

**„Vorprojekt zur „Erarbeitung von Planungsgrundlagen für einen
7-geschossigen Wohnungsbau in Holzpassivhausbauweise im Plusenergie-
standard“**

Abschlussbericht über das Vorprojekt,
gefördert unter dem AZ: 28468-25 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

vom

Ingenieurbüro A. Naumann & H.Stahr GbR
Büro für Umweltverträgliche Energieanwendung
Arnoldstraße 26; 04299 Leipzig

Leipzig, im Januar 2011

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	28468	Referat	25	Fördersumme	15.470,00€
----	--------------	---------	-----------	-------------	-------------------

Antragstitel **Vorprojekt zur Erarbeitung von Planungsgrundlagen für einen 7-geschossigen Wohnungsbau in Holzpassivhausbauweise im Plusenergiestandard**

Stichworte

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
4	9.8.2010	10.12.2010	1

Zwischenberichte

Bewilligungsempfänger	Ingenieurbüro A.Naumann & H.Stahr GbR	Tel	03418631970
	Büro für umweltverträgliche Energieanwendung	Fax	03418631999
	Arnoldstr. 26	Projektleitung	
	04299 Leipzig	Herr Andreas Naumann	
		Bearbeiter	
		Frau Töpfer	

Kooperationspartner

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens

Nachhaltig zu Bauen ist eine gesellschaftliche Forderung, die es erfordert, daß mit ökologisch gut bewerteten Baustoffen, ökonomisch sinnvoll, sozial verträglich, funktionell und qualitativ ansprechende Bauten entstehen, die auch in ihrem möglichst langen Lebenszyklus, genau diese Forderungen erfüllen.

Dabei spielt der Einsatz von Holz sowie ökologischer Bau- und Dämmmaterialien nicht nur für den Häuslebauer im Einfamilienhausbereich eine entscheidende Rolle. Die Tendenz zum mehrgeschossigen Bauen mit Holz ist weltweit ersichtlich und soll auf wissenschaftlicher Basis und mit deren Unterstützung weiter vorangetrieben werden.

Im Gegensatz zur Massivbauweise in Beton sind die Planungen im Holzbau bisher vorwiegend Einzel- und Individuallösungen. Mit einer Planungsgrundlage in Form eines Baukastenprinzips für Holzbausysteme soll erreicht werden, daß diese Systeme durch Architekten, Bauingenieuren und Handwerkern vermehrt Anwendung in der täglichen Praxis finden.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Mit der Hochschule für Technik, Wissenschaft und Kultur in Leipzig erfolgt die Vorbereitung, Koordinierung und Erarbeitung eines Kooperationsvertrages der die Erarbeitung von Planungsgrundlagen für einen 7-geschossigen Wohnungs- und Gesellschaftsbau in Holzpassivhausbauweise und Plusenergiestandard und deren Publizierung zum Ziel hat.

Dabei gilt es das an der HTWK ansässige Institut für Hochbau, Baukonstruktion und Bauphysik (IHBB) zur Mitarbeit an dem Projekt zu motivieren und schließlich daraus attraktive Schwerpunkte für den Lehrbetrieb zu definieren.

Es erfolgen Voruntersuchung zur Baustoffauswahl unter Beachtung der jeweiligen CO₂-Bindung, Recyclingfähigkeit, Einsatz recycelter Materialien sowie nachwachsender Rohstoffe gegenübergestellt für Massivbau, Massivbau- Holzbau, reiner Holzbau in Bezug auf die Wahl der Dämmstoffe.

Des weiteren werden Vorarbeiten für eine ökologische Analyse und Bewertung der verschiedenen Bauvarianten (reiner Massivbau, kombinierter Beton- und Holzbau, reiner Holzbau, 7-Geschosser in Berlin) und Gegenüberstellung für ein effektives Bau- und Betriebskostenmanagement ausgeführt und es erfolgt die brandschutztechnische Vorklärung mit den oberen Baubehörden, Bau- und Brandschutzämtern, Feuerwehr und Brandschutzingenieuren zur Festlegung der Bedingungen für den Holzbau.

Ergebnisse und Diskussion

Für den angestrebten Kooperationsvertrag mit der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur, Fakultät Bauwesen sind die beiderseitigen Interessen und Aufgaben beraten und abgeklärt wurden und es ist zu einem guten Abschluß gebracht wurden. Der Vertrag wurde vom Kanzler der HTWK Leipzig Anfang Januar unterzeichnet.

Die Fakultät Bauwesen wird für ausgewählter Anschlußpunkte durch folgende konkrete Untersuchungen

- Feuchtetechnische Beurteilung mit Hilfe des Rechenprogramms WUFI
- Beurteilung ausgewählter, vom INS entwickelter, wärmebrückenminimierter Anschlussdetails unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung und des hygienischen Wärmeschutzes
- Theoretische Abschätzung des möglichen Schallschutzes bei
- Decken, Wohnungstrennwänden und eventuell auch des Außenlärmschutzes
- Brandschutztechnische Beurteilung in Absprachen mit den Prüfinstituten

die bauphysikalische Prüfung und Beurteilung übernehmen.

Parallel zu dem Verhandlungen zum Kooperationsvertrag mit der HTWK wurde mit Vertreter der Holz-, Dämmstoff- und Zulieferindustrie und dem Ing.-Büro Naumann&Stahr eine Arbeitsgruppe gebildet, in der regelmäßig über Ergebnisse der Entwicklungsarbeit von Bauelementen berichtet, über weiterführende Arbeiten beraten und reger Informationsaustausch gepflegt wird.

Mit Vorarbeiten für eine ökologische Analyse und Bewertung von Baustoffen verschiedener Bauvarianten wurde begonnen. Die entsprechenden Daten werden in Tabellenform gesammelt und aufbereitet. In der Arbeitsgruppe wurde beschlossen, die vom INS zu erstellende Dokumentation der ökologischen Berechnungen und Bewertungen zur Nachhaltigkeit durch die Industriepartner zu prüfen. Um die Anfechtbarkeit der Ergebnisse zu minimieren sollen sie noch von einen unabhängigen Dritten (Fremdprüfer) überprüft werden.

Die Vorklärung mit den oberen Baubehörden, Bau- und Brandschutzämtern, Feuerwehr und Brandschutzingenieuren zur Festlegung der Bedingungen für den Holzbau wurde begonnen. Eine Einladung zur Teilnahme an Brandschutzprüfungen bei der MFPA Leipzig ist dabei eine Aktivität. Alle Interessenten zeigten sich sehr beeindruckt hinsichtlich der positiv verlaufenen Prüfungen.

Die Brandschutzprüfungen bei der MfPA Leipzig und deren Ergebnisse waren Grundlage zahlreicher Fachgespräche mit Brandschutzingenieuren, Experten und kompetenten Vertretern von Bau- und Brandämtern, um die Zustimmung und Unterstützung für die Holzbauweise auch bis 7-Geschosse für den Wohnungs- und Gesellschaftsbau zu erreichen.

x

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Zum Einsatz der Holzbauweise und Innovationen vor allem auf dem Gebiet des Brandschutzes gibt es bereits durch INS eine rege Vortragstätigkeit vor Architekten, Ingenieuren und Meistern der Holzbranche u.a. in Zusammenarbeit mit Industriepartnern wie der Firma EGGGER, Gutex und Sto.

x

Beratende Aktivitäten gibt es seitens INS mit Architekten u.a. zum Vorhaben „Spreefeld Berlin“ bezüglich Holzbauweise, Brandschutz, Bauphysik und haustechnische Überlegungen sowie dem Einsatz von Holzbauerelementen.

Fazit

Der eingeschlagene Weg, nachwachsende Rohstoffe wie Holz, in seinen unterschiedlichen Formen, Brettschichten, Spännen, Fasern, Zellulose und recycelt, als Baumaterial und nachgewiesenen exzellenten und natürlichem CO₂ Speicher zu fördern und seine Vorteile zu propagieren ist wichtig und richtig für die Umwelt und die Gesellschaft.

Basierend auf der Verpflichtung von Kooperationspartnern, begonnenen Aktivitäten und Ergebnissen dieses Vorprojektes wird die Fortführung des Projektes „**Erarbeitung von Planungsgrundlagen für einen 7-geschossigen Wohnungsbau in Holzpassivhausbauweise im Plusenergiestandard**“ als wichtiger Schritt in die richtige Richtung gesehen und deren Förderung beantragt

Inhaltsverzeichnis

1.	Inhaltsverzeichnis	S. 2
2.	Abbildungsverzeichnis	S. 3
3.	Verzeichnis von Formelzeichen und Abkürzungen	S. 4
4.	Anlaß und Zielsetzung des Vorprojektes	S. 8
5.	Einleitung	S. 9
6.	Hauptteil	S. 11
6.1	Holz als Baustoff	S. 11
6.2	ökonomische und ökologische Bauweise und Nutzung ein Beitrag zur Nachhaltigkeit	S.14
6.3	Variantenvergleich verschiedener Bauweisen	S. 20
6.4	Bauphysikalische Untersuchungen an ausgewählten Details des fiktiven siebengeschossigen Holzbaues	S. 24
6.4.1	Wärmebrücken und Schimmelbefall	S. 25
6.4.2	Diffusionsoffenheit	S. 28
6.5	Brandschutztechnische Besonderheiten beim Einsatz nachwachsender Baustoffe der Baustoffklasse B und Dämmstoffen aus Recycling für den Wohnungsbau	S. 32
7.	Fazit	S. 35
8.	Quellenverzeichnis	S. 37
9.	Anlagen	
9.1	Tabellenkopf für die Erfassung der Produktdaten	S. 39

2. Verzeichnis von Bildern

2.1 Verzeichnis der Bilder

Bild 1	CO ₂ -Zyklus bezogen auf 1 m ³	S. 12
Bild 2	Schaffung von CO ₂ –Senken in Großstädten durch Holzbau bis 7-Geschosse	S. 14
Bild 3	Nachhaltigkeitsdreieck	S. 15
Bild 4	Lebenszyklus eines Bauproduktes	S. 16
Bild 5	Themenfelder des DGNB Zertifikat	S. 18
Bild 6	Inhalte der Hauptkriteriengruppe „Ökonomische Qualität“	S.18
Bild 7	Inhalte der Hauptkriteriengruppe „Ökologische Qualität“	S. 19
Bild 8	Primärenergiebedarf-Vergleich Außenwand	S. 20
Bild 9	Wirkungskategorien-Vergleich Außenwand	S. 21
Bild 10	Treinhauspotential-Vergleich Außenwand	S. 21
Bild 11	Wasserverbrauch-Vergleich Außenwand	S. 22
Bild 12	Abfallaufkommen-Vergleich Außenwand	S.22
Bild 13	Nettoherstellung-Vergleich Außenwand	S. 23
Bild 14	Aufbau der Außenwanddecke mit Heat 2	S. 26
Bild 15	Darstellung der Temperaturverläufe in Außenwanddecke	S. 26
Bild 16	Darstellung der Temperaturverläufe in Außenwand – Dach mit Ansys	S. 27
Bild 17	Darstellung der Temperaturverläufe in Außenwand- Boden mit Ansys	S. 27
Bild 18	Darstellung der mit Heat 2 und Ansys gemessenen Temperaturen	S. 28
Bild 19	Wassergehalt im Schnitt durch de Trägerbalken der Bodenkonstruktionen	S. 29
Bild 20	Temperatur- und Feuchteentwicklung im Schnitt durch den Tragbalken der Bodenkonstruktion	S. 30
Bild 21	Tabellarische Tauwasserermittlung im Schnitt durch den Tragbalken der Bodenkonstruktion	S 30
Bild 22	Darstellung der mit WuFi gemessenen Feuchtigkeit	S. 31
Bild 23	Wandkonstruktion nach dem Brandversuch	S. 32
Bild 24	Temperaturentwicklung im Prüfkörper hinsichtlich des Kapselkriteriums K ₂ 60	S. 33
Bild 25	Deckenkonstruktion nach dem Brndversuch	S. 33

3. Verzeichnis von Formelzeichen und Abkürzungen

Formelzeichen

Formelzeichen	Bezeichnung	Maßeinheit
n_{50}	Luftwechsel	h^{-1}
$U(k)$	Wärmedurchgangskoeffizient	W/m^2K
CO_2	Kohlendioxid	kg/m^3
SO_2	Schwefeldioxid	kg/m^3
ρ	Rohdichte	kg/m^3
μ	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl	
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/mK
σ	Wärmespeicherfähigkeit	$kJ/(m^3K)$
PEI	Primärenergieinhalt	kWh/m^3
R_w	Schalldämm - Mass	dB
NO_x	Stickoxid	ppm
u	Holzfeuchte	%
A	Fläche	m^2
V	Volumen	m^3
ψ	Wärmebrückenverlustkoeffizient	W/mK
α	Wärmeübergangskoeffizient	$W/(m^2K)$
R	Wärmedurchlasswiderstand	$(m^2K)/W$
\acute{u}	Wärmeeindringkoeffizient	$kJ/(m^2h^{0,5}K)$
η	Phasenverschiebung	h
Ω	Wärmespeicher Kennwert	$W/(m^2K)$

Formelzeichen	Bezeichnung	Maßeinheit
ρ	Wärmeträgheitswert	---
R_T	Wärmedurchgangswiderstand	$(m^2K)/W$
R_T'	oberer Wärmedurchgangswiderstand	$(m^2K)/W$
R_T''	unterer Wärmedurchgangswiderstand	$(m^2K)/W$
v	Sicherheitsbeiwert	---
H_T	Transmissionsverluste	W/K
δ	Spannung	N/m^2
θ_a	Temperaturamplitudendämpfung, außen	---
θ_i	Temperaturamplitudendämpfung, innen	---

