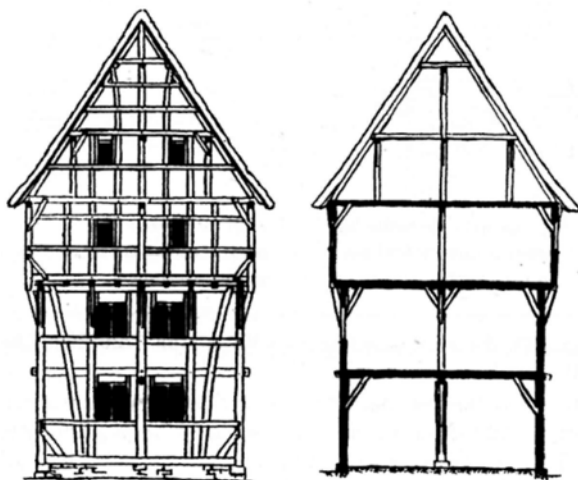


Abbildung 4 Giebelansicht eines Fachwerkhäuses um 1480

Seiner Zeit sicher weit voraus war Leonardo da Vinci der 1494 seine „casa mutabile“ entwickelte. Als Gartenhaus konzipiert bestand dieses erste Holzfertighaus aus flächigen Holztafeln, die mittels Scharnieren miteinander verbunden wurden und somit auf- und abgebaut werden konnten.

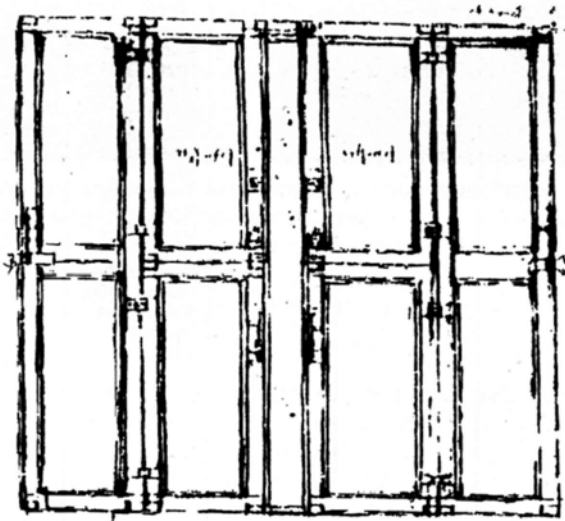


Abbildung 5 „casa mutabile“, Leonardo da Vinci um 1494

2 Holzrahmenbau – Holztafelbau

Mit dem Kolonialismus entsteht zunehmend Bedarf an leichten, transportablen Gebäuden, die auch von ungelerten Kräften montiert und demontiert werden können. Während des amerikanischen Goldrausches in der Mitte des 19. Jahrhunderts erreicht dieser Trend seinen Höhepunkt und es entsteht die erste Massenproduktion von Holzfertighäusern („ready made houses“).

Die ständig verbesserten Transportmöglichkeiten machen heute alle Baumaterialien fast überall auf der Welt in jeder Menge verfügbar. Dadurch wird Bauen unabhängig von regionalen Ressourcen und es kommt zur Entwicklung und Anwendung neuer Baumethoden und Bauweisen. Alle diese Entwicklungen verfolgen das Ziel rationeller, kostengünstiger und schneller zu bauen. Traditionelle Bauweisen werden zum Teil verdrängt. Dies trifft auch auf den Holzbau in Deutschland zu, der ab der industriellen Revolution Mitte des 19. Jahrhunderts immer mehr vom gebrannten Ziegel als billiges Massenprodukt verdrängt wurde.

Die nach dem zweiten Weltkrieg zur schnellen Unterbringung von Flüchtlingen erbauten Holzbaracken mit ihren unzureichenden klimatischen Eigenschaften haben ihren Teil zur Stigmatisierung des Holzbaus als minderwertige Bauweise in Deutschland beigetragen. In den letzten 40 Jahren hat hier jedoch eine Entwicklung neuer Methoden und Systeme stattgefunden.

Heute stellt der Holzbau eine rationelle und damit kostengünstige Bauweise dar, die zugeschnitten ist auf höchste Anforderungen an Wärmeschutz und Behaglichkeit.

Die Verfügbarkeit neuer Materialien (z.B. neue Plattenwerkstoffe), neuer Produktionstechniken (z.B. mechanisierte Nageleinrichtungen) und die Weiterentwicklung von Wandsystemen mit schichtenförmigem Aufbau waren die Voraussetzung für die erfolgreiche Reanimation des Holzbaus in Deutschland.

Eine Unterscheidung in Holzrahmenbau und Holztafelbau wird lediglich verwendet, indem man dem Ort der Erstellung der Gebäudebauteile betrachtet. Während der Holzrahmenbau mit seinen Einzelbaustoffen auf der Baustelle zu ganzen Bauteilen, letztlich dem Gesamtgebäude, verzimmert wird, werden alle Herstellungsprozesse im Holztafelbau in Werkhallen in witterungsgeschützten Bereichen durchgeführt. Die fertigen Bauteile (Wand, Decken, Dach) mit allen ihren Einbauten (Fenster, Türen, Leitungen) werden auf der Baustelle in kürzester Zeit zusammengefügt. Erhebliche Qualitäts- und Verfahrensvorteile, vergleichbar mit der Automobilindustrie, sind so möglich.

