

Methodenentwicklung zur Beschreibung von Zielwerten zum Primärenergieaufwand und CO₂-Äquivalent von Baukonstruktionen zur Verknüpfung mit Grundstücksvergaben und Qualitätssicherung bis zur Entwurfsplanung

Abschlussbericht über o.g. Forschungsvorhaben

gefördert unter dem AZ: 31943

von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Antragsteller:

Ruhr-Universität Bochum (RUB)

Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Ressourceneffizientes Bauen

Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner

Projektbearbeitung:

Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner, Projektleitung (RUB)

Sabrina Schäfer M.Sc. (RUB)

Dipl.- Ing. Karina Krause (RUB)

Michael Rauch M.Sc. (TUM)

Dr.-Ing. Michael Merk (TUM)

Dipl.-Ing. Norman Werther (TUM)

Dipl.-Ing. Wolf Opitsch (LHM)

Ort und Datum:

Bochum, 23.01.2017

Bezugsmöglichkeit des Berichts:

Ruhr-Universität Bochum

Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Ressourceneffizientes Bauen, Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner

Universitätsstr. 150, IC5-161

44801 Bochum

Fon: 0234-32- 21414

Fax: 0234-32-14815

annette.hafner@rub.de

www.ruhr-uni-bochum.de/reb/index.html.de

Dieser Bericht ist über die Website des Lehrstuhls Ressourceneffizientes Bauen in elektronischer Form abrufbar.

Methodenentwicklung zur Beschreibung von Zielwerten zum Primärenergieaufwand und CO₂-Äquivalent von Baukonstruktionen zur Verknüpfung mit Grundstücksvergaben und Qualitätssiche- rung bis zur Entwurfsplanung

Abschlussbericht über o.g. Forschungsvorhaben
gefördert unter dem AZ: 31943
von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Antragsteller:

Ruhr-Universität Bochum (RUB)
Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Ressourceneffizientes Bauen
Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner

Projektbearbeitung:

Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner, Projektleitung (RUB)
Sabrina Schäfer M.Sc. (RUB)
Dipl.- Ing. Karina Krause (RUB)
Michael Rauch M.Sc. (TUM)
Dr.-Ing. Michael Merk (TUM)
Dipl.-Ing. Norman Werther (TUM)
Dipl.-Ing. Wolf Opitsch (LHM)

Ort und Datum: Bochum, 23.01.2017

06/02

Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	31943	Referat	Fördersumme	117.402 €
Antragstitel		Methodenentwicklung zur Beschreibung von Zielwerten zum Primärenergieaufwand und CO2-Äquivalent von Baukonstruktionen zur Verknüpfung mit Grundstücksvergaben und Qualitätssicherung bis zur Entwurfsplanung		
Stichworte				
Laufzeit 20 Monate	Projektbeginn 04.03.2014	Projektende 03.08.2016 (nach Verlängerung)	Projektphase(n) 1	
Zwischenberichte	4			
Bewilligungsempfänger			Tel: 0234-32-21413 Fax: 0234-32-14815	
Ruhr-Universität Bochum Fakultät für Bau- und Umweltwissenschaften Ressourceneffizientes Bauen Universitätsstr. 150 IC 5/ 159 44801 Bochum			Projektleitung Prof. Dr. Annette Hafner	
			Bearbeiter Sabrina Schäfer	
Kooperationspartner		TU München, Lehrstuhl Holzbau und Baukonstruktion LH München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung PLAN HA III/2		

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Der Bausektor ist für einen beträchtlichen Teil des Primärenergieverbrauches und des Ausstoßes an Treibhausgasen in Europa verantwortlich. Dem Neubau kommt deshalb bei der Entwicklung von großen Bauprojekten eine entscheidende Rolle zu, um den Ausstoß an Treibhausgasen zu reduzieren. Wenn alle Neubauten als „Fast-Null-Energiehäuser“ geplant werden, und damit der Energiebedarf in der Betriebsphase reduziert wird, wird sich eine Verschiebung der Effizienzoptimierung hin zur Erstellungsphase der Gebäude, und damit zu den verbauten Materialien und deren ökologischem Einfluss auf Herstellung und Rückbau vollziehen. Die Material- und Konstruktionswahl rückt in das Zentrum der Betrachtung. Über die Beschreibung von Zielwerten (Primärenergieaufwand, CO₂-Äquivalent) dieser Konstruktionen können die Vorgaben und damit auch die Vorentwurfsplanung beeinflusst werden. Neben der Vorgabe des Energiestandards für die Betriebsphase wäre auch eine Vorgabe für die Erstellungsphase möglich. Hier könnte ein nicht zu überschreitender Wert an mit der Konstruktion verbundenen Treibhausgasemissionen, eine zu erreichende Menge an erneuerbaren oder Recyclingmaterialien festgelegt werden. Diese Vorgaben müssen Vergabekonform definiert werden, ohne einzelne Materialien zu bevorzugen.

Der moderne Holzbau bietet hervorragende Möglichkeiten, die Ziele der Ressourceneffizienz und CO₂ Einsparungen umzusetzen. Allerdings gibt es bis jetzt keine durchgängigen Verfahren, wie sich die Anforderungen an zu errichtende Gebäude nach ökologischen Kriterien schon von der Grundstücksvergabe, über die Entwurfs-, bis hin zur Ausführung umsetzen lassen.

Die Stadt München möchte als Vorreiter den urbanen Holzbau in der Stadt weiter voranbringen. Anhand der ökologischen Mustersiedlung Prinz-Eugen-Kaserne sollen die energetischen und ökologischen Fragestellungen mit innovativen neuen Lösungsansätzen bearbeitet werden.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Das Projekt ist in drei Arbeitspakete unterteilt. Das erste Arbeitspaket befasst sich mit den Zielwerten zur Gebäudevorgabe. Mittels Berechnungen von Ökobilanzen von Holz- und Massivgebäuden Zielwerten für die Erstellungsphase von Gebäuden festgeschrieben werden, über die ressourcen- und energieeffiziente Gebäude erreicht werden können. Diese sollen dann in die Ausschreibungsunterlagen eingehen und dabei als vertraglich durchsetzbaren Vereinbarungen erarbeitet werden. Der Partner RUB ist hauptsächlich für die Erarbeitung der Kennwerte zustän-

dig. Der Partner TUM erarbeitet den bauordnungsrechtlichen Rahmen zur Umsetzung von Holzbauten. Das Referat für Stadtplanung und Bauordnung der LH München ist Datenlieferant, Ansprechpartner für die Umsetzung der Kenndaten in die Vergabe und für Workshops mit den Beteiligten verantwortlich.

Das zweite Arbeitspaket beschäftigt sich mit der Begleitung der Zieleffestschreibung über die unterschiedlichen Planungsphasen und die Unterstützung bei der Erarbeitung von tragfähigen Konzepten zur Verwirklichung von großflächigem urbanem Holzbau in dieser Siedlung. Die Entwicklungsprozesse für die Mustersiedlung werden dargestellt und der Entwicklungsfortschritte (Prozessqualität) in Bezug auf Zielerreichung im Projekt verdeutlicht. Der Partner TUM erarbeitete hier Vorgaben für den Brandschutz für das gesamte Quartier.

Das dritte Arbeitspaket besteht aus dem Monitoring der einzelnen Planungsschritte und der Einspeisung von Forschungsergebnissen in die praktische Planung im Holzbau. Es erfolgt eine Konsolidierung von Wissen über urbanen Holzbau auf unterschiedlichen Maßstabsebenen und die Darstellung der Möglichkeiten der stofflichen CO₂-Einsparung als Ansatzpunkte für die Übertragbarkeit auf andere Kommunen. Die einzelnen Teile des Projektes greifen integrativ ineinander.

Ergebnisse und Diskussion

Für die „kleinen Wohngebäude“, also Reihenhäuser und Gebäude in GKL 3, sind keine besonderen Schwierigkeiten bezüglich Holzbau über das normale Maß hinaus zu erkennen; die Bauweisen sind im Holzbau eingeführt. Die Brandschutzanforderungen können auch im Holzbau ohne Schwierigkeiten eingehalten werden.

Als „große Wohngebäude“ wurden Mehrfamilienhäuser der GKL 4 bzw. 5 zusammengefasst. Hier sind höhere Anforderungen an den Brandschutz einzuhalten, weshalb hier der Holzbau noch einen erhöhten Aufwand in Planung und Umsetzung darstellt. Eine integrale Planung, die die Aspekte des Brandschutzes und weiterer Aspekte (z.B. Schallschutz) schon frühzeitig in den Entwurf einbindet ist unbedingt anzuraten. Als Bauweisen sind im Holzbau der Holztafel-/Holzrahmenbau, Holzmassivbau sowie Hybridbau (Holzbau in Kombination mit mineralischen Baumaterialien im Tragwerk) möglich. Als relevantes ökologisches Kriterium für die Ausschreibung wurde das Kriterium „Menge an nachwachsenden Rohstoffen“ in [kg/m² WF] festgelegt. Die Nawaro-Mengen werden in einem 2-stufigen Ausschreibungsverfahren für Gebäudetyp A und B gefordert. In Stufe 1 der Ausschreibung muss ein Mindestwert erfüllt werden, in Ausschreibungsstufe 2 sind 3 Nawaro-Stufen vorgegeben die unterschiedlich bepunktet werden. Bei Gebäudetyp A ist die Mindestanforderung für den Verkauf der Grundstücke eine Holzrahmenbauweise, bei Gebäudetyp B wurde ein Hybridbau als unterste Stufe festgelegt.

Für Brandschutz gab es Gespräche mit der Feuerwehr / Branddirektion in München, um generelle Abweichungen für das Quartier zu klären. Abweichend von Bauordnung können sichtbare Holzoberflächen umgesetzt werden, wenn eine durchgehende nicht brennbare Schicht in diesem Bauteil vorhanden ist.

Nach längerem Abstimmungsprozess wurde das Förderprogramm für Holzbau im Stadtrat Ende Oktober beschlossen und Mittel hierfür bereitgestellt. Als Information wurde eine Bauteilübersicht erstellt, um zu zeigen mit welcher Gebäudekonstruktion welche Nawaro-Stufe erreicht werden kann. Zur genauen Berechnung der Nawaro-Menge und der daraus resultierenden Fördersumme wurde ein Excel-tool vorbereitet.

Die Dreistufigkeit der Nawaromenge könnte sich als problematisch herausstellen, wenn der Wettbewerb sehr hart ist, da dann alle im Vergabeverfahren beteiligten Bieter mit der obersten Stufe (also dem maximalen Holzanteil und der weiteren Kriterien) kalkulieren würden, um das Grundstück zu bekommen. Im Sinne der Ressourceneffizienz oder Neutralität von Konstruktionen aus Holz ist dies nicht zielführend und nicht beabsichtigt. Um dem vorzubeugen wurde die dritte Stufe nicht zu hoch angesetzt, so dass hier noch unterschiedliche Konstruktionsvarianten möglich sind. Gleichzeitig stellen holzbaurelevante Kriterien 40% der Bewertung dar, in den weiteren 60% werden andere Belange berücksichtigt.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Veröffentlichung und Vorträge bei: ForumHolz Bau Urban in Köln 10/2015, Sustainable Built Environment Conference 2016 in Hamburg (3/16), World Conference of Timber Engineering 2016 in Wien (8/16)

Detaillierte Beschreibung des Vorgehens im Abschlussbericht, sodass für das Referat für Stadtplanung und Bauordnung der LH München die Möglichkeit besteht, die Erkenntnisse auf weitere Bauvorhaben zu übertragen. Des Weiteren sind die Ergebnisse so aufbereitet, dass andere Gemeinden / Städte die Resultate nutzen können.

Fazit

Nach der Veröffentlichung der Ausschreibung konnte festgestellt werden, dass die Umsetzung alleine über das Kriterium „Nawaros“ über die im Rahmen des Projekts generierten Unterlagen möglich ist und auch praktisch funktioniert.

Das Projekt ist als Baustein zu sehen, wie sich Holzbau in der Praxis umsetzen lässt und bietet einen Leitfaden für die Übertragung der Erkenntnisse auf andere Gemeinden zur Umsetzung ähnlicher Ziele.

Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 •

<http://www.dbu.de>

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis.....	XIII
Begriffe und Definitionen.....	XIV
Abkürzungsverzeichnis	XV
Kurzfassung.....	17
1 Projektbeschreibung	18
1.1 Hintergrund.....	18
1.2 Die Ökologische Mustersiedlung.....	18
1.2.1 Vorstellung des Bauvorhabens	18
1.2.2 Anforderungen an die Umsetzung	20
1.3 Projektziele.....	20
2 Zielwerte als Gebäudevorgabe zur Grundstücksvergabe	22
2.1 Gebäudedaten.....	22
2.2 LCA der untersuchten Gebäude.....	24
2.3 Ermittlung von Kennwerten	25
2.3.1 Darstellung der Kennwerte.....	26
2.3.2 Variantenvergleich: Hybridstudie	33
2.3.3 Festschreibung von Kennwerten.....	37
3 Baukonstruktive Möglichkeiten des urbanen, mehrgeschossigen Holzbaus	40
3.1 Grundlage des Projektes.....	40
3.2 Brandschutztechnische Randbedingungen und Abgrenzung der Projektbetrachtung	40
3.3 Motivation und Zielsetzung für den urbanen Holzbau	41
3.4 Anforderungen des Baurechts.....	42
3.4.1 Musterbauordnung (MBO) und Bayerische Bauordnung (BayBO).....	42
3.4.2 Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise 2004 (M-HFHHolzR).....	43
3.4.3 Vergleich der baurechtlichen Situation in Deutschland und den deutschsprachigen Nachbarländern	44
3.5 Schutzzieldefinition.....	51
3.5.1 Grundlegende Begriffsdefinition.....	51
3.5.2 Bauordnungsrechtliche Schutzziele	51
3.5.3 Öffentlich-rechtliche und privatrechtliche Schutzziele.....	52
3.5.4 Mehrgeschossiger Holzbau – Auswirkung auf die Schutzziele.....	54
3.6 Nationale und Europäische Nachweismethoden.....	54

3.7	Typische brandschutztechnische Abweichungen mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise in der Anwendungspraxis	57
3.7.1	Verwendbarkeitsnachweise, abP, abZ, ETA und ZiE	57
3.7.2	Anzutreffende Abweichungen in der Anwendungspraxis	58
3.7.3	Abgrenzung und Einteilung mehrgeschossiger Holzgebäude	59
3.8	Chancen des Holzbaus in der GKL5 und darüber hinaus	64
3.8.1	Anwendung des Holzbaus in der GKL 5 bis zur Hochhausgrenze	64
3.8.2	Anwendung der Holzbauweise über die GKL 5 hinaus	68
4	Zusammentragen von Holzbaubeispielen	69
4.1	Grundlagen zur Projektstudie	69
4.2	Auswertung der Holzbaubeispiele im Hinblick auf Wärmeschutz und Energiebedarf sowie Vergleich mit dem Anforderungsprofil	70
4.2.1	Anforderungen laut Energieeinsparverordnung	70
4.2.2	Auswertung der U-Werte für Außenwand und Dach	71
4.3	Auswertung der Holzbaubeispiele im Hinblick auf den Schallschutz und Vergleich mit dem Anforderungsprofil	72
4.3.1	Anforderungen an den Schallschutz	72
4.3.2	Auswertung der Schallschutzeigenschaften der Holzbaubeispiele für Außenwand, Decke und Trennwand	74
4.4	Auswertung der Holzbaubeispiele im Hinblick auf den Brandschutz und Vergleich mit dem Anforderungsprofil	75
4.4.1	Konstruktionsweise Gebäudebestand	75
4.4.2	Tragende und raumabschließende Wände	77
4.4.3	Geschossdecken	78
4.4.4	Vertikale Erschließung und Aussteifungselemente	79
4.4.5	Kompensationsmaßnahmen durch Gebäudetechnik	80
5	Brandschutztechnische Untersuchung	81
5.1	Gebäudeeinteilung und Abgrenzung	81
5.2	Gebäudestruktur ökologische Musterhausiedlung	82
5.3	Gebäudeeinteilung	82
5.4	Abgrenzung abwehrender Brandschutz	84
6	Brandschutztechnische Beurteilung	85
6.1	Bauordnungsrechtliche Anforderungen	85
6.1.1	Gebäudeklasse 1 bis 3	85
6.1.2	Gebäudeklasse 4	86
6.1.3	Gebäudeklasse 5	87
6.1.4	Sonderbau Kindertagesstätte	88
6.2	Brandschutztechnische Anforderungen und Lösungen im Prinz-Eugen-Park	91

6.2.1	Abweichungen von feuerbeständig auf Holzbauweise (R)EI90 K ₂ 60	92
6.2.2	Anordnung sichtbarer Holzoberflächen bei Deckenbauteilen und linearen Holzbauteilen.	99
6.2.3	Abweichung zur Ausbildung von Wänden notwendiger Treppenträume in Holzbauweise	101
6.2.4	Abweichung zur Ausbildung von Brandwänden als Brandwandersatzwand in Holzbauweise	104
6.2.5	Ausbildung brennbarer Fassadenbekleidungen	107
7	Stellungnahme der Brandschutzdienststelle München	113
8	Monitoring der Entwicklungsphase bis zur Vergabe der Grundstücke	115
8.1	Vorgehen	115
8.1.1	Erarbeitung von Kriterien	115
8.1.2	Abstimmungsprozess	116
8.1.3	Ausschreibung	118
8.2	Übertragbarkeit auf andere Gemeinden und Städte	121
8.2.1	Abstimmung des Fördergegenstandes	122
8.2.2	Erarbeitung einer Umsetzung	122
9	Umsetzung und Ausblick	123
9.1	Ausschreibung	123
9.2	CO ₂ -Förderprogramm	123
9.3	Thema Brandschutz	124
9.4	Ausblick	124
10	Referenzen	126
10.1	Literatur	126
10.2	Normen, Bauordnungen und Regelwerke	129
11	ANHANG	131
11.1	Anhang 1: Abweichungen Tabellarisch	131
11.2	Anhang 2: Ablaufschema Brandschutz – Prinz-Eugen-Park München	139
11.3	Anhang 3: Ausführungsempfehlungen mehrgeschossiger Holzbau GKL 5	140
11.4	Anhang 4: Bewertungstabelle für die Förderung	141
11.5	Anhang 5: Zur Verfügung gestellte Unterlagen der Ausschreibungsphase 2	143
11.6	Anhang 6: Auszüge aus dem Ausschreibungstext für die ökologische Mustersiedlung der Stadt München	146
11.7	Anhang 7: Ausschreibungsunterlagen Stufe 2 zur Vergabe der Grundstücke	149
11.8	Anhang 8: Gebäudekatalog mit Konstruktionsdetails für GKL 4	152

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ökologische Mustersiedlung: Teilbereich (südlicher Teil) des Bebauungsplans für die Prinz-Eugen-Kaserne in München [20]	19
Abbildung 2: Lageplan mit Gebäudetypologien im Bereich der ökologischen Mustersiedlung [20]	19
Abbildung 3: Zusammenfassende Darstellung der übergeordneten Projektziele und der einzelnen Arbeitspakete	21
Abbildung 4: Menge an nachwachsenden Rohstoffen für kleinere Wohngebäude (Typ A) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF	27
Abbildung 5: Menge an nachwachsenden Rohstoffen für größere Wohngebäude (Typ B) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF	29
Abbildung 6: Treibhauspotenzial für kleinere Wohngebäude (Typ A) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF	30
Abbildung 7: Treibhauspotenzial für größere Wohngebäude (Typ B) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF	30
Abbildung 8: Kohlenstoffspeicher für kleinere Wohngebäude (Typ A) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF	31
Abbildung 9: Kohlenstoffspeicher für größere Wohngebäude (Typ B) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF	32
Abbildung 10: Menge an nachwachsenden Rohstoffen verschiedener Hybridbauvarianten, bezogen auf WF	34
Abbildung 11: Liste der als Technische Baubestimmung eingeführten technischen Regeln, Fassung Februar 2015 [n13]	55
Abbildung 12: Normenübersicht brandschutztechnische Nachweismethoden [23]	56
Abbildung 13: Mögliche Abweichungen im bauaufsichtlichen Verfahren in Anlehnung an [19]	58
Abbildung 14: Systematische Einteilung der Gebäudevarianten	60
Abbildung 15: Darstellung der unterschiedlichen Hybridvarianten [21]	61
Abbildung 16: Siebengeschosser in Berlin in Anlehnung an [22]	65
Abbildung 17: Holz 8 in Bad Aibling in Anlehnung an [23]	66
Abbildung 18: Kampa Gebäude der Kampa AG in Aalen	67
Abbildung 19: Wohnhaus Treet / Bergen [27]	68
Abbildung 20: HoHo Wien [26]	68
Abbildung 21: Verteilung der betrachteten Gebäude der Gebäudeklasse 4 und 5 nach MBO in Deutschland, Österreich und der Schweiz	69

Abbildung 22: Verteilung der erfassten Gebäude in der GKL 4 und 5.....	70
Abbildung 23: Auswertung U-Werte von Außenwänden und Dächern an den realisierten Beispielprojekten (Gebäudeklasse 4 und 5 in Deutschland, Österreich und der Schweiz, n=16)	71
Abbildung 24: Auswertung Schallschutz von Bauteilen (n=3 Außenwände; n=10 Trennwände; n=8 Decken)	74
Abbildung 25: Gebäudeanteil in der GKL 4 und 5 in Hinblick auf die Gebäudestufe, n=137	75
Abbildung 26: Gebäudeanteil in der GKL 4 in Hinblick auf die Gebäudestufe, n=84	76
Abbildung 27: Gebäudeanteil in der GKL 5 in Hinblick auf die Gebäudestufe, n=53	76
Abbildung 28: Status zur Qualität der Kapselbekleidung tragender Wände in der GKL 5 in Deutschland, Österreich und der Schweiz, n=27	77
Abbildung 29: Anteil von tragenden Wänden in der GKL 4 und 5 mit spezifischem Feuerwiderstand [in Minuten] in Österreich und Deutschland; n=36	78
Abbildung 30: Ausführung der Decken in GKL 5 in Deutschland, Österreich und der Schweiz n=44	79
Abbildung 31: Anteil der Decken in der GKL 4 und 5 mit spezifischem Feuerwiderstand [in Minuten] in Österreich und Deutschland, n=35	79
Abbildung 32: Konstruktion der Treppenhaukerne in der GKL 4+5 in Österreich, Deutschland und Schweiz, n=86	80
Abbildung 33: Darstellung der Gebäudestruktur in der ökologischen Musterhaussiedlung [20].....	82
Abbildung 34: Ablaufschema Brandschutz Prinz-Eugen-Park.....	83
Abbildung 35: Organigramm - Klassifizierung der Gebäude nach BayBO (2015) + Anforderungen	90
Abbildung 36: Innenwandknoten – Holztafelbau in Anlehnung an Konstruktionskatalog der TUM, Detail Wand/Decke 2, S. 163 [19].....	94
Abbildung 37: Innenwandknoten – Holzmassivbau Konstruktionskatalog der TUM, Detail Wand/Decke 5, S. 163 [19].....	94
Abbildung 38: Innenwandknoten – Holzmassivbau - BSP Konstruktionskatalog der TUM, Detail Wand/Decke 2, S. 164 [19].....	95
Abbildung 39: Bild aus Gräfe – Untersuchungen [19].....	97
Abbildung 40: Bild aus Taibinger –Untersuchungen [17].....	97
Abbildung 41: Brandbeanspruchung im Bereich der Elektrodosen hinter der Kapselbekleidung in Massivholzbauteilen [19]	97

Abbildung 42: Brandbeanspruchung im Bereich der Elektrodosen hinter der Kapselbekleidung in Holztafelbauelementen [19]	98
Abbildung 43: Brandwandersatzwand Treppenraum	103
Abbildung 44: Brandwandersatzwand.....	106
Abbildung 45: Systemdarstellung Fassade mit Brandschürzen	108
Abbildung 46: Übersicht über mögliche Ausführungsarten von Brandschürzen [19]	110
Abbildung 47: Mögliche Ausführungsarten von Holzfassaden [19]	110
Abbildung 48: Vertikale Positionierung der horizontalen Brandschutzmaßnahmen [25] ...	111
Abbildung 49: Zeitlicher Ablauf des Projektes mit den wichtigen Meilensteinen.....	119
Abbildung 50: Zeitlicher Ablauf des Projektes mit den zu bearbeitenden Teilprojekten	122
Abbildung 51: Ablaufschema Brandschutz Prinz-Eugen-Park	139
Abbildung 52: Ausführungsempfehlungen mehrgeschossiger Holzbau GKL 5	140

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der untersuchten Wohngebäude plus Gebäudeinformationen	23
Tabelle 2: Mittelwerte der Gebäudegewichte bezogen auf WF und BGF	24
Tabelle 3: Zusammenfassung der ökologischen Kennwerte, bezogen auf BGF und WF	32
Tabelle 4: Konstruktionsvarianten bei mehrgeschossigen Bauten aus Holz, verändert nach Studie „Mehrgeschossige Hybridbauten in der Schweiz“ [21]	35
Tabelle 5: Funktionsbeschreibung der Elemente, verändert nach Studie „Mehrgeschossige Hybridbauten in der Schweiz“	36
Tabelle 6: Nawaro-Stufen und Eigenschaften für Gebäudetyp A	38
Tabelle 7: Nawaro-Stufen für Gebäudetyp B	39
Tabelle 8: Eigenschaften realisierter Gebäude Typ B	39
Tabelle 9: Gebäudeklassen nach Musterbauordnung (MBO) 2002	42
Tabelle 10: Baurechtliche Anforderungen laut MBO und in Baden-Württemberg	46
Tabelle 11: Baurechtliche Anforderungen in Österreich in Anlehnung an [33]	48
Tabelle 12: Baurechtliche Anforderungen in der Schweiz, Anforderungen an die Bauteile in Anlehnung an [n23]	49
Tabelle 13: Baurechtliche Anforderungen in der Schweiz, Anforderungen an das Brandverhalten in Anlehnung an [n23]	50
Tabelle 14: Auflistung typischer Abweichungen mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise. Auszug aus [19]	59
Tabelle 15: Resultierende Abweichungen bei Ausführung in Stufe 1	62
Tabelle 16: Resultierende Abweichungen bei Ausführung in Stufe 2	63
Tabelle 17: Resultierende Abweichungen bei Ausführung in Stufe 3	64
Tabelle 18: U-Werte Außenwand und Dach laut EnEV 2014 [n8]	71
Tabelle 19: Anforderungen Schallschutz nach DIN 4109 Beiblatt 2, Tabelle 2 [n9]	73
Tabelle 20: Anforderung an Außenbauteile abhängig vom Außenlärmpegel nach DIN 4109 Beiblatt 2 [n9]	74
Tabelle 21: Beispiel Abbrandtiefe von sichtbaren Brettsper Holzbauteilen	100
Tabelle 22: Übersicht über die Stellungnahme der BDS zur den Abweichungsanträgen ..	114
Tabelle 23: Grundstücksvergabe und hierbei umgesetzte Stufe an Nawaros	121

Begriffe und Definitionen

Funktionale Einheit: Die Ergebnisse einer LCA beziehen sich immer auf eine produktspezifische Größe, die funktionale Einheit. Diese wird, basierend auf die Funktion bzw. den Nutzen des untersuchten Produkts festgelegt und ermöglicht den Vergleich unterschiedlicher Produkte mit identischem Nutzen.

Primärenergie: Primärenergie ist die in natürlich vorkommenden Energiequellen zur Verfügung stehende Energie. Dazu zählen nicht erneuerbare Energien u. a. aus Steinkohle, Braunkohle, Erdöl, Erdgas und Uran sowie erneuerbare Energien u. a. aus Biomasse, Sonnenstrahlung, Erdwärme, Wasser- und Windkraft [1].

Treibhauspotenzial: Das Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) ist der potenzielle Beitrag eines Stoffes zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten d. h. zum so genannten Treibhauseffekt. Der Beitrag des Stoffes wird als GWP Wert relativ zu dem Treibhauspotenzial des Stoffes Kohlendioxid (CO₂) angegeben [2]. Das Treibhauspotenzial wird in [kg CO₂-äq/ funktionale Einheit] ausgedrückt.

Je niedriger der Wert des CO₂-Äquivalents ist, umso niedriger ist die potenzielle Wirkung auf die globale Erwärmung und die damit verbundenen Umweltwirkungen.

Kohlenstoffspeicher: Bäume binden CO₂ und speichern es im Holz als biogenen Kohlenstoff (C). Holzprodukte wirken sich positiv auf das Klima aus, indem sie die Speicherung des Kohlenstoffs, der im Wald gebunden war, um die spezifische Nutzungsdauer des Produktes verlängern. Nachwachsende regenerative Baustoffe bestehen zu 50% aus C. Somit enthält 1 kg Baustoff 0,5 kg C. Diese Menge an C ist wiederum in 1,8 kg CO₂ gebunden. Somit bindet 1 kg an nachwachsendem regenerativem Baustoff die Menge an Kohlenstoff, die in 1,8 kg vom Klimagas CO₂ enthalten ist [16]. Der CO₂-Speicher wird in [kg CO₂-äq/ funktionale Einheit] ausgedrückt.

Primärkonstruktion: Unter Primärkonstruktion wird die tragende Konstruktion eines Gebäudes verstanden. Sie umfasst alle Komponenten, die zur Aufnahme der Lasten und deren Einleitung in die Fundamente benötigt werden.

Abkürzungsverzeichnis

A2	nicht brennbarer Baustoff der Baustoffklasse A2 nach DIN 4102-1
abP	Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis
Äq.	Äquivalente
BGF	Bruttogrundfläche
BRL	Bauregelliste des DIBt
E	Erdgeschoss
ef	Leistungsverhalten wird nach Außenbrandkurve an Stelle der Einheits-Temperaturzeitkurve bestimmt, nach DIN EN 13501-2
EFH	Einfamilienhaus
EH	Effizienzhaus
EnEV	Energieeinsparverordnung
ETK	Einheitstemperaturkurve nach DIN EN 1991-1-2
GF	Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283-2
GKF	Gipskartonfeuerschutzplatte nach DIN 18180 bzw. Gipsplatte Typ F nach DIN EN 520
GKL	Gebäudeklasse nach deutscher Musterbauordnung (MBO) Fassung Nov. 2002
H	Höhe des Gebäudes für Deutschland: Maß der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der Geländeoberfläche im Mittel nach MBO für die Schweiz: Gesamthöhe des Gebäudes nach Brandschutzvorschriften VKF 2015
i → o	Richtung der klassifizierten Feuerwiderstandsdauer (in-out), nach DIN EN 13501-2
K	Fähigkeit einer Wand- oder Deckenbekleidung das dahinterliegende Material vor Entzündung, Verkohlung und anderen Schäden für eine festgelegte Zeit zu schützen, nach DIN EN 13501-2
K ₂ 60	Kapselkriterium nach DIN EN 13501-2 für 60 Minuten Brandeinwirkung
KG	Kostengruppe (nach DIN 276)
LBK	Lokalbaukommission
LBO	Landesbauordnung
LCA	Lebenszyklusanalyse (engl.: Life Cycle Assessment)
LH München	Landeshauptstadt München
M	Charakteristische brandschutztechnische Leistungseigenschaft der mechanischen Stoßbeanspruchung, nach DIN EN 13501-2
MBO	Musterbauordnung
MFH	Mehrfamilienhaus
Nawaro	Nachwachsender Rohstoff

nb	nichtbrennbar (aus nichtbrennbaren Baustoffen)
NGF	Nettogrundfläche
nZEB	Fast-Null-Energiehaus (engl.: nearly Zero Energy Building)
R, E, I	Leistungseigenschaften entsprechend dem europäischen Klassifizierungssystem nach DIN EN 13501-1 für <i>Résistance</i> (Tragfähigkeit), <i>Étanchéité</i> (Raumabschluss), <i>Isolation</i> (Wärmedämmung unter Brandeinwirkung)
RF1	Brandverhaltensgruppe nach schweizer Baustoffklassifizierung entspricht Klasse A1 bzw. A2-s1, d0 (kein Brandverhalten) nach EN 13501-1 Brandschutzvorschriften VKF 2015
RUB	Ruhr-Universität Bochum
TUM	Technische Universität München
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WF	Wohnfläche
wnb	in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen
ZiE	Zustimmung im Einzelfall

Kurzfassung

Der Bausektor ist für einen beträchtlichen Teil des Primärenergieverbrauchs und des Ausstoßes an Treibhausgasen in Europa verantwortlich. Dem Neubau kommt deshalb bei der Entwicklung von großen Bauprojekten eine entscheidende Rolle zu, um den Primärenergiebedarf sowie den Ausstoß an Treibhausgasen zu reduzieren. Wenn alle Neubauten als „Fast-Null-Energiehäuser“ geplant werden, und sich damit der Energiebedarf in der Betriebsphase reduziert, wird sich eine Verschiebung der Effizienzoptimierung hin zur Erstellungsphase der Gebäude, und damit zu den verbauten Materialien und deren ökologischem Einfluss auf Herstellung und Rückbau vollziehen. Die Material- und Konstruktionswahl der Gebäude rückt somit in das Zentrum der Betrachtung. Durch den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Baubereich können aufgrund der Speicherwirkung biogenen Kohlenstoffs in Holzprodukten CO₂-Emissionen eingespart werden.

Über die Beschreibung und anschließende Vorgabe von Kenn- und Zielwerten für den Anteil an nachwachsenden Rohstoffen im Neubau kann die Vorentwurfsplanung beeinflusst werden.

Für die Realisierung der Ressourceneffizienz- und CO₂-Einsparungsziele bietet sich der moderne Holzbau an, für den es allerdings bis jetzt keine durchgängigen Verfahren gibt, wie sich die Anforderungen an zu errichtende Gebäude nach ökologischen Kriterien über den Planungsprozess umsetzen lassen. Anhand bestehender Gebäude aus verschiedenen Holzkonstruktionen - Massivholzbau, Holzrahmenbau/ Holztafelbau, Hybridbau - werden im Rahmen dieses Projektes Kenn- und Zielwerte für die Menge an nachwachsenden Rohstoffen für die Herstellungsphase der Gebäude ermittelt und festgeschrieben. Die Kennwerte werden für die Umsetzung einer ökologischen Mustersiedlung „Prinz-Eugen-Park“ auf dem ehemaligen Kasernengelände der Prinz-Eugen-Kaserne in München in die Ausschreibungsunterlagen der Baufelder integriert, mit dem Ziel den urbanen Holzbau in der Stadt weiter voranzubringen.

Der Brandschutz bildet bei der Umsetzung von urbanem mehrgeschossigem Holzbau eine zentrale Rolle, weshalb in diesem Projekt die Umsetzung brandschutzrelevanter Themen detailliert dargestellt werden. In Zusammenarbeit mit der Brandschutzdienststelle der LH München wurden Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt, wie die Anforderungen trotz einer Abweichung vom geltenden Baurecht erfüllt und mögliche Ausführungsvarianten in den frühen Planungsphasen eingearbeitet werden können.

1 Projektbeschreibung

1.1 Hintergrund

Auf den Bausektor in Europa sind rund 50 % des Energieverbrauchs, 50 % der geförderten Werkstoffe, ein Drittel unseres Wasserverbrauchs und ein Drittel aller Abfälle zurückzuführen [4]. Der Bausektor trägt somit zu einem beträchtlichen Teil zu den Umweltbelastungen in Europa bei.

Lange Zeit wurde das Augenmerk auf die Energieeffizienz in der Betriebsphase eines Gebäudes gelegt, da in dieser Phase die höchsten CO₂-Einsparungspotenziale zu realisieren waren. Durch die Einführung der nZEB-Verordnung (nearly Zero Energy Building, dt.: Fast-Null-Energiehäuser) ist das europäische Ziel die CO₂-Emissionen aller Neubauten bis 2020 auf fast Null zu reduzieren, weshalb dem Neubau, vor allem bei der Entwicklung von großen Bauprojekten, in Zukunft eine entscheidende Rolle zukommt [5]. Wenn alle Neubauten als Fast-Null-Energiehäuser geplant werden, und damit der Energiebedarf in der Betriebsphase reduziert wird, wird sich eine Verschiebung der Effizienzoptimierung hin zur Erstellungsphase der Gebäude vollziehen. Damit verschiebt sich der Fokus der Betrachtung auf die verbauten Materialien und Konstruktionen und deren ökologischen Einfluss auf Herstellung und Rückbau. Durch eine nachhaltige Materialauswahl können somit Primärenergie und CO₂-Emissionen eingespart werden. Anhand von vergabekonformen Vorgaben über die Menge an nachwachsenden Rohstoffen, die mindestens im Gebäude verbaut sein muss (Konstruktion und Ausbau), kann die Vorentwurfsplanung hinsichtlich eines nachhaltigen Materialeinsatzes beeinflusst werden. Der moderne Holzbau bietet hierfür hervorragende Möglichkeiten, die Vorgaben hinsichtlich des Einsatzes an nachwachsenden Rohstoffen unter Berücksichtigung der Ressourceneffizienz umzusetzen. Bis zum Zeitpunkt dieses Forschungsprojektes gab es allerdings keine durchgängigen Verfahren, wie sich die Anforderungen an zu errichtende Gebäude nach ökologischen Kriterien schon vor der Grundstücksvergabe, über die Entwurfs-, bis hin zur Ausführung umsetzen lassen.

Das Forschungsprojekt wurde als Begleitprojekt zur Entwicklungsphase der Neubebauung des Prinz-Eugen-Parks in München durchgeführt. Aktuell wird das ehemalige Kasernengelände Prinz-Eugen-Kaserne zu einem ökologischen Musterquartier entwickelt anhand dessen energetische und ökologische Fragestellungen mit innovativen neuen Lösungsansätzen bearbeitet werden.

1.2 Die Ökologische Mustersiedlung

1.2.1 Vorstellung des Bauvorhabens

Das Referat für Stadtplanung und Bauordnung der LH München plant die Entwicklung eines ökologischen Musterquartiers auf dem ehemaligen Kasernengelände der Prinz-Eugen-Kaserne in München. Ein Teilbereich des Geländes, der ca. 500 Wohnungen umfasst, soll als ökologische Mustersiedlung umgesetzt werden (Abbildung 1). Hierbei soll bezahlbarer

Wohnraum unter Berücksichtigung ökologischer Kriterien geschaffen werden. Insgesamt umfasst das neue Stadtquartier ca. 1.800 Wohnungen. Die zu Projektbeginn festgelegten Rahmenbedingungen beinhalteten innovative Energieversorgungskonzepte, Plus-Energiestandard¹ und Holzbauweise der Gebäude

Die Gebäudetypologie im betrachteten Bereich (vgl. Abbildung 1) setzt sich aus einer fünfgeschossigen Blockrandbebauung (vgl. WA 13, Abbildung 2), einem linearen, fünfgeschossigen Geschosswohnungsbau mit siebengeschossigen Kopfbauten, viergeschossigen Stadthäusern und ein- bis dreigeschossigen Atriumhäusern zusammen (vgl. WA14 bis WA16, Abbildung 2). Die Projektbearbeitung begrenzt sich auf diesen Bereich der geplanten Bebauung, da hier im Rahmen von ressourceneffizientem Umgang mit Baumaterialien ein möglichst hoher Anteil an nachwachsenden Rohstoffen eingesetzt werden soll. Der Rohstoff Holz bietet hier ein hohes Potenzial und soll hinsichtlich seiner Verwendung für den Prinz-Eugen-Park durch tragfähige Konzepte zur Umsetzung und Konsolidierung von Wissen über urbanen Holzbau aus bestehenden Projekten und Forschungsergebnissen untersucht werden.



Abbildung 1: Ökologische Mustersiedlung: Teilbereich (südlicher Teil) des Bebauungsplans für die Prinz-Eugen-Kaserne in München [20]



Abbildung 2: Lageplan mit Gebäudetypologien im Bereich der ökologischen Mustersiedlung [20]

¹ Definition des Referates für Stadtplanung und Bauordnung der LH München: Gebäude muss mehr Energie erzeugen als es verbraucht. Dabei ist der Haushaltsstrom der Bewohner ausgenommen, da eine Deckung aufgrund der baulichen Dichte und der verfügbaren PV-Flächen nicht zu erreichen ist [6]

1.2.2 Anforderungen an die Umsetzung

Die Umsetzung dieser Typologien in Holzbauweise setzt hohe Ansprüche an sämtliche Vorbereitungs-, Planungs- und Bauphasen. Den Gebäudetypen werden Gebäudeklassen entsprechend den Brandschutzanforderungen zugeordnet sowie energetische Anforderungen auferlegt. Die Typen 1 und 2 entsprechen Bauten der Gebäudeklassen 1-3, die Typen 3 und 4 beinhalten Bauten in Gebäudeklasse 4 und 5. Die Unterscheidung in diese beiden Gruppen hat sich als sinnvoll erwiesen, da so den im Holzbau unterschiedlichen Anforderungen an den Brandschutz Rechnung getragen werden kann. Jede Gebäudetypologie kann in mehreren Baukonstruktionen umgesetzt werden. Entsprechend der Bauweise ergeben sich unterschiedliche Mengen an nachwachsenden Rohstoffen, Kennwerte der Umweltwirkungen und Besonderheiten bei der Umsetzung. Als Konstruktionen kommen der Massivholzbau, der Holzrahmenbau/ Holztafelbau und der Hybridbau infrage. Zur Einordnung der Bauweisen sind die Konstruktionen der tragenden Elemente (Außenwände, Innenwände, Decken) ausschlaggebend. Unter Hybridbau wird im Rahmen dieses Projektes eine Bauweise verstanden, bei der ein Materialmix aus mineralischen Baustoffen und Holz in der Konstruktion verwendet wird. Nach Winter [7] ist der Begriff hybrid so zu verstehen, dass die tragenden und aussteifenden Bauteile eines Gebäudes in Stahlbeton und die Hüllkonstruktion des Gebäudes in Holz umgesetzt werden. Die Stahlbetonstruktur ist dabei eine klassische Skelett- oder Schottenbauweise, inkl. Treppenhäuser aus Stahlbeton. Wahlweise können die tragenden Wände aus Holz errichtet sein und die Decken sowie der Gebäudekern aus Stahlbeton.

Als Energiestandard der Gebäude war ein sehr hoher Wärmedämmstandard und Luftdichtheit vorgesehen: KfW Effizienzhaus 55, ggf. KfW Effizienzhaus 40 -Standard der EnEV2009. Die Energieerzeugung soll über Photovoltaik bzw. über Solarthermie erfolgen, wobei die erzeugten solaren Gewinne rechnerisch mindestens den Energiebedarf (nach EnEV) für Raumheizung, Warmwasser und Hilfsenergie abdecken müssen. Final wurde durch einen Stadtratsbeschluss (Oktober 2015) festgelegt, dass die ökologische Mustersiedlung an Fernwärme angeschlossen sowie im energetischen Mindeststandard KfW Effizienzhaus 70 gebaut wird. (siehe Anhang 11.6 Anhang 6: Auszüge aus dem Ausschreibungstext für die ökologische Mustersiedlung der Stadt München).

1.3 Projektziele

Übergeordnetes Projektziel ist es ein übertragbares Verfahren zu entwickeln, das beschreibt wie sich bereits über die Grundstücksvergabe, über die Entwurfs-, bis hin zur Ausführungsplanung verpflichtende Vorgaben und Ziele zur Erreichung ökologischer Anforderungen an zu errichtende Gebäude umsetzen lassen. Das Projektziel wurde in drei Stufen erarbeitet:

In Stufe 1 (erstes Arbeitspaket) wurden die Zielwerte der ökologischen Kriterien für die Gebäudevorgabe ermittelt und unter Beachtung der Vergabekonformität aus verfahrenstechnischer und rechtlicher Sicht in den Ausschreibungsunterlagen festgeschrieben.

Stufe 2 (zweites Arbeitspaket) befasste sich mit der Begleitung der Zieleffestschreibung über die unterschiedlichen Planungsphasen und Unterstützung bei der Erarbeitung von tragfähi-

gen Konzepten zur Verwirklichung von großflächigem urbanem Holzbau. Der Planungsprozess und die Entwicklungsfortschritte (Prozessqualität) wurden dabei in Bezug auf die Zielerreichung im Projekt dokumentiert.

Stufe 3 (drittes Arbeitspaket) bestand aus dem Monitoring der einzelnen Planungsschritte und der Einspeisung von Forschungsergebnissen in die praktische Planung im Holzbau. Gleichzeitig wurden die Möglichkeiten der stofflichen CO₂-Einsparung als Ansatzpunkte für andere Kommunen dargestellt und die Übertragbarkeit der Ergebnisse sichergestellt.

Die einzelnen Projektziele und der Projektablauf (Arbeitspakete 1–3) greifen dabei integrativ ineinander.

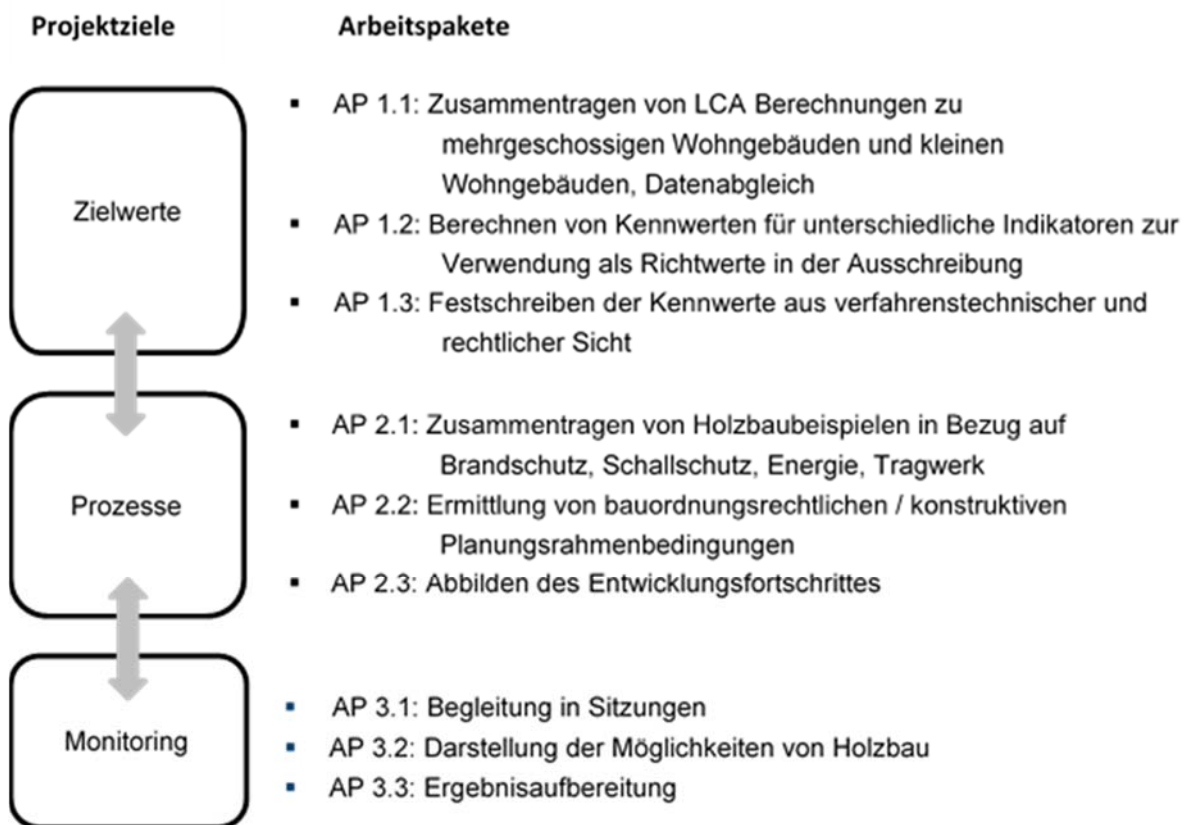


Abbildung 3: Zusammenfassende Darstellung der übergeordneten Projektziele und der einzelnen Arbeitspakete

2 Zielwerte als Gebäudevorgabe zur Grundstücksvergabe

Die ökologischen Kriterien bzw. Zielwerte für die Grundstücksvergabe werden auf Basis von Ökobilanzberechnungen realisierter bzw. geplanter Gebäude in Holzbauweise ermittelt.

2.1 Gebäudedaten

Die verwendeten Gebäudedaten (Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser) stammen aus Architektur/ Planungsbüros, vornehmlich aus Süddeutschland. Standort der Gebäude ist Deutschland oder Österreich. Sie lassen sich den Gebäudetypen 1 – 4 der ökologischen Mustersiedlung zuordnen und besitzen unterschiedliche Holzkonstruktionen der modernen Holzbauweise: Massivholzbau, Holztafelbau/ Holzrahmenbau oder Hybridbau. Zusätzliche mineralische Gebäude werden als Referenzgebäude mit ausgewiesen.

Die untersuchten EFH, z. T. Doppelhäuser, haben 2-3 Etagen ohne Kellergeschoss mit Wohnflächen zwischen 97 m² und 248 m². Sie wurden zwischen 2009 und 2012 geplant und (über)erfüllen die energetischen Mindestanforderungen der EnEV 2009. Die MFH besitzen zwischen 3-8 Etagen ohne Kellergeschoss mit Wohnflächen zwischen 488 m² und 4256 m². Die MFH wurden zwischen 2006 und 2014 geplant und (über)erfüllen ebenfalls die energetischen Mindestanforderungen der EnEV 2009. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der untersuchten Wohngebäude, kategorisiert nach Gebäudetyp und –konstruktion.

Tabelle 1: Übersicht der untersuchten Wohngebäude plus Gebäudeinformationen

	Nr.	Gebäude- typ	Gebäudenname	Baujahr	Gebäudekonstruktion	Etagen	BGF	WF	Ausbau- verhältnis (WF/BGF)
kleinere Gebäude vom Typ 1 und Typ 2 (K) = Typ A	K1	Typ 1	K1_E+1_M	2012	Mineralische Gebäude	EFH (E+1)	215	141	0,66
	K2	Typ 1	K2_E+1_M	2009		EFH (E+1)	176	124	0,70
	K3	Typ 1	K3_E+1_M	2009		EFH (E+1)	176	124	0,70
	K4	Typ 1	K4_E+1_M	2011		EFH (E+1)	245	185	0,76
	K5	Typ 1	K5_E+1_H	2009	Holzrahmenbau/ Holztafelbauweise	EFH (E+1)	176	124	0,70
	K6	Typ 1	K6_E+1_H	2011		EFH (E+1)	184	142	0,77
	K7	Typ 2	K7_E+2_H	2011		EFH (E+2)	190	125	0,66
	K8	Typ 2	K8_E+1_H	2011		EFH (E+1)	127	97	0,76
	K9	Typ 2	K9_E+2_H	2011	Massivholzgebäude	Doppel EFH (E+2)	198	146	0,74
	K10	Typ 2	K10_E+1_M	2012		Doppel EFH (E+1)	379	248	0,65
	K11	Typ 1	K11_E+1_M	2012		EFH (E+1)	215	141	0,66
	K 12	Typ 1	K12_E+1_M	2009		EFH (E+1)	176	124	0,70
größere Gebäude vom Typ 3 und Typ 4 (G) = Typ B	G1	Typ 3	G1_E+5_M	2013	Mineralische Gebäude	MFH (E+5)	1.394	1.188	0,85
	G2	Typ 3	G2_E+3_M	2007		Wohnanlage (E+3)	7.016	4.256	0,61
	G3	Typ 4	G3_E+3_M	2010		MFH (E+3)	1.478	1.034	0,70
	G4	Typ 4	G4_E+2_M	2006		MFH (E+2)	6.152	4.232	0,69
	G5	Typ 3	G5_E+4_Hy ¹⁾	2013	Holz-Beton-Hybrid	MFH (E+4)	1.172	807	0,69
	G6	Typ 3	G6_E+5_Hy ²⁾	2008		MFH (E+5)	3.735	2.851	0,76
	G7	Typ 4	G7_E+4/6_Hy ³⁾	2013		E+4 und E+6	3.847	3253 (NGF)	0,85
	G8	Typ 3	G8_E+5_H	2013	Holzrahmenbau/ Holztafelbauweise	MFH (E+5)	1.394	1.188	0,85
	G9	Typ 3	G9_E+3_H	2013		MFH (E+3), inkl. Balkone	2.717	1.907	0,70
	G10	Typ 4	G10_E+2_H	2006		MFH (E+2)	6.152	4.232	0,69
	G11	Typ 3	G11_E+7_M	2011	Massivholzgebäude	MFH (E+7)	1.919	1.223	0,64
	G12	Typ 3	G12_E+5_M	2008		MFH (E+5)	3.735	2.851	0,76
	G13	Typ 3	G13_E+3_M	2011		MFH (E+3)	1.257	1039 (NGF)	0,83
	G14	Typ 4	G14_E+3_M	2010		MFH (E+3)	698	488	0,70

¹⁾ AW: Holzrahmen; Decke: Hohldielelendecken (Stahlbeton)

²⁾ AW: tragend: Stahlbeton; nichttragend: Holzrahmen; Decke: Stahlbeton

³⁾ AW: Brettsperholz+ Holzrahmen + Stahlbeton, Decke: Holzbetonverbunddecke

Ein durchschnittliches EFH in mineralischer Bauweise hat eine durchschnittliche Masse von ca. 1900 kg/m² WF, ein Holzrahmen/Holztafelbau durchschnittlich 900 kg/m² WF. (Tabelle 2). Die MFH sind mit ca. 2400 kg/m² WF (mineralische Bauweise) und 1100 kg/m² WF (Holzrahmen/ Holztafelbau) etwas schwerer.

