



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

im Studiengang Hazard Control

**Einführung der massiven Holzbauweise im Zuge der
Novellierung der Hamburgischen Bauordnung**

Brandschutztechnische Sicherheitsbetrachtung über die
Verwendung von Vollholzprodukten in Wohngebäuden der
Gebäudeklasse 5

Jana Rudat

Matrikelnummer [REDACTED]

Hamburg

2. Februar 2018

Gutachter:

Prof. Dr. Susanne Heise
HAW Hamburg

Dipl.-Ing. Andreas Kattge
Feuerwehr Hamburg

Danksagung

Gern möchte ich mich an dieser Stelle für die Unterstützung bei der Erstellung meiner Bachelorarbeit bedanken.

Besonderen Dank gilt meinen Betreuern

Prof. Dr. Susanne Heise von der HAW Hamburg

und

Dipl.-Ing. Andreas Kattge von der Feuerwehr Hamburg,

die mir diese Arbeit ermöglicht und mich im letzten Abschnitt meines Studiums begleitet haben.

Danken möchte ich zudem

Alexander Wellisch von der Feuerwehr Hamburg

und

Heike Hohmann vom Amt für Bauordnung und Hochbau

für die fachliche Unterstützung. Darüber hinaus möchte ich auch

Dennis Richmann

erwähnen. Vielen Dank für die Hilfsbereitschaft und die konstruktive Kritik, ohne die diese Arbeit nicht in dieser Form vorgelegt werden könnte.

Danken möchte ich außerdem meiner Familie und meinen Freunden für die Geduld und moralische Unterstützung.

Zusammenfassung

Die Bevölkerungsdichte in Großstädten nimmt stetig zu. Dem damit einhergehenden Mangel an Wohnraum soll durch urbane Nachverdichtung in Form von Dachaufstockungen oder -ausbauten entgegengewirkt werden, aber auch ökologisches Bauen im mehrgeschossigen Wohnungsbau steht im Fokus der Bauherren. Dabei wird der Baustoff Holz immer attraktiver. In Deutschland werden hohe Anforderungen an den Brandschutz gestellt, wodurch die derzeit geltenden präskriptiven Vorschriften der Bundesländer insbesondere für höhere Gebäude ein Hindernis für derartige Bauvorhaben darstellen. Dabei ist Holz als Baustoff in anderen Ländern bereits etabliert. Die Freie und Hansestadt Hamburg folgt den Forderungen nach einer Verbesserung der Wohnraumsituation sowie nach innovativen und nachhaltigen Bauweisen und nimmt, neben dem Land Baden-Württemberg, den Trend mit der Novellierung der Hamburgischen Bauordnung in 2018 auf. Damit können Gebäude in Hamburg erstmals bis zu einer Höhe von 22 m in Holz realisiert werden. Im Allgemeinen werden die brandschutztechnischen Faktoren bei der Diskussion über die Verwendung kaum erläutert. Der Einsatz von Holz als brennbarem Baustoff ist jedoch grundsätzlich unter brandschutztechnischen Aspekten in Bezug auf die Sicherheit im Brandfall kritisch zu diskutieren. Diese erforderliche Sicherheitsbetrachtung ist nicht ausschließlich für die Baugenehmigungsbehörden relevant, auch die Feuerwehr Hamburg setzt sich mit dieser Thematik auseinander. Durch die Zusammenarbeit der Behörden und die unterschiedlichen Betrachtungsweisen ist die Motivation für diese Bachelorarbeit entstanden. Um die bauordnungsrechtlichen sowie brandschutztechnischen Aspekte gleichermaßen zu betrachten, wurden die Stärken und Schwächen, aber auch die Chancen und Risiken, die in Bezug auf den Brandschutz mit der Novellierung der Hamburgischen Bauordnung einhergehen, in einer SWOT-Analyse zusammengefasst und ausgewertet. Dabei wurde deutlich, dass sich die massive Holzbauweise im mehrgeschossigen Wohnungsbau zunächst etablieren muss und Präzisierungen hinsichtlich der baulichen Ausführungen fehlen, um vor allem Brände innerhalb von Konstruktionen ausschließen zu können. Insbesondere dieser Faktor ist bei der Sicherheitsbetrachtung von großer Bedeutung, da keine Kompromisse hinsichtlich der Verringerung der in Deutschland vorhandenen Sicherheitsstandards eingegangen werden dürfen.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	II
Zusammenfassung	III
Inhaltsverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung und Ziel der Arbeit	2
1.2 Vorgehensweise	4
1.3 Stand von Wissenschaft und Forschung	5
2 Baurechtliche Grundlagen	7
2.1 Baurechtliche Grundlagen	7
2.1.1 Öffentliches Baurecht.....	8
2.1.2 Privates Baurecht.....	9
2.2 Musterbauordnung	9
2.2.1 Einteilung von Gebäuden	11
2.2.2 Klassifizierung von Baustoffen und Bauteilen	13
2.2.3 Schutzziele	16
2.2.4 Abweichungen von der Musterbauordnung.....	17
3 Brandschutz.....	19
3.1 Abwehrender Brandschutz	19
3.2 Vorbeugender Brandschutz	19
3.3 Einflussparameter auf ein Brandereignis	21

4 Holz als Baustoff	23
4.1 Eigenschaften des Baustoffes Holz.....	23
4.2 Holzbauweisen	28
4.2.1 Holzrahmenbau	28
4.2.2 Holzskelettbau	28
4.2.3 Holztafelbau	29
4.2.4 Holzmassivbau	29
4.2.5 Mischbauweisen	29
4.3 Brandschutztechnische Klassifizierung	30
4.4 Brandverhalten.....	31
5 Urbane Nachverdichtung unter besonderer Berücksichtigung des Potentials der massiven Holzbauweise	33
5.1 Fallbeispiel: Brand eines Penthouses in Holzbauweise.....	33
5.2 Notwendigkeit der Nachverdichtung in Hamburg	36
5.3 Nachverdichtung in Hamburg.....	40
5.4 Möglichkeiten durch urbanen Holzbau.....	41
5.5 Urbane Nachverdichtung und Brandschutz.....	42
6 Novellierung der Hamburgischen Bauordnung	45
6.1 Erläuterung der Änderungen in der neuen Hamburgischen Bauordnung.....	45
6.2 Beschreibung der Massivholzbauweise	47
6.2.1 Brettsperrholz	48
6.2.2 Brettschichtholz.....	49
6.2.3 Brettstapelbauweise.....	49
6.3 Brandschutztechnische Aspekte.....	50
6.3.1 Einbringung von Brandlasten	51
6.3.2 Ausführungsdetails	51
6.3.3 Brandüberschlag im Bereich von Fassaden.....	54
6.3.4 Anlagentechnischer Brandschutz als Lösung	55
6.4 Notwendigkeit eines Bauprüfdienstes in Hamburg.....	56

7	Europäischer Vergleich – Die Schweiz.....	58
8	Auswertung.....	61
9	Fazit.....	71
	Anhang.....	73
	Glossar.....	76
	Literaturverzeichnis.....	78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Schematische Darstellung Stammquerschnitt	25
Abbildung 2 Brand auf einem Hochbunker in Hamburg.....	34
Abbildung 3 Brand in einer Holzrahmenkonstruktion	34
Abbildung 4 Abtragung der Holzkonstruktion.....	35
Abbildung 5 Bevölkerungszahlen in Hamburg seit 2006.	37
Abbildung 6 Einzelhaushalte in Hamburg seit 2014	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Klassifizierung von Baustoffen gem. DIN 4102-1	13
Tabelle 2 Zusatzbezeichnungen für Baustoffe gem. DIN 4102-2	15
Tabelle 3 Chemische Verbindungen im Holz.....	23
Tabelle 4 Bauteilanforderungen Feuerwiderstand Gebäudeklasse 5	47
Tabelle 5 SWOT-Analyse.....	68

Abkürzungsverzeichnis

BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BPD	Bauprüfdienst

ETB	Eingeführte Technische Baubestimmung
HBauO	Hamburgische Bauordnung
LBO	Landesbauordnung
MBO	Musterbauordnung
M-HFHolzR	Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise
OKFF	Oberkannte Fertigfußboden

1 Einleitung

Bereits mit dem Bau der Speicherstadt Hamburg ab dem Jahr 1885 wurde Holz aus brandschutztechnischen Gründen der Skelettbauweise aus Stahl vorgezogen (Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, 2012). Diese Entscheidung resultierte aus dem Brand des Staatsspeichers am Sandtorkai im Jahr 1891, der mithilfe einer unverkleideten Stahlkonstruktion errichtet wurde. Es wurde deutlich, dass sich derartige Konstruktionen aus Stahl unter Hitzebeaufschlagung ausdehnen und somit keine ausreichende Standsicherheit im Brandfall gewährleisten war (Lange, 2016). Konservative Bauweisen, bei denen Stahl verwendet wird, aber auch klassische Holzbauweisen haben sich über die vergangenen Jahrzehnte stark weiterentwickelt. Dennoch wird Holz weitgehend mit „Feuer“ assoziiert, was sich auch in den baurechtlichen Vorgaben widerspiegelt.

Der mehrgeschossige Holzbau wird in den letzten Jahren zunehmend diskutiert. Dabei ist die Akzeptanz für den Holzbau allgemein länderspezifisch. So sind hohe Gebäude bis 30 Stockwerke in Norwegen, Österreich und Kanada bereits realisiert worden (Gerard, et al., 2013). Auch die Schweiz fördert derartige Vorhaben, sodass dort das weltweit erste Parkhaus aus Holz entstehen kann (sda, 2017). Im Allgemeinen sind in allen genannten Ländern dennoch hohe Anforderungen an den Brandschutz vorhanden. Dies zeigt, dass brandschutztechnische Vorgaben die Verwendung von brennbaren Baustoffen nicht ausschließen muss. Andere Länder, wie bspw. Deutschland und die USA, haben in Bezug auf den Brandschutz präskriptive Vorschriften, die das Potential, welches von Holzkonstruktionen ausgeht, beschränken (Gerard, et al., 2013). Die o. g. Länder zeigen, dass die hohen brandschutztechnischen Anforderungen in Deutschland nicht mit dem Einsatz von Holz in Konkurrenz stehen müssen.

Die Wohnungsknappheit in Großstädten und die damit verbundene Idee von Gebäudeaufstockungen sowie der Wunsch nachhaltige und ökologische Baustoffe verwenden zu können, gibt schon seit längerem Anlass, sich mit alternativen Baustoffen in höheren Gebäuden auseinanderzusetzen (vbw, 2016). Holz nimmt dabei einen immer größeren Stellenwert ein. Bei der Umsetzung dieser Ideen stehen präskriptive Bauvorschriften Bauherren und Architekten im Weg,

insbesondere wenn es sich um höhere Gebäude oder Gebäudeaufstockungen handelt. Das Land Baden-Württemberg hat 2015 als erstes Bundesland diesen Trend für Gebäude bis zur Hochhausgrenze in der Bauordnung berücksichtigt. So dürfen mit dieser Novellierung erstmals tragende und aussteifende Bauteile, wie Wände, Stützen und Pfeiler, die mit Decken eine tragende Konstruktion bilden und auf Druck beansprucht werden, auch aus brennbaren Baustoffen hergestellt werden. Allerdings sind die Formulierungen in der Landesbauordnung (LBO) des Landes Baden-Württemberg relativ unpräzise, zudem wurden keine ergänzenden Regelungen getroffen, wie solche baulichen Anlagen auszuführen sind. Aufgrund dieser für Bauherren eher unklaren Rechtsgrundlage ist die Verwendung von Holzkonstruktionen in Gebäudeklasse 5 derzeit von mangelnder Planungs- und Kostensicherheit geprägt.

Mit der Novellierung der Hamburgischen Bauordnung (HBauO, aktuelle Fassung vom 14. Dezember 2005) in 2018 soll es zukünftig auch in Hamburg möglich werden, den Baustoff Holz für tragende und aussteifende Bauteile in Gebäuden bis zur Hochhausgrenze verwenden zu können. Dabei wurden bereits mit der Gesetzestextänderung erste Rahmenbedingungen für die erleichterte Verwendung von Holz festgelegt. Geplant ist es, zu dieser Neuerung einen Bauprüfdienst (BPD) zu etablieren, um eine genehmigungssichere Situation herzustellen und diese Vorhaben unter einheitlichen Gesichtspunkten prüfen und so die notwendige Planungssicherheit für Bauherren und Architekten bieten zu können. Im Vordergrund sollen hierbei die allgemeinen Schutzziele gem. Musterbauordnung (MBO, Fassung vom November 2002, Stand: 21. September 2012) bzw. HBauO stehen, sodass in jedem Fall auch eine brandschutztechnische Sicherheitsbetrachtung über die Verwendung von Holzprodukten berücksichtigt werden sollte. Die Oberste Bauaufsicht arbeitet hier sehr eng mit der Berufsfeuerwehr Hamburg zusammen, sodass der geplante BPD in Absprache erstellt und herausgebracht werden soll.

1.1 Problemstellung und Ziel der Arbeit

Holz bringt viele Eigenschaften mit, die ein effizientes und nachhaltiges Bauen ermöglichen. So ist nicht nur der Rohstoff preiswert zu beziehen, auch aus statischen Gründen sollten Konstruktionen aus Holz in Betracht gezogen werden. Aber auch ökologische und bauphysikalische

Aspekte rechtfertigen den Einsatz von Holzprodukten. Problematisch wird es jedoch, wenn brennbare Baustoffe in höheren Gebäuden eingesetzt werden sollen. Inwieweit Bauteile regelhaft verwendet werden dürfen richtet sich, gem. MBO bzw. HBauO, nach der jeweiligen Gebäudeklasse, die in Verbindung mit unterschiedlichen brandschutztechnische Anforderungen steht. Entscheidend ist hier u. a. die Höhe des Fußbodens des höchstgelegenen Aufenthaltsraumes ausgehend vom umgebenden Gelände. Insgesamt sind fünf dieser Gebäudeklassen definiert, die in Abschnitt 2.2.1 näher erläutert werden:

- Gebäudeklasse 1 bis 3
Gebäude mit einer Höhe von ≤ 7 m
- Gebäudeklasse 4
Gebäude mit einer Höhe von > 7 m und ≤ 13 m
- Gebäudeklasse 5
Gebäude mit einer Höhe von > 13 m

Zu beachten ist, dass sich die Gebäudeklasse 5, für die die massive Holzbauweise ermöglicht werden soll, auf eine Höhe von ≤ 22 m bezieht (Hochhausgrenze).

Trotz der vielen Vorzüge ist Holz brennbar und aktuell nach gültiger HBauO in Wohngebäuden der Gebäudeklasse 5 für tragende und aussteifende Bauteile ausgeschlossen. Dabei darf Holz als brennbarer Baustoff bereits in den Gebäudeklassen 1 bis 4 verwendet werden. Die für die Gebäudeklasse 4 in Hamburg eingeführte Technische Baubestimmung „Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFH HolzR, Fassung vom Juli 2004)“ stellt jedoch ein Hindernis für den gestalterischen Spielraum dar, da Holz zwar verwendet werden darf, dieses jedoch brandschutztechnisch wirksam verkleidet (gekapselt) werden muss. In Bezug auf diese Richtlinie erscheint es also zunächst schwierig, geeignete Maßnahmen und Randbedingungen festzulegen, um eine Verwendung in Gebäudeklasse 5 zu genehmigen, insbesondere weil das Holz künftig sichtbar bleiben darf und somit nicht gekapselt werden muss. Mit der Änderung des Gesetzestextes werden im § 24 HBauO Einschränkungen in Bezug auf zu verwendende Holzbauweisen sowie Größe der Nutzungseinheiten und Brandabschnittsflächen festgelegt. Diese müssen jedoch präzisiert werden, sodass weiterführende Erkenntnisse und Erläuterungen zu Bauweisen und Ausführungsdetails erforderlich werden, die in einem BPD thematisiert werden. So spielen brandschutztechnisch

insbesondere die Beschaffenheit der Konstruktionen hinsichtlich Rauchgasdurchtritt, Toxizität der Massivholzbauteile bei Hitzebeaufschlagung und Brandüberschlag bei Holzfassaden eine tragende Rolle.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, die brandschutzbezogenen Änderungen in der HBauO aufzuzeigen und Bedenken in Bezug auf die Einhaltung der bauordnungsrechtlichen Schutzziele darzulegen. Dabei werden nicht nur Grundlagen und Begrifflichkeiten geklärt, sondern auch mögliche Risiken bei der Verwendung von Holz dargestellt und kritisch diskutiert. Um die Änderungen im Zuge der Novellierung bewerten zu können, werden brandschutztechnisch relevante Aspekte unter Gesichtspunkten des urbanen Holzbaus erläutert.

1.2 Vorgehensweise

Diese Arbeit wird auf Basis von Fachliteratur und Forschungsvorhaben erstellt. Neben den baurechtlichen, brandschutztechnischen sowie baustoffspezifischen Grundlagen in den Kapiteln eins bis vier, wird im fünften Kapitel dieser Bachelorarbeit die Notwendigkeit der urbanen Nachverdichtung in Abhängigkeit der Wohnungsknappheit in Großstädten und insbesondere in Hamburg erläutert werden. Hierbei übernehmen die Dissertation von Bernd Dahlgrün von der HCU Hamburg sowie die Master-Thesis von Oliver Dalladas eine primäre Rolle für den Raum Hamburg. Diese grundlegenden Arbeiten werden in diesem Kapitel kritisch diskutiert. Der sechste Abschnitt befasst sich mit der Novellierung der HBauO und den brandschutztechnischen Aspekten, die in Bezug auf die Neuerungen von Bedeutung sein könnten. Im siebten Teil soll ein europäischer Vergleich dargestellt werden. Dabei wird der Fokus auf der Schweiz liegen, da hier der Holzbau traditionsbedingt einen großen Stellenwert hat und die Schweizer Vorschriften einen Vergleich zum deutschen Regelwerk und so zu der Problematik zulassen. Dies resultiert daraus, dass die Schweiz durch das dort geltende Recht die Forschung im Bereich des urbanen Holzbaus fördert und diese in der Gesetzgebung berücksichtigt. Diese fortlaufenden Forschungsaufträge können zu der Erarbeitung von Rahmenbedingungen in Deutschland bei-

tragen, auch wenn unterschiedliche Bauordnungssysteme zu berücksichtigen sind. Abschließend werden die Erkenntnisse aus dieser Arbeit in Bezug auf die Einhaltung der Schutzziele mithilfe einer SWOT-Analyse kritisch diskutiert und ausgewertet.

1.3 Stand von Wissenschaft und Forschung

Mit der Einführung der neuen MBO in 2002 wurden erstmals Gebäudeklassen festgelegt, die sich an der Höhe des jeweiligen Gebäudes orientieren. Hier wurde klar definiert, welche Bauteilanforderungen und Anforderungen im Hinblick auf das Brandverhalten für die einzelnen Gebäudeklassen einzuhalten sind. Dabei wurde die konstruktive Verwendung von Holz als brennbarer Baustoff in der Gebäudeklasse 5 kategorisch ausgeschlossen und in der Gebäudeklasse 4 mit Einschränkungen zugelassen.

Die Einschränkungen für die Gebäudeklasse 4 wurden zwar mit der neuen MBO festgelegt, jedoch gab es keine Rahmenbedingungen, wie diese im Detail auszuführen waren. Im Jahr 2004 wurde mit der Einführung der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – M-HFH HolzR eine Richtlinie veröffentlicht, welche die in der MBO definierten Anforderungen beschreibt und Ausführungsdetails definiert. So wurden die Möglichkeiten der neuen MBO, mit der Übernahme in die jeweilige LBO durch die Bundesländer, genehmigungsfähig.

Gestalterische Aspekte und die Tatsache, dass immer höher und gleichzeitig ökologischer gebaut wird, hatten jedoch zur Folge, dass besonders bei den Punkten:

- Verzicht auf die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung, die gem. M-HFH HolzR gefordert wird, und
- Verwendung von brennbaren Baustoffen, z. B. Massivholzbauteile, bei tragenden Bauteilen (auch in Bezug auf die Gebäudeklasse 5)

von der aktuell geltenden LBO des jeweiligen Bundeslandes auf Antrag abgewichen werden soll (Gräfe & Winter, 2013). Somit ist die Umsetzung insbesondere dieser Bauvorhaben schwierig

und kostenintensiv, da für diese Anträge auf Abweichungen evtl. Gutachten oder Prüfzeugnisse von Materialprüfanstalten nötig sind, um sicherzustellen, dass mit den verwendeten Baustoffen die Standsicherheit im Brandfall dennoch ausreichend lange gewährleistet ist.

Das Land Baden-Württemberg hat diese Trendwende als erstes Bundesland erkannt und mit der Novellierung der Landesbauordnung in 2015 Bauherren und Architekten den Einsatz von Holz als Baustoff für tragende und aussteifende Bauteile in der Gebäudeklasse 5 ermöglicht. Ähnlich wie bei der Einführung der neuen MBO im Jahr 2002 fehlen jedoch auch hier noch weiterführende Rahmenbedingungen in Bezug auf die Ausführung solcher baulichen Anlagen. Aus diesem Grund wurde in 2017 die Hochschule Rottenburg und die TU München mit einem Forschungsvorhaben beauftragt, um einen wissenschaftlichen Nachweis über die Verwendung von Holzprodukten zu führen und Regeldetails im Rahmen einer neuen Holzbaurichtlinie zu definieren.

2 Baurechtliche Grundlagen

Bereits im Grundgesetz sind erste grundlegende Bestimmungen festgelegt, die bauliche Anlagen sowie den Brandschutz betreffen.

Art. 2 Abs. 2 GG

Jeder hat das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit. Die Freiheit der Person ist unverletzlich. In diese Rechte darf nur auf Grund eines Gesetzes eingegriffen werden.

Art. 14 Abs. 2 GG

Eigentum verpflichtet. Sein Gebrauch soll ungleich dem Wohle der Allgemeinheit dienen.

Um die Änderung der HBauO bzgl. des Holzbaus im Rahmen dieser Arbeit bewerten und kritisch diskutieren zu können, müssen Baurecht und Brandschutz gleichermaßen betrachtet werden. Bereits im 19. Jahrhundert wurde dieser Zusammenhang, im Rahmen des damals geltenden Rechts, berücksichtigt und bis in die heutige Zeit unter einigen Veränderungen beibehalten. Dies bedeutet, dass der vorbeugende Brandschutz durch die gesetzlichen Grundlagen, insbesondere der Landesbauordnungen und Sonderbauverordnungen/Technischen Baubestimmungen geregelt wird.