2.1 Akzeptanz des Holzbaus in Europa

Die Akzeptanz des Holzbaus im Wohnungsbau zeigt in Europa ein starkes Nord – Süd – Gefälle. Traditionelle, klimatische und ressourcenbedingte Ursachen stehen hier im Vordergrund.

Bei der Bewertung der Holzbauweise durch den Kunden spielen nach einer Studie des Nordic Timber Council generell folgende Punkte eine Rolle:

- Qualität / Lebensdauer
- Energieeffizienz / Energiekosten des Gebäudes
- Kostenersparnis bei Bau und Betrieb
- Ökologische Aspekte der Bauweise

Die Gewichtung variiert jedoch stark und hängt von den unterschiedlichen nationalen Gegebenheiten ab. Traditionelle Vorurteile, fehlende Erfahrung und mangelndes Fachwissen auf allen Ebenen führen jedoch in vielen europäischen Ländern zu einer Fehleinschätzung des Holzbaus. Folgende Punkte werden genannt:

- Geringe Haltbarkeit / Lebensdauer
- Schlechte Qualität
- Schlechte Schalldämmung
- Hohe Brandgefahr
- Höhere Baukosten
- Hohe Unterhaltungskosten

Als Indikator für die Akzeptanz des Holzbaus als Bauweise im Wohnungsbau kann der Marktanteil genommen werden. Durchschnittlich liegt der Anteil des Holz-/Holztafelbaus in den betrachteten Ländern bei ca. 9 % des Gesamtwohnungsbaumarktes. Von diesem 9 % - Anteil sind 13 % Mehrfamilienhäuser.

Würden auch südeuropäische Länder berücksichtigt, würde der durchschnittliche Marktanteil auf weniger als 5 % sinken.

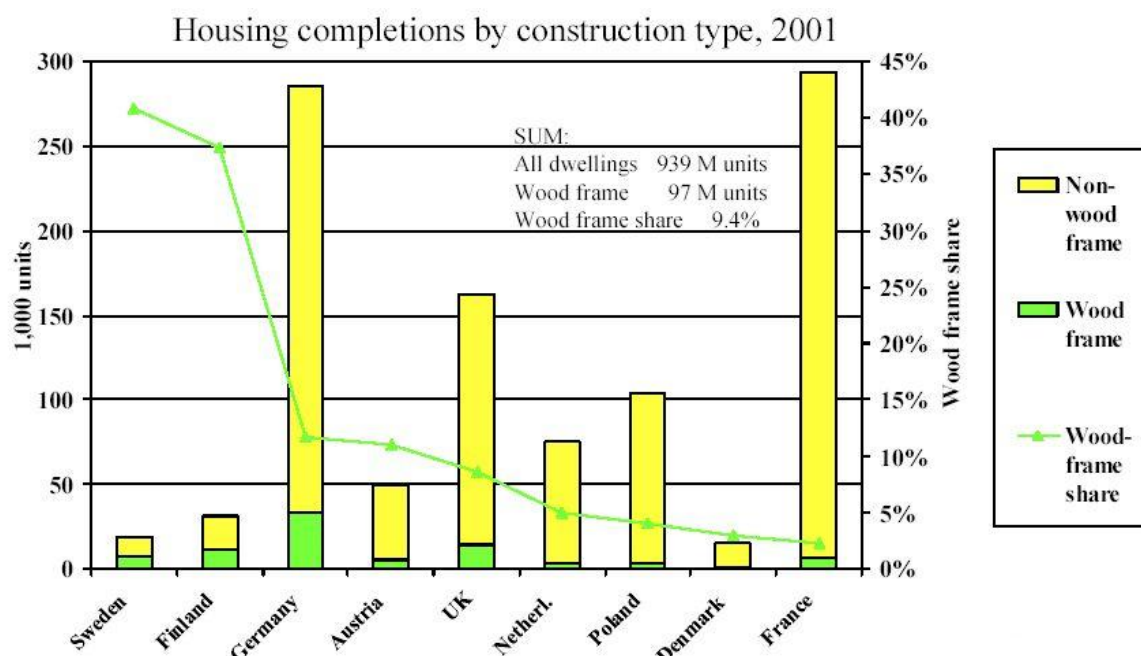


Diagramm 1 Fertiggestellte Wohnungsbauten nach Konstruktionsart, 2001 [4]

2.2 Analyse des Marktes von Holzfertighäusern

Zurzeit lässt sich der europäische Markt in zwei große Kategorien von angebotenen Häusern einteilen:

- Schlüsselfertige Häuser
- Ausbauhäuser/Mitbauhäuser

2.2.1 Schlüsselfertige Häuser

Der Begriff „Schlüsselfertiges Haus“ ist bis zum heutigen Tag gesetzlich nicht festgelegt. Dieser Begriff beschreibt den Übergabezustand des von einem Unternehmer erstellten Hauses nach der Fertigstellung an den der Bauherr, der lediglich „nur noch“ den Hausschlüssel für sein neues Haus zum Öffnen und Betreten erhält. In der Regel besagt der Begriff allerdings, dass sämtliche Roh- und Innenausbauarbeiten erfolgt sein müssen, so dass der Hauskäufer nach der Fertigstellung und der Abnahme in sein neues Haus einziehen kann. Speziellere Aussagen wie z.B. über die Art des Grundstückserwerbs, die Gestaltung des Vertrages, die Bauweise oder den Ausbau-Status werden mit dem Begriff „schlüsselfertig“ jedoch nicht getroffen. Die detaillierten Leistungen sind in den jeweiligen Bau- und Leistungsbeschreibungen der Hersteller aufgeführt.