Tabelle 2: Mittelwerte der Gebäudegewichte bezogen auf WF und BGF

Mittelwerte	Massivbau [kg/m ²]		Holzrahmen/ Holztafel [kg/m ²]		Massivholzbau [kg/m ²]		Hybridbau [kg/m ²]	
	BGF	WF	BGF	WF	BGF	WF	BGF	WF
gesamt	1.494	2.143	705	963	647	895	988	1.475
kleinere Gebäude (Typ 1 u. 2):Typ A	1.341	1.902	655	900	648	963	-	-
größere Gebäude (Typ 3 u. 4):Typ B	1.647	2.383	788	1.069	645	889	988	1.475

Das Ausbauverhältnis, definiert als WF / BGF(oberirdisch) liegt für Geschosswohnungsbauten (Typ 3 und 4) bei durchschnittlich ca. 0,74. Im Bebauungsplan wird eine maximal zulässige Geschossfläche nach Baunutzungsverordnung (BauNVO) [n24] definiert. Bei der Ermittlung der Geschossfläche bleiben Balkone, Loggien, Außenanlagen sowie unterirdische Flächen und Tiefgaragenabfahren, unberücksichtigt. Die im Projekt angesetzte BGF oberirdisch nach DIN 277 [n25] wurde ohne die oben genannten baulichen Anlagen ermittelt. Deshalb ist für die Umrechnung die Geschossfläche annähernd mit der BGF (oberirdisch) gleichzusetzen.

2.2 LCA der untersuchten Gebäude

Mit der Planungssoftware LEGEP wurden Lebenszyklusanalysen (LCA) der Gebäude aus Tabelle 1 durchgeführt [8]. Anhand von Werkplänen und beschreibenden Unterlagen der Gebäude wurden die verbauten Materialien und Mengen erfasst und in der Software LEGEP bilanziert. Als Datengrundlage greift LEGEP hierzu auf die öffentliche Baustoffdatenbank Ökobau.dat 2011 des Bundes zu [9]. Die Berechnungsmethodik der Gebäudeökobilanzen basiert dabei auf der Lebenszyklusanalyse für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden nach DIN EN 15978 [10] sowie der DIN EN 14040 [11] und 14044 [12], die die Grundsätze und Anforderungen der Ökobilanzmethodik festlegen. Im Rahmen des Projekts wird allerdings nur ein Teil der Ökobilanzergebnisse betrachtet, die hinsichtlich der Zielstellung von Relevanz sind. Dies ist der Indikator Treibhauspotenzial in [kg CO₂-äq.] sowie die Primärenergie in [MJ]. Des Weiteren wird ausschließlich die Herstellungsphase der Gebäude betrachtet (Modul A1-A3 nach EN 15978). Nachdem alle Gebäude für die ökologische Mustersiedlung den gleichen Standard an Energieeffizienz in der Nutzungsphase erreichen müssen, wurde diese nicht betrachtet.

Um die Vergleichbarkeit der LCA-Ergebnisse sicherzustellen, erfolgt die Festlegung einheitlicher Systemgrenzen und Randbedingungen. Betrachtet wird das gesamte Gebäude ohne Untergeschoss (UG) bzw. Keller, inklusive der technische Anlagen und fixen Einbauten, jedoch ohne Möblierung, Außenanlagen, Balkone und Erschließung. Der Bau von Kellergeschossen ist abhängig von Bauherr, Investor, Raumprogramm, Baugrund und den jeweiligen

örtlichen Vorgaben und wird unabhängig von der sonstigen Bauweise fast ausschließlich in Stahlbetonbauweise ausgeführt. Innerhalb der Systemgrenze befinden sich somit nach DIN 276 die Baukonstruktion (KG 300) mit einer Fundamentbodenplatte anstelle des UG bzw. Kellers sowie die technische Gebäudeausstattung (KG 400).

Die Fundamentdicke wird einheitlich für jedes Gebäude festgelegt. Balkone, falls vorhanden, werden nicht berücksichtigt, da der Balkonanteil der der Gebäude (MFH) variiert und somit die Ergebnisse beeinflusst. Eine Ausnahme ist Gebäude Nr. G9 (siehe Tabelle 1), da dieses rundumlaufende Balkone besitzt, die als Teil des Energiekonzepts geplant wurden (Verschattung) und diesbezüglich mit in die Berechnung einfließen. Die obere Systemgrenze bildet die Dachoberkante (ohne Solaranlagen). Die Ergebnisse der LCA werden auf einen m² Wohnfläche (WF) bzw. einen m² Bruttogrundfläche (BGF) nach DIN 277-1 [n25] bezogen. Dadurch lässt sich eine Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen der Gebäude- und Konstruktions-typen herstellen. Zusammenfassend liegen den ermittelten Kenn- und Zielwerten diese Rahmenbedingungen zu Grunde:

- Funktionale Einheit: 1 m² der BGF oder der WF (oberirdisch ohne Unterkellerung bzw. Tiefgaragen und ohne Balkone)
- Gesamte Baukonstruktion aus KG 300 mit einheitlicher Fundamentbodenplatte von 20 cm (dies umfasst die Primärkonstruktion sowie den Innenausbau)
- Inkl. aller technischen Einbauten (Heizung, Lüftung, Sanitär, Elektro), KG 400
- Nur Neubau wird betrachtet (Herstellungsphase A1-A3 nach DIN EN 15978) [13]
- Datenbank: Ökobau.dat 2011 des BMUB [9]
- Planungssoftware LEGEP, Version 2.5.621 (11.07.2014) [8]

2.3 Ermittlung von Kennwerten

Aufbauend auf den Ergebnissen der LCA Berechnungen der Gebäude erfolgt die Ermittlung der Kennwerte. Es wurden folgende Vergabekriterien für den Holzbau vorgesehen:

- 1. Menge an nachwachsenden Rohstoffen (Nawaro) [kg/m²]
- 2. Treibhauspotenzial [kg CO₂ äq./m²] und
- 3. Kohlenstoffspeicher [kg CO₂ äq./m²]

Über die Gebäudeanzahl werden Mittelwerte sowie Mindest- und Höchstwerte für die jeweiligen Gebäudetypen 1 – 4 gebildet. Dabei zeigte sich, dass die Kennwerte der kleineren Gebäude vom Typ 1 und 2 dieselbe Größenordnung besitzen. Dies war ebenfalls bei den größeren Gebäuden vom Typ 3 und 4 der Fall. Diesbezüglich erweist es sich als sinnvoll, die Gebäudetypen 1 und 2 als Gruppe der „kleineren Gebäude“ und die Gebäudetypen 3 und 4 entsprechend als Gruppe der „größeren Gebäude“ zusammenzufassen. Dabei wurden separate Kennwerte für die kleineren Gebäude (Typ 1 und 2) und die größeren Gebäude (Typ 3 und 4) festgelegt, da sich der Anteil an nachwachsenden Rohstoffen in der Konstruktion bezogen auf m² Bruttogrundfläche (BGF) bzw. m² Wohnfläche (WF) zwischen den Gebäudegrö-

ßen signifikant unterschieden. Die Ergebnisse werden auf m^2 WF als Bezugseinheit dargestellt. Die kleineren Gebäude werden als Typ A ausgewiesen, die größeren Gebäude als Typ B.

Die Darstellung der Indikatoren *erneuerbare Primärenergie* (PE_{re}) und *nicht erneuerbare Primärenergie* (PE_{ne}) wurden aufgrund der nicht eindeutigen Datenlage der Ökobau.dat 2011 nicht umgesetzt [34]. Dies bedeutet, dass bis zu diesem Zeitpunkt in dem Indikator erneuerbare Primärenergie (PE_{re}) der Energieverbrauch, der im Herstellungsprozess eines Produktes anfällt, mit dem Energieinhalt, der im Material Holz (durch den Kohlenstoffanteil) gebunden ist, addiert wurde. Damit wurde verbrauchte Primärenergie aus erneuerbaren Quellen mit noch vorhandener Energie aus erneuerbaren Quellen vermischt, was zu hohen Werten von PE_{re} führt, aber weder eine Aussage über den wirklichen Verbrauch dieser Energien noch eine Aussage über vorhandene und zukünftig nutzbare Primärenergiepotenziale zulässt.

Seit der Einführung der DIN EN 15804:12 werden nun die Indikatoren PE_{re} und PE_{ne} weiter unterteilt in *erneuerbare Primärenergie als Energieträger* (PERE) und *erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung* (PERM) sowie *nicht erneuerbare Primärenergie als Energieträger* (PENRE) und *nicht erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung* (PENRM). Mit der Umsetzung dieser Vorgaben in den Datensätzen zu Holzwerkstoffen des Thünen-Instituts in [14] und der Aktualisierung der Ökobau.dat 2016 wurden nun die gesamten Daten der Datenbank Ökobau.dat normkonform aufgeschlüsselt, sodass in Zukunft eine genaue Berechnung der Indikatoren zur Primärenergie, unterteilt in die einzelnen Unterkategorien, darstellbar ist. Hierbei kann dann die im Holz enthaltene Energie exakt ausgewiesen werden. In Zukunft steht zusätzlichen Indikatoren der Primärenergie nichts im Wege.

2.3.1 Darstellung der Kennwerte

Die Ermittlung und Festlegung der Kennwerte erfolgte in einem iterativen Prozess.

Kriterium 1: Menge an nachwachsenden Rohstoffen [kg/m^2 WF]:

In der Gebäudekategorie der kleineren Wohngebäude (Typ A) werden die Konstruktionstypen Massivholz und Holzrahmenbau/ Holztafelbau zugelassen. Die Menge an Nawaros pro m^2 WF kann Abbildung 4 entnommen werden. Der Mindestwert der Holzgebäude beträgt $153 \text{ kg}/\text{m}^2$ WF in der Herstellungsphase und richtet sich nach dem untersuchten Holzgebäude mit dem geringsten Anteil an nachwachsenden Rohstoffen. Dieser Mindestwert wird von allen vorliegenden Beispielgebäuden aus Holz erreicht und stellt somit einen Richtwert für die Mindestanforderungen der Gebäudetypen 1 und 2 dar.

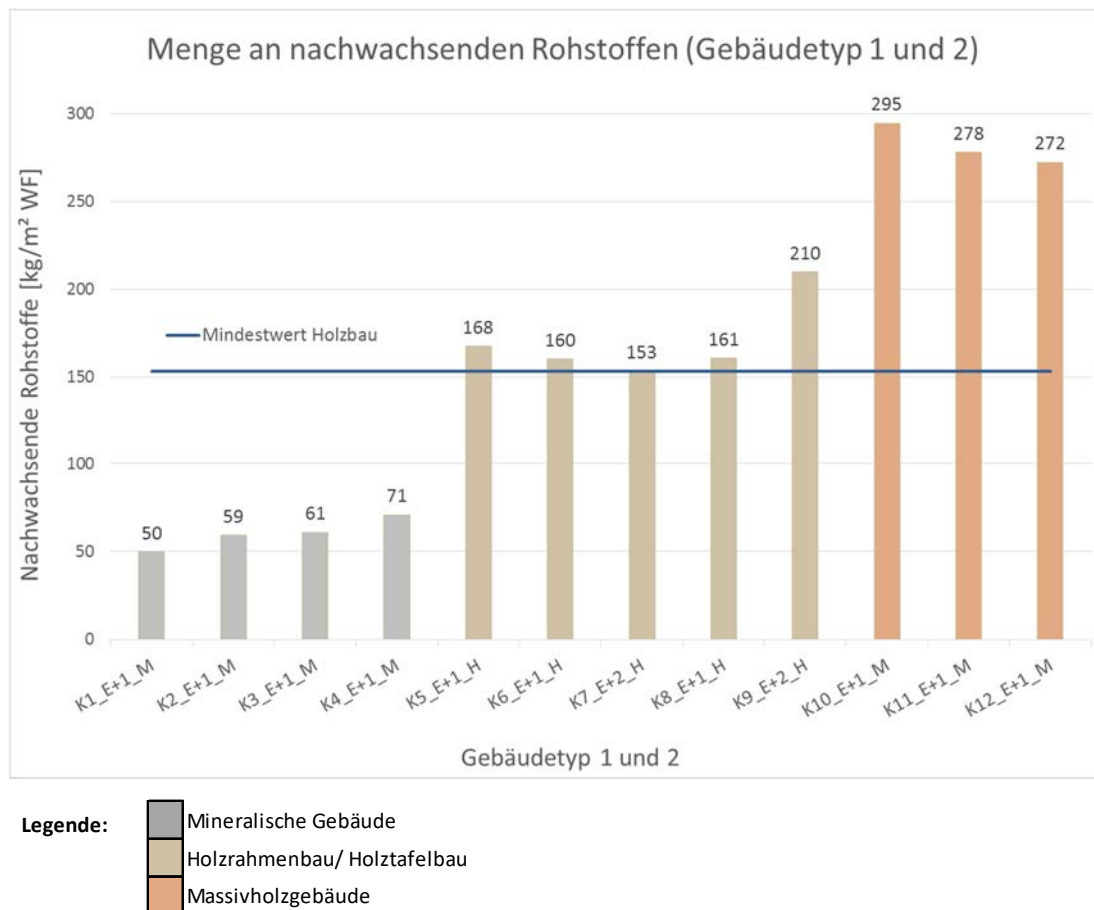


Abbildung 4: Menge an nachwachsenden Rohstoffen für kleinere Wohngebäude (Typ A) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF

Holzrahmen/ Holztafelbauten enthalten i.d.R. auf Grund der Konstruktionsweise mengenmäßig weniger nachwachsende Rohstoffe als Massivholzbauten. Die Gegenüberstellung der Holzgebäude und mineralischen Gebäude zeigt, dass auch letztere Nawaro-Anteile besitzen. Dazu trägt u.a. die Dachkonstruktion bei, die meist aus Holz ist, gleich ob es sich um ein mineralisches oder ein Holzgebäude handelt. Ein zweiter Aspekt ist, dass das gesamte Gebäude betrachtet wird, sprich Konstruktion und Ausbau. Der Materialwahl für den Ausbau eines Gebäudes (Fenster, Türen, Bodenbeläge) kann unabhängig der Konstruktionsart erfolgen. So können auch in einem mineralischen Gebäude bspw. Holzfenster verbaut oder Parkettböden verlegt sein.

In der Gebäudekategorie der größeren Wohngebäude (Gebäudetyp 3 und 4) sind die Konstruktionstypen Massivholz, Holztafelbau/ Holzrahmenbau und Hybridbau möglich. Die Hybridbauweise ist in dieser Gebäudekategorie als mögliche Holzbauweise zugelassen, da entsprechend der Einordnung in Gebäudeklassen spezifische Brandschutzanforderungen eingehalten werden müssen, die einen reinen Holzbau erschweren bzw. nicht erlauben. Mit Hybridkonstruktionen lassen sich Bauwerke oft etwas wirtschaftlicher errichten bzw. Schallschutzanforderungen leichter erreichen. Für größere Wohngebäude werden Mindestwerte für den Holzbau und den Hybridbau ermittelt (Abbildung 5). Der Mindestwert für den Holzbau beträgt 96 kg/m² WF, der Mindestwert für Hybridbauten liegt bei 43 kg/m² WF. Das Hybrid-

gebäude Nr. G6 (G6_E+5_Hy) wurde in der Untersuchung außen vor gelassen, da als Mindestanforderung vom Referat für Stadtplanung und Bauordnung der LH München festgelegt wurde, dass die Gebäude mindestens eine Holzfassade und einen Teil des Tragwerks aus Holz haben sollten [15]. Das Gebäude Nr. G6 besitzt als tragende Konstruktion Stahlbetonschotten und lediglich die zwei nichttragenden Außenwände sind in Holzbauweise, womit die Mindestanforderungen nicht erfüllt sind.

Auffälligkeiten ergeben sich beim mineralischen Gebäude Nr. G3 (G3_E+3_M), da der Nawaro-Anteil im Vergleich mit den Hybridbauten relativ hoch ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Gebäude inklusive Einbauten und Innenausbau betrachtet wurden. Ausschlaggebend für die hohen Nawaro-Werte in Nr. G3 sind Fenster und Türen aus Holz sowie Holzparkett als Bodenbelag. Ein Holzanteil in dieser Größenordnung ist in mineralischen Gebäuden allerdings eher die Ausnahme. Im Standardwohnungsbau von Wohnungsbaugesellschaften (Gebäudetyp 3 und 4) werden überwiegend Kunststofffenster, Röhrenspan-Innentüren und Bodenbeläge in Vinyl oder Linoleum neben Fliesen für Küche und Bad, verbaut.

Das Gebäude Nr. G7 ist bei Betrachtung der enthaltenen Nawaro-Mengen eher den Holzrahmen-/Holztafelbauten zuzuordnen. Der hohe Nawaro-Anteil ist darauf zurückzuführen, dass ein Teil der Außenwände des Gebäudes in Massivholzbauweise umgesetzt wurde. Die Decken sind als Holzbetonverbundsystem ausgeführt. Gebäude Nr. G10 besitzt für die Gruppe des Holzrahmen/Holztafelbaus ebenfalls einen hohen Nawaro-Wert, der u.a. durch das Massivholzdach, die durchgängige Holzbekleidung der Fassade sowie die Zellulosedämmung der Außenwand zustande kommt.

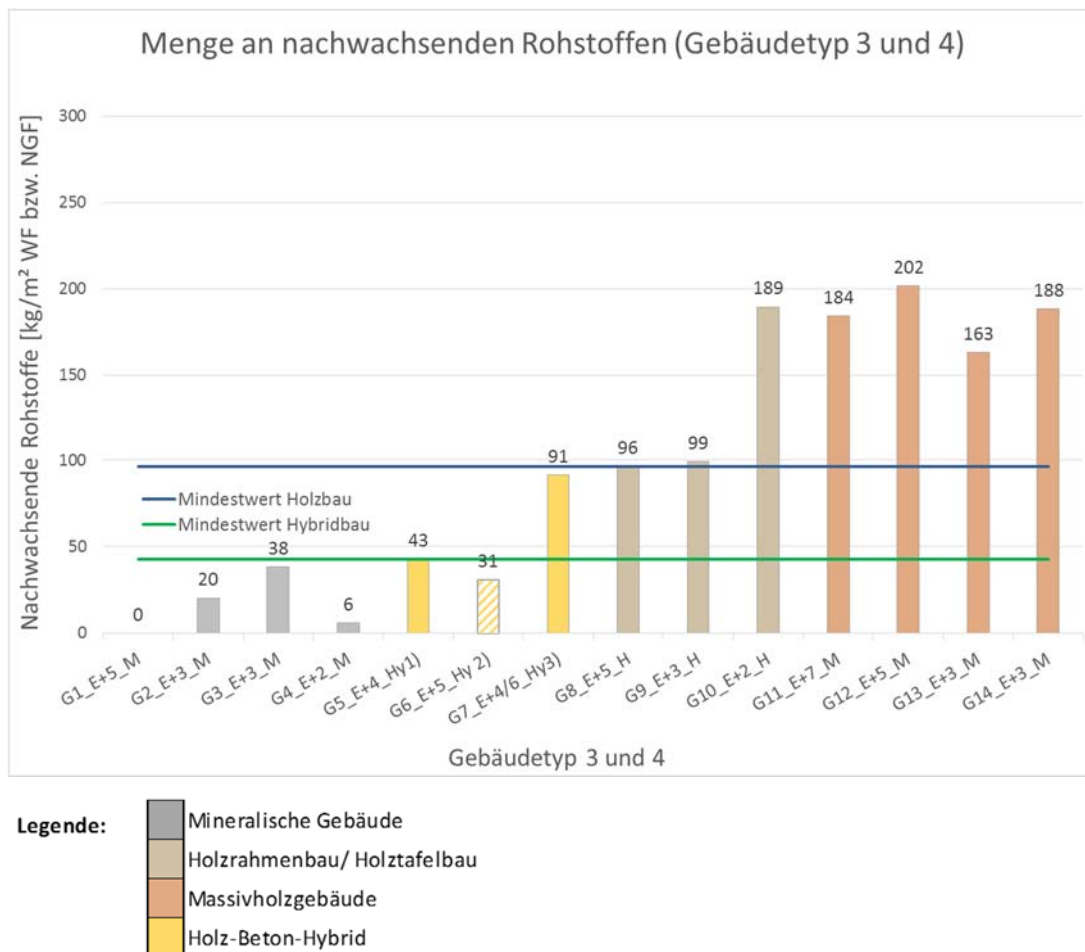
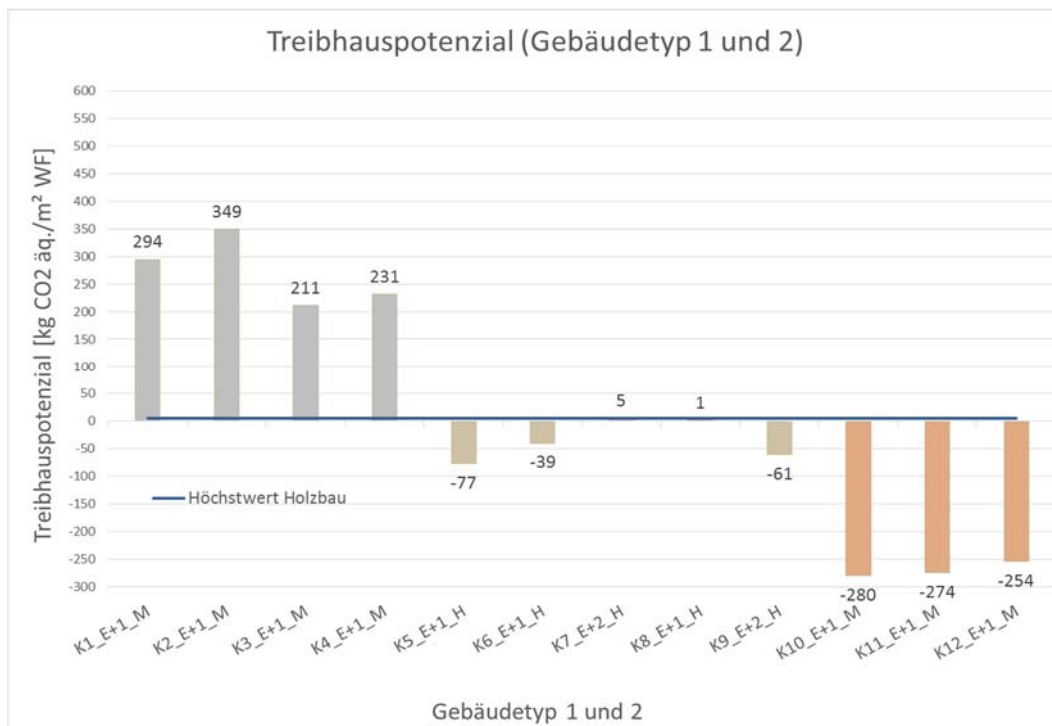


Abbildung 5: Menge an nachwachsenden Rohstoffen für größere Wohngebäude (Typ B) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF

Kriterium 2: Treibhauspotenzial [kg CO₂ äq./m² WF]

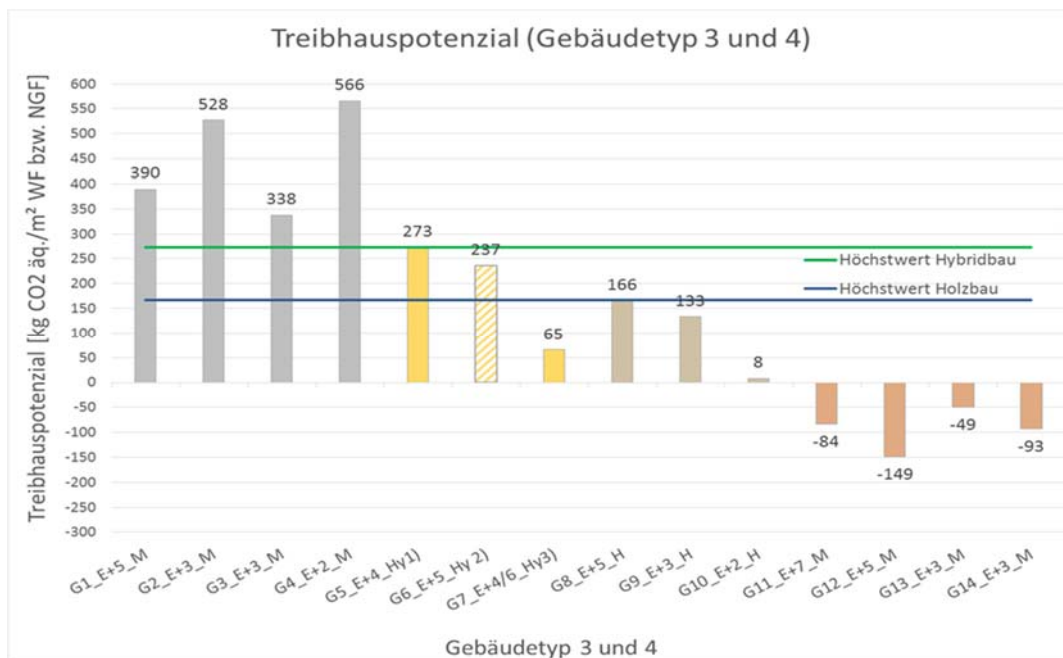
Beim Treibhauspotenzial werden jeweils Höchstwerte festgesetzt, da der Ausstoß an Treibhausgasemissionen möglichst reduziert werden soll. Die Werte geben somit die zulässige Menge an CO₂-Emissionen an, die maximal emittiert werden darf. Die Diagramme zeigen, dass die im Gebäude enthaltenen Nawaro-Mengen mit den Treibhausgasemissionen korrelieren. Das Holzgebäude mit der geringsten Nawaro-Menge hat das höchste Treibhauspotenzial.



Legende:

- Mineralische Gebäude
- Holzrahmenbau/ Holztafelbau
- Massivholzgebäude

Abbildung 6: Treibhauspotenzial für kleinere Wohngebäude (Typ A) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF



Legende:

- Mineralische Gebäude
- Holzrahmenbau/ Holztafelbau
- Massivholzgebäude
- Holz-Beton-Hybrid

Abbildung 7: Treibhauspotenzial für größere Wohngebäude (Typ B) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF

Kriterium 3: Kohlenstoffspeicher [kg CO₂ äq./m² WF]

Für den Kohlenstoffspeicher werden keine Mindestwerte angegeben, da der Kohlenstoffspeicher in direktem Zusammenhang mit der Nawaro Menge steht. Nach DIN EN 16449 sind in 1 kg Holz 0,5 kg Kohlenstoff enthalten. Die Umrechnung auf kg CO₂ äq. beruht auf den Atomgewichten von Kohlenstoff (12) und Kohlenstoffdioxid (44), d. h. der Kohlenstoffgehalt des Holzprodukts wird mit dem Faktor 44/12 multipliziert. Das Ergebnis sind die Kohlenstoffdioxidemissionen des Holzprodukts in die Atmosphäre. [16]

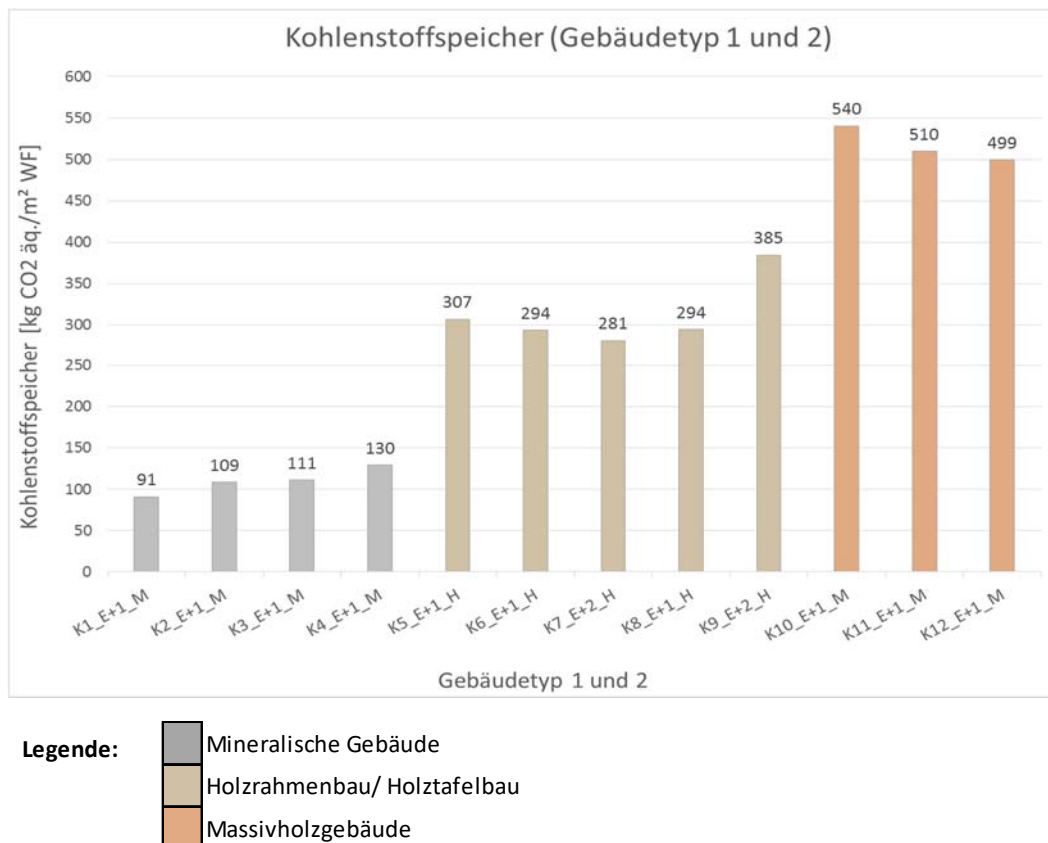


Abbildung 8: Kohlenstoffspeicher für kleinere Wohngebäude (Typ A) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF

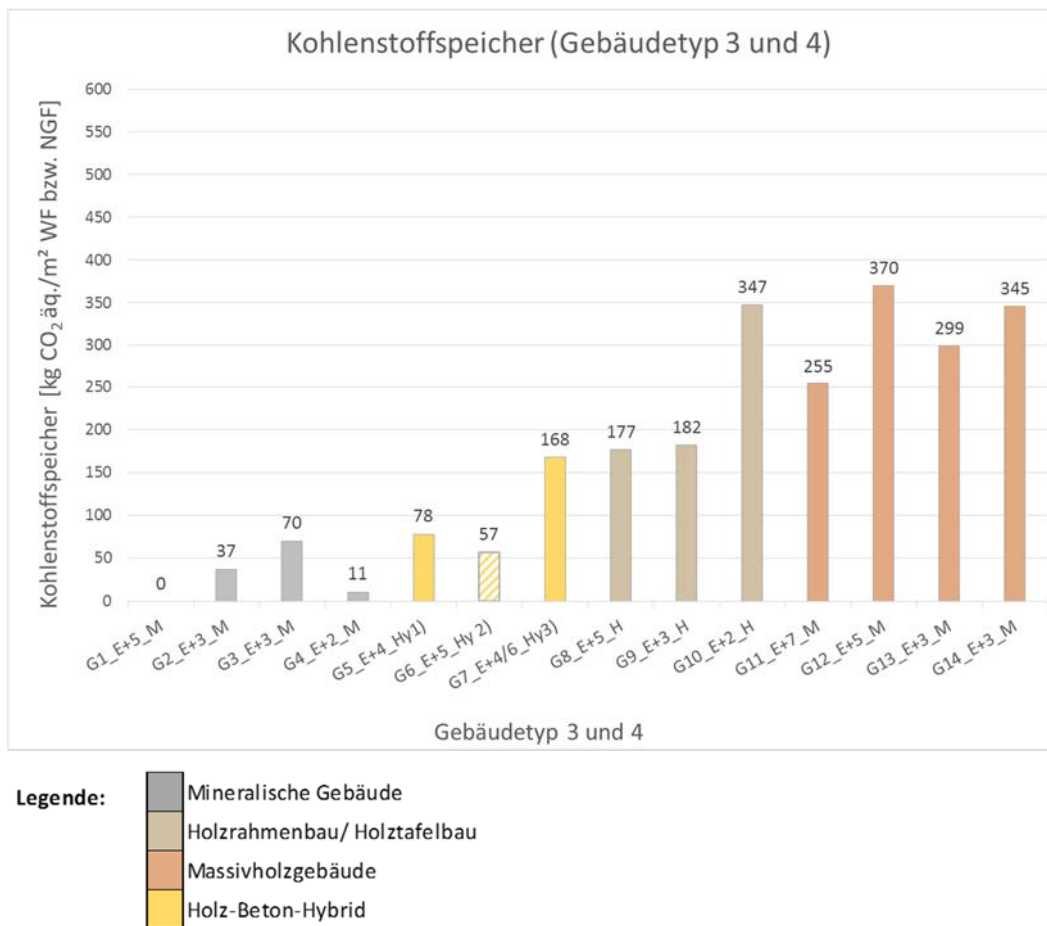


Abbildung 9: Kohlenstoffspeicher für größere Wohngebäude (Typ B) in der Herstellungsphase bezogen auf die WF

Tabelle 3 fasst die Kennwerte bzw. Zielwerte für die drei untersuchten ökologischen Kriterien zusammen.

Tabelle 3: Zusammenfassung der ökologischen Kennwerte, bezogen auf BGF und WF

Kennwerte	Menge an nachwachsenden Rohstoffen [kg/m ²]		Treibhauspotenzial [kg CO ₂ äq./m ²]		Kohlenstoffspeicher [kg CO ₂ äq./m ²]	
	BGF	WF	BGF	WF	BGF	WF
Gebäudetyp A						
Mindestwert / Höchstwert* Holzbau	101	153	3	5	186	281
Mittelwert Holzbau	148	170	-83	-122	272	389
Gebäudetyp B						
Mindestwert/ Höchstwert* Holzbau	70	96	139	166	128	177
Mindestwert/ Höchstwert* Hybridbau	29	43	188	273	54	78

*Der Höchstwert wird für das Kriterium Treibhauspotenzial verwendet.

Aus den Kennwerten müssen die Vorgaben so definiert werden, dass sie vergabekonform sind, ohne einzelne Materialien zu bevorzugen und dass sie von der Grundstücksvergabe über den Entwurf bis hin zum fertigen Bauwerk in immer präziseren Schritten einsetzbar sind.

In den Ausschreibungsunterlagen werden daher nur die Mindestanforderungen an ein Gebäude in der ökologischen Mustersiedlung gestellt. Der Einsatz von höheren Nawaro -Mengen soll bei der Umsetzung mit entsprechender Förderung angestrebt werden.

Angeichts der ermittelten Kennwerte wurde in Absprache mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung der LH München festgelegt, dass die kleineren Gebäude vom Typ A in Holzbauweise zu errichten sind. Die Unterschiede der Nawaro-Mengen zu mineralischen Gebäuden sind eindeutig und können somit klar abgegrenzt werden. Für die größeren Gebäude (Typ B) wurde beschlossen, dass diese Gebäude mindestens eine Holzfassade und einen Teil des Tragwerks aus Holz besitzen, was einer hybriden Bauweise entsprechen würde. Um die Datengrundlage der Hybridgebäude zu erhöhen, wurden Varianten der vorhandenen Hybridgebäude berechnet.

2.3.2 Variantenvergleich: Hybridstudie

Im Rahmen einer Hybridstudie wurden unterschiedliche Varianten eines Hybridgebäudes untersucht. Das Gebäude wurde zunächst gemäß der Baupläne in seiner tatsächlichen Form bilanziert und anschließend einzelne Elemente durch Elemente, die denselben Nutzen erfüllen, jedoch aus anderen Materialien bestehen, ersetzt. So wurden aus dem Grundaufbau des Gebäudes² unterschiedliche Varianten generiert: Außenwände aus Holzrahmen mit tragenden Stahlbeton-Innenwänden, Stahlbetondecken und Stahlbetondach. Variiert wurden dabei die tragenden Innenwände und das Dach mit Massivholz- und Holzständerkonstruktionen. Bei einigen Varianten wurde zusätzlich ein oberstes Geschoss als Holztragwerk ergänzt. Eine weitere Variante besteht aus tragenden Außenwänden aus Stahlbeton im Erdgeschoss und darüber Holzkonstruktionen. Der Erschließungskern (Treppenhaus, Fahrstuhl) ist bei allen Varianten aus Stahlbeton bzw. Stahl. Eine Gegenüberstellung der Varianten zeigt welche Konstruktionsweise den höchsten Anteil an Nawaros aufweist und somit den größten Kohlenstoffspeicher zur Verfügung stellt. Die Ergebnisse werden anschließend auf einen m² WF bezogen (Abbildung 10).

² Grundlage der Berechnungen ist das Gebäude H5, Schankula Architekten und Ingenieure



Abbildung 10: Menge an nachwachsenden Rohstoffen verschiedener Hybridbauvarianten, bezogen auf WF

Darauf aufbauend wurden 3 Stufen mit jeweils unterschiedlichen Anforderungskriterien an die Gebäude erarbeitet. Jeder Stufe sind ökologische Kennwerte für die erforderliche Menge an nachwachsenden Rohstoffen (Nawaro in kg/m² WF) zugeordnet. Für die Stufen ist eine detaillierte textliche Beschreibung notwendig, um den Baugruppen eine Anleitung an die Hand zu geben, wie die Konstruktion gestaltet werden muss, um die Kennwerte der Kriterien der jeweiligen Stufe zu erfüllen. Als Basis für die Einstufung der Gebäude wurde eine Studie über Hybridbauten aus der Schweiz [21] herangezogen. Die Bauherren sollen dann für die mögliche Förderwürdigkeit die genaue Berechnung der Holzmassen und des Kohlenstoffspeichers in ihrem Entwurf darlegen. Grundlage ist das im Förderprogramm Energieeinsparung FES des Referats für Gesundheit und Umwelt der LH München[3] bestehende CO₂-Bonusprogramm in einer angepassten Form (Anhang 11.4).

Tabelle 4 zeigt eine Übersicht der Anforderungen an mögliche Bauweisen, unterteilt in 3 Stufen. Stufe 1 entspricht dabei den Mindestanforderungen die auf den Baufeldern mindestens umgesetzt werden müssen. Mit Stufe 2 (verbesserte Mindestanforderung) und Stufe 3 (reiner Holzbau) werden die Holzmengen im Gebäude sukzessive gesteigert, indem je Stufe neue Anforderungen an einzelne konstruktive Elemente hinzukommen.

Tabelle 4: Konstruktionsvarianten bei mehrgeschossigen Bauten aus Holz, verändert nach Studie „Mehrgeschossige Hybridbauten in der Schweiz“ [21]

Elemente	Stufe 1 (Mindestanforderung)	Stufe 2 (verbesserte Mindestanforderung)	Stufe 3 (reiner Holzbau)
Außenwand (Gebäudehülle)	Holz	Holz	Holz
Tragwerk	Massiv	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Dach	Massiv Holz	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Decke	Massiv	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Innenwand Nutzungstrennung, tragende Innenwände	Massiv	Holz	Holz
Innenwand nutzungsintern, nichttragende Innenwände	Massiv Holz	Massiv Holz	Massiv Holz
allgemeine horizontale Erschließung	Massiv	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Treppenhaus (vertikale Erschließung)	Massiv	Massiv	Massiv Holz
Innenausbau (Bodenbelag, Innentüren)	vorwiegend Holz	vorwiegend Holz	vorwiegend Holz
Fassadenbekleidung	mineralisch Holz	mineralisch Holz	mineralisch Holz

Legende: Holz (braun): gängige Holzbauweise
 Massiv (grau): mineralische Bauweise (ohne nachwachsende Rohstoffe)
 Massiv/ Holz (beige): Verbundsystem aus Holz und Beton

Nachstehend in Tabelle 5 sind die konstruktiven Elemente, die für die Bildung der Konstruktionsvarianten relevant sind, näher erläutert.

Tabelle 5: Funktionsbeschreibung der Elemente, verändert nach Studie „Mehrgeschossige Hybridbauten in der Schweiz“

Element	Beschreibung
Außenwand	Teil der wärmedämmenden Gebäudehülle ohne statische Anforderungen
Tragwerk	statisch relevantes Haupttragwerk zum vertikalen Lastabtrag, mit Stützen als vertikale Tragglieder und Träger als horizontale Tragglieder in Wandelementen integriert oder separat möglich
Dach	Teil der wärmedämmenden Gebäudehülle
Decke	Geschossdecken
Innenwand Nutzungstrennung / tragende Innenwände	Raumabschluss mit Anforderung an Brand- und/ oder Schallschutz
Innenwand Nutzungsintern / nicht tragende Innenwände	Raumabschluss ohne Anforderung an Brand- und Schallschutz
allgemeine horizontale Erschließung	horizontale Erschließung der Nutzungseinheiten als Flucht- und Rettungsweg
Treppenhaus (vertikale Erschließung)	Erschließung der Etagen mit Anbindung an die horizontale Erschließung (Flucht- und Rettungswege)

Stufe 1: Mindestanforderung

Stufe 1 entspricht den Mindestanforderungen, die in der Ausschreibung festzulegen sind. In dieser Minimumvariante sind die Außenwände als wärmedämmende Gebäudehülle aus Holz; meistens werden sie in Holzrahmenbauweise ausgeführt. Das Tragwerk wird hingegen in Massivbauweise (Stahl oder Stahlbeton) geplant. Die Dachkonstruktion kann in Massiv- und Holzbauweise umgesetzt werden; die Decken sowie Innenwände zur Nutzungstrennung bzw. tragende Innenwände sind ebenfalls aus Stahlbeton. Nutzungsinterne Innenwände bzw. nicht tragende Innenwände können wahlweise aus Holz gebaut werden, wobei übliche Alternativen leichte Trockenbausysteme mit Gipsplattenbeplankung sind. Das Treppenhaus als vertikaler Erschließungskern des Gebäudes sowie die allgemeinen horizontalen Erschließungsflächen (z.B. Flure, Laubengänge, etc. zu den Nutzungseinheiten) sind in massiver Bauweise zu errichten.

Stufe 2: Verbesserte Mindestanforderung

Diese Stufe ist eine Mischform aus Stufe 1 (Mindestanforderung) und Stufe 3 (reiner Holzbau). Im Vergleich zu Stufe 1 werden zusätzliche konstruktive Elemente in Holzbauweise ausgeführt. Neben den Außenwänden sind die Innenwände zur Nutzungstrennung bzw. tragende Innenwände ebenfalls in Holzbauweise zu errichten. Nutzungsinterne Innenwände bzw. nicht tragende Innenwände können wahlweise aus Holz gebaut werden, wobei übliche Alternativen leichte Trockenbausysteme mit Gipsplattenbeplankung sind. Für die Tragwerkskonstruktion sind verschiedene Ausführungsvarianten möglich (Holz, Massiv oder Holz-Beton-Verbund), die maßgeblich vom Brandschutz- sowie Gesamtgebäudekonzept abhängen. Die Dach- und Deckenkonstruktionen können ebenfalls, je nach Gebäudekonzept, als Massiv-, Holz- oder Holz-Beton-Verbundkonstruktion ausgeführt werden. Das Treppenhaus als

vertikaler Erschließungskern des Gebäudes wird in massiver Bauweise errichtet; die horizontalen Erschließungsflächen können entsprechend dem Gesamtkonzept geplant werden; hier sind verschiedene Varianten und Baustoffe möglich.

Stufe 3: Reiner Holzbau

Die dritte Stufe besitzt die höchsten Holzanteile. Bei dieser Konstruktionsvariante wird das gesamte Gebäude in Holzbauweise geplant. Dabei können alle gängigen Holzbausysteme für Wände, Decken und Dach verwendet werden. Das Tragwerkskonzept aus Holz wird je nach Grundrissgestaltung und Gebäudekonzept ausgewählt. Nutzungsinterne bzw. nichttragende Innenwände können wahlweise in Holzbauweise ausgeführt werden. Als übliche Alternativen werden auch leichte Trockenbausysteme mit Gipsplattenbeplankung eingesetzt. Das Treppenhaus kann, wenn die Brandschutzanforderungen dies zulassen, in Holzbauweise errichtet werden; jedoch auch bei einem Treppenhaus in Massivbauweise wird das Gebäude dem reinen Holzbau zugeordnet.

Bei Aufstockungen aus Holz bzw. einem obersten Geschoss (Staffelgeschoss) aus Holz muss entsprechend dem Gesamtkonzept entschieden werden, welcher Stufe das Gebäude zuzuordnen ist.

2.3.3 Festschreibung von Kennwerten

Als relevantes ökologisches Kriterium für die Ausschreibung wurde das Kriterium Menge an nachwachsenden Rohstoffen in $[\text{kg}/\text{m}^2 \text{ WF}]$ festgelegt. Die Menge an eingesetzten Nawaros kann relativ einfach überschlägig bereits im Stadium der Planung ermittelt werden. Die Nawaro-Menge beinhaltet dabei alle Holzprodukte die in der Konstruktion oder im Ausbau des Gebäudes verbaut sind. Wesentlich schwieriger und aufwändiger wäre der Nachweis der Einhaltung der maximalen Treibhausgasemissionen die das Gebäude in der Herstellungsphase verursacht, da hierfür eine Ökobilanz durchgeführt werden müsste. Zum Zeitpunkt der Planung kann dieser Nachweis nicht erbracht werden. Aus diesem Grund wird das Kriterium Treibhauspotenzial nicht in die Ausschreibung mit aufgenommen. Das dritte untersuchte Kriterium des Kohlenstoffspeichers lässt sich unmittelbar aus der eingesetzten Nawaro-Menge berechnen, sodass dieses Kriterium nicht separat in der Ausschreibung aufgeführt wird.

Die Nawaro-Mengen werden im 2-stufigen Ausschreibungsverfahren folgendermaßen gefordert:

Stufe 1: Mindestwerte müssen erfüllt werden.

Für Gebäudetyp A gilt: Es müssen nachweislich mindestens 150 kg Nawaros je m^2 Wohnfläche im Gebäude verbaut werden.

Für Gebäudetyp B gilt: Es müssen nachweislich mindestens 50 kg Nawaros je m^2 Wohnfläche im Gebäude verbaut werden.

Stufe 2: Bepunktung findet in 3 Nawaro-Stufen statt.

Für Gebäudetyp A gelten folgende Stufen (Tabelle 6):

1. Mindestanforderung von 150 kg Nawaros je m² Wohnfläche
2. Verbesserte Mindestanforderung von mindestens 165 kg Nawaros je m² Wohnfläche
3. Reiner Holzbau mit mindestens 190 kg Nawaros je m² Wohnfläche

Tabelle 6: Nawaro-Stufen und Eigenschaften für Gebäudetyp A

Elemente	Stufe 1 (Mindestanforderung)	Stufe 2 (verbesserte Mindestanforderung)	Stufe 3 (reiner Holzbau)
kg Nawaro/ m ² WF	≥150	≥165	≥190
Außenwand (Gebäudehülle)	Holzrahmen	Holzrahmen	Massivholz*
Tragwerk	Holzrahmen	Holzrahmen	Massivholz*
Dach	Holzrahmen / Holzstegträger	Holzrahmen	Massivholz*
Decke	Holzbalken / Holzstegträger	Holzbalken	Holzbalken Massivholz*
Innenwand Nutzungstrennung, tragende Innenwände	Holzständer	Holzständer	Holzständer Massivholz*
Innenwand nutzungsintern, nichttragende Innenwände	Metallständer	Holzsteher	Holzsteher
Innenausbau (Bodenbelag, Innentüren)	vorwiegend Holz	vorwiegend Holz	vorwiegend Holz
Fassadenbekleidung	mineralisch Holz	mineralisch Holz	mineralisch Holz

*Massivholz wird hier als Synonym für eine Bauweise mit tragender Brettspertholzkonstruktion verwendet.

Die Angaben wurden aus gebauten Beispielen abgeleitet, die die Anforderungen erfüllen. Eine geänderte Kombination der einzelnen Bauteile kann zu anderen Ergebnissen führen. Wird in Holzrahmenbauweise gebaut, kann mindestens Stufe 1 erreicht werden. Je mehr Massivholzelemente verbaut werden, desto höhere Nawaro-Werte können erreicht werden.

Für Gebäudetyp B gelten folgende Stufen (Tabelle 7):

1. Mindestanforderung von 50 kg Nawaros je m² Wohnfläche
2. Verbesserte Mindestanforderung von mindestens 90 kg Nawaros je m² Wohnfläche
3. Reiner Holzbau mit mindestens 120 kg Nawaros je m² Wohnfläche

Die Angaben sind aus gebauten Beispielen abgeleitet. Eine geänderte Kombination der einzelnen Bauteile kann zu anderen Ergebnissen führen. Tabelle 8 zeigt Beispiele von umgesetzten Gebäuden, die die Anforderungen an die jeweiligen Stufen erfüllen. Die gebauten Beispiele zeigen, dass bei der Umsetzung der Gebäude ein Gestaltungsspielraum innerhalb der einzelnen Stufen vorhanden ist um die Anforderungen der jeweiligen Stufe zu erfüllen.

Tabelle 7: Nawaro-Stufen für Gebäudetyp B

Elemente	Stufe 1 (Mindestanforderung)	Stufe 2 (verbesserte Mindestanforderung)	Stufe 3 (reiner Holzbau)
kg Nawaro/ m² WF	≥50	≥90	≥120
Außenwand (Gebäudehülle)	Holz	Holz	Holz
Tragwerk	Massiv	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Dach	Massiv Holz	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Decke	Massiv	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Innenwand Nutzungstrennung, tragende Innenwände	Massiv	Holz	Holz
Innenwand nutzungsintern, nichttragende Innenwände	Massiv Holz	Massiv Holz	Massiv Holz
allgemeine horizontale Erschließung	Massiv	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Treppenhaus (vertikale Erschließung)	Massiv	Massiv	Massiv Holz
Innenausbau (Bodenbelag, Innentüren)	vorwiegend Holz	vorwiegend Holz	vorwiegend Holz
Fassadenbekleidung	mineralisch Holz	mineralisch Holz	mineralisch Holz

Tabelle 8: Eigenschaften realisierter Gebäude Typ B

Elemente	Stufe 1 (Mindestanforderung)	Stufe 2 (verbesserte Mindestanforderung)	Stufe 3 (reiner Holzbau)
kg Nawaro/ m² WF	≥50	≥90	≥120
Außenwand (Gebäudehülle)	Holzrahmen	teilw. Brettsperrholz teilw. Holzrahmen	Holzrahmen
Tragwerk	Stb. Innenwände	Stb.-Stützen EG und Massivholz- Stützen OG	Massivholz-Stützen
Dach	Holzrahmen / Holzstegträger	Massivholz	Holzrahmen
Decke	Stb. Hohldielen	Holzbeton- verbund	Holzbetonverbund / Massivholz
Innenwand Nutzungstrennung, tragende Innenwände	Stb.	Stb. (EG) und Massivholz (OG)	Holzständer
Innenwand nutzungsintern, nichttragende Innenwände	Metallständer	Metallständer	Metallständer
allgemeine horizontale Erschließung	Stb.	Stb.	Stb.
Treppenhaus (vertikale Erschließung)	Stb. und Stahl	Stb. und Stahl	Stb. und Stahl
Innenausbau (Bodenbelag, Innentüren)	vorwiegend Holzboden	vorwiegend Holzboden	vorwiegend Holzboden
Fassadenbekleidung	vorwiegend Holz	mineralisch	teilw. Holz

3 Baukonstruktive Möglichkeiten des urbanen, mehrgeschossigen Holzbaus

Dieses Arbeitspaket bezieht sich auf die Darstellung von bauordnungsrechtlichen und konstruktiven Planungsrahmenbedingungen von Holz- und Hybridgebäuden in Bezug auf deren Anforderungen hinsichtlich Wärme-, Schall- und Brandschutz. Wie Erfahrungsberichte und Studien [19] zeigen, stellen brandschutztechnische Vorgaben und Anforderungen sowie deren Umsetzung aktuell eine große Hürde bei der Realisierung mehrgeschossiger Holzbauten der Gebäudeklasse 4 und 5 in Deutschland dar. Abhängig von der entsprechenden Bauteilfunktion schreibt die bayerische Bauordnung [n4] im Wesentlichen nichtbrennbare Baustoffe für die Gebäudeklasse 5 vor und schließt folglich die Verwendung von Holz für tragende und aussteifende sowie raumabschließende Bauteile präskriptiv aus. Im Fokus der folgenden Untersuchung liegt somit die brandschutztechnische Betrachtung, um Lösungsansätze zur Realisierung des Projektes Prinz-Eugen-Park in München zu erarbeiten und diese den ausführenden Projektpartnern zur Verfügung zu stellen. Einen wichtigen Ausgangspunkt für die Projektbearbeitung bildet die Auswertung bereits realisierter Projekte im Hinblick auf die ganzheitlichen Planungsrahmenbedingungen des Wärme-, Schall- und Brandschutzes, wodurch wesentliche Hinweise zu aktuellen Standards abgeleitet werden können.