2.1 Baurechtliche Grundlagen

Entgegen der weitläufigen Meinung, dass grundsätzlich gebaut werden darf, herrscht in Deutschland Baufreiheit mit Einschränkungen, die ein Erlaubnisvorbehalt beinhalten (Wirth & Schneeweiß, 2016). Dies bedeutet für jeden Bauherren, dass jedes Bauvorhaben nur unter der

Einhaltung bestimmter Rahmenbedingungen genehmigungsfähig wird. Diese Rahmenbedingungen finden sich im umfangreichen öffentlichen Baurecht wieder.

Das Baurecht in Deutschland gliedert sich in öffentliches und in privates Baurecht, wobei das private Baurecht in diesem Kapitel nur am Rande thematisiert wird.

2.1.1 Öffentliches Baurecht

Das öffentliche Baurecht ist Teil des Verwaltungsrechts und beinhaltet primär alle Rechtsvorschriften, die sich auf Zuverlässigkeit, Ordnung, Grenzen und Förderung der Errichtung baulicher Anlagen sowie deren bestimmungsgemäße Nutzung beziehen (Brenner, 2014). Im öffentlichen Baurecht existiert eine Rechtsbeziehung zwischen dem Staat und dem Bauherren, wobei der Bauherr dem Staat rechtlich untergeordnet ist.

Das öffentliche Baurecht unterscheidet im Wesentlichen zwischen:

1. Bauplanungsrecht

Das Bauplanungsrecht wird durch den Bund über das Baugesetzbuch (BauGB, Ausfertigungsdatum: 23. Juni 1960, Fassung vom 3. November 2017) geregelt. Hier wird festgelegt, ob gebaut werden darf (Wirth & Schneeweiß, 2016).

2. Bauordnungsrecht

Das Bauordnungsrecht ist im Vergleich zum Bauplanungsrecht Aufgabe der Länder. Die wichtigste Rechtsgrundlage stellen hier die 16 unterschiedlichen LBO dar, die u. a. regeln, wie gebaut werden darf (Wirth & Schneeweiß, 2016). Es beinhaltet alle formellen, materiellen und konstruktiven Maßgaben für das Errichten und Ändern von baulichen Anlagen. Insbesondere § 3 MBO macht das Ziel des Bauordnungsrechts deutlich:

§ 3 MBO Allgemeine Anforderungen

*(1) Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürliche Lebensgrundlage, nicht gefährdet werden;
[...]*

Das eindrucksvolle Beispiel des „Großen Hamburger Brands“ im Jahr 1842, bei dem sich ein Brand unkontrolliert ausbreiten konnte, macht die Notwendigkeit des heute geltenden Bauordnungsrechts deutlich. Bei diesem Brandereignis starben 51 Menschen und ein Drittel der Hamburger Altstadt wurde zerstört.

2.1.2 Privates Baurecht

Privates Baurecht regelt zivilrechtliche Rechtsbeziehungen zwischen den am Bau beteiligten Personen, also zwischen Auftraggeber und dem Auftragnehmer, der am Bauvorhaben beteiligt ist. Des Weiteren gehören das Nachbarrecht oder auch das Wohnungseigentumsrecht dem privaten Baurecht an. Im Gegensatz zum öffentlichen Baurecht gilt hier die Gleichordnung, die Vertragsparteien stehen rechtlich gesehen auf einer Ebene (Wirth & Wolff, 2012). Dies bedeutet wiederum auch, dass es nur gesetzliche Rahmenbedingungen gibt und etwaige Verträge zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer so individuell ausgehandelt werden können.

2.2 Musterbauordnung

Die MBO ist eine Mustervorschrift, welche selbst keinen Gesetzescharakter besitzt. Am 21. Januar 1955 wurde durch das Bundesministerium für Wohnungsbau die Bad Dürkheimer Vereinbarung auf den Weg gebracht, in der die „Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern auf dem Gebiet der Baugesetzgebung“ geregelt wurde (Weller & Heilmann, 2015). Aus dieser Vereinbarung ging die erste MBO hervor. Diese Vorschrift soll der Einheitlichkeit in Deutschland und der Vereinfachung dienen, denn die Gesetzgebungskompetenz des Bauordnungsrechts obliegt den Ländern. Jedes Bundesland hat somit eine eigene LBO, welche in Anlehnung an die MBO erstellt werden. Dies bedeutet, dass jedes Bundesland grundsätzlich die Festlegungen der MBO übernehmen soll, dennoch genauere Ausführungen der Bauordnung aufgrund landeseigener politischer Zielvorgaben selbst gestalten kann. Aus diesem Grund ist es möglich, dass der Holzbau für die Gebäudeklasse 5 aktuell in Baden-Württemberg möglich ist, jedoch nicht in anderen Bundesländern.

Werden Gebäudeklasse gem. MBO betrachtet, muss auch der Begriff „Sonderbau“ geklärt werden. § 2 Abs. 4 MBO regelt Tatbestände, die Gebäude besonderer Art und Nutzung betreffen, für die ein erhöhtes Risiko besteht. Hierzu gehören u. a. solche, die eine festgesetzte Nutzungsfläche oder Höhe überschreiten, wie z. B. Hochhäuser, oder Gebäude, bei denen aufgrund ihrer spezifischen Nutzungsart mit vielen ortsunkundigen oder mobilitätseingeschränkten Personen gerechnet werden muss. Hierzu gehören Krankenhäuser, Verkaufsstätten, Beherbergungstätten, etc. Einige Sonderbautatbestände sind klar definiert, sodass festgelegt ist, ab welcher Ausdehnung ein Sonderbau vorliegt (geregelter Sonderbau), für andere sind keine konkreten Vorgaben vorhanden (ungeregelter Sonderbau).

Auf Grundlage der MBO existieren, insbesondere für Sonderbauten, weitere Musterverordnungen und -richtlinien, die ebenfalls von der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) über- bzw. ausgearbeitet werden. Ob eine Umsetzung erfolgt, liegt in der Entscheidung der Länder. Sonderbauverordnungen werden auf Grundlage der LBO erlassen und legen für Sonderbauten erhöhte Anforderungen fest. So gibt es Verordnungen und Richtlinien bspw. für Beherbergungstätten, Verkaufsstätten, Versammlungstätten, Garagen und Hochhäuser. Zu beachten ist, dass nicht zu jedem Sonderbautatbestand gem. MBO/LBO eine Musterverordnung oder -richtlinie erarbeitet wurde.

Liegt kein Sonderbautatbestand vor, hat die LBO oberste Priorität. Ist jedoch eine Sonderbauvorschrift zu beachten, kann die LBO in speziellen Punkten durch diese ersetzt werden, ohne dass eine Abweichung von der LBO vorliegt. Es gelten dann Gesetz und Verordnung unmittelbar und haben die gleichen Rechtsauswirkungen. Dies gilt auch für Richtlinien, wenn diese als Technische Baubestimmung eingeführt wurde.

Im Allgemeinen wird wie folgt unterschieden:

- Gesetze sind formelle Gesetze und werden von der Legislative erlassen.
- Verordnungen sind für jeden Bürger verbindlich. Sie werden von der Exekutive erlassen.
- Richtlinien stellen die unterste Stufe dar. Sie haben nur einen rechtsverbindlichen Charakter, sofern die eingeführte Technische Baubestimmung (ETB) im entsprechenden Bundesland veröffentlicht wurde (Weller & Heilmann, 2015). Die ETB werden in jedem Bundesland gelistet. Zu den ETB gehören ebenfalls DIN-Normen.

In Hamburg gibt es ergänzend, neben Verordnungen und ETB, BPD als fachliche Empfehlungen der Obersten Bauaufsicht zur Erläuterung materieller Vorschriften. Sie werden von der Obersten Bauaufsicht zu unterschiedlichen Themenbereichen des Baurechts erarbeitet und herausgegeben. BPD haben keinen rechtsverbindlichen Charakter, sind jedoch Empfehlungen und Erläuterungen zum geltenden Recht in Hamburg.

2.2.1 Einteilung von Gebäuden

Mit der Novellierung der MBO in 2002 wurden erstmals Gebäudeklassen definiert, an die brandschutztechnische Anforderungen geknüpft sind. Die MBO legt dabei Anforderungen an den Brandschutz im vierten und fünften Teil fest, die sich an der Höhe des Gebäudes sowie an der Nutzungsart und -fläche orientieren. Dies macht eine eindeutige Klassifizierung von Gebäuden erforderlich, die gem. § 2 Abs. 3 MBO erfolgt:

1. Gebäudeklasse 1:
 - a) freistehende Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m² und
 - b) freistehende land- oder forstwirtschaftlich genutzte Gebäude,
2. Gebäudeklasse 2:

Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m²,
3. Gebäudeklasse 3:

sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m,
4. Gebäudeklasse 4:

Gebäude mit einer Höhe [> 7 m] bis zu 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m²,
5. Gebäudeklasse 5:

sonstige Gebäude einschließlich unterirdischer Gebäude.

Die angegebenen Höhen beziehen sich hierbei auf die Oberkante des Fertigfußbodens (OKFF, d. h. Rohfußboden plus Bodenbelag) des höchsten Aufenthaltsraumes im Gebäude. Die Messung erfolgt von der Geländeoberfläche im Mittel.

Bei der Klassifizierung wurden die angegebenen Gebäudehöhen nicht wahllos festgelegt. In Deutschland wird grundsätzlich ein zweiter Rettungsweg gefordert, der baulich oder über Leitern der Feuerwehr sichergestellt werden muss. Bis zu einer Höhe von $\leq 7\text{m}$ (OKFF des höchsten Aufenthaltsraumes), und somit bis einschließlich Gebäudeklasse 3, werden tragbare Leitern für die Rettung von Personen eingesetzt, die jede Feuerwehr als DIN-Beladung mitführt. Wird diese Höhe überschritten, wird ein zweiter baulicher Rettungsweg gefordert. Alternativ können Hubrettungsfahrzeuge eingesetzt werden, die jedoch technische Begrenzungen in Bezug auf die Rettungshöhe aufweisen. So ist die Sicherstellung des zweiten Rettungsweges über Hubrettungsfahrzeuge der Feuerwehr nur bis $\leq 22\text{ m OKFF}$ (höchster Aufenthaltsraum), also bis zur Hochhausgrenze, gegeben. Zudem muss in ländlichen Gebieten im Genehmigungsverfahren beachtet werden, dass nicht jede Feuerwehr über diese technische Möglichkeit verfügt.

Auch die zulässige Größe der Nutzungseinheiten hat einen Bezug zum Brandschutz, der sich auf die Möglichkeit der Durchführung wirksamer Löscharbeiten durch die Feuerwehr bezieht. Wirksame Löscharbeiten werden durch das Bauordnungsrecht ermöglicht, indem

- eine bauliche Anlage von der öffentlichen Verkehrsfläche ungehindert erreicht werden kann,
- die Rettungswege als Angriffswege genutzt werden können,
- die Standsicherheit des Gebäudes für eine bestimmte Zeit gegeben ist (Famers & Messerer, 2008).

Vergleicht man die Definition von Gebäudeklassen in den einzelnen LBO, wird die Gebäudeklasse 5 teilweise mit einer Höhe bis zu 22 m OKFF angegeben. Dies resultiert daraus, dass Gebäude mit einer Höhe von mehr als 22 m OKFF gem. der MBO als Sonderbauten einzustufen sind. Der Sonderbautatbestand für Hochhäuser wird in § 2 Abs. 4 Satz 1 MBO geregelt. Zu beachten ist, dass auch bei dem Vorliegen eines Sonderbautatbestandes gem. § 2 Abs. 4 MBO die Einteilung in eine Gebäudeklasse erfolgen muss. Somit sind Gebäude $\geq 22\text{ m OKFF}$ ebenfalls der Gebäudeklasse 5 zuzuordnen, allerdings kommt dann die Muster-Hochhaus-Richtlinie zur Anwendung, die weitergehende Anforderungen an den Brandschutz beinhaltet. Die brandschutztechnischen Anforderungen, insbesondere für tragende und aussteifende Bauteile, erhöhen sich von Gebäudeklasse 1 zu Gebäudeklasse 5 und können bei Anwendung einer Sonderbauvorschrift weiter verschärft werden.

2.2.2 Klassifizierung von Baustoffen und Bauteilen

Die MBO unterscheidet in der Betrachtung des Brandschutzes strikt zwischen

- Baustoffe
= der Werkstoff an sich und
- Bauteile
= Bauelemente, die aus verschiedenen Baustoffen zusammengesetzt sind.

Der vierte Abschnitt der MBO (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Wände, Decken, Dächer) beginnt mit dem § 26 „Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“, in dem diese brandschutztechnisch klassifiziert werden. Demnach werden

1. Baustoffe nach den Anforderungen an ihr Brandverhalten unterschieden, wobei nationale und europäische Klassifizierungen zu beachten sind. Hierzu werden standardisierte Brandversuche herangezogen.

Die LBO unterscheiden dabei zunächst zwischen:

- nichtbrennbare
- schwerentflammbar
- normalentflammbar
- leichtentflammbar

Baustoffen (Mayr, 2017).

Tabelle 1 zeigt die nationale Klassifizierung mit den Bezeichnungen gem. DIN 4102-1:1998-05.

Tabelle 1 Klassifizierung von Baustoffen gem. DIN 4102-1

DIN 4102-1	Bauaufsichtliche Anforderung
A	Nichtbrennbare Baustoffe
A1	nichtbrennbar
A2	
B	Brennbare Baustoffe
B1	schwer entflammbar
B2	normal entflammbar
B3	leicht entflammbar

Die nationale Baustoffklassifizierung nach DIN 4102-1:1998-05 sieht hier nur die in den LBO angegebenen Bezeichnungen vor, die europäische Klassifizierung nach EN 13501-1:2010-01 hingegen hat zum einen andere Baustoffklassen festgelegt (A – F) und legt zudem besondere Anforderungen zu jeder Baustoffklasse fest. Dabei spielen folgende Eigenschaften des Baustoffes eine tragende Rolle:

- Rauchentwicklung (s)
 - s1 geringe Rauchentwicklung
 - s2 mittlere Rauchentwicklung
 - s3 hohe Rauchentwicklung bzw. Baustoff ist nicht geprüft
- Brennendes Abfallen oder Abtropfen (d)
 - d0 kein brennendes Abtropfen/Abfallen binnen 600 sek.
 - d1/d2 brennendes Abtropfen/Abfallen

Die europäische Klassifizierung nennt hierbei verschiedene Kombinationsmöglichkeiten, so dass primär bei schwer entflammaren Baustoffen auch nichtbrennbare Baustoffe als schwer entflammbar eingestuft werden können, sofern die Zusatzerfordernungen nicht erfüllt sind.

Leichtentflammbare Baustoffe dürfen grundsätzlich nicht verwendet werden, sofern sie in Verbindung mit anderen Baustoffen leichtentflammbar sind (Mayr & Battran, 2016).

2. Bauteile nach den Anforderungen an ihre Feuerwiderstandsfähigkeit unterschieden.

Grundlage dieser Anforderungen ist der s. g. Normbrand, der durch die Einheitstemperaturkurve dargestellt wird. Die Einheitstemperaturkurve berücksichtigt, in Bezug auf die Brandverlaufskurve, den zeitlichen Verlauf vom Flash Over, also der Durchzündung, bis über den vollentwickelten Brand.

Demnach ist die Feuerwiderstandsdauer, die ein Bauteil bis zum Versagen aufweist, relevant. Die Feuerwiderstandsklasse garantiert somit die Stabilität und Funktionsfähigkeit von Bauteilen über einen definierten Zeitraum.

Die MBO bzw. LBO unterscheiden:

- feuerbeständige
Feuerwiderstandsklasse: F90
Feuerwiderstandsdauer: ≥ 90 min
- hochfeuerhemmende
Feuerwiderstandsklasse: F60
Feuerwiderstandsdauer: ≥ 60 min
- feuerhemmende
Feuerwiderstandsklasse: F30
Feuerwiderstandsdauer: ≥ 30 min

Bauteile (Mayr, 2017). In den Bauordnungen stehen Gebäudeklassen und Feuerwiderstandsklassen in Relation. Demnach werden mit steigender Gebäudeklasse höhere Feuerwiderstandsklassen gefordert.

Gemäß nationaler Klassifizierung nach DIN 4102-2:1977-07 erhalten Bauteile, je nach verwendeten Baustoffen, weitere Zusatzbezeichnungen (s. Tabelle 2).

Tabelle 2 Zusatzbezeichnungen für Baustoffe gem. DIN 4102-2

Zusatzbezeichnungen	
-A	aus nichtbrennbaren Baustoffen
-AB	in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen
-B	aus brennbaren Baustoffen

Insbesondere in Bezug auf die unterschiedlichen Gebäudeklassen und die damit verbundenen Anforderungen an die Bauteile, werden diese Zusatzbezeichnungen relevant. Hierfür werden in der DIN 4102-2:1977-09 mögliche Kombinationen aus Feuerwiderstandsklasse und Zusatzbezeichnung definiert, die in die MBO bzw. die LBO übernommen wurden. So dürfen aktuell feuerbeständige Bauteile, wie sie fast ausschließlich in Gebäudeklasse 5 gefordert werden, nicht aus brennbaren Baustoffen (-B), wie bspw. Holz, bestehen.

Neben der nationalen Feuerwiderstandsklassifizierung werden durch die europäische Normung weitere charakteristische Eigenschaften zum Feuerwiderstand von Bauteilen festgelegt.

Nach DIN EN 13501-2:2016-12 werden diese Eigenschaften wie folgt definiert:

- **Tragfähigkeit R**
Tragfähigkeit unter einer definierten mechanischen Beanspruchung ohne Verlust der Standsicherheit. Auch hier wird die Dauer angegeben (u. a. 30, 60, 90, 120 min).
- **Raumabschluss E**
Raumabschließende Bauteile müssen einer einseitigen Brandbeanspruchung widerstehen können, sodass ein Durchtritt von Flammen oder heißer Gase auf die feuerabgewandte Seite nicht stattfindet.
- **Wärmedämmung I**
Bei einer einseitigen Brandbeanspruchung darf es nicht zu einer Übertragung von Feuer und auch Wärme zur feuerabgewandten Seite kommen. Die Wärmeübertragung darf nur so hoch sein, dass sich auf der feuerabgewandten Seite keine Materialien durch Wärmestrahlung entzünden können.

Gemäß DIN EN sind weitere Leistungsmerkmale vorhanden, die für Bauteile gefordert werden können. Hierzu gehören Strahlung (W), selbstschließende Eigenschaft (C), Rauchdichtheit (S), Widerstandsfähigkeit gegen Rußbrand (G), Brandschutzfunktion (K).

2.2.3 Schutzziele

In der MBO werden in Bezug auf den Brandschutz s. g. Schutzziele definiert, die bei der Errichtung von Neu- und Änderung von Bestandsgebäuden sicherzustellen sind. Diese ergeben sich aus § 3 Abs. 1 MBO und § 14 MBO. Die vier relevanten Schutzziele werden in § 14 MBO definiert:

§ 14 MBO Brandschutz

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.

Analog hierzu finden sich diese Paragraphen in der HBauO unter § 3 Abs. 1 HBauO (geringfügig geänderter Wortlaut) und § 17 HBauO wieder.

Hierbei ist auf eine gewisse Hierarchie der Ziele zu achten. Das primäre Ziel des vorbeugenden Brandschutzes ist es, Brände bzw. der Brand- und Rauchausbreitung vorzubeugen und somit Sach- und Personenschäden zu verhindern. Sollte es dennoch zu einem Brandereignis kommen, ist es aus bauordnungsrechtlicher Sicht aber nicht nur notwendig, die Rettung für Menschen und auch Tiere, sondern ebenso die Durchführung wirksamer Löscharbeiten sicherzustellen. Dabei steht die Selbstrettung der betroffenen Personen im Vordergrund.

Wie diese Schutzziele sichergestellt werden sollen, wird durch die MBO bzw. durch die jeweiligen LBO sowie Sonderbauvorschriften festgelegt. Jedoch erlauben diese beiden Paragraphen den Genehmigungsbehörden einen gewissen Entscheidungsspielraum, um jedes Bauvorhaben individuell betrachten zu können.

2.2.4 Abweichungen von der Musterbauordnung

Gestalterischer Spielraum, aber auch eingeschränkte Möglichkeiten bei der Änderung von Bestandsgebäuden ist oft ein Grund, die geltenden Gesetze nicht einhalten zu wollen oder zu können und somit von der MBO bzw. LBO abzuweichen. Die MBO sieht hierfür den § 67 „Abweichungen“ vor:

§ 67 MBO Abweichungen

(1) Die Bauaufsichtsbehörde kann Abweichungen von Anforderungen dieses Gesetzes und aufgrund 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

§ 3 Abs. 1 vereinbar ist.

[...]

Die Erteilung einer Abweichung ist unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen durchaus möglich. In diesen Fällen werden von den Baubehörden Kompensationsmaßnahmen gefordert, sodass trotz der Abweichung die Einhaltung der Schutzziele gem. § 14 MBO sichergestellt wird

(bspw. durch anlagentechnische Maßnahmen, wie Brandmeldeanlagen). Neben diesen gestalterischen Aspekten, bspw. die Verlängerung der geforderten Rettungsweglänge, werden auch Abweichungen in Bezug auf die Baustoffe oder Bauteile beantragt.

Insbesondere bei der Betrachtung von möglichen Abweichungen bei s. g. Bauprodukten übernimmt die Bauregelliste A Teil 1 eine tragende Rolle. Dabei wird der Begriff „Bauprodukt“ durch die MBO wie folgt definiert:

§ 2 MBO Begriffe

(10) Bauprodukte sind

- 1. Produkte, Baustoffe, Bauteile und Anlagen sowie Bausätze [...], die hergestellt werden, um dauerhaft in baulichen Anlagen eingebaut zu werden,*
- 2. aus Produkten, Baustoffen, Bauteilen sowie Bausätzen [...], vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden.*

[...]

Nur zugelassene Bauprodukte entsprechen den Regeln der Technik und dürfen ohne weitere Nachweise oder Zustimmungen verwendet werden. Zudem werden Bauprodukte nur in die Bauregelliste A Teil 1 aufgenommen, wenn die Anforderungen an eine erforderliche Baustoff- bzw. Feuerwiderstandsklasse geregelt sind (DIBt, 2013).