2.2.2 Ausbau- / Mitbauhäuser

Ausbauhäuser, der Begriff Mitbauhaus wird oftmals synonym verwendet, stellen eine weitere Variante im Bereich der Holzferthäuser dar. Diese werden zumeist von Fertighausfirmen in verschiedenen Ausbaustufen angeboten. Analog zu den schlüsselfertigen Fertighäusern sind auch in diesem Segment gravierende Unterschiede im Leistungsumfang der jeweiligen Ausbaustufen zu verzeichnen. Die Haushülle wird bei diesen Angeboten in der Regel aber wetterfest und abschließbar fertig gestellt. Darunter fallen z.B. die eigentliche Tragkonstruktion des Gebäudes bzw. die fertigen Außenwände, der Einbau der Fenster und der Haustür sowie das geschlossene Dach. Der Leistungsumfang umfasst dabei jedoch nur einen Teil des gesamten Innenausbaus. Die Ausführung vieler Arbeiten in diesem Bereich erfolgt oftmals durch den Bauherren selbst, der durch seine Eigenleistung Kosten einsparen möchte. Dabei wird er üblicherweise von Bauleitern bzw. Fachpersonal des Herstellers betreut.

Die Analyse der Angebote im Markt unter baukonstruktiven und bauphysikalischen Gesichtspunkten zeigt, dass sich die Konstruktionen der angebotenen Häuser und auch die eingesetzten Materialien sehr ähneln. Lediglich bei den Dämmstärken der Außenbauteile wie z.B. der Außenwand oder das Dach sind geringfügige Unterschiede zu erkennen.

2.3 Bautechnische Mindest-Anforderungen an Häuser in Tafelbauart aus bauphysikalischer Sicht

Die bautechnischen Anforderungen umfassen im Allgemeinen die bauphysikalischen Themenbereiche Brandschutz, Schallschutz, Wärmeschutz und Feuchteschutz.

2.3.1 Brandschutzanforderungen

Bauliche Anlagen müssen gemäß § 17 der Musterbauordnung [5], aus der sich die Landesbauordnungen ableiten, so beschaffen sein, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird und bei einem möglichen Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.

Um die Entstehung und Ausbreitung eines Brandes in einem Bauwerk zu verhindern, gibt es viele Sicherheitsvorschriften.

Die wichtigsten sind:

- Die Landesbauordnungen der Bundesländer mit den dazugehörigen Durchführungsverordnungen
- Die Normen, vor allem die DIN 4102 – Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen [6]

Die wichtigsten bautechnischen Anforderungen an die Bauteilkonstruktionen bezüglich des Brandschutzes sind in den Landesbauordnungen der einzelnen Bundesländer zusammengefasst.

Während die allgemeinen Schutzziele in den Landesbauordnungen weitgehend identisch sind, gibt es im Detail Unterschiede. Die Anforderungen an Baustoffe richten sich hauptsächlich nach Art oder Nutzung der Gebäude sowie der Höhe der Gebäude (Gebäudeklassen).

An frei stehende Einfamilienhäuser und frei stehende Gebäude ähnlicher Größe werden keine besonderen Brandschutzanforderungen gestellt [4]. Bei Zweifamilienhäusern fordern die gesetzlichen Brandschutzvorschriften, dass die Konstruktion 30 Minuten lang dem Feuer aushält, ehe sie nicht mehr tragfähig ist.

2.3.2 Schallschutzanforderungen

Der Schallschutz in Gebäuden beeinflusst das Wohlempfinden und die Gesundheit des Menschen beträchtlich. Im Wohnungsbau hat dieser Schutz einen besonderen Stellenwert, da die Wohnung dem Menschen zur Entspannung dient und das eigene Heim eine Intimsphäre z.B. gegenüber Nachbarn darstellt.

Die in der DIN 4109 [7] aufgeführten Anforderungen an den Schallschutz im Hochbau, wie z.B. der Schallschutz zwischen fremden Wohnungen (sog. „normaler“ Schallschutz) oder der Außenbauteile sind allgemein verbindlich und müssen somit eingehalten werden. Die in der DIN 4109 Beiblatt 2 enthaltenen Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz in Form von Vorschlägen sind im Gegensatz zur Norm bauaufsichtlich nicht eingeführt und sind baurechtlich nicht verbindlich. Ein Schallschutz in dieser Art ist im Einzelfall zwischen den Bauherren und dem Objektplaner ausdrücklich zu vereinbaren.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass leichte Holzkonstruktionen, wie sie im Holztafelbau üblich sind, einen ebenso guten Schallschutz gewährleisten können wie Bauweisen aus schweren, massiven Baustoffen.