Abkürzungen

Kurzzeichen	Bezeichnung
kN	Kilonewton
t	Tonnen
kg	Kilogramm
m	Meter
m^2	Quadratmeter
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
dB	Dezibel
Pa	Pascal
l	Liter

Kurzzeichen	Bezeichnung
°C	Grad Celsius
Wsch VO'95	Wärmeschutzverordnung 1995
F 90	Feuerwiderstandsklassen
PE	Polyethylen
HWL- Platte	Holzwoleleichtbauplatte
PH	Passivhaus
NEH	Niedrigenergiehaus
OSB	Oriented Strand Board
A/V Verhältnis	Außenwandvolumenverhältnis
EnEv	Energiesparverordnung
HAOI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
DIN	Deutsche Industrie Norm
ESG	Einscheiben-Sicherheitsglas
INS	Ingenieurbüro Naumann & Stahr
„N&S“	Naumann & Stahr
B/L	Verhältnis Breite zu Länge
MfPA	Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt
DIBT	Deutsches Institut für Bautechnik
EEG	Erneuerbares-Energien-Gesetz
TJI-Träger	Doppel T-Träger
MUF-Harz	Melamin-Harnstoff-Formaldehydharz
d.h.	das heißt

Kurzzeichen	Bezeichnung
vgl.	vergleiche
bzw.	beziehungsweise
Tab.	Tabelle
z. B.	zum Beispiel
z. Z.	zur Zeit
i. R.	in der Regel
lt.	laut
Mio.	Millionen
gem.	gemäß
dgl.	dergleichen
Jh.	Jahrhundert
e. V.	Eingetragener Verein
TW	Trinkwasser
AW	Abwasser
Std.	Stunden
ca.	cirka
AB	Baustoffklasse (nicht brennbare Konstruktion)
BA	Baustoffklasse (brennbare Konstruktion)

4. Anlass und Zielsetzung des Vorprojektes

Zur Erreichung der von der Bundesregierung und EU vorgegebenen Ziele zur CO₂-Einsparung besteht auch in allen Bereichen der Bauwirtschaft eine absolute Notwendigkeit den Einsatz von Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen als Bau- und Dämmstoff zu fördern.

Es gilt für den Neubau ebenso wie für die Altbausanierung, für den Bau von Wohngebäuden genau so wie im Gesellschaftsbau die Holzbauweise voranzutreiben und zu einem neuen Standard, nämlich zum Passivhaus- bzw. Nullenergiehausstandard zu führen.

Die Holzbauweise ist nicht nur für den Eigenheimbau geeignet, sondern eben auch für mehrgeschossigen Wohnungs- und Gesellschaftsbauten freistehend oder als Lückenbebauung in Ballungszentren.

Schließlich geht es zukünftig darum, die Kriterien der Nachhaltigkeit für alle Bereiche der Gesellschaft und damit auch für den Neubau und die Altbausanierung von Gebäuden zu erfüllen.

Als Grundlage für eine größere Akzeptanz und Anwendung der Holzbauweise sollen Unterlagen und Detaillösungen erarbeitet werden, die es Architekten und Planern zukünftig erleichtern mit Holz zu bauen und Handwerker in die Lage versetzen diese Lösungen in Holzbauweise umzusetzen.

Dafür sind Vertreter aus der Wissenschaft, in Form der Hochschulen und Universitäten, Fachleute der Holz-, Dämmstoff und Zulieferindustrie sowie die Holzbauplaner zur Zusammenarbeit zu gewinnen und deren Ideen zu bündeln.

Neben ersten Recherchearbeiten zum Stand der Technik, zum Vergleich der verschiedenen Bauvarianten unter den Gesichtspunkten der CO₂-Bilanz ist die Schaffung von Kooperationspartnerschaften mit wissenschaftlichen Einrichtungen in Form der Hochschulen und Vertretern der Industrie Ziel des Vorprojektes.

Parallel zu den vorbereitenden Arbeiten für eine ökologische Analyse und Bewertung der verwendeten Bau- und Rohstoffe erfolgten erste brandschutztechnische Vorklä- rungen mit Brandschutzingenieuren, Brandämtern und Feuerwehr. Ebenso fanden auf dem Gebiet des Schallschutzes erste Versuche und Vorklä- rungen statt.

5. Einleitung

Im Rahmen des „Vorprojektes zur Erarbeitung von Planungsunterlagen für einen 7-geschossigen Wohnungsbau in Holzpassivbauweise im Plusenergiestandard“ wurde mit Partnern aus Wissenschaft und Forschung (HTWK Leipzig), der Holz-, Dämmstoff- und Zulieferindustrie und dem INS (Ingenieurbüro Naumann & Stahr) Gespräche geführt und Kooperationsvereinbarungen geschlossen. Die Kooperationsvereinbarung zwischen der HTWK Leipzig und dem INS wurde am 11. Januar 2011 unterzeichnet. Sie ist im Anhang beigefügt

Diese Kooperationsvereinbarung ist Grundlage und Voraussetzung für den eigentlichen Projektbeginn zur „Erarbeitung von Planungsgrundlagen für den 7-geschossige Wohnungsbau in Holzpassivhausbauweise im Plusenergiestandard“

Mit der Kooperationsvereinbarung zwischen HTWK Leipzig und INS soll eine gute interdisziplinäre Ausbildung der Studenten erreicht werden. Zukünftig muss sich dieses in den Aufgabenstellungen für Praktika und Abschlussarbeiten niederschlagen. Die Gesamtproblematik Baustoffauswahl, Statik und Bauphysik, hier insbesondere Wärmebrücken, Wärme- und Schallschutz, sowie die Brandschutzanforderungen sind immer im Zusammenhang zu lösen.

Diese Themen sollen im fiktiven 7-geschossige Holzbau in Nullheizenergiebauweise beispielhaft bearbeitet werden.

Auch die Kooperation mit der Industrie wurde und wird weiter vorangetrieben.

So traten dem Projekt zahlreiche Partner bei, die ihre Stärken einbringen und gemeinsam das Ziel verfolgen die Realisierung dieses Projektes voranzutreiben. Dabei spielen zum einen die bisher erbrachten Nachweise und Erkenntnisse eine Rolle. Zum anderen wird gemeinsam immer weiter an den besten Lösungen für die auftretenden Problemstellungen gearbeitet. Eine Liste der Firmen, die bisher der Arbeitsgruppe beigetreten sind kann im Anhang entnommen werden.

Ein positiver Effekt der Zusammenarbeit ist u.a., dass teilweise auch konkurrierende Firmen als Partner zusammenarbeiten und ein gemeinsames Ziel verfolgen.

Es finden inzwischen regelmäßige Arbeitsgruppensitzungen an den Standorten der beteiligten Partner statt. Hier stellt der jeweilige Gastgeber seine Firma vor, über neue Ergebnisse und Erkenntnisse wird berichtet, darüber diskutiert und das zukünftige

tige Vorgehen untereinander abgestimmt. Es entsteht eine Atmosphäre des Vertrauens und der Zusammenarbeit zwischen den Partnern.

Unter anderem wurde beschlossen, die gemeinsamen enormen Vermarktungspotentiale der Partner zu bündeln und ein gemeinsames Marketingkonzept zu entwickeln, um das Projekt des siebengeschossigen Holzbaues im Plusenergiestandard populär und marktfähig zu machen.

Mit der Entwicklung eines fiktiven 7-geschossigen Wohnungsbaus in Holzpassivhausbauweise soll die Grundlagen für einen künftig breiteren und effektiveren Einsatz des Baustoffes Holz für mehrgeschossige Gebäude geschaffen werden, die den Forderungen der Nachhaltigkeit in höchstem Maße gerecht werden.

Gemeinsam soll ein, mit Bau- und Brandschutzämtern, abgestimmter Bauteilkatalog zur Planung von Passivhausprojekten für Architekten, Planer und Handwerker entwickelt werden. Parallel werden Schulungsunterlagen für Architekten, Ingenieure und Handwerker erarbeitet und auf Praxistauglichkeit getestet.

Damit wird es der jeweiligen Zielgruppe ermöglicht ihre Ideen, die Planung, Umsetzung und Ausführung mit nachhaltigen Baustoffen und in Holzbauweise effizienter und schneller zu realisieren.

Ziel sollte sein, den Wohnungs- und Gesellschaftsbau vom Neubau bis zur Altbausanierung umfassende Baubereich genauso, wie beispielweise der Luftverkehr, dem EU- Emissionshandel angeschlossen werden, um hier Anreize zu schaffen den CO₂-Ausstoß zu senken.. Regionale Kraftwerke könnten somit CO₂-Zertifikate von Kommunen erwerben, die Kindergärten oder Schulen in Holzbauweise errichten. Das würde zu einem wesentlich besseren Image bei der noch notwendigen Verwendung von fossilen Energieträgern beitragen. Wird der Baubereich dem Emissionshandel angeschlossen, werden energieeffiziente Holzbauten aufgrund ihres hohen CO₂-Einsparungspotenziales einen enormen Marktvorteil haben.

Unser Motto lautet: „**Statt CO₂ in Hohlräume der Erdschichten zu pressen, speichern wir es lieber in den Wänden mit natürlichem CO₂-Speicher**“.

Schließlich geht es zukünftig darum die Kriterien der Nachhaltigkeit für alle Bereiche der Gesellschaft und damit auch für den Neubau und die Altbausanierung von Gebäuden zu erfüllen.

6. Hauptteil

6.1 Holz als Baustoff

Dem Holzbau haften viele Vorurteile an, welche eine Etablierung des Baustoffes Holz erschweren. Vorherrschend ist die Meinung, Holz sei sehr anfällig bei Bränden und gegenüber Feuchtigkeits- und Schädlingsbefall. Es sei teurer als andere Baustoffe und die Bauweise sehr kompliziert. Auch, dass das Abholzen des Waldes der Umwelt schade, ist eine weit verbreitete irrende Meinung.

Allerdings konnten viele negativ besetzte Eigenschaften des Holzes bzw. von Holzkonstruktionen im Laufe der Jahre durch gezielte Maßnahmen relativiert und die Eigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen verbessert und damit Vorurteile, die es gegenüber der Holzbauweise gibt, immer weiter zurückgedrängt werden.

Zum Beispiel konnten durch intelligente Lösungen im Laufe der letzten Jahre die vermeintlich negativen Eigenschaften des Holzes hinsichtlich seines Verhaltens im Brandfall relativiert werden. Die neue Musterbauordnung von 2002 trägt dem Rechnung und hebt die bisherigen Beschränkungen auf max. 3 Geschosse für Gebäude in Holzbauweise auf.

Holzbauten genießen auch keine Sonderrolle mehr in Bezug auf die gesetzlichen Bestimmungen. Sie müssen so wie alle anderen Bauten auch, den gesetzlichen Regelungen des Brandschutzes entsprechen. Die Anforderungen des Brandschutzes können teilweise übererfüllt werden.

Vor allem die natürlichen Eigenschaften des Holzes sprechen nach wie vor für dessen Einsatz als Baustoff.

Bäume – seit Jahrtausenden „chemische Fabriken“ unseres Planeten nehmen als lebende Organismen Kohlendioxid (CO₂) auf. Die Photosynthese wandelt es in harmlosen Kohlenstoff und Sauerstoff um. Der Sauerstoff (O) wird wieder an die Umgebung abgegeben. Der Kohlenstoff (C) als Gerüst des organischen Aufbaus bleibt für die gesamte Zeit, die der Baum als Baum oder Baustoff erhalten bleibt, gebunden. Freigesetzt wird er erst bei Verbrennung oder Verrottung des Holzes.

Holz, nicht nur in Wäldern als lebender Baum, sondern in vielen Bereichen unserer Gesellschaft verwendet und verarbeitet z. B. in Bauwerken, Möbeln, als Papier und

sogar als Spielzeug ist ein wertvoller Kohlenstoffspeicher, der wesentlich zu einer Reduktion des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre beiträgt.

Egal, wie Holz genutzt wird, sein Kohlenstoffgehalt bleibt für die Lebensdauer des Produkts darin gebunden. Sein vermehrter Einsatz spielt also eine zentrale Rolle bei der notwendigen weltweiten Reduktion der CO₂-Emissionen und wird zu einer wesentlichen und wirksamen Maßnahme des Klimaschutzes, denn Holz ist hinsichtlich seiner Öko- und Energiebilanzen unschlagbar.