Ordnungsgemäß genehmigte und errichtete Bestandsgebäude haben Bestandsschutz. Erfordern Sanierungen oder Nutzungsänderungen ein Baugenehmigungsverfahren, kann der Bestandsschutz ganz oder teilweise, je nach Art und Umfang der Änderung, entfallen. Ob dieser beibehalten wird oder brandschutztechnische Ertüchtigungen auf aktuellem Stand notwendig werden entscheidet in Hamburg die Bauprüfabteilung, diese Entscheidung obliegt nicht der Feuerwehr.

3 Brandschutz

Wie in Abschnitt 2.2.3 beschrieben, wird der Brandschutz in der MBO durch vier Schutzziele definiert. Diese erfordern nicht nur bauliche und organisatorische Maßnahmen, sondern verlangen zudem ein aktives Handeln der Feuerwehr im Brandfall. Dies kann ein Problem darstellen, denn an die Leistungsfähigkeit einer Feuerwehr werden gesetzlich keine konkreten Anforderungen gestellt (Famers & Messerer, 2008). Dies bedeutet, dass gem. dem Bauordnungsrecht für den Brandfall nicht definiert ist, in welcher personellen Stärke die Feuerwehr auftritt, um wirksame Löscharbeiten durchzuführen. Zeitliche Vorgaben sind ebenfalls nicht vorhanden. Es wird lediglich eine für die örtlichen Verhältnisse entsprechend funktionsfähige Feuerwehr gefordert. Weiter ist die Einsatzdauer bei einem Brandeinsatz durch die Standsicherheit der tragenden und aussteifenden Bauteile zeitlich begrenzt (Famers & Messerer, 2008).

3.1 Abwehrender Brandschutz

Der abwehrende Brandschutz wird in Deutschland im Allgemeinen durch Freiwillige, Werk-, Pflicht-, Betriebs- und Berufsfeuerwehren sichergestellt. Die Hauptaufgaben liegen dabei primär in der Rettung von Menschen und Tieren, der Brandbekämpfung und der Reduzierung der evtl. daraus resultierenden Schäden.

3.2 Vorbeugender Brandschutz

Der vorbeugende Brandschutz thematisiert präventive Maßnahmen des Brandschutzes und betrachtet Neu- und Bestandsbauten gleichermaßen, primär jedoch höhere Gebäude und Sonderbauten nach MBO bzw. LBO. Bei der Planung einer Baumaßnahme werden im Baugenehmigungsverfahren Nachweise in Bezug auf geltendes Recht (LBO, Sonderbauvorschriften) und die

damit verbundene Sicherstellung der Schutzziele, z. B. durch Einhaltung der Rettungsweglängen, gefordert. Die Nachweiserstellung wird bei Sonderbauten hauptsächlich von Fachplanern für vorbeugenden Brandschutz übernommen.

Im vorbeugenden Brandschutz werden dabei die folgenden Teilbereiche betrachtet:

- Baulicher Brandschutz

Dieser Teilbereich wird durch geltendes Baurecht (Bauordnungsrecht) beschrieben. Dabei sind Anforderungen an Baustoffe, Bauteile und Konstruktionen, aber auch die Einhaltung von u. a. Rettungsweglängen und die Anordnung von Brandwänden zu berücksichtigen.

- Anlagentechnischer Brandschutz

Anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen sind i. d. R. bei Sonderbauten oder als Kompensationsmaßnahmen relevant (bspw. Brandmeldeanlagen, Feuerwehraufzüge).

- Organisatorischer Brandschutz

Der organisatorische Brandschutz liegt üblicherweise im Aufgabenbereich des Eigentümers oder Mieter eines Gebäudes oder einer Nutzungseinheit. Hierzu gehören die Erstellung von Flucht- und Rettungswegplänen, einer Brandschutzordnung und u. U. die Bestellung eines oder mehrerer Brandschutzbeauftragten. Feuerwehrpläne müssen ebenfalls erstellt werden, sie dienen jedoch dem abwehrenden Brandschutz, da hier objektbezogene Informationen dargestellt werden, welche im Einsatzfall von Bedeutung sind.

Dieser Nachweis wird mit dem Bauantrag bei der zuständigen Baubehörde eingereicht und im Zuge der Baugenehmigung durch die Baubehörde geprüft.

Die Feuerwehr Hamburg übernimmt im Bereich des vorbeugenden Brandschutzes eine beratende Tätigkeit, indem zu brandschutzrelevante Fragestellungen der genehmigenden Behörde Stellung genommen wird, aber auch Fachplaner und Architekten bereits in der Planungsphase beraten werden. Dabei werden nicht nur Neubauten, sondern auch Nutzungsänderungen und Sanierungen von Bestandsgebäuden thematisiert. Da Sonderbauten gem. HBauO ein erhöhtes Risiko darstellen, werden in regelmäßigen Abständen s. g. Brandverhütungsschauen durchgeführt. Bei diesen wiederkehrenden Terminen werden brandschutztechnische Mängel im Gebäude durch die Feuerwehr erkannt und dokumentiert. Der Eigentümer erhält eine Niederschrift und wird zur Abstellung der Mängel aufgefordert. Wird im Rahmen einer Nachschau

festgestellt, dass dieser Aufforderung nicht nachgekommen wurde, wird nach einer angemessenen Frist die Bauprüfabteilung informiert. Insbesondere bei schwerwiegenden brandschutztechnischen Mängeln kann durch die Bauprüfabteilung eine Nutzungsuntersagung bzw. ein Verfahren zur Herstellung ordnungsgemäßer Zustände eingeleitet werden.

3.3 Einflussparameter auf ein Brandereignis

Betrachtet man den abwehrenden und den vorbeugenden Brandschutz gleichermaßen, können bestimmte Parameter, die auf ein Brandereignis Einfluss nehmen, definiert werden (Merk, 2015):

- Nutzerverhalten
Der tägliche Umgang mit elektrischen Geräten sowie mit offenem Licht und Feuer.
- Maßnahmen zur Behinderung von Fremdeinwirkungen
Präventive Maßnahmen, wie bspw. Blitzschutzanlagen oder Umzäunungen.
- Art der Zündquelle/Materialien
Können in der Brandentstehungsphase Einfluss auf den Brandverlauf haben.
- Brandentwicklungsgeschwindigkeit
Ist primär von den in unmittelbarer Nähe befindlichen Materialien abhängig.
- Mobile und immobile Brandlasten
Mobile (Einrichtungsgegenstände) und immobile (Brandverhalten der Baustoffe) Brandlasten beeinflussen die Geschwindigkeit sowie die Ausbreitung eines Feuers.
- Brandentdeckung/Möglichkeiten zur Brandbekämpfung
Möglichkeiten zur Brandentdeckung, wie bspw. Anlagentechnik, aber auch Personen, können als erste Maßnahme auf die Brandentwicklung einwirken. So auch Möglichkeiten zur Primärbrandbekämpfung (z. B. Kleinlöschgeräte).
- Größe der Nutzungseinheiten
Die Größe der betroffenen Nutzungseinheit hat Einfluss auf den Brandverlauf.

- Anzahl und Ausdehnung der Geschosse
In Bezug auf das Personenaufkommen ist die Anzahl und die Ausdehnung der Geschosse maßgebend für die Feuerwehr.
- Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden Struktur
Für die Löscharbeiten durch die Feuerwehr ist die Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile entscheidend.
- Löscharbeit der Bauteile
Das Bauteilverhalten hat großen Einfluss auf die Löscharbeit durch die Feuerwehr.

Im Zuge der Novellierung der HBauO sind diese Einflussparameter im Hinblick auf die Verwendung von massiven Holzbauteilen in allen Gebäudeklassen (keine Sonderbauten) zu bewerten. So bringen Experten immer wieder den Aspekt der Einbringung von immobilen Brandlasten an, die durch die Verwendung von nicht brandschutztechnisch bekleidetem Holz erhöht wird. Auch die Größe der Nutzungseinheiten und die Löscharbeit von Bauteilen sowie die verbauten Dämmmaterialien müssen dabei betrachtet werden.

4 Holz als Baustoff

Holz ist ein beliebter Baustoff, der sich seit Jahrhunderten bewährt hat. Dabei weist Holz viele Eigenschaften auf, die den Einsatz durchaus rechtfertigen, auch weil sich das Bauen, hinsichtlich Konstruktionen und Standsicherheit, in den letzten Jahren stark verändert hat. Aktuell stehen nicht mehr nur die herkömmlichen Anforderungen, wie mechanische Festigkeit, Standsicherheit, Nutzungssicherheit, Dauerhaftigkeit sowie Feuersicherheit und Schallschutz im Fokus, sondern auch ökologische Aspekte rücken in den Vordergrund (Glos, 2008). Dabei ist die Nachfrage nach Bauten in Holzbauweise stetig gestiegen, damit allerdings auch die Anforderungen an die Rechtsgrundlagen, die ebenfalls den Brandschutz betreffen.

4.1 Eigenschaften des Baustoffes Holz

Die bewährten und geschätzten Eigenschaften, die der Rohstoff Holz mit sich bringt, haben ihren Ursprung in den unterschiedlichen chemischen Verbindungen sowie dem grundlegenden Aufbau der Zellwände. Grundsätzlich besteht Holz zu ca. 50 % aus Zellulose, die jedoch nicht ausreichend ist, um ein starres Gerüst ausbilden zu können. Somit sind weitere wichtige Bestandteile erforderlich (s. Tabelle 3). Die chemische Zusammensetzung im Holz ist dabei abhängig von verschiedenen Faktoren, wie Art, Alter und Standort, sodass die Anteile der Verbindungen variieren können (Benedix, 2017).

Tabelle 3 Chemische Verbindungen im Holz (Benedix, 2017)

	Aufgabe	Anteil
Zellulose	Gerüst	ca. 40 – 60 %
Hemizellulose	Festigung des Zellulosegerüsts	ca. 15 – 20 %
Lignin	Klebstoff, Druckfestigkeit	ca. 15 – 40 %
Harze, Fette, Proteine, Gerb- und Farbstoffe, Mineralstoffe		ca. 2 – 8 %

Verbindungen, wie Zellulose, Hemizellulose und Lignin ergeben zusammen eine feste Struktur: die Zellwand. Wie in Tabelle 3 (s. S. 23) zu erkennen, stellt Zellulose die Grundsubstanz der Zellwände dar, die aufgrund zwischenmolekulare Kräfte eine lineare Versteifung zeigt. Diese Zellulosemoleküle sind von der Hemizellulose und Lignin umgeben, durch die ein festes Gerüst durch Verholzung entsteht. Ca. 60 bis 70 dieser Zellulosemoleküle lagern sich zu fadenförmigen Mikrofibrillen an, die in unterschiedlicher Orientierung die sekundäre Zellwand ausbilden (Benedix, 2017) (Glos, 2008). Die Mikrofibrillen in der Zellwand ordnen sich größtenteils in Stammlängsrichtung an. Da sie ca. 40 bis 50 % der Holzmasse bilden, ist somit eine sehr hohe Zugfestigkeit in Faserrichtung gegeben, die den Stamm zudem am Ausknicken hindert (Glos, 2008). Neben der hohen Zugfestigkeit weist Holz ebenfalls eine hohe Druckfestigkeit auf. Das amorphe Lignin übernimmt in dem Aufbau die Stützfunktion, indem es die Hohlräume ausfüllt und somit die Druckfestigkeit sicherstellt (Glos, 2008).

Nicht jede Holzarteignet sich für die Verwendung als Baustoff, was sich aus dem makro- und mikroskopischen Aufbau und den damit verbunden unterschiedlichen Feuchtigkeits- und Festigkeitseigenschaften ergibt. Eine Regelung über relevante Kennwerte für die Bemessung von Tragwerken aus Holz erfolgt über den Eurocode 5 (DIN EN 1995-1-1:2010-12). So werden von den ca. 30.000 Holzarten lediglich ca. 300 technisch genutzt (Glos, 2008). Im Allgemeinen findet das s. g. Vollholz im Bauwesen Anwendung. Damit ist grundsätzlich Rund- und Bauschnittholz, wie bspw. Kanthölzer, gemeint, welches direkt aus dem Stamm des Baumes hergestellt wird.

Bei der Betrachtung von Vollholz wird zwischen Nadelholz und Laubholz differenziert, da diese unterschiedliche Festigkeiten aufweisen. Hinsichtlich der physikalischen und mechanischen Eigenschaften müssen der makroskopische und der mikroskopische Aufbau gleichermaßen beachtet werden.

a) Makroskopischer Aufbau

Allgemein werden Bäume nach der Holzart unterschieden. Hierzu muss zunächst der Querschnitt eines Baumstammes betrachtet werden. Die Abbildung 1 (S. 25) zeigt eine stark vereinfachte, schematische Darstellung eines Stammquerschnitts.

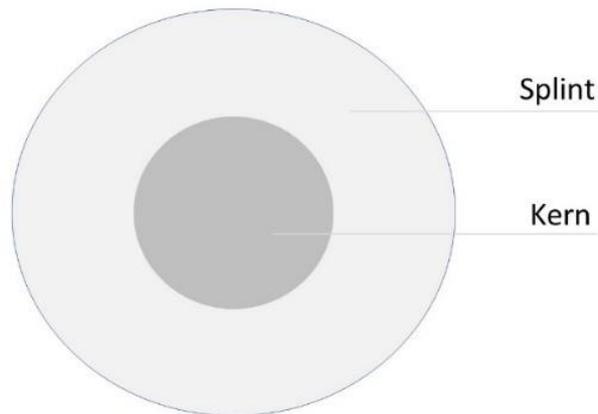


Abbildung 1 Schematische Darstellung Stammquerschnitt (Quelle: Eigene Darstellung)

Der Kern übernimmt die stützende Funktion. Gemäß DIN EN 350:2016-12 bestehen Kernhölzer aus abgestorbenen Zellen, die keinen Saft führen. Splintholzbäume enthalten lebende Zellen, die Saft führen bzw. physiologisch aktiv sind. Der Splint dient im Allgemeinen dem Stofftransport.

In Bezug auf diese unterschiedlichen Eigenschaften können nun folgende Hölzer unterschieden werden:

- **Kernhölzer**
 Der Kern weist eine ausgeprägte dunkle Farbe auf. Dieses Holz eignet sich besonders gut als Konstruktionsholz.
Kiefer, Lärche, Eiche
- **Reif- oder Trockenhölzer**
 Kern und Splint unterscheiden sich nicht farblich. Der Kern hat einen etwas geringeren Wasseranteil, als der Splint.
Fichte, Tanne, Buche
- **Splinthölzer**
 Der Kern bildet sich erst im späten Alter des Baumes. Dieses Holz wird nicht als Konstruktionsholz verwendet, da eine Dauerhaftigkeit, aufgrund der Anfälligkeit für holzschädigende Organismen, wie bspw. Pilze, generell ausgeschlossen wird (gem. DIN EN 350:2016-12).
Birke, Erle, Weißbuche

b) Mikroskopischer Aufbau

Grundsätzlich besteht Holz aus länglichen, radial um die Stammachse angeordnete röhrenförmige Zellen. Die physikalischen Eigenschaften des Baustoffes Holz sind dabei insbesondere von der Größe der Zellen abhängig (Glos, 2008).

Aus dem unterschiedlichen Aufbau der verschiedenen Holzarten resultieren verschiedene physikalische Eigenschaften, die für die Bewertung der Qualität des Holzes als Baustoff von großer Bedeutung sind.

Die Rohdichte beschreibt das Verhältnis zwischen Masse und Volumen und somit den Zusammenhang zwischen dem Anteil der Zellwände und dem der Porenräume. Hierbei nimmt die Rohdichte mit dem Zellwandanteil zu, wodurch der lineare Zusammenhang zwischen Rohdichte und Festigkeit erklärt wird (Thienel, 2011). Die Rohdichte steht in Verbindung mit vielen wichtigen Holzeigenschaften (Festigkeits- und Verformungsverhalten, Quell- und Schwindverhalten, Tragfähigkeit).

Eine besondere Eigenschaft von Holz ist die Möglichkeit, Feuchtigkeit aufnehmen und abgeben zu können. Durch die Hygroskopie wird Holz bewusst von Architekten und Bauherren ausgewählt, um ein angenehmes Raumklima zu schaffen. Der Feuchtegehalt im Holz kann zudem das Quellen und Schwinden des Holzes beeinflussen. Im Holz wird Wasser zum einen in den Hohlräumen und zum anderen in den Zellen gespeichert. Wird Wasser aus den Hohlräumen und den Zellen an die Umgebung abgegeben und somit die Fasersättigung unterschritten, beginnt das Holz zu schwinden. Dieser Vorgang resultiert daraus, dass das Wasser aus den Zellwänden diffundiert. Durch das Austrocknen und die damit verbundene Volumenverringerng werden alle anderen physikalischen und mechanischen Eigenschaften beeinflusst (Glos, 2008). Durch die Hygroskopie des Holzes ist dieser Zustand reversibel. Wird dem Holz und somit den Zellwänden Wasser zugeführt, vergrößert sich das Volumen, das zum Quellen führt. Damit hängt das Schwind- und Quellmaß maßgeblich von der Zellwanddicke und somit von dem Feuchtigkeitsgehalt bzw. der Rohdichte ab (Glos, 2008).

Im Wesentlichen ist Holz somit ein anisotroper, inhomogener Baustoff, der unterschiedliche mechanische Eigenschaften in verschiedene Richtungen besitzt:

- quer zur Faser
= niedrige Festigkeit

- parallel zur Faser
= hohe Festigkeit

Grundsätzlich sind somit zwei Variablen entscheidend: Richtung der Fasern und Feuchtigkeitsgehalt (Green & Taggart, 2017).

Im Gegensatz zum Vollholz gibt es weitere Vollholzprodukte und Holzwerkstoffe, die durch chemischen und/oder mechanischen Einsatz zusammengesetzt oder verpresst werden (Glos, 2008). Diese Bauteile weisen unterschiedliche Eigenschaften in Bezug auf das Brandverhalten und auch die Standsicherheit im Brandfall auf, da hier die Verbindung eine primäre Rolle übernimmt. Grundsätzlich sind die bauphysikalischen Eigenschaften des Baustoffes aber identisch. Bei den zusammengesetzten Werkstoffen muss lediglich die Verbindung und evtl. die damit verbundene innere Spannungen beim Quellen bzw. Schwinden berücksichtigt werden (Niemz, 2011). Die in Bezug auf die Novellierung der HBauO relevanten Werkstoffe werden im Kapitel 6 ausführlich vorgestellt.

Allgemein muss Holz als tragendes Bauteil bestimmte Anforderungen erfüllen. Sollen im Hochbau Gebäude in Holzbauweise erstellt werden, so muss bspw. für die Bemessung der tragenden Bauteile der Eurocode 5 (DIN EN 1995-1-1:2010-12) herangezogen werden. Hierzu gehört u. a. auch die Einteilung in Sortier- und Festigkeitsklassen, die jeder Holzart zugeordnet wird. Die Sortierung nach DIN 4074-1:2012-06 (Nadelholz) bzw. DIN 4074-5:2008-12 (Laubholz) bezieht sich auf die Tragfähigkeit und kann visuell oder maschinell erfolgen. Hierbei ergibt sich eine Einteilung nach klar definierten Werten. Die Einteilung in Festigkeitsklassen erfolgt gem. DIN EN 338:2016-07, die im Rahmen der europäischen Harmonisierung eingeführt wurden (Glos, 2008). Um den Eurocode 5 anwenden zu können, mussten die festgelegten Sortierklassen in Festigkeitsklassen umgeschrieben werden. Diese definieren dabei Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte. Im Allgemeinen wurden die Klassifizierungen nach DIN 4074 (Teil 1 und Teil 5, s. o.) und DIN EN 338:2016-07 für alle Holzarten festgelegt, die als Vollholz verwendet werden dürfen.

4.2 Holzbauweisen

Über viele Jahre hinweg haben sich unterschiedliche Bauweisen im Holzbau entwickelt. Mit steigender Nachfrage haben sich einige Systembauweisen auf dem Markt etabliert, die u. a. eine gewisse Vorfertigung ermöglichen und somit die Bauzeit wesentlich verkürzen können. Dieser Aspekt kann sich bei der Nachverdichtung positiv auswirken, da dies für Bauherren wirtschaftlich lukrativ erscheint. Insbesondere in Bezug auf den abwehrenden Brandschutz können bestimmte Bauweisen jedoch erhebliche Nachteile mit sich bringen, wie das Beispiel des Brandes einer Wohnung auf einem Hochbunker in Hamburg zeigt (vgl. 5.1).

4.2.1 Holzrahmenbau

Konstruktionen, die in Holzrahmenbauweise errichtet werden, bestehen aus zusammengesetzten Holzrahmen, die i. d. R. von beiden Seiten vollflächig beplankt werden. Die daraus entstehenden Hohlräume können mit Dämmmaterial verfüllt werden sowie der Führung von Leitungen dienen. Der Holzrahmenbau stellt eine Weiterentwicklung des Holzständerbaus dar, bei der engmaschig gestellte Kanthölzer mit einfachen Mitteln zusammengesetzt werden. Charakteristisch hierbei ist, dass die Stützen durchgehend durch alle Geschosse ausgebildet werden (Kolb, 2010). Diese Konstruktion werden direkt vor Ort aufgestellt und können nicht vorgefertigt werden. Beim Holzrahmenbau hingegen werden die Rahmen geschossweise erstellt, wodurch Wandelemente nach Maß vorgefertigt werden können, da diese sich wiederholende Details aufweisen (Kolb, 2007).

4.2.2 Holzskelettbau

Der Holzskelettbau entwickelte sich aus dem Fachwerkbau und weist eine charakteristische Trennung von Tragskelett und raumabschließenden Wänden auf, wodurch eine große Gestaltungsfreiheit gegeben ist (Kolb, 2007). Wie bei der Holzrahmenbauweisen werden ebenfalls konstruktionsbedingt Hohlräume in Wand- und Deckenelemente möglich, die bei einer brand-

schutztechnischen Betrachtung zu berücksichtigen sind. Auch diese Bauweise weist einen hohen Vorfertigungsgrad auf, zudem können filigrane Konstruktionen realisiert werden (Kolb, 2007).