3.1 Grundlage des Projektes

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung von ökologischen und nachhaltigen Bauweisen hat sich der mehrgeschossige Holzbau in Deutschland die letzten Jahre immer weiter etablieren können. Der schonende Umgang mit Umwelt und Energieressourcen ist auch in der Stadt München ein zentrales Thema zukünftiger Stadtplanung [20]. Das in der aktuellen Fassung der Bayerischen Bauordnung [n4] gültige Baurecht schreibt für die im Prinz-Eugen-Park geplante Gebäudehöhe mit bis zu sieben Geschossen und somit der Gebäudeklasse 5 den Einsatz nicht brennbarer Materialien vor. Somit steht die baurechtlich gestellte Anforderung dem Konzept der Stadt München, nachwachsende Rohstoffe einzusetzen, entgegen. Im Rahmen der brandschutztechnischen Bearbeitung dieses Projektes werden vorhandene mehrgeschossige Gebäude hinsichtlich ihrer Bauteileigenschaften analysiert und ausgewertet. Auf Basis der vorhandenen Daten und im Hinblick auf die einzuhaltenden Schutzziele wird in Abstimmung mit der Branddirektion und Feuerwehr München ein Maßnahmenkatalog zur Realisierung der Gebäude bis zur Gebäudeklasse 5 erarbeitet. Die entwickelten Lösungen stellen eine wesentliche Grundlage zur Einhaltung der brandschutztechnischen Schutzziele unter Anwendung biogener Baustoffe im mehrgeschossigen Holzbau dar und fassen die zur Realisierung notwendigen Planungsrahmenbedingungen zusammen.

3.2 Brandschutztechnische Randbedingungen und Abgrenzung der Projektbetrachtung

Der städtebauliche Entwurf schlägt als Konzept eine Bebauung mit unterschiedlichen Wohntypologien vor. Mehrgeschossige Wohngebäude an den Hauptstraßen bilden zusammen mit Flachbauten, Reihenhaustypen und Stadthäusern eine vielfältige Variation urbaner Wohnquartiere im zukünftigen Prinz-Eugen-Park (vgl. Abbildung 2). Gebäude der Gebäudeklassen

1 bis 3 sind aus brandschutztechnischer Sicht bereits jetzt schon in Holzbauweise baurechtskonform zu realisieren. Hier wird durch die bayerische Bauordnung in ihrer aktuell gültigen Fassung [n4] die Anforderung feuerhemmend an tragende Wände und Stützen sowie Decken gestellt. Entsprechend Bauregelliste A Teil 1 – 2015/2 [n5] sind hier Elemente aus brennbaren Materialien zugelassen, die eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 30 Minuten erfüllen. Für die Gebäude der Gebäudeklasse 4 liegt ein Konstruktionskatalog der Technischen Universität München vor [19], der basierend auf den Anforderungen des Baurechts und den eingeführten technischen Baubestimmungen ganzheitliche Lösungskonzepte darstellt. Somit werden im Rahmen dieses Projektes primär Gebäude der Gebäudeklasse 5, für die in Bayern noch keine baurechtskonformen präskriptiven Lösungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Anwendung biogener Baustoffe vorliegen, untersucht. Entsprechend Abbildung 2 wird der Fokus aus brandschutztechnischer Sicht auf die Geschosswohnungsbauten und die Stadthäuser gelegt, welche aufgrund ihrer geplanten Höhe der Gebäudeklasse 5 zuzuordnen sind. Für alle anderen Baukörper kann bereits auf Standardlösungen und gängige Erläuterungen sowie wissenschaftliche Untersuchungen und Nachweise zurückgegriffen werden.

3.3 Motivation und Zielsetzung für den urbanen Holzbau

Neben der großen Beliebtheit und langen Erfahrung beim Einsatz des Rohstoffes Holz im Einfamilienhausbau hält der natürliche Baustoff auch zunehmend Einzug in den mehrgeschossigen urbanen Holzbau. Inzwischen ist eine Vielzahl von mehrgeschossigen Holzbaubeispielen in der Anwendungspraxis zu verzeichnen. Die Möglichkeiten und Variantenvielfalt des mehrgeschossigen Holzbaus werden anhand der schon realisierten Holzbaubeispiele deutlich aufgezeigt, vgl. Kapitel 3.8.

Individuelle objektbezogene Lösungen wurden entwickelt, um das notwendige Sicherheitsniveau trotz der Verwendung von brennbaren Konstruktionsbaustoffen zu erreichen und Abweichungen vom aktuell gültigen Baurecht nachzuweisen sowie deren Gleichwertigkeit zu den baurechtskonformen Standardlösungen darzustellen. Durch die baustoff- und bauteilbezogenen Anforderungen „nichtbrennbar“ in der Gebäudeklasse 5 und „hochfeuerhemmend“ in der Gebäudeklasse 4 stellt das Baurecht oft eine zusätzliche Hürde für die Anwendung biogener Baustoffe dar, die z.B. nur durch die brandschutztechnische Kapselung von hochfeuerhemmenden Bauteilen und genehmigten Abweichungen überwunden werden kann. Die 2004 eingeführte „Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise“ (M-HFHolzR) [n2] entspricht nicht mehr dem Stand der Forschung und Technik, ist aber dennoch eine eingeführte und einzuhaltende Baubestimmung. Der hierdurch entstehende planerische und kostentechnische Aufwand beim Bau eines mehrgeschossigen Gebäudes in Holzbauweise stellt einen Nachteil gegenüber den alternativen Bauweisen wie Mauerwerk, Stahlbeton oder auch Stahl dar. Die in diesem Projekt erarbeiteten Ergebnisse dienen als Hilfsmittel zur praktischen Umsetzung für die Projektbeteiligten des Prinz-Eugen-Parks in München und können exemplarisch als Basis für weitere Holzbauprojekte im urbanen Raum angewendet werden. Weiterhin können die hier erarbeiteten Ergebnisse einen Anstoß geben, die bisherigen baurechtlich definierten Anforderungen für den Holzbau zu überarbeiten. In Baden-Württemberg wurden entsprechende Änderungen

und Abweichungen von der Musterbauordnung bereits in einer Novellierung der Landesbauordnung [n15] mit aufgenommen.

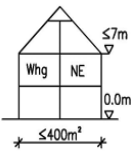
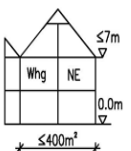
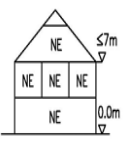
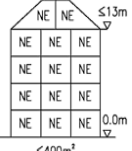
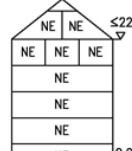
3.4 Anforderungen des Baurechts

3.4.1 Musterbauordnung (MBO) und Bayerische Bauordnung (BayBO)

3.4.1.1 Musterbauordnung 2002 (MBO)

Für die baurechtliche Betrachtung von Gebäuden muss zwischen nationaler und internationaler sowie der Länderebene unterschieden werden. In Deutschland liegt die Gesetzgebungskompetenz hinsichtlich des Baurechtes bei den Bundesländern, so dass in jedem Bundesland eine unterschiedliche Landesbauordnung (LBO) gilt. Den aktuellen Rahmen für diese Landesbauordnungen sollte die Musterbauordnung mit Ihrer Novellierung im Jahre 2002 vorgeben. Dieser Bericht nimmt Bezug auf die Musterbauordnung (MBO) 2002 [n1], projektspezifische Untersuchungen hinsichtlich des Prinz-Eugen-Parks werden jedoch aufgrund des Projektstandortes direkt auf die Bayerische Bauordnung (BayBO) 2007 [n4] bezogen. Mit Novellierung der Musterbauordnung und weitestgehend erfolgter Umsetzung in den Landesbauordnungen (LBO) entstand ein neuartiges System zur Klassifizierung von Gebäuden in fünf verschiedene Gebäudeklassen. Die Einstufung der Gebäude erfolgt nach §2 Abs. 3 der MBO in Abhängigkeit der Höhe des obersten Geschossfußbodens (OKF) eines möglichen Aufenthaltsraumes sowie der Anzahl und Ausdehnung vorhandener Nutzungseinheiten (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9: Gebäudeklassen nach Musterbauordnung (MBO) 2002

Gebäudeklasse	1	2	3	4	5
Gesamtfläche	≤ 400 m ²	≤ 400 m ²	-	-	-
Fläche einer Nutzungseinheit	-	-	-	≤ 400 m ²	-
Anzahl der Nutzungseinheiten	≤ 2	≤ 2	-	-	-
Höhe oberster Geschossfußboden	≤ 7	≤ 7	≤ 7	≤ 13	≤ 22 ¹⁾
Brandschutzanforderungen (tragende, aussteifende Bauteile)	keine	feuerhemmend	feuerhemmend	hoch-feuerhemmend	feuerbeständig
					
Rettungsgerät der Feuerwehr	mit Steckleiter möglich			Drehleiter nötig	
Konstruktionen unter Verwendung brennbarer Baustoffe	baurechtlich zulässig				unzulässig

- 1) Gebäude mit einer Höhe des obersten Geschossfußbodens von mehr als 22 m gehören zur Gebäudeklasse 5, gelten aber zusätzlich als Hochhaus. Die Muster-Hochhaus-Richtlinie (MHHR) stellt höhere Anforderungen als die Bauordnung für die Gebäudeklasse 5, so dass die Abgrenzung der Gebäudebetrachtung im Rahmen dieses Projektes bis zur Hochhausgrenze von 22 m erfolgt.

Bis zum Zeitpunkt der Novellierung war die Ausführung von Gebäuden als Holzbaukonstruktionen nur bis zu einer Höhe des obersten Geschossfußbodens von 7 m (Gebäude geringer Höhe) baurechtlich geregelt. Mit der Novellierung fand eine Erweiterung auf Gebäude mit Konstruktionen aus brennbaren Baustoffen bis zu einer Höhe des obersten Geschossfußbodens von maximal 13 m, jedoch mit der Begrenzung der Größe der einzelnen Nutzungseinheiten auf jeweils $\leq 400 \text{ m}^2$ statt. Diese Gebäude werden nach MBO 2002 in die Gebäudeklasse 4 eingestuft.

Dem Holzbau wurde damit formell die Möglichkeit eröffnet, über den bisherigen Anwendungsbereich mit feuerhemmenden Bauteilen hinausgehend, den mehrgeschossigen Wohnungs-, Büro- und Verwaltungsbau zu erschließen.

3.4.1.2 Bayerische Bauordnung 2007 (BayBO)

Im Rahmen der Umsetzung auf Länderebene wurden in Bayern hinsichtlich brandschutztechnischer Belange im Wesentlichen die Vorgaben der Musterbauordnung übernommen. Somit bleiben die Anforderungen an Bauteile und Baustoffe mit der MBO vergleichbar. Im Bereich der Abstandsflächenregelungen sind Unterschiede vorhanden, die sich auf die geometrische Gebäudeanordnung auswirken. Im Rahmen dieses Projektes werden Geometrie und Gebäudeanordnung, die sich auf die Abstandsflächen auswirken, nicht weiter betrachtet. Diese werden im Rahmen der Genehmigungsplanung geprüft und für die Projektbetrachtung als eingehalten vorausgesetzt. Strukturell gliedert sich die Bayerische Bauordnung [n4] anstelle von Paragraphen in Artikel.

3.4.2 Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise 2004 (M-HFHHolzR)

Für die im Jahre 2002 eröffnete Möglichkeit, auch brennbare Materialien in der Gebäudeklasse 4 einzusetzen, musste ein Werkzeug zur Regelung und Konkretisierung für die brandschutztechnische Anforderung „hochfeuerhemmend“ entwickelt werden. Grundlage hierfür war im Vorfeld der Nachweis der Erfüllung des brandschutztechnischen Sicherheitsniveaus von Holzkonstruktionen im Rahmen eines umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsvorhabens [18] an der TU-Braunschweig unter Mitwirkung assoziierter Projektpartner und Fachkreise. Aus den Ergebnissen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens entstand ein Vorschlag für eine „Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFHHolzR)“ [n2], welche im Jahr 2004 von der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) als Muster-Richtlinie aufgenommen und eingeführt wurde.

Neben einem Feuerwiderstand von 60 Minuten müssen hochfeuerhemmende Bauteile allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen besitzen, die eine Entzündung der tragenden Holzbauteile während eines Zeitraumes von mindestens 60 Minuten wirksam behindert (K₂60). Diese Anforderung wird als sogenanntes „Kapselkriterium“ bezeichnet und die Leistungsfähigkeit des Bekleidungssystems auf Basis einer Brandprüfung nach DIN EN 14135 [n3] nachgewiesen.

Ziel der vorgenannten Maßnahmen ist es, eine Entzündung von Bestandteilen der Konstruktionen tragender, aussteifender und/oder raumabschließender Bauteile sowie Hohlraumbrände für mindestens 60 Minuten auszuschließen. Hierdurch wird innerhalb dieser Beanspruchungszeit (60 Minuten) eine Äquivalenz im Brandverhalten der hochfeuerhemmenden Holzbaukonstruktionen zu nichtbrennbaren mineralischen Konstruktion angestrebt. Zusätzlich werden von der M-HFHHolzR weitere Anforderungen wie nichtbrennbare Gefachdämmstoffe mit Schmelzpunkt $\geq 1000^{\circ}\text{C}$ und konstruktive Detailausführungen wie Eckausbildungen, Bauteilanschlüsse und Installationsführungen (als Prinzipdarstellungen) zur Erfüllung vorgenannter Schutzziele gestellt.

Als Geltungsbereich der M-HFHHolzR werden vorgefertigte Holzbauweisen wie Holztafel-, Holzrahmen- und Fachwerkbauweise genannt. Flächige Massivholzkonstruktionen (z.B. Brettsper Holz) sind mit der Ausnahme von Brettstapeldecken ausgenommen.

Die Herstellung von hochfeuerhemmenden Holzbauteilen erfolgt entsprechend den Vorgaben der Bauregelliste A Teil 2 Nr. 2.44 und der M-HFHHolzR auf Basis von Verwendbarkeitsnachweisen in Form allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse (abP), welche aktuell z.B. durch Hersteller von Brandschutzbekleidungen zur Verfügung gestellt werden. Die Ausstellung dieser abPs erfolgt durch eine vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) oder von der obersten Bauaufsichtsbehörde anerkannte Prüfstelle.

Die Grundlage jedes allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses für hochfeuerhemmende Holzbauteile bilden zwei Einzelnachweise, einerseits der Nachweis der Tragsicherheit und/oder des Raumabschlusses der Bauteile unter Brandbeanspruchung und andererseits der Nachweis der Wirksamkeit der brandschutztechnisch notwendigen Bekleidung.

Zur Sicherstellung der geforderten brandschutztechnischen Qualität unterliegt die Herstellung dieser Bauteile einem Übereinstimmungsnachweis (Übereinstimmungszertifikat durch eine anerkannte Zertifizierungsstelle - ÜZ), der den Nachweis üblicher beidseitig bekleideter Holztafelbauteile (Bauregelliste A Teil 1 Nr. 3.3.2.2) ergänzt und durch eine spezielle anerkannte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle zu erfolgen hat.

3.4.3 Vergleich der baurechtlichen Situation in Deutschland und den deutschsprachigen Nachbarländern

Als bisherige positive Ausnahme von den vorgenannten Regelungen der (Muster-) Bauordnung kann das Baurecht des Bundeslandes Baden-Württemberg genannt werden. Mit Einführung der neu überarbeiteten Landesbauordnung [n19] im März 2015 trat in Baden-Württemberg eine Erleichterung für das Bauen mit Holz in Form einer Angleichung der Leistungsdefinitionen als Anforderung für tragende, aussteifende und/oder raumabschließende Bauteile ein. Die allgemeinen Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen der Landesbauordnung BW werden in §26 um den nachfolgenden Absatz ergänzt:

„Abweichend von Absatz 2 Satz 3 sind tragende oder aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von

Brand- oder Rauchschutzbereichen, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.“ [n19]

Als Resultat dieser Änderung können tragende, aussteifende und/oder raumabschließende Bauteile von Gebäuden in Holzbauweise bis zur Hochhausgrenze, also über alle fünf Gebäudeklassen, ohne jegliche brandschutztechnisch wirksame, mineralische Bekleidungsanlage ausgeführt werden. Es besteht somit die Möglichkeit, sowohl in der Gebäudeklasse 4 als auch 5 einen „reinen“ Holzbau zu errichten. Hierbei ist anzumerken, dass durch die Neuerung in der Landesbauordnung eine Lücke bezüglich der Regelung in der LBO und der M-HFH-HolzR entsteht. Der Geltungsbereich der M-HFH-HolzR beschränkt sich auf hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise mit einer allseitigen brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen, deren Dämmung aus nichtbrennbaren Baustoffen besteht. Massivholzbauteile sind bis auf Brettstapeldecken gänzlich ausgeschlossen. Durch die Ergänzung in der Landesbauordnung BW sind Lösungen in Holz außerhalb des Geltungsbereichs der M-HFH-HolzR möglich, für die jedoch noch keine Regelungen z.B. in Form von Richtlinien zur konstruktiven Ausbildung vorliegen, um eine Ausbreitung von Feuer und Rauch über die Grenzen von Brand- und Rauchschutzbereichen zu verhindern. Tabelle 10 zeigt einen Vergleich der Anforderungen an mehrgeschossige Gebäude zwischen der Musterbauordnung und der Landesbauordnung Baden-Württemberg.

Tabelle 10: Baurechtliche Anforderungen laut MBO und in Baden-Württemberg

	Brandschutzanforderungen entsprechend MBO 2002:		Brandschutzanforderungen in Baden- Württemberg abweichend zu MBO 2002:	
	z.B. Bayern, Berlin, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, ...		Baden-Württemberg	
	GKL 4 (7 m < H ≤ 13 m)	GKL 5 (13 m < H ≤ 22 m)	GKL 4 (7 m < H ≤ 13 m)	GKL 5 (13 m < H ≤ 22 m)
Tragende Wände/Stützen	R 60 (K ₂ 60)	R 90 (wnb)	R 60 (K ₂ 60)	R 90
Im Keller	R 90 (wnb)	R 90 (wnb)	R 90	R 90
Nichttragende Außenwände	(nb) oder E 30 (i -> o) EI 30-ef (i <- o)	(nb) oder E 30 (i -> o) EI 30-ef (i <- o)	(nb) oder E 30 (i -> o) EI 30-ef (i <- o)	(nb) oder E 30 (i -> o) EI 30-ef (i <- o)
Trennwände	EI 60 (K ₂ 60)	EI 90 (wnb)	EI 60 (K ₂ 60)	EI 90
Brandwände	REI 60 – M (K ₂ 60)*	REI 90 – M (nb)	REI 60 (K ₂ 60)–M	REI 90 – M (nb)
Decken	REI 60 (K ₂ 60)	REI 90 (wnb)	REI 60 (K ₂ 60)	REI 90
Im Keller	REI 90 (wnb)	REI 90 (wnb)	REI 90	REI 90
Tragende Teile notwendiger Treppen	(nb)	R30 (nb)	(nb)	R30 (nb)
Außentreppen	(nb)	(nb)	(nb)	(nb)
Wände notwendige Treppenträume, Ausgänge	EI 60 – M (K ₂ 60)	EI 90 – M (nb)	EI 60 (K ₂ 60)–M	EI 90 – M (nb)
Wände notwendige Flure, offene Gänge	EI 30**	EI 30**	EI 30	EI 30
Im Keller	EI 90 (wnb)	EI 90 (wnb)	EI 90	EI 90
Fahrschachtwände Aufzüge	EI 60 (K ₂ 60)	EI 90 (nb)	EI 60 (K ₂ 60)	EI 90 (nb)

* LBO Saarland §30 bzw. Anhang dazu: Anforderung an Brandwände in GKL 4 „F 90 - A + M“ statt „REI 60 – M (K₂60)“

** LBO Rheinland-Pfalz §35: (3) Wände notwendiger Flure sind als raumabschließende Bauteile in Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5 feuerhemmend und in den wesentlichen Teilen aus nicht brennbaren Baustoffen oder feuerhemmend und mit einer gegen Brandeinwirkung widerstandsfähigen Bekleidung aus nicht brennbaren Baustoffen herzustellen. (wnb/ nbB)

Werden die baurechtlich gestellten Anforderungen der beiden deutschsprachigen Nachbarländer Österreich und Schweiz für einen Vergleich herangezogen, ist ersichtlich, dass in Österreich im Vergleich zur deutschen Musterbauordnung ähnliche Anforderungen bestehen. Wesentlich ist jedoch, dass Österreich in der Gebäudeklasse 4 keine Anforderungen an die

Anordnung brandschutztechnisch wirksamer Bekleidungen für tragende, aussteifende und/oder raumabschließende Bauteile stellt. Tabelle 11 zeigt die Zusammenstellung der Anforderungen.

Mit Einführung der neuen Brandschutzvorschriften in der Schweiz am 01.01.2015 durch die Vereinigung der Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) wurden baurechtlich zwei unterschiedliche Standardkonzepte zur Erfüllung der brandschutztechnischen Anforderungen für mehrgeschossige Gebäude geschaffen. Im baulichen Konzept werden hier für Gebäude der nach deutscher Musterbauordnung vergleichbaren Gebäudeklasse 4 lediglich Feuerwiderstandsdauern von 30 Minuten gefordert. Für die höheren Gebäude bis zur Hochhausgrenze, die in der Schweiz mit 30 Meter Gesamthöhe definiert sind, sind Feuerwiderstandsdauern von 60 Minuten an den Tragwiderstand gefordert. Für brandabschnittsbildende Wände sind grundsätzlich nur Feuerwiderstände von 30 Minuten zu erfüllen. Erhöhte Anforderungen werden jeweils für die vertikalen Fluchtwege (notwendige Treppenräume) gestellt. Der Einsatz mineralischer, brandschutztechnisch wirksamer Bekleidungen ist nur auf diese Bereiche beschränkt. Für Gebäude mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen in Form von Sprinkleranlagen werden die vorgenannten Anforderungen für die beiden Gebäudeklassen jeweils um 30 Minuten reduziert. Dementsprechend kann ein Gebäude mit Sprinklerschutz bis 11 m Gesamthöhe in seinen tragenden Bauteilen sogar ohne Feuerwiderstand ausgeführt werden. Die Anforderungen an brandabschnittsbildende sowie an die umfassenden Bauteile horizontaler und vertikaler Flucht- und Rettungswege werden in ihrer Höhe analog zum baulichen Konzept ohne Sprinkler gefordert (vgl. Tabelle 12 und Tabelle 13).

Tabelle 11: Baurechtliche Anforderungen in Österreich in Anlehnung an [33]

	Österreich		
	GKL 4 (7m<H<11m)	GKL 5 ≤ 6 oberirdische Geschosse (H≥11m)	GKL 5 > 6 oberirdische Geschosse (H≥11m)
Tragende Bauteile			
Im obersten Geschoss	R 30	R 60	R 60
In sonstigen oberirdischen Geschossen	R 60	R 90	R 90 und A2
Trennwände			
Im obersten Geschoss	(R)EI 60	(R)EI 60	(R)EI 60
In sonstigen oberirdischen Geschossen	(R)EI 60	(R)EI 90	(R)EI 90 und A2
Brandabschnittsbildende Wände und Decken			
An der Nachbargrundstücks-, bzw. Bauplatzgrenze	(R)EI 90 und A2	(R)EI 90 und A2	(R)EI 90 und A2
Sonstige brandabschnittsbildende Wände und Decken	(R)EI 90	(R)EI 90	(R)EI 90 und A2
Decken und Dachschrägen ≤ 60°			
Decken über oberstem Geschoss	R 30	R 60	R 60
Trenndecken über oberstem Geschoss	REI 60	REI 60	REI 60
Trenndecken über sonstigen oberirdischen Geschossen	REI 60	REI 90	REI 90 und A2
Decken innerhalb von Wohnungen bzw. Betriebseinheiten in oberirdischen Geschossen	R 30	R 60	R 90 und A2
Wände von Treppenhäusern			
In oberirdischen Geschossen ⁽¹⁾	(R)EI 60	(R)EI 90 und A2	(R)EI 90 und A2
Außentreppen	A2	A2	A2
Aufzugsschachtwände	A2 (Schachtinnen-seite)	A2 (Schachtum-wehrung)	A2 (Schachtumweh-rung)

⁽¹⁾ Anforderungen an den Feuerwiderstand sind nicht erforderlich für Außenwände von Treppenhäusern, die aus Baustoffen A2 bestehen und die durch andere an diese Außenwände anschließenden Gebäudeteile im Brandfall nicht gefährdet werden können.

A2: nichtbrennbar nach DIN EN 13501 (aus nichtbrennbaren Baustoffen)

H: Gebäudehöhe bis Oberkante Fertigfußboden des obersten Geschosses

Tabelle 12: Baurechtliche Anforderungen in der Schweiz, Anforderungen an die Bauteile in Anlehnung an [n23]

	Schweiz			
	Gebäude geringer Höhe (Gesamthöhe ≤ 11m)		Gebäude mittlerer Höhe ⁽³⁾ (11 m < Gesamthöhe ≤ 30m)	
	Baulich	mit Löschanlagen	Baulich	mit Löschanlagen
Tragwerk ⁽¹⁾	R 30 ⁽²⁾	Keine Anforderung	R 60	R 30
Brandabschnittsbildende Geschossdecken	REI 30	EI 30	REI 60	REI 30
Brandabschnittsbildende Wände und horizontale Fluchtwege	EI 30	EI 30	EI 30	EI 30
Fluchtweg vertikal	REI 30	REI 30	REI 60	REI 60
Brandmauern ⁽⁴⁾	REI 90	REI 90	REI 180	REI 180

⁽¹⁾ Bei eingeschossigen Bauten und im obersten Geschoss von mehrgeschossigen Bauten wird keine Anforderung an den Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen gestellt

⁽²⁾ Bei zweigeschossigen Bauten und einer gesamten Geschossfläche von maximal 2400 m² kann der Feuerwiderstand um 30 Minuten reduziert werden

⁽³⁾ Bei zweigeschossigen Bauten mit einer Gesamthöhe über 11m und einer Erdgeschosshöhe von maximal 8m gelten für die tragenden und brandabschnittsbildenden Bauteile die Anforderungen für Gebäude geringer Höhe

⁽⁴⁾ 1) Einschalige Brandmauern mit Feuerwiderstand REI 180 sind aus Baustoffen der RF1 zu erstellen.

2) Bei zweischaligen Brandmauern mit Feuerwiderstand REI 180 muss jede der beiden Schalen Feuerwiderstand REI 90 aufweisen.

3) Bei zweischaligen Brandmauern mit Feuerwiderstand REI 90 muss jede der beiden Schalen Feuerwiderstand REI 60 aufweisen.

4) Bei zweischaligen Brandmauern mit Feuerwiderstand REI 60 muss jede der beiden Schalen Feuerwiderstand REI 30 aufweisen.

5) Bei zweischaligen Brandmauern ist der Bereich zwischen den Schalen mit Baustoffen der RF1 auszufüllen.

Tabelle 13: Baurechtliche Anforderungen in der Schweiz, Anforderungen an das Brandverhalten in Anlehnung an [n23]

Anforderungen an das Brandverhalten von Fluchtwegen und Innenräumen bei Gebäuden geringer und mittlerer Höhe in der Schweiz										
Brandverhaltensgruppen			Wände, Decken und Stützen mit Feuerwiderstandsanforderungen	Wände, Decken und Stützen ohne Feuerwiderstandsanforderungen	Dämm-/Zwischenschichten	Wand- und Deckenbekleidungen, abgehängte Decken, Doppelböden	Klassifizierte Systeme	Deckenbespannungen	Bodenbeläge	Treppen- und Podestkonstruktionen
RF1 (kein Brandbeitrag)										
RF2 (geringer Brandbeitrag)										
RF3 (zulässiger Brandbeitrag)										
RF4 (unzulässiger Brandbeitrag)										
X = keine Anwendung										
cr = Baustoffe mit „kritischem Verhalten“ sind anwendbar										
Fluchtwege	Vertikale Fluchtwege	Bauliches Konzept	RF1	RF3 (1)	RF1 (1) (5)	RF1 (2)	RF1 (2)	RF1	RF2 (3)	RF1 (3)
		Löschanlagenkonzept	RF3 (1)	RF3 (1)	RF3 (1)	RF1 (2)	RF1 (2)	RF1	RF3	RF1 (3)
	Horizontale Fluchtwege	Bauliches Konzept	RF3 (1)	RF3 (1)	RF3 (1)	RF1 (2)	RF1 (2)	RF1 (4)	RF3	X
		Löschanlagenkonzept	RF3	RF3	RF3	RF2	RF2	RF2 (4)	RF3	X
Übrige Nutzungen		Bauliches Konzept	RF3	RF3	RF3	RF3	RF3	RF3	RF3 cr	RF3
		Löschanlagenkonzept	RF3	RF3	RF3	RF3	RF3	RF3	RF3 cr	RF3
(1) Bauteile, welche brennbare Baustoffe enthalten, müssen auf der Sichtseite des betrachteten Raumes mit einer Brandschutzplatte mit 30 Minuten Feuerwiderstand aus Baustoffen der RF1 bekleidet werden. (2) Der Flächenanteil von brennbaren Materialien (Flächenleuchten, Pinnwände, Bekleidungen, Geländerfüllungen usw.) beträgt in vertikalen Fluchtwegen pro Geschoss max. 10 % der Treppenhausgrundfläche und in horizontalen Fluchtwegen max. 10 % der Grundfläche des betrachteten horizontalen Fluchtweges. Teilflächen dürfen max. 2 m² groß sein und müssen untereinander einen Sicherheitsabstand von mind. 2 m aufweisen. Flächenanteile von Türen, Fenster, Handläufen usw. sowie einzelne lineare tragende Holzbauteile werden bei dieser Berechnung nicht berücksichtigt. (3) In Gebäuden geringer Höhe dürfen an Stelle von Baustoffen der RF1 solche der RF2 resp. für Baustoffe der RF2 solche der RF3 eingebaut werden. (4) Sofern die Deckenbespannungen mehr als 5 m über begehbaren Flächen liegen, dürfen an Stelle von Deckenbespannungen der RF1 solche der RF2 resp. an Stelle von Deckenbespannungen der RF2 solche der RF3 eingesetzt werden. Einlagige Membranbauten gelten nicht als Deckenbespannungen. (5) Für Wände und Decken ohne Feuerwiderstandsanforderungen sind Bauprodukte der RF3 zulässig.										

Die Ausweitung des Vergleiches auf Länder wie England und Schweden zeigt ebenfalls geringfügigere Anforderungen als in Deutschland. Zwar bleibt im Wesentlichen das System mit

60 Minuten für mittlere Gebäude und 90 Minuten Feuerwiderstand für hohe Gebäude erhalten, an den Widerstand gegen Eindringen eines Brandes in die Konstruktion werden jedoch durchweg geringere bis keine Anforderungen gestellt.

Trotz der im Vergleich zu anderen Ländern Europas bestehenden hohen bauaufsichtlichen Brandschutzanforderungen wurden in den vergangenen Jahren auch in Deutschland mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise in der Gebäudeklasse 4 und ebenfalls in der Gebäudeklasse 5 errichtet. Brandschutztechnische Grundlage bildete jeweils das objektspezifische Brandschutzkonzept, bei dem über die Berücksichtigung kompensatorischer Maßnahmen gezielt Abweichungen zu den vorgenannten Anforderungen (vgl. Tabelle 10) schutzzielorientiert nachgewiesen wurden.

3.5 Schutzzieldefinition

3.5.1 Grundlegende Begriffsdefinition

Die Grundlage für brandschutztechnische Anforderungen und Nachweismethoden bilden die einzuhaltenden Schutzziele. Eine Begriffsdefinition hierfür wird in der E-DIN 18009-1:2015-04, „Brandschutzingenieurwesen“ sehr allgemein angegeben:

*„Schutzziel (des Brandschutzes)
angestrebtes Ziel unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit eines Brandes
bezogen auf wesentliche Aspekte von baulichen Anlagen“ [n7]*

Der Gesetzgeber formuliert in den Bauordnungen und Richtlinien Anforderungen um ein gewünschtes Sicherheitsniveau zu erreichen. Hierfür muss zwischen dem Risiko des Eintretens eines Brandfalles und dem vertretbaren Aufwand zur Minimierung dieses Risikos ein Standard geschaffen werden. Abhängig von Objekt und Bauherr können zusätzlich zu den vorgegebenen bzw. bauordnungsrechtlich geregelten, brandschutztechnischen Maßnahmen auch zusätzliche Festlegungen getroffen werden, um die Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses Brand bzw. deren Auswirkung weiter zu reduzieren. Im Nachfolgenden wird zwischen den bauordnungsrechtlichen und den öffentlich-rechtlichen bzw. privatrechtlichen Schutzzielen unterschieden. Beide Schutzzielkategorien sind eng miteinander verknüpft. Da die bauordnungsrechtlichen Schutzziele in der MBO übergeordnet für alle Gebäude gelten, werden diese auch eigenständig aufgeführt.

3.5.2 Bauordnungsrechtliche Schutzziele

Die Musterbauordnung (MBO) in Ihrer Fassung vom November 2002 stellt in §3 Abs.1 folgende Forderung:

„Anlagen sind so anzuordnen, zu erreichen, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährdet werden.“ [n1]

Des Weiteren wird in § 14 genauer auf den Brandschutz eingegangen:

*„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der **Entstehung** eines Brandes und der **Ausbreitung** von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“ [n1]*

Als bindendes Glied und als Grundlage für die weiteren präskriptiven brandschutztechnischen Anforderungen der Bauordnung wird durch diese Paragraphen der Rahmen für die einzuhaltenden Schutzziele vorgegeben. Zusammenfassend können die baurechtlichen Schutzziele auch folgendermaßen definiert werden:

- Der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch ist vorzubeugen
- Im Brandfall ist die Rettung von Menschen und Tieren zu ermöglichen
- Im Brandfall sind wirksame Löscharbeiten zu ermöglichen

Die Einhaltung dieser grundsätzlichen Schutzziele muss im Rahmen des Brandschutzkonzeptes mittels deskriptiver oder ingenieurtechnischer Methoden erläutert und nachgewiesen werden. Neben diesen grundlegenden Schutzzielen können weitere öffentlich-rechtliche und privatrechtliche Schutzziele gefordert werden.

3.5.3 Öffentlich-rechtliche und privatrechtliche Schutzziele

Bei der Definition von öffentlich-rechtlichen und privatrechtlichen Schutzzielen könnte eine große Bandbreite an Anforderungen aufgezählt werden. Eine Abgrenzung hierfür gibt die

E-DIN 18009-1:2015-04 [n7], in der die öffentlich-rechtlichen und privatrechtlichen Schutzziele in die drei Bereiche „Schutzinteressen und Schutzziele“, „Funktionale Anforderungen“ und „Leistungskriterien“ unterteilt und abgegrenzt werden.

3.5.3.1 Schutzinteressen und Schutzziele

In Erweiterung zu den gesetzlichen Anforderungen werden in der E-DIN 18009 [n7] zusätzliche Aspekte mit Schutzcharakter gefordert. Zusammenfassend werden der Vollständigkeit halber alle daraus resultierenden Schutzziele aufgeführt:

- *Standicherheit, auch im Brandfall
(baurechtlich abhängig von der Dauer der Brandbeanspruchung)*
- *Vorbeugung gegen Brandentstehung, Brandausbreitung inklusive
Rauchausbreitung (baurechtlich)*
- *Sicherstellung der Rettung von Menschen und Tieren (baurechtlich)*
- *Ermöglichung von wirksamen Löschmaßnahmen (baurechtlich)*
- *Denkmalschutz, Erhaltung von Kulturdenkmalen*
- *Umweltschutz*
- *Begrenzung des Sachschadens*
- *Vermeidung von Betriebsunterbrechung*

Je nach Anforderungsprofil des entsprechenden Gebäudes bzw. der Anlage muss im Einzelfall entschieden werden, welche Schutzziele eingehalten werden müssen. Im Rahmen des Projektes Prinz-Eugen-Park wäre z.B. die Sanierbarkeit nach dem Brandfall, oder die Begrenzung der entstehenden Sachschäden eine mögliche Zusatzanforderung. Speziell bei zunehmender Gebäudehöhe wird dies nach dem Brandfall ein immer wichtigeres Kriterium werden.

3.5.3.2 Funktionale Anforderungen

Die funktionalen Anforderungen nach E-DIN 18009 [n7] stehen in direktem Zusammenhang mit den erforderlichen allgemeinen Schutzinteressen und Schutzzielen aus Abschnitt 2.2.2, beziehen sich aber auf deren Funktionserhalt über einen definierten Zeitraum. Im Rahmen ingenieurtechnischer Methoden kann dies z.B. mit Hilfe von Simulationsmodellen zur Evakuierung von Gebäuden im Brandfall objektspezifisch und abweichend von deskriptiven Verfahren untersucht werden. Die funktionalen Anforderungen können entsprechend [n7] folgendermaßen aufgegliedert werden:

- *Nutzbarkeit der Rettungswege für die Dauer der Flucht (Schutzziel: Sicherheit von Personen)*
- *Nutzbarkeit der Rettungswege für die Dauer der Räumung (Schutzziel: Sicherheit von Personen)*
- *Nutzbarkeit der Rettungswege für die Einsatzkräfte zur Rettung hilfsbedürftiger Personen*
- *Nutzbarkeit der Rettungswege für die Einsatzkräfte für die Dauer der Brandbekämpfung*
- *Bewahrung architektonischer Werte und Erhaltung bauzeitlicher Substanz von Kulturdenkmalen*

3.5.3.3 Leistungskriterien

Leistungskriterien nach [n7] können in speziellen Fällen zusätzlich zu den funktionalen Anforderungen gesetzt werden, z.B. um den Funktionserhalt über einen gewissen Zeitraum zu gewährleisten. Als Beispiel hierfür kann die Höhe der raucharmen Schicht eine Forderung zum Funktionserhalt des Rettungsweges oder des Angriffsweges der Feuerwehr sein. Folgende Leistungskriterien können ergänzend zu den baurechtlichen Grundanforderungen gestellt werden und diese konkretisieren:

- *Höhe der raucharmen Schicht in Rettungswegen für einen definierten Zeitraum, z. B. 2,5 m*
- *Grenzzustände für die Standsicherheit im Brandfall, z. B. kritische Temperatur für Biegebauteile aus Stahl für den gesamten Brandverlauf $\leq 500\text{ °C}$*
- *Erträglichkeitsgrenzen für die Personenbelastung, z. B. Erkennungsweite $\geq 10\text{ m}$ bis 20 m für den Zeitbedarf der Räumung (Räumungsdauer)*

3.5.4 Mehrgeschossiger Holzbau – Auswirkung auf die Schutzziele

Im Rahmen der Erstellung des Brandschutznachweises von mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise ist, wie auch bei jeder anderen Bauweise, die genaue Analyse der baurechtlich erforderlichen und gewünschten Schutzziele eine Grundvoraussetzung. Aufgrund der aktuell in Deutschland vorherrschenden baurechtlichen Situation ist die Anwendung von Holz im mehrgeschossigen Bauen zwar bis zur Gebäudeklasse 4 möglich, aber häufig nur aufwendig baurechtskonform zu realisieren. Diese hat zur Folge, dass zahlreiche realisierte Beispiele materielle Abweichungen zum Baurecht aufweisen. Hier wird die Einhaltung der Schutzziele durch weiterführende kompensatorische Maßnahmen, die im Brandschutznachweis diskutiert werden, erreicht. Vergleichbare Ansätze sind auch in realisierten Objekten der Gebäudeklasse 5 umgesetzt. Die Einhaltung der Schutzziele bildet die Basis für die erfolgreiche Realisierung des Holzbaus auch über die aktuell im Baurecht verankerten Grenzen bezüglich des Einsatzes brennbarer Materialien hinaus. Als grundlegende Voraussetzung zur Diskussion der Schutzziele und zur Beurteilung eines Gebäudes im Brandfall dient die Abschätzung des Brandverhaltens sowie des Feuerwiderstandes der einzelnen Bauteile auf Basis nationaler und europäischer Nachweismethoden.

3.6 Nationale und Europäische Nachweismethoden

Um Bauteile für den Brandfall zu bemessen, stehen derzeit nationale und europäische Bemessungsnormen und Nachweismethoden zur Verfügung. Die aktuell anzuwendenden Normen regelt auf Länderebene die „Liste der als Technische Baubestimmung eingeführten technischen Regeln“. Beispielhaft zeigt der nachfolgend dargestellte Ausschnitt (vgl. Abbildung 11) den Abschnitt 2.5.1 der eingeführten technischen Baubestimmungen für den Holzbau auf europäischer Ebene. DIN EN 1995-1-2 enthält die allgemeinen Regelungen zur Tragwerksbemessung im Brandfall.

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Titel	Ausgabe	Bezugsquelle/ Fundstelle ¹⁾
1	2	3	4	5

2.4.5	DIN 4119	Oberirdische zylindrische Flachboden-Tankbauwerke aus metallischen Werkstoffen		
	Teil 1 Anlagen 2.4/4 und 2.4/7	-; Grundlagen, Ausführung, Prüfungen	Juni 1979	*)
	Teil 2	-; Berechnung	Februar 1980	*)

2.5 Holzbau

2.5.1	DIN EN 1995	Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten		
	-1-1 Anlagen 2.5/1 E und 2.5/2	-; Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau	Dezember 2010	*)
	-1-1/NA	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau	Dezember 2010	*)
	-1-2 Anlage 2.3/5	-; Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall	Dezember 2010	*)
	-1-2/NA	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall	Dezember 2010	*)
	-2 Anlagen 2.5/1 E und 2.5/2	-; Teil 2: Brücken	Dezember 2010	*)
	-2/NA	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 2: Brücken	August 2011	*)
	DIN 1052-10	Herstellung und Ausführung von Holzbauwerken – Teil 10: Ergänzende Bestimmungen	Mai 2012	*)

*) Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

Abbildung 11: Liste der als Technische Baubestimmung eingeführten technischen Regeln, Fassung Februar 2015 [n13]

Um die Feuerwiderstandsdauer von Bauteilen nachzuweisen, können folgende Möglichkeiten herangezogen werden:

- Verwendbarkeitsnachweise wie z.B. allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse oder Europäisch Technische Bewertungen
- Baustoff- und Bauteilkataloge z.B. DIN 4102-4: 2016-05 [n14]
- Rechnerische Ermittlung z.B. DIN EN 1995-1-2: 2010-12 [n17]
- Feuerwiderstandsprüfungen nach DIN 4102 oder DIN EN 1363, 1364, 1365 (vgl. Abbildung 12)
- ZiE auf Basis einer gutachterlichen Bewertung

DIN 4102 Feuerwiderstandsprüfungen -2: Bauteile (tragende und nichttragende - Wände, Stützen, Decken, Balken, Dächer) -13: Brandschutzverglasungen -7: Bedachungen -3: Brandwände und nichttragende Außenwände -5: Feuerschutzabschlüsse, Abschlüsse in Fahrschachtwänden -6: Lüftungsleitungen -9: Kabelabschottungen -11: Rohrummantelungen, Rohrabschottungen, Installationsschächte und -kanäle	DIN EN ^{4.1} Feuerwiderstandsprüfungen 1364: Nichttragende Bauteile (Wände, Unterdecken, Vorhangfassaden) 1365: Tragende Bauteile (Wände, Decken / Dächer, Balken, Stützen, Balkone, Treppen / Laubengänge) 1334: Tür- und Abschlusseinrichtungen (Feuerschutzabschlüsse, Rauchschutzabschlüsse) 1366: Installationen (Leitungen, Brandschutzklappen, Abschottungen, Abdichtungssysteme für Bauteilfugen, Installationskanäle und -schächte, Doppelböden, Abschlüsse für Förderanlagen und bahngebundene Transportsysteme, Entrauchungsleitungen)
DIN 4102 Baustoffprüfungen -1: Baustoffe (A1, A2, B1, B2)	DIN EN Baustoffprüfungen - ISO 1182, ISO 1716: Baustoffe (A1, A2) - ISO 11925: Baustoffe (B, C, D, E)
DIN 4102 Baustoff- und Bauteilkatalog -4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile	DIN EN Eurocodes 1991ff: Rechnerische Ermittlung des Feuerwiderstandes eines Bauteils

Abbildung 12: Normenübersicht brandschutztechnische Nachweismethoden [23]

Für die brandschutztechnische Nachweisführung von Holzbauteilen ohne herstellerspezifische Verwendbarkeitsnachweise auf Basis von Brandprüfungen stehen die Verfahren der DIN EN 1995-1-2 und die ergänzenden nationalen Regelungen der DIN 4102-4: 2016-05 sowie auch zukünftig die Regelungen der DIN 4102-4 A1 zur Verfügung. Beide Normenreihen erlauben dabei für Holzbauteile den Nachweis des Feuerwiderstandes sowohl für die Tragfähigkeit als auch für den Raumabschluss und ergänzen sich.

Zusätzlich zu den rechnerischen Verfahren der DIN 1995-1-2, die individuelle Nachweise des Feuerwiderstandes für gegebenen Randbedingungen erlauben, gibt die DIN 4102-4 ergänzende Regelungen und Nachweise für Systeme und Randbedingungen, die nicht durch die DIN 1995-1-2 abgedeckt sind. So können z.B. raumabschließende Bauteile auf Basis von tabellarischen Konstruktionsaufbauten bis hin zu 90 Minuten Feuerwiderstand nachgewiesen werden.

3.7 Typische brandschutztechnische Abweichungen mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise in der Anwendungspraxis

Für die baupraktische Anwendung stellt der richtige Umgang mit den gültigen Regelungen in Bauordnungen, Richtlinien, Baubestimmungen, Zulassungen oder Prüfzeugnissen eine wesentliche Voraussetzung dar, um die brandschutztechnische Sicherheit ganzheitlich zu gewährleisten. Dies ist auch die Basis um eventuell auftretende Abweichungen zu erkennen, entsprechende Kompensationsmaßnahmen rechtzeitig zu erarbeiten und somit auch Mehrkosten im Planungs- und Genehmigungsprozess zu vermeiden. Für die meisten mehrgeschossigen Gebäude in Holzbauweise stellt die Berücksichtigung von Abweichungen einen „Standardprozess“ dar, dessen Schritte und Einzelheiten es zu verstehen und umzusetzen gilt. Nachfolgende Abschnitte stellen den Ablaufprozess hinsichtlich dieses Vorgehens dar.

3.7.1 Verwendbarkeitsnachweise, abP, abZ, ETA und ZiE

Neben den grundlegenden Schutzziele ist die Verwendung von Bauprodukten und Bauarten in der bayerischen Bauordnung Abschnitt III geregelt. Um einen vereinbarten Qualitätsstandard bei der Planung und Realisierung von Gebäuden zu gewährleisten, gibt es neben den Anforderungen aus den jeweiligen Landesbauordnungen eingeführte technische Baubestimmungen in Form von Richtlinien und Normen, die einen definierten Qualitätsstandard sicherstellen und die in der Liste der technischen Baubestimmungen bekannt gemacht werden. Da für sämtliche verbaute Bauprodukte und Bauarten ein Nachweis über die Eignung zur eingesetzten Verwendung vorliegen muss, enthält die Bauregelliste neben den geregelten auch die nicht geregelten Bauprodukte und Bauarten und Angaben zur Art der Nachweisführung und notwendigen Verwendbarkeitsnachweise. Die Definition und Abgrenzung von Bauprodukt und Bauart ist in den Landesbauordnungen enthalten und lautet gemäß BayBO Art. 2 folgendermaßen:

„Bauprodukte sind

1. *Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen eingebaut zu werden,*
2. *Aus Baustoffen und Bauteilen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden, wie Fertighäuser, Fertiggaragen und Silos.“* (Art. 2 Satz 11) [n4]

„Bauart ist das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen.“ (Art. 2 Satz 12) [n4]

Für nicht geregelte Bauprodukte oder Bauarten ergibt sich die Verwendbarkeit aus einer Übereinstimmung mit einem allgemein gültigen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis (abP), einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) oder eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE). [n5]

Auf europäischer Ebene kann eine ETA (European Technical Assessment) als europäischer Verwendbarkeitsnachweis verwendet werden. Welcher Nachweise erforderlich wird, ist in der Bauregelliste bzw. zukünftig in der Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VV TB) unter dem entsprechenden Bauteil/der Bauart aufgelistet.

3.7.2 Anzutreffende Abweichungen in der Anwendungspraxis

In der Anwendungspraxis treten bei einer Vielzahl der mehrgeschossigen Gebäude Abweichungen vom geltenden Baurecht auf. Die möglichen Arten von Abweichungen können dem nachfolgenden Diagramm in Abbildung 13 entnommen werden.

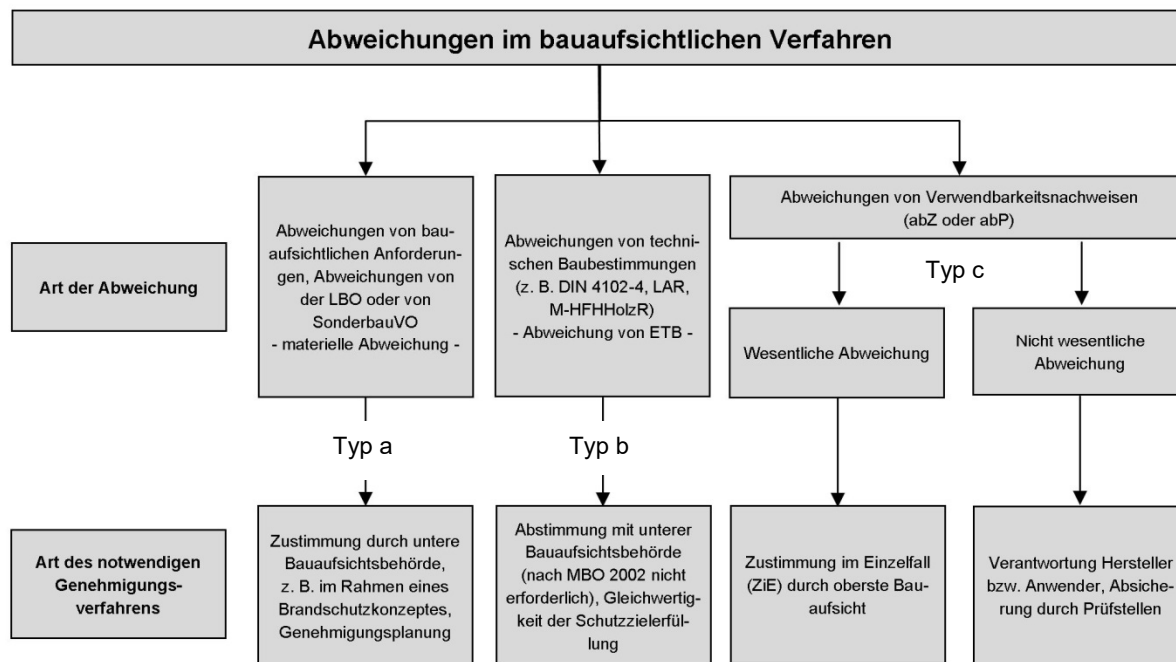


Abbildung 13: Mögliche Abweichungen im bauaufsichtlichen Verfahren in Anlehnung an [19]

Tabelle 14 zeigt beispielhaft einige typische Abweichen für mehrgeschossige Holzgebäude in der Anwendungspraxis. Neben den Abweichungen ist auch jeweils die zugehörige Regelung, von der abgewichen wird, aufgeführt.

Tabelle 14: Auflistung typischer Abweichungen mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise. Auszug aus [19]

Nr.	Art der Abweichung	Abweichung von	Typ
1	Fassadenbekleidung aus Holz	Landesbauordnung (LBO) - materielle Abweichung -	a)
2	Sichtbare Holzoberfläche		a)
3	Reduzierung der Kapselklasse		a)
4	Verwendung von Massivholzbauweisen	M-HFHHolzR, abP	b), c)
5	Abweichende Fugenausbildungen	M-HFHHolzR	b)
6	Einbau von Rohrleitungen in hochfeuerhemmende Holzbauteile	M-HFHHolzR	b)
7	Einbau von Elektroinstallationen in hochfeuerhemmende Holzbauteile	M-HFHHolzR	b)
8	Einbau von Feuerschutzabschlüssen (Türen/Fenster) in hochfeuerhemmende Holzbauteile	Verwendbarkeitsnachweis des Abschlusses (abZ / abP)	c)
9	Installationsschotte *) in Holzbauteilen	Verwendbarkeitsnachweis des Schottes (abZ / abP)	c)

*) Schottzulassung gilt für Trockenbaukonstruktionen oder mineralische Bauweisen

Auf Basis der vorliegenden Tabelle 14 sowie der nachfolgenden Erläuterung zur Konstruktionsweise wird in Kapitel 6 dieses Berichtes auf die wesentlichen baurechtlichen Abweichungen für mehrgeschossige Holzgebäude der Gebäudeklasse 5 eingegangen und diese in Bezug auf den Prinz-Eugen-Park genauer diskutiert. Eine spezifische Erläuterung dieser Thematik für die Gebäudeklasse 4 enthält der Konstruktionskatalog [19].

3.7.3 Abgrenzung und Einteilung mehrgeschossiger Holzgebäude

Wie in den vorangegangenen Kapiteln schon beschrieben, gewinnt der Sektor des mehrgeschossigen Holzbaus zunehmend an Bedeutung. Die Definition, ab wann ein Gebäude als Holzbau bezeichnet wird, ist jedoch nicht eindeutig festgelegt. Es handelt sich bei nahezu allen Gebäuden um Hybridvarianten, da ein Teil der tragenden und aussteifenden Konstruktion aus alternativen Materialien wie Stahlbeton, Stahl oder Mauerwerk hergestellt wird. Im Rahmen des Projektes Prinz-Eugen Park wird der Holzbau über die Menge (Gewicht) an verbauten nachwachsenden Rohstoffen (Nawaro) gefördert, außerdem werden abhängig vom Gebäudetyp Mindestwerte für die Menge an einzubauenden Nawaros festgelegt. Eine mögliche Systematik zur Einteilung gibt nachfolgende Abbildung 14.