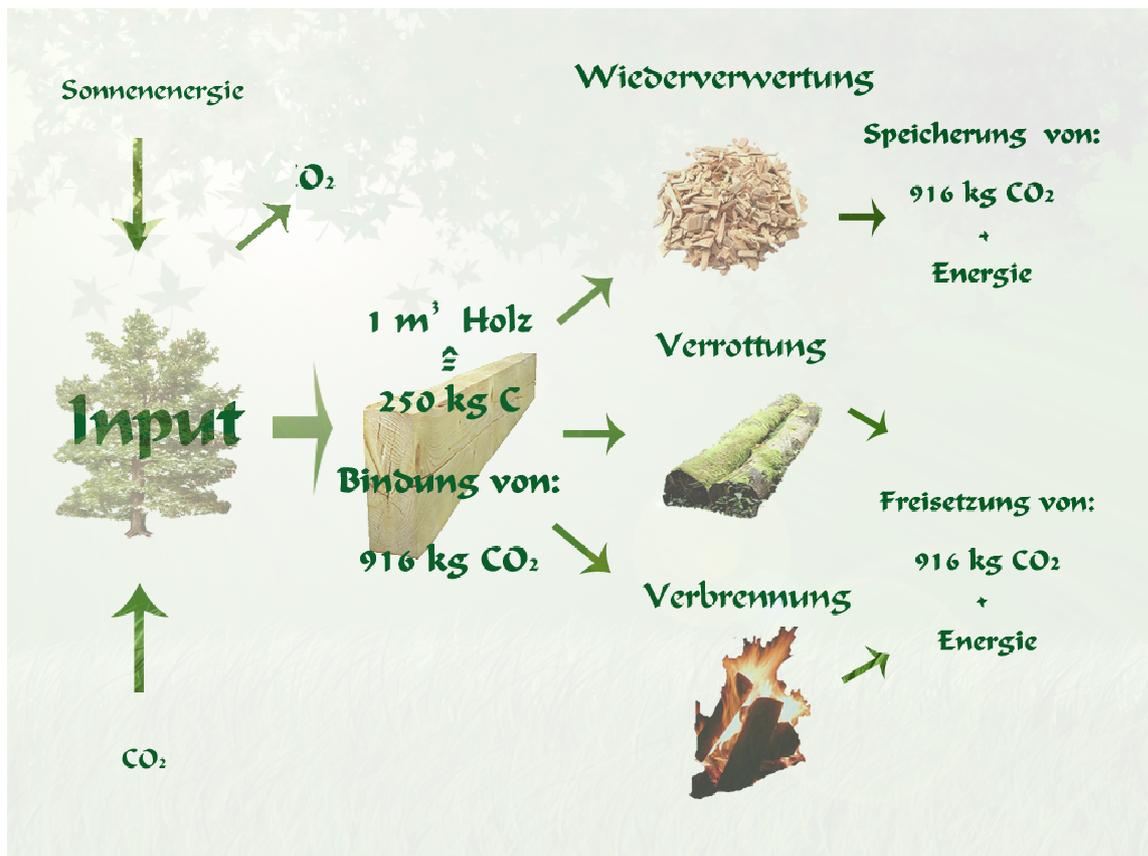


Bild 1: CO₂-Zyklus bezogen auf 1 m³

Holz besteht zu 50 % aus Kohlenstoff (C). Geht man von einem Mittelwert von 500 kg (Darrgewicht) pro Kubikmeter Holz aus, bedeutet das, dass 1 m³ Holz 250 kg C enthält. Wenn C nun in CO₂ umgewandelt (oxidiert) wird, entstehen aus 0,9 kg Kohlenstoff ca. 3,6 kg Kohlenstoffdioxid.

Das heißt: 250 kg C/m³ Holz x 3,667 kg CO₂ ergeben 916 kg, also ca. 1 Tonne CO₂ je 1 m³ Holz.

Mit den Forderungen zur Nachhaltigkeit, wird der CO₂-neutrale Rohstoff Holz für das Bauen in der Stadt auch für mehrgeschossige Gebäude immer attraktiver. Holz ist sowohl konstruktiv für tragende Bauteile, als auch als Dämmstoff mit großer Effektivität für Energiesparbauten (Passivhausbauweise) einsetzbar.

So besitzt Holz sowohl durch seine natürlichen Eigenschaften, als auch durch den Einsatz gezielter Lösungen viele Vorteile gegenüber anderen konventionellen Baustoffen.

- Holz benötigt bei der Verarbeitung einen wesentlich geringeren Energieaufwand als andere Baustoffe. (Primärenergieaufwand liegt bei 30% gegenüber Stahlbeton- und Ziegelrohbau)
- Nach wie vor wächst mehr Holz im deutschsprachigen Raum nach, als verarbeitet wird.
- Holz bindet erhebliche Mengen an CO₂, den Klimakiller Nr. 1, und produziert dabei während des Wachstums große Mengen an Sauerstoff.
- Holz ist sowohl konstruktiv für tragende Bauteile, als auch als Dämmstoff mit großer Effektivität für Energiesparbauten (Passivhausbauweise) einsetzbar.
- Holzbausysteme haben nachgewiesenermaßen brandschutztechnisch durchaus das Potential energetisch aufwendige Massivbauweisen zu ersetzen.
- Holz ist in Form von Brettschichtholz oder Thermohölzern hoch belastbar.

Die Menschheit benutzt seit Jahrtausenden den Baustoff Holz. Das beweist u.a. eine rund 7000 Jahre alte Brunnenanlage mit den bisher ältesten Holznägeln der Welt, die sächsische Archäologen 2005 vor der Erweiterung des Flughafens Leipzig/Halle gefunden haben.

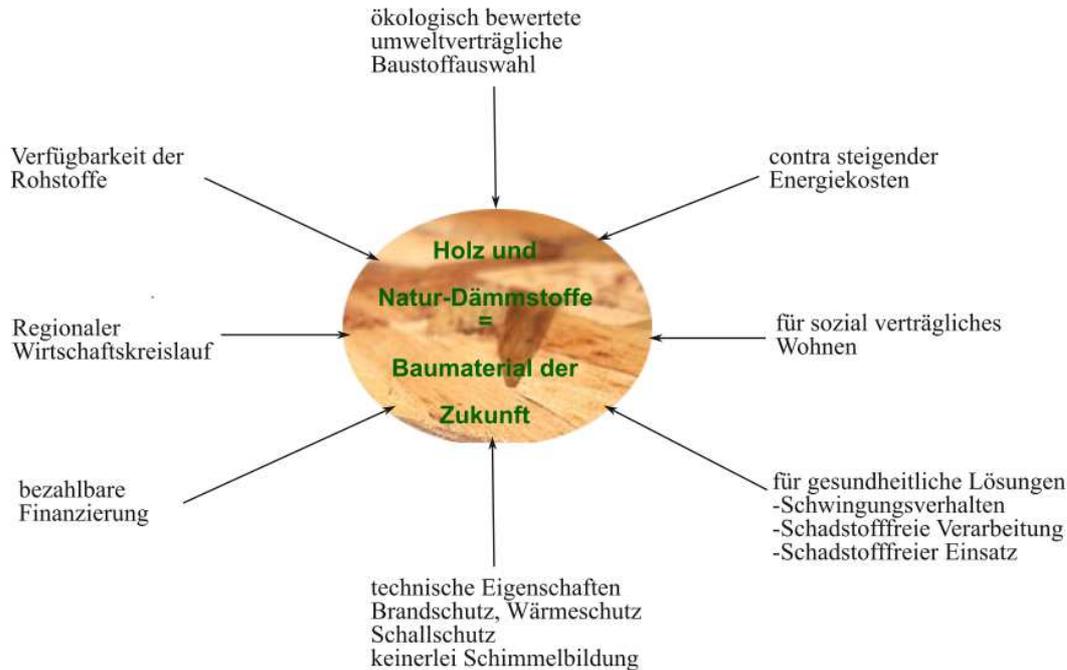


Bild 2: Schaffung von CO₂ –Senken in Großstädten durch Holzbau bis 7-Geschosse

So kann Holz trotz oder gerade wegen seiner tausendjährigen Geschichte als Baustoff der Zukunft betrachtet werden.

6.2 Ökonomische und ökologische Bewertung

Im deutschen Sprachraum wurde der Begriff der „Nachhaltigkeit“ bereits 1713 durch Hans Carl von Carlowitz (1645-1714) im forstwirtschaftlichen Zusammenhang geprägt.

Aktuell beschreibt es der von der Bundesregierung berufene Rat für nachhaltige Entwicklung wie folgt: „Nachhaltige Entwicklung heißt, Umweltgesichtspunkte gleichberechtigt mit sozialen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu berücksichtigen. Zukunftsfähig wirtschaften bedeutet also: Wir müssen unseren Kindern und Enkelkindern ein intaktes ökologisches, soziales und ökonomisches Gefüge hinterlassen. Das eine ist ohne das andere nicht zu haben.“

Die Wechselwirkungen werden im Nachhaltigkeitsdreieck verdeutlicht. Ein ökologisches Gleichgewicht kann nur erreicht werden, wenn dazu ökonomische Sicherheit und soziale Gerechtigkeit angestrebt werden. Wird eine Komponente bevorzugt, z. B.

die ökonomische, geht das zu Lasten der ökologischen und/oder der sozialen Komponente. Das trifft jedoch auch zu, wenn die ökologische oder soziale Komponente überstrapaziert wird.



Bild 3: Nachhaltigkeitsdreieck

Die Ökologie ist die Lehre von belebter und unbelebter Umwelt. Die belebte Umwelt umfasst die Gesamtheit der Mikroorganismen, Pflanzen, Tiere und Menschen. Das Klima, der Boden, das Wasser und die Luft gehören hingegen zu den unbelebten Bestandteilen der Umwelt. Zusammen bilden sie das Ökosystem.

Beide Bereiche wirken wechselseitig aufeinander und sind untereinander vernetzt. Betrachtet man beispielsweise den Menschen, so steht er nicht nur in einer Wechselbeziehung zur Umwelt, sondern ist darüber hinaus auch von anderen Lebewesen, wie Pflanzen und Tieren abhängig.

Die Ökologie spielt auch im Bauwesen eine immer größere Rolle. Die meiste Zeit seines Lebens verbringt der Mensch in Gebäuden. Sie dienen als Lebens- und Arbeitsort bieten Schutz vor Gefahren, Wärme bzw. Kälte. Deshalb liegt es nahe bei der Planung die Faktoren Gesundheit, Wohlbefinden, gesunde Baumaterialien, Schall- und Wärmeschutz, sowie ökologische Technologien zu berücksichtigen. Bedeutsam sind vor allem die Entscheidungen zur Gestaltung der Nutzungszeit. Diese beinhalten u. a. die richtige Wahl der Einrichtung, der Haustechnik und den effizienten Umgang mit den Ressourcen, als wichtige Faktoren der Bauökologie. Die Bauökologie betrachtet den gesamten Lebenszyklus von der Herstellung, über den Transport und die Nutzung bis hin zur Entsorgung, in Hinblick auf die Kriterien Res-

sourcenschonung, Umweltbelastung und Energieverbrauch, sowie Wiederverwendbarkeit bzw. Recycling der zum Einsatz kommenden Materialien.

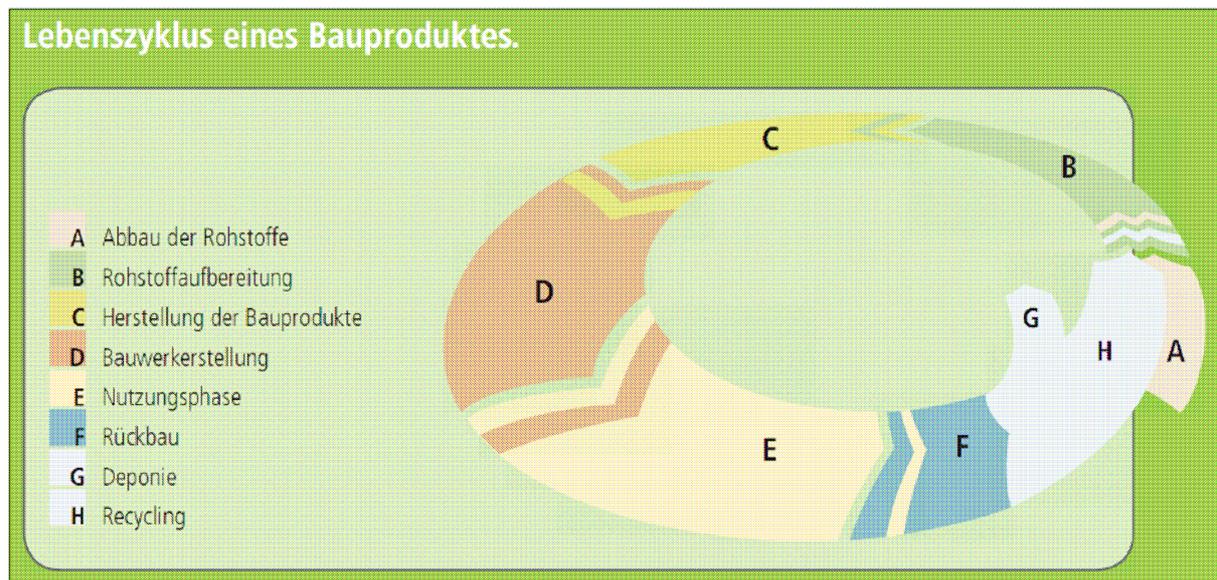


Bild 4: Lebenszyklus eines Bauproduktes

Die Gesamtheit des Ökosystems ist bei der Durchführung einer Baumaßnahme zu schützen und die Beeinträchtigungen sind auf ein Mindestmaß zu beschränken. Zur Verwirklichung dieser Ziele genügt es nicht Gesetze und Vorschriften einzuhalten, vielmehr verlangt jede Baumaßnahme optimale individuell angepasste Lösungen. Dabei sind die Nutzungsbedürfnisse und die örtlichen Gegebenheiten zu erfassen und so abzustimmen, dass der Mensch und die Natur im Einklang leben können.

Um Produkte ökologisch bewerten zu können, werden Ökobilanzen aufgestellt. Die Erstellung einer Ökobilanz durchläuft nach der Norm EN ISO 14040 vier Phasen.

- Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen
- Sachbilanz
- Wirkungsabschätzung
- Auswertung

In der Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen werden Annahmen definiert, Grenzen und Detaillierungsgrad der Untersuchung festgelegt. Weiterhin werden unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen zu anderen Produkten Nutzen und

Funktion des Produktes definiert. In der nachfolgenden Sachbilanz werden mittels der sogenannten Input- Output- Analyse alle Stoff- und Energieströme innerhalb des zu bilanzierenden Systems aufgeführt.

Mit Hilfe von Charakterisierungsfaktoren werden die In- und Output-Daten mit qualitativ gleicher Wirkung in der Wirkungsabschätzung zu sogenannten Wirkungsindikatoren zusammengefasst. Diese repräsentieren dann die jeweilige potenzielle Umweltwirkung. In der Auswertung werden schließlich Schlussfolgerungen und Empfehlungen entwickelt.

Die Ergebnisse der Ökobilanzen von Bauprodukten werden in Umwelt-Produktdeklarationen zusammengefasst. Sie geben Auskunft über den Ressourcenverbrauch und alle Energieeinsätze, welche während des Herstellungsprozesses des Produktes anfallen. Weiterhin werden die Beiträge zum Treibhauseffekt, zur Versauerung, Überdüngung, Zerstörung der Ozonschicht und Smogbildung bewertet.⁵

In Vorbereitung des Forschungsprojektes über den siebengeschossigen Holzbau wurde die Diplomarbeit „Das Konzept des „Passiv+Haus“ – ökologische und ökonomische Bewertung verschiedener Bauweisen im Vergleich“ von Steffi Hübner verfasst. Darin wurden Baukonstruktionen in Massiv- und Holzbauweise hinsichtlich ihrer ökonomischen und ökologischen Bewertung untersucht.

In einer Tabelle wurde damit begonnen die umfangreichen Produktdaten zu sammeln. Der Tabellenaufbau ist in der Anlage 3 ersichtlich.

Die Untersuchung wurde aufgrund des zu dem Zeitpunkt vorliegenden Planungsstandes in den Themenfeldern „Ökonomische Qualität“ und „Ökologische Qualität“ und speziell in dem Punkt „Lebenszykluskosten“ geführt. Dabei bezogen sich die Werte nur auf die Baustoffe, als ein Teil des Gebäudes.



Bild 5: Themenfelder des DGNB Zertifikat

Nachfolgend werden die einzelnen zu untersuchenden Punkte der Bereiche „Ökonomische Qualität“ und „Ökologische Qualität“ im Variantenvergleich dargestellt.



Bild 6: Inhalte der Hauptkriteriengruppe „Ökonomische Qualität“



Bild 7: Inhalte der Hauptkriteriengruppe „Ökologische Qualität“

6.3 Variantenvergleich verschiedener Bauweisen

Die Grundlage für die Vergleichbarkeit bei der Bewertung der verschiedenen Bauweisen bilden der Wärmedurchgangskoeffizient bzw. das bewertete Schalldämmmaß und der Normtrittschallpegel der Konstruktionen. Dabei bilden die erzielten Werte der Holzbauweise die Grundlage anhand welcher die Abmessungen und Zusammensetzungen der Baustoffe für die Massivbauweise gewählt wurden.

Es wurden alle relevanten Bauteile untersucht:

- Außenwand
- Flachdach
- Geschossdecke
- Kellerecke
- tragende Innenwand
- nichttragende Innenwand

Stellvertretend für die Untersuchungen an den verschiedenen Baukonstruktionen des geplanten siebengeschossigen Gebäudes, soll nachfolgend der Vergleich zwischen der Außenwandkonstruktion in Holz- und Massivbauweise aufgezeigt werden.