4.2.3 Holztafelbau

Der Holztafelbau stellt eine modulare Holzbauweise dar, die im höchsten Maß vorgefertigt werden kann. Diese Fertigbauweise bedient sich des Prinzips des Holzrahmenbaus, abweichend werden hier jedoch vollständige Wand- und Deckenelemente verbaut, die ebenfalls konstruktionsbedingt Hohlräume ausbilden (Kolb, 2007). Durch die Flexibilität in Bezug auf Maße ist hier ein hoher Gestaltungsspielraum gegeben. Zudem sind durch die vorgefertigten Elemente kurze Montagezeiten und eine unkomplizierte Demontage zu erwarten, was langfristige aber auch kurzzeitige Standzeiten ermöglicht (Kolb, 2007).

4.2.4 Holzmassivbau

Massiver Holzbau zeichnet sich insbesondere durch die vollflächigen Wand- und Deckenelemente aus Vollholz und Vollholzprodukte aus, die große Spannweiten ermöglichen. Charakteristisch werden bei der Verwendung von Vollholz keine Hohlräume ausgebildet, was einen erheblichen Vorteil gegenüber den o. g. Holzbauweisen darstellt. Unter brandschutztechnischen Gesichtspunkten wäre diese Bauweise den anderen vorzuziehen, da somit Brände innerhalb der Konstruktion ausgeschlossen werden können.

4.2.5 Mischbauweisen

Neben den Holzbauweisen werden s. g. Hybridbauweisen angeboten. Hierbei handelt es sich um Konstruktionen, die entweder nicht vollständig aus Holz bestehen, sondern einen Anteil an bspw. Stahlbeton aufweisen und somit einen Verbund bilden oder bei denen der Holzmassivbau mit der Holzrahmenbauweise kombiniert wird.

4.3 Brandschutztechnische Klassifizierung

Holz ist grundsätzlich ein brennbarer Baustoff. Bei der brandschutztechnischen Klassifizierung muss zwischen dem Baustoff Holz und Bauteilen aus Holz differenziert werden. Die brandschutztechnische Klassifizierung von Holz und Holzwerkstoffen erfolgt gem. DIN 4102-1:1998-05 (vgl. Abschnitt 2.2.2). Demnach ist eine eindeutige Einordnung in eine der Baustoffklassen nicht möglich, da über die Dimensionierung des Querschnittes und der Rohdichte der Baustoff Holz in B1, B2 oder B3 eingestuft werden kann. Holz gilt allgemein als „normal entflammbar“ (B2). Dabei dürfen Rohdichte und Mindestdicke bestimmte Kennwerte nicht unterschreiten. Da die Verwendung von Baustoffen der Baustoffklasse B3 („leicht entflammbar“) grundsätzlich ausgeschlossen ist, ist die Überdimensionierung des Querschnitts eine Maßnahme, um eine Einstufung in B2 oder sogar in B1 realisieren zu können und somit die Möglichkeiten zu erweitern. Hierbei werden die Bauteile im Querschnitt so vergrößert, dass zu den statischen Bemessungen eine Bemessung der Verkohlungsschicht erfolgt, die im Brandfall einsetzt und den übrigen Querschnitt schützt (vgl. Abschnitt 4.4). Es gibt aber durchaus weitere Möglichkeiten des baulichen Brandschutzes, das Brandverhalten von Holzwerkstoffen zu beeinflussen und somit die Baustoffklassifizierung nach DIN 4102-1:1998-05 sowie die Feuerwiderstandsklassifizierung zu verbessern. Eine Möglichkeit sind Flammschutzmittel, die feuererstickend oder verkohlungsfördernd, sperrschicht- und dämmschichtbildend wirken. Aufgrund der bedenklichen Umwelteinwirkungen, die von den feuererstickenden Chemikalien ausgehen, wird von der Verwendung mittlerweile abgesehen, da diese i. d. R. Halogenverbindungen enthalten (Mayr & Battran, 2015). Ein Beispiel hierfür sind chlorierte Paraffine, die als chlorierte Kohlenwasserstoffe persistent und bioakkumulierend sind (Schadstoffberatung Tübingen, 2015). Auch Bekleidungen in Form einer Kapselung des Raumes sind denkbar, bei der die Bauteile mit nichtbrennbaren Plattenwerkstoffen verkleidet werden. So ist mit der M-HFHolzR unter dem Einsatz brandschutztechnisch wirksamer Bekleidungen der Einsatz von Holz als tragende und aussteifende Bauteile in der Gebäudeklasse 4 ermöglicht worden. Durch die Kapselung sollen die Bauteile der Feuerwiderstandsklassifizierung F60 genügen.

Im Bereich des modernen vorbeugenden baulichen Brandschutzes wird aktuell auf Brandschutzbeschichtungen gesetzt. Demnach sollen neben der Erhaltung von optischen Aspekten

auch die jeweiligen Brandschutzanforderungen erfüllt werden. Ein Kohlenstoffschaum wird als Anstrich auf das Bauteil aufgebracht, der bei einer Temperatur von 200 °C aufschäumt. Produktabhängig werden die beschichteten Bauteile eine definierte Zeit vor Überhitzung, Entzündung und vor Verlust der konstruktiven Tragfähigkeit geschützt (FeuerTRUTZ Network GmbH & Rudolf Hensel GmbH, 2017). Unklar ist derzeit noch die Haltbarkeit solcher Beschichtungen und somit die Frage offen, ob und in welchen Abständen diese erneuert werden muss. Dabei ist auch die Frage interessant, ob eine nachträgliche Beschichtung bzw. eine Erneuerung im Bestand ohne aufwendige Maßnahmen möglich ist, um langfristig einen umfänglichen Schutz gewährleisten zu können. Zudem kann mit Hilfe derartiger Beschichtungen zwar die Baustoffklassifizierung von B2 zu B1 beeinflusst werden, jedoch nicht zwangsläufig die Feuerwiderstandsklassifizierung (Mittmann, 2017).

In Bezug auf die europäische Klassifizierung werden die meisten Holzbaustoffen in D-s2,d0 eingestuft, sie sind also normalentflammbar, haben eine mittlere Rauchentwicklung und sind nicht brennend abtropfend.

4.4 Brandverhalten

Die Einstufung von Holzbauteilen in mehrere Baustoffklassen resultiert daraus, dass Holz kein standardisiertes Brandverhalten, wie bspw. Stahl, zeigt. Allein die Bemessung eines Bauteils kann das Brandverhalten beeinflussen, denn sofern der Querschnitt eines Holzbauteils ausreichend dimensioniert, also überdimensioniert, ist, kann eine hohe Feuerwiderstandsfähigkeit und somit Standsicherheit im Brandfall erreicht werden (Werner, et al., 2009). Ein verlässliches Maß für die Stabilität und die damit verbundene Funktionsfähigkeit von Bauteilen über einen definierten Zeitraum ist die Feuerwiderstandsklassifizierung (vgl. Abschnitt 2.2.2, Punkt 2). Bei Brandeinwirkung setzt eine Verkohlung der äußeren Schicht des Holzes ein, wodurch eine Art Schutzschicht gebildet wird. Durch die geringere Wärmeleitfähigkeit der verkohlten Schicht hat diese zur Folge, dass die Temperatur im Bauteilinnern gering gehalten und der Abbrand des Bauteils erheblich verlangsamt wird. Dabei beträgt die Abbrandgeschwindigkeit β in dem Zeitraum bis 90 min i. M. $\beta = 0,67 \frac{mm}{min}$ (Werner, et al., 2009).

Die Abbrandgeschwindigkeit variiert mit der Holzart, ist aber dennoch annähernd konstant und berechenbar (Glos, 2008). Somit kann über die Wahl des Querschnitts eine gewünschte Feuerwiderstandsdauer erreicht werden. Statische Grenzen sind hier allerdings zu berücksichtigen.

Darüber hinaus spielen nicht nur die Dimensionierung des Querschnitts bzw. das Verhältnis von Oberfläche zu Querschnitt und die Rohdichte eine wesentliche Rolle. Zu den genannten Faktoren muss auch der Konstruktionsaufbau sowie evtl. daraus entstehende Hohlräume betrachtet werden, die eine Brandbekämpfung erheblich erschweren (Winter, 2013). Auch der Anschluss an andere Bauteile (Wände, Decken) kann problematisch werden, sofern diese nicht korrekt ausgeführt werden. Primär muss also die Gesamtkonstruktion brandschutztechnisch betrachtet werden (Winter, 2013).

5 Urbane Nachverdichtung unter besonderer Berücksichtigung des Potentials der massiven Holzbauweise

Urbane Nachverdichtung ist ein Begriff, der nicht erst in den letzten Jahren im Bereich der Städteentwicklung vermehrt Anklang gefunden hat. Die Betrachtung des Städtebaus in Deutschland hinsichtlich des Baugrunds in der freien Fläche zeigt, dass dieser endlich ist (Rehn, 2016). Um dennoch ein wachsendes Stadtbild und eine Weiterentwicklung im städtischen Bereich realisieren zu können, werden immer mehr Dachaufstockungen und -ausbauten in Betracht gezogen. Dabei sind aus statischen Gründen primär leichte Konstruktionen zu wählen, die den Einsatz von Holz als Baustoff attraktiv werden lassen. Aus Sicht der Stadtentwicklung scheint diese Überlegung durchaus sinnvoll, in Bezug auf den Brandschutz stehen die Genehmigungsbehörden jedoch teilweise vor erheblichen Problemen.

5.1 Fallbeispiel: Brand eines Penthouses in Holzbauweise

Ein anschauliches Beispiel der urbanen Nachverdichtung stellt ein Penthouse im Hamburger Stadtteil Barmbek dar, welches 2011 auf einem Hochbunker errichtet wurde.

Am 17. Dezember 2017 kam es zu einem Brand auf dem dreigeschossigen Bunker, auf dem 2011 eine Maisonettewohnung in Holzbauweise errichtet worden war. Es handelte sich dabei um ein ca. 15 x 20 m großes Penthouse (s. Abbildung 2, S. 34). Die Brandbekämpfung gestaltete sich nicht nur durch die Bauweise schwierig, da parkende Fahrzeuge die Aufstellflächen für Hubrettungsfahrzeuge der Feuerwehr einschränkten. Zudem musste die Fassade aufgenommen werden, da sich der Brand, aufgrund von konstruktionsbedingten Hohlräumen und der darin verbauten Dämmung, innerhalb der Konstruktion ausgebreiten konnte (s. Abbildung 3, S. 34). Personen wurden bei dem Brand nicht verletzt. Insgesamt waren 80 Einsatzkräfte im Einsatz.



Abbildung 2 Brand auf einem Hochbunker in Hamburg (Foto: D. Manduzio, <http://stillfiles.com>, Nutzung mit freundlicher Genehmigung)



Abbildung 3 Brand in einer Holzkonstruktion (Foto: D. Manduzio, <http://stillfiles.com>, Nutzung mit freundlicher Genehmigung)

Die Brandausbreitung auf Nachbargebäude, insbesondere auf eine angrenzende Schule, konnte verhindert werden. Die Räumlichkeiten im Bunker waren nicht betroffen. Aufgrund des

Brandereignisses und den dadurch entstandenen Schäden, musste das gesamte Gebäude abgetragen werden (s. Abbildung 4).



Abbildung 4 Abtragung der Holzkonstruktion (Foto: D. Manduzio, <http://stillfiles.com>, Nutzung mit freundlicher Genehmigung)

Die geplanten Änderungen in der neuen HBauO umfassen ausschließlich die Massivholzbauweise, die entsprechend der Gebäudeklasse über einen definierten Feuerwiderstand verfügen und keine Hohlräume in der Konstruktion selbst zulassen. Die Verwendung der Holzrahmenbauweise wird damit ausgeschlossen, da bei dieser konstruktionsbedingt Hohlräume ausgebildet werden (vgl. Abschnitt 4.2.1).

Aus Sicht der Feuerwehr wird die Holzrahmenbauweise, insbesondere in Gebäudeklasse 5, kritisch bewertet, weil sich in den Hohlräumen Schwelbrände unentdeckt ausbreiten können und somit eine Brandbekämpfung erheblich erschwert wird. Auch schwerentflammbare Dämmmaterialien in Außenwandkonstruktionen, die ebenfalls in diesem Gebäude verwendet wurden, können zur Brandausbreitung beitragen.

5.2 Notwendigkeit der Nachverdichtung in Hamburg

Viele Großstädte in Deutschland erfahren stetig steigende Einwohnerzahlen. Dieser Anstieg hat seit längerem knappen Wohnraum und, damit einhergehend, steigende Mieten zur Folge. Aus diesem Grund wird der Wunsch nach mehr und vor allem bezahlbarem Wohnraum laut, da insbesondere eine große Nachfrage für den sozialen Wohnungsbau besteht. Hierbei spielt übergroßer Wohnraum der u. a. durch alleinstehende Personen besetzt wird, eine große Rolle (Rehn, 2016). So ist in Hamburg deutlich zu erkennen, dass in 2016 mit 54 % vermehrt Einpersonenhaushalte gemeldet waren (Statistik Amt Nord, 2017). Exemplarisch für die Freie und Hansestadt Hamburg können folgende Aussagen über die Bevölkerungs- bzw. Haushaltsstruktur getroffen werden:

Mit Ablauf des Kalenderjahres 2016 hat das Statistische Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein eine Gesamtbevölkerung von 1.860.759 Personen in Hamburg ermittelt. Dabei die Bevölkerungsdichte im Stadtkern mit mehr als 5.000 Personen pro Quadratkilometer erhöht (Statistisches Amt für Hamburg/Schleswig-Holstein, 2017).

Wird dieses Bild mit der Haushaltsstruktur verglichen, wird deutlich, dass besonders in dem bevölkerungsdichten Stadtkern vermehrt Einzelhaushalte bzw. Haushalte mit weniger als 1,6 Personen zu finden sind. Die durchschnittliche Größe der gesamten Hamburger Haushalte liegt bei 1,8 Personen (Statistik Amt Nord, 2017).

Deutlicher wird dies, wenn konkrete Zahlen des Statistischen Amtes für Hamburg und Schleswig-Holstein graphisch gegenübergestellt werden (s. Abbildung 5 und Abbildung 6, s. S. 37).

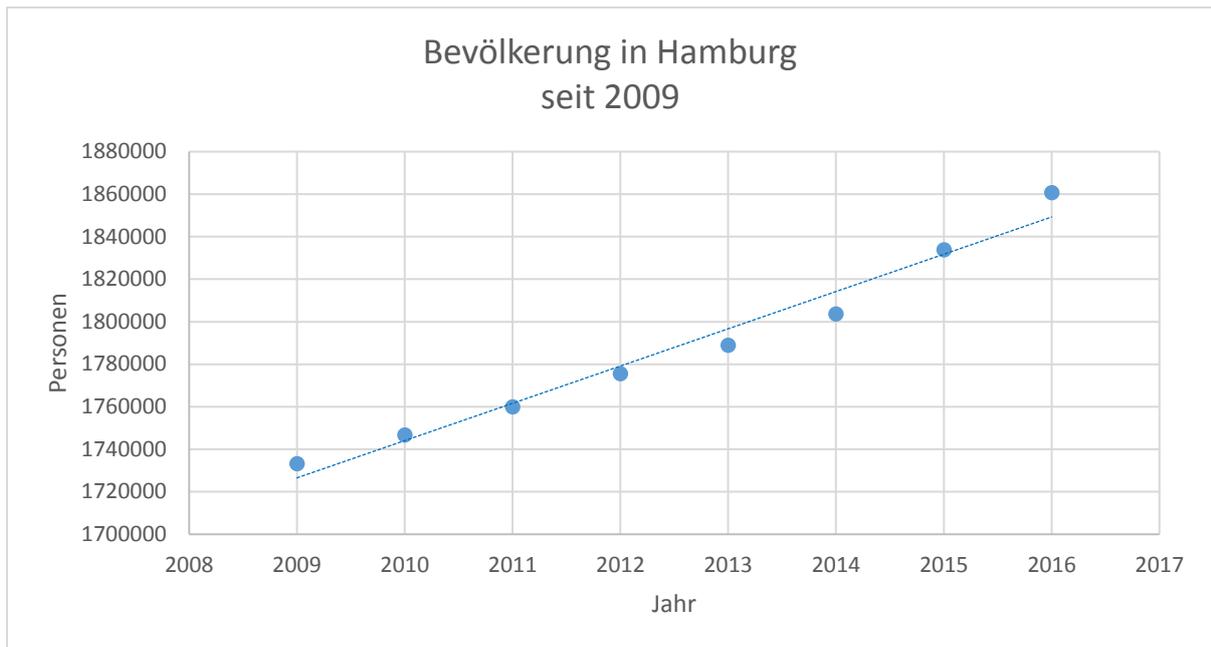


Abbildung 5 Bevölkerungszahlen in Hamburg seit 2006 (Daten: Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein). Die gestrichelte Linie gibt den linearen Trend wieder.

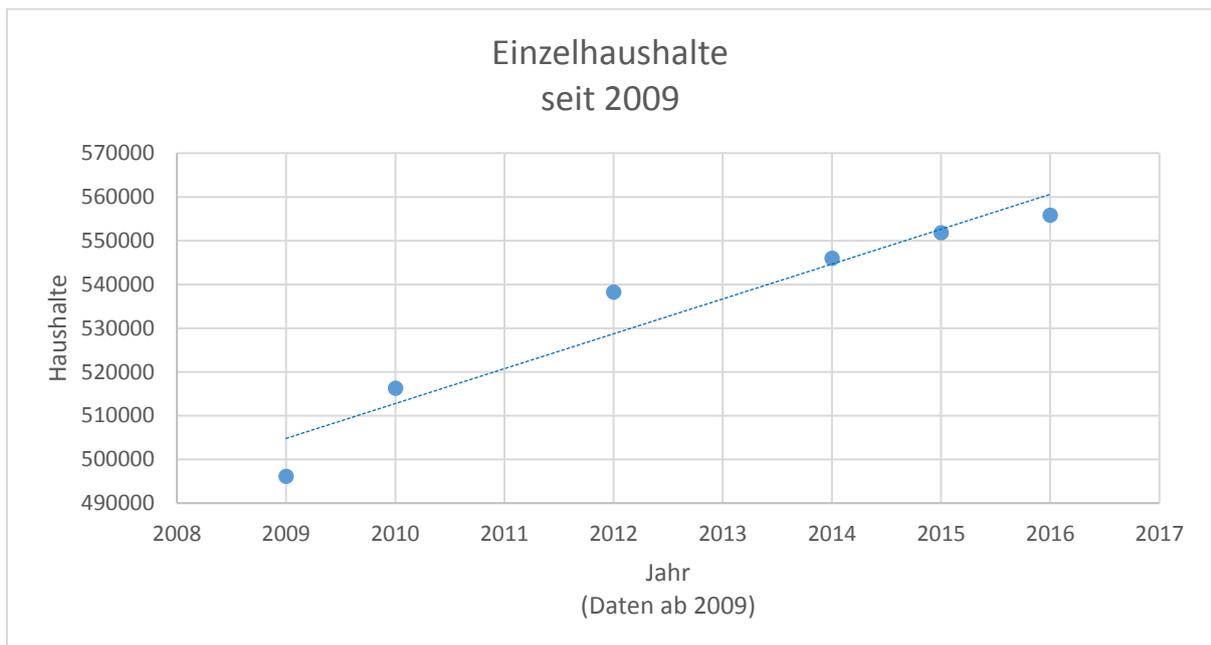


Abbildung 6 Einzelhaushalte in Hamburg seit 2014 (Daten seit 2009 über das Statistische Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein abrufbar, Daten für die Jahre 2011 und 2013 fehlen). Die gestrichelte Linie gibt den linearen Trend wieder.

Die Zahlen zeigen, dass die Bevölkerung stetig wächst und bei einem relativen Anteil von 54 % seit 2009 damit auch die Anzahl gemeldeter Einzelhaushalte.

Eine unzureichende Wohnraumversorgung in Großstädten rechtfertigt die Forderung nach Wohnraum. Aber auch negative Aspekte der urbanen Nachverdichtung sind bei der Stadtentwicklung zu berücksichtigen (Haubold, 1997). Denn neben den Dachaufstockungen bzw. -ausbauten besteht zudem die Option Grünflächen für Bauvorhaben zu verwenden und somit ohnehin begrenzte innerstädtische Erholungsmöglichkeiten zu verringern. Aber vor allem sind gesellschaftliche Nebeneffekte zu berücksichtigen, denn je enger der Raum, auf dem viele Menschen aufeinandertreffen, desto höher wird erwartungsgemäß das Konfliktpotential sein (Haubold, 1997). Auch Eigentumsverhältnisse können einer Nachverdichtung im Weg stehen (Rehn, 2016). Dies ist der Fall, wenn gesetzlich geregelte Abstandsflächen zu Nachbargebäuden nicht eingehalten werden. In dem Bereich des sozialen Wohnungsbaus, in dem überwiegend Wohnungsbaugesellschaften Eigentümer von größeren Gebäuden sind, ist die Idee der Nachverdichtung nicht automatisch die Lösung des Problems. Zwar wäre bereits durch eine Dachaufstockung um ein Stockwerk ein Zugewinn von mehreren Wohnungen zu realisieren, für solche großen Unternehmen scheint dieser Zugewinn jedoch selten lukrativ, da die Abwägung von Kosten und Nutzen kaum Gewinn prognostiziert.

Ein wichtiger Schritt in Bezug auf die Nachverdichtung ist die Änderung des BauGB sowie der Baunutzungsverordnung (BauNVO, Ausfertigungsdatum: 26. Juni 1962, Fassung vom 21. November 2017) in 2017, wodurch eine Mischung aus Wohn- und Nichtwohngebäuden ermöglicht wird. Dabei war das Gebot der Sparsamkeit mit Grund und Boden bereits Bestandteil des BauGB. Zudem hatte, in Bezug auf die Nachhaltigkeit, auch vor der Novellierung von BauGB und BauNVO die Innenentwicklung Vorrang vor der Außenbereichsnutzung einer Stadt (Neumann, 2017). Dieses geltende Recht sollte Nachverdichtungen also durchaus auch in der Vergangenheit gefördert haben. Diese Förderung wurde allerdings durch den Lärmschutz rechtlich erschwert, denn Wohnen und Gewerbe gehören unterschiedlichen Nutzungskategorien an, die sich nach ihrer Schutzbedürftigkeit richten (Neumann, 2017). Gemäß dem Immissionsschutzgesetz mussten demnach unterschiedlich schutzbedürftige Nutzungen getrennt voneinander realisiert werden (Neumann, 2017). Um die Idee von Mischgebieten, in denen Wohnen und Arbeiten zusammengeführt werden, verwirklichen zu können, wurden BauGB und BauNVO, aber auch die „Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ überarbeitet und angepasst (Neumann, 2017). Mit der Novellierung wurde eine neue Baugebietskategorie eingeführt, die

in § 6a BauNVO „Urbane Gebiete“ geregelt wird. So gibt es seit Mai 2017, neben bspw. Dorfgebieten, Industriegebieten, Gewerbegebieten und reinen Wohngebieten, auch urbane Gebiete, in denen eine ungleichwertige Nutzungsmischung möglich ist. Die Verteilung von Wohnen und Gewerbe im Gebäude kann selbst festgesetzt werden (§ 6a Abs. 4 BauNVO), wohingegen die Gewerbenutzungsarten durch § 6a Abs. 2 BauNVO reglementiert sind.