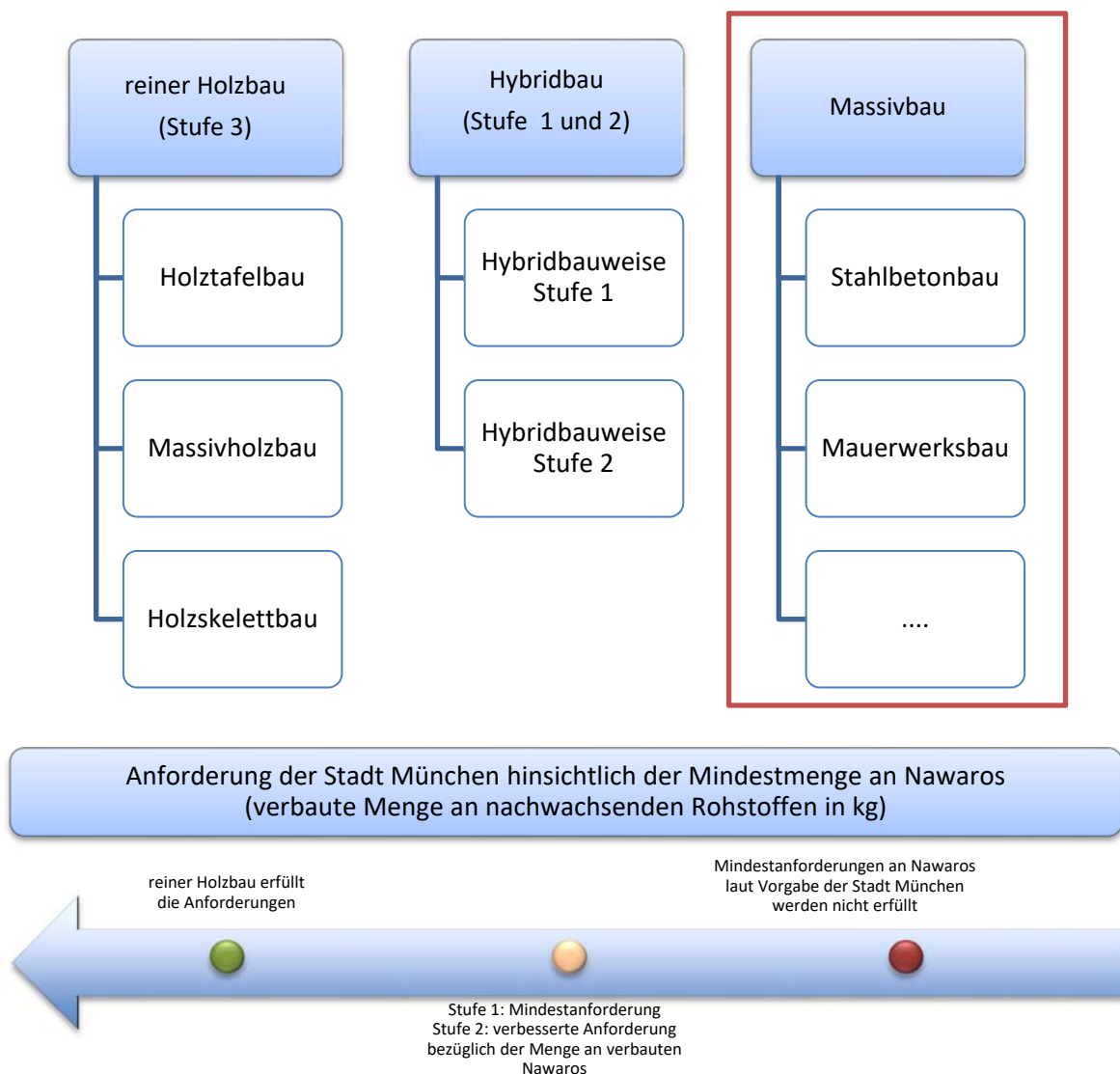


Abbildung 14: Systematische Einteilung der Gebäudevarianten

Hierfür ist eine Einteilung der Gebäude in Hybridstufen (vgl. Abbildung 14 bzw. Tabelle 4) vorgenommen worden und die Objekte werden hinsichtlich der verwendeten Materialien und der Anforderungen an zu verbauende Nawaros eingestuft. Ein reiner Massivbau wird über einen zu erbringenden Mindestanteil ausgeschlossen, bei „reinem“ Holzbau ist der Anteil an zu verbauenden Nawaros am größten. Um eine Abgrenzung zu ermöglichen wurde eine Studie der Berner Fachhochschule zu „Mehrgeschossige Hybridbauten in der Schweiz“ [21] herangezogen, in welcher eine Einteilung auf Basis der baueilabhängig verwendeten Materialien

in Hybrid,- Teilhybrid und Holzbau erfolgt.

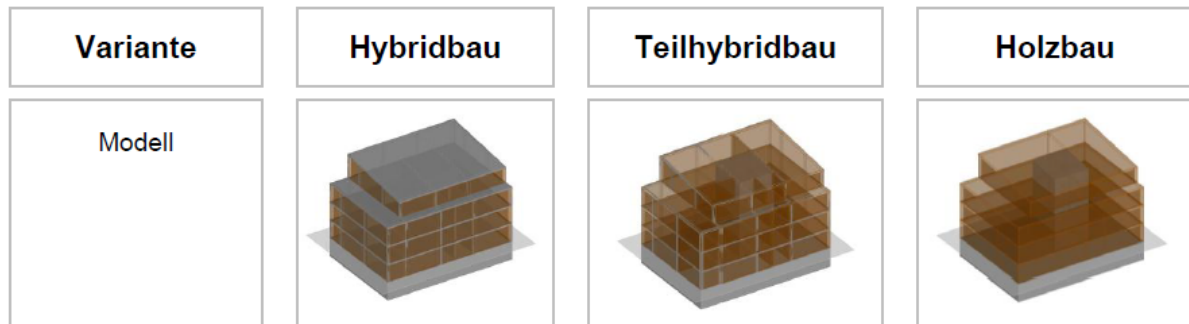


Abbildung 15: Darstellung der unterschiedlichen Hybridvarianten [21]

Abbildung 15 zeigt schematisch die unterschiedlichen Hybridvarianten, die den entsprechenden Stufen zugeordnet werden. Der sogenannte Hybridbau entspricht hier der Stufe 1, der Teilhybridbau Stufe 2 und der „reine“ Holzbau der Stufe 3. Neben den ökologischen Kennwerten können auch Grundsätze für die brandschutztechnischen Abweichungen der verwendeten Hybridstufen abgeleitet werden (vgl. Tabelle 4 aus Kapitel 2.3.2). Hierfür wird ein Referenzgebäude auf die verwendeten Gebäudeteile und Bauteile entsprechend der zuvor gewählten Einteilung in Ausführungsstufen reduziert. Die Einteilung nach Stufen erfolgt nach Tabelle 4. Auf Basis der daraus resultierenden Ausführungen werden die sich ergebenden brandschutztechnischen Abweichungen von der Bauordnung für die Gebäudeklasse 5 tabellarisch aufgezeigt (vgl. Tabelle 15 bis Tabelle 17). Auf Bauteile aus mineralischen Baustoffen wird nicht eingegangen. Diese können bei entsprechender Planung die brandschutztechnischen Anforderungen erfüllen, ohne von den geltenden bauaufsichtlichen Anforderungen abzuweichen.

3.7.3.1 Stufe 1 – Mindestanforderung

Brandschutztechnisch wirksame Bauteile, unabhängig ob in tragender oder raumabschließender Funktion, werden als massive Bauteile vorgesehen. Dies führt zu wenigen materiellen Abweichungen hinsichtlich des Brandschutzes von den Anforderungen der BayBO. Lediglich von der Anforderung aus Art. 26 Abs. 3 Satz 1, dass Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen einschließlich Dämmstoffe und Unterkonstruktion schwerentflammbar sein müssen, wird bei der Verwendung biogener Dämmstoffe oder Holzfassaden abgewichen. Das Schutzziel, die Brandausbreitung auf die betroffenen Bauteile ausreichend lang zu begrenzen muss durch alternative Ausführungsvarianten, wie. z.B. Brandschürzen an der Fassade sichergestellt werden. Der Anteil an nachwachsenden Rohstoffen ist bei dieser Hybridvariante am geringsten.

Tabelle 15: Resultierende Abweichungen bei Ausführung in Stufe 1

Elemente	Stufe 1 (Mindestanforderung)	Anforderungen BayBO GKL 5	Abweichung ja/nein
Außenwand (Gebäudehülle nicht tragend)	Holz	E 30(i→o) und EI 30-ef (i←o)	keine Abweichung
Außenwand Oberfläche außen	Holz	A2-s3,d0 B-s3,d0 C-s3,d0	Abweichung Ausführungsabhängig
Tragwerk	Massiv	R90(wnb)	keine Abweichung
Dach - Oberfläche	Massiv Holz	harte Bedachung	keine Abweichung
Decke	Massiv	REI 90(wnb)	keine Abweichung
Innenwand Nutzungstrennung, tragende Innenwände	Massiv	REI 90(wnb)	keine Abweichung
Innenwand nutzungsintern, nichttragende Innenwände	Massiv Holz	Minimalanforderung Brennbarkeit E	keine Abweichung
allgemeine horizontale Erschließung	Massiv	EI 30	keine Abweichung
Treppenraum (vertikale Erschließung)	Massiv	EI 90-M (nb)	keine Abweichung

Legende: Holz (braun): gängige Holzbauweise

Massiv (grau): mineralische Bauweise (ohne nachwachsende Rohstoffe)

Massiv/ Holz (beige): Verbundsystem aus Holz und Beton

3.7.3.2 Stufe 2 – verbesserte Mindestanforderung

In der zweiten, verbesserten Stufe werden zusätzlich zur Stufe 1 auch die tragenden Elemente teilweise oder vollständig aus Holz hergestellt. Lediglich die vertikale Erschließung, also das Treppenhaus und die notwendigen am Treppenhaus anschließenden Flure werden in Massivbauweise erstellt. Bei dieser Art der Ausführung treten primär Abweichung im Bereich der Anforderung an das Tragwerk und den Raumabschluss hinsichtlich der Materialität auf. Die Forderung der Bayerischen Bauordnung, feuerbeständige Bauteile aus nicht brennbaren Baustoffen anzuwenden, kann unter Verwendung des brennbaren Baustoffs Holz nicht eingehalten werden (vgl. Tabelle 16). Unabhängig von der Brennbarkeit wurde anhand vieler Beispiele und Versuche gezeigt, dass mit entsprechenden Kompensationsmaßnahmen trotz der Abweichung von der baurechtlichen Anforderung die Einhaltung der Schutzziele gewährleistet werden kann.

Tabelle 16: Resultierende Abweichungen bei Ausführung in Stufe 2

Elemente	Stufe 2 (verbesserte Mindestanforderung)	Anforderungen BayBO GKL 5	Abweichung ja/nein
Außenwand (Gebäudehülle nicht tragend)	Holz	E 30(i→o) und EI 30-ef (i←o)	keine Abweichung
Außenwand Oberfläche außen	Holz	A2-s3,d0 B-s3,d0 C-s3,d0	Abweichung Ausführungsabhängig
Tragwerk	Massiv Massiv/ Holz Holz	R90(wnb)	Abweichung bei Ausführung in Holz
Dach - Oberfläche	Massiv Massiv/ Holz Holz	harte Bedachung	keine Abweichung
Decke	Massiv Massiv/ Holz Holz	REI 90(wnb)	Abweichung bei Ausführung in Holz
Innenwand Nutzungstrennung, tragende Innenwände	Holz	REI 90(wnb)	Abweichung bei Ausführung in Holz
Innenwand nutzungsintern, nichttragende Innenwände	Massiv Massiv/ Holz Holz	Minimalanforderung Brennbarkeit E	Minimalanforderung Brennbarkeit E
allgemeine horizontale Erschließung	Massiv Massiv/ Holz Holz	EI 30	keine Abweichung
Treppenraum (vertikale Erschließung)	Massiv	EI 90-M (nb)	keine Abweichung

Legende:

- Holz (braun): gängige Holzbauweise
- Massiv (grau): mineralische Bauweise (ohne nachwachsende Rohstoffe)
- Massiv/ Holz (beige): Verbundsystem aus Holz und Beton

3.7.3.3 Stufe 3 – reiner Holzbau

Die letzte Stufe ist der reine Holzbau. Entsprechend der Einteilung sind sowohl das vollständige Tragwerk als auch die vertikalen Erschließungsbauteile in Holz hergestellt. Hier treten die meisten Abweichungen vom geltenden Baurecht resultierend aus der Brennbarkeit des Baustoffes Holz auf. Die geforderte Feuerwiderstandsdauer für die Tragfähigkeit und den Raumabschluss kann mit Holzbauteilen realisiert werden. Die Materialität und Oberflächenbildung ist zu diskutieren. Im Falle des Einsatzes von brennbaren Konstruktionen können Holzbauteile mit nichtbrennbaren Bauteilen (z.B. Gipskartonfeuerschutzplatten) bekleidet werden. Im Rahmen des Prinz-Eugen-Parks werden hierzu Lösungsmöglichkeiten erarbeitet, die in Kapitel 6 dieses Berichts behandelt werden.

Tabelle 17: Resultierende Abweichungen bei Ausführung in Stufe 3

Elemente	Stufe 3 (reiner Holzbau)	Anforderungen BayBO GKL 5	Abweichung ja/nein
Außenwand (Gebäudehülle nicht tragend)	Holz	E 30(i→o) und EI 30-ef (i←o)	keine Abweichung
Außenwand Oberfläche (außen)	Holz	A2-s3,d0 B-s3,d0 C-s3,d0	Abweichung ausführungsabhängig
Tragwerk	Holz	R90(wnb)	Abweichung bei Ausführung in Holz
Dach - Oberfläche	Holz	harte Bedachung	keine Abweichung
Decke	Holz	REI 90(wnb)	Abweichung bei Ausführung in Holz
Innenwand Nutzungstrennung, tragende Innenwände	Holz	REI 90(wnb)	Abweichung bei Ausführung in Holz
Innenwand nutzungsintern, nichttragende Innenwände	Massiv Holz	Minimalanforderung Brennbarkeit E	Minimalanforderung Brennbarkeit E
allgemeine horizontale Erschließung	Holz	EI 30	keine Abweichung
Treppenraum (vertikale Erschließung)	Massiv Holz	REI 90(wnb)	Abweichung bei Ausführung in Holz

Legende: Holz (braun): gängige Holzbauweise
 Massiv (grau): mineralische Bauweise (ohne nachwachsende Rohstoffe)
 Massiv/ Holz (beige): Verbundsystem aus Holz und Beton

3.8 Chancen des Holzbaus in der GKL5 und darüber hinaus

3.8.1 Anwendung des Holzbaus in der GKL 5 bis zur Hochhausgrenze

Trotz der vorliegenden, für den Holzbau schwierigen baurechtlichen Rahmenbedingungen wurden einige Referenzprojekte realisiert, die das hohe Potential von mehrgeschossigen Gebäuden in Holz zeigen. In diesem Kapitel soll ein kurzer Einblick in die Möglichkeiten des Holzbaus anhand von Referenzprojekten gegeben werden. Die auf den nächsten Seiten dargestellten Gebäude sind alle der Gebäudeklasse 5 zuzuordnen und stellen den aktuellen Stand des Holzbaus in Deutschland dar. Die erforderlichen Schutzziele konnten trotz Abweichung vom geltenden Baurecht mittels geeigneter Kompensationsmaßnahmen eingehalten werden.

Siebengeschosser C13 in der Christburger Str. 13 in Berlin

Ort	Berlin, Deutschland	
Erstellungsdatum	2012	
Brandschutzplaner	Dehne, Kruse Brandschutzingenieure GmbH & Co. KG Sitz: Gifhorn	
Geschosse	7	
Zahl der Nutzungseinheiten	14	
Brutto Grundfläche	615 m²	
Höhe des Gebäudes (Fertigfußboden oberstes Geschoss ab Geländeoberkante)	ca. 19,50 m	
Gebäudeklasse	GKL 5	
Konstruktion		Nutzung
Tragende und aussteifende Wände der Obergeschosse	Stahlbetonbauweise	7-geschossiges Vorderhaus und 5-geschossiges Hinterhaus: EG Bistro mit Saal 1. OG Hebamme, Küche 2. OG Arztpraxen 3. bis 6. OG Wohnungen Im Keller befinden sich eine Tiefgarage, Technik- und Hausanschlussräume und das Lager
Decken	Holzbetonverbundbauweise (oberseitig bekleidet)	
Deckenunterseiten	Teilweise sichtbare Holzunterseiten (bauaufsichtlich zugelassene transparente Brandschutzbeschichtung schwerentflammbar (B1))	
Treppenhaus	Stahlbetonbauweise vor das Haus gestellt	
Fassade	Steinwollgedämmplatten mit Außenputz	
Brandwände	Gebäudeabschlusswand in Stahlbetonbauweise	

Abbildung 16: Siebengeschosser in Berlin in Anlehnung an [22]

Holz 8 in Bad Aibling

Ort	Bad Aibling, Deutschland	
Erstellungsdatum	2011	
Brandschutzplaner	Bauart Konstruktions GmbH & Co.KG, Lauterbach	
Geschosse	8	
Zahl der Nutzungseinheiten	15	
Brutto-Grundfläche	226 m ²	
Höhe des Gebäudes (Fertigfußboden oberstes Geschoss ab Geländeoberkante)	ca. 21,70 m	
Gebäudeklasse	GKL 5	
Konstruktion		Nutzung
Tragende und aussteifende Wände der Obergeschosse	Massivholzbauweise (bekleidet)	Büro- und Wohngebäude
Decken	Massivholzbauweise (oberseitig bekleidet)	EG + 1. OG Büro
Deckenunterseiten	gekapselt, teilweise Sichtholz	2. bis 6. OG je 2 bis 3 Wohnungen
Treppenhaus	Stahlbetonbauweise	7. OG Penthousewohnung mit Dachterrasse
Fassade	geschlossene, hinterlüftete Nut-und Federschalung aus Holz	Gebäude ist nicht unterkellert

Abbildung 17: Holz 8 in Bad Aibling in Anlehnung an [23]

Kampa Gebäude in Aalen

Ort	Aalen, Deutschland	 © Kampa GmbH
Datum	2014	
Brandschutzplaner	bauart Konstruktions GmbH & Co.KG, Lauterbach	
Geschosse	8	
Brutto-Grundfläche	3386 m ²	
Höhe des Gebäudes (Fertigfußboden oberstes Geschoss ab Geländeoberkante)	ca. 21,60 m	
Gebäudeklasse	GKL 5	
Konstruktion		Nutzung
Tragende und aussteifende Wände der Obergeschosse	Holzskelett BS-Holz Stützen und Träger mit aussteifenden Wandscheiben aus BSP	Bürogebäude
Decken	Brettsperrholzelemente	
Deckenunterseiten	teilweise Sichtholz	
Treppenhaus	Massivholz	
Fassade	Fassadenkassetten mit Fenstern und Beschattungselementen	
Untergeschoss	Stahlbeton	

Abbildung 18: Kampa Gebäude der Kampa AG in Aalen

3.8.2 Anwendung der Holzbauweise über die GKL 5 hinaus

Vor allem auf europäischer und internationaler Ebene lassen sich inzwischen auch Ansätze finden, den Holzbau über die deutsche Gebäudeklasse 5 hinaus zu etablieren. Inzwischen sind die ersten Holzhochhäuser realisiert oder in Planung. Besonders Hybridlösungen in Kombination mit Massivholzbauweisen eröffnen neue Möglichkeiten, den Holzbau auch im Bereich des Hochhausbaus einzusetzen.

Das zurzeit höchste Gebäude in Holz ist ein Wohnhaus in Bergen / Norwegen mit einer Höhe von ca. 50 Metern [27].



Abbildung 19: Wohnhaus Treet / Bergen [27]



Abbildung 20: HoHo Wien [26]

In Österreich wird aktuell ein Holzhochhaus in der Seestadt Aspern in Wien geplant. Das Gebäude soll mit seinen 24 Stockwerken eine Gesamthöhe von ca. 84 m erreichen und wäre das mit Abstand höchste Holzgebäude. Das Planungskonzept schlägt eine Hybridkonstruktion vor. Konstruktiv steift ein Stahlbetonkern das Hochhaus aus, die Decken sind als Holz-betonverbunddecken (Brettsperrholzelemente mit Aufbeton) mit sichtbaren Holzoberflächen auf der Unterseite vorgesehen [26].

Diese beiden Gebäude veranschaulichen die technischen Möglichkeiten des Holzbau, die weit über die deutschen baurechtlichen Grenzen der Gebäudeklasse 4 hinausgehen.

4 Zusammentragen von Holzbaubeispielen

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde auf eine am Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM vorhandene Gebäudedatenbank mit einer Anzahl von ca. 200 mehrgeschossigen Holz- und Hybridgebäuden der Gebäudeklassen 3, 4 und 5 zurückgegriffen und diese erweitert. Die hierfür notwendigen Daten stammen primär aus veröffentlichten Projektbeispielen in der Fachliteratur und dienen als Grundlage zur Auswertung konstruktiver, brandschutztechnischer und bauphysikalischer Aspekte.

4.1 Grundlagen zur Projektstudie

Im Rahmen der genaueren Untersuchung und zur Vergleichsbetrachtung der Projekte untereinander wird die Datenbank auf Gebäude der deutschen Gebäudeklasse 4 und 5 aus den Ländern Deutschland, Österreich und Schweiz beschränkt. Dadurch ergibt sich ein Portfolio von insgesamt 158 Gebäuden zur statistischen Untersuchung (vgl. Abbildung 21 und Abbildung 22). Aufgrund der abweichenden baurechtlichen Situation, abhängig vom Gebäudestandort, wurde eine Einteilung in theoretische Gebäudeklassen basierend auf den Grundlagen der Musterbauordnung 2002 in Deutschland erstellt. Da sich die MBO und die BayBO hinsichtlich der Gebäudeklassifizierung nicht unterscheiden, bilden die Ergebnisse eine repräsentative Grundlage für mehrgeschossige Holz- und Hybridgebäude auf nationaler Ebene und besitzen damit Weisungscharakter für das Projekt Prinz-Eugen-Park, welches in den Geltungsbereich der BayBO fällt. Die aus der Datenbank ermittelten Ergebnisse werden in die Kategorien Wärmeschutz, Schallschutz und Brandschutz eingeteilt. Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt im Bereich des baulichen Brandschutzes, da hier die Anforderungen an die GKL 5 hinsichtlich des Einsatzes biogener Baustoffe das größte Hemmnis darstellt und immer eine Abweichung von den materiellen Anforderungen der Bauordnung zur Folge hat. Nachfolgende Abbildung 21 zeigt eine Übersicht der ausgewählten Gebäude abhängig von Gebäudestandort und Gebäudeklasse sowie die Verteilung der Gebäude über die drei Länder hinweg.

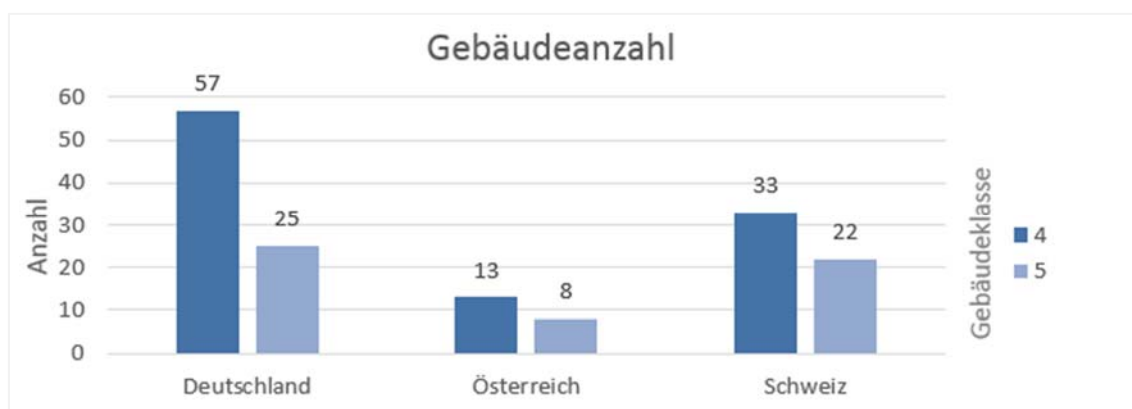


Abbildung 21: Verteilung der betrachteten Gebäude der Gebäudeklasse 4 und 5 nach MBO in Deutschland, Österreich und der Schweiz

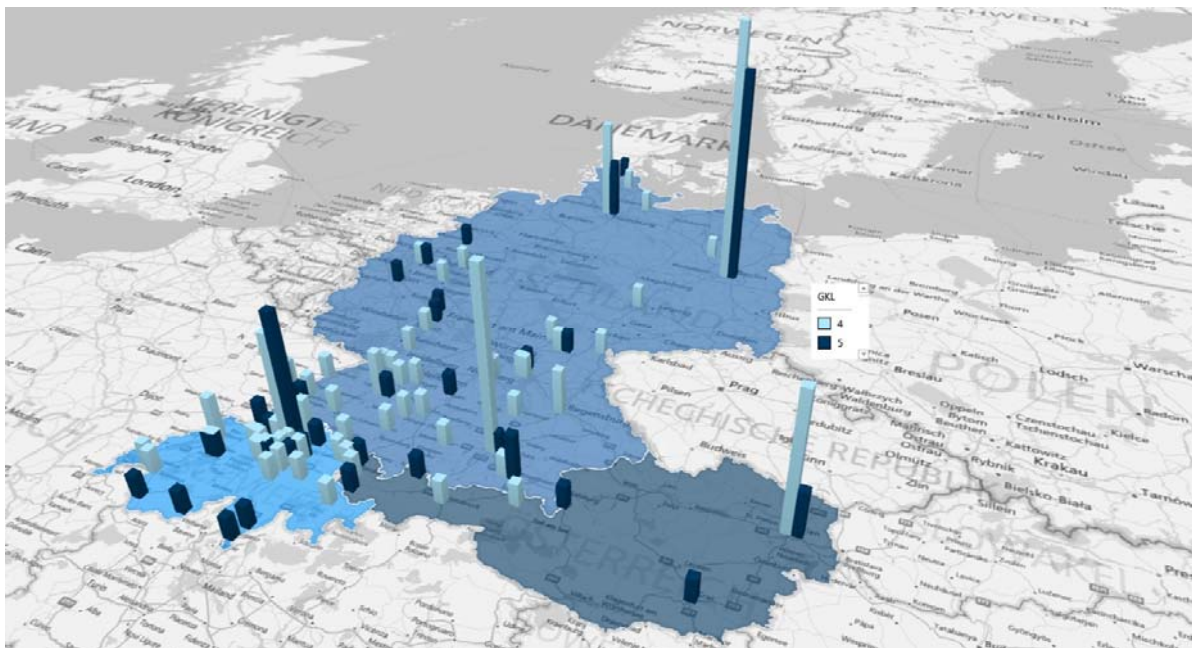


Abbildung 22: Verteilung der erfassten Gebäude in der GKL 4 und 5

4.2 Auswertung der Holzbaubeispiele im Hinblick auf Wärmeschutz und Energiebedarf sowie Vergleich mit dem Anforderungsprofil

Der Energiebedarf von Gebäuden in Deutschland wird anhand der Vorgaben durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) bzw. die DIN V 18599 [n22] ermittelt. Der Mindestwärmeschutz wird durch die DIN 4108-2 definiert [n10]. Da im mehrgeschossigen Holzbau der Passivhausstandard und somit die Unterschreitung des rechnerischen Heizwärmebedarfs von $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ein häufig angestrebtes Ziel darstellt, sind die Mindestanforderungen gemäß DIN 4108-2 erfahrungsgemäß eingehalten und müssen nicht extra berücksichtigt werden. Der rechnerische Heizwärmebedarf nach EnEV für Wohngebäude, unabhängig davon ob Passivhaus oder nicht, ergibt sich aus der Kombination der getroffenen Einzelprinzipien, deren Grenzwert sich aus den Einzelanforderungen für ein gedachtes Referenzgebäude gleicher Größe berechnen lässt. Die genaue Berechnungsmethodik soll nicht Gegenstand dieses Forschungsberichtes sein. Die Autoren verweisen hier auf die entsprechenden Regelwerke ([n8], [n10]), vor allem auf die Energieeinsparverordnung [n8].

4.2.1 Anforderungen laut Energieeinsparverordnung

Um eine Vergleichsmöglichkeit zwischen den Anforderungen und der vorliegenden Gebäudedatenbank zu schaffen, wurden Zielgrößen festgelegt, die bei einer möglichst großen Anzahl von Gebäuden in der Datenbank bekannt sind. In den entsprechenden Gebäudebeschreibungen wurden meist Aussagen hinsichtlich des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) für Außenwand und Dach getroffen, die in die Datenbank mit aufgenommen werden konnten. Entsprechend sind in der nachfolgend gezeigten Tabelle 18 die Anforderungen (Zielwerte) für das zu Grunde liegende Referenzgebäude der EnEV 2014 aufgeführt.

Tabelle 18: U-Werte Außenwand und Dach laut EnEV 2014 [n8]

Bauteile/Systeme	Referenzausführung/Wert (Maßeinheit)
Außenwand (einschließlich Einbauten, wie Rollläden-kästen), Geschossdecke gegen Außenluft	Wärmedurchgangskoeffizient $U=0,28 \frac{W}{m^2K}$
Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	Wärmedurchgangskoeffizient $U=0,35 \frac{W}{m^2K}$
Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten	Wärmedurchgangskoeffizient $U=0,20 \frac{W}{m^2K}$
Fenster, Fenstertüren	- Wärmedurchgangskoeffizient $U_w=1,3 \frac{W}{m^2K}$ - Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung $g_{\perp} = 0,60$
Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient $U=1,8 \frac{W}{m^2K}$

Der entsprechend Tabelle 18 laut Energieeinsparverordnung vorgegebenen Zielwert für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwand von $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ [n8] ist immer noch um ca. 87 % über dem üblichen Ziel U-Wert von $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ einer Passivhausaußenwand.

4.2.2 Auswertung der U-Werte für Außenwand und Dach

Die Auswertung der Projektbeispiele erfolgt auf Basis der vorliegenden Werte aus der Datenbank. Wurde in den Quellen lediglich der Passivhausstandard angegeben, wurde im Rahmen dieser Auswertung die Annahme getroffen, dass der Wärmedurchgangskoeffizient für die Außenwand bei maximal $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ liegt. Abbildung 23 zeigt den Median des U-Wertes der betrachteten Gebäude für die Bauteile Außenwand und Dach der mehrgeschossigen Gebäude in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Im Rahmen der Arbeit wurde anstelle des Mittelwertes der Median gewählt, um eine gewisse Robustheit gegen Ausreißer in der Stichprobe zu gewährleisten. Der Median errechnet sich über eine Aufteilung einer der Größe nach sortierten Stichprobe in zwei Hälften. Der mittlere Wert (im Falle einer ungeraden Anzahl) bzw. das arithmetische Mittel der beiden mittleren Werte (im Falle einer geraden Anzahl) stellen den Median dar.

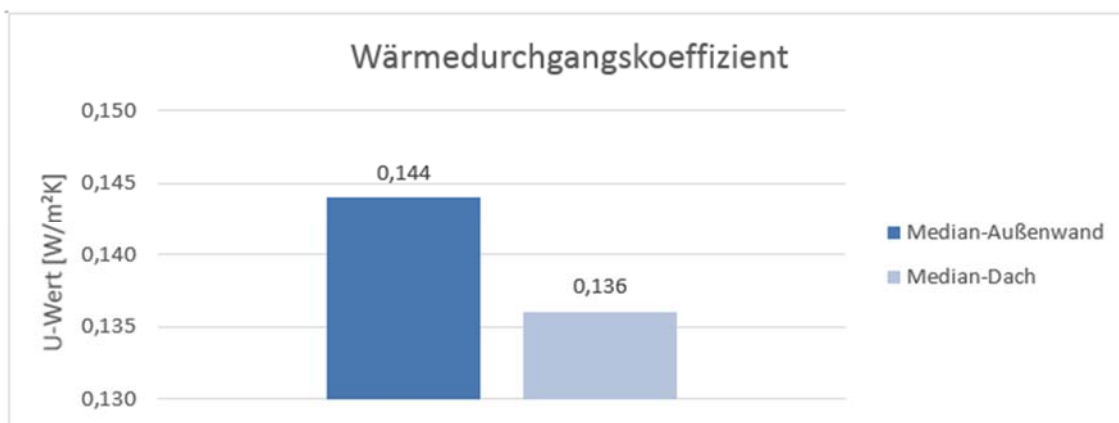


Abbildung 23: Auswertung U-Werte von Außenwänden und Dächern an den realisierten Beispielprojekten (Gebäudeklasse 4 und 5 in Deutschland, Österreich und der Schweiz, n=16)

Der Median der betrachteten Gebäude spiegelt die Zielsetzung im mehrgeschossigen Holzbau wider, die üblichen Werte für den Passivhausstandard im Bereich der U-Werte für die Außenbauteile zu erreichen. Im Hinblick auf die Referenzwerte der EnEV 2016 liegen die mehrgeschossigen Holzgebäude immer noch unter den angegebenen Werten und sogar knapp unter dem üblichen Zielwert für Passivhäuser. Ausführungsvarianten, die diese Zielwertvorgaben erfüllen, können den entsprechenden Details im Anhang und dem Konstruktionskatalog der Technischen Universität München für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4 [19] entnommen werden.

4.3 Auswertung der Holzbaubeispiele in Hinblick auf den Schallschutz und Vergleich mit dem Anforderungsprofil

Die grundlegenden Anforderungen hinsichtlich schallschutztechnischer Aspekte gibt innerhalb Deutschlands die DIN 4109 vor [n9]. Weiterführende Festlegungen werden in der VDI-Richtlinie 4100 (Schallschutz im Hochbau) getroffen. Aufgrund der hohen Sensibilität im Wohnungsbau hinsichtlich Schallübertragung zwischen verschiedenen Nutzungseinheiten oder zwischen öffentlichen und privaten Bereichen stellt die DIN 4109 neben den Grundanforderungen im Anhang 2 die Tabelle 2 mit erhöhten Anforderungen zur Verfügung. Die Norm unterscheidet die Anforderungen hinsichtlich Luft- und Trittschallschutz und gibt hierfür ein bewertetes Bau-Schalldämm-Maß (R'_w) bzw. einen bewerteten Norm-Trittschallpegel ($L'_{n,w}$) an. Aus Sicht des Autors bilden diese erhöhten Werte entsprechend Anhang 2 Tabelle 2 der DIN 4109 eine sinnvolle Grundlage für die einzuhaltende Mindestanforderung hinsichtlich des Schallschutzes für mehrgeschossigen Holzbau, da erfahrungsgemäß niedrigere Anforderungen seitens der späteren Nutzer als störend empfunden werden.

4.3.1 Anforderungen an den Schallschutz

Nachstehende Tabelle 19 und Tabelle 20 zeigt die erhöhten Anforderungen entsprechend DIN 4109, welche mit den entsprechenden schallschutztechnischen Eigenschaften der ausgewerteten Projektbeispiele verglichen werden. Die in Klammern () dargestellten Werte hinter den erhöhten Leistungseigenschaften stellen die „normalen“ Anforderungen der DIN 4109 dar.

Tabelle 19: Anforderungen Schallschutz nach DIN 4109 Beiblatt 2, Tabelle 2 [n9]

Treppen	R'_w in [dB]	L'_{n,w} in [dB]
Treppenläufe und Treppenpodeste	-	≤ 46 (58)
Wände		
Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	≥ 55 (53)	-
Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren ³	≥ 55 (52)	-
Decken		
Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräume und ihren Zugängen	≥ 55 (53)	≤ 46 (53)
Wohnungstrenndecke (auch Treppen) und Decken zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten ⁴	≥ 55 (54)	≤ 46 (53)
Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenräumen unter Aufenthaltsräumen ⁵	≥ 55 (52)	≤ 46 (53)
Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen ²	(55)	≤ 46 (53)
Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen ²		≤ 46 (53)
Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken ^{1 2}	-	≤ 46 (53)
Decken unter Bad und WC, ohne/mit Bodenentwässerung ^{1 2 6}	≥ 55 (54)	≤ 46 (53)
Decken unter Hausfluren ^{1 2}	-	≤ 46 (53)

³ Für Wände mit Türen gilt $R'_w(\text{Wand}) = R_{w,P}(\text{Tür}) + 15\text{dB}$.

Darin bedeutet $R_{w,P}(\text{Tür})$ die erforderliche Schalldämmung der Tür nach Zeile 16 oder Zeile 17.

Wandbreiten ≤ 30cm bleiben dabei unberücksichtigt.

⁴ Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis der Trittschallschutzes angerechnet werden

⁵ Anforderung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume (waagerechter, schräger oder senkrechter (nach oben) Richtung)

⁶ Bei Sanitärprojekten in Bad oder WC ist für eine ausreichende Körperschalldämmung zu sorgen

Tabelle 20: Anforderung an Außenbauteile abhängig vom Außenlärmpegel nach DIN 4109 Beiblatt 2 [n9]

Erforderliches $R'_{w,res}$ von Außenbauteilen [dB]			
Lärmpegelbereich	„Maßgeblicher Außenlärm-pegel“ [dB]	Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichts- und ähnliche Räume	Bürräume und ähnliches
I	bis 55	30	-
II	56 bis 60	30	30
III	61 bis 65	35	30
IV	66 bis 70	40	35
V	71 bis 75	45	40
VI	76 bis 80	50	45
VII	> 80	siehe ⁷	50

4.3.2 Auswertung der Schallschutzeigenschaften der Holzbaubeispiele für Außenwand, Decke und Trennwand

Entsprechend den publizierten Schallschutzangaben konnten bei den ausgewählten Projekten im mehrgeschossigen Holz- und Hybridbau der GKL 4 und 5 Kennwerte zu den Außenwänden, Decken und Trennwänden ermittelt werden (vgl. Abbildung 24).

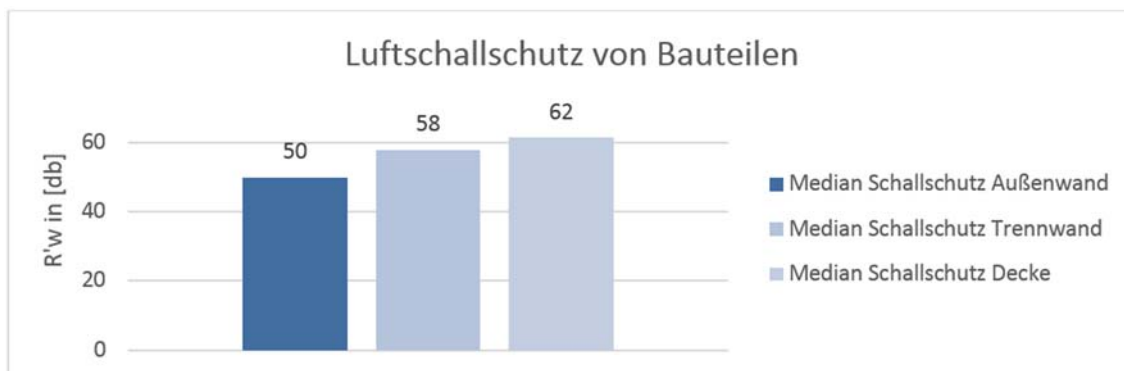


Abbildung 24: Auswertung Schallschutz von Bauteilen (n=3 Außenwände; n=10 Trennwände; n=8 Decken)

Ein Vergleich der Anforderungen mit den ausgewerteten Projekten zeigt, dass der moderne Holzbau auch im Bereich Schallschutz selbst die erhöhten Anforderungen der DIN 4109 [n9] erfüllen kann. Hinsichtlich der Außenwände erfüllt der ermittelte Median für das bewertete Luftschalldämmmaß von 50 dB die Anforderungen für alle Außenlärmpegel bis Stufe VII (vgl. Tabelle 20). Auch die Decken und Trennwände halten die Anforderung entsprechend DIN 4109 Beiblatt 2 von $R'_{w} \geq 55$ dB ein. Somit ist der mehrgeschossige Holzbau in der Lage, die normativ festgelegten Anforderungen hinsichtlich des Schallschutzes einzuhalten. Die Voraussetzung hierfür ist allerdings eine entsprechende Planung der Bauteilaufbauten sowie

⁷ Anforderungen sind aufgrund örtlicher Begebenheiten festzulegen

der Anschlussdetails. Beispiele hierfür werden im Konstruktionskatalog der TUM für die Gebäudeklasse 4 [19] inkl. der zugehörigen Prüfergebnisse angegeben.

4.4 Auswertung der Holzbaubeispiele im Hinblick auf den Brandschutz und Vergleich mit dem Anforderungsprofil

Zusätzlich zu den Bereichen Wärme- und Schallschutz nimmt der Brandschutz eine Schlüsselrolle bei der Konstruktion von mehrgeschossigen Holzbauten ein. Die Grundlagen hinsichtlich der baurechtlichen Anforderungen wurden ausführlich in den vorangegangenen Kapiteln erläutert. Nachfolgend werden die unterschiedlichen Ausführungsvarianten und Lösungsmöglichkeiten anhand der vorliegenden Projektdatenbank erläutert.

4.4.1 Konstruktionsweise Gebäudebestand

Im ersten Schritt wurden die untersuchten Gebäude der Gebäudeklasse 4 und 5 in Deutschland, der Schweiz und Österreich entsprechend der Studie „Mehrgeschossige Hybridbauten in der Schweiz“ [21] aufgeteilt (vgl. Abbildung 25 und Tabelle 4) und deren Anzahl abhängig von der Hybridstufe und dem Gebäudestandort ausgewertet. Die Auswertung der Gebäudedaten zeigt, dass in Deutschland eine nahezu gleichmäßige Verteilung der Gebäudeart (Stufen) vorhanden ist. Vergleicht man nun die Auswertung für die Gebäudeklasse 4 und Gebäudeklasse 5, ist deutlich zu erkennen, dass in der Gebäudeklasse 5 ein wesentlich geringerer Anteil an Holz zur Ausführung kommt als in der Gebäudeklasse 4 (vgl. Abbildung 26 und Abbildung 27). Dies lässt sich durch die strengeren baurechtlichen Anforderungen erklären. Bis zur Gebäudeklasse 4 ist unter Berücksichtigung der M-HFHolzR ein mehrgeschossiger Holzbau der Stufe 3 ohne Abweichungen von den baurechtlichen Anforderungen, jedoch unter Berücksichtigung einer brandschutztechnischen Bekleidung der Holzbauteile, möglich.

Nachfolgende Diagramme (Abbildung 25 bis Abbildung 27) zeigen die durch die Bearbeiter gewählte Zuordnung der ausgewerteten Beispielgebäude in Deutschland, Österreich und der Schweiz zu den entsprechenden Hybridstufen (vgl. Tabelle 4). Beim Vergleich von Abbildung 26 mit Abbildung 27 ist zu erkennen, dass mit zunehmender Gebäudeklasse der Anteil an verbauten biogenen Baumaterialien abnimmt.

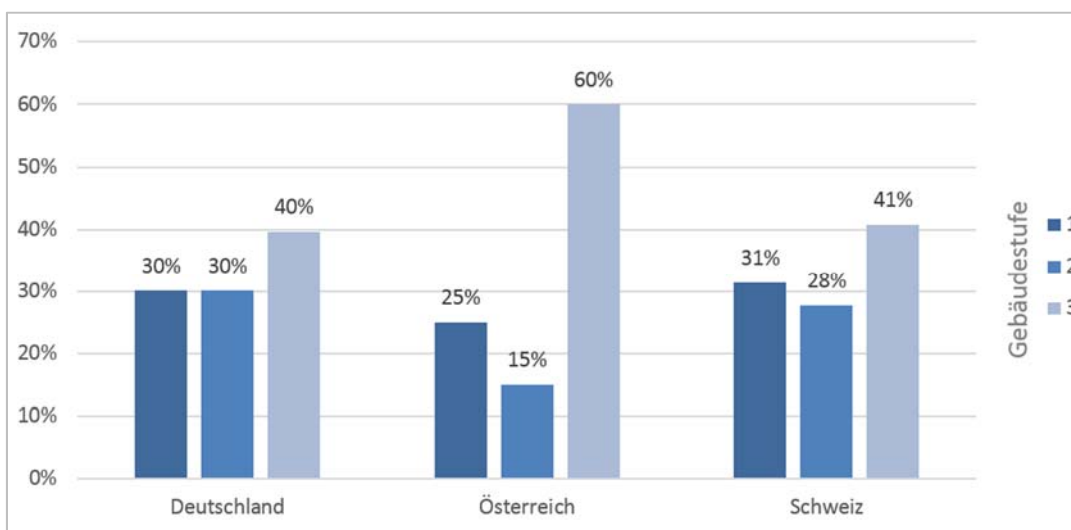


Abbildung 25: Gebäudeanteil in der GKL 4 und 5 in Hinblick auf die Gebäudestufe, n=137

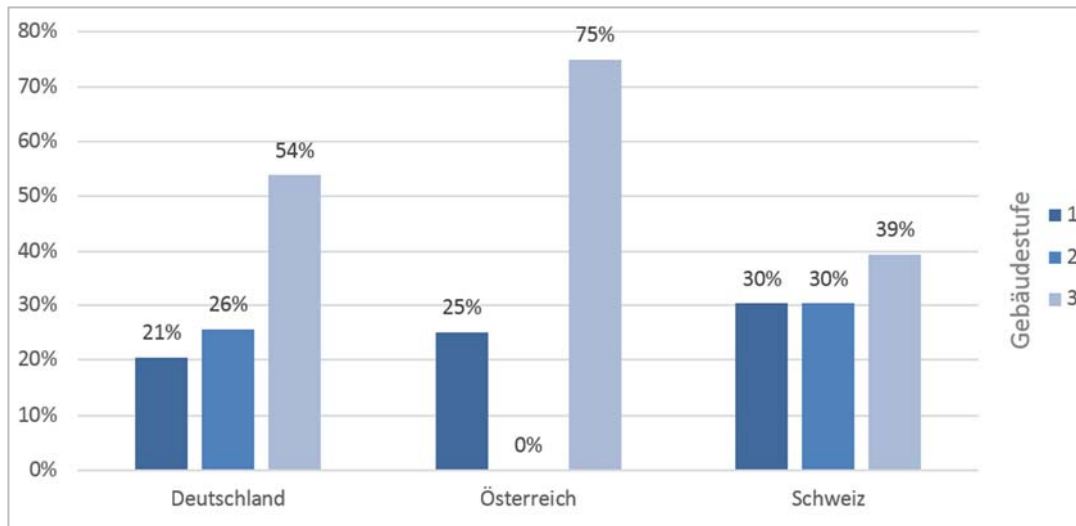


Abbildung 26: Gebäudeanteil in der GKL 4 in Hinblick auf die Gebäudestufe, n=84

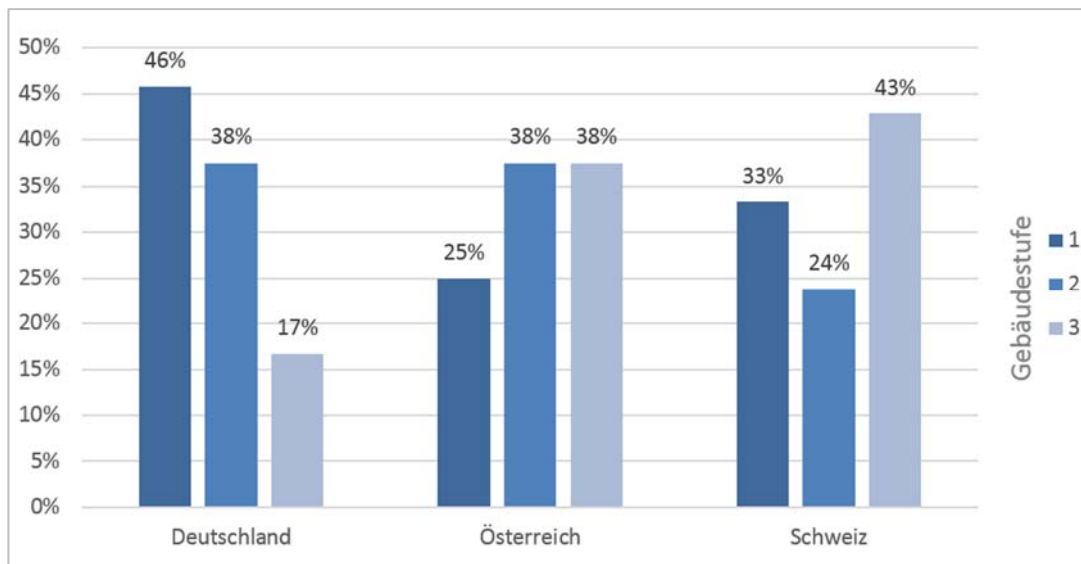


Abbildung 27: Gebäudeanteil in der GKL 5 in Hinblick auf die Gebäudestufe, n=53

4.4.2 Tragende und raumabschließende Wände

Tragende Wände müssen laut aktuell gültigen bayerischen Baurechts die Anforderung feuerbeständig erfüllen, was mit der Nichtbrennbarkeit der wesentlichen Baustoffe gekoppelt ist. Diese Anforderung nach Art. 25 der bayerischen Bauordnung führen dazu, dass Holzkonstruktionen in der Gebäudeklasse 5 immer eine Ausnahmegenehmigung erfordern. Seit 2002 gilt für die Errichtung von Holzgebäuden in Gebäudeklasse 4 die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFHHolzR). Die dort vorgeschriebene brandschutztechnische Bekleidung für hochfeuerhemmende Bauteile wurde oftmals auf die Gebäudeklasse 5 übertragen. Ein Großteil der bereits realisierten Gebäude wurde mit brandschutztechnisch gekapselten, tragenden Wänden ausgeführt. Dabei ist festzustellen, dass bei der getroffenen Stichprobe der analysierten Gebäude eine Reduktion der Kapselklasse auf K₂30 entgegen der Anforderung K₂60 entsprechend der M-HFHHolzR nur selten anzutreffen ist. Wesentlich häufiger wurden Sichtoberflächen ausgeführt. In der Regel ein Wunsch des Architekten und häufig auch des Nutzers von Holzbauwerken.

Da bei dem Großteil der untersuchten Gebäude zwar bekannt war, ob die Holzoberflächen bekleidet waren oder nicht, aber keine Qualität hinsichtlich der Kapselung angegeben war, wurde dieser Aspekt im Diagramm (Abbildung 28) separat ausgewiesen.

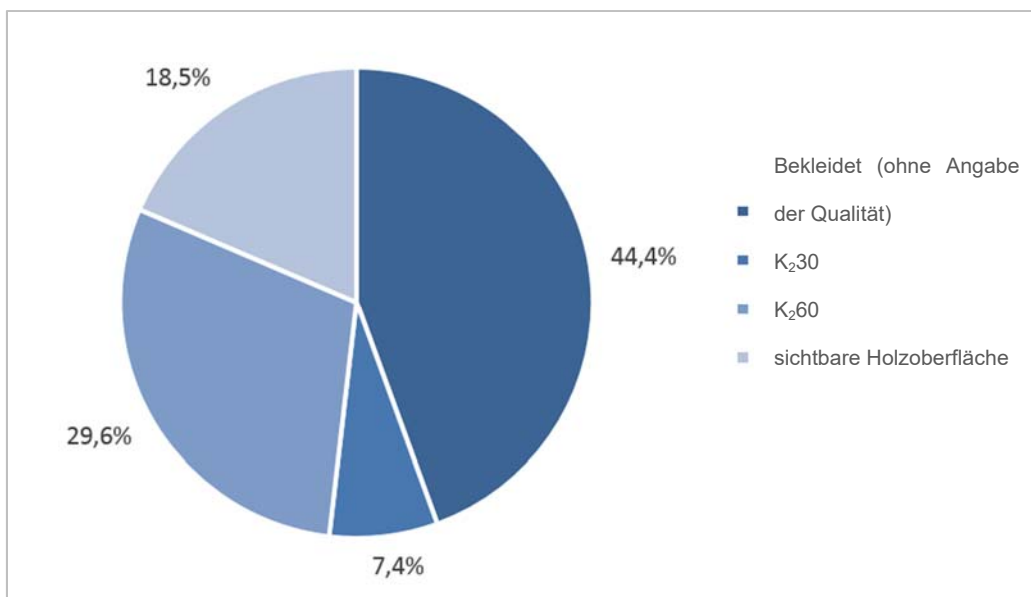


Abbildung 28: Status zur Qualität der Kapselbekleidung tragender Wände in der GKL 5 in Deutschland, Österreich und der Schweiz, n=27

Hinsichtlich des erforderlichen Feuerwiderstandes wurde nur bei wenigen Gebäuden eine eindeutige Aussage in der Literatur getätigt. Bei der getroffenen Auswahl von Gebäuden der Gebäudeklasse 5 in Deutschland und Österreich ist dennoch auffällig, dass bei dem Großteil der betrachteten Bauwerke die Wandkonstruktionen den baurechtlich geforderten Feuerwiderstand von 90 Minuten erfüllen. Eine Ausnahme hiervon stellt die Schweiz dar. Hier wird aufgrund der baurechtlichen Regeln eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten erreicht.

Aus diesen Gründen wurde in der Auswertung in Abbildung 28 die Schweiz nicht mitberücksichtigt.