Für den Schallschutz im eigenen Wohnbereich eines freistehenden Einfamilienhauses, somit für Innenbauteile, gibt es keine gesetzlichen Anforderungen oder Vorschriften. Es liegen für diesen Bereich lediglich Empfehlungen vor, die aber einer besonderen Vereinbarung zwischen dem Bauherrn und dem Entwurfsverfasser bedürfen.

Für Außenbauteile sind dagegen detaillierte schallschutztechnische Anforderungen vorhanden, die zwingend einzuhalten sind.

2.3.3 Mindestwärmeschutzanforderungen

Die DIN 4108-2 unterscheidet bauteilspezifisch die unterschiedlichen Anforderungen an den Wärmeschutz zwischen Massivbauteilen und leichten Bauteilen bzw. Rahmen- und Skelettbauarten. Der Holztafelbau darf hierbei sinngemäß im Bereich der Rahmen- und Skelettbauart eingeordnet werden.

Die minimalen Wärmedurchlasswiderstände $\min R$ sind für die jeweiligen Bauteile in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Bauteile	Wärmedurchlasswiderstand min R [m ² x K/W]	Wärmedurchgangskoeffizient max U [W/m ² x K]
Außenwände, Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und Dächer (<100 kg/m ²)	1,75	0,52
Rahmen und Skelettbauarten im Gefachbereich für das gesamte Bauteil im Mittel	1,75 1,00	0,52 0,85
Rollladenkästen	1,00	0,85
Deckel von Rollladenkästen	0,55	1,39
Nichttransparenter Teil der Ausfachungen von Fensterwänden und Fenstertüren bei > 50 % der Gesamtausfachungsfläche	1,20	0,73
bei < 50 % der Gesamtausfachungsfläche	1,00	0,85
Unterer Abschluss nicht unterkellerten Aufenthaltsräume	0,90	0,93

Tabelle 1: Mindestwerte der Wärmedurchlasswiderstände bzw. Maximalwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten, relevanter Außenbauteile im Holztafelbau

Außenliegende Fenster und Türen von beheizten Räumen müssen mindestens eine Isolier- oder Doppelverglasung aufweisen.

Die Energieeinsparverordnung wurde im Februar 2002 eingeführt und löste die bis dahin geltende Wärmeschutzverordnung von 1995 ab. Diese neue Verordnung stellt zum einen höhere Anforderungen an den Wärmeschutz des Gebäudes, zum anderen wird auch der Energiebedarf für die Gebäudeheizung, die Warmwasserbereitung und die Lüftung berücksichtigt.

Mit der neuen Bewertungsgröße „maximaler Jahres-Primärenergiebedarf,“ sollen weitere Einsparungen von Energie bei der Gebäudenutzung sichergestellt werden.

Die Anforderungen der EnEV beziehen sich auf den Jahres-Primärenergiebedarf und auf die spezifischen Transmissionswärmeverluste, wobei jeweils begrenzte Maximalwerte einzuhalten sind. Die festgelegten Höchstwerte sind der EnEV zu entnehmen.

Wärmebrücken können zu einer zu niedrigen raumseitigen Oberflächentemperatur führen. Erhöhte Transmissionswärmeverluste, Tauwasserniederschlag und somit die Gefahr von Schimmelpilzbildung können die Folge sein.

Erfolgt der Nachweis zum energiesparenden Wärmeschutz nach der EnEV, müssen die auftretenden Wärmebrückeneinflüsse eines Gebäudes berücksichtigt werden.

Die Vermeidung von Schimmelpilzbildung im Bereich von Wärmebrücken setzt zum einen eine ausreichende Belüftung und Luftzirkulation in den Räumen voraus, zum anderen sind die in der DIN 4108-2-6.2 angegebenen Anforderungen einzuhalten. Ecken von Außenbauteilen mit gleichartigem Aufbau nach DIN 4108-2 Tab. 3 und alle Wärmebrücken nach DIN 4108 Bbl. 2 sind ausreichend wärmegeklärt und benötigen keinen zusätzlichen Nachweis. Konstruktionen die hiervon abweichen müssen dagegen an der ungünstigsten Stelle (minimale raumseitige Oberflächentemperatur) die Mindestanforderung an den Temperaturfaktor $f_{Rsi} \geq 0,70$ erfüllen. Diese Bedingung gewährleistet den Schutz vor kritischer Oberflächenfeuchtigkeit auf der Innenseite von Außenbauteilen. Die Berechnung des Temperaturfaktors f_{Rsi} ist der entsprechenden Norm zu entnehmen.

Fugen müssen in der wärmegeklärteten Umfassungsfläche des Gebäudes, insbesondere auch bei durchgehenden Fugen zwischen Fertigteilen oder zwischen Ausfachungen und dem Tragwerk, nach dem Stand der Technik dauerhaft und luftundurchlässig abgedichtet sein. Die detaillierten Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen sind der DIN 4108 zu entnehmen.

Eine Überprüfung der Luftdichtheit des gesamten Gebäudes (z.B. durch eine Blower Door Messung) wird dagegen von der EnEV nicht zwingend gefordert.