§ 6a BauNVO Urbane Gebiete

(1) Urbane Gebiete dienen dem Wohnen sowie der Unterbringung von Gewerbebetrieben und sozialen, kulturellen und anderen Einrichtungen, die die Wohnnutzung nicht wesentlich stören. Die Nutzungsmischung muss nicht gleichwertig sein.

(2) Zulässig sind

- 1. Wohngebäude,*
- 2. Geschäfts- und Bürogebäude,*
- 3. Einzelhandelsbetriebe, Schank- und Speisewirtschaften sowie Betriebe des Beherbergungsgewerbes,*
- 4. sonstige Gewerbebetriebe,*
- 5. Anlagen für Verwaltungen sowie für kirchliche, kulturelle, soziale, gesundheitliche und sportliche Zwecke.*

(3) Ausnahmsweise können zugelassen werden

- 1. Vergnügungsstätten, soweit sie nicht wegen ihrer Zweckbestimmung oder ihres Umfangs nur in Kerngebieten allgemein zulässig sind,*
- 2. Tankstellen*

[...]

Der nachhaltige Effekt wird jedoch erst dann gegeben sein, wenn neue Bebauungspläne erarbeitet und erlassen werden.

5.3 Nachverdichtung in Hamburg

Für die Freie und Hansestadt Hamburg wurde ein erhebliches Nachverdichtungspotential durch Bernd Dahlgrün und Oliver Dalladas, beide von der HCU Hamburg, aufgezeigt. Dabei handelt es sich zum einen um eine Dissertation zum Thema „Innerstädtische Gebäudeaufstockungen in Hamburg“ und zum anderen um eine Master-Thesis zum Thema „GIS-gestützte Abschätzung des Gebäudeaufstockungspotentials in Hamburg“.

Die Ergebnisse der Master-Thesis von Oliver Dalladas zeigen, dass ca. 75.000 Wohnungen durch eine eingeschossige sowie ca. 225.000 Wohnungen durch eine mehrgeschossige Aufstockung realisiert werden könnten (Dalladas, 2017). Gemäß den städtebaulichen Anforderungen könnten generell Gebäude aufgestockt werden, die nach 1890 und vor 2006 errichtet wurden (Dahlgrün, 2016). Dieser Zeitraum erschließe sich aus den gesetzlichen Grundlagen in Bezug auf die bauordnungsrechtlich geforderten Abstandsflächen zum Nachbargebäude, die derzeit noch nicht vollständig ausgeschöpft wären. Die Schätzungen von Oliver Dalladas beschränken sich auf Gebäude, welche trotz einer Aufstockung die Hochhausgrenze von 22 m OKFF nicht erreichen, Gebäude unter neun Meter Höhe (bspw. Einfamilienhäuser) sowie Gebäude, die mehr als 25 m zur Straßenmitte aufweisen (bspw. Gebäude in Hinterhöfen) (Dalladas, 2017).

Die Dissertation von Bernd Dahlgrün macht aber auch deutlich, dass viele Gebäude in Hamburg eine sehr begrenzte Tragfähigkeit aufweisen (Dahlgrün, 2016). Bei der Planung von Aufstockungen um ein oder sogar zwei Geschosse ist dabei entscheidend, in welchem Jahr die entsprechenden Gebäude errichtet wurden. Dabei zeigt die Dissertation, dass die Tragfähigkeit ab 1928 mit den Jahren abgenommen hat. So wären Altonaer Bauten gem. Bauordnung von 1928 statisch in der Lage eine zweigeschossige Aufstockung tragen zu können, bei Bauten aus den 1950er Jahren wäre eine zusätzliche Belastung durch Aufstockung, ohne eine Verstärkung des Tragwerks, statisch nicht möglich (Dahlgrün, 2016). Aus diesem Grund spielen Leichtbaukonstruktionen eine primäre Rolle.

5.4 Möglichkeiten durch urbanen Holzbau

Nicht nur optische bzw. gestalterische und Nachhaltigkeitsaspekte rechtfertigen den Wunsch Holz auch in höheren Gebäuden verwenden zu dürfen. Insbesondere werden immer wieder statische Vorteile gegenüber Stahlbetonkonstruktionen angebracht. In der Dissertation von Bernd Dahlgrün wurden verschiedene Konstruktionssysteme in Bezug auf eine statische Bewertung miteinander verglichen. Hierbei handelte es sich u. a. um einen Vergleich von Stahlleichtbaukonstruktionen und Referenzkonstruktionen aus Brettsperrholz, letztgenannte dürfen durch die Novellierung der HBauO ab 2018 genutzt werden. Demnach zeigt sich, dass die genannten Stahlleichtbaukonstruktionen ein geringeres Gewicht aufweisen als die Konstruktionen aus Brettsperrholz, sodass aus statischer Sicht durchaus ein Vorteil besteht (Dahlgrün, 2016). Aber auch brandschutztechnisch haben Stahlleichtbaukonstruktionen einen klaren Vorteil gegenüber Konstruktionen aus Holz, da aufgrund der Feuerwiderstandsklassifizierungen nicht von der entsprechend geltenden LBO abgewichen werden muss und somit auf Kompensationsmaßnahmen verzichtet werden kann (Dahlgrün, 2016). Stahlleichtbausysteme bringen jedoch den Nachteil mit sich, dass zurzeit kaum technische Kenntnisse in Bezug auf die Ausführung vorhanden sind und diese Bauweise deshalb wenig verbreitet ist. Somit ist es schwierig, Ingenieure mit fundierten Fachkenntnissen für das Planungsteam gewinnen zu können (Dahlgrün, 2016). Aus diesem Grund sollten Holzkonstruktionen durchaus in Betracht gezogen werden.

Ein erheblicher Vorteil von Holzkonstruktionen ist die vergleichbar kurze Bauzeit, wodurch das knappe Wohnungsangebot in einem kürzeren Zeitraum ausgeglichen werden könnte (Waldenström, 2017). Zudem können Holzkonstruktionen kostengünstig errichtet werden. Waldenström gibt in seiner Master-Thesis, die die ökologischen Vor- und Nachteile von Holz als Baustoff behandelt, ein anschauliches Beispiel aus Stockholm an, indem er die Kosten für die Errichtung eines Gebäudes in Holz- und in Stahlbauweise gegenüberstellt. Zudem wird hier deutlich, dass für die Realisierung des Gebäudes in Holzbauweise, im Vergleich zur konventionellen Bauweise, lediglich $\frac{2}{3}$ der Zeit benötigt wird und der Personaleinsatz um die Hälfte reduziert werden kann (Waldenström, 2017).

5.5 Urbane Nachverdichtung und Brandschutz

Bei der urbanen Nachverdichtung liegt der Fokus primär auf den verwendeten Baustoffen und Bauteilen, da insbesondere Holzkonstruktionen in Betracht gezogen werden und somit die Einbringung von brennbarem Material diskutiert werden muss. Neben der Konstruktion müssen aber auch weitere brandschutztechnisch relevante Faktoren berücksichtigt werden, die evtl. eine Aufstockung, aus Sicht der Feuerwehr, nicht genehmigungsfähig werden lassen können.

Jedes Gebäude muss gem. § 33 MBO über mind. zwei voneinander unabhängige Rettungswege verfügen.

§ 33 MBO Erster und zweiter Rettungsweg

(1) Für Nutzungseinheiten mit mindestens einem Aufenthaltsraum wie Wohnungen [...] müssen in jedem Geschoss mindestens zwei voneinander unabhängige Rettungswege ins Freie vorhanden sein; [...]

(2) Für Nutzungseinheiten nach Absatz 1, die nicht zu ebener Erde liegen, muss der erste Rettungsweg über eine notwendige Treppe führen. Der zweite Rettungsweg kann eine weitere notwendige Treppe oder eine mit Rettungsgeräten der Feuerwehr erreichbare Stelle der Nutzungseinheit sein. Ein zweiter Rettungsweg ist nicht erforderlich, wenn die Rettung über einen sicher erreichbaren Treppenraum möglich ist, in den Feuer und Rauch nicht eindringen kann (Sicherheitstreppenraum). [...]

Zwar sollten alle Bestandsgebäude diese Anforderungen erfüllen, erfolgt jedoch eine Aufstockung, ist die Oberkante des Fertigfußbodens des höchstgelegenen Aufenthaltsraumes, also innerhalb der Dachaufstockung, bei der Betrachtung des zweiten Rettungsweges entscheidend. Dabei werden ab acht Metern Brüstungshöhe des anzuleitenden Fensters oder Balkons bzw. ab Gebäudeklasse 4 Hubrettungsfahrzeuge der Feuerwehr erforderlich, die technische Grenzen aufweisen (vgl. 2.2.1). So können Baumbestände und Parkflächen im öffentlichen Raum den Einsatz derartiger Fahrzeuge beschränken. Zudem ist es nur möglich den zweiten Rettungsweg über Hubrettungsfahrzeuge sicherzustellen, sofern die Hochhausgrenze von 22 m OKFF nicht erreicht wird. Gebäude mit einer Höhe von mehr als 22 m OKFF gelten gem. § 2 Abs. 4

Satz 1 MBO als Sonderbau und unterliegen der Muster-Hochhaus-Richtlinie (M-HHR, Fassung vom April 2008), die bis 60 m Höhe entweder zwei bauliche Rettungswege oder die Herstellung eines Sicherheitstreppenraumes, in den Feuer und Rauch nicht eindringen kann, fordert. Eine Sicherstellung des zweiten Rettungsweges über Hubrettungsfahrzeuge der Feuerwehr wäre somit ausgeschlossen. Die Ertüchtigung eines bestehenden Treppenraumes zum Sicherheitstreppenraum i. d. R. wirtschaftlich und auch konstruktiv kaum realisierbar. Aus diesem Grund wurden Gebäude, die nach der Aufstockung eine Höhe von mehr als 22 m OKFF aufweisen, bei der Betrachtung von Bernd Dahlgrün und Oliver Dalladas nicht berücksichtigt.

Technische Grenzen der Hubrettungsfahrzeuge stehen im Zusammenhang mit der MBO bzw. den LBO und sind zunächst daran bemessen. Die Anschaffung adäquater Fahrzeuge erfolgte also entsprechend der „Richtlinie über die Flächen für die Feuerwehr (Fassung von 2007)“. Gemäß den Herstellern sind weitaus höhere Rettungshöhen realisierbar, diese Fahrzeuge weisen allerdings auch andere Abmessungen auf, wodurch diese Richtlinie in der aktuellen Fassung nicht mehr anwendbar wäre. Diese Anforderungen an die Aufstellflächen für Hubrettungsfahrzeuge sind in Städten, wie Hamburg, teilweise aktuell schwer umzusetzen. Eine Vergrößerung von derartigen Flächen ist schwierig zu erreichen, auch weil der öffentliche Straßenraum begrenzend einwirkt.

Die Freie und Hansestadt Hamburg hat mit einem BPD „Sicherheitstreppenräume in Wohngebäuden“ die Möglichkeit geschaffen, die Anleiterbarkeit durch Hubrettungsfahrzeuge der Feuerwehr zu kompensieren, indem Erleichterungen für die Herstellung eines Sicherheitstreppenraumes in Wohngebäuden erarbeitet wurden. Diese Möglichkeit erleichtert Aufstockungen bis 22 m OKFF, wenn die Sicherstellung des zweiten baulichen Rettungsweges nicht gewährleistet ist. Baulich bedeutet dies, dass bspw. auf eine Schleuse zwischen notwendigen Flur und Sicherheitstreppenraum verzichtet werden kann, die oftmals aus Platzgründen nicht realisierbar ist. Im Gegenzug werden erhöhte Anforderungen an Wohnungstüren sowie Türen zum Treppenraum gestellt, zudem wird Anlagentechnik im Treppenraum, in Form einer Druckbelüftungsanlage, gefordert. Diese steht über Rauchmelder innerhalb der Wohnungen in Verbindung und soll den Eintritt von Rauch verhindern. Zu beachten ist, dass aus Sicht der Feuerwehr bauliche Maßnahmen der Rettung über Rettungsmittel der Feuerwehr vorzuziehen sind.

In Deutschland wird immer mehr über die Notwendigkeit einer Redundanz in Bezug auf den Rettungsweg diskutiert, eine Idee, deren Umsetzung aufgrund fehlender Erkenntnisse und Risikoanalysen in weiter Ferne liegt (Rost, et al., 2017).

6 Novellierung der Hamburgischen Bauordnung

Mit der Novellierung der Baden-Württembergischen Bauordnung in 2015 gelang ein erster Durchbruch für den mehrgeschossigen Holzbau in Deutschland. Die Freie und Hansestadt Hamburg hat sich dazu entschieden, diesen Weg ebenfalls zu bestreiten und mit der Novellierung der HBauO in 2018 die gesetzlichen Rahmenbedingungen für die Massivholzbauweise für Gebäude der Gebäudeklasse 5 zu schaffen.

6.1 Erläuterung der Änderungen in der neuen Hamburgischen Bauordnung

Mit der Novellierung der HBauO in 2018 wird § 24 „Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ wie folgt durch Abs. 3 ergänzt:

§ 24 Abs. 3 HBauO

Bei Gebäuden mit einer Höhe nach § 2 Absatz 3 Satz 2 von bis zu 22 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 200 m² und Brandabschnitten von nicht mehr als 800 m² pro Geschoss sind abweichend von Absatz 2 Satz 3 tragende oder aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, in Massivholzbauweise zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit nachgewiesen wird.

Diese Ergänzung wurde wie folgt begründet:

vollständige Begründung s. Anhang

Bei näherer Betrachtung der Begründung sind einige Reglementierungen in Bezug auf die künftige Möglichkeit zur Verwendung der Massivholzbauweise zu erkennen.

Die Begründung zum § 24 Abs. 3 HBauO erläutert speziell folgende Anforderungen, die sich auf die Parameter, die Einfluss auf ein Brandereignis nehmen, beziehen (vgl. Abschnitt 3.3):

- Ausschließlich Wohn- und sonstige Gebäude bis zur Hochhausgrenze
Gebäude ≤ 22 m OKFF, keine Sonderbauten gem. § 2 Abs. 4 HBauO
- Zellenbauweise
Beschränkung der Größe der Nutzungseinheiten auf $\leq 200\text{m}^2$
- Herstellung von Trennwänden
Brandschutztechnische Abschottung gegen andere Nutzungseinheiten gem. § 27 HBauO; durch die Einbringung von immobilien Brandlasten soll so im Brandfall die Brandausbreitung ausreichend lange begrenzt und die Brandbekämpfung erleichtert werden.
- Brandabschnittsgröße $\leq 800\text{ m}^2$
Gemäß § 28 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2 HBauO beträgt die zulässige Brandabschnittsgröße 1600 m^2 . Mit Hinblick auf das Brandverhalten soll durch die Begrenzung die Brandausbreitung auf benachbarte Gebäude und die Brandbekämpfung beherrschbar bleiben.
- Von der Massivholzbauweise sind ausgenommen
 - Brandwände in Gebäudeklasse 5 (feuerbeständig und aus nicht brennbaren Baustoffen sowie stoßfest)
§ 28 Abs. 3 HBauO
 - Wände notwendiger Treppenträume in Gebäudeklasse 5 (feuerbeständig und aus nicht-brennbaren Baustoffen)
§ 33 Abs. 4 HBauO
- Nachweis der Feuerwiderstandsfähigkeit
Bauordnungsrechtlich geforderte Leistungsmerkmale sind im Einzelfall nachzuweisen, da derzeit die erforderlichen technischen Regeln fehlen. Der Nachweis ist vom Bauherren zu erbringen.

In der Begründung heißt es zudem:

*Mit der Bauart in massiver Holzbauweise soll gewährleistet werden, dass die geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit des jeweiligen Bauteils allein durch eine **monolithische Form** der Wand- oder Deckenscheibe aus Holz bzw. der Holzstütze **ohne Bekleidung** [...] erreicht wird und nicht durch die Kombination mehrerer Elemente eines Bauteils mit Ausbildung von Hohlräumen [...].*

Mit dieser Erleichterung wird die noch für Gebäudeklasse 4 geltende M-HFHolzR für Bauten in Massivholzbauweise hinfällig, da die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung selbst in Gebäudeklasse 5 nicht gefordert wird, sofern im Einzelfall ein Nachweis über die Feuerwiderstandsfähigkeit erbracht wird oder die erforderlichen technischen Regeln vorliegen. Zu beachten ist dabei das die M-HFHolzR weiterhin für Bauvorhaben in anderen Holzbauweisen relevant ist.

Gemäß HBauO sind für die Gebäudeklasse 5 folgende Feuerwiderstandsklassifizierungen sicherzustellen (s. Tabelle 4):

Tabelle 4 Bauteilanforderungen Feuerwiderstand Gebäudeklasse 5

	Feuerwiderstandsklassifizierung	Bemerkungen
Brandwände	F90-A	Unter mechanischer Beanspruchung (M)
Tragende Wände, Stützen	F90	Bekleidungen, Putze, Unterdecken und Dämmstoffe müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Wände und Decken aus brennbaren Baustoffen müssen eine Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen in ausreichender Dicke haben (hier kommt die Änderung des § 24 HBauO zum Tragen).
Trennwände zwischen Nutzungseinheiten	F90	
Decken	F90	
Notwendige Treppen, tragende Teile	F30-A	
Notwendige Treppenträume, Wände	Bauart von Brandwänden	
Notwendige Flure, Wände	F30-A	
Fahrschachtwände	F90-A	

Für diese Anforderungen weist die Änderung der HBauO grundsätzlich keine Erleichterungen für die Massivholzbauweise auf. Das vorhandene Sicherheitsniveau wird somit nicht herabgesetzt, der Nachweis muss entsprechend Tabelle 4 erfolgen.

6.2 Beschreibung der Massivholzbauweise

Um Planungssicherheit gewährleisten zu können, muss zunächst der Begriff „Massivholzbauweise“ näher definiert werden. Das Amt für Bauordnung und Hochbau hat z. Zt. drei Bauweisen

in Betracht gezogen, die jeweils durch einen typischen Aufbau gekennzeichnet sind. In Bezug auf brandschutztechnische Aspekte liegt der Fokus dabei auf den verschiedenen Verbindungen innerhalb der Konstruktionen sowie zwischen den einzelnen Elementen (Ausführungsdetails).

6.2.1 Brettsperrholz

Konstruktionen aus Brettsperrholz bestehen aus vollflächigen, massiven Holzprodukten, die hinsichtlich der möglichen Abmessungen als tragende und aussteifende Bauteile genutzt werden können. Dabei werden diese Bauteile als Wand- bzw. Deckentafeln hergestellt, wodurch viele Vorteile entstehen. So ist durch die Produktion im Werk ein hoher Vorfertigungsgrad gegeben, wodurch eine hohe Passgenauigkeit gewährleistet werden kann, die insbesondere für die Anschlussdetails von Bedeutung ist. Zudem kommt das Holz während des Baus nicht mit Feuchtigkeit in Berührung. Aber auch die Flexibilität in Bezug auf die Abmessungen stellt einen großen Vorteil dar, hier sind primär nur die Begrenzungen, die durch den Transport bedingt sind, zu berücksichtigen (Mestek, et al., 2016). In Bezug auf die Novellierung der HBauO und den Wunsch nach sichtbaren Wand- sowie Deckenelementen aus Holz, stellt Brettsperrholz durch den Lagenaufbau eine dekorative Massivholzbauweise dar (Mestek, et al., 2016).

Für Brettsperrholz wird grundsätzlich Nadelschichtholz bestimmter Sortierklassen verwendet (Mestek, et al., 2016). Die Herstellung erfolgt werkseitig durch Verklebung und anschließendem Verpressen von mind. drei Lagen, die i. d. R. um 90 ° versetzt zueinander stehen, bei besonderen statischen Anforderungen kann die Verklebung von teilweise parallelen Lagen erforderlich sein. Die Anzahl der Lagen richtet sich nach der gewünschten Dicke des gesamten Elements und kann bis zu 500 mm betragen (Mestek, et al., 2016).

Brettsperrholzelemente werden gem. DIN 4102-1:1998-05 in die Klasse B2 bzw. gem. EN 13501-1:2010-01 in die Klasse D-s2,d0 eingestuft (Mestek, et al., 2016). Auch hier sind lt. den Autoren Oberflächenbeschichtungen möglich, um schwerentflammable Bauteile herzustellen. Diese Möglichkeit ist jedoch kritisch zu betrachten, da keine ausreichenden Erkenntnisse bzgl. der Wirkdauer vorhanden sind. Durch die vollflächigen Elemente werden i. d. R. keine Hohlräume innerhalb der Wand- bzw. Deckenkonstruktion ausgebildet, Elementaufbauten mit

Hohlräumen wären jedoch theoretisch durch einen planmäßigen Abstand von Brettern einzelner Lagen möglich (Mestek, et al., 2016).

6.2.2 Brettschichtholz

Eine weitere Möglichkeit um vollflächige und hohlraumfreie Holzkonstruktionen herzustellen bieten Brettschichtholzelemente. Im Gegensatz zum Brettsperrholz werden hier Holzlamellen mit Leim versehen und in der Länge nach aufeinandergeschichtet, die unter Druck aushärten und so miteinander verbunden werden. Durch die Flexibilität der Lamellen vor dem Zusammenfügen, können zudem auch gekrümmte Bauteile hergestellt werden (Müller & Wiegand, 2017). Auch bei diesen Elementen ist ein hoher Vorfertigungsgrad gegeben.