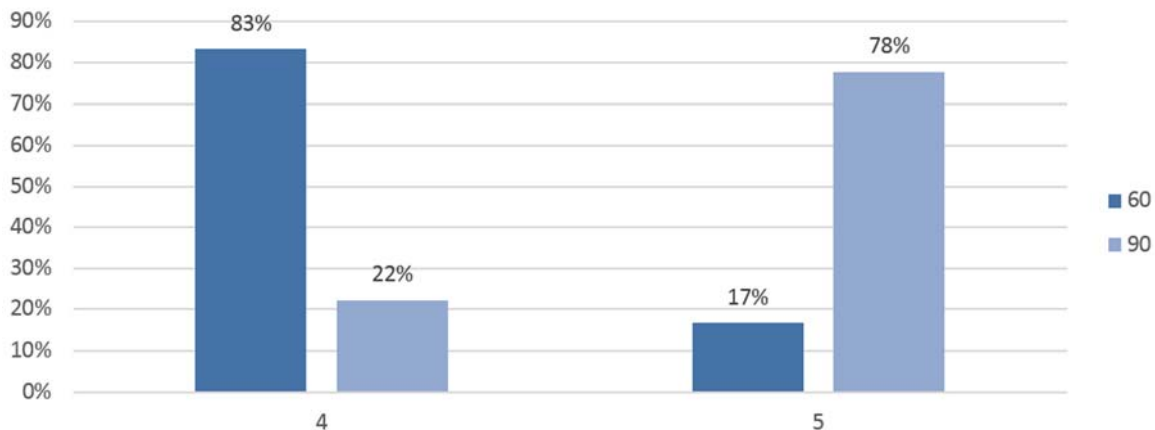


Abbildung 29: Anteil von tragenden Wänden in der GKL 4 und 5 mit spezifischem Feuerwiderstand [in Minuten] in Österreich und Deutschland; n=36

In Bezug auf die tragenden Wände lässt sich aus der vorliegenden Gebäudedatenbank das Ergebnis entnehmen, dass bei den aktuell vorhandenen Gebäuden der Baustoff Holz häufig auch für tragende Bauteile eingesetzt wurde. Die Bauteile sind in der Regel auf den baurechtlich geforderten Feuerwiderstand bemessen (vgl. Abbildung 29) und über 80 % der Gebäude in GKL5 sind nichtbrennbar bekleidet (vgl. Abbildung 28).

4.4.3 Geschossdecken

In den analysierten Objekten sind Geschossdecken zu ca. 60 % in Holzbauweise realisiert (vgl. Abbildung 30). Im Vergleich zu den Wänden sind hier wesentlich häufiger sichtbare Holzoberflächen anzutreffen. Aus der Stichprobe wurden 34 % der mehrgeschossigen Holzgebäude mit sichtbaren oder teilweise sichtbaren Holzoberflächen im Deckenbereich ausgeführt. Der hohe Anteil an Stahlbetondecken in Abbildung 30 ergibt sich aus dem hohen Anteil an Hybridgebäuden der Gebäudestufe 1 in der Gebäudeklasse 5. Hier wurden bei den betrachteten Gebäuden häufig Stahlbetonskelettbauten mit Stahlbetondecken und außenliegenden Holzfassadensystemen realisiert.

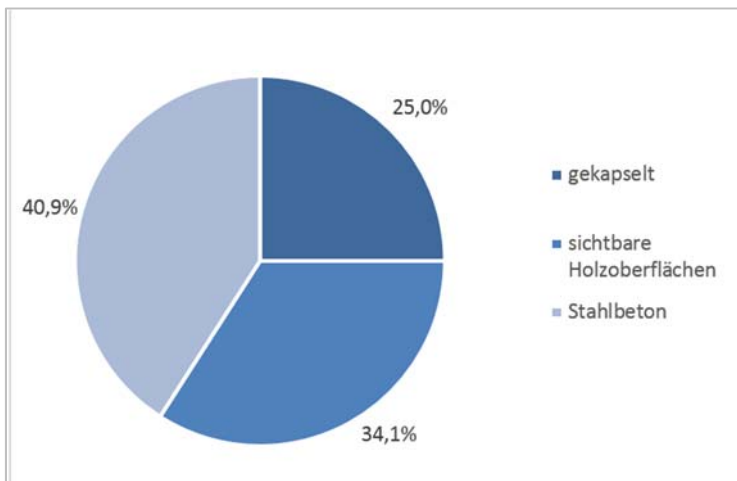


Abbildung 30: Ausführung der Decken in GKL 5 in Deutschland, Österreich und der Schweiz n=44

Bezüglich des Feuerwiderstandes ist eine ähnliche Vorgehensweise wie bei den tragenden Wänden zu erkennen. Die meisten Deckenkonstruktionen wurden mit einer Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten entsprechend den baurechtlichen Anforderungen in Deutschland für die Gebäudeklasse 5 ausgeführt.

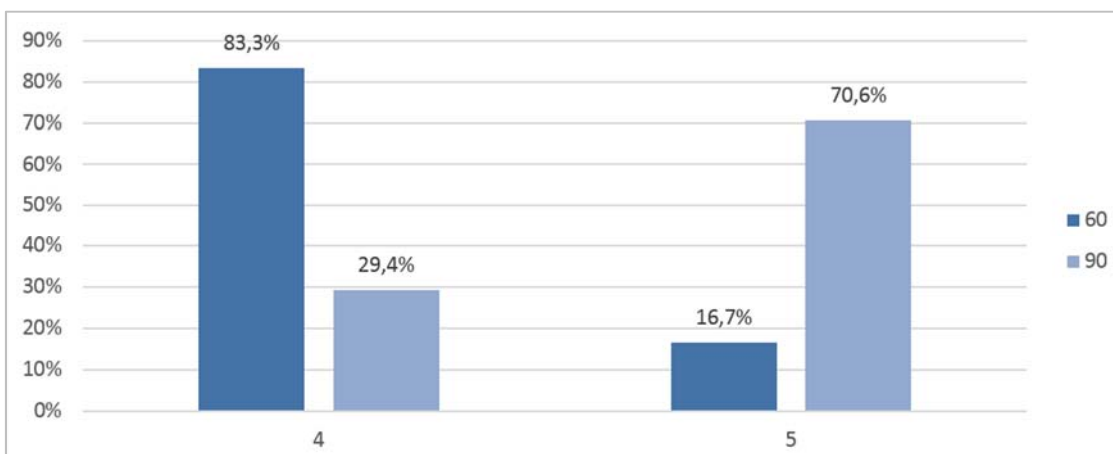


Abbildung 31: Anteil der Decken in der GKL 4 und 5 mit spezifischem Feuerwiderstand [in Minuten] in Österreich und Deutschland, n=35

4.4.4 Vertikale Erschließung und Aussteifungselemente

Die Möglichkeit einer Realisierung von Treppenhauskernen in Holz konnte inzwischen anhand einiger Referenzprojekte wie z.B. dem Kampa Gebäude (vgl. Abbildung 18) gezeigt werden. Diese Konstruktionsweise hat im Bereich des mehrgeschossigen Holzbaus einige Vorteile gegenüber der Ausführung in Stahlbeton. Durch einen hohen Vorfertigungsgrad kann der Kern im Rahmen der Montage des Gebäudes mit errichtet werden. Es sind keine zusätzlichen Arbeiten durch Rohbauunternehmen während oder vor der Montage der Geschosse in Holzbauweise notwendig. Durch die entfallenden Schalarbeiten und Trocknungszeiten wird der Bauprozess erheblich beschleunigt. Neben den zeitlichen Vorteilen ist bei vorgefertigten Holzelementen eine höhere Ausführungsqualität durch Fertigung in der Montagehalle und

Qualitätskontrollen im Herstellungsprozess möglich. Dennoch hat sich diese Ausführungsweise bis jetzt noch nicht durchgesetzt. Im Rahmen der hier betrachteten Objekte wurden die Kerne bei nahezu allen Gebäuden in Stahlbetonbauweise ausgeführt. Auf eine Abweichung von den baurechtlichen Anforderungen wurde hier in der Regel verzichtet.

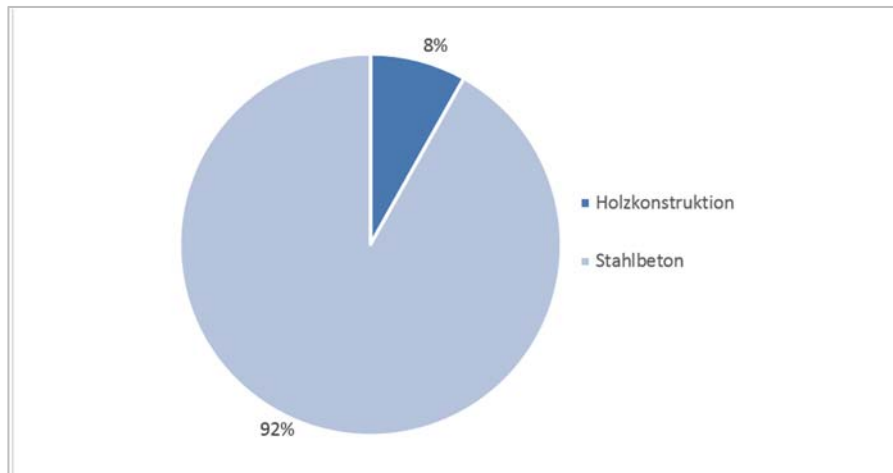


Abbildung 32: Konstruktion der Treppenhaukerne in der GKL 4+5 in Österreich, Deutschland und Schweiz, n=86

4.4.5 Kompensationsmaßnahmen durch Gebäudetechnik

Im Rahmen der Untersuchung wurden auch anlagentechnische Kompensationsmaßnahmen untereinander verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass bei den betrachteten Gebäuden in Deutschland als einzige und häufigste technische Kompensationsmaßnahme die Brandmeldeanlage oder eine Hausalarmanlage angegeben ist. Den Quellen lässt sich nicht entnehmen, ob es sich bei den installierten Anlagen um eine Brandmeldeanlage entsprechend den Angaben der DIN 14675 oder um reduzierte Ausführungen handelt. In Wohngebäuden wird in der Regel auf eine Aufschaltung auf die Feuerwehr verzichtet.

In den Quellen wurde kein mehrgeschossiges Wohngebäude der Gebäudeklasse 5 in Deutschland genannt, das mit einer Sprinklerung versehen war. Alle weiterführenden Kompensationsmaßnahmen waren baulicher Art. Beispielhaft können hier eine reduzierte Größe der Nutzungseinheiten oder verkürzte Fluchtwege genannt werden.

Eine ständig wiederkehrende Anwendung der gewählten Kompensationsmaßnahmen konnte bei der betrachteten Auswahl an Gebäuden nicht festgestellt werden. Da die Gebäude an sich unterschiedlich aufgebaut sind und auch die Abweichungen für jedes Gebäude gesondert festgelegt wurden, sind die gewählten Kompensationsmaßnahmen ebenfalls immer unterschiedlich.

5 Brandschutztechnische Untersuchung

Im Rahmen der Projektbearbeitung dieses Arbeitspaketes wird eine Grundlage zur brandschutztechnischen Vorabstimmung wesentlicher auftretender Abweichungen vom Baurecht für die ökologische Musterhaussiedlung im Prinz-Eugen-Park erarbeitet. Hierzu wurden auf Basis zweier Abstimmungsgespräche mit der Brandschutzdienststelle München (in Funktion der Feuerwehr und Branddirektion) Möglichkeiten diskutiert, die als Systemlösungen für den mehrgeschossigen Holzbau in der Gebäudeklasse 5 herangezogen werden können. Aufgrund der hohen Varianz an unterschiedlichen Gebäudestrukturen und Ausführungsmöglichkeiten werden häufig wiederkehrende Abweichungen im mehrgeschossigen Holzbau der Gebäudeklasse 5 definiert und diese in Form von Abweichungsanträgen der Brandschutzdienststelle vorgelegt. Nach erfolgreicher Prüfung und Freigabe können diese Abweichungen im bauaufsichtlichen Genehmigungsverfahren, bei der Prüfung des Brandschutznachweises durch die Brandschutzdienststelle, als zitierbare Grundlage für den weiteren Planungsprozess verwendet werden und gewährleisten somit eine größtmögliche Planungssicherheit im brandschutztechnischen Planungs- und Genehmigungsprozess. Basierend auf den Abstimmungsgesprächen zwischen der TUM und der Brandschutzdienststelle sollen folgende zentralen Abweichungen erörtert werden.

- Ausführung von Holzbaukonstruktionen mit der Klassifikation (R)EI90 K₂60 an Stelle von feuerbeständigen Bauteilen
- Anordnung sichtbarer Holzoberflächen bei Deckenbauteilen und linearen Holzbauteilen
- Ausführung von Treppenraumabschlusswänden und Brandwänden in Holzbauweise
- Ausbildung brennbarer Fassadenkonstruktionen aus Holz

Diese Abweichungen von den präskriptiven Anforderungen der Bayerischen Bauordnung sollen nach Abstimmung durch die Freigabe seitens der Brandschutzdienststelle ähnlich einer technischen Baubestimmung für das Projekt Prinz-Eugen-Park anwendbar sein.

Auf Basis der geplanten Gebäudestruktur und Größe, sowie der Angaben aus den vorgegebenen Planungsgrundsätzen der LH München werden mögliche Lösungsvarianten anhand von Erläuterungen und Detaildarstellungen beschrieben. Gegebenenfalls notwendige Kompensationsmaßnahmen werden im Rahmen der jeweiligen Abweichung betrachtet. Ziel ist die Umsetzung ökologischer und ressourceneffizienter mehrgeschossiger Holzgebäude bis zur Hochhausgrenze unter Einhaltung aller baurechtlichen und privatrechtlichen Schutzziele.

5.1 Gebäudeeinteilung und Abgrenzung

Im folgenden Teil der Untersuchung wird die Gebäudeeinteilung hinsichtlich brandschutztechnischer Aspekte erläutert. Zu Beginn erfolgt die Abgrenzung hinsichtlich der untersuchten

baulichen Aspekte des Brandschutzes und der in dieser Forschungsarbeit als konform vorausgesetzten Anforderungen des abwehrenden Brandschutzes, wie Struktur der Feuerwehrezufahren oder Anleiterbarkeit der Gebäude. Für diese wurden bereits Konzepte der LH München in Kooperation mit der Brandschutzdienststelle (Branddirektion / Feuerwehr) erarbeitet, die auch in den Bebauungsplan mit eingeflossen sind.

5.2 Gebäudestruktur ökologische Musterhausiedlung

Die Gebäudeeinteilung im Prinz-Eugen-Park ist durch die Rahmenbedingungen im Bebauungsplan vorgegeben. Im Bereich der ökologischen Musterhaussiedlung können die Gebäude entsprechend nachfolgender Darstellung zugeordnet werden.



Abbildung 33: Darstellung der Gebäudestruktur in der ökologischen Musterhaussiedlung [20]

Die Grundlage dieser Arbeit bilden die Angaben über die Gebäudestruktur und die Gebäudehöhe auf Basis des vorliegenden Bebauungsplanes. Hinsichtlich der tatsächlichen späteren Nutzung im Bereich der ökologischen Mustersiedlung und den zugehörigen Grundrissaufteilungen liegen in dieser frühen Phase noch keine detaillierten Angaben vor. Der Großteil der Gebäude wird als Wohnraum vorgesehen, kombiniert mit Einkaufsmöglichkeiten im Bereich WA 13 und Kindertagesstätten in WA 13 und WA 14. Die Einteilung und brandschutztechnische Betrachtung erfolgt somit ausschließlich über die angegebene Gebäudehöhe und unter der Annahme, dass die Fläche der einzelnen Nutzungseinheiten 400 m² nicht überschreitet.

5.3 Gebäudeeinteilung

Abhängig von Gebäudehöhe und vorliegender Gebäudestruktur kann eine Einteilung entsprechend der Darstellung in Abbildung 34 vorgenommen werden.

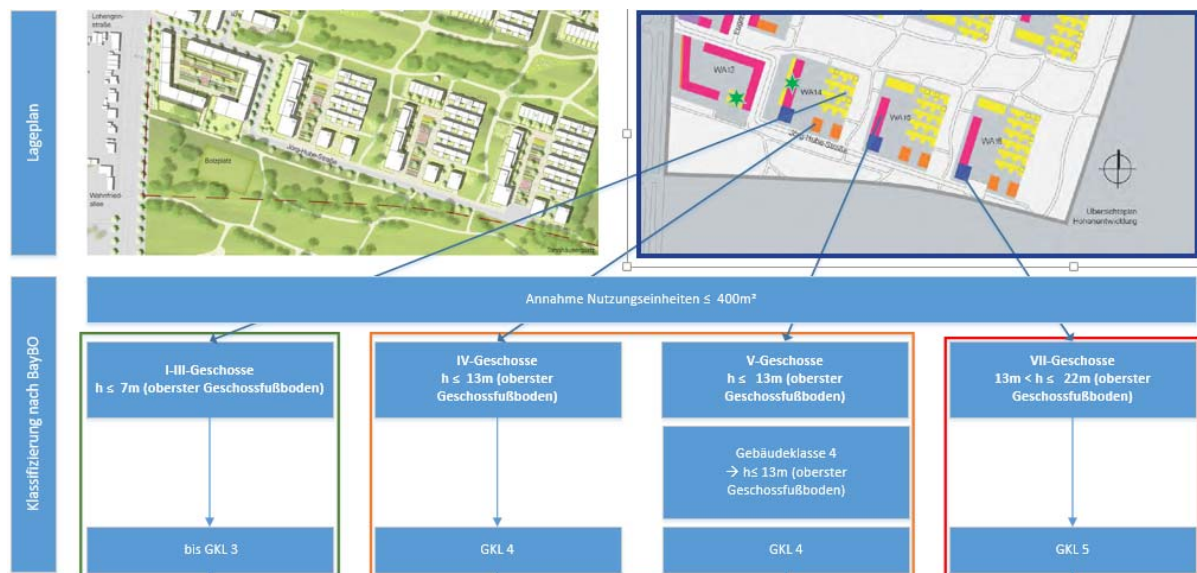


Abbildung 34: Ablaufschema Brandschutz Prinz-Eugen-Park

Die gelb dargestellten ein- bis dreigeschossigen Gebäude der Gebäudeklasse 1 bis 3 mit der baurechtlichen Anforderung „feuerhemmend“ können aktuell baurechtskonform als Holz- bzw. Hybridkonstruktionen ausgeführt werden. Notwendige Bemessungsansätze hinsichtlich Tragfähigkeit und Raumabschluss sind über Normen, wie z.B. DIN EN 1995-1-2:2010-12, E-DIN 4102-4/A1 oder herstellerspezifische Verwendbarkeitsnachweise gegeben. Diese Gebäudetypologie des Prinz-Eugen-Parks wird im Rahmen dieses Projektes nicht genauer untersucht. Hinsichtlich der Gebäudeklasse 4 wurde im Rahmen einer Forschungsarbeit an der Technischen Universität München 2014 ein detaillierter Detail- und Konstruktionskatalog für den mehrgeschossigen Holzbau [19] erarbeitet. Im Rahmen der Betrachtungen zur konstruktiven Ausbildung wird auf diese Arbeit Bezug genommen und die Gebäudeklasse 4 nicht nochmals gesondert untersucht.

Der Schwerpunkt wird auf die nach BayBO baurechtlich präskriptiv nicht geregelte Ausführung der Gebäudeklasse 5 unter Verwendung brennbarer Konstruktionsbaustoffe gelegt. Hierbei handelt es sich um die siebengeschossigen Gebäude als erhöhte Kopfbauten, die den Abschluss der fünfgeschossigen linearen Geschosswohnungsbauten bilden (in Abbildung 34 blau dargestellt). Diese Gebäude sind mit einer Höhe des obersten Geschossfußbodens von mehr als 13 m und weniger als 22 m der Gebäudeklasse 5 zuzuordnen und liegen unterhalb der Hochhausgrenze und somit nicht im Geltungsbereich der Hochhausrichtlinie.

5.4 Abgrenzung abwehrender Brandschutz

Im Rahmen der Projektentwicklung wurden laut Gestaltungsleitfaden des Referates für Stadtplanung und Bauordnung der LH München [20] bei der Gebäude- und Freiraumplanung die Anforderungen der Bauordnung und die Richtlinien der Feuerwehr berücksichtigt. Somit wird auf eine Untersuchung im Rahmen der Projektbearbeitung verzichtet. Sollte bei der Realisierung des Projektes davon abgewichen werden, ist eine spezielle Betrachtung des Einzelfalles erforderlich. Beispielhaft werden folgende drei Punkte aufgeführt, deren Einhaltung als Voraussetzung für die weiteren Untersuchungen gilt.

- Erschließungswege, Aufstellflächen und Feuerwehruzufahren sind in Abstimmung mit der Feuerwehr München vorhanden.
- Es besteht die Möglichkeit der Anleiterbarkeit um die Personenrettung und einen Löschangriff in den Obergeschossen sicherzustellen.
- Die Löschwasserversorgungen entsprechen den Anforderungen der Feuerwehr bzw. der DVGW Richtlinie (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.) Arbeitsblatt 405 Bereitstellung von Trinkwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung [n6] wird gewährleistet.

Ein Konzept bezüglich Feuerwehruzufahren, Anleiterbarkeit und möglicher Rettungswege ist im Gestaltungsleitfaden des Referates für Stadtplanung und Bauordnung der LH München [20] dargestellt. Diese sind gegebenenfalls im Zuge der Gebäudeplanung abhängig von der Nutzung und Grundrissgestaltung endgültig abzustimmen.

6 Brandschutztechnische Beurteilung

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Gebäude hinsichtlich brandschutztechnischer Aspekte untersucht. Hierfür wurden Ablaufdiagramme (Abbildung 34 und Abbildung 52 im Anhang) erarbeitet, welche Behörden, Planern und Ausführenden als Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden. Sie ermöglichen Ausführungsvarianten zu entwickeln und Entwürfe sowie Vorschläge besser beurteilen zu können. Der Inhalt der Ablaufdiagramme soll so einen mit der zuständigen Brandschutzdienststelle (Branddirektion und Berufsfeuerwehr München) abgestimmten Stand darstellen.

6.1 Bauordnungsrechtliche Anforderungen

Mit dem Standort München fällt das Projekt in den Geltungsbereich der bayerischen Bauordnung [n4] und unterliegt somit deren brandschutztechnischen Anforderungen, die in den wesentlichen Punkten hinsichtlich der Leistungsanforderung an Bauteile denen der deutschen Musterbauordnung [n1] entsprechen.

6.1.1 Gebäudeklasse 1 bis 3

Die ein- bis dreigeschossigen Gebäude werden den Gebäudeklassen 1 bis 3 zugeordnet.

Da hier vollständige baurechtliche und normative Regelungen für Holz- und Hybridgebäude vorliegen und eine Realisierung unter Einhaltung der baurechtlichen Anforderungen in Holz möglich ist, werden diese Gebäude nicht gesondert untersucht. Die Höhenbegrenzung der Gebäudeklasse 3 liegt bei 7 m über Gelände (Oberkante Fertigfußboden des obersten Geschosses). Diese Grenze gibt der Rettungsweg über die tragbare Steckleiter der Feuerwehr vor. Die konstruktiven brandschutztechnischen Anforderungen für die Gebäudeklasse 1 bis 3 sind in Art. 24 bis Art. 30 geregelt. Folgende Anforderungs- und Nachweisstruktur muss für diese Gebäudeklasse berücksichtigt werden (ausgenommen sind Sonderbauten):

- Standsicherheitsnachweis wird durch einen qualifizierten Tragwerksplaner erstellt.
- Die Prüfung des Standsicherheitsnachweises ist bei Erfüllung des Kriterienkataloges gemäß der Bauvorlagenverordnung (BauVorIV) [n21] nicht erforderlich.
- Brandschutznachweis wird durch einen Bauvorlageberechtigten erstellt.
- Die Prüfung des Brandschutznachweises ist unter Einhaltung der baurechtlichen Anforderungen (keine Abweichungen) nicht erforderlich.
- Die Verwendbarkeitsnachweise für Bauprodukte und Bauarten entsprechend BayBO Art. 15 bis Art. 23 liegen vor.

Das Vorgehen hinsichtlich der Nachweismethoden bei Gebäuden der Gebäudeklasse 1 bis 3 ist im Ablaufschema Brandschutz (Abbildung 35) auf der linken Seite (grün hinterlegt / umrahmt) dargestellt.

6.1.2 Gebäudeklasse 4

Für die Gebäudeklasse 4 existieren seit Einführung der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFH HolzR) [n2] im Jahre 2004 und der vorangegangenen Novellierung der Musterbauordnung (MBO) im Jahre 2002 ebenfalls baurechtskonforme Konstruktionslösungen für den mehrgeschossigen Holzbau. Die Autoren weisen darauf hin, dass die M-HFH HolzR seit deren Einführung nicht mehr angepasst wurde. Somit entsprechen die darin getroffenen Festlegungen nicht mehr vollständig dem Stand der Technik und dem Stand der Wissenschaft. Die Verwendung der heute häufig eingesetzten Massivholzkonstruktionen mit Ausnahme von Brettstapeldecken ist bisher nicht erfasst. Außerdem fordert die Richtlinie strikt eine 60-minütige Kapselbekleidung für hochfeuerhemmende Bauteile ohne alternative Konzepte zu berücksichtigen. Diese Lösung gilt in vielen Fällen jedoch als unwirtschaftlich. Des Weiteren sind gewünschte Sichtholzoberflächen nicht geregelt und bedingen immer einer Abweichung. Aus diesem Grund wird in dem dargestellten Schema (vgl. Abbildung 52 im Anhang) zusätzlich zur baurechtlichen Regelung der BayBO und M-HFH HolzR auf den Detail- und Konstruktionskatalog für die Gebäudeklasse 4 der Technischen Universität München [19] verwiesen. Die darin enthaltenen Bauteilaufbauten umfassen Lösungsvarianten zu Sichtholzoberflächen oder massive Holzkonstruktionen. Ebenso sind brandschutztechnisch und bauphysikalisch geprüfte Anschlussdetails von Wand- und Deckenkonstruktionen enthalten. Um ein Gebäude der Gebäudeklasse 4 zu realisieren, sind folgende Nachweise unter Wahrung der Schutzziele der M-HFH HolzR notwendig (Annahme kein Sonderbau):

- Der Standsicherheitsnachweis wird durch einen Bauvorlageberechtigten erstellt.
- Die Prüfung des Standsicherheitsnachweises erfolgt durch die Bauaufsicht, das Prüfamt oder den Prüflingenieur für Standsicherheit (Fachrichtung Holzbau).
- Der Brandschutznachweis muss durch eine für das Bauvorhaben bauvorlageberechtigte Person erstellt werden, die die erforderlichen Kenntnisse des Brandschutzes nachgewiesen hat (wenn kein Sonderbau).
- Die Prüfung eines abweichungsfreien Brandschutznachweises durch einen Prüflingenieur Brandschutz ist nicht erforderlich (wenn kein Sonderbau).
- Bestätigung des Nachweiserstellers oder eines anderen Nachweisberechtigten über eine mit dem Brandschutznachweis übereinstimmende Bauausführung und Überwachung durch einen Prüfsachverständigen für Standsicherheit bei Anwendung der M-HFH HolzR.
- Im Rahmen der Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle wird zur Genehmigung einer Abweichung von der BayBO bzw. der M-HFH HolzR eine zusätzliche Überwachung durch den Einsatz einer Fachbauleitung Brandschutz entsprechend des Leistungskataloges Heft Nr. 17 „Leistungen für Brandschutz“ (Niveau 2), herausgegeben durch den Ausschuss der Verbände und Kam-

mern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V (AHO), vorausgesetzt. Das oben genannte Vorgehen wird auch zur Bestätigung der mit dem Brandschutznachweis übereinstimmenden Bauausführung empfohlen.

- Die Verwendbarkeitsnachweise für Bauprodukte und Bauarten entsprechend Art. 15 bis Art. 23 liegen vor.

Das durch die TUM vorgeschlagene Vorgehen hinsichtlich der notwendigen Nachweise bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 ist im Ablaufschema Brandschutz (Abbildung 35) orange hinterlegt dargestellt.

6.1.3 Gebäudeklasse 5

Die bis zu siebengeschossigen Gebäude als Kopfbauten der linearen Wohnbebauung werden aufgrund ihrer Höhe der Gebäudeklasse 5 zugeordnet. Baurechtlich sind in dieser Gebäudeklasse tragende und aussteifende Bauteile zu verwenden, die entsprechend BayBO Art. 24 (2) Satz 3 Nr. 1 in Verbindung mit Satz 2 Nr. 2 [n4] überwiegend aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und im Falle des Raumabschlusses zusätzlich in Bauteilebene eine durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Materialien haben müssen. In der Praxis können somit mehrgeschossige Gebäude in Holz nur mit einer Abweichung von dieser präskriptiven Anforderung realisiert werden. Die Bayerische Bauordnung regelt den Umgang mit materiellen Abweichungen von baurechtlichen Anforderungen in Art. 63 (1) Satz 1:

„Die Bauaufsichtsbehörde kann Abweichungen von Anforderungen dieses Gesetzes und auf Grund dieses Gesetzes erlassener Vorschriften zulassen, wenn sie unter Berücksichtigung des Zwecks der jeweiligen Anforderung und unter Würdigung der öffentlich-rechtlich geschützten nachbarlichen Belange mit den öffentlichen Belangen, insbesondere den Anforderungen des Art. 3 Abs. 1 vereinbar sind; Art. 3 Abs. 2 Satz 3 bleibt unberührt.²Der Zulassung einer Abweichung bedarf es nicht, wenn bautechnische Nachweise durch einen Prüfsachverständigen bescheinigt werden.“

Dieser Prozess, beginnend mit der Beantragung bis zur Genehmigung der Abweichungen, kann sich als aufwendig und kostenintensiv darstellen. Zusätzlich besteht bis zur erteilten Genehmigung der Abweichung eine hohe Planungsunsicherheit. Um im Projekt Prinz-Eugen-Park den Bauherren, Planern, Behörden und ausführenden Firmen den Umgang mit den Abweichungen zu erleichtern, wurde im Rahmen dieser Forschungsarbeit eine Liste mit gängigen Abweichungen und falls notwendig, zugehörigen Kompensationsmaßnahmen erarbeitet. Hierzu wurde für die Gebäudeklasse 5 ein Organigramm erstellt, das die entsprechenden Abweichungen und mögliche abgestimmte Lösungsvarianten aufzeigt (vgl. Abbildung 52 im Anhang).

Die Projektbeteiligten können damit bereits in der Entwurfsphase dieser Gebäude auf genehmigungsfähige Konstruktionsvarianten zurückgreifen. Unter Berücksichtigung der objektspezifischen Sicherheitsbetrachtung können diese Lösungsvarianten in den Brandschutznachweis als mit Lokalbaukommission (Münchner Baugenehmigungsbehörde) und Feuerwehr (Branddirektion München) abgestimmte Varianten aufgenommen werden.

Die Grundlage für die Planung kann aus folgenden Bestandteilen zusammengesetzt werden:

BayBO Konstruktionskatalog der TUM für Gebäudeklasse 4 Konstruktionshinweise der TUM für Gebäudeklasse 5 (vgl. Abbildung 52) objektbezogene Konzepte durch den Brandschutzplaner
--

Folgende grundlegenden Nachweise sind für Gebäude der Gebäudeklasse 5 aus brandschutztechnischer Sicht entsprechend den baurechtlichen Anforderungen zu erbringen (Annahme kein Sonderbau):

- Der Standsicherheitsnachweis wird durch einen Bauvorlageberechtigten erstellt.
- Die Prüfung des Standsicherheitsnachweises erfolgt durch die Bauaufsicht, das Prüfamtsamt oder den Prüfsachverständigen für Standsicherheit (Fachrichtung Holzbau).
- Der Brandschutznachweis wird durch einen Bauvorlageberechtigten erstellt.
- Die Prüfung des Brandschutznachweises erfolgt durch die Bauaufsicht (Lokalbaukommission) oder einen Prüfsachverständigen für Brandschutz nach Wahl des Bauherrn.
- Es erfolgt eine Überwachung der Bauausführung durch den Prüfsachverständigen für Standsicherheit.
- Eine zusätzliche Überwachung durch den Einsatz einer Fachbauleitung Brandschutz entsprechend des Leistungskataloges Heft Nr. 17 „Leistungen für Brandschutz“ (Niveau 2), herausgegeben durch den Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V. (AHO), wurde im Rahmen der Abstimmungsgespräche mit der Brandschutzdienststelle als Voraussetzung für die Genehmigung einer Abweichung beschlossen.
- Die Verwendbarkeitsnachweise für Bauprodukte und Bauarten entsprechend BayBO Art. 15 bis Art. 23 liegen vor.

Das Vorgehen hinsichtlich Gebäudeklasse 5 ist im Ablaufdiagramm (vgl. Abbildung 35) auf der rechten Seite (rot hinterlegt) dargestellt.

6.1.4 Sonderbau Kindertagesstätte

Tageseinrichtungen für mehr als zehn Kinder zählen nach BayBO Art. 2 Abs. 4 als Sonderbauten. Neben den Grundanforderungen entsprechend der zugehörigen Gebäudeklasse an die Bauteile ergeben sich aus der Nutzung zusätzliche Anforderungen, die es im Brandschutznachweis zu untersuchen gilt. Obwohl es sich bei dieser Art der Nutzung um einen

nicht geregelten Sonderbau handelt, kann als Grundlage das Schreiben des Bayerischen Staatsministerium des Inneren zu Anforderungen an Tageseinrichtungen für Kinder [n12] mit zusätzlichen Anforderungen zu Rettungswegen, Ausgängen und Türen sowie Bauteilen, Baustoffen oder Alarmierung und Betrieb herangezogen werden. Die einzelnen Maßnahmen werden im Rahmen dieses Berichts nicht erläutert, da immer eine objektbezogene Betrachtung im Rahmen des Brandschutznachweises erforderlich ist.

Für Sonderbauten besteht immer eine Prüfpflicht des Brandschutznachweises, unabhängig von der auf Basis der Abmessungen zuzuordnenden Gebäudeklasse. Dies kann durch eine bauaufsichtliche Prüfung durch die Lokalbaukommission oder eine Bescheinigung durch einen Prüfsachverständigen erfolgen. Das Vorgehen hinsichtlich des Sonderbaus ist im Ablaufschema (Abbildung 34) auf der rechten Seite am Beispiel der Kindertagesstätten dargestellt.

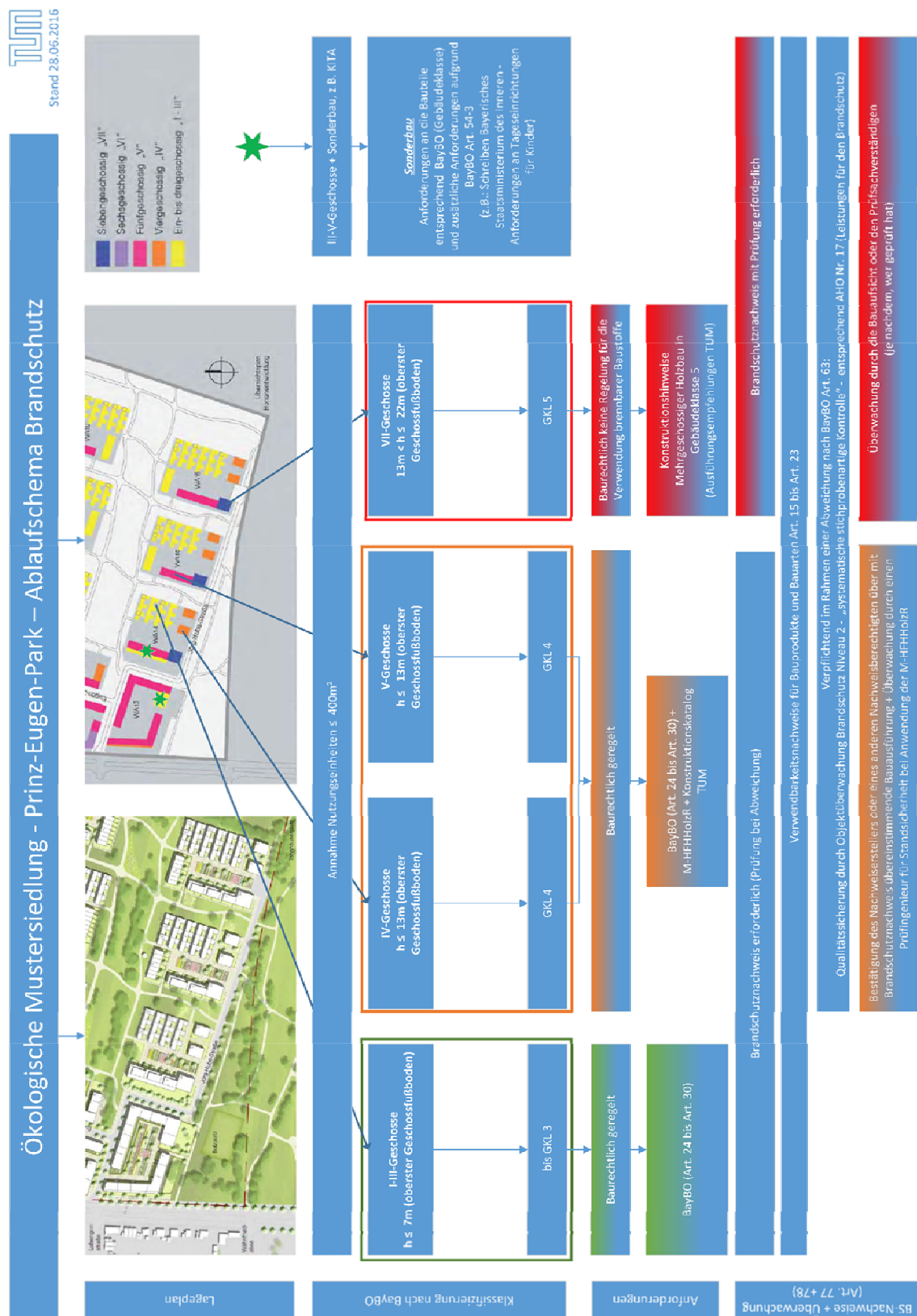


Abbildung 35: Organigramm - Klassifizierung der Gebäude nach BayBO (2015) + Anforderungen

6.2 Brandschutztechnische Anforderungen und Lösungen im Prinz-Eugen-Park

Ausgehend von den gestellten Bauteilanforderungen entsprechend BayBO Art. 25 bis 37 wurden die Abweichungen für typische Ausführungsvarianten in Holz ermittelt und unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten aus bestehenden Gebäuden, Brandversuchen und Ergebnissen abgeschlossener Forschungsprojekte Lösungsansätze erarbeitet. Als Hilfsmittel zur praktischen Anwendung wurde ein Gesamtschema erarbeitet (vgl. Abbildung 52 im Anhang). Da zum Zeitpunkt der Untersuchung noch keine detaillierten Baupläne der Gebäude vorlagen, sind die entwickelten Lösungskonzepte allgemeine Betrachtungen und können objektbezogene Brandschutzkonzepte nicht ersetzen. Die abgestimmten Abweichungen sollen als zitierbare Grundlage für die brandschutztechnische Planung im Prinz-Eugen-Park dienen und eine größtmögliche Planungssicherheit gewährleisten.

Aufgrund der hohen Varianz und unterschiedlichen Gebäudestrukturen kann im Vorfeld nur ein begrenzter Umfang an häufig wiederkehrenden Abweichungen abgestimmt werden. Diese werden nachfolgend dargestellt und erläutert:

- Ausführung von Holzbaukonstruktionen erfolgt mit der Klassifikation (R)EI90 K₂60 an Stelle von feuerbeständigen Bauteilen
- Anordnung sichtbarer Holzoberflächen bei Deckenbauteilen und linearen Holzbauteilen
- Ausführung von Treppenraumabschlusswänden und Brandwänden in Holzbauweise
- Ausbildung brennbarer Fassadenbekleidungen aus Holz

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass im Rahmen der Realisierung der Gebäude trotz Verwendung biogener und brennbarer Baustoffe das Ziel besteht, das Sicherheitsniveau nicht zu reduzieren und die definierten Schutzziele entsprechend Baurecht und E-DIN-18009-1:2015-04 einzuhalten. Nachfolgend werden die Abweichungen von den präskriptiven Anforderungen der bayerischen Bauordnung (2015) erläutert und die entsprechende Gleichwertigkeit mit den Anforderungen des Baurechts und der eingeführten Technischen Baubestimmungen auf Basis ingenieurtechnischer Verfahren (argumentativ bzw. leistungsbezogen) dargestellt.

6.2.1 Abweichungen von feuerbeständig auf Holzbauweise (R)EI90 K₂60

6.2.1.1 Präskriptive Anforderung

Nach BayBO Art. 24 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 müssen tragende und aussteifende Teile feuerbeständiger Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und bei raumabschließender Anforderung zusätzlich eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen aufweisen.

6.2.1.2 Ausführung in Holzbauweise

Abweichend zu feuerbeständigen Bauteilen werden tragende und raumabschließende Wände und Decken in Holzbauweise (Massivholz/Holztafelbauweise) der Feuerwiderstandsdauer REI90 mit einer brandschutztechnisch wirksamen Kapselbekleidung K₂60 errichtet. Es werden ausschließlich Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen verwendet.

Es liegt somit eine materielle Abweichung aufgrund der Verwendung brennbarer Konstruktionsbaustoffe entsprechend **BayBO Art. 63 Abs. 1** vor.

6.2.1.3 Beurteilung und Risikoanalyse

Die vorgesehenen Holzbauteile erfüllen in vollem Umfang die nach Baurecht gestellten Anforderungen an den Feuerwiderstand und sind durch entsprechende baurechtliche Verwendbarkeitsnachweise nachgewiesen. Durch die Verwendung brennbarer Baustoffe besteht die Gefahr einer Beteiligung der Konstruktionsbauteile am Brandgeschehen. Diese muss über ausreichenden Zeitraum behindert bzw. ausgeschlossen werden. Des Weiteren ist eine Brand- und Rauchweiterleitung sowohl im Bauteil als auch über die Grenzen von Nutzungseinheiten hinweg über ausreichenden Zeitraum zu begrenzen. Grundsätzlich darf durch die gewählte Bauweise keine Verschlechterung der Möglichkeit zur Durchführung wirksamer Löscharbeiten eintreten.

6.2.1.4 Begründung und Kompensation

Die Einhaltung der geforderten baurechtlichen Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten wird durch eine Bemessung auf Basis Eingeführter Technischer Baubestimmungen (ETB) bzw. durch allgemein gültige bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise sichergestellt. Die Forderung der durchgängigen nichtbrennbaren Schicht für feuerbeständige, raumabschließende Bauteile entsprechen BayBO Art. 24 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 zwischen den Nutzungseinheiten ist durch die brandschutztechnische Kapselbekleidung bzw. nichtbrennbare Estrichkonstruktion eingehalten. Durch die raumseitige K₂60 Kapselbekleidung wird über einen Zeitraum von 60 Minuten ein zu üblichen mineralischen Bauweisen äquivalentes Bauteilverhalten gewährleistet. Eine Beteiligung der Tragkonstruktion am Brandgeschehen kann somit für mindestens 60 Minuten ausgeschlossen werden.

Die Konstruktionen werden hohlraumfrei und luftdicht ausgeführt, so dass eine Weiterleitung von Heiß- und Rauchgasen innerhalb der Konstruktion und in andere Nutzungseinheiten ausgeschlossen wird. Bei Holztafelbauteilen werden zur Sicherstellung der Hohlraumfreiheit nichtbrennbare Dämmstoffe (nach DIN 4102-17, Schmelzpunkt $\geq 1000^{\circ}\text{C}$) verwendet. Eine

Weiterleitung des Brandes durch mineralisch bekleidete, massive Holzquerschnitte bzw. flächige Massivholzelemente ist damit nicht zu erwarten. Durch die Fugenausbildung entsprechend M-HFHHolzR bzw. Konstruktionskatalog der TUM [19] wird eine Weiterleitung von Feuer und Rauch über objektbezogene Fugen innerhalb der Klassifikationszeit verhindert.

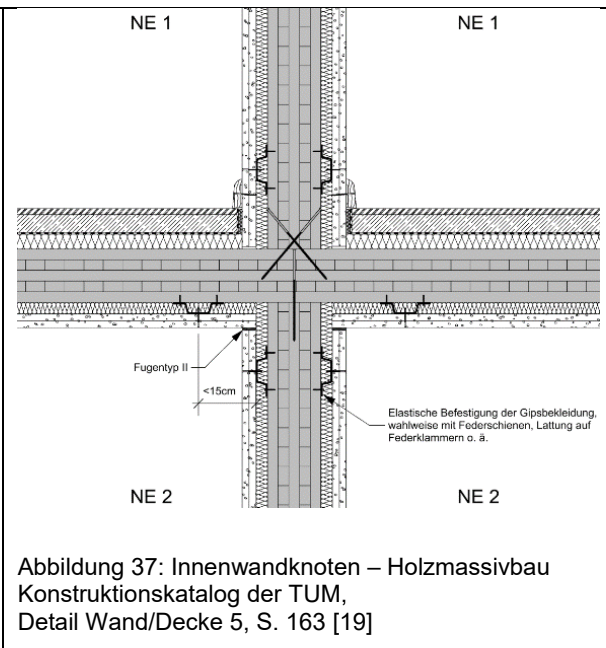
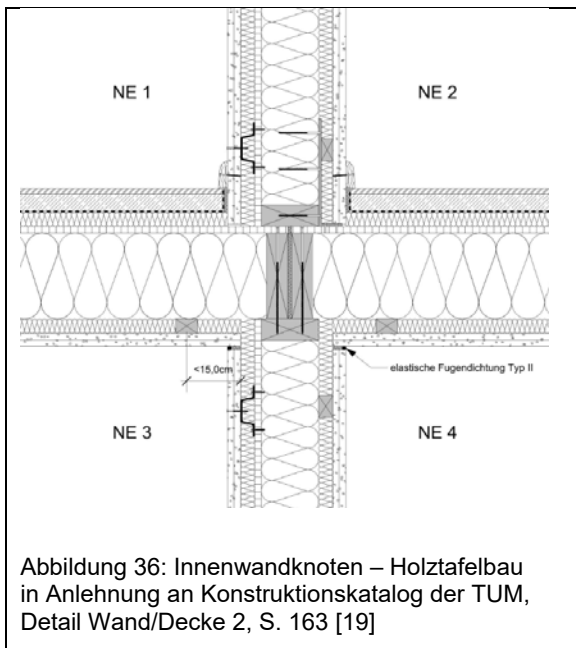
Um eine Ausbreitung von Feuer und Rauch in andere Nutzungseinheiten und Geschosse ausreichend zu behindern, wird im Bereich horizontaler, raumabschließender Bauteile (Decken) eine durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen in ausreichender Dicke angeordnet.

Als zusätzliche Kompensationsmaßnahme wird eine Überwachung der Baumaßnahme in Form einer Fachbauleitung Brandschutz (Niveau 2 nach AHO-2015) durchgeführt. Die systematische und stichprobenartige Kontrolle während der Bauzeit soll die korrekte Ausführung der geplanten Konstruktionen, die zum Erreichen der gestellten Anforderungen notwendig ist, sicherstellen und eine hohe brandschutztechnische Ausführungsqualität gewährleisten.

6.2.1.5 Erläuterung und Beispiel zur Risikoanalyse und Beurteilung

6.2.1.5.1 Beteiligung der Konstruktion am Brandgeschehen

Tragende und aussteifende Bauteile werden mit einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung der Holzbauteile entsprechend DIN-EN 13501-2:2010-02 ausgeführt, wodurch ein Mitwirken der Holzbauteile am Brandgeschehen über einen Zeitraum von mindestens 60 Minuten ausgeschlossen wird. Durch die angestrebte Nutzung als Wohnraum kann innerhalb dieser Zeit i.d.R. vom Verbrauch der mobilen Brandlast unter Vollbrandbedingungen ausgegangen werden. Es kann somit über diesen Zeitraum von einem zu mineralischen Bauweisen äquivalenten Bauteilverhalten ausgegangen werden. Darüber hinaus werden die Anforderungen an die Tragfähigkeit und den Raumabschluss für mindestens 90 Minuten sichergestellt. Die technisch korrekte Ausführung der Konstruktion ist Voraussetzung für die Funktion der Kapselbekleidung und Sicherstellung der Schutzziele. Beispielhaft wird ein Innenwandknoten für Holzrahmenbau und Holzmassivbau aus dem Detail- und Konstruktionskatalog der TUM [19] mit einer möglichen Ausführung der Kapselbekleidung entsprechend M-HFHHolzR sowie einer durchgehenden mineralischen Schicht dargestellt (vgl. Abbildung 36 und Abbildung 37).



Eine Überwachung der Baumaßnahme in Form einer Fachbauleitung Brandschutz (Niveau 2 nach AHO-2015) als zusätzliche Kompensationsmaßnahme soll die technisch richtige Ausführung und somit auch die Einhaltung der geforderten Schutzziele sicherstellen.

6.2.1.5.2 Behinderung der Brand- und Rauchweiterleitung im Bauteil sowie über die Grenzen von Nutzungseinheiten hinweg

Die bayerische Bauordnung regelt in Art. 12 die grundlegende brandschutztechnische Schutzzielanforderung:

*„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der **Entstehung** eines Brandes und der **Ausbreitung** von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“ [n4]*

Die Ausbreitung von Feuer und Rauch ist durch konstruktive Maßnahmen sowohl im Bauteil als auch über die Grenzen von Nutzungseinheiten hinweg über ausreichenden Zeitraum zu begrenzen. Ebenso muss die Möglichkeit der wirksamen Löscharbeiten gewährleistet werden. Dies betrifft damit auch die Behinderung bzw. den Ausschluss unkontrollierbarer Hohlraum- und/oder Glimmbrände innerhalb der Bauteile.

Um Ausbreitung von Feuer und Rauch für die geforderte Feuerwiderstandsdauer zu vermeiden und wirksame Löschmaßnahmen zu gewährleisten, werden nachfolgende Anforderungen gestellt:

- brandschutztechnisch wirksame Bekleidung
- Feuerwiderstand entsprechend baurechtlicher Anforderung (für GKL 5 mindesten 90 Minuten)
- hohlraumfreie und luftdichte Bauteilkonstruktionen
- Fugenausbildung entsprechend M-HFHolzR und Detailkatalog TUM
- durchgängig nichtbrennbare Schicht im flächigen horizontalen Bauteil (Decke)

Die Funktion und Leistungsfähigkeit der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung wurde im Abs. 6.2.1.5.1 bereits dargestellt und erläutert. Der notwendige Feuerwiderstand der so bekleideten Bauteile kann für mindestens 90 Minuten auf Basis von ETBs bzw. durch allgemeine bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise sichergestellt werden. Innerhalb dieser Zeit kann für mindestens 60 Minuten von einer leistungsfähigen Brandschutzbekleidung und damit einem Ausschluss der Holzbauteile am Brandgeschehen ausgegangen werden.

Hinsichtlich der Brandausbreitung über Hohlräume bzw. Fugen kann zwischen objektbezogenen Fugen und bauteilbezogenen Fugen unterschieden werden. Objektbezogene Fugen entstehen an den Bauteilfügungspunkten und sind entsprechend den Regelungen der M-HFHolzR und dem Detail- und Konstruktionskatalog der TUM [19] auszubilden.

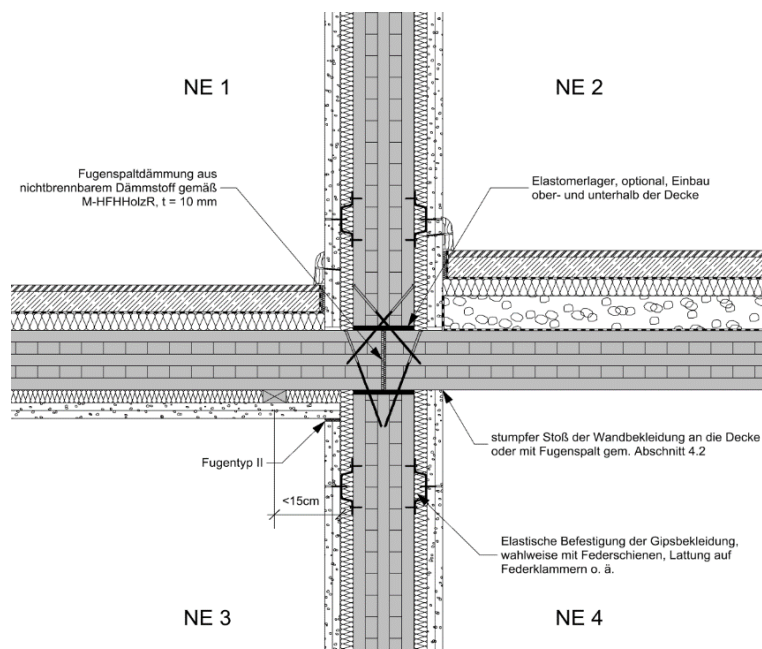


Abbildung 38: Innenwandknoten – Holzmassivbau - BSP
Konstruktionskatalog der TUM, Detail Wand/Decke 2, S. 164 [19]

Neben den objektbezogenen Fugen müssen auch bauteilbezogene Fugen (Füguingsstellen der einzelnen Bauprodukte aus denen das Bauteil zusammengesetzt ist) betrachtet werden. Auch hier wird auf die geprüften Ausführungsvarianten nach allgemeinen Verwendbarkeitsnachweisen und auf die Prinzipien der M-HFHolzR sowie auf den Detail- und Konstruktionskatalog der TUM [19] verwiesen.