Der sommerliche Wärmeschutz soll gewährleisten, dass es nicht zu unzumutbar hohen Innentemperaturen in Aufenthaltsräumen kommt. Um dies auch ohne energieintensive Kühlmaßnahmen zu realisieren, stellt die DIN 4108-2 zum einen konstruktive Anforderungen an die Art und die Größe der Verglasung eines Gebäudes, zum anderen werden die Auswirkungen eines bauseitigen Sonnenschutzes berücksichtigt.

Auf den detaillierten Nachweis kann verzichtet werden, wenn der Fensterflächenanteil f unter den in der DIN 4108-2- Tab. 7 angegebenen Grenzen liegt. Weiterhin sind Ein- und Zweifamilienhäuser vom Nachweis befreit, wenn die Fenster in Ost-, Süd- oder Westorientierung mit außenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen wie z.B. Rollläden ausgestattet sind.

Für die Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen sind die Anforderungen der DIN 4108-3 zu beachten. Hier ist u.a. festgelegt, dass der Anfall von Tauwasser keine Materialschädigungen oder eine Beeinträchtigung der Funktionalität des Bauteils zur Folge haben darf. Tauwasser gilt somit als unschädlich, wenn wesentliche Anforderungen wie z.B. der Wärmeschutz und die Standsicherheit erfüllt sind und zudem die entsprechenden Anforderungen dieser Norm eingehalten werden.

Eine Berechnung der Tauwassermenge ist für alle Bauteile durchzuführen, sofern diese Bauteile nicht als unbedenklich gegen Tauwasserausfall infolge Dampfdiffusion gelten. Die Bauteile (Außenwände, belüftete und unbelüftete Dächer), für die kein rechnerischer Nachweis erforderlich ist, sind in der DIN 4108-3-4.3 beschrieben.

Wände und Dächer müssen luftdicht ausgeführt sein, damit es zu keiner Durchströmung und Mitführung feuchter Raumluft durch die Bauteilkonstruktion kommt. Auch hier kann Tauwasser im Inneren eines Bauteils entstehen, wenn durch eine Undichtheit des Außenbauteils Luftströmungen infolge von Druckdifferenzen (Wind) oder Temperaturdifferenzen zwischen Raum- und Außenluft (Thermik) auftreten. Die dadurch bedingte Wasserdampf-Konvektion kann unter Umständen mehr Feuchtigkeit in eine Konstruktion bringen als es bei der Wasserdampfdiffusion der Fall ist.

3 Die wirtschaftliche Erstellung und Montage von Häusern in Tafelbauart

3.1 Das Typenhaus

Der Ursprung des Fertighauses liegt neben dem Bau von exklusiven und individuellen Fertighäusern (Architektenhäuser) im Bau von sog. Typenhäusern.

Typenhäuser sind Häuser, dessen Grundrisse und Formen vorgegeben sind und als standardisierte Hausvarianten hergestellt werden.

Der Grundgedanke bei der Herstellung von Typenhäusern ist die Unveränderbarkeit und Wiederholung von Planungs- und Realisierungsprozessen. Dies ermöglicht eine besonders hohe Effizienz und Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung von Häusern in Holztafelbauart.

Gerade im Bereich der Planung eines Bauvorhabens sind sehr hohe Kosten impliziert, die bei der Realisierung von Typenhäusern weitestgehend entfallen könnten. Hierzu zählen u.a. die Anfertigung von individuellen Grundrissplänen und die Erstellung spezifischer Elementierungspläne für die Werksfertigung.

Soll ein Typenhaus in verschiedenen Varianten hergestellt werden, muss darauf geachtet werden, dass die Basiskonstruktion erhalten bleibt. Weist dagegen eine Grundrissvariation elementare Veränderungen auf, so dass sich z.B. aus baustatischer Sicht ein völlig neues Tragverhalten einstellt, geht der eigentliche Sinn des Typenhauses verloren. Die Statik, die als Typenstatik einmalig für jeden Haustyp angefertigt wird, muss auch bei verschiedenen Varianten anwendbar sein, um keine zusätzlichen Kosten in diesem Bereich zu verursachen.

In der Praxis ist es üblich, alle benötigten Planungsunterlagen für ein Typenhaus für jede Variante einmalig anzufertigen und diese anschließend bei Bedarf einfach „aus der Schublade zu ziehen“.

3.2 Kostengliederung bei der Herstellung von Fertighäusern

Das Ziel bei der wirtschaftlichen Erstellung und Montage von Fertighäusern in Tafelbauart ist die Realisierung eines günstigen Preises für das Produkt. Das Diagramm zeigt die prozentuale Verteilung der Baukosten eines individuellen Kundenhauses.

Die Planungskosten verursachen fast 5 % der Gesamtbausumme. Weiter ist zu erkennen, dass die gesamten Lohnkosten einen Großteil der Gesamtbausumme darstellen. In dieser Kostenart sind z.B. die Abschreibungskosten des Maschinenparks der Werksfertigung oder die Energieversorgungskosten der Produktionsstätte enthalten. In den Lohnkosten, die beim Transport und der Montage entstehen sind z.B. die Unterhaltskosten des Fuhrparks oder die Kosten, die durch den baustellenbetreuenden Bauleiter entstehen, enthalten. Da diese Kosten zusätzlich zu den Kosten, die direkt der Herstellung bzw. der Montage zuzuordnen sind, anfallen, ist dieser Kostenblock von besonderer Bedeutung wenn es darum geht, Kosten zu reduzieren.