Für die Herstellung von Brettschichtholz werden nach DIN EN 14080:2013-09 zu verwendende Nadelhölzer, primär jedoch Fichtenholz vorgegeben, wobei Splintholz auszuschließen oder zu begrenzen ist (Müller & Wiegand, 2017). In der Regel werden drei, mind. jedoch zwei, Lamellen wie oben beschrieben mit einander verbunden. Je nach Breite des Bauteils wird zwischen Elementen und Dielen differenziert, wobei Elemente eine maximale Breite von 800 mm und Dielen eine maximale Breite von 200 mm aufweisen dürfen. Dabei sollte ein Verhältnis Höhe zu Breite von 10:1 eingehalten werden (Müller & Wiegand, 2017). Der Unterschied liegt in der Ausrichtung der Lamellen: Elemente haben stehende, Dielen liegende Lamellen. Dies ist u. a. auch bei planungsgestalterischen Aspekte zu berücksichtigen. Größere Breiten sind als Verbundquerschnitte realisierbar, bei denen mehrere Brettschichtholzquerschnitte miteinander verklebt werden (Müller & Wiegand, 2017).

Analog zu Brettsperrholz wird Brettschichtholz gem. DIN 4102-1:1998-05 als B2 bzw. gem. DIN EN 13501-1:2010-01 als D-s2,d0 klassifiziert. Unterschiedliche Hersteller, wie bspw. die Firma Hüttemann Holz GmbH & Co. KG, geben sogar an, dass ein Feuerwiderstand von F90-B über die Bemessung der Bauteile möglich ist (o. V., 2007).

6.2.3 Brettstapelbauweise

Ähnlich wie beim Brettschichtholz werden aus aneinandergereihten Brettern vollflächige, massive Holzelemente hergestellt. Dabei werden diese ebenfalls hochkant stehend nebeneinander

angeordnet und miteinander verbunden. Der Unterschied liegt hier in der Art der Verbindung der Bretter, die bei der Brettstapelbauweise mit Nägeln oder Holzdübeln erfolgt, wodurch auf den Einsatz von chemischen Klebstoffen verzichtet wird. Charakteristisch für diese Möglichkeit des massiven Holzbaus sind die Fertigungsoptionen. Geplante Wand- und Deckenelemente können vollständig vorgefertigt aber auch vor Ort zusammengefügt werden. Bei der Herstellung ist strikt auf ein definiertes Nagelbild zu achten, das im Rahmen der statischen Berechnungen erstellt wird (Werner, 1997). Durch diese Bauweise sind ebenfalls Deckenelemente mit großen Spannweiten von bis zu 6 m, sowie eine flexible Grundrissgestaltung möglich (Werner, 1997). In Bezug auf die Gestaltung der Holzoberfläche können auch gestalterische Wünsche umgesetzt werden.

Die Klassifizierung von Brettstapelelementen erfolgt ebenfalls in DIN 4102-1:1998-05 bzw. DIN EN 13501-1:2010-01. Über die Dimensionierung des Querschnitts können hier, lt. Hersteller, Feuerwiderstandsklassifizierungen von F30-B bis hin zu F90-B erreicht werden (o. V., kein Datum).

6.3 Brandschutztechnische Aspekte

Unter Gesichtspunkten der urbanen Nachverdichtung sowie dem Aspekt des ökologischen Bauens überzeugt der Holzbau mit vielen Vorteilen. Brandschutztechnisch müssen im Hinblick auf die Novellierung der HBauO insbesondere die im Abschnitt 3.3 beschriebenen Einflussparameter näher betrachtet werden, um das Risiko bzw. die Einhaltung der Schutzziele gem. § 17 HBauO im Brandfall garantieren zu können. Auch für die Erstellung eines BPD übernehmen diese Aspekte eine tragende Rolle. Neben Baden-Württemberg hat auch die TU München nach Lösungsansätzen für den Holzbau bis zur Hochhausgrenze gesucht, wodurch 2008 im Rahmen des Teilprojekt TP 02 ein Abschlussbericht erarbeitet wurde, der die Brandsicherheit im mehrgeschossigen Holzbau bis einschl. Gebäudeklasse 5 näher betrachtet hat. So entstand bereits ein erster Entwurf einer Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Konstruktionen in Holzbauweise der Gebäudeklassen 4 und 5, die jedoch nicht umge-

setzt wurde. Grundlage dieser Richtlinie war allerdings die Kapselung der Bauteile, wie schon in der M-HFHHolzR.

6.3.1 Einbringung von Brandlasten

Im Bereich des Feuerwehrwesens wird der Begriff der Brandlast nach DIN 14011:2018-01 wie folgt beschrieben:

Wärmeenergie, die bei dem vollständigen Verbrennen aller brennbaren Stoffe in einem Bereich frei werden könnte, einschließlich der Bekleidungen von Wänden, Trennwänden, Böden und Decken.

Diese Definition beinhaltet nicht nur mobile Brandlasten, wie Mobiliar, sondern auch immobile Brandlasten, wie sie bspw. von Wänden ausgehen können, die aus Holz bestehen und nicht gekapselt sind. Im Vergleich zu einer Wand oder Decke aus Stahlbeton stellen derartige Konstruktionen aus Holz somit eine Brandlast dar, die zusätzlich zu den mobilen Brandlasten mit eingebracht wird.

Brandlasten sind bei der brandschutztechnischen Betrachtung von Gebäuden ein wichtiger Punkt, da die Gesamtbrandlast durch die Verwendung brennbarer Baustoffe erhöht wird. Dabei können brennbare Baustoffe zum einen an der Entstehung eines Brandes beteiligt sein, zum anderen können sie an der Brandausbreitung beteiligt sein und darüber hinaus wirksame Löscharbeiten be- oder sogar verhindern. Manche Experten vertreten die Meinung, dass solche vollflächigen, massiven Konstruktionen jedoch nur unwesentlich zur Erhöhung der Brandlast beitragen (Winter, 2001). Inwieweit vollflächige, massive Holzkonstruktionen die Sicherstellung der Schutzziele gem. § 14 MBO gefährden, muss im Zuge von Realbrandversuchen ausgelotet werden. Eine Beschränkung auf einen bestimmten Prozentsatz an holzsichtigen Flächen pro Raum könnte sich dabei durchsetzen.

6.3.2 Ausführungsdetails

Neben dem Aspekt der Einbringung von Brandlasten sind in Bezug auf Ausführungsdetails viele Faktoren noch unbestimmt. Das Amt für Bauordnung und Hochbau hat hierzu Fragestellungen

eingebraucht, die auch für den BPD relevant sein werden, aber auch für den vorbeugenden Brandschutz der Feuerwehr von Interesse sind:

- Raumabschlüsse

Anschlüsse zwischen Wänden und Decken bzw. zwischen einzelnen Wänden

In Rahmen des Teilprojekt 02 der TU München wurden bereits Realbrandversuche durchgeführt und Anforderungen an Anschlüsse von Stützen, Trägern, Wand- und Deckenbauteilen definiert, jedoch liegt der Fokus hier auf der Kapselung der Bauteile. Aus diesem Grund können diese Erkenntnisse nicht vollumfänglich übernommen werden. Somit sind weitergehende Versuche zu der Ausbildung von Raumabschlüssen erforderlich.

- Leitungsdurchführungen

Ausbildung von Brandschutzschotts im massiven Holzbau

In Bezug auf Leitungsdurchführungen könnte die M-HFHolzR hilfreiche Anreize zu der Ausbildung von Brandschutzschotts liefern. Wichtige Hinweise bietet zudem die Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie, die die brandschutztechnischen Anforderungen an Leitungsanlagen, wie bspw. elektrische aber auch Rohrleitungen, regelt. Denn auch wenn auf die Kapselung verzichtet werden soll, müssen Leitungsdurchführungen brandschutztechnisch wirksam verkleidet werden, um die Ausbreitung von Bränden innerhalb dieser Durchführungen auszuschließen. Fraglich ist jedoch, wie Leitungsdurchführungen im massiven Holzbau auszubilden sind. Eine Möglichkeit wäre Installationen innerhalb einer Installationsebene, z. B. in einer Unterdecke, zu führen, also ausschließlich außerhalb der massiven Holzbauteile (Kampmeier, 2012). Möglich ist auch eine Leitungsausführung innerhalb einer vor die Massivholzwand vorgestellten Installationswand (Vorwandinstallation), errichtet aus Metallbau- oder Holzbauständer, bekleidet mit Gipskartonplatten. Dies hätte jedoch zur Folge, dass das Deckenelement nicht mehr sichtbar wäre.

- Rauchdichtigkeit

Bauteilbedingte Fugenbildung und evtl. Toxizität des Klebstoffs ausgehend vom Brettsperrholz und Brettschichtholz

Im Allgemeinen sind Massivholzbauteile als rauchdicht anzusehen (Kampmeier, 2012). Bauteilbedingt lässt jedoch die unter Abschnitt 6.2.3 vorgestellte Brettstapelbauweise eine gewisse

Fugenbildung zu. Im Allgemeinen müssen bei der Fertigung durchgehende Bauteilfugen ausgeschlossen werden, da ansonsten Rauchgase ungehindert das Bauteil durchdringen können. Bei Konstruktionen aus Brettstapelelementen wird infolgedessen eine einseitige Bekleidung empfohlen, was jedoch nicht den Möglichkeiten der neuen HBauO entsprechen würde (Werner, 1997). Des Weiteren muss bei der Betrachtung von Brettsper Holz und Brettschichtholz das Verbindungsmittel in Form von Klebstoff berücksichtigt werden, der bei 40 mm dicken Lamellen einen Anteil von ca. 0,3 bis 0,5 % einnimmt (Müller & Wiegand, 2017). Hierbei sollten Tragfähigkeit und Toxizität bei Hitzebeaufschlagung hinterfragt werden. Klebstoff für bauliche Zwecke werden in der DIN EN 1995-1-2:2010-12 geregelt. In dieser wird jedoch nur darauf eingegangen, dass

Durch Klebstoffe für bauliche Zwecke [...] Verbindungen herstellbar sein [müssen], die eine ausreichende Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Klebfuge während der maßgebenden Feuerwiderstandsdauer gewährleisten.

Zudem erfolgt eine Anmerkung, dass einige Klebstoffe eine Erweichungstemperatur aufweisen, die unter der Verkohlungstemperatur des Holzes liegt. Der Einsatz derartiger Klebstoffe sollte kritisch hinterfragt werden. Brandversuche mit Brettsper Holz sowie Brettschichtholz haben bereits stattgefunden, bei denen die Verklebung genauer betrachtet wurde. Dabei wurde deutlich, dass bspw. Deckenelemente aus Brettsper Holz infolge eines einseitigen Normbrandes ein Ablösen einzelner Schichten aufzeigten, wodurch ein höherer Abbrand entstand. Im Vergleich zu Wandelementen zeigten die vertikalen Elemente diese Brandeigenschaft nicht (Klippel & Frangi, 2012). Auch bei Versuchen mit Brettschichtholz wurde eine starke Verminderung der Klebstofffestigkeit bei Hitzebeaufschlagung festgestellt. Dabei ist jedoch das Versagen der Klebstofffugen nicht ausschlaggebend für ein Bauteilversagen (Klippel & Frangi, 2012). Beide Holzbaueisen verwenden u. a. den Einkomponenten-Polyurethanklebstoff (PUR), dessen chemischen Zusammensetzung maßgebend für das thermische Verhalten ist. Somit können keine pauschalisierten Aussagen über Einkomponenten-Polyurethanklebstoffe getroffen werden, wodurch anwendungsbezogene Beurteilungen nötig werden (Klippel & Frangi, 2012). Grundsätzlich kann bei der Verbrennung, neben anderen gefährlichen Verbrennungsprodukten, Cyanwasserstoff entstehen (Beispielhaftes Sicherheitsdatenblatt: Polyurethan-Klebstoffe für

bauliche Holzverklebungen der Firma COVESTRO, DESMODUR E 2190 X, SDB 1907/2006 (o. V., 2016a)).

Zu diesen drei Themengebieten fehlen derzeit Erkenntnisse, die eine einheitliche Genehmigungssituation erschweren und in einem BPD abschließend geklärt werden müssen. Somit sind nicht nur technische Regeln für den Feuerwiderstand der tragenden und aussteifenden Bauteile, sondern auch Ausführungsdetails erforderlich.

6.3.3 Brandüberschlag im Bereich von Fassaden

Der Fassadenbrand des Londoner Grenfell Tower hat, auch wenn es kein Gebäude in Holzbauweise ist, gezeigt, dass insbesondere Fassadenbrände ein hohes Risiko darstellen können, da die Brandausbreitung über mehrere Geschosse möglich ist, wenn brennbare Baustoffe in der Fassadenkonstruktion verwendet werden. Aus diesem Grund ist es notwendig entsprechende Brandschutzmaßnahmen in der MBO bzw. in den LBO festzulegen. Regelungen über Außenwände sind in § 26 HBauO zu finden:

§ 26 HBauO Außenwände

(1) Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lange begrenzt ist.

[...]

(3) Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwer entflammbar sein; [...]

Holz kann damit auch in Gebäudeklasse 5 für Fassaden verwendet werden, wenn der Brandausbreitung über mehrere Geschosse vorgebeugt wird. Dies ist jedoch nur theoretisch möglich, da bislang kein witterungsbeständiges Produkt erhältlich ist, das dauerhaft B1-Anforderungen sicherstellt. Grundsätzlich wird diese Aussage auf zwei Geschosse oberhalb der Brandetage begrenzt (Kolb, 2013). Auch wenn Fassaden nicht raumabschließend sind, ist hier das Verwenden

von Holz als Einbringung von Brandlasten zu verstehen (Kolb, 2013). Im Gegensatz zu den anderen genannten brandschutztechnischen Aspekten gibt es bereits konstruktive Möglichkeiten, das Schutzziel sicherzustellen. Demnach ist der horizontale Brandschutz im Fassadenbereich unerlässlich. Im Allgemeinen ist je Geschoss eine Brandschutzmaßnahme erforderlich, die sich über die gesamte Fassadenbreite erstreckt ohne dabei durch Öffnungsflächen unterbrochen zu werden (Winter & Merk, 2008).

Die konstruktive Ausführung von solchen Maßnahmen kann mittels Schürzen bzw. Brandsperren aus Stahlblech, mineralisch gebundenen Holzwerkstoffen, Holz oder Holzwerkstoffen erfolgen.

6.3.4 Anlagentechnischer Brandschutz als Lösung

Werden im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens Abweichungen von der HBauO beantragt, stellen anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen eine gute Kompensationsmöglichkeit dar. Dabei können verschiedene Maßnahmen zur

- Detektion und Meldung von Bränden
Brandmeldeanlagen
- Behinderung der Brandausbreitung
Löschanlagen
- Unterstützung abwehrenden Brandschutzes
Druckbelüftung der notwendigen Treppenträume

zum Einsatz kommen. Neben einer zeitnahen Erkennung eines Brandes durch Rauchmelder können auch Maßnahmen zur Behinderung der Brandausbreitung, z. B. im Rahmen einer Sprinklerung, in die Brandschutzplanung mit aufgenommen werden. In Wohngebäuden ist die Wahl einer Löschanlage in Form einer Sprinklerung möglich, jedoch in Deutschland eher unüblich. Dabei gibt es bereits innovative Systeme für Wohngebäude, die durch Vernebelung des Löschmittels „Wasser“ in feinste Tröpfchen mit einer vergleichsweise niedrigen Menge auskommen. Auch Fehlalarme werden mit neuen Systemen und eingeplanten Redundanzen auf ein Minimum reduziert. So wird bspw. in Schweden die max. Geschossanzahl von 2 auf 8 Geschosse erhöht, sofern eine Sprinkleranlage vorgesehen ist (Gerard, et al., 2013).

Die Installation von Rauchwarnmeldern ist in Deutschland für alle Neubauten seit einigen Jahren verpflichtend, für Bestandsgebäude gilt eine Übergangsfrist, die noch nicht in allen Bundesländern abgelaufen ist. In Hamburg wird diese Pflicht durch den § 45 HBauO geregelt und gilt für jede Form der Wohnnutzung. Mit Hinblick auf den möglichen Rauchgasdurchtritt durch die Raumabschlüsse, aber auch durch die Massivholzelemente selbst, wäre eine Installation von Rauchmeldern (bspw. innerhalb eines Geschosses oder alle umliegenden Nutzungseinheiten) in Verbindung mit einer Brandmeldeanlage eine effektive Möglichkeit, um eine zeitnahe Detektion zu gewährleisten sowie Mieter bzw. Eigentümer rechtzeitig zu warnen. Eine Vernetzung von Rauchwarnmeldern über mehrere Nutzungseinheiten wäre ebenfalls möglich, dies ist in Hamburg jedoch nicht vorgesehen. Diese sollen ausschließlich eine Weckfunktion innerhalb einer Nutzungseinheit übernehmen.

In dem bereits benannten Teilprojekt TP 02 der TU München mit dem Entwurf einer neuen Muster-Richtlinie wurden bspw. Rauchmelder, Brandmeldeanlagen sowie Sprinkleranlagen als regelhafte Zusatzmaßnahmen gefordert (Winter & Merk, 2008). Zu beachten ist allerdings, dass anlagentechnischer Brandschutz allgemein mit hohen Anschaffungs- und auch Wartungskosten verbunden ist. Zudem sind diese Maßnahmen besonders in Bestandsgebäude, also auch bei der Nachverdichtung durch Dachaufstockungen, oftmals nur mit nicht unerheblichem Aufwand zu realisieren. Im sozialen Wohnungsbau wären solche Maßnahmen kaum umsetzbar.

Derzeit könnten derartige anlagentechnische Maßnahmen nur bei Abweichungen vom § 69 HBauO (analog § 67 MBO, vgl. Abschnitt 2.2.4) im Baugenehmigungsverfahren gefordert werden.

6.4 Notwendigkeit eines Bauprüfdienstes in Hamburg

Das Land Baden-Württemberg zeigt, dass in der Praxis nur wenige Bauanträge in Bezug auf die neue Regelung gestellt werden. Dies resultiert daraus, dass die erforderlichen technischen Regeln seit der Gesetzesänderung in 2015 fehlen. Auch mit der Novellierung der HBauO in 2018, also ca. drei Jahre nach der Novellierung in Baden-Württemberg, werden diese zunächst noch nicht vorliegen. Um das Vorhaben voranzubringen, wurde durch das Land Baden-Württemberg

ein Forschungsauftrag an die Hochschule Rottenburg vergeben, mit dem Ziel Regeldetails sowie einen Bauteilkatalog und eine Holzbaurichtlinie zu erarbeiten. Beteiligt werden hierbei zudem die TU München und die Hochschule Magdeburg-Stendal. Bereits im Frühjahr 2018 werden die ersten Ergebnisse erwartet. Auch ein wissenschaftlicher Nachweis wird durch die TU München und die TU Braunschweig geführt. Dieses Vorhaben wird jedoch noch Zeit in Anspruch nehmen. Bis dahin bleibt die Problematik der gebäudespezifischen Nachweise bestehen, was insbesondere Pläne im Bereich des sozialen Wohnungsbaus betreffen wird.

Aus brandschutztechnischer Sicht sind Vorhaben in Holzbauweise aufgrund fehlender Erfahrungswerte weitgehend kritisch zu betrachten. Für die regelhafte Umsetzung reicht die Änderung bzw. die Ergänzung des § 24 HBauO nicht aus. Die Erarbeitung eines BPD für mehrgeschossige Bauten in Massivholzbauweise in Hamburg scheint also unabdingbar, auch weil der signifikante Aspekt der günstigen Mieten infolge kostengünstigen Bauens durch die Befürworter genannt wird.

7 Europäischer Vergleich – Die Schweiz

Die Baugesetzgebung erfolgt in der Schweiz, ähnlich wie in Deutschland, über kantonale Ausführungsgesetze, die in Anlehnung an das Bundesgesetz zur Raumplanung durch jedes Kanton erstellt werden. Der Unterschied zum deutschen Bauordnungssystem liegt in Bezug auf den Brandschutz in dem Vorhandensein einer s. g. Feuerpolizei, die für alle Brandschutzthemen zuständig ist. Die gesetzliche Grundlage stellt dabei das Gesetz über die Feuerpolizei und das Feuerwehrewesen vom 24. September 1978 dar, welches u. a. die Aufgaben der Feuerpolizei definiert. Dies sind unter anderem:

- Sicherstellung der Fluchtwege (§ 1)
- Überwachung des Vollzugs der Feuerpolizeivorschriften (§ 6)
- Kontrolle von Bauten und Anlagen mit erhöhtem Brandrisiko (§ 6)
- Zulassung neuer Baustoffe, Bauelemente, Bauteile (§ 9)
- Beratung von Gemeinden und Privaten in Angelegenheiten des Brandschutzes (§ 10)

Die Zuständigkeit liegt demnach nicht bei den Baubehörden oder den Feuerwehren, sondern bei den Gebäudeversicherungsanstalten.

§ 5

Die Kantonale Feuerpolizei wird durch die Gebäudeversicherungsanstalt ausgeübt.

Der Brandschutz in der Schweiz wird für sämtliche Kantone (außer Basel-Stadt) durch die Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen geregelt, die Brandschutzvorschriften, -normen und -richtlinien erarbeitet. Insbesondere die Brandschutzvorschriften sind dabei für alle Kantone rechtsverbindlich und enthalten brandschutztechnische Anforderungen, die in Deutschland durch die LBO abgedeckt werden (Mosa, et al., 2015). Sie beinhalten den aktuellen Stand der Technik sowie aktualisierte europäische Normungen (Wiederkehr, 2014).

Bereits im Jahr 2003 wurden infolge der Novellierung der Brandschutzvorschriften der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen Holzbauten bis sechs Geschosse für bestimmte Nutzungen, wie Wohnen, Schule und Büro zulässig (Wiederkehr, 2014). Zunächst abweichend zu Deutschland wurden in der Schweiz die Gebäudeklassen anhand der Anzahl der Geschosse eingestuft. Seit 2015 ist jedoch nicht mehr die Anzahl der Geschosse für brandschutztechnisch Anforderungen relevant, sondern die Gebäudegeometrie. Ähnlich wie die in Deutschland üblich erfolgt aktuell eine Klassifizierung der Gebäude nach der Höhe, jedoch sind hier nur drei Kategorien vorgesehen (Wiederkehr, 2014):

- Gebäude geringer Höhe (bis 11 m Gesamthöhe)
- Gebäude mittlerer Höhe (bis 30 m Gesamthöhe)
- Hochhäuser (mit mehr als 30 m Gesamthöhe)

An diese drei Kategorien und die jeweilige Nutzungsart sind Anforderungen an Tragwerke sowie Brandabschnitte geknüpft. So ist es bei Gebäuden geringer Höher sowie Gebäuden mittlerer Höhe bei allen Nutzungsarten möglich tragende und brandabschnittsbildende Bauteile aus brennbaren Bauteilen herzustellen. Auch in Hochhäusern ist die Verwendung von Bauteilen mit Holzanteil möglich, sofern der Feuerwiderstand F90 sichergestellt wird (Wiederkehr, 2014). Die geforderte Feuerwiderstandsklassifizierung derartiger Bauteile wird allgemein in Tabellen dargestellt, die zwischen Tragwerk und brandabschnittsbildende Bauteile sowie Nutzungsart differenzieren. Zudem können Erleichterungen infolge anlagentechnischer Brandschutzmaßnahmen gewährt werden. Hierzu zählt primär die Installation einer Sprinkleranlage, wodurch der Feuerwiderstand bestimmter Bauteile um 30 min reduziert werden kann. Somit existieren in der Schweiz aktuell keine Einschränkungen für Gebäude aus Holz (Wiederkehr, 2014).

