



TEN BAU AUF DACH

FÖRDERUNG DER FRITZ UND TRUDE FORTMANN-STIFTUNG

AUSSCHREIBUNG »KOSTENGÜNSTIGE BAUSTOFFE UND
KONSTRUKTIONSWEISEN FÜR DEN WOHNUNGSBAU« FTFS 03

ENDBERICHT INKLUSIVE ANLAGEN

BERLIN • 20. MAI 2020

ABGABE

Konrad Freymann

Bauingenieur M.Sc. ·
TU Berlin

konrad.freymann
@gmail.com

Jakob Grave

Bauingenieur M.Sc. ·
TU Berlin

grave.j
@posteo.de

Simon Madlener

Wirtschaftsingenieur
M.Sc. und Bauingeni-
eur M.Sc. · TU Berlin

simonmadlener
@me.com

Der folgende Abschlussbericht fasst knapp die zentralen Ergebnisse der Untersuchungen zusammen. In verschiedenen Anhängen sind die weiteren Arbeiten ausführlicher dokumentiert.

INHALTSVERZEICHNIS

01_	Einleitung	3
02_	Typologie der Dächer in Berlin	4
02_01	Makrolevel: Stadt	4
02_02	Mikrolevel: Einzelne Häuser	7
02_03	Mikrolevel: Eigentümer.....	10
03_	Anforderungen an Materialien für Dachaufbauten	12
03_01	Brandschutz, Fluchtwege und Erschließung.....	12
03_02	Bauphysik und Baukonstruktion.....	13
03_03	Anschluss an den Bestand.....	14
03_04	Bauprozess und Bauzeiten.....	15
03_05	Baurechtliche Besonderheiten.....	16
03_06	Wirtschaftlichkeit.....	16
03_07	Nachhaltigkeit.....	16
03_08	Adaptabilität und Langlebigkeit.....	17
04_	Materialien und Bauweisen	18
04_01	Materialübergreifende Ansätze	18
04_02	Holz allgemein	19
04_03	Holztafelbauweise	19
04_04	Holzmassivbauweise (Brettsperholz)	20
04_05	Holz-Beton-Verbund.....	21
04_06	Weitere Holzbauweisen und Vergleich Holz	21
04_07	Infraleichtbeton.....	23
04_08	Stahlskelettbauweise	23
04_09	Glashülle.....	23
04_10	Weitere Materialien und Bauweisen.....	23
04_11	Raster	24
05_	Fallstudie am Landwehrkanal	25
05_01	Typologische Einordnung.....	26
05_02	Herausforderungen und Antworten	27
05_03	Materialebene	29
05_04	Konstruktionsdetails.....	30
06_	Zusammenfassung und Ausblick	32
07_	Anhänge	34
07_01	Verwendung der Finanzmittel.....	34
07_02	Zusammenfassungen von Interviews	35
07_03	Tragkonzept und statische Vordimensionierung der Fallstudie.....	42
07_04	Quellen.....	52

01_ EINLEITUNG

Immer mehr Menschen wollen in der Stadt wohnen. Es zieht sie vor allem in bereits gewohnte Quartiere mit attraktiven gewachsenen Strukturen. Per Definition fehlen hier Freiflächen. Das Wohnen auf den teilweise noch ungenutzten Dächern erscheint als vielversprechende Lösung. Bauen auf den Dächern wird durch einige Faktoren einzigartig:

- Ungesicherte und immer neue Bestandsituationen und daraus resultierende technische Unwägbarkeiten
 - Baurechtliche Komplexität in der Interaktion mit Nachbarn und dem Bestandshaus
 - Aufwendige Baustellenlogistik in innerstädtischen Wohnvierteln
- Daher sind realisierten Dachaufbauten fast immer (kostenintensive) Einzellösungen, da die Randbedingungen von Ort zu Ort stark variieren. Sie tragen daher zu zwei Stratifizierungen der Gesellschaft bei: einer radialen, da sie Menschen von den Stadtzentren in die Außenbezirke vertreiben; und einer vertikalen, da das Dachgeschoss mit Aufzug und Horizontblick zur neuen Bel Étage wird.

Wo ist Abhilfe zu suchen? Unserer Meinung nach primär beim Entwurfsprozess und bei den eingesetzten Materialien. Diese bestimmen den Bauablauf und somit sowohl die Bauzeit als auch die Beeinträchtigung der Anwohner. Ihre Wiederverwendbarkeit und ihr Ressourcenbedarf beeinflussen maßgeblich die Nachhaltigkeit des gesamten Vorhabens. Sie bestimmen die Bauweise und Tragkonstruktion der Dachaufbauten. Baumaterialien sind auch der Schlüsselfaktor für den energetischen Fußabdruck des Bauwerks. Sie bieten eine direkte Möglichkeit, die Kosten des Gebäudes und Mietraums zu beeinflussen.

Gegenstand der hier vorgestellten Forschung war es daher, zunächst die Randbedingungen für Dachaufbauten zur innerstädtischen Nachverdichtung am Beispiel Berlin darzustellen und darauf aufbauend materialinnovative Vorschläge zum Bauen auf dem Dach zu entwickeln.

Der Abschnitt >02_ [Typologie der Dächer in Berlin](#) stellt die Ergebnisse der Raum- und Randbedingungenanalyse dar. Die materialbezogenen Anforderungen sind im folgenden Abschnitt >03_ [Anforderungen an Materialien für Dachaufbauten](#) zusammengefasst. In >04_ [Materialien und Bauweisen](#) sind die Vor- und Nachteile der im Projektantrag genannten Materialien zusammengetragen.