Die im Diagramm aufgeführten sonstigen Kosten beinhalten u.a. auch Subunternehmerleistungen. Kosten, die z.B. für den Vertrieb (Marketing, Musterhäuser usw.) entstehen sind im Diagramm prozentual gleichmäßig auf alle Kostenarten verteilt.

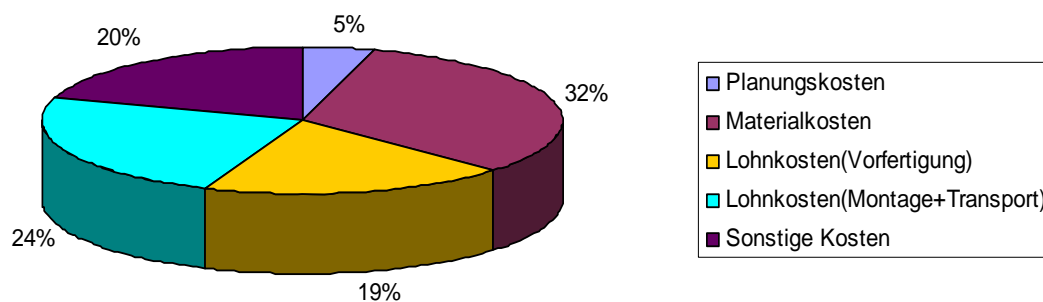


Diagramm 2: Prozentuale Verteilung der Kostenarten bei der Herstellung eines individuellen Fertighauses

Die Materialkosten nehmen einen direkten Einfluss auf die Herstellkosten. Kommen hier preisgünstige Materialien zum Einsatz, schlägt sich dies unmittelbar in der Preisbildung nieder.

Als Beispiel wäre der Einsatz von verschiedenen Dämmmaterialien zu nennen. Wird Glaswolle als Rollenware anstatt Steinwolle als mehrlagige Plattenware zur Dämmung der Gefachbereiche im Außenwandbereich verwendet, sind andere Preisansätze für den Einkauf der Ware anzusetzen, da die Glaswolle zu günstigeren Konditionen erhältlich ist (bei gleicher Wärmeleitfähigkeit).

Wichtiger als die Veränderung der Materialkosten sind die Auswirkungen einer solchen Maßnahme auf die Lohnkosten. Bei der Verarbeitung von Glaswolle als Rollenware kann eine deutliche Reduzierung der Lohnkosten erfolgen, da die Verarbeitung von mehrlagiger Steinwolle als Plattenware zeitintensiver ist. Großformatige Dämmmaterialien als Rollenware sind manuell schneller zu verarbeiten, da zum einen die Zuschneidarbeiten überwiegend entfallen, zum anderen wird die Verlegezeit dadurch minimiert, dass nur ein großes Stück Dämmung in die Gefache verlegt werden muss, im Gegensatz zu der mehrlagigen Verlegung kleinformatischer Dämmplatten.

3.3 Die Baustoffe

An die verwendeten Baustoffe werden i. A. folgende Anforderungen gestellt:

1. preisgünstig
2. gebrauchstauglich

3. hohe Lebensdauer
4. geringe Herstellungsenergieaufwand (Primärenergieaufwand)
5. geringer Instandhaltungsaufwand
6. leichte Entsorgbarkeit bzw. Wiederverwertbarkeit
7. hohe Umweltverträglichkeit
8. keine Gesundheitsgefährdung durch giftige Emissionen an die Raumluft
9. keinerlei chemische (Holz-)schutzmittel

Diese grundsätzlichen Anforderungen werden in Deutschland im Rahmen der Qualitätsgemeinschaft Deutscher Fertigbau (QDF) bei ihren jährlichen Kontrollen der Werke und auch der Baustellen geprüft. Hierbei werden die Konstruktion, die Nachweise des Wärmeschutzes, Schallschutzes, Brandschutzes und sämtliche Materialien gemäß QDF-Satzung überprüft und ein Prüfsiegel vergeben.



Abbildung 6 Das Siegel der Qualitätsgemeinschaft, verliehen nur für ein Jahr

Vergleicht man übliche und ökologische Baustoffe im Holzrahmenbau, so wird deutlich, dass die Unterschiede schwer zu beschreiben sind. Mehr noch: Was sind eigentlich ökologische Baustoffe? Wie weit vermischt sich Ökologie mit Ökonomie. Die Grundlagen hierzu liefert der Duden.

- Ökologie

Lehre von den Beziehungen zwischen den Lebewesen und ihrem Lebensraum

- Ökonomie

Wirtschaftskunde, sparsames umgehen mit vorhandenen Mitteln

Stellt man diese Bedeutungen unter den Kontext des Bauens, wird deutlich, dass eine einseitige Betrachtung in Ökologie oder Ökonomie sinnlos erscheint. Betrachte man die im Holzrahmenbau eingesetzten Baustoffe, wird deutlich, dass eine genaue Abwägung zwischen ökologisch und ökonomisch für jeden Baustoff in seiner Gesamtheit getroffen werden muss.