Eine weitere Besonderheit ist durch die Technische Auskunft der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen gegeben. Ähnlich wie die Bauregelliste, enthält diese Bauprodukte, für die bereits brandschutztechnisch relevante Dokumente und Nachweise erbracht wurden. Ein weiterer Nachweis durch den Bauherren ist somit nicht nötig. Zudem wird diese Auskunft im allgemein zugänglichen Brandschutzregister publiziert, das Angaben zu Bauprodukten bereitstellt und Anwendungsmöglichkeiten unter geltenden Brandschutzvorschriften beinhaltet (o. V., 2016b). Zu den Angeboten bzw. der aktuell rechtsverbindlichen Brandschutzvorschrift von 2015 der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen wurde mit der Einführung der ersten

rechtsverbindlichen Brandschutzvorschrift im Jahr 2005 die Herausgabe von s. g. LIGNUM-Dokumentationen eingeführt, die nur den aktuellen Stand der Technik, sondern vor allem auch den Stand der Erkenntnisse widerspiegelt. Für die Erarbeitung und Herausgabe ist die Organisation der Schweizer Holzwirtschaft LIGNUM verantwortlich (Winter & Merk, 2008). Besonders diese Dokumentationen können, auf die deutschen Vorgaben abgeleitet, einen erheblichen Beitrag zu den Fragestellungen in Deutschland beitragen.

Dass die Schweiz im Bereich des Holzbaus neue Maßstäbe setzt, zeigt der Bau eines Parkhauses in Holzbauweise, das ohne jegliche Anforderungen an den Brandschutz genehmigt wurde. Mit der Fertigstellung in 2018 sollen ca. 2.000 Fahrzeuge in dem neuen Parkhaus Platz finden. Ein ähnlicher Aspekt, wie bei der urbanen Nachverdichtung in Hamburg durch Dachaufstockungen, rechtfertigt hier den Einsatz von Holz, denn aufgrund des hohen Grundwasserspiegels war eine leichte Konstruktion notwendig, um das Vorhaben realisieren zu können. Dabei werden insgesamt drei Parkebenen mit einer Ausdehnung von je 51 x 165 m mit tragenden Bauteilen aus Holz ausgebildet, wobei die Deckenelemente aus Brettsper Holz hergestellt wurden. Insgesamt wurden 1.100 m³ Brettschichtholz, 3.400 m³ Brettsper Holzplatten sowie 30 m³ Buchenholz verbaut (sda, 2017).

Weiterführende brandschutztechnische Anforderungen, wie bspw. eine Sprinklerung oder Brandwände, sind hier aufgrund der Novellierung der Brandschutzvorschrift in 2015 sowie der Konstruktion nicht nötig. In Bezug auf den Brandschutz sind derartige Projekte in Deutschland derzeit nicht möglich (sda, 2017).

8 Auswertung

Für die brandschutztechnische Auswertung des Potentials, das von der Novellierung der HBauO in Bezug auf den Holzbau ausgeht, werden die Stärken und Schwächen sowie die Chancen und Risiken mithilfe einer SWOT-Matrix analysiert. Dabei berücksichtigt die Stärken-Schwächen-Analyse interne Faktoren und stellt den IST-Zustand dar. Hier übernimmt die Novellierung der HBauO eine primäre Rolle, da ohne diese präskriptiven Vorschriften der Einsatz von brennbaren Baustoffen in Gebäuden der Gebäudeklasse 5 nicht möglich wäre. Die Chancen-Risiko-Analyse beinhaltet externe Rahmenbedingungen, die durch die Behörden nicht zu beeinflussen sind. Ziel soll es langfristig sein, die Nachverdichtung in Hamburg zu fördern und diese Bauweise in das Stadtbild zu integrieren. Dabei müssen sich Bauvorhaben nicht ausschließlich auf Dachaufstockungen beschränken, auch im Bereich von Neubauten existiert durch den Einsatz von Holz ein erhebliches Potential.

Für die Sicherheitsbetrachtung über die Verwendung von Vollholzprodukten in Wohngebäuden der Gebäudeklasse 5 wurden folgende Faktoren herausgearbeitet:

Interne Sichtweise

Stärken

- Rahmenbedingungen durch die Änderung des § 24 HBauO und die dazu ausgearbeitete Begründung
- Rahmenbedingungen zur Sicherstellung der Rettungswege durch die Feuerwehr
- Erfahrungsaustausch mit der Schweiz möglich

Schwächen

- Fehlende Präzision der Rahmenbedingungen
- Unzureichende Erfahrungen in Bezug auf Ausführungsdetails

Externe Sichtweise

Chancen

- Gewinnung von Wohnraum
- Preiswerte Mieten
- Kurze Bauzeiten
- Kostengünstiges Bauen
- Flexibilität bei der Grundrissgestaltung
- Bauphysikalische Aspekte
- Leichte Konstruktionen

Risiken

- Einbringung von zusätzlichen Brandlasten
- Fehlerhafte Ausführung bei der Errichtung
- Brandverhalten bei Bauteilen mit Brandschutzbeschichtung
- Sicherstellung der Schutzziele gem. § 14 MBO

Stärken

Rahmenbedingungen, die seitens der Feuerwehr aber auch durch die Begründung zum § 24 Abs. 3 HBauO vorgegeben sind, lassen eine genehmigungsfähige Situation zu und sollen die Einhaltung der Schutzziele gem. § 17 HBauO sicherstellen (vgl. Abschnitt 6).

Die Schweiz hat mit der Novellierung der Bauverordnung in 2015 sowie durch die LIGNUM-Dokumentationen einen erheblichen Fortschritt im Bereich des Holzmassivbaus erlangt. Die in Abschnitt 7 erläuterten Erkenntnisse und auch Erfahrungen können in auf das deutsche Bauordnungssystem abgeleiteter Form Anwendung finden.

Schwächen

Um Bauvorhaben regelhaft genehmigen zu können, bedarf es einer Präzision der gesetzlichen Rahmenbedingungen durch einen BPD. Die Situation in Baden-Württemberg hat gezeigt, dass ohne konkrete Ausführungsdetails Gebäude in massiver Holzbauweise kaum realisiert werden, da hohe Kosten für notwendige Nachweise einer Umsetzung im Weg stehen. Insbesondere für den Bereich des sozialen Wohnungsbaus wäre dies wohlmöglich nicht umsetzbar.

Mit der Erarbeitung des neuen Gesetzestextes der HBauO traten Fragen und Anmerkungen zu den unterschiedlichen Bauweisen, die Verbindung dieser mittels Klebstoffen und zu konstruktiven Themen, wie bspw. Raumabschluss, Ausbildung von Wand- und Deckenanschlüssen sowie zu Leitungsdurchführungen auf (vgl. Abschnitt 6.3). Zudem muss auch auf die Hohlraumbildung eingegangen werden, die ggf. aus den Anschlüssen selbst resultieren. Hier muss der Begriff „Hohlraum“ definiert werden, um festzulegen, ab welchen Abmessungen ein Hohlraum vorliegt. Um eine allgemeingültige Lösung zu finden und somit Ausführungsdetails für einen BPD festlegen zu können, muss Forschungsarbeit auf Basis von der Auswertung von Brandereignissen und Realbrandversuchen geleistet werden.

Chancen

Durch die Möglichkeit der urbanen Nachverdichtung auf Grundlage des § 24 Abs. 3 HBauO kann ein erheblicher Zuwachs von Wohnraum realisiert werden, der auch eine Anpassung der Mietpreise verspricht. Zu berücksichtigen ist hier, dass bis 2007 lediglich 2 % der Mehrfamilienhäuser in Deutschland in Holzbauweise errichtet wurden (Mahapatra & Gustavsson, 2009). Dieser, bis 2007 konstante Wert, kann im Vergleich zu konventionellen Bauweisen, wie Stahl oder Beton, durch die bauordnungsrechtlichen Vorgaben deutlich erhöht werden.

Der hohe Vorfertigungsgrad der in Abschnitt 6.2 beschriebenen Massivholzbauweisen ermöglicht kurze Bauzeiten, da die Bauteile witterungsunabhängig im Werk präzise vorgefertigt werden können. Zusätzlich ist mit günstigeren Baukosten zu rechnen, auch weil Personalkosten gesenkt werden können, da im Vergleich zur Errichtung von Konstruktionen aus Stahl ein niedriger Personalansatz erforderlich ist (Waldenström, 2017). Durch die geometrischen Elemente ist zudem eine flexible Grundrissgestaltung möglich. Die industrielle Fertigung zeigt weitere positive Aspekte, wie bspw. Effizienz und die Senkung von Fertigungskosten infolge des Entwicklungspotentials von Holzkonstruktionen (Mahapatra & Gustavsson, 2009). Auch bauphysikalisch kann dies von Vorteil sein, da durch die Produktion im Werk weniger Feuchtigkeit in das Gebäude eingebracht wird.

Bauphysikalische Aspekte, wie bspw. das Raumklima und die Raumluftfeuchte, aber auch die Nachhaltigkeit rechtfertigen den Einsatz von Holz als Baustoff. Hier kann auch Bezug auf die

Vorfertigung und die damit verbundene geminderte Einbringung von Feuchtigkeit genommen werden.

Die begrenzte Tragfähigkeit von Bestandgebäuden in Hamburg lässt überwiegend nur leichte Konstruktionen zu, die mit Holz optimal umgesetzt werden können. Wie in Abschnitt 5.4 dargestellt, sind Alternativen derzeit nicht gegeben. Stahlleichtbaukonstruktionen als Tragwerke sind zwar effizient, haben sich aufgrund der Komplexität aber nicht durchsetzen können und werden infolgedessen nicht konkurrenzfähig sein (Dahlgrün, 2016).

Generell wird im Bereich des Holzbaus ein enormes Entwicklungspotential deutlich (Mahapatra & Gustavsson, 2009). Dabei hat man sich auch in Deutschland bereits mit der Möglichkeit des Einsatzes von Holz in höheren Gebäuden auseinandergesetzt, wie das Teilprojekt 02 von der TU München zeigt.

Risiken

Mit dem Verwenden von Bauteilen aus Massivholz wird die Brandlast im Raum erhöht. Einflussparameter auf einen Brand, die in Abschnitt 3.3 vorgestellt wurden, sind bei der Sicherheitsbetrachtung zu berücksichtigen.

Ein weiteres Risiko stellt die fehlerhafte Ausführung von Anschlussdetails dar. Bei nicht korrekter Ausführung der Konstruktionen kann insbesondere der Rauchgasdurchtritt gegeben sein.

Bei der Zulassung von Bauteilen, die eine erforderliche Verbesserung des Brandverhaltens durch Brandschutzbeschichtungen bzw. –anstriche aufweisen, sind die Haltbarkeit sowie der Aufwand für eine Erneuerung der Beschichtung bedeutend.

Eine fehlerhafte Ausführung der Konstruktionen sowie das Brandverhalten der Bauteile, sofern dieses mit Brandschutzbeschichtungen nachgewiesen wurde, kann nicht nur für die Nutzer im Brandfall problematisch werden. Hier wird die Fachbauleitung Brandschutz zur Überwachung der korrekten Ausführung der Konstruktionsdetails erforderlich. Auch aus Sicht der Feuerwehr

und insbesondere für den abwehrenden Brandschutz wäre dies im Einsatzfall nachteilig. Im Allgemeinen kann somit die Sicherstellung der Schutzzeile gem. § 17 HBauO infrage gestellt werden.

Ziel ist es, Handlungsempfehlungen abzuleiten, um das Vorhaben unter Berücksichtigung der Sicherheitsbetrachtung durch die Feuerwehr sowie unter Gesichtspunkten des Baugenehmigungsverfahrens zu bewerten. Dabei sollten Stärken-Chancen-Kombinationen maximiert und Schwächen-Risiken-Kombinationen minimiert werden. Für einen optimalen Überblick werden die Ergebnisse in Tabelle 5 (s. S. 68 und S. 69) in Form einer Matrix zusammengestellt.

Stärken-Chancen

Um die Nachverdichtung in Hamburg durch Dachaufstockungen/-ausbauten bzw. Neubauten sowie ein innovatives bzw. nachhaltiges Bauen zu fördern, wurden durch die Novellierung der HBauO Rahmenbedingungen geschaffen, die eine effiziente Umsetzung ermöglichen. Durch diese soll auch Wohnraum zu moderaten Mietpreisen geschaffen werden. Kurze Bauzeiten und flexible Grundrissgestaltungsmöglichkeiten werden sich dabei positiv auf die Investitionsbereitschaft der Bauherren auswirken.

Der behördenübergreifende Austausch mit der Schweiz kann dazu beitragen, dass leichte Konstruktionen aus Holz umgesetzt werden können. Dieser Erfahrungsaustausch, im Hinblick auf den Brandschutz, kann zu einer Etablierung der Holzbauweise in Deutschland beitragen. Aber auch nationale Forschungsansätze in Bezug auf den Holzbau in Gebäudeklasse 5 sind seit einigen Jahren vorhanden und zu berücksichtigen.

Stärken-Risiken

Neben den Rahmenbedingungen, die durch die HBauO festgelegt sind, muss berücksichtigt werden, dass durch die Bauteile immobile Brandlasten zu den nutzungsbedingten mobilen Brandlasten in das Gebäude eingebracht werden. Zudem sind fehlerhafte Ausführungen nicht auszuschließen.

Durch die Rahmenbedingungen, die mit dem § 24 Abs. 3 HBauO einhergehen, wird zwar ein Nachweis über das Brandverhalten der Bauteile gefordert, sollte dieser jedoch mithilfe von Brandschutzbeschichtungen hergestellt werden, ist derzeit unklar, wie der Erhalt sichergestellt wird und ob auch dies nachgewiesen werden muss.

Unabhängig von der Novellierung der HBauO bestehen Anforderungen an die Sicherstellung des ersten sowie des zweiten Rettungsweges. Auch seitens der Feuerwehr sind Bedingungen gegeben, die in diesem Fall speziell den zweiten Rettungsweg betreffen. Können diese durch eine Aufstockung oder Ausbau nicht eingehalten werden, sind derartige Bauvorhaben nicht zu genehmigen. Dies gilt für alle Gebäude und ist nicht auf die Massivholzbauweise beschränkt.

Schwächen-Chancen

Aufgrund des fehlenden BPD in Hamburg und den nicht vorhandenen technischen Regeln werden Nachweise in Bezug auf den Feuerwiderstand bei der Beantragung von Bauanträgen erforderlich. Die damit verbundenen finanziellen Mehraufwendungen werden die Umsetzung vor allem im sozialen Wohnungsbau erschweren. Das Argument der preiswerten Mieten kann somit zunächst infrage gestellt werden.

Unzureichende Erfahrungen im Bereich der Ausführungs- bzw. Anschlussdetails werden mithilfe von Forschungsvorhaben und Erfahrungen aus anderen Ländern gemindert. Der Brand des Penthouses auf dem Hochbunker in Hamburg (vgl. Abschnitt 5.1) und die Problematik der Löschbarkeit von Dämmmaterialien hat gezeigt, dass auch hier Forschungsbedarf besteht.

Schwächen-Risiken

Durch die mangelnde Erfahrung im Bereich der Konstruktionsausführungen sowie des fehlenden BPD wird die Beurteilung der geplanten Ausführungen im Genehmigungsprozess schwierig werden.

In Bezug auf eine Schwächen-Risiken-Kombination stellt die Sicherstellung der Schutzziele (gem. § 17 HBauO):

*Ausbreitung von Feuer und Rauch verhindern,
Rettung von Menschen und Tieren ermöglichen
und
Wirksame Löscharbeiten ermöglichen*

ein großes Hindernis dar, die bei der Genehmigung berücksichtigt werden muss.

Tabelle 5 SWOT-Analyse

SWOT Analyse		Interne Sichtweise	
		Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
Externe Sichtweise	Chancen (Opportunities)	<p>Rahmenbedingungen durch die Novellierung der HBauO erhöhen die Möglichkeiten in Bezug auf die urbane Nachverdichtung. Kurze Bauzeiten und flexible Gestaltungsmöglichkeiten werden sich auf die Investitionsbereitschaft auswirken.</p> <p>Deutschland kann durch einen Erfahrungsaustausch mit der Schweiz profitieren. Aber auch nationalen Forschungsansätze sind vorhanden und zu berücksichtigen.</p>	<p>Aufgrund des fehlenden BPD und der damit verbundenen Vorgaben kann die Umsetzung von Bauvorhaben im Rahmen der Nachverdichtung kostenintensiv werden, da Nachweise erforderlich werden.</p> <p>Die derzeit vorliegenden Erkenntnisse reichen nicht aus, um den Brandschutz im mehrgeschossigen Holzbau zu bewerten. Hier können Forschungsergebnisse aus anderen Ländern herangezogen werden.</p>

		Interne Sichtweise	
		Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
Externe Sichtweise	Risiken (Threats)	<p>Trotz der Rahmenbedingungen durch die präskriptiven Vorgaben muss bei der Betrachtung die zusätzliche Einbringung von immobilen Brandlasten berücksichtigt werden. Dies wurde durch die Begrenzung der Fläche von Nutzungseinheiten und Brandabschnitten bereits berücksichtigt. Auch die fehlerhafte Ausführung dieser Vorgaben kann ein Risiko darstellen.</p> <p>Der Nachweis des Brandverhaltens der Holzbauteile infolge von Anstrichen muss in Bezug auf den Erhalt dieser Widerstandsfähigkeit kritisch betrachtet werden.</p>	<p>Durch fehlende Erfahrungswerte kann u. U. die Sicherstellung der Schutzziele gem. § 14 MBO infrage gestellt werden. Aufgrund des noch nicht erstellten BPD und den fehlenden technischen Regeln werden kostenintensive Nachweise in Bezug auf Brandverhalten und Feuerwiderstand erforderlich.</p>

Eine Analyse von ausschließlich externen Faktoren wird bei der SWOT-Analyse nicht berücksichtigt. Ein Beispiel hierfür zeigt sich in der Begründung zur Gesetzesänderungen (vgl. Anhang). So wird bspw. die Möglichkeit der massiven Holzbauweise bis zur Hochhausgrenze mit dem Aspekt des kostengünstigen Bauens und der damit folgenden günstigen Kostenmieten begründet. Da jedoch weniger Wohnungsbaugesellschaften diese Möglichkeit nutzen werden, kann davon ausgegangen werden, dass zunächst Wohnraum durch Dachaufstockungen im höherpreisigen Segment geschaffen wird (vgl. Abschnitt 5.2). Für die brandschutztechnische Betrachtung spielt dies jedoch keine Rolle. Ein weiteres Beispiel ist der Konflikt zwischen der Gewinnung von notwendigem Wohnraum und den vorwiegend negativen Aspekten der urbanen Nachverdichtung.

Unter Berücksichtigung der erhöhten Brandschutzanforderungen in der Gebäudeklasse 5 und des Verzichts auf die Kapselung von brennbaren Baustoffen in den Gebäudeklassen 4 und 5 zeigt sich durch die SWOT-Analyse ein beachtliches Potential im Bereich der Chancen, die der Holzbau mit sich bringt. Risiken und Schwächen können grundsätzlich durch die Erstellung von weiterführenden gesetzlichen oder empfehlenden Maßnahmen minimiert werden. Insbesondere die Stärken-Risiken- sowie die Schwächen-Chancen-Kombinationen machen deutlich, dass aktuell Handlungsbedarf besteht. Forschungsansätze sind in Deutschland vorhanden und können langfristig zur Sicherheit im Brandfall und somit zu vorbeugenden Maßnahmenregelungen beitragen. Hier müssen Behörden und Forschungseinrichtungen enger zusammenarbeiten, um Lösungen zu den Fragestellungen in Bezug auf den Brandschutz in der Massivholzbauweise unter Berücksichtigung der präskriptiven Vorschriften erarbeiten zu können. Aber auch das europäische Ausland liefert Erkenntnisse und Erfahrungen, die für die Etablierung dieser Bauweise in der Gebäudeklasse 5 dienlich sein können.

9 Fazit

Die Novellierung der HBauO wird einen Trend realisieren, der seit Jahren gefordert wird. Dabei übernimmt Hamburg, zusammen mit dem Land Baden-Württemberg, eine tragende Rolle in Bezug auf den Einsatz von Holz als Baustoff. Inwieweit sich der soziale Wohnungsbau dadurch tatsächlich entwickelt, durch den kostengünstiger Wohnraum geschaffen werden soll, bleibt abzuwarten. Ein internationaler Vergleich zeigt dabei, dass in Ländern, in denen Holz als Baustoff traditionsbedingt häufig verwendet wird, positive Erfahrungen gesammelt wurden. Viele Beispiele von Gebäuden auch oberhalb der Hochhausgrenze machen deutlich, dass das Potential, das von Holz als Baustoff ausgeht, nicht ausgeschöpft ist. Dabei bilden fundierte Kenntnisse die Basis für einen Einsatz von Holz.

Diese fundierten Kenntnisse fehlen derzeit in Deutschland. Um für Bauvorhaben in Holzbauweise in Hamburg eine genehmigungsfähige Situation unter einheitlichen Gesichtspunkten herstellen zu können, ist die Erstellung eines BPD erforderlich. Insbesondere Präzisierungen in Bezug auf Regeldetails für Wand- und Deckenanschlüsse, Leitungsführungen und Fassaden erleichtern die Bewertung im Baugenehmigungsverfahren. Dies stellte eine Zeitersparnis bei der Bearbeitung der Anträge dar, auch weil in Bezug auf die Nachverdichtung eine gewisse Ähnlichkeit der Vorhaben gegeben ist, bei denen analoge Anforderungen zu erfüllen sind.