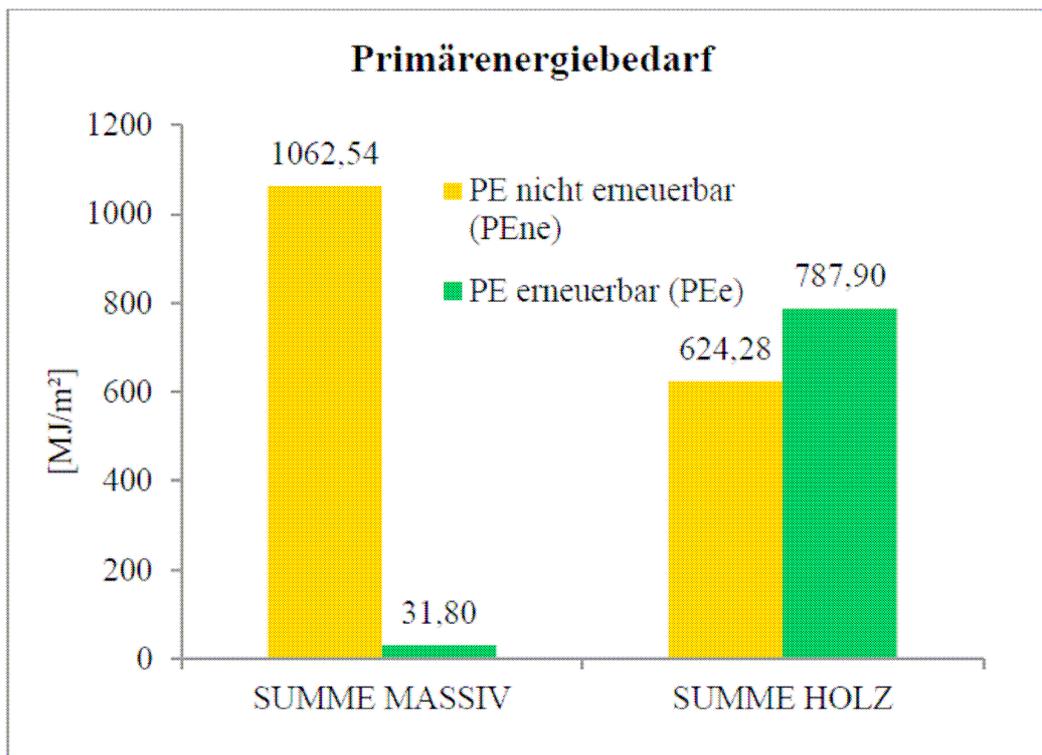


Bild 8: Primärenergiebedarf-Vergleich Außenwand

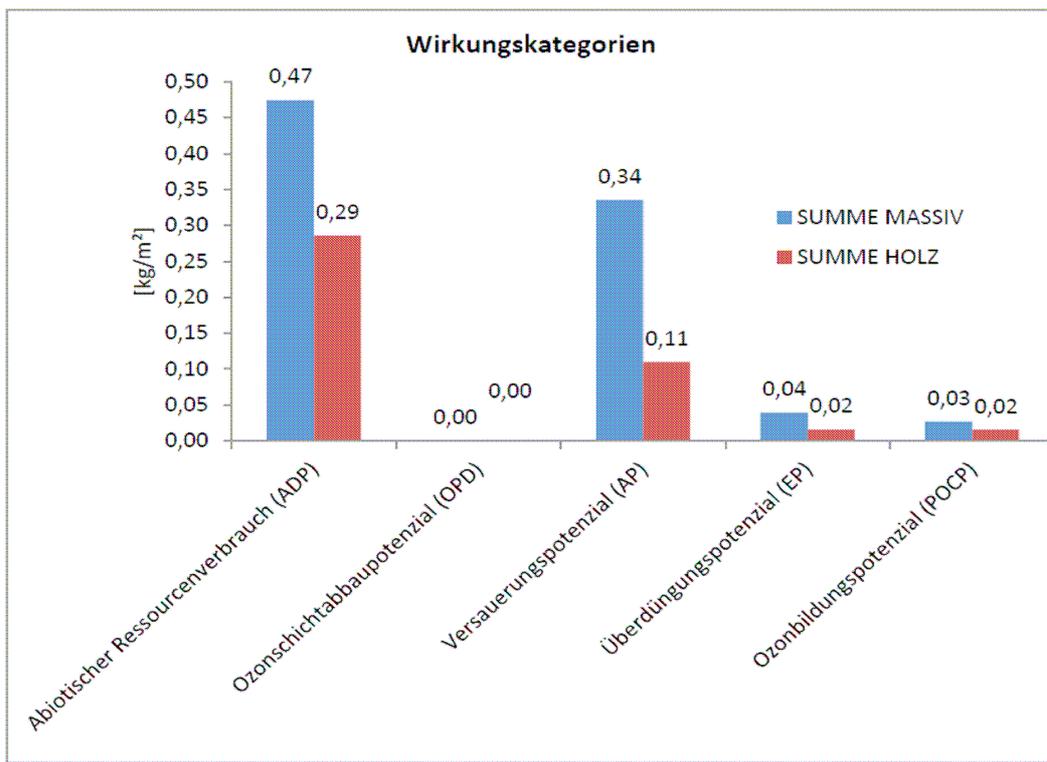


Bild 9: Wirkungskategorien-Vergleich Außenwand

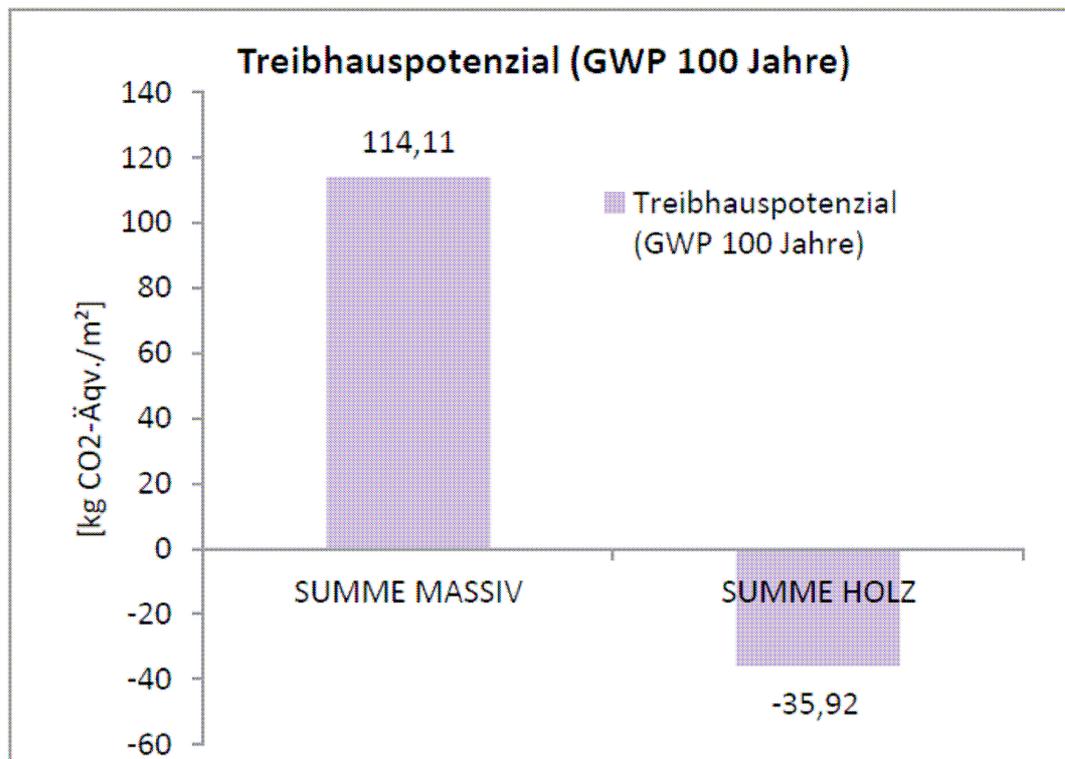


Bild 10: Treibhauspotenzial-Vergleich Außenwand

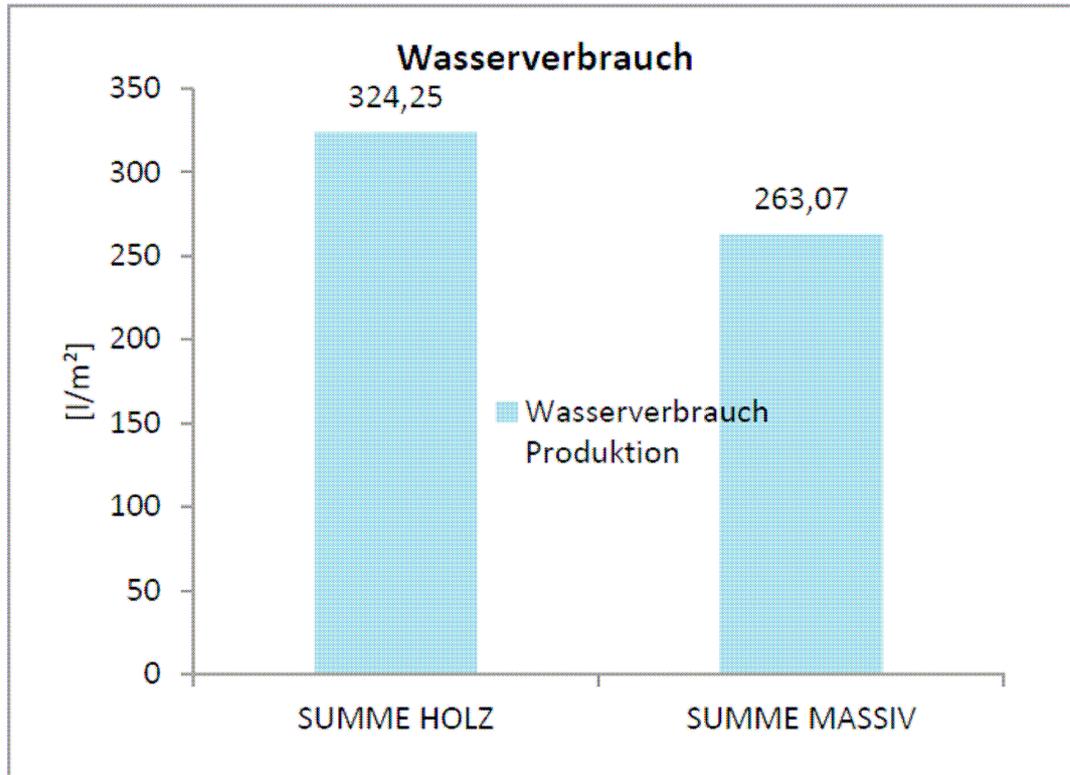


Bild 11: Wasserverbrauch-Vergleich Außenwand

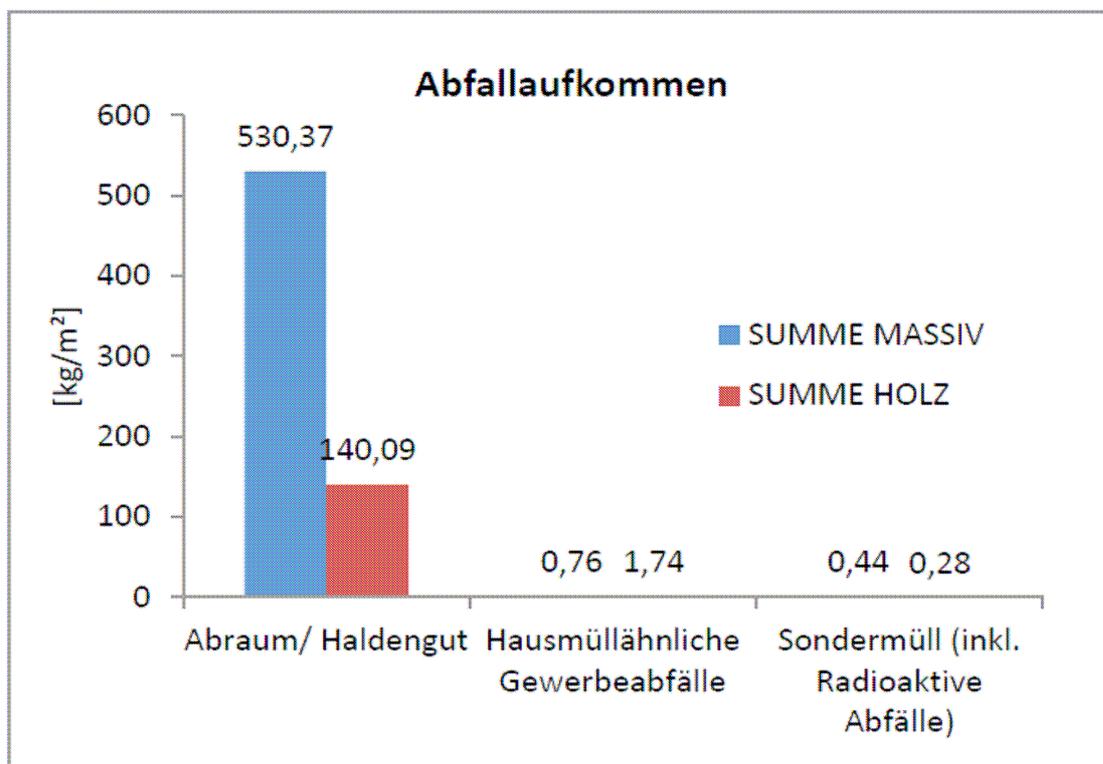


Bild 12: Abfallaufkommen-Vergleich Außenwand

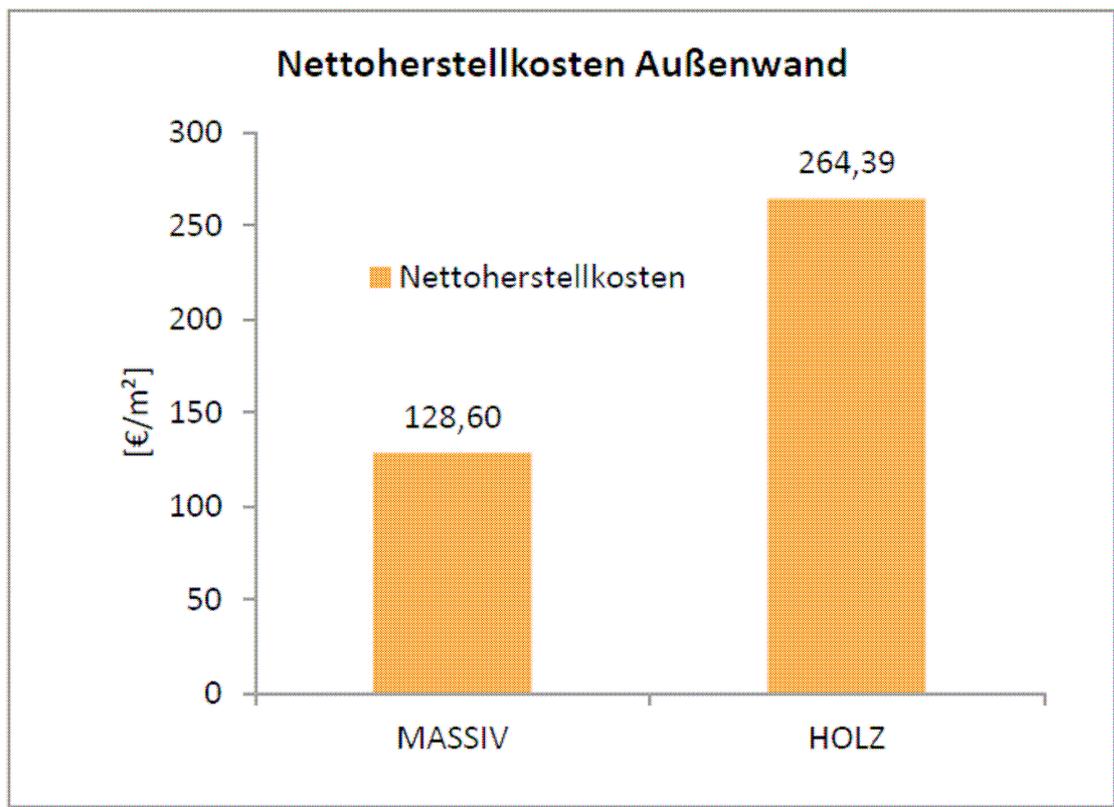


Bild 13: Nettoherstellung-Vergleich Außenwand

Die wesentlichsten Aussagen, die sich aus den Untersuchungen ergeben, werden nachfolgend zusammenfassend dargelegt:

- Der Anteil der Holzbaukonstruktionen am nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf wird mit einer thermischen Verwertung (Verbrennungsgutschrift) der Holzprodukte am Lebensende drastisch gesenkt, so dass ein deutlicher Unterschied zur Massivbaukonstruktion zu erkennen ist. Durch den Einsatz nachwachsender Rohstoffe lassen sich fossile Brennstoffe substituieren.
- Der erneuerbare Primärenergiebedarf der Holzkonstruktion setzt sich zum einen aus regenerativen Energiequellen (Wasserkraft, Windkraft oder Biomasse) zur Stromerzeugung für den Herstellungsprozess, zum überwiegenden Anteil jedoch aus der biologischen Produktion des Holzes zusammen.
- Die im Holz natürlich gespeicherte (regenerative) Energie verursacht den hohen Anteil der Holzbaukonstruktionen am erneuerbaren Primärenergiebedarf.
- Der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen geht generell mit einem erhöhten erneuerbaren Primärenergiebedarf einher.

- In der Tendenz verhält sich das Treibhauspotenzial ähnlich dem Primärenergiebedarf.
- Holz bindet während des Wachstums CO₂, das zum überwiegenden Anteil über die Nutzungszeit gebunden bleibt und bei der thermischen Verwertung wieder emittiert. Die Entsorgung nachwachsender Rohstoffe (Holz) in einer Verbrennungsanlage vermeidet die Verwendung von fossilen Ressourcen zur Strom- oder Dampferzeugung und somit den Ausstoß von Treibhausgasen.
- Der deutlich hohe Wasserverbrauch der Holzkonstruktionen resultiert aus dem natürlichen Wasserbedarf der nachwachsenden Rohstoffe (Holz). Das zum Wachstum „verbrauchte“ Wasser ist Teil des natürlichen Wasserkreislaufes und daher, im Gegensatz zu den Bestandteilen der Massivkonstruktion (z. B. Beton, Zementestrich oder Steinwolle), für die Herstellung nicht zusätzlich aufzuwenden.
- Die Massivkonstruktionsbestandteile Kalksandstein, Zementestrich und Beton verursachen größtenteils das Abraum- und Haldengutaufkommen. Für die Herstellung beider Bauweisen stellt der Abraum, der durch die Gewinnung fossiler Rohstoffe zur Energiebereitstellung anfällt, den mengenmäßig größten Anteil dar.
- Die Nettoherstellkosten der Holzkonstruktionen übersteigen, bis auf die Innenwände, die der Massivkonstruktionen. Eine präzise Aussage zur Preisdifferenz der Baukonstruktionen kann erst mit der Aufbereitung der entstandenen Kosten, im Rahmen der Kostenfeststellung, erfolgen.

6.4. Bauphysikalische Untersuchungen an ausgewählten Details des fiktiven siebengeschossigen Holzbaues

Zum Erreichen des Nullenergiehausstandards und der Weiterentwicklung zum Plusenergiestandard, ist der Einsatz von Hüllkonstruktionen mit einem hervorragenden U-Wert notwendig. Dieser bildet die Entscheidungsgrundlage zwischen mehreren Wandkonstruktions-Varianten, welche zu Beginn der Projektentwicklung zur Auswahl standen.

Verschiedene Wandkonstruktionen wurden u.a. im Rahmen der Diplomarbeit „Bautechnische Untersuchungen zum Einsatz ökologischer Baustoffe in ausgewählten

Baukonstruktionen für einen fiktiven siebengeschossigen Holzbau“ auf ihren U-Wert mit Hilfe des Passivhaus-Projektierungs-Paketes untersucht.

Es wurden drei Varianten untersucht, welche im Kern dem gleichen Konstruktionsprinzip folgen aber unterschiedliche Beplankungsmaterialien mit unterschiedlichen Stärken aufweisen. Da sich die U-Werte der drei Varianten nur geringfügig unterschieden, wurde die Wandkonstruktion mit der geringsten Wandstärke und der damit verbundenen höheren Wirtschaftlichkeit ausgewählt und weiteren Untersuchungen unterzogen.

Ziel war es u. a. den Nachweis zu erbringen, dass die geplanten Konstruktionen Wärmebrückenfrei und Diffusionsoffen sind.

6.4.1 Wärmebrücken und Schimmelbefall

Ein Grund für auftretenden Schimmelbefall sind Wärmebrücken. Durch sie wird die innere Wärme des Gebäudes schneller nach außen transportiert als bei anderen Bauteilen. Durch diesen verstärkt auftretenden Strom der Wärme nach außen sind die Innenoberflächen der Bauteile kälter als die Oberflächen von ungestörten Bauteilen.

Durch die verringerte Temperatur an einer Wärmebrücke kann es zu Tauwasserausfall und dadurch zur Bildung von Schimmelpilz kommen. Die Bildung von Tauwasser und Schimmelpilz ist zu verhindern, da neben Bauschäden auch Gefährdungen für die Gesundheit der Bewohner auftreten können.

Neben einer gemäßigten relativen Luftfeuchte ist zur Vermeidung von Schimmelpilz nach DIN 4108-2 auch eine raumseitige Oberflächentemperatur von 12,6 °C einzuhalten.

Folgende Details wurden auf eventuell auftretende Wärmebrücken untersucht:

- Außenwandecke
- Außenwand – Dach Traufseite
- Außenwand – Dach Giebelseite
- Außenwand – Decke Traufseite
- Außenwand – Decke Giebelseite
- Fenster Draufsicht
- Fenster Ansicht

- Außenwand - Boden Traufseite
- Außenwand - Boden Giebelseite

Die Details wurden im zweidimensionalen Bereich mit dem Programm Heat 2 untersucht.