Im Rahmen von unterschiedlichsten wissenschaftlichen Arbeiten, Bauhaus Universität Weimar, ETH Zürich, HAWK Hildesheim und in der WTA wurde versucht diese Wechselwirkungen nicht nur zu betrachten, sondern Faktoren, vergleichbar einer Kennzahl, für die Wertigkeit eines Gebäudes einzuführen!

Ein Forschungsthema, das bis zum heutigen Tage andauert und bedingt durch die Komplexibilität der Herstellungs-, Einbau- und Nutzungsprozesse von Baustoffen im Gebäude andauern wird, da die Aufwendungen für

- Herstellung / Produktion
- Einbau

- Nutzung und Betrieb
- Entsorgung und Recycling

im *lifecycle of building* betrachtet werden müssen.

Nur zwei Beispiele, die dieses komplexe Thema verdeutlichen sollen:

A: Holzschutzmittel:

Der „ökologische“ Verzicht auf Holzschutzmittel führte, nach der in den 80er Jahren geführten Diskussion, zu erheblichen Bauschäden, an tragenden und bekleidenden, hier ist ein Holzschutz nicht vorgeschrieben, Bauteilen. Die „unökonomische“ Folge war eine erhebliche Kostensteigerung für Renovierung, Instandsetzung und Unterhalt!

B: Kunststoffvergütungen:

Die Dauerhaftigkeit von mineralischen Baustoffen, z.B. Putzen, hängt entscheidend von der kapillaren Wasseraufnahme und der Festigkeit des Gefüges ab. Wurden früher Kalk- oder Lehmputze eingesetzt, war ein erheblicher Unterhaltungsaufwand erforderlich. Bauherren mussten jährlich die Konstruktionen prüfen und nacharbeiten. Kein Bauherr akzeptiert heute solche Inspektionen, völlig im Gegensatz zur Fahrzeugindustrie, wo ein KFZ zyklisch zur Inspektion gebracht und gewartet wird. Aus diesem Grunde musste die Dauerhaftigkeit von feuchtebeanspruchten Bauteilschichten deutlich erhöht werden. Dichtere Baustoffe, wie Zementputze, brachten bedingt durch ihre Risseanfälligkeit keine Lösung. Erst mit „unökologisch“ kunststoffmodifizierten Putzen, Anstrichen oder Hydrophobierungen ist es möglich, die Dauerhaftigkeit zu verlängern und die Wartungsintervalle „ökonomisch“ zu verlängern.

Natürlichen bzw. ökologischen Baustoffe werden im Holzhausbau vorrangig eingesetzt für:

- Holz für tragende und bekleidende Bauteile
- Holzverbund mit geringem Anteil von künstlichen Baustoffen; z.B. Massivholzwände, Brettstapeldecken, Brettschichten
- Dämmlehm mit Kork und Stroh (z.B. Cellco)
- Zellulosefaser-Gemisch
- Dämmung mit Flachmatten, Schilfrohrmatten

Um einen Überblick über die vielfältige Wahl von *ökologischen und ökonomischen* bzw. *nicht ökologischen und nicht ökonomischen* Baustoffen für die Erstellung eines Holzrahmenbaugeschäftes zu geben, wurde die nachstehende Tabelle, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit hat, erstellt. Hier werden „übliche“ eingesetzte Baustoffe „ökologischen“ Baustoffen gegenüber gestellt.

Tabelle 2 übliche Baustoffe v/s natürliche/ökologische Baustoffe

geneigtes Dach

- winddicht und diffusionsoffen

- belüftet

	übliche Baustoffe	ökologische Baustoffe
Bauteilschicht Harte Bedachungen 2.wasserführende Schicht	Beton, Zink, Alu hochdiffusionsoffene Unterspannbahnen aus PE, PP	Ziegel, Holzschindeln Holzweichfaserplatte wasserabweisend
Dämmung	Aufsparrendämmung aus PU, PS, MIFA Zwischensparrendämmung aus MIFA	Zwischensparrendämmung aus Naturfasern, Flachs, Papierfasern, behandelt, Schafwolle
Dampfsperre raumseitige Bekleidung auf UK	PE, Polyamid Gips, auch REHA-Gips	Papier, Pappe Gips, Zementtafeln, Holz

Außenwand

- winddicht und diffusionsoffen (was ist diffusionsoffen im Wandbereich? Ist dies überhaupt möglich?)

- diffusionsdicht (wenn Nachweis nach DIN 4108 erbracht)

	übliche Baustoffe	ökologische Baustoffe
Bauteilschicht Tragwerk	Holz nach DIN 68800 in Teilbereichen geschützt	Holz ohne Holzschutz, fraglich! aus nachhaltiger Forst- wirtschaft
Dämmung	MIFA, PS	Flachs, Papierfasern behandelt, Schafwolle
Bekleidungen Tragwerk	Holzwerkstoffe, OSB, Sperrholz, Gipskarton, Gipsfaser	Gips
Dampfdichtung Bekleidungen Raum Bekleidungen außen	PE, Polyamid Folie Gips, auch REHA-Gips WDVS aus PS mit Kunstharzputz, Holz mit und ohne Beschichtung	Pappe, Papier Gips, Zementtafeln, Holz WDVS aus Naturfasern mit mineralischer Putz ohne Kunstharzbindemittel Holz mit hoher Resistenzklasse ohne Holzschutzbeschichtung Holzschutzlasur aus Naturfarben