Bei der Betrachtung der brandschutztechnischen Sicherheit der Massivholzbauweise in Gebäudeklasse 5 kann abschließend davon ausgegangen werden, dass die Standsicherheit im Brandfall generell gegeben ist, sofern der erforderliche Feuerwiderstand nachgewiesen werden kann. Allerdings sind die konkreten Rahmenbedingungen festzulegen. Mit der Beschränkung der HBauO auf hohlraumfreie Konstruktionen und der damit verbundene Einsatz von ausschließlich massiven Holzbauteilen wurde aus brandschutztechnischer Sicht ein wesentlicher Beitrag zur Sicherheit und somit zur Sicherstellung der Schutzziele gem. § 17 HBauO geleistet. Auch die vorgenommenen Einschränkungen in Bezug auf die Größe von Nutzungseinheiten und die der Brandabschnitte ist im Brandfall relevant und trägt zur Sicherheit bei, dass diese jedoch nicht ausreichend sind, wurde durch die SWOT-Analyse (vgl. Abschnitt 8) deutlich dargestellt.

Die Massivholzbauweise ist eine effektive und innovative Möglichkeit, um der Wohnungsknappheit in Hamburg entgegenzuwirken. Der Brandschutz muss dabei eine wesentliche Rolle spielen.

Anhang

Begründung zur Ergänzung des § 24 HBauO im Zuge der Novellierung in 2018 (zu Abschnitt 6.1), Auszug aus der Bürgerschaftsdrucksache:

„Mit der deutlich erweiterten Zulassung des Einsatzes von Holz auch für Bauvorhaben mit einer Höhe nach §2 Absatz 3 Satz 2 von bis 22m sollen die Möglichkeiten für vielfältiges und innovatives Bauen in Hamburg erweitert werden. Die insoweit ermöglichte Holzbauweise erleichtert eine systemische Vorfertigung und trägt damit zu einer Beschleunigung des Bauprozesses bei. Auch unter Kostengesichtspunkten birgt die Verwendung von Holz als „Hauptbaustoff“ Potentiale für das kostengünstige Bauen. Insbesondere für den Geschosswohnungsbau verbessert diese Regelung die Ausgangsbedingungen für niedrigere Baukosten und in Folge günstigere Kostenmiete. Die erweiterte Zulassung von Holz schafft zudem bessere Rahmenbedingungen für das nachhaltige Bauen. Auch Bauvorhaben im Bestand wie zum Beispiel nachträgliche Dachaufstockungen können von der Zulassung der Holzbauweise profitieren, die im Hinblick auf die statischen Nachweise der vorhandenen Bauteile gegenüber schwereren Konstruktionssystemen Vorteile hat.

Mit der neuen Regelung wird für tragende, aussteifende und raumabschließende Bauteile von Wohn- und sonstigen Gebäuden mit kleinen Nutzungseinheiten bis zur Hochhausgrenze die Verwendung von Holz zugelassen. Die Holzbauweise war bisher nur für die Gebäude der Gebäudeklassen 1 bis 3 zulässig, für Gebäude der Gebäudeklasse 4 nur mit einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung aus nicht brennbaren Baustoffen.

Zukünftig können auf dieser Grundlage Wohn- und sonstige Gebäude in Zellenbauweise, d. h. mit Nutzungseinheiten bis 200 m², weitgehend aus Holz errichtet werden. Die Nutzungseinheiten sind nach § 27 HBauO durch Trennwände gegen andere Nutzungseinheiten brandschutztechnisch abzuschotten. Mit der Beschränkung der Nutzungseinheiten auf 200 m² und dem bereits bestehenden Erfordernis zur Herstellung von Trennwänden wird sichergestellt, dass im

Hinblick auf die wegen der Holzbauteile hohen (immobilen) Brandlasten die Brandausbreitung ausreichend lange begrenzt ist und die Brandbekämpfung erleichtert wird. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Gebäudegruppe die am häufigsten nachgefragte ist, sodass die Erleichterung für den Holzbau einen breiten Anwendungsbereich hat und z. B. für alle höheren Wohngebäude in Frage kommt. Sollten im Einzelfall größere Einheiten erforderlich sein (z. B. für gewerbliche Nutzungen im Erdgeschoss), sind Maßnahmen vor allem zur Gewährleistung eines wirksamen Brandschutzes im Wege einer Abweichungsentscheidung festzulegen.

Die Brandabschnittgröße wird auf 800 m² statt der sonst rechnerisch zulässigen Größe von 1600 m² (§ 28 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2 HBauO) begrenzt. Damit wird vor dem Hintergrund des Brandverhaltens des Baustoffs Holz sichergestellt, dass die Brandausbreitung auf benachbarte Gebäude und die Brandbekämpfung beherrschbar bleibt.

Die mit dieser Regelung zugelassene Holzbauweise ist sicherheitstechnisch gut beherrschbar, da insbesondere eine Übertragung von Brand und Rauch über die massiv ausgeführten Holzbauteile unterbunden wird. Vom Anwendungsbereich der neuen Regelung ausgenommen sind allein Brandwände bei Gebäuden der Gebäudeklasse 5 (§ 28 Abs. 3 HBauO), die Wände notwendiger Treppenträume bei Gebäuden der Gebäudeklasse 5 (§ 33 Abs. 4) sowie Hochhäuser. Hochhäuser sind Sonderbauten, an die besondere Anforderungen an den Brandschutz und die Standsicherheit im Brandfall zu stellen sind. Die generelle Zulassung von Hochhäusern in Holzbauweise ist wegen der Höhe der Gebäude und der damit verbundenen besonderen Anforderungen an den Brandschutz nicht vertretbar.

Mit der Bauart in massiver Holzbauweise soll gewährleistet werden, dass die geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit des jeweiligen Bauteils allein durch eine monolithische Form der Wand- oder Deckenscheibe aus Holz bzw. der Holzstützen ohne Bekleidung (das Holz bleibt sichtbar) erreicht wird und nicht durch die Kombination mehrerer Elemente eines Bauteils mit Ausbildung von Hohlräumen (wie z. B. Holzrahmenbauweise). Damit werden Fehlerquellen in der Ausführung der Bauteile minimiert und etwaige Gefahrenpotentiale durch einen Brand in den Hohlräumen vermieden.

Der Sicherheitsstandard insbesondere im Brandschutz wird nicht verringert. Die bauordnungsrechtlich geforderten Leistungsmerkmale zur Feuerwiderstandsfähigkeit sind entsprechend

nachzuweisen. Bis zum Vorliegen der dafür erforderlichen technischen Regeln zum Brandschutz bei massiven Holzbauweisen ist der Nachweis vom Bauherren in jedem Einzelfall zu erbringen.

Die neue Regelung schafft erleichterte Voraussetzungen für die Planung und Realisierung von Bauvorhaben in Holzbauweise. Abhängig von den in der praktischen Anwendung gesammelten Erfahrungen soll sie fortgeschrieben werden, um für eine möglichst große Zahl von Bauvorhaben in Holzbauweise Planungs- und Realisierungssicherheit zu gewährleisten, ohne dass Abweichungsentscheidungen nach § 69 HBauO zu treffen sind.“

Glossar

Abstandsfläche	Durch die Bauordnung geforderte Fläche, die vor den Außenwänden von Gebäuden nicht bebaut werden dürfen (vgl. § 6 MBO „Abstandsflächen, Abstände“).
Aufstellfläche	Feuerwehraufstellflächen werden gefordert, wenn die Sicherstellung des zweiten Rettungsweges über Hubrettungsfahrzeuge der Feuerwehr erfolgen soll oder muss. Gemäß der Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr müssen bestimmte Maße eingehalten werden.
Ausführungsdetail	Schematische, maßstabsgetreue Darstellung eines Bauteils.
Bebauungsplan	Bebauungspläne enthalten rechtsverbindliche Festsetzungen für die städtebauliche Ordnung (§ 8 BauGB). In diesen Plänen wird exakt festgelegt, wo und wie gebaut werden darf (Wirth & Schneeweiß, 2016).
Bioakkumulativ	Bioakkumulation bezeichnet die Aufnahme und anschließende Anreicherung eines Stoffes im Organismus (Umweltbundesamt, 2016).
Brandabschnitt	Räumliche Abtrennung von Gebäuden oder innerhalb von Gebäuden, die der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorbeugen soll.

Brandschutzschott	Brandschutztechnisch wirksame Auskleidung von Wand- oder Deckendurchbrüchen/-öffnungen für bspw. elektrische Leitungen.
Hubrettungsfahrzeug	Arbeitsbühne, die aus einem Arbeitskorb und einer hydraulischen Hubeinrichtung besteht, die auf ein Fahrgestell montiert ist. Sie dient der Beförderung von Personen und Ausrüstung an die Einsatzorte zur Brandbekämpfung und Menschenrettung (DIN EN 1777:2010-06).
Normbrand	Genormtes Prüfffeuer
Persistent	Chemische Verbindungen, die in der Umwelt nur langsam abgebaut werden (Umweltbundesamt, 2017).
Rauchmelder	Rauchmelder sind Teil einer Brandmeldeanlage, über die eine Detektion von Rauch gemeldet wird.
Rauchwarnmelder	Rauchwarnmelder sind Einzelgeräte, die bei einer Detektion von Rauch selbst ein Signal ausgeben. Eine Vernetzung mehrerer Geräte ist möglich.
Regeldetail	s. Ausführungsdetail

Literaturverzeichnis

- Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, 2012. *Speicherstadt Hamburg - Entwicklungskonzept*. [pdf]. Freie und Hansestadt Hamburg.
<<http://www.hamburg.de/contentblob/9375080/f7fa6333c62ba5fc17d6125dc5d78047/data/entwicklungskonzept-speicherstadt12akt14.pdf>>
[Zugriff am 05. Januar 2018].
- Benedix, R., 2017. *Bauchemie für das Bachelor-Studium*. Dritte Auflage. Leipzig: Springer Vieweg.
- Brenner, M., 2014. *Öffentliches Baurecht*. Vierte Auflage. Heidelberg: C. F. Müller GmbH.
- Dahlgrün, B., 2016. *Innerstädtische Gebäudeaufstockungen in Hamburg*. Hamburg: Hafencity Universität
- Dalladas, O., 2017. *GIS-gestützte Abschätzung des Gebäudeaufstockungspotentials in Hamburg*. Hamburg: Hafencity Universität
- DIBt, 2013. *Deutsches Institut für Bautechnik*. [pdf]. Berlin: Deutsches Institut für Bautechnik.
<https://www.dibt.de/de/geschaeftsfelder/data/brl_2013_2.pdf>
[Zugriff am 04. Dezember 2017].
- Famers, G. & Messerer, J., 2008. *"Rettung von Personen" und "wirksame Löscharbeiten" - bauordnungsrechtliche Schutzziele mit Blick auf die Entrauchung*. [pdf]. Bauministerkonferenz.
<<https://www.is-argebau.de/Dokumente/42311831.pdf>>
[Zugriff am 02. Dezember 2018].
- FeuerTRUTZ Network GmbH und Rudolf Hensel GmbH, 2017. *Kompakte Infos zu Brandschutz-Beschichtungen*. Köln: FeuerTRUTZ.
- Gerard, R., Barber, D. und Wolski, A., 2013. *Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings*. San Francisco: The Fire Protection Research Foundation.

Glos, P., 2008. Holz als konstruktiver Baustoff - Einleitung. In: HOLZABSATZFONDS, Hrsg. 2000. *Holzbau Handbuch*. München: Informationsdienst Holz. Reihe 4, Teil 1, Folge 1.

Gräfe, M. und Winter, S., 2013. Baurechtliche Grundlagen für den mehrgeschossigen Holzbau. In: P. Cheret, K. Schwaner und A. Seidel, Hrsg. 2013. *Urbaner Holzbau. Handbuch und Planungshilfe*. Berlin: DOM Publishers, pp. 164 - 169.

Green, M. und Taggart, J., 2017. *Hoch Bauen mit Holz*. Basel: Birkhäuser Verlag GmbH.

Haubold, D., 1997. *Nachhaltige Stadtentwicklung und urbaner öffentlicher StadtRaum*. Oldenburg: BIS Verlag.

Kampmeier, B., 2012. *Aktuelle Lösungen für den Brandschutz im mehrgeschossigen Holzbau*. Braunschweig: iBMB TU Braunschweig.

Klippel, M. und Frangi, A., 2012. *Einfluss des Klebstoffes auf das Brandverhalten von Holzbauteilen*. Zürich: Internationales Holzbau-Forum.

Kolb, H., 2013. *Aussenwände und Fassaden in Holz bei mehrgeschossigen Bauten*. Biel: HolzBau Spezial Akustik & Brandschutz.

Kolb, J., 2007. *Holzbau mit System*. Basel: Birkhäuser Verlag.

Kolb, J., 2010. *Holzbau mit System*. Dritte Auflage. Basel: Birkhäuser Verlag.

Lange, R., 2016. *Hamburgs Welterbe - Speicherstadt und Kontorhausviertel*. Hamburg: Junius Verlag.

Mahapatra, K. und Gustavsson, L., 2009. *General conditions for construction of multi-storey wooden buildings in Western Europe*. Växjö: School of Technology and Design, Växjö University.

Mayr, J., 2017. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. In: FeuerTRUTZ, Hrsg. 2009. *Brandschutz in der Tasche*. Köln: FeuerTRUTZ Network GmbH. pp. 8 - 11.

Mayr, J. und Battran, L., 2015. *Brandschutzatlas*. Köln: Feuertrutz Verlag.

Mayr, J. und Battran, L., 2016. 4.2 Baustoffe. In: FeuerTRUTZ, Hrsg. *Brandschutzatlas*. Köln: FeuerTRUTZ Verlag, pp. 33 - 36.

Merk, M., 2015. *Sicherheit mehrgeschossiger Holzgebäude im Brandfall - Eine Risikoanalyse unter stochastischer Abbildung realer Ereignisverläufe im Brandfall*. München: Technische Universität München

Mestek, P., Werther, N. und Winter, S., 2016. Bauen mit Brettsperrholz. In: Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V., Hrsg. 2000. *Holzbau Handbuch*. Berlin: Informationsdienst Holz. Reihe 4, Folge 6, Teil 1.

Mittmann, T., 2017. Brandschutz-Beschichtung tragender Bauteile. *FeuerTRUTZ Magazin*, Issue 4.2017.

Mosa, J., Meier, R. und Wüthrich, M., 2015. *Geschäftsbericht 2015*. Bern: Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen.

Müller, A. und Wiegand, T., 2017. Herstellung und Eigenschaften von verklebten Vollholzprodukten. In: Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V., Hrsg. 2000. *Holzbau Handbuch*. Berlin: Informationsdienst Holz. pp. Reihe 4, Teil 2, Folge 2.

Neumann, J., 2017. *Baurechtsnovelle - neue Baugesetze in urbanen Gebieten* [online]. Kommunal. Verfügbar unter <https://kommunal.de/artikel/baurechtsnovelle/>. [Zugriff am 12. Dezember 2017].

Niemz, P., 2011. *Holz und Holzwerkstoffe*. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.

o. V., 2007. *Katalog: Brettschichtholz-Elemente schaffen Planungssicherheit*. [pdf]. Hüttemann Holzfachzentrum.

<http://katalog-pro.de/burkard/Bauen/Huettemann_BSH.pdf>

[Zugriff am 06. Januar 2018].

o. V., 2016a. *Sicherheitsdatenblatt: DESMODUR E 2190 X* [online]. Covestro.

Verfügbar unter

<https://www.productsafetyfirst.covestro.com/api/downloads?key=05361265%0d%0aDE%0d>

%0aDE%0d%0aDESMODUR+E+2190+X%0d%0aBMS%0d%0a112000016779.

[Zugriff am 06. Januar 2018].

o. V., 2016b. *Technische Auskünfte der VKF*. [pdf]. Bern: Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen. <vkf.ch/getmedia/1a58705b-3902-4c47-b551-42a4f975d781/Flyer_Brandschutzregister_2016_V2-0_de_GdD.pdf.aspx>

[Zugriff am 06. Januar 2018].

o. V., kein Datum *Katalog: Brettstapelelemente*. [pdf]. Derix.

<http://www.derix.de/data/Brettstapelelemente_Derix_DE.pdf>

[Zugriff am 07. Januar 2018].

Rehn, T., 2016. *Urbane Nachverdichtung: Schönfärberei oder wirkliches Potential? (Text: Bettina Sigmund)* [online]. Detail.

Verfügbar unter <https://www.detail.de/artikel/urbane-nachverdichtung-schoenfaerberei-oder-wirkliches-potenzial-28470/>.

[Zugriff am 04. Dezember 2017].

Rost, M., Schneider, S. und Romahn, T.-M., 2017. "Sicherheitstreppenraum light" - eine kritische Analyse. *FeuerTRUTZ Magazin*, Issue 3.2017.

Schadstoffberatung Tübingen, 2015. *Chlorparaffine* [Online]. Schadstoffberatung Tübingen. Verfügbar unter <http://www.schadstoffberatung.de/chlorpar.htm>.

[Zugriff am 06. Januar 2018].

sda, 2017. *Weltpremiere: erstes Holz-Parkhaus entsteht in der Schweiz* [online]. Bluewin.

Verfügbar unter <https://www.bluewin.ch/de/news/vermishtes/2017/12/15/weltpremiere-in-der-schweiz--ein-parkhaus-fast-ganz-aus-holz.html>.

[Zugriff am 28. Dezember 2017].

Statistik Amt Nord, 2017. *Statistik informiert... Struktur der Haushalte in den Hamburger Stadtteilen Ende 2016*. VI/2017. Hamburg: Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein.

Statistisches Amt für Hamburg/Schleswig-Holstein, 2017. *Bevölkerung in Hamburg am 31.12.2016*. Hamburg: Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein.

Thienel, K.-C., 2011. *Bauchemie und Werkstoffe des Bauwesens*. München: Universität der Bundeswehr München.

Umweltbundesamt, 2016. *Bioakkumulation in der PBT-Bewertung* [online].

Umweltbundesamt. Verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/bioakkumulation-in-der-pbt-bewertung>. [Zugriff am 09. Januar 2018].

Umweltbundesamt, 2017. *Umweltwirksamkeit von persistenten organischen Schadstoffen* [online]. Umweltbundesamt. Verfügbar unter

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/emissionen-persistenter-organischer-schaedstoffe>.

[Zugriff am 09. Januar 2018].

vbw, 2016. Modern bauen - günstig Wohnen: Wohnungswirtschaftlicher Kongress in Baden-Baden behandelt vielfältigen Themenmix. *Magazin: aktuell - Die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft in Baden-Württemberg*, 4/16, pp. 4 - 7.

Waldenström, J., 2017. *Construction with wood: What are the economical and environmental benefits and barriers of using wood as a construction material*. Stockholm: Royal Institute of Technology.

Weller, B. und Heilmann, S., 2015. Brandschutz. In: U. Vismann, Hrsg. 1934. *Wendehorst Technische Zahlentafeln*. 35. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien. pp. 249 - 283.

Werner, G., Zimmer, K. und Lißner, K., 2009. *Holzbau 1*. Vierte Auflage. Berlin: Springer Verlag.

Werner, H., 1997. Brettstapelbauweise. In: Arbeitsgemeinschaft Holz e. V., Hrsg. 2000. *Holzbau Handbuch*. Düsseldorf: Informationsdienst Holz. Reihe 1, Teil 17, Folge 1.

Wiederkehr, R., 2014. *Brandschutz im Holzbau - Die Schweiz setzt Massstäbe*. Beinwill am See: Internationales Holzbau-Forum.

Winter, S., 2001. Grundlagen des Brandschutzes. In: DGfH Innovations- und Service GmbH, Hrsg. *Holzbau Handbuch*. Düsseldorf: Informationsdienst Holz. Reihe 3, Teil 4, Folge 1.

Winter, S., 2013. Brandschutz im Holzbau. In: P. Cheret, K. Schwaner und A. Seidel, Hrsg. 2013. *Urbaner Holzbau - Chancen und Potenziale für die Stadt*. Berlin: DOM publishers. pp. 154 - 159.

Winter, S. und Merk, M., 2008. *Teilprojekt 02 Brandsicherheit mehrgeschossiger Holzbau*. München: Technische Universität München.

Wirth, A. und Schneeweiß, A., 2016. *Öffentliches Baurecht praxisnah*. Zweite Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Wirth, A. und Wolff, N., 2012. *Einführung in das öffentliche Baurecht*. Zweite Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Normungen:

DIN 14011:2018-01. Feuerwehrwesen – Begriffe (DIN 14011:2018)

DIN 4074-1:2012-06. Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 1: Nadelschnittholz (DIN 4074-1:2012)

DIN 4074-5: 2008-12. Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 5: Laubschnittholz (DIN 4074-5:2008)

DIN 4102-1:1998-05. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 1: Bausteile (DIN 4102-1:1998)

DIN 4102-2:1977-09. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 2: Baustoffe (DIN 4102-2:1970)

DIN EN 1777:2010-06. Hubrettungsfahrzeuge für Feuerwehren und Rettungsdienste, Hubarbeitsbühnen (haben) – Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung (EN 1777:2010)

DIN EN 338:2016-07. Bauholz für tragende Zwecke – Festigkeitsklassen (EN 338:2016)

DIN EN 350:2016-12. Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Prüfung und Klassifizierung der Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten gegen biologischen Angriff (EN 350:2016)

DIN EN 13501-1:2010-01. Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten (EN 13501-1:2007)

DIN EN 13501-2:2016-12. Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen (EN 13501-2:2016)

DIN EN 14080:2013-09. Holbauwerke – Brettschichtholz und Balkenschichtholz – Anforderungen (EN 14080:2013)

DIN EN 1995-1-1:2010-12. Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauteilen – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau (EN 1995-1-1:2004)

DIN EN 1995-1-2:2010-12. Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauteilen – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall (EN 1995-1-2:2004)

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken als solche kenntlich gemacht habe. Bei der Auswahl und Auswertung des Materials habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

- Prof. Dr. Susanne Heise
HAW Hamburg
- Dipl.-Ing. Andreas Kattge
Feuerwehr Hamburg
- Alexander Wellisch
Feuerwehr Hamburg
- Heike Hohmann
Amt für Bauordnung und Hochbau
- Dennis Richmann

Die Arbeit habe ich bisher keinem anderen Prüfungsamt in gleicher oder vergleichbarer Form vorgelegt. Sie wurde bisher auch nicht veröffentlicht.

Hamburg, 2. Februar 2018

Jana Rudat