Für vorgenannte Ausführungen kann somit unabhängig vom Typ der Tragkonstruktion eine Brandausbreitung innerhalb der Bauteile über den Zeitraum der Leistungsfähigkeit der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung ausgeschlossen werden.

Tritt nach Versagen der brandschutztechnischen Bekleidung bzw. durch Initialbrände innerhalb der Konstruktion eine Beanspruchung der Holzbauteile auf, behindern nachfolgende Maßnahmen eine Brandweiterleitung im Element bzw. schließen diese aus, wodurch die Forderungen im Hinblick auf die brandschutztechnische Leistungsfähigkeit des Feuerwiderstandes und für wirksamen Löschmaßnahmen erfüllt werden. Bei Holztafelbauweisen ist durch eine vollständige Füllung der Hohlräume mit nichtbrennbaren Dämmstoffen und die Einbringung der Dämmmaterialien mit Übermaß (Klemmwirkung) eine Brandweiterleitung nach Versagen der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung oder durch einen Initialbrand innerhalb der Konstruktion mit ausreichender Wahrscheinlichkeit nicht zu erwarten. Gleiches gilt für bauteilbezogenen Fügungen, deren Spalte und Hohlräume mit nichtbrennbaren Dämmstoffen (Schmelzpunkt $\geq 1000^{\circ}\text{C}$) vollständig ausgefüllt bzw. hohlraumfrei sind, vgl. Abbildung 36 bis Abbildung 38.

Im Falle der Holzmassivbauweise ist durch die fugenfreie Ausbildung der Decklagen, und der damit quasi monolithischen Ausbildung der Elemente eine Weiterleitung durch Hohlräume bzw. der Brandeintritt in die Konstruktion ausgeschlossen. Demzufolge wird bei der Verwendung von Brettsperrholz eine Schmalseitenverklebung der einzelnen Lamellen, z.B. der Decklagen in der Dicke des zu erwartenden Abbrandes, als erforderlich erachtet.

Betrachtet man die Anzahl des Auftretens von voll entwickelten Bränden innerhalb der Stadt München, die Leistungsfähigkeit der Brandschutzbekleidung und die angestrebte Hilfsfrist, kann davon ausgegangen werden, dass im Rahmen des Löscheinsatzes ein Brand von bekleideten Holztafelkonstruktionen oder Massivholzkonstruktionen selbst bei Versagen der Brandschutzbekleidung abgelöscht ist, bevor eine großflächige Brandweiterleitung erfolgen kann. Die Löschbarkeit und damit Beherrschbarkeit des Brandereignisses wurde z.B. durch Hosser & Kampmeier [31] experimentell nachgewiesen. Weder in der Fläche noch in den Anschlussbereichen waren unkontrollierbare Brände zu verzeichnen. Erweiternd dazu wird auf die Untersuchungen von Gräfe [19] sowie Teibinger [17] verwiesen, die ebenfalls vorangestellte Aussagen bei unbekleideten flächigen Massivholzbauteilen bestätigen, vgl. Abbildung 39 und Abbildung 40.



Abbildung 39: Bild aus Gräfe – Untersuchungen [19]



Abbildung 40: Bild aus Taibinger – Untersuchungen [17]

Weitere Bestätigung finden diese Aussagen in den Untersuchungen zum Einfluss von Elektroinstallationen auf die brandschutztechnische Beurteilung des Feuerwiderstandes von Holzbauteilen sowie innerhalb der Untersuchungen zur brandschutztechnisch sicheren Ausführung von vorgenannten Elektroinstallationen in Holzbauteilen. Auch hier konnte keine unkontrollierte Brandweiterleitung innerhalb der Bauteile beobachtet werden [19]. Bei der Versuchsdurchführung hat sich eine erhebliche Brandbeanspruchung der Konstruktion hinter der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung im Bereich der nicht ausreichend geschützten Aussparungen (Elektrodosen) gezeigt. Die Dämmung bei Holztafelementen war braun verfärbt und bei den Massivholzbauteilen ein Einbrand um die Dose und im Bereich der Kabelkanäle entstanden (vgl. Abbildung 41, Abbildung 42). In beiden Fällen konnte keine Brandausbreitung hinter der Bekleidung oder ein fortandauerndes Glimmen beobachtet werden.



Abbildung 41: Brandbeanspruchung im Bereich der Elektrodosen hinter der Kapselbekleidung in Massivholzbauteilen [19]



Abbildung 42: Brandbeanspruchung im Bereich der Elektrodosen hinter der Kapselbekleidung in Holztafelbauelementen [19]

Die tragende Konstruktion muss, unabhängig davon, ob aufgelöste Tragkonstruktionen wie z.B. Holztafelbauweisen oder nicht aufgelöste Konstruktionen wie Massivholzbauweisen vorliegen, durch entsprechende Ausführungsvarianten eine Brand- bzw. Rauchweiterleitung durch Hohlräume innerhalb der Tragkonstruktion behindern. Sowohl eine luftdichte Ausführung der Bauteile als auch deren Anschlüsse zu benachbarten Bauteilen werden bereits infolge weiterführender bauphysikalischer Anforderungen notwendig. Diese innerhalb der Bauteile liegende Funktionsschicht trägt im Brandfall zum Ausschluss von Konvektionsströmen (Heiß- und Rauchgas) bei und stellt somit eine essentielle Maßnahme zur Begrenzung der Brandausbreitung innerhalb von Bauteilen dar.

Seitens der Brandschutzdienststelle München wird für die Verwendung brennbarer Baustoffe bei raumabschließenden Bauteilen, für die baurechtlich die Anforderung feuerbeständig gilt, eine Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen für horizontale trennende Bauteile (Decken) als notwendig erachtet. Diese Schicht kann im Bereich der flächigen Bauteile der Nutzungseinheiten durch eine Kapselbekleidung (Wände/Decken) oder eine nichtbrennbare Estrichkonstruktion (Trittschalldämmung und Estrich) im Bereich der Decken umgesetzt werden.

Die baurechtliche Forderung der durchgängigen nichtbrennbaren Schicht für feuerbeständige, raumabschließende Bauteile entsprechen BayBO Art. 24 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 zwischen den Nutzungseinheiten ist durch die brandschutztechnische Kapselbekleidung bzw. nichtbrennbare Estrichkonstruktion eingehalten.

6.2.2 Anordnung sichtbarer Holzoberflächen bei Deckenbauteilen und linearen Holzbauteilen.

6.2.2.1 Präskriptive Anforderung

Nach BayBO (2015) Art. 24 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 müssen tragende und aussteifende Teile feuerbeständiger Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und bei raumabschließender Anforderung zusätzlich eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen haben. Dieses Kriterium kann auch mit sichtbaren Holzoberflächen (z.B. Deckenbekleidung einer massiven Stahlbetondecke mit Holz) eingehalten werden. Für tragende sichtbare Holzkonstruktionen hingegen handelt es sich um eine Abweichung entsprechend Abs. 3.2.1. Für feuerbeständige Bauteile werden im Rahmen der Projektbearbeitung die Anforderungen der M-HFHHolzR für hochfeuerhemmende Bauteile als Grundlage herangezogen. Nach BayBO Art. 24 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 sowie entsprechend der M-HFHHolzR, werden im Falle tragender und aussteifender brennbarer Bauteile eine allseitig brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen sowie Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen gefordert.

6.2.2.2 Ausführung sichtbarer Holzoberflächen

Tragende Massivholzdecken sowie lineare Holzbauteile (Stützen/Träger) sollen innerhalb einzelner Räume bzw. Nutzungseinheiten mit sichtbaren Holzoberflächen ausgeführt werden können. Mit nicht brennbaren Dämmstoffen vollausgedämmte Rippen- oder Balkendecken werden unterseitig mit einer brennbaren Schutzbekleidung (sichtbare Holzoberfläche) ausgeführt.

Es liegt somit eine materielle Abweichung entsprechend **BayBO Art. 63 Abs. 1** von den Anforderungen aus BayBO Art. 24 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2, außerdem aufgrund der Abweichung von der M-HFHHolzR eine Abweichung von **BayBO Art. 3 Abs. 2** vor.

6.2.2.3 Beurteilung und Risikoanalyse

Durch die Verwendung brennbarer Bauteiloberflächen ist eine Beteiligung am Brandgeschehen zu erwarten. Es darf trotz der brennenden Bekleidungs- bzw. Bauteiloberfläche keine Brand- und Rauchweiterleitung, weder im Bauteil noch im weiteren Verlauf über die Grenzen von Nutzungseinheiten hinweg, über den notwendigen Schutzzeitraum erfolgen. Grundsätzlich darf durch die gewählte Bauweise keine Verschlechterung der Möglichkeit zur Durchführung wirksamer Löscharbeiten eintreten.

6.2.2.4 Begründung und Kompensation

Sämtliche Bauteile mit sichtbaren Holzoberflächen werden auf die baurechtlich geforderte Feuerwiderstandsdauer auf Basis Eingeführter Technischer Baubestimmungen (ETB) bzw. durch allgemein gültige bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise bemessen. Sie werden hohlraumfrei und luftdicht ausgeführt. Der Funktionserhalt der Tragfähigkeit und des Raumabschlusses wird über die Dauer von 90 Minuten erfüllt.

Durch die Ausführung sichtbarer Deckenoberflächen ist entsprechend den Untersuchungen von Studhalter [30] von einem nur unwesentlich schneller eintretenden Flash-Over-Zeitpunkt

auszugehen. Analog dazu kann von einem ähnlich geringfügigen Beitrag durch unbekleidete linearen Bauteilen wie Stützen und Balken ausgegangen werden. Durch einzelne lineare Bauteile oder Unterzüge ist zudem infolge ihrer lokalen und linearen Anordnung nur ein geringer Beitrag zur Brandausbreitung im Raum zu erwarten.

Durch die sichtbaren Holzoberflächen sind zusätzliche immobile Brandlasten vorhanden, deren Beteiligung am Brandgeschehen nicht auszuschließen ist. Aus diesem Grund werden diese Bauteile nur in den brandschutztechnisch abgeschlossenen Nutzungseinheiten innerhalb von Wohnräumen und nicht im Bereich von notwendigen Fluchtwegen oder Fluren verwendet. Da die Größe der Nutzungseinheit einen wesentlichen Einflussfaktor für die erfolgreiche Brandbekämpfung darstellt, soll im Falle der Verwendung von Sichtholzoberflächen die Nutzungseinheit auf maximal 200 m² begrenzt werden.

Zur Behinderung einer Brandausbreitung in bzw. innerhalb des Bauteils durch Hohlräume oder Fugen, werden die unterseitigen Brettlagen bzw. die Brettlagen der unterseitigen Bekleidung mindestens über eine Dicke des rechnerisch zu erwartenden Abbrandes (z.B. nach E-DIN 4102-4/A1 oder in Anlehnung an DIN-EN 1995-1-2:2010-12) schmalseitenverklebt und damit monolithisch hergestellt, ausgeführt. Beispielhaft wird der rechnerische Abbrand für Brettsper Holz unter einer eindimensionalen Brandbeanspruchung von 60 bzw. 90 Minuten in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Beispiel Abbrandtiefe von sichtbaren Brettsper Holzbauteilen

	Deckenbauteile (Abbrand nur innerhalb der ersten brandraumseitigen Brettlage)		Deckenbauteile (Abbrand über die erste brandraumsei- tige Brettlage hinaus, Abfall von Brettla- gen möglich)	
Abbrandrate nach E DIN 4102-4 A1	0,65 mm/min		1. Lage: 0,65 mm/min weiter Lagen: 1,3 mm/min bis zu einer Tiefe von 25 mm anschließend wieder 0,65 mm/min	
Brandbeanspruchung [min]	60	90	60	90
Abbrandtiefe [mm] Brand- schutzmaßnahmen [24]	39	58,5	lagenabhängig	

Als zusätzliche Maßnahme wird eine Überwachung der Baumaßnahme in Form einer Fachbauleitung Brandschutz (Niveau 2 nach AHO-2015) gefordert. Die systematische und stichprobenartige Kontrolle während der Bauzeit soll die korrekte Ausführung der geplanten Konstruktionen, die zum Erreichen der gestellten Anforderungen notwendig ist, sicherstellen und eine hohe brandschutztechnische Ausführungsqualität gewährleisten.

6.2.3 Abweichung zur Ausbildung von Wänden notwendiger Treppenräume in Holzbauweise

6.2.3.1 Präskriptive Anforderung

Entsprechend BayBO Art. 33 (4) Nr. 3 müssen Wände notwendiger Treppenräume der Gebäudeklasse 5 die Bauart von Brandwänden haben. Somit müssen diese nach BayBO Art. 28 (3) Satz 1 unter mechanischer Beanspruchung feuerbeständig sein und aus nicht-brennbaren Baustoffen bestehen.

6.2.3.2 Ausführung von Wänden notwendiger Treppenräume in Holzbauweise

Umfassungswände notwendiger Treppenräume (in der Bauart von Brandwänden in GKL 5) sollen als tragende und raumabschließende Bauteile abweichend in Massivholzbauweise als Brandwandersatzwände der Qualität (R)EI90-M + K₂60 (nach allgemein gültigem bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis) errichtet werden.

Es liegt somit eine materielle Abweichung entsprechend **BayBO Art. 63 Abs. 1** bezüglich der Verwendung brennbarer Konstruktionsbaustoffe vor.

6.2.3.3 Beurteilung und Risikoanalyse

Notwendige Treppenräume und deren raumabschließende Umfassungswände stellen brandschutztechnisch das höchste Gut sowohl für die Eigen- und Selbstrettung von Nutzern als auch für den erfolgreichen Einsatz von Rettungs- und Löschmaßnahmen durch die Feuerwehr dar.

Eine Brand- und Rauchweiterleitung muss über einen ausreichenden Zeitraum sowohl über die Grenze der Treppenraumumfassung als auch im Bauteil begrenzt bzw. möglichst gänzlich ausgeschlossen sein. Bei Verwendung brennbarer Konstruktionsschichten müssen diese entsprechend ausfallsicher vor Brandbeanspruchung bzw. -eintrag geschützt werden. Ein Versagen von Anschlüssen mit der einhergehenden Öffnung von Fugen oder sonstigen Brandpfaden bzw. ein Durchbrand in den Treppenraum hinein muss mit ausreichender Wahrscheinlichkeit auch unter mechanischer Stoßbeanspruchung ausgeschlossen sein. Gegen den Verlust der Funktion der Kapselbekleidung als durchgängige mineralische Schicht sind ausreichend vorkehrende Schutzmaßnahmen zu treffen.

6.2.3.4 Begründung und Kompensation

Die Umfassungswände der Treppenräume werden als hohlraumfreie mehrschalige Wandkonstruktionen ausgeführt.

Die bauaufsichtlich geforderte Widerstandsdauer an den Raumabschluss und ggf. die Tragfähigkeit von mindestens 90 Minuten unter mechanischer Beanspruchung wird vollständig durch die treppenraumseitig angeordnete Wandschalenkonstruktion (Kernwand) gewährleistet. Die Kernwand wird über alle Geschosse geführt und durch andere Bauteile nicht durchstoßen. Eine Beteiligung am Brandgeschehen ist durch die allseitige Kapselung in der Qualität K₂60 über einen Zeitraum von 60 Minuten ausgeschlossen. Für das reine Kernbauteil kann in dieser Zeit von einem zu mineralischen Bauteilen äquivalenten Brandverhalten ausgegangen werden.

Installationen werden außerhalb der Kernwand geführt, um eine Durchdringung der Kapselbekleidung der Kernwand zu vermeiden. Abweichend davon werden einzelne elektrische Leitungen, Hüllrohre und Hohlwanddosen zur Versorgung des Treppenhauses nur unter Einhaltung der Konstruktionsbedingungen entsprechend M-HFHolzR und dem Konstruktionskatalog der TUM [19] eingebaut.

Flucht und Rettungswege sind im Allgemeinen frei von Brandlasten zu halten. Somit ist treppenraumseitig keine Brandbeanspruchung größer 60 min zu erwarten. Die angeordnete Kapselbekleidung gewährleistet damit ein analoges Brandverhalten zu mineralischen Bauteilen. Aus Sicht der Brandschutzdienststelle besteht das Bedenken eines durch mechanische Beschädigung hervorgerufenen vorzeitigen Versagens der Kapselbekleidung im Brandfall. Die als REI90-M K₂60 klassifizierte Kernwand erhält somit brandraumseitig (Seite der Nutzungseinheit) eine zusätzliche Konstruktionsschale, die als schützende Ebene gegen mechanische Einwirkungen angeordnet wird (Redundanz). Die raumseitige (Vorsatz-) Schale ist auf eine Schutzzeit (EI) von 30 Minuten ausgelegt. Die Schale muss robust gegen mechanische Einwirkungen sein. Diese Robustheit entspricht jedoch nicht der baurechtlichen „M“-Klassifikation, sondern wird durch konstruktive Mindestanforderungen sichergestellt. Wird die raumseitige Schale als tragendes und aussteifendes Bauteil verwendet, erhält diese raumseitig eine K₂60-Kapselbekleidung analog zum Bauteilaufbau tragender Bauteile und muss für sich auch den Feuerwiderstand von 90 Minuten im Hinblick auf die Tragfähigkeit erfüllen.

Durch die Kombination der beiden Schalen (Kernwand + Vorsatzschale) kann der beschriebene Aufbau in seiner raumabschließenden Wirkungsweise als äquivalent zu mineralischen, nichtbrennbaren Konstruktionen mit der Anforderung (R)EI90 betrachtet werden.

Als zusätzliche Kompensationsmaßnahme wird eine Überwachung der Baumaßnahme in Form einer Fachbauleitung Brandschutz (Niveau 2 nach AHO-2015) gefordert. Die systematische und stichprobenartige Kontrolle während der Bauzeit soll die korrekte Ausführung der geplanten Konstruktionen, die zum Erreichen der gestellten Anforderungen notwendig ist, sicherstellen und eine hohe brandschutztechnische Ausführungsqualität gewährleisten.

6.2.3.5 Erläuterung zur konstruktiven Ausbildung von Wänden notwendiger Treppenträume

Die Umfassungswände der notwendigen Treppenträume sollen als doppelschalige Massivholzkonstruktion REI90-M mit brandschutztechnisch wirksamer Kapselbekleidung der Qualität K₂60 ausgeführt werden. Die baurechtlich geforderten Leistungskriterien hinsichtlich Feuerwiderstand (R90), Raumabschluss (EI90) sowie mechanischer Einwirkung (M) werden mit der treppenraumseitig angeordneten Wand an sich eingehalten (nach allgemein gültigem bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis). Die zusätzlich brandraumseitig angeordnete Schale bietet einen Schutz für die Kapselbekleidung, sodass im Falle einer mechanischen Beanspruchung die Treppenraumwand geschützt wird. Somit bleibt im Falle einer frühzeitigen mechanischen Beanspruchung der Flucht- und Angriffsweg davon unberührt. Um eine gewisse Robustheit der zu schützenden Schale zu gewährleisten wird die raumseitige Schale auf eine Schutzzeit von 30 Minuten (EI 30) ausgelegt und erfüllt in Kombination mit der K₂60-Kapselbekleidung der Kernwand eine Schutzzeit von mindestens 90 Minuten (vgl. Abbildung 43).

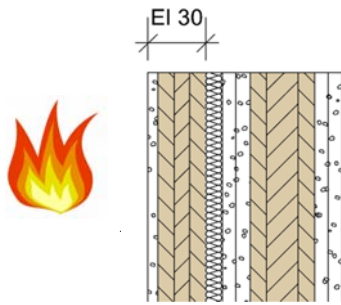


Abbildung 43: Brandwandersatzwand Treppenraum

Beispielhafter Aufbau**(ausgehend von der Nutzungseinheit):**

- Vorsatzschale → EI 30
(z.B. Massivholzelement bekleidet)
- Hohlraumfüllung, z.B. nichtbrennbare Dämmung (Schmelzpunkt $\geq 1000^{\circ}\text{C}$) zwischen Kernwand und massiver Vorsatzschale
- Kernwand → REI 90 + K₂60 – M

Die beidseitig angeordnete K₂60 Kapselbekleidung der Kernwand garantiert für einen Zeitraum von 60 Minuten ein zu mineralischen Bauweisen äquivalentes Brandverhalten. Durch die Doppelschaligkeit der Wand werden die baurechtlichen Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer um mindestens 30 Minuten überschritten sowie eine ausreichende Robustheit der Bekleidung ermöglicht. Die brandschutztechnische Leistungsfähigkeit der Wand kann somit gleichwertig zu der eines mineralischen Bauteils angesehen werden.

6.2.4 Abweichung zur Ausbildung von Brandwänden als Brandwandersatzwand in Holzbauweise

6.2.4.1 Präskriptive Anforderung

Entsprechend BayBO Art. 28 (3) Satz 1 müssen Wände der Bauart Brandwand der Gebäudeklasse 5 unter mechanischer Beanspruchung feuerbeständig sein und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

6.2.4.2 Ausführung von Brandwandersatzwänden in Holzbauweise

Abweichend zu Brandwänden sollen als tragende und raumabschließende Bauteile Brandwandersatzwände in Massivholzbauweise der Qualität (R)EI90-M + K₂60 (nach allgemein gültigem bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis) errichtet werden.

Es liegt somit eine materielle Abweichung entsprechend **BayBO Art. 63 Abs. 1** bezüglich der Verwendung brennbarer Konstruktionsbaustoffe vor.

6.2.4.3 Beurteilung und Risikoanalyse

Brandwände stellen brandschutztechnisch das höchste Gut für die Trennung von Brand- bzw. Gebäudeabschnitten und somit für die Durchführung erfolgreicher Löschmaßnahmen dar. Sie dienen in inneren Brandabschnitten zusätzlich der sicheren Rückzugsmöglichkeit für die Rettungskräfte.

Eine Brand- und Rauchweiterleitung muss sowohl im Bauteil als auch über die Grenzen von Brandabschnitten über ausreichenden Zeitraum begrenzt bzw. möglichst gänzlich ausgeschlossen werden. Bei Verwendung brennbarer Konstruktionsschichten müssen diese entsprechend ausfallsicher vor Brandbeanspruchung bzw. -eintrag geschützt werden. Ein Versagen von Anschlüssen mit der einhergehenden Öffnung von Fugen oder sonstigen Brandpfaden bzw. ein Durchbrand über die Grenzen des Brandabschnittes hinweg muss mit ausreichender Wahrscheinlichkeit auch unter mechanischer Stoßbeanspruchung behindert sein. Gegen den Verlust der Funktion der Kapselbekleidung als durchgängige mineralische Schicht sind ausreichend vorkehrende Schutzmaßnahmen zu treffen.

6.2.4.4 Begründung und Kompensation

Die Brandwandersatzwände werden als hohlraumfreie mehrschalige Wandkonstruktionen ausgeführt.

Die bauaufsichtlich geforderte Widerstandsdauer an den Raumabschluss und ggf. die Tragfähigkeit unter mechanischer Beanspruchung von mindestens 90 Minuten wird vollständig durch eine mittig liegende Wandkonstruktion (Kernwand) gewährleistet. Diese Kernwand ist über einen Verwendbarkeitsnachweis nach BayBO Abschnitt III für die brandschutztechnische Qualität (R)EI90-M K₂60 nachgewiesen. Sie wird über alle Geschosse durchlaufend geführt und durch andere Bauteile nicht durchstoßen. Wegen der allseitig angeordneten Kapselung der Qualität K₂60 kann eine Beteiligung der Kernwand am Brandgeschehen über einen Zeitraum von mindestens 60 Minuten ausgeschlossen werden. Für das reine Kernbauteil kann in dieser Zeit von einem zu mineralischen Bauteilen äquivalenten Brandverhalten ausgegangen werden.

Installationen werden außerhalb der Kernwand geführt. Es besteht keinerlei Durchdringung der Kapselbekleidung der Kernwand.

Jeweils raumseitig (zur Nutzungseinheit) erhält die klassifizierte Kernschale eine zusätzliche Konstruktionsschale, die als schützende Ebene gegen mechanische Einwirkungen angeordnet wird (Redundanz). Die raumseitigen Schalen sind auf eine Schutzzeit (EI) von 30 Minuten ausgelegt. Die Schale muss robust gegen mechanische Einwirkungen sein. Diese Robustheit entspricht jedoch nicht der baurechtlichen „M“-Klassifikation, sondern wird durch konstruktive Mindestanforderungen sichergestellt.

Wird die raumseitige Schale als tragendes und aussteifendes Bauteil verwendet, erhält diese raumseitig eine K₂60-Kapselbekleidung analog zum Bauteilaufbau tragender Bauteile und muss für sich auch den Feuerwiderstand von 90 Minuten auf Lastabtrag erfüllen.

Durch die Kombination der beiden Schalen (Kernwand + Vorsatzschale) kann der beschriebene Aufbau in seiner raumabschließenden Wirkungsweise als äquivalent zu mineralischen, nichtbrennbaren Konstruktionen mit der Anforderung (R)EI90 betrachtet werden.

Als zusätzliche Kompensationsmaßnahme wird eine Überwachung der Baumaßnahme in Form einer Fachbauleitung Brandschutz (Niveau 2 nach AHO-2015) gefordert. Die systematische und stichprobenartige Kontrolle während der Bauzeit soll die korrekte Ausführung der geplanten Konstruktionen, die zum Erreichen der gestellten Anforderungen notwendig ist, sicherstellen und eine hohe brandschutztechnische Ausführungsqualität gewährleisten.

6.2.4.5 Erläuterung zur konstruktiven Ausbildung von Brandwandersatzwänden in Holzbauweise

Wände in Holzbauweise die anstelle von Brandwänden eingesetzt werden, sollen als doppel-schalige Massivholzkonstruktion REI90-M mit brandschutztechnisch wirksamer Kapselbekleidung der Qualität K₂60 ausgeführt werden. Die baurechtlich geforderten Leistungskriterien hinsichtlich Feuerwiderstand (R90), Raumabschluss (EI90) sowie mechanischer Einwirkung (M) werden bereits mit der Kernwand eingehalten (nach allgemein gültigem bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis). Die zusätzlich beidseitig angeordneten Schalen bieten einen Schutz für die Kapselbekleidung, sodass im Falle einer mechanischen Beanspruchung die Kernwand geschützt wird. Um eine ausreichende Robustheit der schützenden Schale zu gewährleisten, wird die raumseitige Schale auf eine Schutzzeit von 30 Minuten (EI 30) ausgelegt. Somit erfüllt die Vorsatzschale in Kombination mit der Kapselbekleidung der Kernwand eine Schutzzeit von mindestens 90 Minuten für die Massivholzelemente der Kernwand. Im Falle der tragenden Funktion der Vorsatzschale muss diese eine brandschutztechnisch wirksame K₂60-Bekleidung entsprechend DIN 13501-2: 2006-05 erhalten und den baurechtlich erforderlichen Feuerwiderstand einhalten (vgl. Abbildung 44).

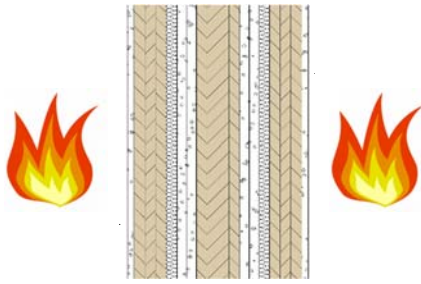


Abbildung 44: Brandwandersatzwand

Beispielhafter Aufbau:

- Vorsatzschale → EI 30 (z.B. Massivholzelement bekleidet)
- Hohlraumfüllung, z.B. nichtbrennbare Dämmung (Schmelzpunkt $\geq 1000^{\circ}\text{C}$) zwischen Kernwand und massiver Vorsatzschale
- Kernwand → REI 90 + K₂60 – M
- Hohlraumfüllung entsprechend Punkt 2
- Vorsatzschale → EI 30 (z.B. Massivholzelement bekleidet)

Die beidseitig angeordnete K₂60 Kapselbekleidung garantiert für einen Zeitraum von 60 Minuten ein zu mineralischen Bauweisen äquivalentes Brandverhalten der Kernwand an sich. Durch die Doppelschaligkeit der Wand werden die baurechtlichen Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer um mindestens 30 Minuten überschritten. Die brandschutztechnische Leistungsfähigkeit der Wand wird somit mindestens gleichwertig zu der eines mineralischen Bauteils sein.

6.2.5 Ausbildung brennbarer Fassadenbekleidungen

6.2.5.1 Präskriptive Anforderung

Entsprechend BayBO Art. 26 (3) Satz 1 müssen Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen in der GKL 4 und 5 schwerentflammbar sein. Unterkonstruktionen aus normalentflammbaren Konstruktionen sind zulässig, wenn eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lange begrenzt ist. Entsprechend Abs. 4 des Art. 26 sind bei Außenwandkonstruktionen mit geschossübergreifenden Hohl- oder Lufträumen (Hinterlüftung) besondere Vorkehrungen zu treffen.

6.2.5.2 Ausführung der Fassadenbekleidungen

Die Ausführung von Fassaden (Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen einschließlich der Unterkonstruktionen) erfolgt in Holzbauweise aus normalentflammbaren Baustoffen (B2) unter zusätzlicher Anordnung konstruktiver Schutzmaßnahmen (Brand-schürzen) in den Geschossstößen.

Es liegt somit eine materielle Abweichung entsprechend **BayBO Art. 63 Abs. 1** aufgrund der Verwendung von normalentflammbaren Baustoffen für die Außenwandbekleidung vor.

6.2.5.3 Beurteilung und Risikoanalyse

Durch die Verwendung von Holz als Baustoff in den Oberflächen von Außenwänden sowie bei Außenwandbekleidungen einschließlich ihrer Unterkonstruktion kann es zu einer ungewollt großen bzw. schnellen Brandausbreitung über bzw. auf der Fassade vor dem Eintreffen der Feuerwehr und dem beginnenden Löschangriff kommen.

Um ein zu den baurechtlichen Anforderungen äquivalentes Systemverhalten zu erhalten, müssen beim Einsatz normalentflammbarer Baustoffe Ersatzmaßnahmen angeordnet werden, die eine geschossweise Übertragung des Brandes zeitlich so behindern, dass das allgemein gestellte „B1-Schutzziel“ gleichwertig erfüllt werden kann.

6.2.5.4 Begründung und Kompensation

Die kritischen brandschutztechnischen Ausbreitungspfade liegen in der Hinterlüftungsebene hinter der Fassade sowie an der Fassadenoberfläche. Eine Brandweiterleitung über die Fassade bzw. die Unterkonstruktion der Fassade wird durch die geschossweise angeordneten Brandbarrieren verhindert. Diese Brandbarrieren müssen je nach Fassadentyp ausreichend weit über die Vorderkante der Fassadenoberfläche stehen und an der hinter der Fassade liegenden brandschutztechnisch wirksamen Schicht befestigt sein. Somit wird eine Brandausbreitung infolge einer Kaminwirkung in der Ebene der Hinterlüftung unterbunden. Diese Brandbarrieren können eine Brandausbreitung ausreichend lange begrenzen, so dass die bauaufsichtlich geforderten Schutzziele eingehalten werden und eine technisch gleichwerte Lösung zu schwerentflammbaren Fassadenkonstruktionen vorliegt.

Die Vorgaben für Mindestmaße und -abstände wurden über zahlreiche Fassadenbrandversuche entsprechend E DIN 4102-20 belegt und sind im Konstruktionskatalog der TU München [19] enthalten.

Die hinter der Fassade liegende Wandkonstruktion wird zur Hinterlüftungsebene hin durch eine nichtbrennbare Schutzbekleidung nach DIN EN 1995-1-2 ($t_{ch} \geq 30 \text{ min}$) oder einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung der Qualität K_{230} nach DIN EN 13501 geschützt. Somit kann ein Brand an der Fassade nicht in die dahinterliegende Wandkonstruktion eindringen. Diese nichtbrennbare Bekleidungsanlage als Übergang zwischen Außenwand und Fassade reduziert ebenfalls den Brandfortschritt innerhalb dieser Ebene (Kaminwirkung).

Um eine erhöhte Sicherheit im Falle von Brandbeanspruchungen von außen im Sockelbereich (abweichend von der Prüfung entsprechend E DIN 4102-20) zu gewährleisten, wird zwischen der Geländeoberfläche und der 1. Brandbarriere sowie zwischen erster und zweiter Brandbarriere ein Abstand von maximal 3 m eingehalten

Beim Einsatz einer tragenden Außenwand werden die Maßnahmen für tragende und aussteifende Wände (Anforderung REI90 + K_{260}) mit den Maßnahmen für die Fassade kombiniert.

6.2.5.5 Erläuterung zur konstruktiven Ausbildung brennbarer Fassadenoberflächen

In der unten dargestellten Systemskizze (Abbildung 45) sind die grundlegenden Bauteile für hinterlüftete und belüftete Fassaden mit den brandschutztechnischen Funktionen dargestellt.

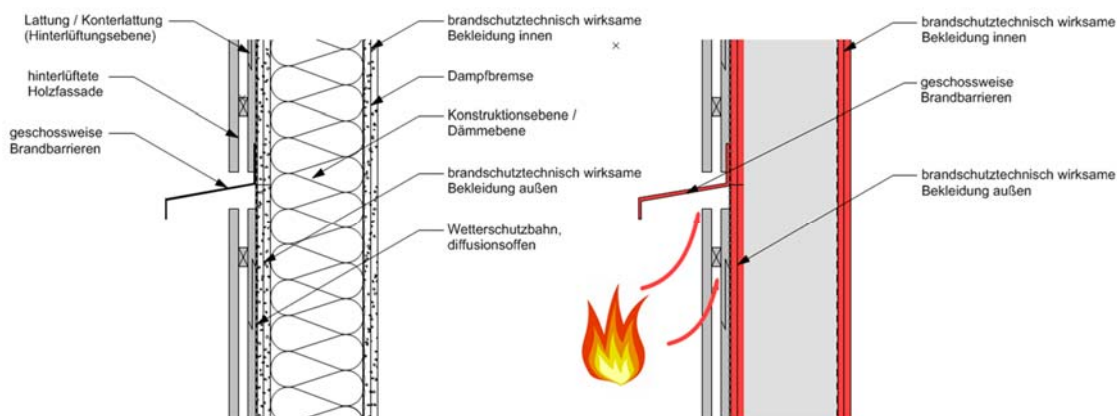
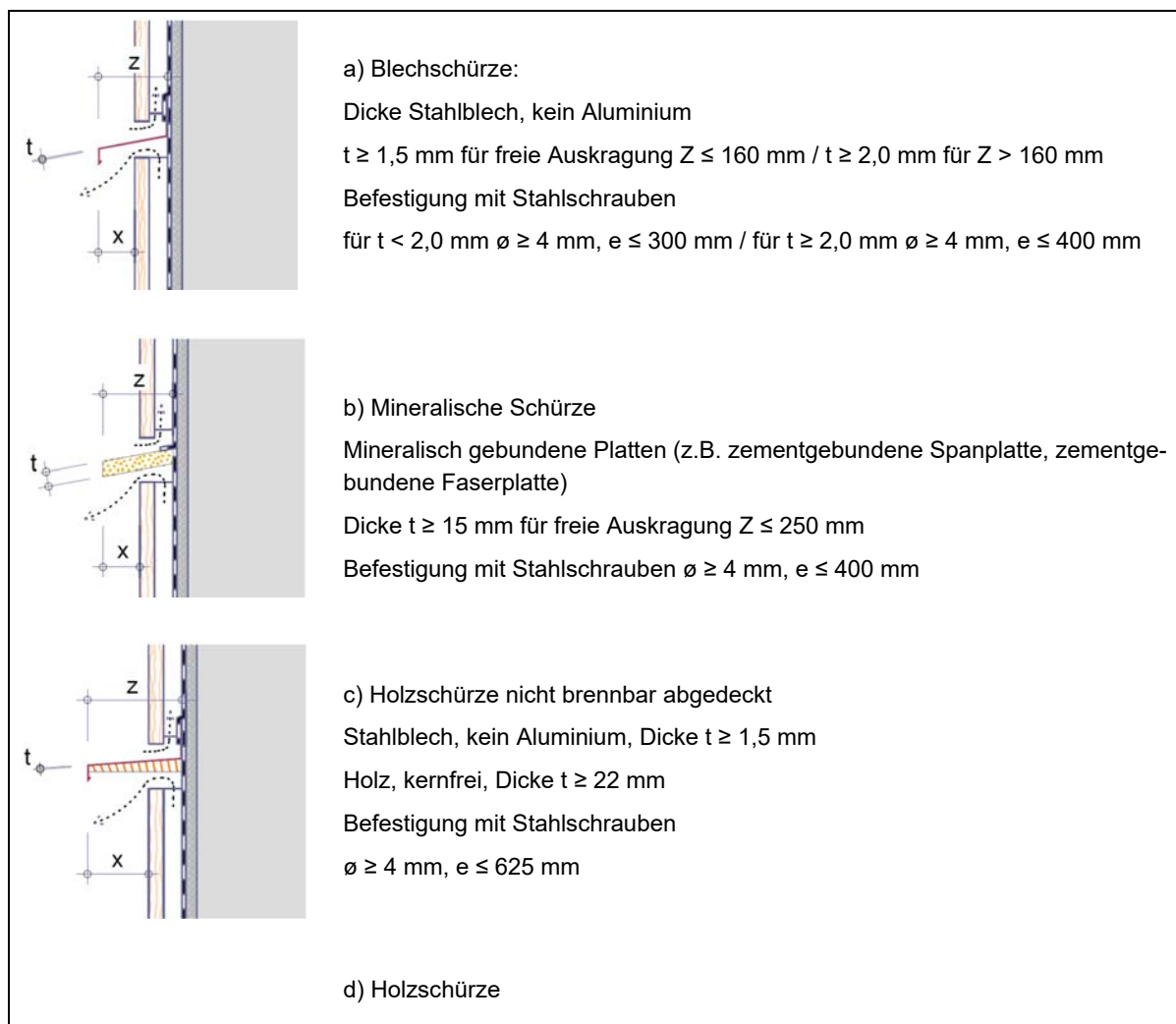


Abbildung 45: Systemdarstellung Fassade mit Brandschürzen

Die kritischen brandschutztechnischen Ausbreitungspfade liegen in der Hinterlüftungsebene hinter der Fassade sowie an der Fassadenoberfläche. Die rot dargestellten Pfeile in Abbildung 45 kennzeichnen mögliche Brandausbreitungspfade. Die brandschutztechnisch wirksamen Ebenen (Kapselbekleidungen) sind ebenfalls in Rot dargestellt und zeigen, dass tragende und aussteifende Elemente der Kernwand durch die beidseitige brandschutztechnische Bekleidung geschützt werden. Eine Brandweiterleitung über die Fassade bzw. die Unterkonstruktion der Fassade wird durch die angeordneten Brandschürzen verhindert. Die Ausführung derartiger Brandschürzen wurde ausführliche in der Lignum Dokumentation Brandschutz „Außenwände - Konstruktion und Bekleidung“ [29] sowie im Forschungsvorhaben „Holzbau der Zukunft, Teilprojekt 02 - Brandsicherheit im mehrgeschossigen Holzbau“ [24] untersucht. Mögliche Ausführungsvarianten hierzu werden im Detail- und Konstruktionskatalog der TUM [19] dargestellt und erläutert.

In den nachfolgenden Betrachtungen sowie im Diagramm (Abbildung 47) wird auf nichttragende Außenwände eingegangen und zugehörige Ausführungsvarianten dargestellt. Sollte die Außenwand im Bauwerk abweichend davon als tragende Außenwand notwendig sein, sind die für Fassaden vorgeschlagenen Maßnahmen mit den Anforderungen an tragende und aussteifende Wände zu kombinieren. Folglich müsste die tragende Außenwand auf der Innen- und Außenseite mit einer brandschutztechnisch wirksamen K₂60 Kapselung geschützt und auf die baurechtlich erforderliche Feuerwiderstandsdauer bemessen werden. Die gewünschten Fassaden können auf der Kapselung unter Einhaltung der baurechtlichen Anforderungen angebracht werden. Je nach Stand der Nachweisführung zu Baubeginn können nichtbrennbare Wärmedämmverbundsysteme als Teil der brandschutztechnischen Schutzbekleidung (Kapselbekleidung) mitberücksichtigt werden. Hier sind die Regelungen in den einzelnen abPs zu beachten.

Als primäres Schutzziel der Fassade ist die Brandweiterleitung zu betrachten. Entsprechende Maßnahmen wurden auch in dem dieser Arbeit zugrundeliegenden Konstruktionskatalog [19] erläutert. Fassaden für Gebäude der Gebäudeklasse 5 können entsprechend den gebäudeklasseunabhängig entwickelten Konstruktionsgrundsätzen für Holzfassaden ausgeführt werden. Nachfolgende Übersicht (Abbildung 46) soll mögliche Ausführungsvarianten von Brandschürzen und deren Anordnung darstellen.



	Dicke Holz, kernfrei $t \geq 22 \text{ mm}$ für freie Auskragung $Z \leq 160 \text{ mm}$ / $t \geq 27 \text{ mm}$ für $Z \leq 200 \text{ mm}$ $t \geq 40 \text{ mm}$ für Auskragung $Z > 200 \text{ mm}$ Befestigung mit Stahlschrauben für $t < 40 \text{ mm}$ $\varnothing \geq 4 \text{ mm}$, $e \leq 625 \text{ mm}$ / für $t \geq 40 \text{ mm}$ $\varnothing \geq 5 \text{ mm}$, $e \leq 400 \text{ mm}$
--	---

Abbildung 46: Übersicht über mögliche Ausführungsarten von Brandschürzen [19]

Die Einzelnen Leistungsanforderungen an Abstand und Ausführung für Brandbarrieren können der nachfolgenden Abbildung 47 entnommen werden.

Bekleidungs- - typ	Baustoff/ Bauteil	Schemaskizze		Beispiele	Ausrichtung	Tiefe der Hinter- lüftungsebene	Mindestüberstand der Brandschürze bei geschosswise Anordnung			
		horizontale Ausrichtung	vertikale Ausrichtung				$\geq 200 \text{ mm}$	$\geq 100 \text{ mm}$	$\geq 50 \text{ mm}$	$\geq 20 \text{ mm}$
flächiger Holzwerkstoff	- Holz oder Holzwerkstoff - Rohdichte $\geq 330 \text{ kg/m}^3$ - Fläche geschlossen - Plattendicke $\geq 18 \text{ mm}$ - Kantenlänge $\geq 200 \text{ mm}$ - Plattenfläche $\geq 0,20 \text{ m}^2$			- Massivholzplatten - Brettspertholz - Furnierspertholz - OSB - Holzspanplatten	horizontal/ vertikal	$\leq 50 \text{ mm}$ $\leq 100 \text{ mm}$	Bereich brandsicherer Fassadenkonstruktionen durch äquivalente Erfüllung des baurechtlich gestellten B1-Schützziels			
form-schlüssige Schalung	- Brettdicke $\geq 18 \text{ mm}$ - Brettbreit: markfrei $\leq 160 \text{ mm}$ halbrift oder rift $\leq 250 \text{ mm}$ - Entlastungsnuten: - Restdicke $\geq 10 \text{ mm}$ - Abstand Nuten $\geq 30 \text{ mm}$			- Schalung Nut + Feder - Deckleistenschalung	horizontal/ vertikal	$\leq 50 \text{ mm}$ $\leq 100 \text{ mm}$				
kraft-schlüssige Schalung	- Brettdicke $\geq 18 \text{ mm}$ - Brettbreite frei - Entlastungsnuten: - Restdicke $\geq 10 \text{ mm}$ - Abstand Nuten $\geq 30 \text{ mm}$			- Schalung überfälscht - T-Leistenschalung	horizontal vertikal	$\leq 50 \text{ mm}$ $\leq 100 \text{ mm}$ $\leq 50 \text{ mm}$ $\leq 100 \text{ mm}$				
offene Schalungen	- Brettdicke $\geq 18 \text{ mm}$ - Brettbreite frei - Brettquerschnittsfläche $\geq 1000 \text{ mm}^2$ - Dicke von Abdeckleisten $\geq 10 \text{ mm}$			- offene Schalung - Leistenschalung - Deckelschalung - Stülpchalung - Deckleistenschalung	horizontal vertikal	$\leq 50 \text{ mm}$ $\leq 100 \text{ mm}$ $\leq 50 \text{ mm}$ $\leq 100 \text{ mm}$				

Abbildung 47: Mögliche Ausführungsarten von Holzfassaden [19]

Entsprechend den Ergebnissen aus einem Forschungsvorhaben an der Technischen Universität München zu Brandsicherheit im Mehrgeschossigen Holzbau, Fassaden aus Holz und Holzwerkstoffen [28] wurde neben deren Ausführung auch die Anordnung von Brandbarrieren untersucht. Nachfolgende Abbildung 48 zeigt entsprechende Anordnungsmöglichkeiten für die Brandbarrieren im mehrgeschossigen Holzbau.

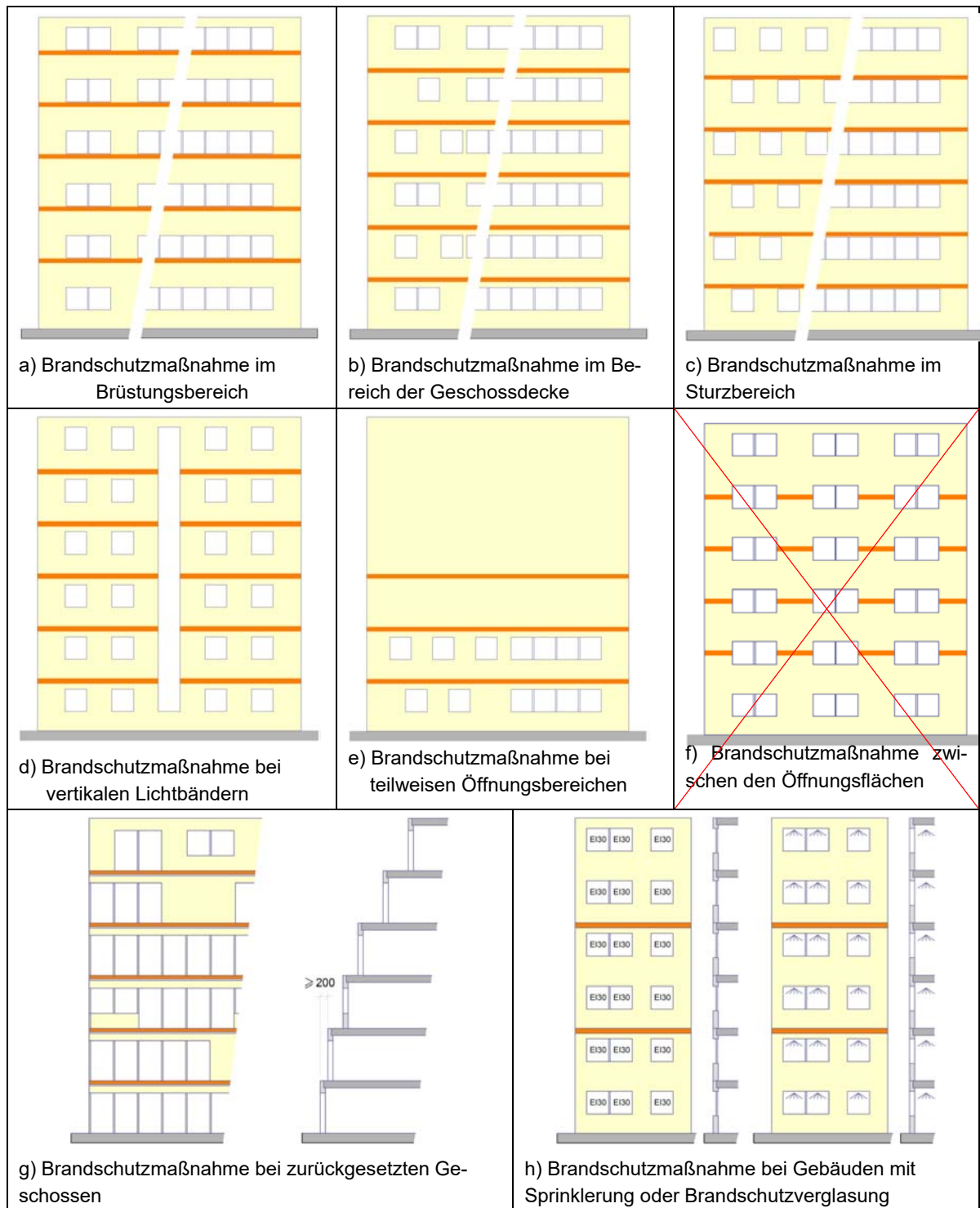


Abbildung 48: Vertikale Positionierung der horizontalen Brandschutzmaßnahmen [25]

Unter Einhaltung der vorab dargestellten Maßnahme zur Begrenzung einer Brandausbreitung bzw. Brandweiterleitung über die Fassade können auch mit einer normalentflammbaren Holzfassade die baurechtlich notwendigen Schutzziele eingehalten werden. Voraussetzung ist neben den konstruktiven Randbedingungen die Möglichkeit eines wirksamen Löschangriffes. In Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle ist ein wirksamer Löschangriff im Prinz-Eugen-Park an der Fassade allseitig über die gesamte Gebäudehöhe gegeben.

Neben den Anforderungen entsprechend E-DIN 4102-20:2016-03 [n20] werden gesonderte, zusätzliche Anforderungen an den Sockelbereich gestellt. Hier darf der maximale Abstand zwischen der Geländeoberfläche und der 1. Brandbarriere sowie zwischen erster und zweiter Brandbarriere bei 3 m liegen, um eine möglichst hohe Sicherheit hinsichtlich der Brandausbreitung bei einer Brandbeanspruchung von außen (Mülltonnenbrand) zu gewährleisten.

7 Stellungnahme der Brandschutzdienststelle München

Bezugnehmend auf die dargestellten Musterabweichungen hat die Brandschutzdienststelle München (BDM) in ihrem Schreiben vom 05.07.2016 [32] eine Stellungnahme abgegeben, in welcher die vorgeschlagenen Abweichungsanträge allgemein beurteilt wurden. Somit kann bei der objektbezogenen brandschutztechnischen Untersuchung von einer höheren Planungssicherheit im bauordnungsrechtlichen Abweichungsverfahren ausgegangen werden. Generell müssen, unabhängig der durch den Planer gewählten Ausführungsvariante, die in Kapitel 3.5 dargestellten Schutzziele, die ebenfalls in die einzelnen Abweichungsanträgen eingeflossen sind, gewährleistet werden. Generell weist die Brandschutzdienststelle auf folgende Punkte hin:

1. Eine Überwachung der Baumaßnahme entsprechend Niveau 2 nach AHO-2015, welche unter dem Punkt Begründung und Kompensation in den dargestellten Abweichungsanträgen der TUM aufgeführt ist, wird seitens der Brandschutzdienststelle befürwortet. Diese kann aber nicht als Kompensationsmaßnahme betrachtet werden, da rechtlich immer von einer planungskonformen Ausführung ausgegangen werden muss [32]. Seitens der TUM wird diese Überwachung als obligatorische Maßnahme zur Qualitätssicherung sowie Anpassung des in der M-HFHolzR implementierten Qualitätsgedanken für alle mehrgeschossigen Gebäude mit Abweichungen im Geltungsbereichs des Prinz-Eugen-Parks betrachtet. Diese ist somit als Begründung unabhängig der Abweichung und Kompensationsmaßnahme immer mit aufgeführt.
2. Aus Sicht der Brandschutzdienststelle dürfen aufgrund des aktuellen Wissensstandes zu biogenen Dämmstoffen (Glimmen, Brandverhalten, usw.), diese nicht in feuerbeständigen Bauteilen verwendet werden. Hier sind nicht brennbare Baustoffe entsprechen Art. 24. Abs. 2 Satz 2 als Dämmmaterial zu verwenden.

Zu den einzelnen Abweichungsanträgen nimmt die Brandschutzdienststelle folgendermaßen Stellung:

Tabelle 22: Übersicht über die Stellungnahme der BDS zur den Abweichungsanträgen

Kapitel	Abweichung	Stellungnahme BDS
5.2.1	Abweichungen von feuerbeständig auf Holzbauweise (R)EI90 K ₂ 60	Bei Ausführung entsprechend den Konstruktionsvorschlägen der TUM kann der Abweichung zugestimmt werden. (Objektbezogene Einflussfaktoren müssen im Brandschutznachweis gesondert diskutiert werden)
5.2.2	Anordnung sichtbarer Holzoberflächen bei Deckenbauteilen und linearen Holzbauteilen.	Bei Ausführung entsprechend den Vorschlägen der TUM kann der Abweichung zugestimmt werden. (Objektbezogene Einflussfaktoren müssen im Brandschutznachweis gesondert diskutiert werden)
5.2.3	Abweichung zur Ausbildung von Wänden notwendiger Treppenräume in Holzbauweise	Eine Zustimmung zur Ausführung der Treppenraumabschlusswände in Holzbauweise kann seitens der Brandschutzdienststelle nicht erfolgen. Aus Sicht der Branddirektion stellt die Ausführung der notwendigen Treppenraumumfassungswände mit brennbaren Baustoffen in der tragenden Konstruktion ein erhebliches Sicherheitsrisiko dar.
5.2.4	Abweichung zur Ausbildung von Brandwänden als Brandwandersatzwand in Holzbauweise	Eine Zustimmung zur Ausführung von Brandwänden als Brandwandersatzwand in Holzbauweise kann seitens der Brandschutzdienststelle nicht erfolgen. Aus Sicht der Branddirektion stellt die Ausführung von Brandwänden als Brandwandersatzwand mit brennbaren Baustoffen in der tragenden Konstruktion ein erhebliches Sicherheitsrisiko dar.
5.2.5	Ausbildung brennbarer Fassadenbekleidungen	Bei Ausführung entsprechend den Vorschlägen der TUM kann der Abweichung zugestimmt werden. (Objektbezogene Einflussfaktoren wie die Zugänglichkeit der Fassade mittels Hubrettungsfahrzeugen) müssen im Brandschutznachweis gesondert diskutiert werden)

Unabhängig der Vorabstimmung im Rahmen dieses Projektes ist darauf hinzuweisen, dass in jedem Fall eine objektspezifische Betrachtung unabdingbar ist und das bauordnungsge-
mäßige Abweichungsverfahren über die Lokalbaukommission als Baugenehmigungsbehörde
im Referat für Stadtplanung und Bauordnung in München hiervon unberührt bleibt.