Innenwand

Bauteilschicht Tragwerk	übliche Baustoffe Holz	ökologische Baustoffe Holz aus nachhaltiger Forst- wirtschaft
Luftschalldämmung	MIFA, PS	Flachs, Papierfasern geschützt, Schafwolle
Bekleidungen Tragwerk	Holzwerkstoffe, OSB, Sperrholz, Gipskarton, Gipsfaser	Gips
Bekleidungen Raum	Gips, auch REHA-Gips	Gips, Zementtafeln, Holz

Decke

Bauteilschicht Tragwerk	übliche Baustoffe Holz	ökologische Baustoffe Holz aus nachhaltiger Forst- wirtschaft
Luftschallübertragung Bekleidungen Tragwerk	MIFA Holzwerkstoffe, OSB, Sperrholz	? Gips
Dampfdichtung erforderlich	wenn PE, Polyamid Folie	Pappe, Papier
Bekleidungen Raum	Gips, auch REHA-Gips	Gips, Zementtafeln, Holz

Fußboden

Bauteilschicht Tragschicht	übliche Baustoffe Estrich	ökologische Baustoffe Gussasphalt, Trockenestrich
Belag	Teppichboden Laminat etc.	Dielenfußboden Fichte/Kiefer geölt auf Rapsbasis Lagerhölzer auf Jutestreifen, Linoleum
Trittschalldämmung	PS, MIFA	Korkschüttung (Recykork) zwischen Lagerhölzern, Perlite

Sohle

Bauteilschicht Tragschicht Abdichtung	übliche Baustoffe Beton Abdichtung nach DIN 18195	ökologische Baustoffe Beton? Abdichtung?
---	--	--

Türen Fenster etc

übliche Baustoffe Holz, Kunststoff, Alu, Verbund	ökologische Baustoffe Holz
Rahmen ausgeschäumt	Jute/Pappe als Ausstopfung
Anstriche und Beschichtungen nach DIN	Farben und Lasuren als (aus natürlichen mineralischen und pflanzlichen Rohstoffen)

Technik

üblich Heizung Brennwerttechnik	mit Solaranlage Wärmepumpe Wärmerückgewinnung Holz-Pellets-Heizung
Fensterlüftung	Kontrollierte Wohnraumb- und entlüftung Wärmerückgewinnung
Elt. Leitungen nach DIN	abgeschirmte Elektroleitungen partielle Netzfreeschaltung
Frisch- und Schmutzwasser nach DIN	PVC-freie Trinkwasser - und Heizungsrohre (Polypropylen), PVC-freie Abwasserrohre (Polypropylen)

Sonstiges

üblich	besonders Abschirmung gegen Elektrosmog
--------	---

Jede dieser Gegenüberstellungen kann bei genaueren Betrachtungen der gesamten Abhängigkeitsprozesse unter der erwarteten Aussage „welcher Baustoff ist ökologisch, welcher Baustoff ist nicht ökologisch, welcher Baustoff ist ökologischer“ ad absurdum geführt werden.

Vielleicht hilft hier eine, persönlich erweiterbare, Checkliste weiter.

Tabelle 3 Checkliste zur Bewertung von Baustoffen

Herstellungsangaben	
	Primärenergiebedarf
	Transportbelastung
	EG-Öko-Audit validiert bzw. DIN-ISO zertifiziert
	Kreislauffähiges Produkt (Kompostierbar j/n, recycelbar,...)
	Ethische Komponente
	Umwelt- und Sozialsponsoring, Behindertenarbeitsplätze, Natur- und Landschaftsschutzprojekte
Chemische Charakterisierung	
□	Rohstoffe mit Massenangabe, Herkunft der Rohstoffe
	Bindemittel mit Massenangabe, Herkunft der Bindemittel
	Zusätze, Hilfsstoffe, ...
Technische Daten	
□	Statische Angaben
	Physikalisch-chemische Angaben
	Angaben des Herstellers: DIN-Normen, Bauaufsichtliche Zulassung Nr.....,
	Vorhandene Produktprüfungen
Verarbeitung	
□	DIN-Euro-Sicherheitsdatenblätter vorhanden
	Verarbeitung ohne persönliches Risiko
	Arbeitsschutzmaßnahmen nötig
	Wie geht man mit Produktresten um
Nutzungsphase	
	Einflüsse auf die Raumluftqualität
	Produktprüfungen zum Emmissionsverhalten
	Sondersituationen (Brandfall, Wassereintritt,..)
Mögliche Ausschlußkriterien	
□	Negative Einflüsse auf die Raumluftqualität (Grenz- und Richtwerte !)
	Verarbeitung mit hohem persönlichem Risiko
	Produkt stellt nach Ablauf der „Lebensdauer“ nach dem heutigem Stand der Technik Sondermüll dar.
	Formaldehyd als Zusatz in Produkten
	Delta-3-Caren als Inhaltsstoff

Fazit bleibt: Nur eine umfassende, natürlich unbefangene und unvoreingenommene Diskussion unter Betrachtung aller Abhängigkeiten und Wirkweisen kann zur Wahl des RICHTIGEN Baustoffes führen.