Stellvertretend für alle untersuchten Details soll nachfolgend die Untersuchung an dem Detail Außenwanddecke gezeigt werden:

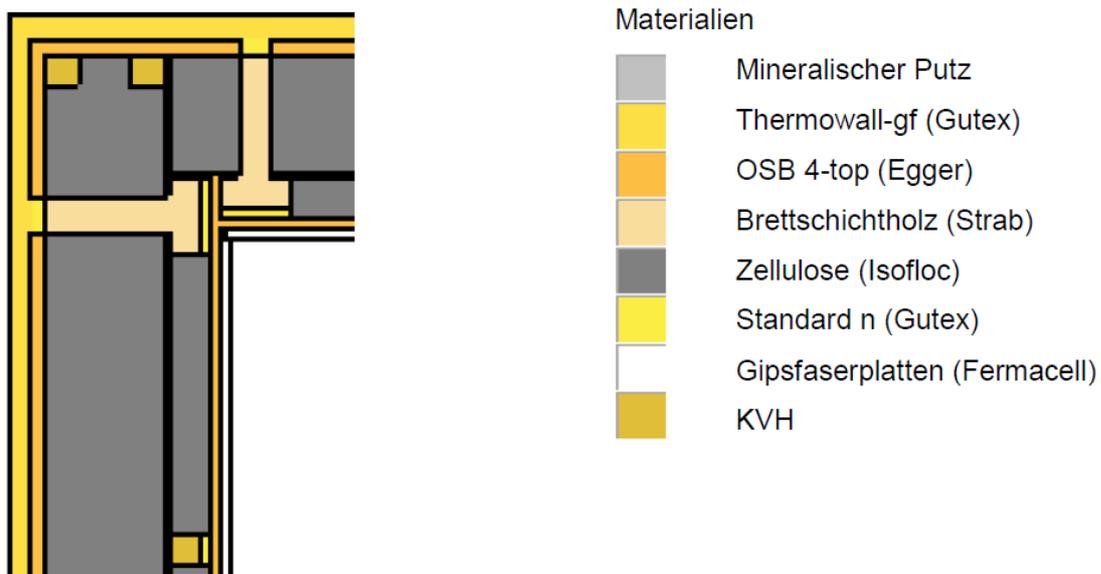


Bild 14: Aufbau Außenwanddecke mit Heat 2

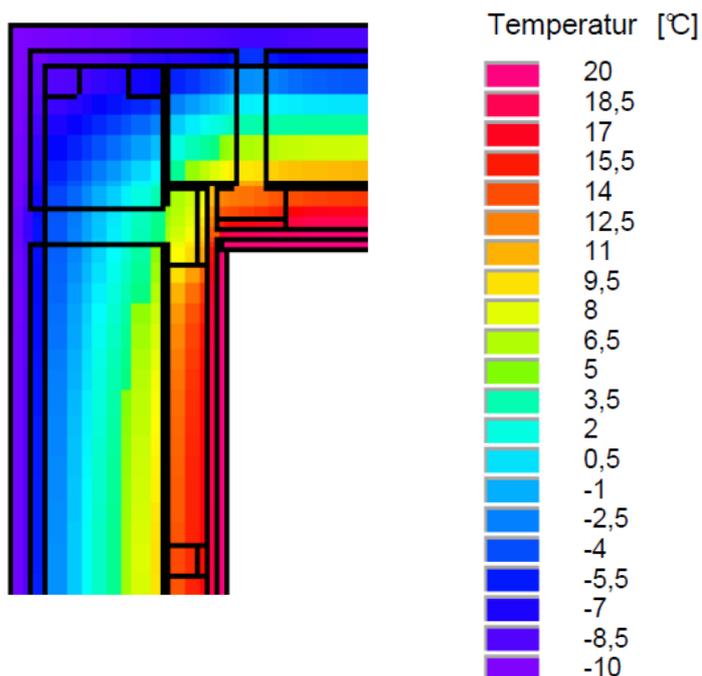


Bild 15: Darstellung der Temperaturverläufe in Außenwanddecke

Da in den Gebäudeecken an Dach und Bodenkonstruktion gleich drei zweidimensional untersuchte Details aufeinander treffen

(für Detail Außenwand – Boden: Außenwanddecke, Außenwand – Boden Giebelseite und Außenwand – Boden Traufseite, für Detail Außenwand – Dach: Außenwanddecke, Außenwand – Dach Giebelseite und Außenwand – Dach Traufseite), wurden diese beiden Bereiche zusätzlich mit dem Programm Ansys dreidimensional untersucht.

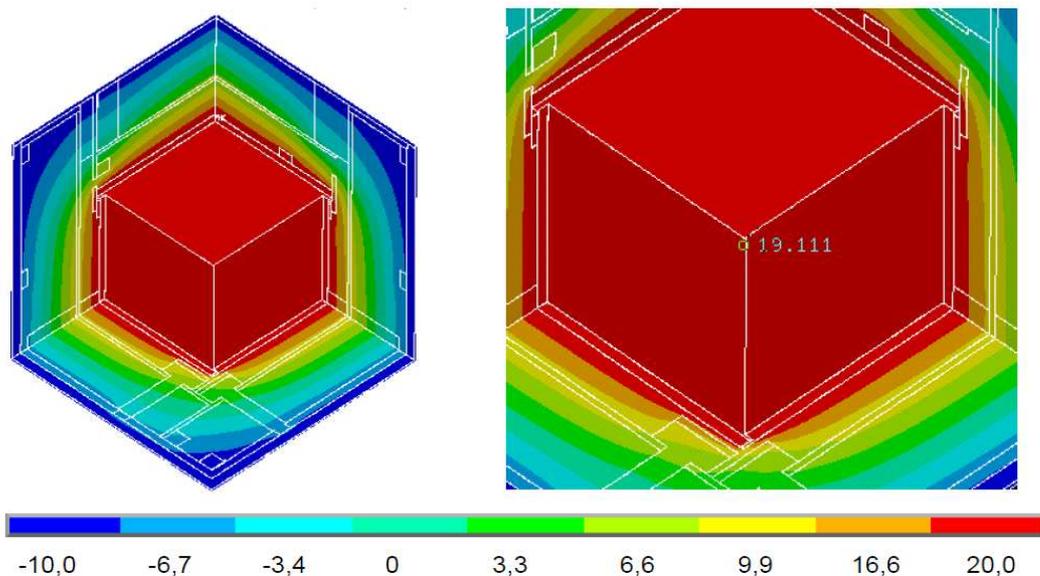


Bild 16: Darstellungen der Temperaturverläufe in Außenwand – Dach mit Ansys

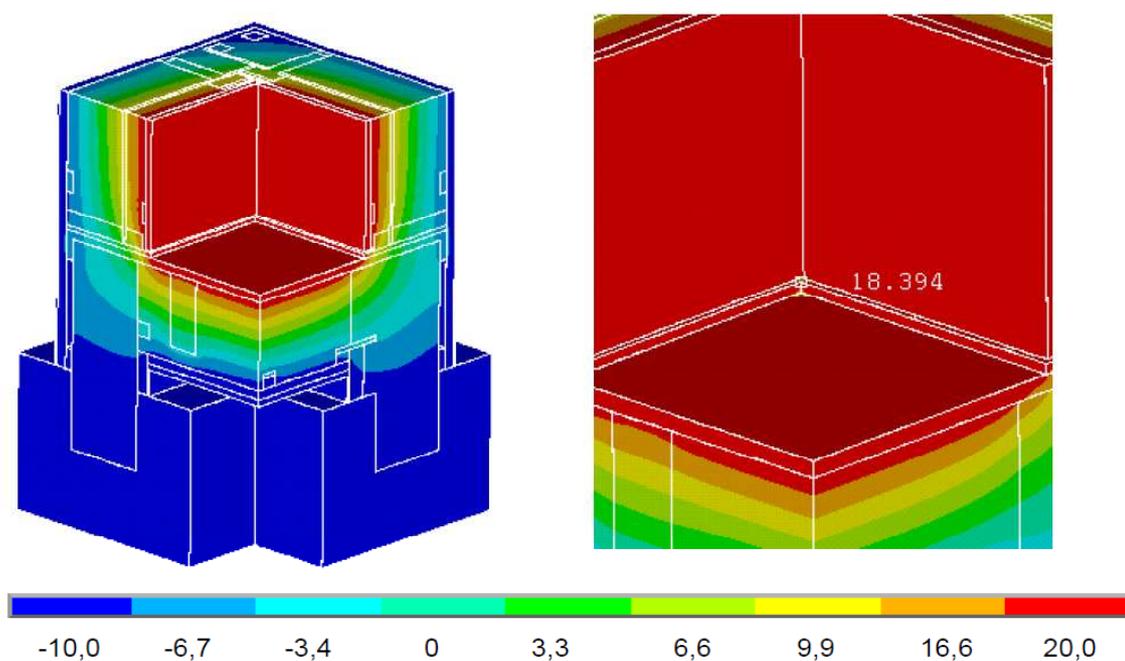


Bild 17: Darstellung der Temperaturverläufe in Außenwand – Boden mit Ansys

Zusammenfassung

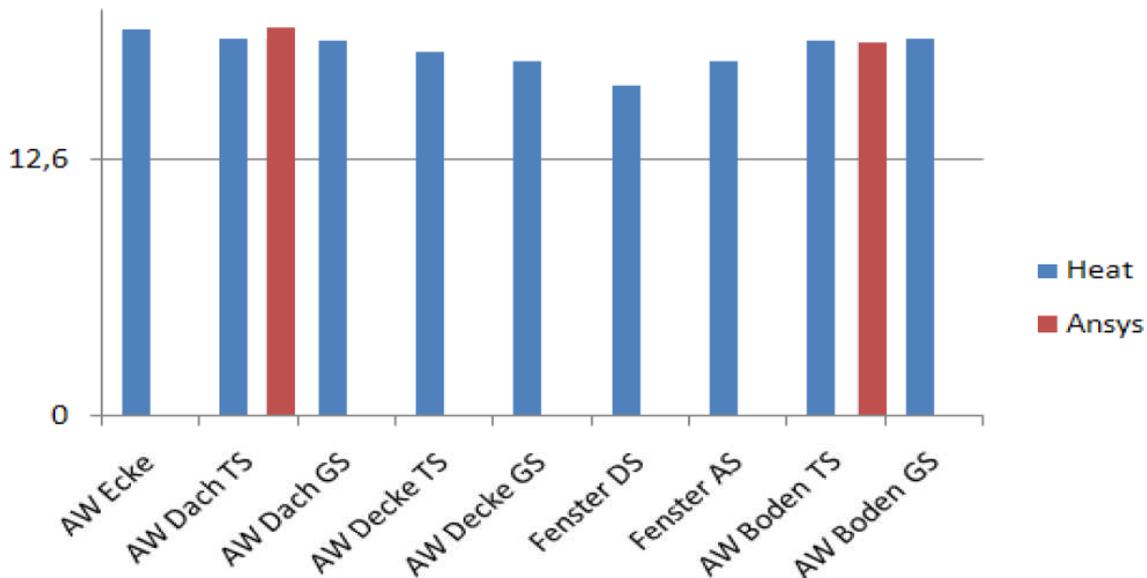


Bild 18: Darstellung der mit Heat 2 und Ansys gemessenen Temperaturen

Es ist zu erkennen, dass die kältesten Punkte der Innenoberflächen eine Temperatur aufweisen, welche weit höher als die der geforderten 12,6 °C liegt. Damit kann angenommen werden, dass es unter normalen Bedingungen zu keinerlei Schimmelpilzbildung in dem geplanten Gebäude kommt. Der Nachweis der wärmebrückenfreien Konstruktion ist somit erbracht.

6.4.2 Diffusionsoffenheit

Die gasförmigen Moleküle des Wasserdampfes verteilen sich im Raum und erzeugen einen Dampfdruck. Dieser entsteht sowohl innerhalb als auch außerhalb eines Gebäudes. Oft unterscheidet sich aber der äußere vom inneren Dampfdruck. Es entsteht ein Dampfdruckgefälle, wobei der Dampfdruck auf die druckärmere Seite entweichen will. Dieser Vorgang wird als Diffusion bezeichnet. Die Baumaterialien einer Wand stellen dabei für den Gefälleausgleich ein mehr oder weniger großes Hindernis dar. Indikator dafür ist die Dampfdiffusionswiderstandszahl μ . Je größer der μ -Wert eines Baustoffes ist, desto größer ist seine Wirkung als Widerstand gegenüber der Diffusion.

Ist eine Wand diffusionsoffen, bedeutet das allerdings nicht, dass hohen Wasserdampfmengen in einem Raum über die Wände abgeführt werden können. Sie müs-

sen über einen ausreichenden Luftwechsel durch Fensterlüftung oder Lüftungsanlage nach draußen abgeführt werden.

Ein Wandaufbau sollte diffusionsoffen sein, um eventuell auftretende Feuchtigkeit in der Wand austrocknen zu lassen.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden alle relevanten Hüllkonstruktionen hinsichtlich eventuell auftretender Wärmebrücken bzw. auf deren Diffusionsoffenheit untersucht.

Die Diffusionsoffenheit der Hüllkonstruktionen wurde mit dem Programm WuFi untersucht. Die Bodenkonstruktion wurde weiterhin einer Untersuchung mit dem Glaser-Verfahren unterzogen. Der Grund dafür ist, dass es sich bei der Bodenkonstruktion des geplanten siebengeschossigen Gebäudes um eine aufgeständerte Bodenplatte handeln soll, welche nicht den Einflüssen durch Sonne und Schlagregen unterliegt. Diese werden aber bei der Simulation mit WuFi berücksichtigt.