8 Monitoring der Entwicklungsphase bis zur Vergabe der Grundstücke

Durch die Begleitung des Projekts von der frühen Konzeptionsphase bis zur Vergabe der Grundstücke sollten Schwierigkeiten der Umsetzung dieses Konzept eingegrenzt und gleichzeitig eine praxistaugliche Umsetzung erarbeitet werden. Für eine über die Stadtgrenzen hinaus wirksame ökologische Mustersiedlung ist eine Vernetzung der Ideen und der Umsetzung von entscheidender Bedeutung. Zugleich sollte über dieses Vorgehen ein Weg aufgezeigt werden, wie neben der Reduktion von CO₂-Emissionen durch Bedarfsminimierung auch eine Einbeziehung von stofflicher CO₂-Bindung bzw. Kohlenstoffspeicherung möglich ist.

In der gesamten Projektphase wurde Fachwissen im Bereich Holzbau durch die beteiligten Forschungspartner in Planungstreffen eingespeist, um die Entscheidungsträger mit Informationen zu versorgen. Die holzbaurelevanten Themen wurden in enger Abstimmung zwischen den Projektteilnehmern erarbeitet.

Ziele des Monitorings waren die Konsolidierung von Wissen über urbanen Holzbau auf unterschiedlichen Maßstabsebenen und die Darstellung der Möglichkeiten der stofflichen CO₂-Einsparung als Ansatzpunkte für andere Kommunen, um eine Übertragbarkeit zu gewährleisten.

Konstruktionsregeln/-details für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4 wurden als Schlussbericht eines Forschungsprojektes des Lehrstuhls Holzbau und Baukonstruktion Ende 2014 veröffentlicht [19]. Diese wurden für das Projekt erweitert (siehe Kapitel 4). In einem Fachforum zu Brandschutz im Holzbau des Bauzentrums München wurde der Konstruktionskatalog vorgestellt. Zukünftig werden diese Beispiele zur Weiterentwicklung von dataholz.com in Deutschland im Rahmen eines Forschungsprojektes eingefügt. Das Projekt ist somit als Baustein zu sehen, wie sich Holzbau in der Praxis umsetzen lässt. Es fand ein Abstimmungsprozess mit der Branddirektion in München statt. Die Ergebnisse hieraus sind in Kapitel 7 dargestellt worden.

8.1 Vorgehen

8.1.1 Erarbeitung von Kriterien

In einem ersten Schritt wurde das Baufeld mit seinen Wohnungstypen untersucht und zwei in zwei Kategorien eingruppiert.

Für die „kleinen Wohngebäude“, also Reihenhäuser und Gebäude in GKL 3, sind keine besonderen Schwierigkeiten bezüglich Holzbau über das normale Maß hinaus zu erkennen, die Bauweisen sind im Holzbau eingeführt. Die Brandschutzanforderungen können auch im Holzbau ohne Schwierigkeiten eingehalten werden. Ein großer Erfahrungsschatz in der Umsetzung ist bei Planern und ausführenden Unternehmen vorhanden. Kostenunterschiede zwischen Holzbau und anderen Bauweisen sind dem geforderten Ausstattungs- und Materialanspruch geschuldet. Sie sind jedoch hier eher nicht von den Bauweisen abhängig.

Als „große Wohngebäude“ wurden Mehrfamilienhäuser der GKL 4 bzw. 5 zusammengefasst. Hier sind höhere Anforderungen an den Brandschutz einzuhalten, weshalb hier der Holzbau

noch einen erhöhten Aufwand in Planung und Umsetzung darstellt. Es gibt inzwischen eine Vielzahl von Prototypen (gebaute Beispiele), allerdings ist die Bauweise noch nicht als Standard eingeführt. Eine integrale Planung, die die Aspekte des Brandschutzes und weiterer Aspekte (z.B. Schallschutz) schon frühzeitig in den Entwurf einbindet ist unbedingt anzuraten.

Die Kapitel 4 bis 8 sind deshalb als Grundlage für Planer zusammengestellt worden. Außerdem ist bei der Planung im Holzbau eine enge Verzahnung der Detaillierung der Baukonstruktion, brandschutztechnischen Anforderungen und Tragwerk (bis hin zur Ausführung) vorhanden, so dass eine integrale Planung schon zu Beginn des Entwurfsprozesses ratsam ist. Als Bauweisen sind im Holzbau möglich:

- Holztafelbau, Holzrahmenbau
- Holzmassivbau
- Hybridbau (Holzbau in Kombination mit z.B. Holzbetonverbunddecken, Betondecken, Treppenhäusern aus Beton)

Im zweiten Schritt wurden Bewertungskriterien vorgeschlagen, die als Grundlage für eine Vergabe herangezogen werden können. Im Ergebnis wurden die Indikatoren „Menge an nachwachsenden Rohstoffen (Nawaros)“, Kohlenstoffspeicher und Treibhausgasemissionen bezogen auf jeweils 1m² Wohnfläche (WF) als geeignet erkannt. Als Bezugsfläche wurde die Wohnfläche gewählt, da sie für Wohnungsgenossenschaften die relevante Größe darstellt. Eine Umrechnung auf BGF ist zur Verortung im Bebauungsplan sinnvoll. Hierzu wird das Ausbauverhältnis mit ca. 74% herangezogen (vgl. Tabelle 1).

Nachdem die in Kapitel 2 beschriebenen Berechnungen von Holzbauten in den Kategorien kleine und große Wohngebäude unterteilt nach Konstruktionsarten (Mineralische Bauweise, Holzbau und Hybridgebäude) durchgeführt waren, wurden die potenziellen Mehrkosten von Holzbau aus Erfahrungswerten der Wohnungsbauunternehmen bzw. von Architekten in München vom Referat für Stadtplanung und Bauordnung, HA III/2 abgefragt.

Möglichkeiten der Förderung der Holzbauten wurden ermittelt. In Anlehnung an das bereits bestehende Förderprogramm der Stadt München (FES, Förderkriterium CO₂-Bonus [3]) wurde eine Spezifizierung für dieses Bauquartiers angestrebt. Im CO₂-Bonusprogramm wird die Förderung pro kg verbauter Masse an Nawaros vergeben. Dies wird umgerechnet in darin gespeicherten Kohlenstoff (angegeben in kg CO₂-Äquivalent). Eine nachhaltige Bewirtschaftung der verbauten nachwachsenden Materialien muss dabei durch regionale Herkunft oder Zertifikate (FSC, PEFC) nachgewiesen werden. In Abstimmungsgesprächen wurden die angestrebten Bewertungskriterien und Förderungen der Wohnungswirtschaft und den interessierten Baugemeinschaften vorgestellt.

8.1.2 Abstimmungsprozess

In einer internen Abstimmung in der Stadtverwaltung wurde festgelegt, was als Mindestanforderung zu werten ist. Hierbei wurde ein Hybridbau als unterste Stufe festgelegt (Tabelle 4). Darauf aufbauend wurde eine Einteilung in drei Stufen für Holzbauten vorgeschlagen,

geordnet nach der Menge an verbauten Nawaros. Die Einteilung wurde in die Vergabekriterien übernommen. Die Stufen wurden mit einer Systematik der Konstruktionen hinterlegt und textlich beschrieben, um die Umsetzung in einen architektonischen Entwurf zu ermöglichen. Die zu erreichenden Werte wurden abgestimmt und mit real gerechneten Gebäuden hinterlegt. Mindestens die Außenwände müssen für die unterste Stufe in Holztafelbauweise ausgeführt sein. Ziel war es mindestens eine Qualität wie z.B. das vielfach veröffentlichte Gebäude C13 (Kaden Klingbeil Architekten) in Berlin herzustellen. Die endgültigen Vorgaben sind im Anhang 11.5 Teil 1 geteilt nach kleinen Gebäuden (Typ A) und großen Gebäuden (Typ B) dargestellt. Anlage 11.5 Teil 2 stellt anonymisiert beispielhafte Ausführungen von gebauten Beispielen dar, die die einzelnen Stufen erfüllen.

Für den Stadtrat wurde vom Referat für Stadtplanung und Bauordnung, HA III/2 eine Stadtratsvorlage erarbeitet, die den positiven Beitrag von Holzbauten zur Erreichung der Klimaschutzziele darstellt. In überschlägigen Berechnungen wurden die eingesparten Treibhausgasemissionen durch Bauen mit Holz dargestellt. In Absprache mit der Branddirektion wurde ein allgemeines Konzept für das Quartier erarbeitet, das in Kapitel 7 beschrieben ist.

Im Laufe der Verhandlungen in der Stadt wurde klar, dass es ein extra Förderprogramm für den Holzbau in diesem Quartier geben soll. Deshalb wurde vom Referat für Stadtplanung und Bauordnung, HA III/2 eine eigene Förderrichtlinie, die sich an dem CO₂-Bonusprogramm orientiert, erarbeitet. Die für das Quartier geltenden Berechnungsvorlagen für kleine Gebäude und Mehrfamilienhäuser ist in Anhang 11.4 und 11.5 dargestellt. Die genauen Berechnungsgrundlagen, Systemgrenzen und Abschneidekriterien sind dort angegeben.

Nach längerem Abstimmungsprozess wurde das Förderprogramm für Holzbau (mit 0,70 € - 2,00 € /kg Nawaro) im Stadtrat Ende Oktober beschlossen und Mittel hierfür bereitgestellt. Ein zweistufiges Verfahren wurde wie bei vorherigen Ausschreibungen von Grundstücken der LH München, festgelegt. Die Bewertungsmaßstäbe wurden festgelegt. Hierbei wird der Holzbau als Teil der ökologischen Kriterien mit 40% gewichtet. Andere Kriterien sind das wohnungspolitische Kriterium (sparsamer Flächenverbrauch), planerische Kriterien (Mobilitätskonzept) und Baugemeinschaftsspezifische Kriterien. Das Bewertungskriterium Energieeffizienz wird nach Beschluss des Stadtrats nicht umgesetzt.

In einem Abstimmungsprozess wurden die Bewertungskriterien für die Grundstücke der Baugruppen für das zweistufige Verfahren festgelegt. Die Menge an verbauten Nawaros in kg/m² WF wurde in 3 Stufen eingeteilt. Grundstücke werden mit der Maßgabe verkauft, dass mindestens Hybridbau (Stufe 1) umgesetzt werden muss.

Die Dreistufigkeit könnte sich als problematisch herausstellen, wenn der Wettbewerb sehr hart ist, da dann alle im Vergabeverfahren beteiligten Bieter mit der obersten Stufe (also dem maximalen Holzanteil und der weiteren Kriterien) kalkulieren würden, um das Grundstück zu bekommen. Im Sinne der Ressourceneffizienz oder Neutralität von Konstruktionen aus Holz ist dies nicht zielführend und nicht beabsichtigt. Bei einem Vortrag auf dem Holzbauforum in Köln war genau diese Fragestellung für die Praxis von großem Interesse, damit über die Werte nicht eine bestimmte Konstruktion bevorzugt werden sollte. Um dem vorzubeugen

wurde die dritte Stufe nicht zu hoch angesetzt, so dass hier noch unterschiedliche Konstruktionsvarianten möglich sind. Gleichzeitig stellen holzbaurelevante Kriterien 40% der Bewertung dar, in den weiteren 60% werden andere Belange berücksichtigt.

8.1.3 Ausschreibung

Die Ausschreibung der Grundstücke wurde in zwei Phasen unterteilt. In der ersten Phase muss das Mindestkriterium Holzbau erfüllt werden (Stufe 1 ausgeschrieben 25.4.16 bis 6.6.16). Im Rahmen eines einseitigen Formblattes muss zugestimmt werden, die Gebäude mit einer Mindestmenge an nachwachsenden Rohstoffen zu erstellen. In Stufe 2 wird es zu Beginn ein Gespräch aller Beteiligten zur Erläuterung der Vorgaben geben. Hier ist es notwendig genau zu klären, was der Wert $x \text{ kg Nawaros} / \text{m}^2 \text{ WF}$ genau bedeutet:

- wie wird er berechnet,
- welche Gebäude sind dabei in die Berechnung eingegangen,
- mit welcher Gebäudekonstruktion kann man welche Stufe erreichen.

Zusätzlich ist es wichtig, genaue Angaben für Ausschreibung vorzugeben, was in Nawaro-Berechnung eingeht (ohne Keller, mit Bodenplatte; mit Innenausbau, ohne Außenanlagen).

Ein Excel-tool wurde für beide Gebäudegruppen (kleine und große Gebäude) vorbereitet. Hierin lässt sich die Menge verbauten Holzes hochrechnen und gleichzeitig die zu erwartende Förderung in Euro errechnen. Es ist in Anhang 11.4 abgebildet. Für Brandschutz gab es Gespräche mit der Feuerwehr / Branddirektion in München, um generelle Abweichungen für das Quartier zu klären. Abweichend von Bauordnung können sichtbare Holzoberflächen umgesetzt werden, wenn eine durchgehende nicht brennbare Schicht in diesem Bauteil vorhanden ist. Dies wird den beteiligten Planern kommuniziert.

Der Nachweis der Menge Nawaros erfolgt über Abrechnung nach dem Bau der Gebäude (Zimmererrechnungen etc.) in einer angepassten Excel-Tabelle. Der Nachweis im Bewerbungsverfahren für die Grundstücke erfolgt über Schätzungen der Mengen von Wand, Decke etc. und der Rückrechnung auf die Konstruktion. Die Schätzungen müssen über den Planungsfortschritt bei Fertigstellung dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung, HA III/2 nachgewiesen werden. Eine Einhaltung der im Bewerbungsverfahren zugesicherten Eigenschaften wird in dem Vertrag zum Verkauf der Grundstücke festgeschrieben. Die Berechnung wurde hinterlegt mit Ökobau.dat –Daten von 2011, da diese bei den Berechnungen zugrunde gelegt wurde. Neuere Daten nach Ökobau.dat 2015/16 könnten andere Ergebnisse bringen, da die zugrunde gelegten Datensätze modifiziert bzw. aktualisiert wurden.

In Abbildung 49 ist der zeitliche Ablauf des Projektes dargestellt und die wichtigen Meilensteine dargestellt.

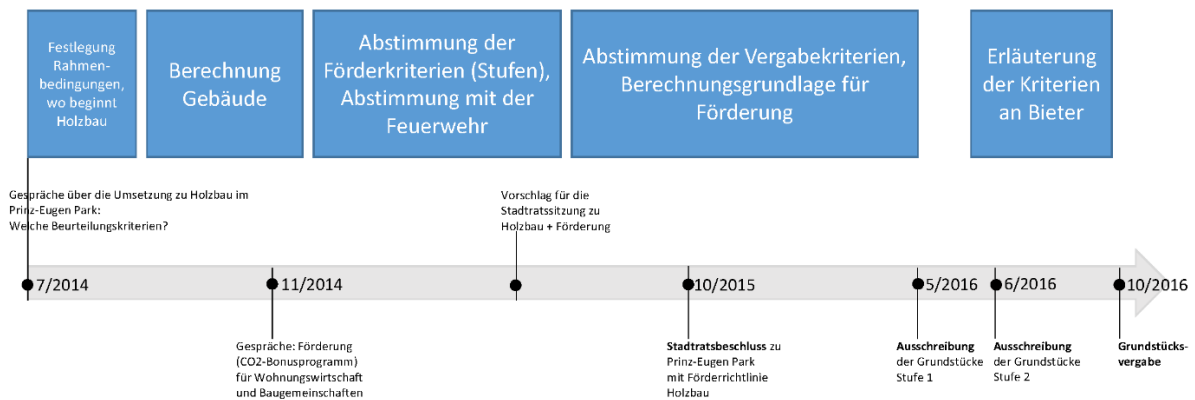


Abbildung 49: Zeitlicher Ablauf des Projektes mit den wichtigen Meilensteinen

Die Bewerbung für die Phase 1 hat am 06.06.2016 geendet. Insgesamt haben sich 12 Baugemeinschaften mit Planer auf die 4 Grundstücke für Baugemeinschaften beworben, die für die Phase 2 zugelassen wurden. Für das Grundstück, welches für eine Baugenossenschaft reserviert ist, gab es 4 Bewerber, die in der zweiten Phase zugelassen sind.

Es fand mit allen Bewerbern ein Findungsgespräch mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung, HA III/2 statt. Hierbei wurde das weitere Vorgehen, sowie die genaue Umsetzung der einzelnen Kriterien in der Phase 2 besprochen und die im Projekt erarbeiteten Unterlagen weitergegeben.

Im Rahmen dieses Projektes wird nur auf den Hauptbereich der ökologischen Kriterien den Holzbau, der 40% der Gesamtbewertung ausmacht, eingegangen. Die weiteren ökologischen Bewertungskriterien sind Regenwassernutzung und bauliche Maßnahmen für Gebäudebrüter / Fledermäuse und gehen mit weiteren 5% in die Bewertung ein.

Neben den ökologischen Kriterien (45%) werden in der Phase 2 auch eine Wohnungspolitische Komponente (20%), Planerische Kriterien (25%) und Baugemeinschaftsspezifische Kriterien (10%) bewertet. Unter planerischen Kriterien werden ein Mobilitätskonzept, sowie Gemeinschaftsfördernde (bauliche) Maßnahmen wie z.B. Gemeinschaftsräume, begehbare Dachgärten bewertet. Baugemeinschaftsspezifische Kriterien behandeln die Mitgliederanzahl der Baugemeinschaft, die Erfahrungen der beteiligten Architekten im Wohnungsbau und die Erfahrung der Projektsteuerung mit Baugemeinschaften.

Die wohnungspolitische Komponente bewertet den sparsamen Verbrauch an Wohnflächen. Hierzu werden Wohnflächenobergrenzen, gemessen an der Personenhaushaltsgröße festgelegt. Auch hier werden in drei Stufen Punkte vergeben. Je sparsamer der Flächenverbrauch pro Wohnung, desto mehr Punkte werden vergeben. Die wohnungspolitische Komponente ist unabhängig von den ökologischen Kriterien zu bewerten. Es kann sowohl mit einem sparsamen Flächenverbrauch und nicht der höchsten Stufe bei „Menge Nawaros“ eine sehr hohe Punktzahl erreicht werden, wie auch mit der höchsten Stufe an „Nawaros und etwas mehr Flächenverbrauch.

Es wird inzwischen davon ausgegangen, dass bedingt durch die hohe Konkurrenz der Bewerbungsteams, nur eine Bewerbung, die in allen Kriterien versucht möglichst hohe Ergebnisse zu erzielen, den Zuschlag bekommt. Die Bewerbungsfrist für die Phase 2 läuft noch bis 22. Juli 2016. Mit der Vergabe der Grundstücke, die vom Stadtrat beschlossen werden muss, wird im Herbst 2016 gerechnet.

Ein Ratgeber-Gremium zur Beratung in der Planung wird von dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung, HA III/2 eingesetzt. Dieses besteht aus Experten des Holzbaus für Architektur, Tragwerk und Brandschutz. Die Planungsteams werden zur Qualitätssicherung verpflichtet ihre Planung mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung, HA III/2 und dem Ratgeber-Gremium abzustimmen.

Nachtrag zur Bewerbung und Vergabe der Grundstücke:

Nach Beendigung des Verfahrens der Grundstücksvergabe konnten alle Grundstücke in vergeben werden. Tabelle 23 stellt das Ergebnis der Vergabe noch einmal in der Übersicht dar.

Die beiden städtischen Wohnungsbaugesellschaften haben per „Inhouse-Vergabe“ die Grundstücke WA 13 und WA 14 West direkt erhalten. Die Übertragung enthält die Verpflichtung, mindestens die Stufe 1 bezüglich des Holzbaus (Hybridbau, mind. 50 kg/m²) umzusetzen.

Die Vergabe der übrigen Grundstücke in der Ökologischen Mustersiedlung erfolgte im Rahmen einer 2-phasigen bzw. 2-stufigen Konzeptausschreibung zum Verkehrswert der Grundstücke.

Bei den Baugemeinschaften und der Baugenossenschaft haben jeweils Anbieter den Zuschlag bekommen, die Stufe 3, also eine Konstruktion aus Holz angeboten haben. Es hat sich gezeigt, dass trotz eines ökologisches Kriteriums mit Vorgaben zum Verbau von nachwachsenden Rohstoffen ein großer Wettbewerb entstanden ist, so dass nun aus mehreren Konzepten das überzeugendste und umfangreichste umgesetzt werden kann. Alle Planungsteams haben sich verpflichtet, die Planstände in regelmäßigen Abständen einem Beratergremium vorzustellen. Damit soll die Umsetzung fachlich begleitet werden.

Zusätzlich ist gerade in München auf Grund der Knappheit an Grundstücken zu erkennen, dass eine hohe Quote an Holzbau kein Hinderungsgrund ist, einen Wettbewerb durchzuführen.

Tabelle 23: Grundstücksvergabe und hierbei umgesetzte Stufe an Nawaros

<i>Grundstück</i>	<i>Grundstücksvergabe an:</i>	<i>Vergabekriterium Nawaros</i>	<i>Umsetzung</i>
WA 13 WA14 West	Je eine städt. Wohnungsgesellschaft	Mind. Stufe 1	Vergabe von Planungs- und Ausführungsleistungen mittels VOB-Verfahren an Generalübernehmer durch die Wohnungsbau-gesellschaften. Umsetzung der Hybridbauweise (Aktueller Stand: WA 13: ca. 60 kg/m ² , WA 14 West ca. 120 kg/m ²)
WA 14 Ost WA 15 West WA 15 Ost WA 16 Ost	Vergabe mittels 2-stufiger Konzeptausschreibung an jeweils eine Baugemeinschaft	Stufe 3	Je 9-10 Bewerbungen von Baugemeinschaften für die einzelnen Grundstücke. Die Baugemeinschaft mit der höchsten Punktzahl hat den Zuschlag für das Grundstück erhalten. Alle Bewerbungen enthielten die höchste Stufe 3 bezüglich des Holzbaus. Zusätzliche Angebote in den Bewerbungen zu Mobilität, Gemeinschaftseinrichtungen und sonstiger Punkte haben die Bewerbung entschieden.
WA 16 West	Vergabe mittels 2-stufiger Konzeptausschreibung an eine Baugenossenschaft	Stufe 3	Es gab in Bewerbungsstufe 2 drei gleichwertige Bewerbungen, die alle die höchste Stufe 3 bezüglich des Holzbaus angegeben haben. Hier musste das Los entscheiden.

8.2 Übertragbarkeit auf andere Gemeinden und Städte

In der detaillierten Beschreibung des Projektverlaufes in Kapitel 8.1 wurden die einzelnen Entwicklungsschritte bis hin zur Implementierung nachgezeichnet und die Entscheidungen im Planungsprozess dargestellt. Die umfassende Dokumentation soll es anderen Gemeinden ermöglichen ähnliche Entwicklungen anzustoßen und dabei schon frühzeitig auf relevante Fragestellungen und deren Lösungsmöglichkeiten Einfluss nehmen zu können. Die im For-

schungsprojekt dargestellte Vorgehensweise, sowie die Kriterienerarbeitung kann aus diesem Projekt von anderen Gemeinden übernommen und an die spezifischen Belange angepasst werden.

Wie in Abbildung 50 dargestellt sind für eine Umsetzung zwei große Arbeitspakete zu bearbeiten: Abstimmung des Fördergegenstandes und Erarbeitung einer Umsetzung.



Abbildung 50: Zeitlicher Ablauf des Projektes mit den zu bearbeitenden Teilprojekten

8.2.1 Abstimmung des Fördergegenstandes

Es ist zu klären, was genau gefördert werden soll. Soll der Verkauf von Grundstücken an die Errichtung von Holzbau gekoppelt werden? An welche Masse von verwendeten Nawaros soll dies gekoppelt werden? Welche der Stufen für Holzbauten sollen erreicht werden? Könnte auch eine Sanierung von Bestandsgebäuden mit Aufstockung einbezogen werden? Soll es eine zusätzliche Förderung der Bebauung geben (analog dem CO₂-Bonusprogramm)?

Zusätzlich können weitere Kriterien, wie in München, in die Ausschreibung mitaufgenommen werden. Die erarbeiteten Vorgaben für den Holzbau (Anhang 11.5) sowie das Excel-tool für die CO₂-Bonusberechnung (Anhang 11.4) kann übernommen werden.

8.2.2 Erarbeitung einer Umsetzung

Nach Abstimmung der genannten Punkte müssen konkrete Bewertungskriterien für die Vergabe der Grundstücke erarbeitet und von den zuständigen Gremien beschlossen werden. Mit der Erarbeitung der Bewertungskriterien müssen auch die Nachweisdokumente erstellt werden. Das Vorgehen für die Nachweise kann analog dem der LH München erfolgen. Das gesamte Vorhaben sollte mit den zuständigen Stellen für Brandschutzbelange vorbesprochen werden. In Anlage 11.6 ist eine beispielhafte Ausschreibung für ein Grundstück des Referates für Stadtplanung und Bauordnung, HA III/2 dargestellt. Diese kann mögliche Grundlage für Ausschreibungen weiterer Kommunen sein.

9 Umsetzung und Ausblick

9.1 Ausschreibung

Die Grundstücke WA 13 und WA 14 West wurden an städtische Wohnungsbaugesellschaften vergeben mit der Vorgabe, die Mindestkriterien (Stufe 1) zu erfüllen. In einem zweistufigen Bieterverfahren wurden die Grundstücke WA14 Ost, WA15 West, WA15 Ost und WA16 West für Baugemeinschaften ausgeschrieben. In der Stufe 1 haben sich 12 Bieter für Baugemeinschaften und 4 Bieter für das Grundstück für eine Baugenossenschaft beworben. Es wurden alle Bieter für die Stufe 2 zugelassen. Bis Ende Juli mussten nun die Konzepte für diese Stufe abgegeben werden. Das Grundstück für Baugenossenschaften musste aufgrund von gleichwertigen Bepunktungen der Bewerber im Losverfahren entschieden werden. Die vier Grundstücke für Baugruppen wurden an den jeweils Höchstbietenden vergeben. Bei allen Grundstücken wurde für den Holzbau das Maximalkriterium umgesetzt – ein reiner Holzbau. Eine Vergabe der Grundstücke wurde nach Zustimmung des Stadtrates im Herbstdurchgeführt. Über eine enge Abstimmung zwischen den an der Förderung beteiligten Partnern, konnten die ökologischen Bewertungskriterien (hier „Menge an Nawaros“) in der Ausschreibung umgesetzt werden. Über die Bewerbung einer Vielzahl von Interessenten für die Grundstücke, wurde die ökologische Ausschreibung umgesetzt.

Es konnte festgestellt werden, dass die Umsetzung alleine über das Kriterium „Nawaros“ über die zur Verfügung gestellten Unterlagen (Anhang 11.5) möglich ist und auch praktisch funktioniert.

Eine Bewertung der Indikatoren Treibhauspotenzial (GWP) als klimaschutzrelevante Komponente und auch Primärenergie (PE) erneuerbar und nicht-erneuerbar wäre wünschenswert, bedeutet aber die zusätzliche Erstellung von Ökobilanzen, die dann zusätzliche Kosten verursacht. Außerdem kann eine aussagekräftige Ökobilanz erst erstellt werden, wenn die Parameter im Planungsprozess festgelegt sind, also zu einem späteren Planungszeitpunkt als bei der Grundstücksvergabe. Somit ist im Falle einer Vorgabe von Holzbau, der Indikator „Nawaros“ eine praktikable und umsetzbare Lösung. Einschränkend ist zu erwähnen, dass bei der Konzentration auf diesen Indikator zu beachten ist, dass auch aus ökologischen Gründen nicht ausschließlich die eingebaute Menge an Nawaros entscheidend ist. Im Sinne einer nachhaltigen Forstwirtschaft ist immer abzuwägen, ob Massivholz oder Holztafelbau oder im Geschosswohnungsbau eine Hybridlösung nicht unter ökologischen, ökonomischen Kriterien eine mögliche sehr gute Lösung wäre.

9.2 CO₂-Förderprogramm

Berechnungen der Gebäude sind aus dem Jahr 2014 und beruhen auf der Ökobau.dat 2011, da bis Herbst 2015 die aktuelle Ökobau.dat 2015 bzw. mittlerweile Ökobau.dat 2016 (Stand Juli 2016) nicht vorlag. Es können sich leichte Verschiebungen in den Berechnungsergebnissen ergeben, wenn mit aktuellen Datensätzen gerechnet wird. Um eine Konsistenz der Daten zu erhalten sind alle Tabellen noch mit Ökobau.dat 2011 Datensätzen hinterlegt.

Das auf einer Exceldatei basierende Tool zur Berechnung der CO₂-Förderung kann auch zur Ermittlung der verwendeten Holzmenge und daran anschließend zum temporären Kohlenstoffspeicher herangezogen werden. In der Datei ist für jedes Holz nachzuweisen, dass dieses aus nachhaltiger Holzbewirtschaftung stammt. Dies ist im Sinne einer nachhaltigen Holzverwendung notwendig.

9.3 Thema Brandschutz

Die erarbeiteten Grundlagen zum Thema Brandschutz für das Objekt Prinz-Eugen-Park in München stellen einen Überblick über mögliche Lösungsvarianten für den mehrgeschossigen urbanen Holzbau bis zur Gebäudeklasse 5 (Hochhausgrenze) dar. Auch unter Verwendung des brennbaren Baustoffes Holz können mehrgeschossige Gebäude bis zur Hochhausgrenze unter Einhaltung der geforderten brandschutztechnischen Schutzziele realisiert werden. Zusammen mit dem Detail- und Konstruktionskatalog der TUM [19] für die Gebäudeklasse 4 wird den Projektbeteiligten - unabhängig ob Planer, Ausführer oder Behörde - ein Hilfsmittel angeboten, um mehrgeschossigen Holzbau trotz den aktuell noch unvermeidbaren Abweichungen vom Baurecht und unter Einhaltung von konstruktiven Planungsrahmenbedingungen auszuführen. Die vorgestellten Lösungsmöglichkeiten wurden der Brandschutzdienststelle vorgelegt und eine Abstimmung angestrebt, so dass die Abweichungen in den späteren objektbezogenen Brandschutzkonzepten aufgenommen werden können. Die Vorabstimmung soll es ermöglichen, die Hürde bei der Prüfung der Abweichungen seitens der Baubehörde erheblich zu reduzieren und den Weg für ökologische und zukunftsweisende Bauweisen im Prinz-Eugen-Park zu erleichtern. Besonders in Gebäuden, die über die Gebäudeklasse 4 hinausgehen, liegen die Möglichkeiten des Holzbaus weit über den aktuell durch das Baurecht vorgegebenen Einschränkungen. Mit der Novellierung der Bauordnung hat Baden-Württemberg diesen Schritt bereits vollzogen und die Grenzen des Einsatzes von Holz als Baustoff für mehrgeschossige urbane Gebäude erweitert.

Die hier ermittelten Ergebnisse basieren auf Voruntersuchungen, Versuchsergebnissen und Erfahrungen, welche im Rahmen von verschiedenen Forschungsvorhaben zur kontinuierlichen Weiterentwicklung des modernen mehrgeschossigen Holzbaus erarbeitet wurden. Ziel ist die Überführung dieser Ergebnisse in die Praxis, um einheitliche Grundlagen und Regeln im Rahmen des geltenden Baurechts zu schaffen. Mit dem Projekt Prinz-Eugen-Park setzt die Stadt München ein Zeichen, die Weiterentwicklung der ökologischen und nachhaltigen Holzbauweise im urbanen Raum zu fördern und in die Praxis umzusetzen.

9.4 Ausblick

Der Bausektor bietet bedeutende Möglichkeiten, die Treibhausgasemissionen Europas deutlich zu senken. Da neue Gebäude immer energieeffizienter im Gebäudebetrieb werden, rückt der Kohlenstofffußabdruck der Baumaterialien mehr und mehr in den Mittelpunkt des Interesses. Holzprodukte haben aus Klimasicht mehrere gewichtige Vorteile. Ansätze zur Förderung des Holzbaus, wie in dem vorgestellten Projekt aus München können durch den temporären Kohlenstoffspeicher und eine Erhöhung der Holzbauquote helfen, einen großen Beitrag zur

Erreichung der Klimaziele zu leisten und gleichzeitig den urbanen Holzbau zu fördern. Voraussetzung ist allerdings, dass das Holz aus einer nachhaltigen Forstwirtschaft stammt.

Das erarbeitete Vorgehen wurde an dem Beispiel der Stadt München umgesetzt und kann von anderen Kommunen übernommen werden. Perspektivisch wäre es sinnvoll die aktualisierte Ökobau.dat 2016 im Excel-tool und auch in den ganzen Berechnungen der Werte für die einzelnen Stufen umzusetzen, um in einer zukünftigen Übertragung auf andere Kommunen den aktuellen Stand abbilden zu können.

Eine neue Berechnung der Ökobilanzen mit der aktuellen Ökobau.dat 2016 Version würde es auch ermöglichen den Indikator Primärenergie, unterteilt in einen stofflichen und energetischen Anteil, zu ergänzen. Durch den detaillierteren Aufbau der Ökobau.dat 2016 könnte dann auch eine umfassende Beschreibung der einzelnen Gebäude inklusive des Modules C (Entsorgung) + D (Gutschriften außerhalb der Systemgrenze) erfolgen.

Eine Begleitung der Planungen für die Gebäude der einzelnen Baugrundstücke bis zu ihrer Fertigstellung wäre wünschenswert, sowie eine Dokumentation der umgesetzten Gebäude.

10 Referenzen

10.1 Literatur

- [1] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Steckbriefe Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude 1.2.2 Ökologische Qualität - Ressourceninanspruchnahme - Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Pr. Berlin, 2009. In: <http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/RunderTisch/steckbriefe-2010/122.pdf>, abgerufen am 29.09.2014
- [2] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Steckbriefe Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude 1.1.1 Ökologische Qualität - Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt - Treibhauspotenzial. Berlin, 2009. In: <http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/RunderTisch/steckbriefe-2010/111.pdf>, abgerufen am 29.09.2014
- [3] Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt: Münchner Förderprogramm Energieeinsparung – „Formblatt zur Berechnung der Förderhöhe CO₂-Bonus“, München, 2013. In: http://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Klimaschutz_und_Energie/Energieeffizientes_Bauen/Foerderung_und_Qualitaet/FES.html, abgerufen am 29.09.2014
- [4] Europäische Kommission: *Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen zum effizienten Ressourceneinsatz im Gebäudesektor*. Brüssel, 2014. In: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/DE/1-2014-445-DE-F1-1.Pdf>, abgerufen am 18.09.2014
- [5] Europäisches Parlament; Rat der Europäischen Union: Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamteffizienz von Gebäuden (Neufassung). 2010.
- [6] Opitsch, W.: *Zusammenfassung – Pilotprojekt Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park (Stand 15.09.2014)*, München, 2014.
- [7] Winter, S.: *Definition Hybridbauten - Email an Prof. Annette Hafner vom 22.09.2014*, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion TU München, 2014.
- [8] König, H.: *LEGEP Bausoftware - Version 2.5.621 (11.07.2014)*, Stand Datenbank: 01.07.2014. München, 2014.
- [9] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: *Informationsportal Nachhaltiges Bauen - Ökobau.dat 2011 v6 (22.04.2013)*. Berlin, 2011. In: <http://www.nachhaltigesbauen.de/oekobaudat/>, abgerufen am: 15.09.2014
- [10] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode (EN 15978:2011)*. Beuth Verlag, Berlin, 2012.

- [11] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *Umweltmanagement — Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen* (ISO 14040:2006). Beuth Verlag, Berlin, 2009.
- [12] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *Umweltmanagement - Ökobilanz –Anforderungen und Anleitungen* (ISO 14044:2006). Beuth Verlag, Berlin, 2010.
- [13] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau* (DIN 276-1). Beuth Verlag, Berlin, 2006.
- [14] Rüter, S. und Diederichs, S.: *Ökobilanz-Basisdaten für Bauprodukte aus Holz – Arbeitsbericht aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie Nr. 2012/1*. Hamburg, 2012.
- [15] Protokoll: Projekttreffen vom 20.10.2014 am Lehrstuhl Holzbau und Baukonstruktion in München
- [16] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *Holz und Holzprodukte – Berechnung des biogenen Kohlenstoffgehalts im Holz und Umrechnung in Kohlenstoffdioxid* (EN 16449:2014). Beuth Verlag, Berlin, 2012.
- [17] Teibinger, M.: Brandschutz im Detail. Holzbau, die neue quadriga (4), 39-43. 2011
- [18] Hosser, D; et al.: Theoretische und experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandverhalten bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 in Holzbauweise – Abschlussbericht, iBMB der TU Braunschweig. März 2001
- [19] Merk, M.; Werther, N.; Gräfe, M.: Erarbeitung weiterführender Konstruktionsdetails für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4, Abschlussbericht des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion der TU München, Forschungsinitiative Zukunft Bau, Band F 2923, Fraunhofer IRB Verlag ISBN 978-3-8167-9353-3. Stuttgart 2014
- [20] Brauer, L.; Kögler, B.: Wohnen im Prinz-Eugen-Park – Gestaltungsleitfaden zur Konversion des ehemaligen Kasernengeländes; Herausgeberin Landeshauptstadt München. München, 2014
- [21] Neubauer-Letsch, B.; Tartsch, K.; Hausammann, R: Mehrgeschossige Hybridbauten in der Schweiz - Markt und Holzeinsatz, BFH-AHB, F+E Management und Baupro-zesse, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Aktionsplan Holz. Biel, 2013.
- [22] Schlögel, M.: Brandschutztechnische Grundlagenstudie für die Entwicklung ökologischer Mustersiedlungen in mehrgeschossiger Holzbauweise, Masterarbeit am Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München. München, 2015
- [23] Mayr, J.; Battran, L.: Brandschutzatlas Kapitel 3.5 DIN-Normen, FeuerTRUTZ Network GmbH. März 2015
- [24] Winter, S., Merk, M.: Teilprojekt TP02 Brandsicherheit im mehrgeschossigen Holzbau High-Tech Initiative Bayern – Holzbau der Zukunft, Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst.

- [25] Loebus, S.; Werther, N.; Friquin, K.; Tulamo, T.: Book 5, Fire safety, Part of smartest, Innovation in timber construction for the modernisation of the building envelope, Technische Universität München ISBN 978-3-941370-49-4
- [26] Lainer, R.: Vortrag zum Projekt HoHo Wien auf dem Holzbautag der Fa. Züblin. 2015
- [27] Merk, M.: Sicherheit mehrgeschossiger Holzgebäude im Brandfall – Eine Risikoanalyse unter stochastischer Abbildung realer Ereignisverläufe im Brandfall, Dissertation an der Technischen Universität München. München, Juni 2015
- [28] Stein, R.: Zur Bewertung beeinflussender Faktoren auf Brandweiterleitungsmechanismen in Bauteilfugen vorgefertigter Holzbauelemente, Dissertation an der Technischen Universität München. München, April 2015
- [29] Lignum - Dokumentation Brandschutz – Außenwände - Konstruktion und Bekleidungen, LIGNUM Holzwirtschaft Schweiz. Zürich, 2009
- [30] Studhalter, J.: Innenraumbekleidung und Brandrisiko. In: Rossel, K.; Burri, S.: „Forum Holz- Bau- Spezial Akustik und Brand“ Tagungsband 4. HolzBauSpezial Akustik & Brandschutz im Holz- und Innenausbau. Bad-Wörishofen, 13./14. März 2013
- [31] Hosser, D.; Kampmeier, B.: Bewertung des Brandverhaltens unbekleideter flächiger massiver Holzbauteile im Hinblick auf die Einsatzmöglichkeiten im mehrgeschossigen Holzbau unter Berücksichtigung des geltenden nationalen Sicherheitsniveaus sowie der DIN EN 1995-1-2. Forschungsauftrag der deutschen Gesellschaft für Holzforschung. Braunschweig, Deutschland: iBMB. 2008
- [32] Maiworm, B., Stellungnahme der Branddirektion zur Darstellung der brandschutztechnischen Abweichungen bei der Realisierung der ökologischen Mustersiedlung im Prinz-Eugen-Park in München, Branddirektion München, 08.07.2016
- [33] Teibinger, M., Attachement Zuschnitt, Brandschutzvorschriften in Österreich – Anforderungen nach OIB-Richtlinie 2, proHolz Austria, Juni 2015
- [34] Hafner, A.; Winter, S., Takano, A.: Wooden products as building material in life cycle analysis. Proceedings of the third International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2012), Vienna, 3-6 October 2012, Life-cycle and Sustainability of Civil Infrastructure Systems, Taylor & Francis Group, pp. 1530-1537, 2012

10.2 Normen, Bauordnungen und Regelwerke

- [n1] Musterbauordnung (MBO) Fassung Nov. 2002, zuletzt geändert auf Beschluss der Bauministerkonferenz September 2012
- [n2] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFHolzR), Stand 2004-06
- [n3] DIN EN 14135:2004-11 Brandschutzbekleidungen - Bestimmung der Brandschutzwirkung; Beuth, Berlin 2004
- [n4] Bayerische Bauordnung (BayBO) in der Fassung vom 14. August 2007, zuletzt geändert am 27.07.2015 (§ 3 G v.24.07.2015, 296)
- [n5] Deutsches Institut für Bautechnik, Bauregelliste A Teil1 – Ausgabe 2015/2
- [n6] DVGW-Regelwerk (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.), Arbeitsblatt 405 - 2008 Bereitstellung von Trinkwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung
- [n7] E-DIN 18009-1:2015-04: Brandschutzingenieurwesen – Teil1: Grundsätze und Regeln für die Anwendung, Beuth, Berlin 2015
- [n8] EnEV 2014: Anlage 1 - Anforderungen an Wohngebäude - Tabelle 1
- [n9] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise, Ausgabe November 1989
- [n10] DIN 4108-2:2013-02, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Beuth, Berlin 2013
- [n11] VDI 4100:2012-10, Schallschutz von Wohnungen – Schallschutz im Hochbau Wohnungen Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz, Ausgabe Oktober 2012
- [n12] Hinweise zu Brandschutzanforderungen an Tageseinrichtungen für Kinder – 1.Vermerk – Bayerisches Staatsministerium des Inneren, August 2009
- [n13] Liste der als Technische Baubestimmungen eingeführten technischen Regeln Bayerisches Staatsministerium des Inneren, Februar 2015
- [n14] 4102-4:2016-05: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile, Beuth, Berlin 2016
- [n15] Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) in der Fassung vom 5.März 2010, zuletzt geändert am 11.11.2014
- [n16] DIN EN 1995-1-1: 2010-12, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau, Beuth, Berlin 2010
- [n17] DIN EN 1995-1-2: 2010-12, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall, Beuth, Berlin 2010

- [n18] DIN 13501-2: 2006-05, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen mit Ausnahme von Lüftungsanlagen, Beuth, Berlin 2006
- [n19] Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) in der Fassung vom 5.März 2010, zuletzt geändert am 11.11.2014
- [n20] DIN 4102-20:2016-03, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 20: Besonderer Nachweis für das Brandverhalten von Außenwandbekleidungen, Beuth, Berlin 2016
- [n21] Verordnung über Bauvorlagen und bauaufsichtliche Anzeigen (Bauvorlagenverordnung – BauVorlV), Stand 2007-11
- [n22] DIN 18599, Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung- Teil 1bis Teil 11, Beuth, Berlin 2011
- [n23] Brandschutzarbeitshilfe-Wohnbauten,Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bern 2015
- [n24] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauNVO), neugefasst durch die Bek. V. 23.1.1990; zuletzt geändert durch Art.2 G v. 11.6.2013
- [n25] DIN 277-1, Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen – Teil1: Hochbau, Beuth, Berlin 2016
- [n26] DIN EN 15804:12, Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte, Beuth, Berlin 2014

11 ANHANG

11.1 Anhang 1: Abweichungen Tabellarisch

Zeile	Abweichung von	Beurteilung/Kompensation
1	BayBO Art. 24 (2) Satz 3 Nr.1 (vgl. Abs. 3.2.1)	AUSFÜHRUNG Abweichend zu feuerbeständigen Bauteilen werden tragende und raumabschließende Wände und Decken in Holzbauweise (Massivholz / Holztafelbauweise) der Feuerwiderstandsdauer (R)EI90 mit einer brandschutztechnisch wirksamen Kapselbekleidung (K₂60) errichtet. Es werden ausschließlich Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen verwendet. BEURTEILUNG & RISIKOANALYSE Durch die Verwendung brennbarer Baustoffe besteht die Gefahr einer Beteiligung der Konstruktionsbauteile am Brandgeschehen. Diese muss über ausreichenden Zeitraum behindert bzw. ausgeschlossen werden. Des Weiteren ist eine Brand- und Rauchweiterleitung sowohl im Bauteil als auch über die Grenzen von Nutzungseinheiten hinweg über ausreichenden Zeitraum zu begrenzen. Grundsätzlich darf durch die gewählte Bauweise keine Verschlechterung der Möglichkeit zur Durchführung wirksamer Löscharbeiten eintreten. BEGRÜNDUNG & KOMPENSATION • Durch die K₂60 Kapselbekleidung wird über einen Zeitraum von 60 Minuten ein zu üblichen mineralischen Bauweisen äquivalentes Bauteilverhalten gewährleistet. Eine Beteiligung der Tragkonstruktion am Brandgeschehen kann für 60 Minuten ausgeschlossen werden. • Die Einhaltung der geforderten baurechtlichen Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten wird durch eine Bemessung auf Basis Eingeführter Technischer Baubestimmungen (ETB) bzw. durch allgemein gültige bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise sichergestellt. • Die Konstruktionen werden hohlraumfrei und luftdicht ausgeführt, so dass eine Brand- bzw. Rauchweiterleitung durch Hohlräume / Fugen innerhalb der Konstruktion verhindert werden. Bei Holztafelbauteilen wird eine nichtbrennbare Dämmung (nach DIN 4102-17, Schmelzpunkt $\geq 1000^{\circ}\text{C}$) verwendet. Eine Weiterleitung des Brandes durch mineralisch bekleidete, massive Holzquerschnitte ist nicht zu erwarten.

- Durch die Fugenausbildung entsprechend M-HFH-HolzR bzw. Konstruktionskatalog der TUM [19] wird eine Weiterleitung von Feuer oder Rauch über Objektbezogene Fugen innerhalb der Klassifikationszeit verhindert.
- Um eine Ausbreitung von Feuer und Rauch zu verhindern, wird im Bereich horizontaler, raumabschließender Bauteile (Decken) eine durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen in ausreichender Dicke angeordnet.
- Als zusätzliche Kompensationsmaßnahme wird eine Überwachung der Baumaßnahme in Form einer Fachbauleitung Brandschutz (Niveau 2 nach AHO-2015) durchgeführt. Die systematische und stichprobenartige Kontrolle während der Bauzeit soll die korrekte Ausführung der geplanten Konstruktionen, die zum Erreichen der gestellten Anforderungen notwendig ist, sicherstellen und eine hohe brandschutztechnische Ausführungsqualität gewährleisten.

2 BayBO Art. 24 (2) Satz 3 Nr.2

(vgl. Abs. 6.2.2)

AUSFÜHRUNG

- Tragende Massivholzdecken sowie lineare Holzbauteile (Stützen/Träger) werden innerhalb einzelner Räume bzw. Nutzungseinheiten mit sichtbaren Holzoberflächen ausgeführt.
- Mit nicht brennbaren Dämmstoffen vollausgedämmte Rippen- oder Balkendecken werden unterseitig mit einer brennbaren Schutzbekleidung (sichtbare Holzoberfläche) ausgeführt.

BEURTEILUNG & RISIKOANALYSE

Durch die Verwendung brennbarer Bauteiloberflächen ist eine Beteiligung am Brandgeschehen zu erwarten. Es darf trotz der brennenden Bekleidungslage bzw. Bauteiloberfläche keine Brand- und Rauchweiterleitung sowohl im Bauteil als auch über die Grenzen von Nutzungseinheiten hinweg über den notwendigen Schutzzeitraum erfolgen. Grundsätzlich darf durch die gewählte Bauweise keine Verschlechterung der Möglichkeit zur Durchführung wirksamer Löscharbeiten eintreten.

BEGRÜNDUNG & KOMPENSATION

- Sämtliche Bauteile mit sichtbaren Holzoberflächen werden auf die baurechtlich geforderte Feuerwiderstandsdauer auf Basis Eingeführter Technischer Baubestimmungen (ETB) bzw. durch allgemein gültige bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise bemessen. Sie werden hohlraumfrei und luftdicht

ausgeführt. Somit wird der Funktionserhalt der Tragfähigkeit und des Raumabschlusses gewährleistet.

- Im Bereich der Deckenuntersichten bestehen im Brandfall keine signifikanten Unterschiede sowohl mit als auch ohne brennbare Oberflächen bezüglich der Höhe des Temperaturniveaus. Es ist von einem nur unwesentlich schneller eintretenden Flash-Over-Zeitpunktes auszugehen. Analog dazu kann von einem ähnlich geringfügigen Beitrag durch unbekleidete linearen Bauteilen, wie Stützen und Balken ausgegangen werden. Durch einzelne lineare Bauteile oder Unterzüge ist zudem nur ein geringer Beitrag zur Brandausbreitung zu erwarten.
- Durch die sichtbaren Holzoberflächen sind zusätzliche immobile Brandlasten vorhanden, deren Beteiligung am Brandgeschehen nicht auszuschließen ist. Aus diesem Grund werden diese Bauteile nur in den einzelnen, brandschutztechnisch abgeschlossenen Nutzungseinheiten innerhalb von Wohnräumen und nicht im Bereich von notwendigen Fluchtwegen oder Fluren verwendet. Da die Größe der Nutzungseinheit einen wesentlichen Einflussfaktor für die erfolgreiche Brandbekämpfung darstellt, soll im Falle der Verwendung von Sichtholzoberflächen die Nutzungseinheit auf maximal 200m² begrenzt werden.
- Zur Verhinderung einer Brandausbreitung in bzw. innerhalb des Bauteils durch Hohlräume oder Fugen, werden die unterseitigen Brettlagen bzw. die Brettlagen der unterseitigen Bekleidung mindestens über eine Dicke des rechnerisch zu erwartenden Abbrandes (z.B. nach E-DIN 4102-4_A1) schmalseitenverklebt und damit monolithisch hergestellt, ausgeführt.
- Als zusätzliche Kompensationsmaßnahme wird eine Überwachung der Baumaßnahme in Form einer Fachbauleitung Brandschutz (Niveau 2 nach AHO-2015) gefordert. Die systematische und stichprobenartige Kontrolle während der Bauzeit soll die korrekte Ausführung der geplanten Konstruktionen, die zum Erreichen der gestellten Anforderungen notwendig ist, sicherstellen und eine hohe brandschutztechnische Ausführungsqualität gewährleisten.

3 BayBO Art. 33 (4) Satz 1 Nr. 1

(vgl. Abs. 6.2.3)

AUSFÜHRUNG

- Umfassungswände notwendiger Treppenräume (in der Bauart von Brandwänden in GKL 5) sollen als tragende und raumabschließende Bauteile abweichend in Massivholzbauweise als Brandwandersatzwände der Qualität (R)EI90-M + K₂60 (nach allgemein gültigem bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis) errichtet werden.

BEURTEILUNG & RISIKOANALYSE

Notwendige Treppenräume und deren raumabschließende Umfassungswände stellen brandschutztechnisch das höchste Gut für die Eigen- und Selbstrettung von Nutzern als auch für den erfolgreichen Einsatz von Rettungs- und Löschmaßnahmen durch die Feuerwehr dar. Eine Brand- und Rauchweiterleitung muss über ausreichenden Zeitraum sowohl über die Grenze der Treppenraumumfassung als auch im Bauteil begrenzt bzw. möglichst gänzlich ausgeschlossen sein. Bei Verwendung brennbarer Konstruktionsschichten müssen diese entsprechend ausfallsicher vor Brandbeanspruchung bzw. -eintrag geschützt werden. Ein Versagen von Anschlüssen mit der einhergehenden Öffnung von Fugen oder sonstigen Brandpfaden bzw. ein Durchbrand in den Treppenraum hinein muss mit ausreichender Wahrscheinlichkeit auch unter mechanischer Stoßbeanspruchung ausgeschlossen sein. Gegen den Verlust der Funktion der Kapselbekleidung als durchgängige mineralische Schicht sind ausreichend vorkehrende Schutzmaßnahmen zu treffen.

BEGRÜNDUNG & KOMPENSATION

- Die Umfassungswände der Treppenräume werden als hohlraumfreie mehrschalige Wandkonstruktionen ausgeführt.
 - Die bauaufsichtlich geforderte Widerstandsdauer an den Raumabschluss und ggf. die Tragfähigkeit, von mindestens 90 Minuten, unter mechanischer Beanspruchung wird vollständig durch die treppen-raum-seitig angeordnete Wandschalenkonstruktion (Kernwand) gewährleistet. Die Kernwand wird über alle Geschosse geführt und durch andere Bauteile nicht durchstoßen. Eine Beteiligung am Brandgeschehen ist durch die allseitige Kapselung in der Qualität K260 über einen Zeitraum von 60 Minuten ausgeschlossen. Für das reine Kernbauteil kann in dieser Zeit von einem zu mineralischen Bauteilen äquivalenten Brandverhalten ausgegangen werden.
 - Installationen werden außerhalb der Kernwand geführt, um eine Durchdringung der Kapselbekleidung der Kernwand zu vermeiden. Abweichend davon werden einzelne elektrische Leitungen, Hüllrohre und Hohlwanddosen zur Versorgung des Treppenhauses nur unter Einhaltung der Konstruktionsbedingungen entsprechend M-HFHolzR und dem Konstruktionskatalog der TUM eingebaut.
 - Flucht und Rettungswege sind im Allgemeinen frei von Brandlasten zu halten, somit ist treppen-raum-
-

seitig keine Brandbeanspruchung > 60 min zu erwarten. Die angeordnete Kapselbekleidung gewährleistet damit ein analoges Brandverhalten zu mineralischen Bauteilen.

- Brandraumseitig (Seite der Nutzungseinheit) erhält die als REI90-M K₂60 klassifizierte Kernwand eine zusätzliche Konstruktionsschale, die als schützende Ebene gegen mechanische Einwirkungen angeordnet wird (Redundanz). Die raumseitige (Vorsatz-) Schale ist auf eine Schutzzeit (EI) von 30 Minuten ausgelegt. Die Schale muss robust gegen mechanische Einwirkungen sein. Diese Robustheit entspricht jedoch nicht der baurechtlichen „M“-Klassifikation, sondern wird durch konstruktive Mindestanforderungen sichergestellt (vgl. Abs. 6.2.3). Wird die raumseitige Schale als tragendes und aussteifendes Bauteil verwendet, erhält diese raumseitig eine K₂60-Kapselbekleidung analog des Bauteilaufbaus tragender Bauteile und muss für sich auch den Feuerwiderstand von 90 Minuten auf Lastabtrag erfüllen.
- Durch die Kombination der beiden Schalen (Kernwand + Vorsatzschale) kann der beschriebene Aufbau in seiner raumabschließenden Wirkungsweise mindestens als äquivalent zu mineralischen, nicht-brennbaren Konstruktionen mit der Anforderung (R)EI90 betrachtet werden.
- Als Kompensationsmaßnahme wird eine Überwachung der Baumaßnahme in Form einer Fachbauleitung Brandschutz (Niveau 2 nach AHO-2015) gefordert. Die systematische und stichprobenartige Kontrolle während der Bauzeit soll die korrekte Ausführung der geplanten Konstruktionen, die zum Erreichen der gestellten Anforderungen notwendig ist, sicherstellen und eine hohe brandschutztechnische Ausführungsqualität gewährleisten.
-

**4 BayBO Art. 28 (3)
Satz 1**

(vgl. Abs. 3.2.4)

AUSFÜHRUNG

- Abweichend zu Brandwänden sollen als tragende und raumabschließende Bauteile Brandwandersatzwände in Massivholzbauweise der Qualität (R)EI90-M + K₂60 (nach allgemein gültigem bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis) errichtet werden.

BEURTEILUNG & RISIKOANALYSE

Brandwände stellen brandschutztechnisch das höchste Gut für die Trennung von Brand- bzw. Gebäudeabschnitten und somit für die Durchführung erfolgreicher Löschmaßnahmen dar. Sie dienen in inneren Brandabschnitten zusätzlich der sicheren Rückzugsmöglichkeit für die Rettungskräfte.

Eine Brand- und Rauchweiterleitung muss sowohl im Bauteil als auch über die Grenzen von Brandabschnitten über ausreichenden Zeitraum begrenzt bzw. möglichst gänzlich ausgeschlossen werden. Bei Verwendung brennbarer Konstruktionsschichten müssen diese entsprechend ausfallsicher vor Brandbeanspruchung bzw. -eintrag geschützt werden. Ein Versagen von Anschlüssen mit der einhergehenden Öffnung von Fugen oder sonstigen Brandpfaden bzw. ein Durchbrand über die Grenzen des Brandabschnittes hinweg muss mit ausreichender Wahrscheinlichkeit auch unter mechanischer Stoßbeanspruchung behindert sein. Gegen den Verlust der Funktion der Kapselbekleidung als durchgängige mineralische Schicht sind ausreichend vorkehrende Schutzmaßnahmen zu treffen.

BEGRÜNDUNG & KOMPENSATION

- Die Brandwandersatzwände werden als hohlraumfreie mehrschalige Wandkonstruktionen ausgeführt.
- Die bauaufsichtlich geforderte Widerstandsdauer an den Raumabschluss und ggf. die Tragfähigkeit unter mechanischer Beanspruchung von mindestens 90 Minuten wird vollständig durch eine mittig liegende Wandkonstruktion (Kernwand) gewährleistet. Die Kernwand ist über einen Verwendbarkeitsnachweis nach BayBO Art. 17 für die brandschutztechnische Qualität (R)EI90-M K₂60 nachgewiesen. Sie wird über alle Geschosse durchlaufend geführt und durch andere Bauteile nicht durchstoßen. Wegen der allseitig angeordneten Kapselung der Qualität K₂60 kann eine Beteiligung der Kernwand am Brandgeschehen über einen Zeitraum von mindestens 60 Minuten ausgeschlossen werden. Für das reine Kernbauteil kann in dieser Zeit von einem zu mineralischen Bauteilen äquivalenten Brandverhalten ausgegangen werden.
- Installationen werden außerhalb der Kernwand geführt. Es besteht keinerlei Durchdringung der Kapselbekleidung der Kernwand.
- Jeweils raumseitig (zur Nutzungseinheit) erhält die klassifizierte Kernschale eine zusätzliche Konstruktionsschale, die als schützende Ebene gegen mechanische Einwirkungen angeordnet wird (Redundanz). Die raumseitigen Schalen sind auf eine Schutzzeit (EI) von 30 Minuten ausgelegt. Die

Schale muss robust gegen mechanische Einwirkungen sein. Diese Robustheit entspricht jedoch nicht der baurechtlichen „M“-Klassifikation, sondern wird durch konstruktive Mindestanforderungen sichergestellt (vgl. Abs. 6.2.4).

Wird die raumseitige Schale als tragendes und aussteifendes Bauteil verwendet, erhält diese raumseitig eine K₂60-Kapselbekleidung analog des Bauteilaufbaus tragender Bauteile und muss für sich auch den Feuerwiderstand von 90 Minuten auf Lastabtrag erfüllen.

- Durch die Kombination der beiden Schalen (Kernwand + Vorsatzschale) kann der beschriebene Aufbau in seiner raumabschließenden Wirkungsweise mindestens als äquivalent zu mineralischen, nicht-brennbaren Konstruktionen mit der Anforderung (R)EI90 betrachtet werden.
- Als Kompensationsmaßnahme wird eine Überwachung der Baumaßnahme in Form einer Fachbauleitung Brandschutz (Niveau 2 nach AHO-2015) gefordert. Die systematische und stichprobenartige Kontrolle während der Bauzeit soll die korrekte Ausführung der geplanten Konstruktionen, die zum Erreichen der gestellten Anforderungen notwendig ist, sicherstellen und eine hohe brandschutztechnische Ausführungsqualität gewährleisten.

**5 BayBO Art. 26 (3)
Satz 1**

(vgl. Abs. 3.2.5)

AUSFÜHRUNG

- Ausführung von Fassaden (Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen einschließlich der Unterkonstruktionen) in Holzbauweise aus normalentflammbaren Baustoffen (B2) unter Anordnung konstruktiver Schutzmaßnahmen in den Geschossstößen.

BEURTEILUNG & RISIKOANALYSE

- Durch die Verwendung von Holz als Baustoff in den Oberflächen von Außenwänden sowie bei Außenwandbekleidungen einschließlich ihrer Unterkonstruktion kann es zu einer ungewollt großen bzw. schnellen Brandausbreitung über bzw. auf der Fassade vor dem Eintreffen der Feuerwehr und dem beginnenden Löschangriff kommen.
- Um ein zu den baurechtlichen Anforderungen äquivalentes Systemverhalten zu erhalten, müssen beim Einsatz normalentflammbarer Baustoffe Ersatzmaßnahmen angeordnet werden, die eine geschossweise Übertragung des Brandes zeitlich so behindern, dass das allgemein gestellte „B1-Schutzziel“ gleichwertig erfüllt werden kann.

BEGRÜNDUNG & KOMPENSATION

- Die kritischen brandschutztechnischen Ausbreitungspfade liegen in der Hinterlüftungsebene hinter der Fassade sowie an der Fassadenoberfläche. Eine Brandweiterleitung über die Fassade bzw. die Unterkonstruktion der Fassade wird durch die geschossweise angeordneten Brandbarrieren verhindert. Diese Brandbarrieren müssen ausreichend weit über die Vorderkante der Fassadenoberfläche stehen und an der hinter der Fassade liegenden brandschutztechnisch wirksamen Schicht befestigt sein. Somit wird eine Brandausbreitung infolge einer Kaminwirkung in der Ebene der Hinterlüftung unterbunden. Die Brandbarrieren können eine Brandausbreitung ausreichend lange begrenzen, so dass die bauaufsichtlich geforderten Schutzziele eingehalten werden und eine technisch gleichwerte Lösung zu schwerentflammaren Fassadenkonstruktionen vorliegt.

Die Vorgaben für Mindestmaße und -abstände wurden über zahlreiche Fassadenbrandversuchen entsprechend E DIN 4102-20 belegt und sind im Konstruktionskatalog der TU München [19] enthalten.

- Die hinter der Fassade liegende Wandkonstruktion wird zur Hinterlüftungsebene hin durch eine nichtbrennbare Schutzbekleidung nach DIN EN 1995-1-2 ($t_{ch} \geq 30$ min) oder einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung der Qualität K₂30 nach DIN EN 13501 geschützt. Somit kann ein Brand an der Fassade nicht in die dahinterliegende Wandkonstruktion eindringen. Diese nichtbrennbare Bekleidungsanlage als Übergang zwischen Außenwand und Fassade reduziert ebenfalls den Brandfortschritt innerhalb dieser Ebene (Kaminwirkung).
 - Um eine erhöhte Sicherheit im Falle von Brandbeanspruchungen von außen im Sockelbereich (abweichend von der Prüfung entsprechend E DIN 4102-20) zu gewährleisten, wird zwischen der Geländeoberfläche und der 1. Brandbarriere, sowie zwischen erster und zweiter Brandbarriere ein maximaler Abstand von 3 m eingehalten
 - Beim Einsatz einer tragenden Außenwand werden die Maßnahmen für tragende und Aussteifende Wände (Anforderung REI90 + K₂60) mit den Maßnahmen für die Fassade kombiniert.
-

11.2 Anhang 2: Ablaufschema Brandschutz – Prinz-Eugen-Park München

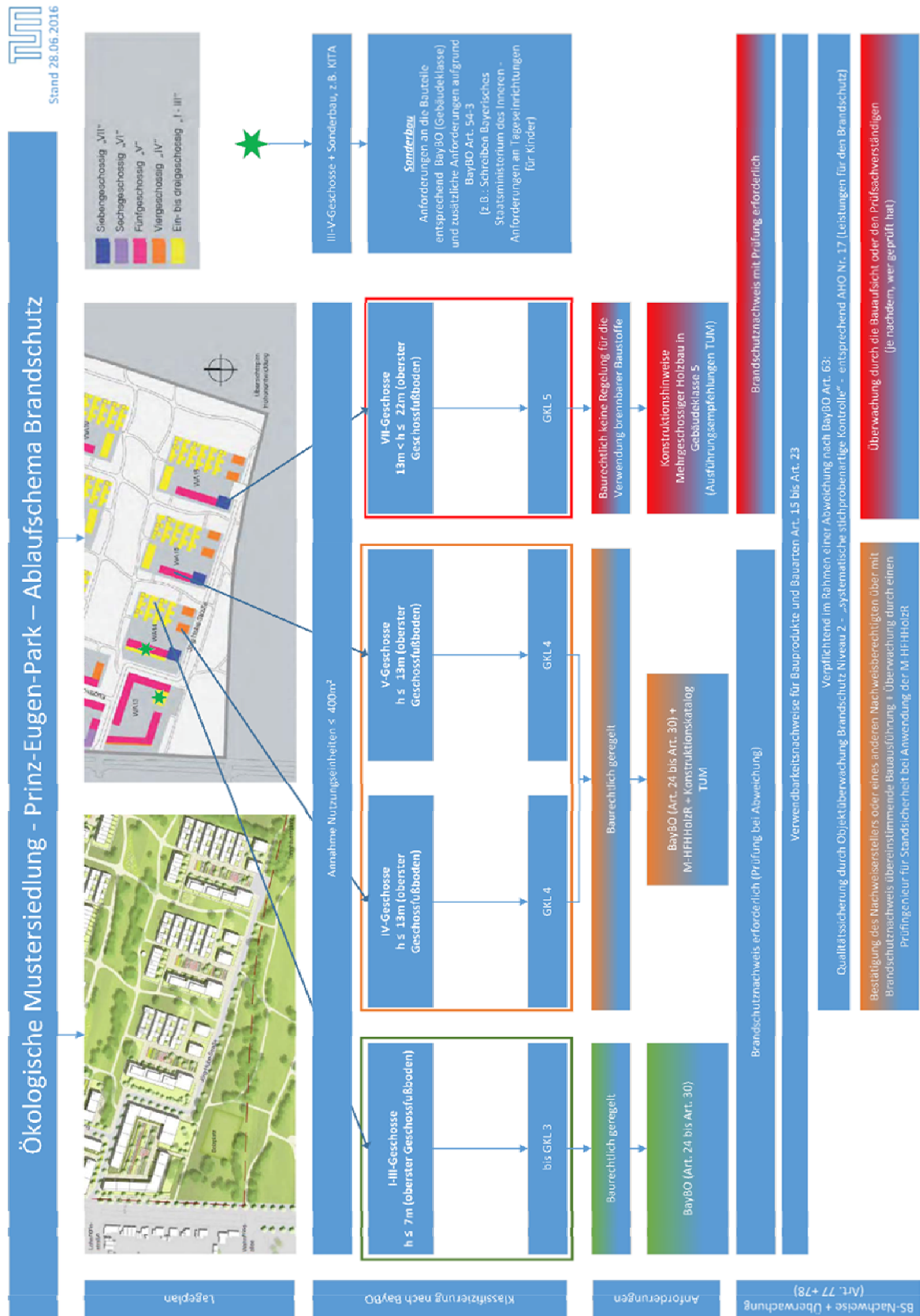


Abbildung 51: Ablaufschema Brandschutz Prinz-Eugen-Park

11.3 Anhang 3: Ausführungsempfehlungen mehrgeschossiger Holzbau GKL 5

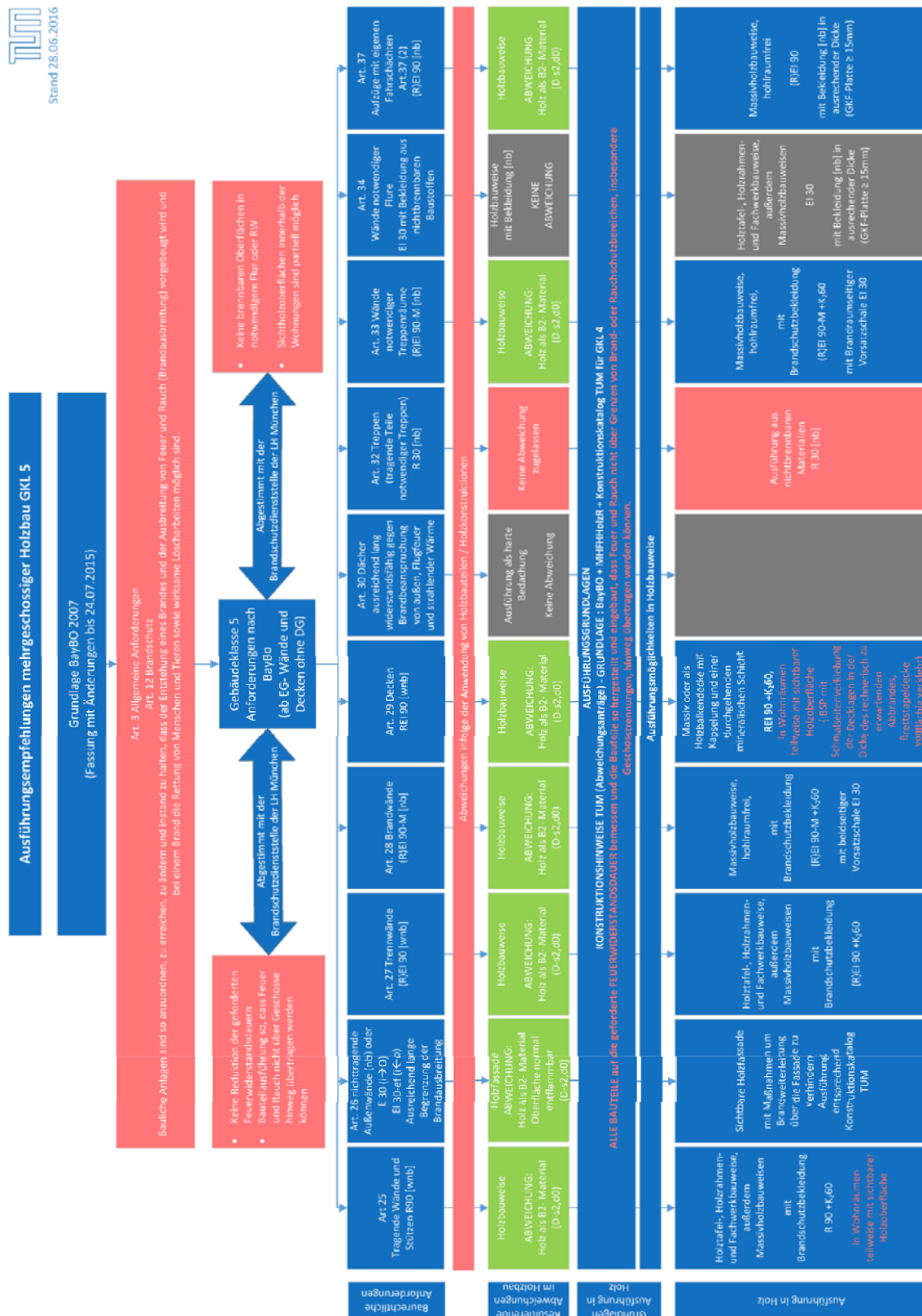


Abbildung 52: Ausführungsempfehlungen mehrgeschossiger Holzbau GKL 5

11.4 Anhang 4: Bewertungstabelle für die Förderung

Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park

Gebäudetyp A

Für den Einsatz nachwachsender, Kohlenstoff speichernder Baustoffe (regional oder zertifiziert)

Stand: Juni 2016

Formblatt zur Berechnung der Förderhöhe CO₂-Bonus

Die gelb hinterlegten Felder sind auszufüllen.

Wohnfläche [m²]:

Anmerkung: Ist das verbaute Material nicht in der Liste vorhanden, muss dieses dem nächstliegenden Datensatz (z.B. Material mit ähnlicher Dichte oder ähnlichem Bauprodukt) zugeordnet werden.

Material-Typ	Material ¹⁾	Verbautes Volumen Entsprechend belegender Rechnung ¹⁾ [m ³]	Baustoff ist		Dichte, inkl. Holzfeuchte ²⁾ [kg/m ³]	Verbaute Masse ¹⁾ [kg]	Verbaute Holzmasse (ohne Zusatzstoffe) [kg]	Förder- Satz [€/kg verbaute Holzmasse]	Errechnete Fördersumme [€]	Zur Information: Im Baustoff gebundene Menge CO ₂ ³⁾ [kg CO ₂]
			Von Regionaler Herkunft ¹⁾	zertifiziert nach FSC, PEFC oder Naturland ¹⁾						
Vollholz in [m ³] ²⁾	Nadelholz: Fichte/Tanne				482			0,70		
	Nadelholz: Kiefer/Douglasie				549			0,70		
	Nadelholz: Lärche				661			0,70		
	Laubholz **: Buche/Eiche/Robinie				728			0,70		
Holz- Werkstoffe in [m ³]	3- und 5-Schichtholzplatten				472			0,70		
	Sperrholz				490			0,70		
	Furnierschichtholz				465			0,70		
	OSB				619			0,70		
	Spanplatte				682			0,70		
	MDF				720			0,70		
	HDF				900			0,70		
	Holzwerkstoffplatte Duripanel				1.350			0,70		
Dämmstoffe in [m ³]	Expandierter Kork				80			0,70		
	Holzfaserdämmplatte				130			0,70		
	Zellulose Einblas-Dämmstoff				45			0,70		
	Zellulose Faserplatten				80			0,70		
	Hanf-Flachsvlies				38			0,70		
Holzböden in [m ²] ³⁾	Mehrschichtparkett				591			0,70		
	Stabparkett				523			0,70		
	Korkplatten				450			0,70		

¹⁾ Quelle: Ökoba.dat 2011_v03 - 21_03_2012, Angaben inkl. Holzfeuchte (Ulmo)

²⁾ Mittelwert Dichte aus beiden Datensätzen (Buche 739 kg/m³, Eiche 717 kg/m³)

³⁾ Umrechnung der Dichten aus Ökoba.dat Datensatz in m³/kg für individuelle Bodendielen

Vollholz:

Nadelholz Fichte/Tanne

Datensatz: 3.1.01 Schnittholz Fichte

Nadelholz Kiefer

Datensatz: 3.1.01 Schnittholz Kiefer

Nadelholz Lärche

Datensatz: 3.1.01 Schnittholz Lärche

Laubholz Eiche

Datensatz: 3.1.01 Schnittholz Eiche

Laubholz Buche

Datensatz: 3.1.01 Schnittholz Buche

Holzwerkstoffe:

Drei-Schichtholzplatte

Datensatz: 3.2.01 Drei-Schichtholzplatte

Fünf-Schichtholzplatte

Datensatz: 3.2.01 Fünf-Schichtholzplatte

Sperrholzplatte

Datensatz: 3.2.02 Sperrholzplatte

Furnierschichtholz

Datensatz: 3.2.03 Furnierschichtholz

OSB

Datensatz: 3.2.04 OSB (Durchschnitt)

Spanplatte

Datensatz: 3.2.05 Spanplatte (Durchschnitt)

MDF

Datensatz: 3.2.07 MDF - Egger

HDF

Datensatz: 3.2.07 HDF - Egger

Holzwerkstoffplatte Duripanel

Datensatz: 3.2.08 Holzwerkstoffplatte Duripanel - Element

Dämmstoffe:

Expandierter Kork

Datensatz: 2.9.01 Expandierter Kork

Holzfaserdämmplatte

Datensatz: 2.10.01 Holzfaserdämmplatte Mix (Trockenverf.)

Zellulose Einblas-Dämmstoff

Datensatz: 2.11.01 Zellulosefaser Einblas-Dämmstoff

Zellulose Faserplatten

Datensatz: 2.11.02 Zellulosefaserplatten

Hanfvlies

Datensatz: 2.12.01 Hanfvlies

Flachsvlies

Datensatz: 2.12.01 Flachsvlies

Holzböden:

Mehrschichtparkett

Datensatz: 3.3.02 Mehrschichtparkett

Stabparkett

Datensatz: 3.3.02 Stabparkett

Korkplatten

Datensatz: 3.3.05 Korkplatten

verbaute

kg nawaros /m² WF:

0

Fördersumme

Gesamt:

0 €

Speichermenge CO₂

Gesamt:

0

¹⁾ Nachvollziehbare Nachweise sind dem Förderantrag beizulegen

²⁾ Verbautes Brettsperrholz und Brettschichtholz bitte bei Vollholz eintragen

³⁾ Nachwachsende regenerative Baustoffe bestehen zu 50% aus Kohlenstoff (C). Somit enthält 1 kg Baustoff 0,5 kg Kohlenstoff (C). Diese Menge an Kohlenstoff C ist wiederum in 1,8 kg CO₂ gebunden. Ergebnis: 1 kg an nachwachsendem regenerativen Baustoff bindet die Menge an Kohlenstoff, die in 1,8 kg vom Klimagas CO₂ enthalten ist.

Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park

Gebäudetyp B

Für den Einsatz nachwachsender, Kohlenstoff speichernder Baustoffe (regional oder zertifiziert)

Stand: Juni 2016

Formblatt zur Berechnung der Förderhöhe CO₂-Bonus

Die gelb hinterlegten Felder sind auszufüllen.

Wohnfläche [m²]:

Anmerkung: Ist das verbaute Material nicht in der Liste vorhanden, muss dieses dem nächstliegenden Datensatz (z.B. Material mit ähnlicher Dichte oder ähnlichem Bauprodukt) zugeordnet werden.

Material-Typ	Material ¹⁾	Verbautes Volumen Entsprechend beiliegender Rechnung ¹⁾ [m ³]	Baustoff ist Von Regionaler Herkunft ¹⁾	zertifiziert nach FSC, PEFC oder Naturland ¹⁾	Dichte, inkl. Holzfeuchte ¹⁾ [kg/m ³]	Verbaute Masse ¹⁾ [kg]	Verbaute Holzmasse (ohne Zusatzstoffe) [kg]	Förder- Satz [€/kg verbaute Holzmasse]	Errechnete Fördersumme [€]	Zur Information: Im Baustoff gebundene Menge CO ₂ ²⁾ [kg CO ₂]
Vollholz in [m ³] ²⁾	Nadelholz: Fichte/Tanne				482			2,00		
	Nadelholz: Kiefer/Douglasie				549			2,00		
	Nadelholz: Lärche				661			2,00		
	Laubholz ³⁾ : Buche/Eiche/Robinie				728			2,00		
Holz- Werkstoffe in [m ³]	3- und 5-Schichtholzplatten				472			2,00		
	Sperrholz				490			2,00		
	Furnierschichtholz				465			2,00		
	OSB				619			2,00		
	Spanplatte				682			2,00		
	MDF				720			2,00		
	HDF				900			2,00		
	Holzwerkstoffplatte Durpanel				1.350			2,00		
Dämmstoffe in [m ³]	Expandierter Kork				80			2,00		
	Holzfaserdämmplatte				130			2,00		
	Zellulose Einblas-Dämmstoff				45			2,00		
	Zellulose Faserplatten				80			2,00		
	Hanf-/Flachsvlies				38			2,00		
Holzböden in [m ²] ⁴⁾	Mehrschichtparkett				591			2,00		
	Stabparkett				523			2,00		
	Korkplatten				450			2,00		

¹⁾ Quelle: Ökobau.dat 2011_v03 - 21_03_2012, Angaben inkl. Holzfeuchte (Iutro)²⁾ Mittelwert Dichte aus beiden Datensätzen (Buche 739 kg/m³, Eiche 717 kg/m³)³⁾ Umrechnung der Dichten aus Ökobau.dat Datensatz in m³/kg für individuelle Bodendicken

Vollholz:

Nadelholz: Fichte/Tanne

Datensatz: 3.1.01 Schnittholz Fichte

Nadelholz: Kiefer

Datensatz: 3.1.01 Schnittholz Kiefer

Nadelholz: Lärche

Datensatz: 3.1.01 Schnittholz Lärche

Laubholz: Eiche

Datensatz: 3.1.01 Schnittholz Eiche

Laubholz: Buche

Datensatz: 3.1.01 Schnittholz Buche

Holzwerkstoffe:

Drei-Schichtholzplatte

Datensatz: 3.2.01 Drei-Schichtholzplatte

Fünf-Schichtholzplatte

Datensatz: 3.2.01 Fünf-Schichtholzplatte

Sperrholzplatte

Datensatz: 3.2.02 Sperrholzplatte

Furnierschichtholz

Datensatz: 3.2.03 Furnierschichtholz

OSB

Datensatz: 3.2.04 OSB (Durchschnitt)

Spanplatte

Datensatz: 3.2.05 Spanplatte (Durchschnitt)

MDF

Datensatz: 3.2.07 MDF - Egger

HDF

Datensatz: 3.2.07 HDF - Egger

Holzwerkstoffplatte Durpanel

Datensatz: 3.2.08 Holzwerkstoffplatte Durpanel - Element

Dämmstoffe:

Expandierter Kork

Datensatz: 2.9.01 Expandierter Kork

Holzfaserdämmplatte

Datensatz: 2.10.01 Holzfaserdämmplatte Mix (Trockenverf.)

Zellulose Einblas-Dämmstoff

Datensatz: 2.11.01 Zellulosefaser Einblas-Dämmstoff

Zellulose Faserplatten

Datensatz: 2.11.02 Zellulosefaserplatten

Hanfvlies

Datensatz: 2.13.01 Hanfvlies

Flachsvlies

Datensatz: 2.12.01 Flachsvlies

Holzböden:

Mehrschichtparkett

Datensatz: 3.3.02 Mehrschichtparkett

Stabparkett

Datensatz: 3.3.02 Stabparkett

Korkplatten

Datensatz: 3.3.05 Korkplatten

verbaute
kg nawaros /m² WF:

0

Fördersumme

Gesamt:

0 €

Speichermenge CO₂

Gesamt:

0

¹⁾ Nachvollziehbare Nachweise sind dem Förderantrag beizulegen²⁾ Verbautes Brettsperrholz und Brettschichtholz bitte bei Vollholz eintragen³⁾ Nachwachsende regenerative Baustoffe bestehen zu 50% aus Kohlenstoff (C). Somit enthält 1 kg Baustoff 0,5 kg Kohlenstoff (C). Diese Menge an Kohlenstoff C ist wiederum in 1,8 kg CO₂ gebunden. Ergebnis: 1 kg an nachwachsendem regenerativen Baustoff bindet die Menge an Kohlenstoff, die in 1,8 kg vom Klimagas CO₂ enthalten ist.

11.5 Anhang 5: Zur Verfügung gestellte Unterlagen der Ausschreibungsphase 2

Die folgenden Tabellen für Gebäudetyp A und B wurden den Baugemeinschaften in der 2. Stufe des Bewerbungsverfahrens zur Verfügung gestellt.

Teil 1: Gebäudetyp A: Handout Bauteileigenschaften

Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park					
Gebäudetyp A					
Zur Information in Ausschreibungsstufe 2					
Die Angaben sind aus gebauten Beispielen abgeleitet. Eine geänderte Kombination der einzelnen Bauteile kann zu anderen Ergebnissen führen. Wird in Holzrahmenbauweise gebaut, kann mindestens Stufe 1 erreicht werden. Je mehr Massivholzelemente* verbaut werden, desto höhere nawaro-Werte können erreicht werden. Keller/Untergeschosse sind nicht berücksichtigt, da diese fast ausschließlich in Stahlbetonweise ausgeführt werden.					
Bauteileigenschaften der Gebäude um Nawaro-Stufen zu erreichen					
Elemente	Stufe 1 (Mindestanforderung)		Stufe 2 (verbesserte Mindestanforderung)		Stufe 3 (reiner Holzbau)
kg Nawaro/ m² WF	≥150		≥165		≥190
Außenwand (Gebäudehülle)	Holzrahmen		Holzrahmen		Massivholz*
Tragwerk	Holzrahmen		Holzrahmen		Massivholz*
Dach	Holzrahmen / Holzstegträger		Holzrahmen		Massivholz*
Decke	Holzbalken / Holzstegträger		Holzbalken		Holzbalken Massivholz*
Innenwand Nutzungstrennung, tragende Innenwände	Holzständer		Holzständer		Holzständer Massivholz*
Innenwand nutzungsintern, nichttragende Innenwände	Metallständer		Holzsteher		Holzsteher
Innenausbau (Bodenbelag, Innentüren)	vorwiegend Holz		vorwiegend Holz		vorwiegend Holz
Fassadenbekleidung	mineralisch	Holz	mineralisch	Holz	mineralisch Holz

*Massivholz wird hier als Synonym für eine Bauweise mit tragender Brettsperrholzkonstruktion verwendet.

Die Ergebnisse sind Teil eines von der DBU geförderten Forschungsprojekts: *Methodenentwicklung zur Beschreibung von Zielwerten zum Primärenergieaufwand und CO₂-Äquivalent von Baukonstruktionen zur Verknüpfung mit Grundstücksvergaben und Qualitätssicherung bis zur Entwurfsplanung*. AZ: 31943-25
Fördernehmer sind die Ruhr-Universität Bochum (RUB) und die Technische Universität München (TUM) in Kooperation mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung PLAN HA III/2, LH München (LHM).

1 von 1 01.06.2016

Teil 2: Gebäudetyp B: Handout Bauteileigenschaften

Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park

Gebäudetyp B

Zur Information in Ausschreibungsstufe 2

Die Angaben sind aus gebauten Beispielen abgeleitet. Eine geänderte Kombination der einzelnen Bauteile kann zu anderen Ergebnissen führen.

Keller/Untergeschosse sind nicht berücksichtigt, da diese fast ausschließlich in Stahlbetonweise ausgeführt werden.

Bauteileigenschaften der Gebäude um Nawaro-Stufen zu erreichen

Elemente	Stufe 1 (Mindestanforderung)	Stufe 2 (verbesserte Mindestanforderung)	Stufe 3 (reiner Holzbau)
kg Nawaro/ m² WF	≥50	≥90	≥120
Außenwand (Gebäudehülle)	Holz	Holz	Holz
Tragwerk	Massiv	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Dach	Massiv Holz	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Decke	Massiv	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Innenwand Nutzungstrennung, tragende Innenwände	Massiv	Holz	Holz
Innenwand nutzungsintern, nichttragende Innenwände	Massiv Holz	Massiv Holz	Massiv Holz
allgemeine horizontale Erschließung	Massiv	Massiv Massiv/ Holz Holz	Holz
Treppenhaus (vertikale Erschließung)	Massiv	Massiv	Massiv Holz
Innenausbau (Bodenbelag, Innentüren)	vorwiegend Holz	vorwiegend Holz	vorwiegend Holz
Fassadenbekleidung	mineralisch Holz	mineralisch Holz	mineralisch Holz

Die Ergebnisse sind Teil eines von der DBU geförderten Forschungsprojekts: *Methodenentwicklung zur Beschreibung von Zielwerten zum Primärenergieaufwand und CO₂-Äquivalent von Baukonstruktionen zur Verknüpfung mit Grundstücksvergaben und Qualitätssicherung bis zur Entwurfsplanung*. AZ: 31943-25
Fördernehmer sind die Ruhr-Universität Bochum (RUB) und die Technische Universität München (TUM) in Kooperation mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung PLAN HA III/2, LH München (LHM).

Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park**Gebäudetyp B**

Zur Information in Ausschreibungsstufe 2

Die Angaben sind aus gebauten Beispielen abgeleitet. Eine geänderte Kombination der einzelnen Bauteile kann zu anderen Ergebnissen führen.

Keller/Untergeschosse sind nicht berücksichtigt, da diese fast ausschließlich in Stahlbetonweise ausgeführt werden.

Beispielhafte Eigenschaften realisierter Gebäude

Elemente	Stufe 1 (Mindestanforderung)	Stufe 2 (verbesserte Mindestanforderung)	Stufe 3 (reiner Holzbau)
kg Nawaro/ m ² WF	≥50	≥90	≥120
Außenwand (Gebäudehülle)	Holzrahmen	teilw. Brettsperrholz teilw. Holzrahmen	Holzrahmen
Tragwerk	Stb. Innenwände	Stb.-Stützen EG und Massivholz- Stützen OG	Massivholz-Stützen
Dach	Holzrahmen / Holzstegträger	Massivholz	Holzrahmen
Decke	Stb. Hohldielen	Holzbeton- verbund	Holzbetonverbund / Massivholz
Innenwand Nutzungstrennung, tragende Innenwände	Stb.	Stb. (EG) und Massivholz (OG)	Holzständer
Innenwand nutzungsintern, nichttragende Innenwände	Metallständer	Metallständer	Metallständer
allgemeine horizontale Erschließung	Stb.	Stb.	Stb.
Treppenhaus (vertikale Erschließung)	Stb. und Stahl	Stb. und Stahl	Stb. und Stahl
Innenbau (Bodenbelag, Innentüren)	vorwiegend Holzboden	vorwiegend Holzboden	vorwiegend Holzboden
Fassadenbekleidung	vorwiegend Holz	mineralisch	teilw. Holz

Die Ergebnisse sind Teil eines von der DBU geförderten Forschungsprojekts: *Methodenentwicklung zur Beschreibung von Zielwerten zum Primärenergieaufwand und CO₂-Äquivalent von Baukonstruktionen zur Verknüpfung mit Grundstücksvergaben und Qualitätssicherung bis zur Entwurfsplanung*. AZ: 31943-25
Fördernehmer sind die Ruhr-Universität Bochum (RUB) und die Technische Universität München (TUM) in Kooperation mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung PLAN HA III/2, LH München (LHM).

11.6 Anhang 6: Auszüge aus dem Ausschreibungstext für die ökologische Mustersiedlung der Stadt München

Nachfolgend sind Auszüge aus dem Ausschreibungstext für die ökologische Mustersiedlung dargestellt, so wie sie für die Ausschreibung der Phase 1 am 26.04.2016 veröffentlicht wurden. Dargestellt sind nur die Passagen zu den Aspekten mit Bezug zum Holzbau. Alle allgemeinen und für die Bebauung auch geltenden Aspekte werden hier nicht behandelt.

Seite 9 bis Seite 11:

„9 Ökologische und energetische Anforderungen

Holzbauweise

Die Landeshauptstadt München beabsichtigt mit der Umsetzung der Ökologischen Mustersiedlung einen besonderen Beitrag zum Klimaschutz und nachhaltiger Stadtentwicklung zu leisten. Die Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park soll daher in innovativen Holzbauweisen errichtet werden. Die Konstruktion der Gebäude (vertikal und horizontal) soll dabei im Wesentlichen aus Holz bestehen. Geeignete Holzbauarten sind beispielsweise die Holzständerbauweise, die Holzskelettbauweise und die Massivholzbauweise mit Brettspertholz. Insbesondere im Geschosswohnungsbau kann zudem die Holz-Hybrid-Bauweise zum Einsatz kommen, bei der bestimmte Teile der Konstruktion aus Stahlbeton und bestimmte Teile aus Holz errichtet werden. Ziel ist den Baustoff Holz mit all seinen positiven Materialeigenschaften für eine zukunftsfähige Stadtentwicklung und Wohnungsbau einzusetzen. Bauen mit Holz ist ein Statement für ökologisch verantwortliches und nachhaltiges Bauen.

Der Parameter zur Bewertung der Holzbauweise ist die Menge Holz, die im Gebäude verbaut wird (z.B. für Wände, Decken, Außenwände, Dach, etc.). Holz wird hierfür als „nachwachsender Rohstoff“ bezeichnet. Dafür wird die Abkürzung „nawaros“ verwendet. Als Einheit für die Bewertung dient die Masse (in Kilogramm) an nachwachsenden Rohstoffen („nawaros“) je Quadratmeter Wohnfläche ($\text{kg nawaros} / \text{m}^2 \text{WF}$).

Im Umgriff der Ökologischen Mustersiedlung sind nach dem Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 2016 typologisch „kleine Gebäude“ wie Atriumhäuser und Reihenhäuser mit 2 bis 3 Geschossen sowie Geschosswohnungsbau mit 4 bis 7 Geschossen festgesetzt.

Die „kleinen Gebäude“ werden als Typ A - rot -, der Geschosswohnungsbau als Typ B - blau - bezeichnet.

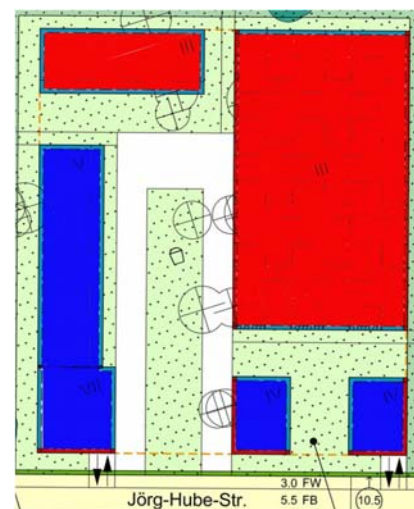
Grundvoraussetzungen für die Holzbauweise:

Typ A „kleine Gebäude“:

Es müssen nachweislich **mindestens 150 kg nawaros** je m^2 Wohnfläche im Gebäude verbaut werden.

Typ B „Geschosswohnungsbau“:

Es müssen nachweislich **mindestens 50 kg nawaros** je m^2 Wohnfläche im Gebäude verbaut werden.



Qualitätssicherung

Das Referat für Stadtplanung und Bauordnung hat ein Beratungskonzept zur Qualitätssicherung für die Ökologische Mustersiedlung mit folgenden Bausteinen festgelegt:

- Es sind nachweislich **in Holzbauweise erfahrene Fachleute** zu beauftragen.
- Es ist von Anfang an ein **integrierter Planungsansatz** zu verfolgen. Dazu sind sämtliche Planerinnen und Planer, Fachingenieurinnen und Fachingenieure sowie die ausführenden Firmen intensiv zu beteiligen. Erst dann können insbesondere die Vorteile der Holzbauweise, wie u.a. verkürzte Bauzeit, Kostensicherheit und Ausführungsqualität, umgesetzt werden.
- **Die Planungskonzepte sind** mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung, HA III/2 und dem Ratgeber-Gremium mit Holzbaufachleuten **abzustimmen**. Die Einhaltung der genannten Punkte ist Grundvoraussetzung für die Bewerbung auf eines der Grundstücke in der Ökologischen Mustersiedlung.

Ökologischer Kriterienkatalog und energetischer Standard

Die Käuferinnen und Käufer übernehmen mit Abschluss des Kaufvertrages die Verpflichtung, entsprechend der Vorgaben der Landeshauptstadt München, bei der Planung, beim Bau und Sanierung der Gebäude, im haustechnischen Bereich auch bei der Nutzung der Gebäude sowie bei der Freiflächengestaltung und bei der Abfallbeseitigung in höchstmöglichem Umfang ökologische und baubiologische Gesichtspunkte zu berücksichtigen und zu verwirklichen.

Die Käuferinnen und Käufer verpflichten sich die im „**Ökologischen Kriterienkatalog**“ (Anlage 5) aufgeführten Bestimmungen bis zum Ablauf von 10 Jahren ab jeweiliger Bezugsfertigkeit der Gebäude zu beachten.

Darüber hinaus verpflichten sich die Käuferinnen und Käufer, die Wohngebäude entsprechend den folgenden technischen Mindestanforderungen zu errichten. Diese Vorgaben entsprechen dem „KfW-Effizienzhaus 70“, das bis 31.03.2016 im Programm „Energieeffizientes Bauen 153 der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)“ enthalten war.

Der **Jahresprimärenergiebedarf** (QP) und der auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes bezogene **Transmissionswärmeverlust** (H'T) des Neubauprojekts sind auf der Grundlage der geplanten Maßnahmen nach EnEV zu berechnen. Die entsprechenden energetischen Kennwerte des Referenzgebäudes (QP Referenzgebäude; H'T Referenzgebäude) sind nach Anlage 1, Tabelle 1 (ohne Anwendung der Zeile 1.0) EnEV zu ermitteln.

Die errechneten Werte für den Jahres-Primärenergiebedarf (QP) und den Transmissionswärmeverlust (H'T) für das Neubauprojekt dürfen im Verhältnis zu den Werten des entsprechenden Referenzgebäudes die folgenden prozentualen Maximalwerte nicht überschreiten:

QP in % QP Referenzgebäude (EnEV): 70%

H'T in % H'T Referenzgebäude (EnEV): 85%

Gleichzeitig darf der Transmissionswärmeverlust des Neubauprojekts nicht höher sein, als nach Anlage 1 Tabelle 2 EnEV zulässig.

Versorgung

Das Areal wird durch die Stadtwerke München GmbH mit Fernwärme versorgt. Die Verlegung der Fernwärme erfolgt auf Antrag der zukünftigen Bauherrinnen und Bauherren. Es besteht Anschlusszwang. Die Verwendung anderer, auch regenerativer Energien zur Wärmegewinnung ist ausgeschlossen. Eine beschränkte persönliche Dienstbarkeit „umweltfreundliche Energie“ (siehe Kaufvertragsentwurf, Anlage 6) ist einzutragen.

Stromerzeugende Anlagen auf Basis erneuerbarer Energien sind möglich.

10 Fördermöglichkeiten

Die Holzbauweise (vgl. Kapitel 9 „Ökologische und energetische Anforderungen“) wird von der Landeshauptstadt München mit dem **Zuschussprogramm „Ökologische Mustersiedlung im Prinz-Eugen-Park“** gefördert.“

11.7 Anhang 7: Ausschreibungsunterlagen Stufe 2 zur Vergabe der Grundstücke

Dargestellt sind Ausschnitte aus den Ausschreibungsunterlagen des Referates für Stadtplanung und Bauordnung der LH München zur Vergabe der Grundstücke in der Stufe 2. Die in Stufe 1 dargestellten Kriterien werden hier konkretisiert und in drei Stufen bewertet.

Seite 4 von 15

3. Planerische Kriterien:

- 3.1. **Mobilitätskonzept**
- 3.2. **Gemeinschaftsfördernde Maßnahmen**

4. Baugemeinschaftsspezifische Kriterien:

- 4.1. **Mitgliederanzahl der Baugemeinschaft**
- 4.2. **Erfahrungen im Wohnungsbau**
- 4.3. **Erfahrungen mit Baugemeinschaften**

2.1. Wohnungspolitisches Kriterium

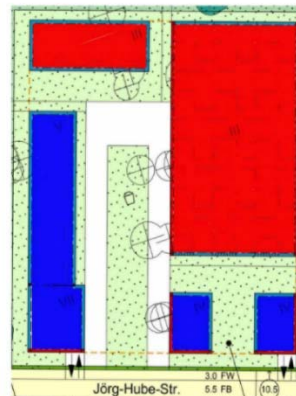
Sparsamer Wohnflächenverbrauch

Mit der Bewerbung hat die Baugemeinschaft anerkannt, dass in dem künftigen Bauvorhaben keinen Wohnungen entstehen werden, die größer als 135 m² Wohnfläche (in den blau markierten Gebäuden) bzw. 160 m² Wohnfläche (in den rot markierten Bauräumen) sind.

Darüber hinaus kann sich die Baugemeinschaft in der 2. Stufe der Ausschreibung selbst verpflichten, sparsamere Wohnflächenobergrenzen verbindlich einzuhalten.

Es wird dabei (weiterhin) zwischen den Gebäuden Typ A „kleine Gebäude“ (rot) und Typ B Geschosswohnungsbau (blau) unterschieden.

Die Punkteverteilung in der 2. Stufe des Ausschreibungsverfahrens errechnet sich nach den in der Tabelle dargestellten **prozentualen Anteilen der Geschossfläche (GF)**, die bei dem jeweiligen Grundstück auf Gebäude vom Typ A und Typ B entfallen:



Grundstück / Gebäudetyp	WA 14 Ost	WA 15 West	WA 15 Ost	WA 16 Ost
Typ A	55%	20%	60%	65%
Typ B	45%	80%	40%	35%

In den Anlagen 1a bis 1d ist für jedes der ausgeschriebenen Grundstücke eine eigene Bewertungsmatrix mit der genauen Punkteverteilung beigelegt.

Wohnflächenobergrenzen für Typ A „kleine Gebäude“

→ **zwingende Grundvoraussetzung:** maximal 160 m² Wohnfläche je Wohneinheit

→ **Auswahlkriterium:**

Haushaltsangehörige Personen	Wohnflächenobergrenze „gefördertes Eigenheim “ in Anlehnung an 34.5 Satz 2 WFB	Wohnflächenobergrenze „geförderte Eigentums wohnung “ in Anlehnung an 34.5 Satz 1 WFB
1 Person	100 m ²	75 m ²
2 Personen	100 m ²	75 m ²
2 Personen mit Familienplanung	130 m ²	105 m ²
3 Personen	130 m ²	105 m ²
4 Personen	145 m ²	120 m ²
5 Personen und mehr	160 m ²	135 m ²
	5 Punkte (anteilig an GF)	20 Punkte (anteilig an GF)

Wohnflächenobergrenzen für Typ B Geschosswohnungsbau

→ **zwingende Grundvoraussetzung:** maximal 135 m² Wohnfläche je Wohneinheit

→ **Auswahlkriterium:**

Haushaltsangehörige Personen	Wohnflächenobergrenze „geförderte Eigentums wohnung “ in Anlehnung an 34.5 Satz 1 WFB	Wohnflächenobergrenze „geförderte Eigentums wohnung – 5,0 Quadratmeter“
1 Person	75 m ²	70 m ²
2 Personen	75 m ²	70 m ²
2 Personen mit Familienplanung	105 m ²	100 m ²
3 Personen	105 m ²	100 m ²
4 Personen	120 m ²	115 m ²
5 Personen und mehr	135 m ²	130 m ²
	15 Punkte (anteilig an GF)	20 Punkte (anteilig an GF)

Wichtiger Hinweis: **Weitere Flächenzuschläge** aufgrund persönlicher Lebensumstände (z.B. für Arbeitszimmer, Gästezimmer) **sind NICHT zulässig.**

Die Wohnflächen sind nach der Verordnung zur Berechnung der Wohnfläche - Wo FIV in der jeweils aktuellen Fassung zu ermitteln. Die Grundflächen von Balkonen, Loggien, Dachgärten und Terrassen sind höchstens zu einem Viertel anzurechnen.

2.2. Ökologische Kriterien

Über die Anforderungen des „**Ökologischen Kriterienkatalogs**“ und den **Grundvoraussetzungen für die Holzbauweise** hinaus können Sie in Ihrer Bewerbung verbindliche Angebote zu folgenden ökologischen Kriterien machen.

2.2.1 Holzbauweise

Es kann die Verwendung von **nachwachsenden Rohstoffen in kg nawaros /m² Wohnfläche** angeboten werden, die über die **Grundvoraussetzungen für die Holzbauweise** hinaus gehen. Bei der Bewertung wird zwischen den Gebäuden Typ A und Typ B unterschieden.

Typ A	Grundvoraussetzung: mindestens 150 kg nawaros /m ² WF	höher als 165 kg nawaros /m ² WF	höher als 190 kg nawaros /m ² WF
	0 Punkte	30 Punkte (anteilig an GF)	40 Punkte (anteilig an GF)

Typ B	Grundvoraussetzung: mindestens 50 kg nawaros /m ² WF	höher als 90 kg nawaros/m ² WF;	höher als 120 kg nawaros/m ² WF
	0 Punkte	30 Punkte (anteilig an GF)	40 Punkte (anteilig an GF)

Die Punkteverteilung errechnet sich nach den prozentualen Anteilen der Geschossfläche, die bei dem jeweiligen Grundstück auf Gebäude vom Typ A und Typ B entfallen.

Die genaue Punkteverteilung für jedes Grundstück können Sie der jeweiligen Bewertungsmatrix in den Anlagen 1a bis 1d entnehmen.

Zu Ihrer Information sind die Bauteileigenschaften von Gebäuden in Anlage 2 beispielhaft dargestellt, damit Sie die Anforderungen an die Holzbauweise in den unterschiedlichen Anforderungs-Stufen besser einschätzen können. Der in der Bewerbung angebotene Anteil an nachwachsenden Rohstoffen ist bei der Erstellung der Gebäude zwingend umzusetzen.

Als Anlage 3 liegt zu Informationszwecken das Formblatt zur Berechnung der Förderhöhe aus dem Zuschussprogramm „Ökologische Mustersiedlung im Prinz-Eugen-Park“ bei. Dieses ist **für die Bewerbung** um eines der ausgeschriebenen Grundstücke **NICHT erforderlich**.

2.2.2 Regenwassernutzung (Ziffer 4.6 des Ökologischen Kriterienkatalogs)

Geben Sie in Ihrem Angebot an, ob und ggf. wie Sie eine Regenwassernutzung zur Gartenbewässerung in Ihrem Vorhaben planen und umsetzen. Hierfür können 4 Punkte vergeben werden.

Allgemeine Informationen zum Thema finden Sie in der Broschüre der Münchner Stadt-entwässerung: „Regenwasser versickern – Gebühren sparen“ unter www.muenchen.de/rgu

2.2.3 Artenschutz (Ziffer 7 des Ökologischen Kriterienkatalogs)

Stellen Sie in Ihrem Angebot kurz dar, ob und ggf. welche baulichen Maßnahmen für Gebäudebrüter / Fledermäuse in Ihrem Projekt vorgesehen sind. Eine Zusammenarbeit mit dem Landesbund für Vogelschutz e.V. wird erwartet, um für den Standort geeignete Maßnahmen umzusetzen. Hierfür wird ein Punkt vergeben.

11.8 Anhang 8: Gebäudekatalog mit Konstruktionsdetails für GKL 4

Der Gebäudekatalog mit Konstruktionsdetails für GKL 4 kann kostenfrei auf der Internetseite des Fraunhofer IRB Verlages heruntergeladen werden:

Merk, M.; Werther, N.; Gräfe, M.: Erarbeitung weiterführender Konstruktionsdetails für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4, Abschlussbericht des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion der TU München, Forschungsinitiative Zukunft Bau, Band F 2923, Fraunhofer IRB Verlag ISBN 978-3-8167-9353-3. Stuttgart 2014

<https://www.irbnet.de/daten/rswb/14109008377.pdf>