In den Konstruktionen wurden repräsentative Schnitte und Schnitte mit hohem Gefahrenpotenzial geführt und untersucht:

Stellvertretend für alle Schnitte wird die Untersuchung an dem Schnitt durch den Tragbalken der Bodenkonstruktion gezeigt,

Wassergehalt [kg/m³]

Schicht/Material	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Holzzementplatte Amrock	45,00	45,89	29,29	54,43
Luftschicht	1,88	1,73	0,75	2,37
FERMACELL Gipsfaser-Platte	15,80	15,42	12,73	17,22
Luftschicht	1,88	1,57	0,90	2,11
FERMACELL Gipsfaser-Platte	15,80	14,97	13,27	16,38
Zellulosefaser Isofloc	7,80	6,70	5,95	8,01
Deckenbalken GI 24 h	76,00	66,94	66,93	76,00
OSB 4 - top	92,00	75,97	73,50	92,00
OSB 4 - top	92,00	72,54	67,88	92,00
Gesamtwassergehalt [kg/m ²]	26,14	23,01	22,72	26,14

Bild 19: Wassergehalte im Schnitt durch den Tragbalken der Bodenkonstruktion

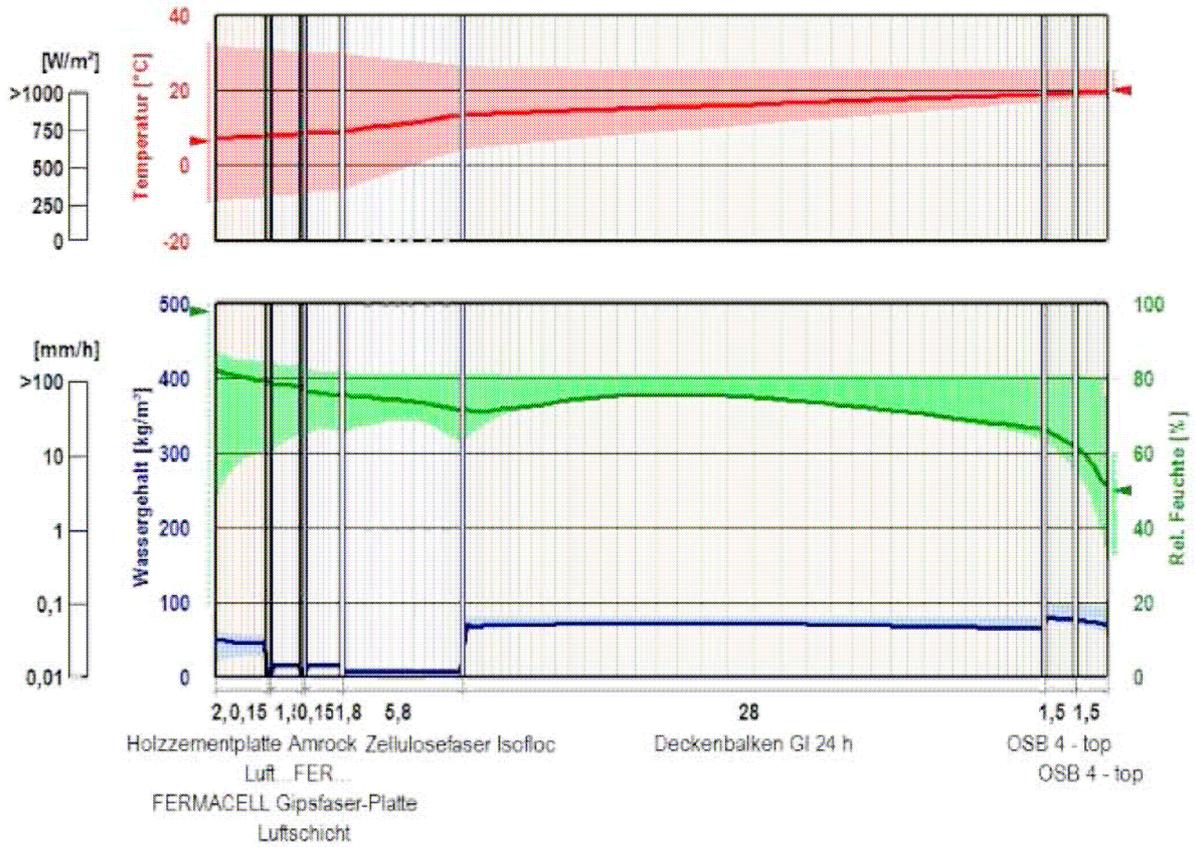


Bild 20: Temperatur- und Feuchteentwicklung im Schnitt durch den Tragbalken der Bodenkonstruktion

Schicht	Dicke [mm]	μ [-]	Sd [m]	Lambda [W/mK]	Temperatur [°C]	Wasserdampf-sättigungsdruck [Pa]	relative Sättigung [%]	Wasserdampf-partialdruck [Pa]
Raumluft	-	-	-	-	20.0	2339	50	1169
OSB 4 top EGGER	15	200 / 200	3.000	0.13	18.8	2176	54	1169
OSB 4 top EGGER	15	200 / 200	3.000	0.13	18.1	2071	45	938
Brettschichtholz	280	20 / 40	5.600	0.14	17.3	1970	36	707
Isofloc	58	1 / 2	0.058	0.04	3.6	791	34	265
Fermacell	18	13 / 13	0.230	0.32	-6.3	359	73	260
Luft	1.5	1 / 1	0.002	0.027	-7.5	325	80	260
Fermacell	15	13 / 13	0.200	0.32	-7.8	316	82	260
Luft	1.5	1 / 1	0.002	0.027	-8.9	286	91	260
Fermacell	15	13 / 13	0.200	0.32	-9.2	278	94	260
Amrock	25	25 / 25	0.625	0.35	-9.7	266	78	208
Außenluft	-	-	-	-	-10.0	260	80	208

Bild 21: Tabellarische Tauwasserermittlung im Schnitt durch den Tragbalken der Bodenkonstruktion

Zusammenfassung

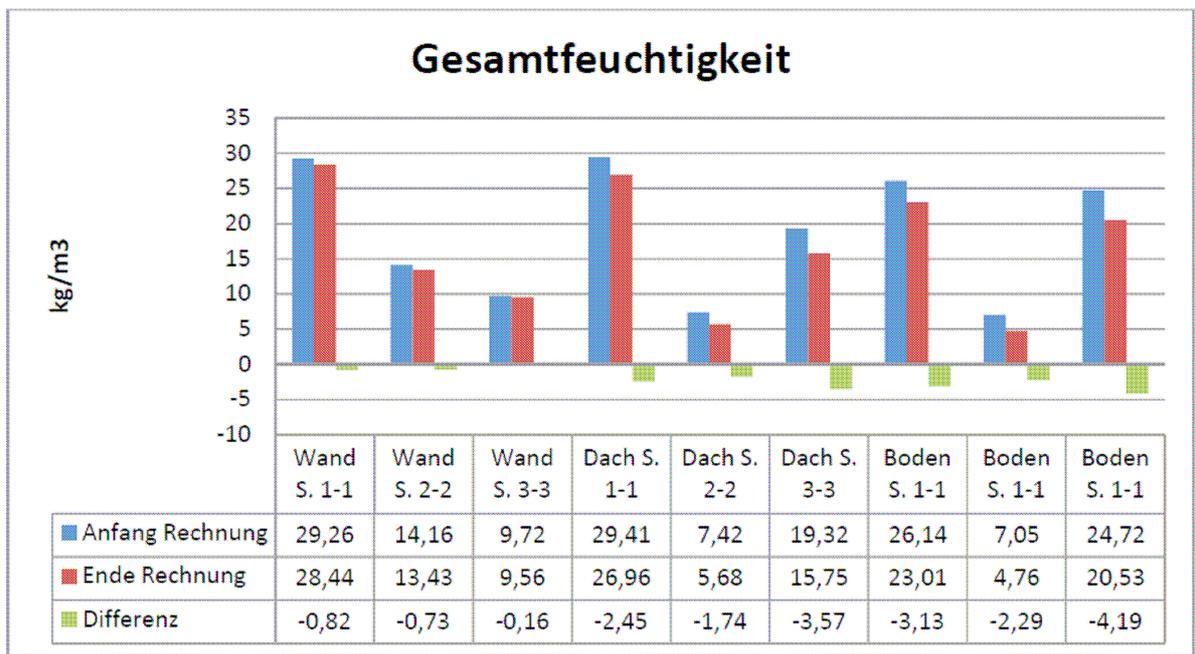


Bild 22: Darstellung der mit WuFi gemessenen Feuchtigkeit

Die Ergebnisse zeigen, dass es unter normalen Bedingungen zu keinem Tauwasserausfall in den untersuchten Konstruktionen kommen sollte. Als kritisch wurden allerdings die Schnitte erachtet, bei denen die Zellulose direkt an die Außenhaut der Konstruktion stößt.

Der Grund für die Anzeige eines möglichen Tauwasserausfalls wurde jedoch bereits ausgemacht und es wurden bereits Lösungsvorschläge erarbeitet, um auch an dieser kritischen Stelle einen Tauwasserausfall auszuschließen. Nicht zuletzt zeigen die Erfahrungen des INS, dass bestehende Konstruktionen keinerlei Schädigungen durch Tauwasserausfall unterliegen. Und so kann auch davon ausgegangen werden, dass der geplante siebengeschossige Holzbau keine Schädigung durch Tauwasserausfall erfahren wird.

6.6 Brandschutztechnische Besonderheiten beim Einsatz nachwachsender Baustoffe der Baustoffklasse B und Dämmstoffen aus Recycling für den Wohnungsbau

Um die Forderungen des Brandschutzes erfüllen zu können, bedarf es den Nachweis, dass die elementaren Konstruktionen Decke und Wand diesem entsprechen. Dazu wurden die Bauteile brandschutztechnischen Untersuchungen unterzogen. Das Wandelement wurde bereits im Jahr 2007 und das Deckenelement im Jahr 2010 bei der MFPA Leipzig im Brandschutzversuch untersucht. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Untersuchung des Kapseleffektes, der Rauchdichtheit und der Feuerwiderstandsklasse gelegt.



Bild 23: Wandkonstruktion nach dem Brandversuch

Die Ergebnisse der Prüfung ergaben, dass mit der Konstruktion mühelos sowohl die Feuerwiderstandsklasse F 90- B als auch die Kapselklasse K 60 erreicht werden kann. Die Temperatur am ersten Holzbauteil unter der brandschutztechnisch wirksamen Beplankung lag nach 60 Minuten mit 90°C weit unter den nach dem Kriterium der Kapselklasse geforderten 270 C zum Schutz der Holzbauteile.

Als Ergebnis der Untersuchungen darf das Wandsystem Naumann und Stahr laut Prüfzeugnis (P – SAC 02 / III - 335) der MFPA Leipzig als Brandwand verwendet werden.

„Bezüglich der Verwendung einer Wandkonstruktion anstelle einer formal geforderten Brandwandkonstruktion bestehen seitens der MFPA Leipzig ebenfalls keine brandschutztechnischen Bedenken hinsichtlich einer gleichwertigen Schutzzielerfüllung.“

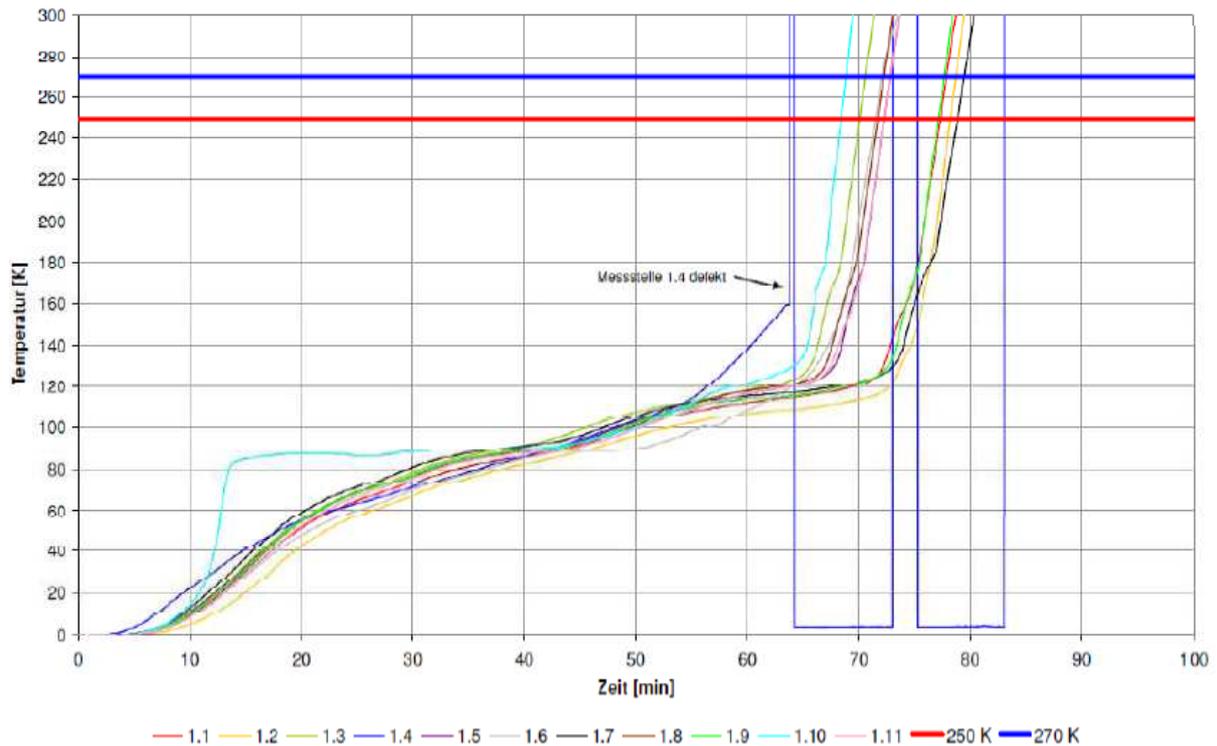


Bild 24: Temperaturentwicklung im Prüfkörper hinsichtlich des Kapselkriteriums K_{260}

Anhand der Bild 23 lässt sich die Temperaturentwicklung im Prüfkörper der Deckenkonstruktion erkennen. Die Messfühler wurden auf der Rückseite der 18 mm dicken Fermacell-Platte angebracht und geben damit Aufschluss über die Bewertung hinsichtlich des Kapselkriteriums. Wie bereits beschrieben, sollte eine Konstruktion zur Klassifizierung in eine Kapselklasse durch seine beplankenden Bauteile verhindern, dass das zu schützende Material eine Erhöhung seiner Temperatur auf 270 °C (für Holz, 225 °C für Dämmstoffe) erfährt. Wie im Diagramm erkennbar, stiegen die Temperaturen über der Beplankung der zu schützenden Bauteile erst nach einer Zeit von über 60 min an. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Deckenkonstruktion eine Kapselwirkung K_{260} aufweist.



Bild 25: Deckenkonstruktion nach dem Brandversuch

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Brandversuch an der Deckenkonstruktion an der MFAA sehr positiv verlief.

Es wurde festgestellt, dass die Deckenkonstruktion die Forderungen nach der Klassifizierung in F 90 - B und K_{260} mehr als erfüllt hat.

Da die geprüften Elemente F 90 – B und nicht wie in §§ 27 ff. LBO gefordert, F 90 - A entsprechen, muss in Zukunft bei der Einreichung des Brandschutzkonzeptes bei der jeweiligen Prüfstelle zusätzlich ein Antrag auf Abweichung eingereicht werden. Dessen Bewilligung sollte allerdings aufgrund der vorliegenden Prüfergebnisse nichts im Wege stehen.

Bei den Brandschutzprüfungen waren auch Vertreter der Bauämter Leipzig und Halle und von Feuerwehren aus Halle, Leipzig, Leuna und Dresden dabei. Sie alle zeigten sich sehr beeindruckt hinsichtlich der positiv verlaufenen Prüfungen.

Die Brandschutzprüfungen bei der MfPA Leipzig und deren Ergebnisse waren Grundlage zahlreicher Fachgespräche mit Brandschutzingenieuren, Experten und kompetenten Vertretern von Bau- und Brandämtern, um die Zustimmung und Unterstützung für die Holzbauweise auch bis 7-Geschosse für den Wohnungs- und Gesellschaftsbau zu erreichen. Das gute Prüfergebnis allein nützt nichts, wenn Bau- und Brand-ämter die Zustimmung versagen und damit den Bau von mehrgeschossiger Holzbauweise behindern.

Es wurden bereits entsprechende Brandschutzkonzepte für die Holzbauweise u. a. im Rahmen der Diplomarbeit „Bautechnische Untersuchungen zum Einsatz ökologischer Baustoffe in ausgewählten Baukonstruktionen für einen fiktiven siebengeschossigen Holzbau“ auf der Grundlage des vorherrschenden Planungsstandes, als auch durch das Büro INS, erarbeitet. Dabei wurde der Nachweis erbracht, dass die geltenden Bauvorschriften bei der Einhaltung der in dem Brandschutzkonzept genannten konstruktiven, anlagentechnischen und organisatorischen Forderungen eingehalten werden. Es wird weiter darauf hingewiesen, dass es aufgrund von getroffenen Annahmen und der Ausreizung von geltenden Normen notwendig ist, sich im Falle einer konkreten Planung frühzeitig mit den zuständigen genehmigenden Institutionen in Verbindung zu setzen. So sollen in einem frühen Planungsstand Missverständnisse und Bedenken ausgeräumt werden.

7. Fazit

Die meiste Zeit seines Lebens verbringt der Mensch in Gebäuden. Sie dienen als Lebens- und Arbeitsort bieten Schutz vor Gefahren, Wärme bzw. Kälte. Deshalb gilt es bei der Planung die Faktoren Gesundheit, Wohlbefinden, gesunde Baumaterialien, Schall- und Wärmeschutz, sowie ökologische Technologien zu berücksichtigen.

Mit den Forderungen zur Nachhaltigkeit, wird der CO₂-neutrale Rohstoff Holz für das Bauen in der Stadt auch für mehrgeschossige Gebäude immer attraktiver. Holz ist sowohl konstruktiv für tragende Bauteile, als auch als Dämmstoff mit großer Effektivität für Energiesparbauten (Passivhausbauweise) einsetzbar

Holz benötigt bei der Verarbeitung einen wesentlich geringeren Energieaufwand als andere Baustoffe. (Primärenergieaufwand liegt bei 30% gegenüber Stahlbeton- und Ziegelrohbau)

Brandschutzprüfungen z. B. für Holzbauwände und entkoppelte Holzbalkendecken mit Ergebnissen zur Klassifizierung von F90 B zeigen, das mit Holz durchaus sicher gebaut werden kann.

Beratungen und Diskussionen mit Brandschutzexperten, Feuerwehr und Bauämtern ergaben, dass mit Holz gebaute Gebäude auch bei Rettungsmaßnahmen einige Vorteile gegenüber Betonbauweise aufzuweisen haben. Selbst „bezüglich der Verwendung einer Wandkonstruktion anstelle einer formal geforderten Brandwandkonstruktion bestehen seitens der MFPA Leipzig keine brandschutztechnischen Bedenken hinsichtlich einer gleichwertigen Schutzzielerfüllung.“

Das Interesse am Bauen mit Holz zeigt sich nicht nur bei Bauherren fürs eigene Einfamilienhaus sondern auch bei Bauherren im öffentlichen Bereich wie zum Beispiel für Schulen und Kindergärten. Architekten und Bauherren von Gebäuden im innerstädtischen Bereich, die mehrgeschossig ausgeführt werden sollen sind zunehmend offener für die Möglichkeiten der Holzbauweise auch bis 7 Geschosse.

Eine breitere Anwendung der Holzbauweise mit Bauelementen und Dämmmaterialien bedeutet jedoch für Architekten, Ingenieure, Planer und Studenten dieser Bereiche sich mit den Besonderheiten in der Planung und Umsetzung vertraut zu machen

Es stellt sich jedoch oft die Frage „Wie baut man mehrgeschossig mit Holzbauelementen im Passivhaus- oder noch besser im Plusenergiestandard?“ Wer hat Erfahrungen und an welchen Hochschulen wird dazu gelehrt? Gibt es Unterlagen auf diesem Gebiet, die auch den ausführenden Handwerkern Antworten und Hilfe geben?

Zukünftig soll bereits durch den Lehrbetrieb an Hochschulen und Meisterausbildung nicht nur das Interesse sondern auch das Rüstzeug vermittelt werden. Unterlagen und Publikationen von der Planung bis zur Ausführung des Bauens mit Holzbauelementen und entsprechender Dämmmaterialien müssen erarbeitet werden, um das zu ermöglichen.

Hier wurde durch das INS angesetzt und begonnen gemeinsam mit der HTWK Leipzig und Partnern der Holz-, Dämmstoff und Zulieferindustrie zu kooperieren. Die Ergebnisse sollen in entsprechenden Publikationen dokumentiert werden.

Basierend auf der Verpflichtung von Kooperationspartnern, begonnenen Aktivitäten und Ergebnissen dieses Vorprojektes wird die Fortführung des Projektes **„Erarbeitung von Planungsgrundlagen für einen 7-geschossigen Wohnungsbau in Holzpassivhausbauweise im Plusenergiestandard“** als wichtiger Schritt in die richtige Richtung gesehen und deren Förderung beantragt

8. Literatur und Quellenverzeichnis

Für die Erarbeitung des Projektes wurde verschiedene Fachliteratur und Quellen genutzt:.

- Informationsdienst Holz: Deutsche Gesellschaft für Holzforschung:
Holz Brandschutz Handbuch 3.Aufl., Ernst & Sohn, 2009
- Schriftenreihe Informationsdienst Holz
- Zulassungen der verwendeten Materialien
- Klaus Gebhardt quality-Datenbank e.K, 2008
- Katalyse - Institut für angewandte Umweltforschung, 1985-2007
- Überarbeitung des allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses ABP P – SAC 02 / III – 335, 2010,

DIN Vorschriften wie:

- DIN 1052 Holzbau
- DIN 1055 Lastannahmen
- DIN 4102 Brandschutz
- DIN 4108 Wärmeschutz
- DIN 4109 Schallschutz
- DIN 68800 Holzschutz

Diplomarbeiten, die im Zusammenhang mit dem Projekt erarbeitet wurden:

Kay Linke, „Bautechnische Untersuchungen zum Einsatz ökologischer Baustoffe in ausgewählten Baukonstruktionen für einen fiktiven siebengeschossigen Holzbau“
Leipzig 2011

Steffi Hübner, „Das Konzept des „Passiv+Haus“ – ökologische und ökonomische Bewertung verschiedener Bauweisen im Vergleich“, Leipzig 2010,

Informationen aus dem Internet:

Kriterienkatalog des DGNB Zertifikats, 2010 -
www.dgnb.de/_de/zertifizierung/bewertung/kriterienueberblick.php

www.nachhaltigkeitsrat.de/nachhaltigkeit/

www.proholz.at/holzistgenial/2007/holz-co2-1.

9. Anhang

Anlage 1 Tabellenkopf für die Erfassung der Produktdaten

Anlage 1: Tabellenkopf für die Sammlung und Erfassung der Baustoffdaten als Grundlage für den ökologischen Vergleich und die nachhaltige Betrachtung und Bewertung

Übersicht aller Baustoffprodukte (Ausgangstabelle inklusive technischer Daten)																									
Material	Hersteller	Produktbezeichnung	Bauweise	Zugehörigkeit Konstruktionsdetail			Rohdichte	Druckfestigkeit	Zugfestigkeit	Biegefestigkeit II	Biegefestigkeit I	E-Modul	Querschnitt	Feuchtigkeit	Emissionsklasse	Wärmspeichervermögen	Spezifische Wärmekapazität	Wärmedurchlasswiderstand	Wärmeleitfähigkeit	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl	Baustoffklasse	Brandverhalten EN 13501			
				Außenwand	Innenwand	Boden																	Dach	in Bewertung	
			Kassett				p					II	U	nicht nachprüfung	DIN EN 120	s	c	R	A	μ	DIN 4102	EU 13051-1	Brandklasse	Brandverhalten EN 13501	
			WA				[g/m³]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	%		[kJ/m²K]	[kJ/(kg·K)]		[W/m·K]	von	bis	von	bis		

1. Teil: technische Daten

Deklarationsnummer	Datenqualität	verwendete Rohstoffe für Umrechnung	End of Life enthalten?	PE nicht erneuerbar (PE _{nc})			PE erneuerbar (PE _e)			Altsicherer Ressourcenverbrauch (ADP)	Treibhauspotenzial (GWP 100 Jahre)	Ozonschichtabbaurate (ODP)	Versauerungspotenzial (AP)	Überdüngungspotenzial (EP)	Ozonbildungspotenzial (POCP)
				Produktion	End of Life	Total	Produktion	End of Life	Total						
[Jahre]	[g/m²]	[Mg]		MJ/m²	MJ/kg	MJ/m²	MJ/m²	MJ/kg	MJ/m²	kg Sb-Aqv	kg CO ₂ -Aqv	kg R ₁₁ -Aqv	kg SO ₂ -Aqv	kg PO ₄ -Aqv	kg Ethen-Aqv
				Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	pro	Total	Total	Total	Total	Total

2. Teil: ökologische Werte

Rohstoffgewinnung	Produkte aus Erdöl-gas	nachwachsende	Stoffherkunft / Transport		Verfügbarkeit der Rohstoffe			Umweltschutz Herstellung	Wiederverwendung	Weiterverwendung	Wiederverwertung	Sondermüll	Beseitigung auf Deponieklasse	Abfallschlüssel
			km	km	regional verfügbar	Rohstoffknappheit	Nachhaltig bewirtschaftete Kulturwälder							

3. Teil: Rohstoff- Gewinnung, - Verfügbarkeit - Verwertung

Anlage 1: Tabellenkopf für die Sammlung und Erfassung der Baustoffdaten als Grundlage für den ökologischen Vergleich und die nachhaltige Betrachtung und Bewertung

Jahre	in Größenordnung des Bauteils	technisch nicht begrenzt	Voraussetzung		Wasserverbrauch Produktion		Wasserverbrauch End of Life		Abfälle Herstellung				Abfälle End of Life			
			kg/t	kg/m ³	kg/t	kg/m ³	Abraum/ Hausmüll/Gewerbeabfälle	kg/t	kg/m ³	Abraum/ Hausmüll/Gewerbeabfälle	kg/t	kg/m ³	Abraum/ Hausmüll/Gewerbeabfälle	kg/t	kg/m ³	Sondermüll (inkl. Radioaktive Abfälle)

4. Teil: Lebenszyklus

Feinstäube	µm	NO _x	Stickoxid-Verbindung	Polycyclische Aromaten (PAK)	Formaldehyd-gehalt unbedenklich	VOC-Emission Anforderung bestanden	Radioaktivität Anforderung erfüllt	Ausgangverhalten Bedingungen eingehalten	MDI-Emission Anforderungen erfüllt	Eisutanalyse (Schwermetalle) erfüllt	Toxizität der Brandgase Anforderungen erfüllt	PCP/ Lindan Anforderungen erfüllt	EOX (extrahierbare Halogenverbindungen) Anforderungen erfüllt	mg/kg	Isocyanat-Ausgasung Anforderungen erfüllt

5. Teil: weitere Deklarationen zu schädlichen Belastungen