Ein zentraler Bestandteil der Forschung war die Zusammenarbeit mit dem Architekten Ashkan Cheheltan im Rahmen seiner Masterarbeit. Ergebnis dieser Kooperation ist eine Fallstudie, deren Ergebnisse im Abschnitt >05_ [Fallstudie am Landwehrkanal](#) vorgestellt werden.

Abschließend werden die zentralen Erkenntnisse und Entwicklungen in >06_ [Zusammenfassung und Ausblick](#) resümiert.



02_ TYPOLOGIE DER DÄCHER IN BERLIN

In diesem Kapitel werden am Beispiel der deutschen Hauptstadt die Rahmenbedingungen für Dachaufbauten zusammengetragen. Diese stellen die Planungsgrundlage von Planern dar.

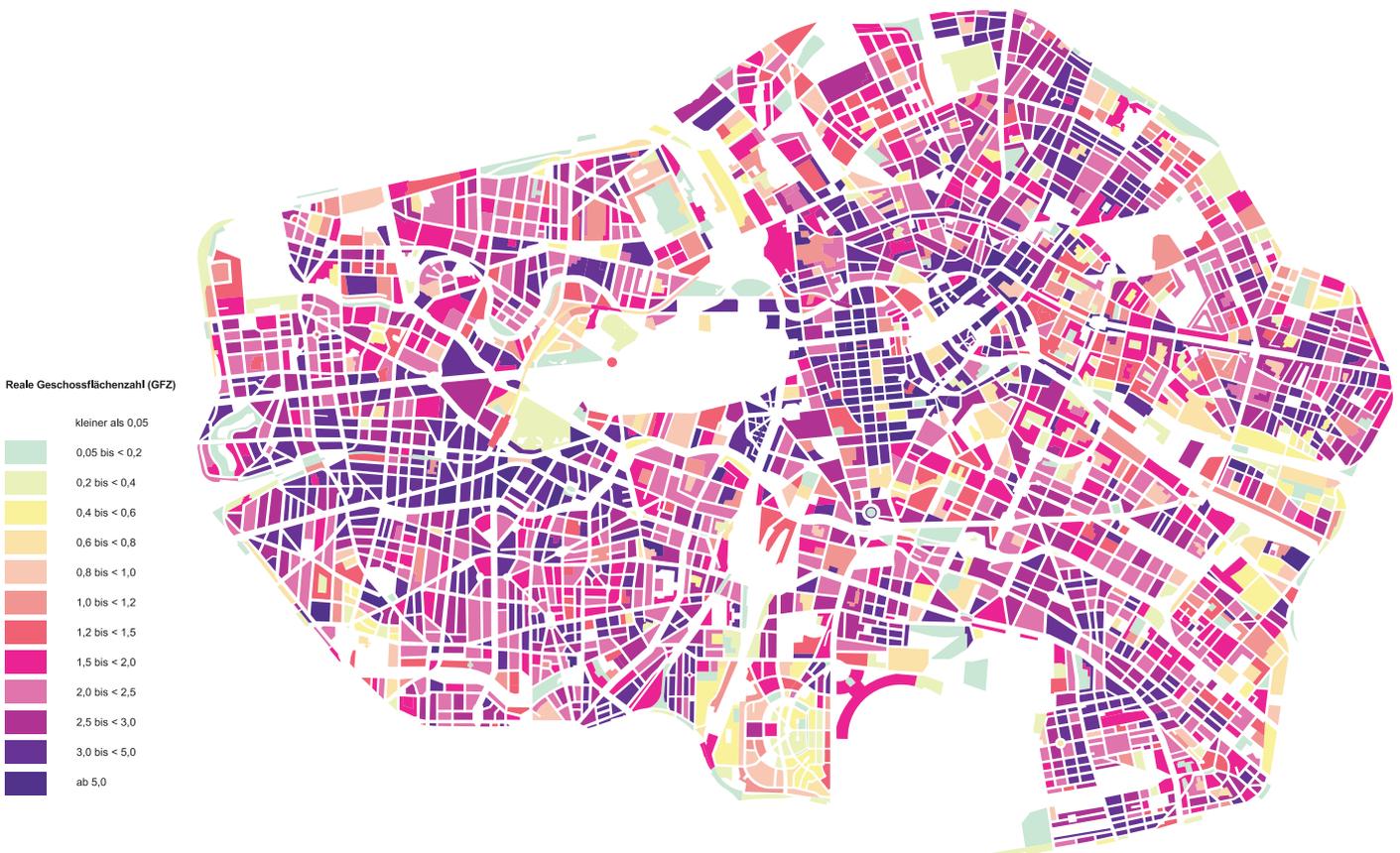
02_01 MAKROLEVEL: STADT

Das Berliner Stadtgefüge ist als Resultat einer bewegten Geschichte stark heterogen. Die Bebauungsdichte variiert innerhalb des S-Bahn-Rings stark, wie die unten stehende Karte anhand der Geschossflächenzahl der verschiedenen Blöcke zeigt.

Zentral gelegene Bereiche um den Kurfürstendamm und um die Friedrichstraße sind eng bebaut, schließen aber auch an lose bebaute Gegenden wie das nordwestliche Kreuzberg oder das disparat bebaute Tiergartenviertel an. Manche Gründerzeitviertel haben ihre Vorkriegsdichte erhalten, wie zum Beispiel im nordöstlichen Prenzlauer Berg oder Neukölln. Völlig innenstadttypisch sind niedrigen Geschossflächenzahlen westlich des Tempelhofer Feldes, wo die Straßenzüge einen Eindruck der Berliner Randbezirke bieten.

Insgesamt zeigt die Abbildung, dass ein grundsätzliches Verdichtungspotenzial in der Berliner Innenstadt vorliegt.

Abb. 1. Reale Geschossflächenzahl innerhalb des Berliner S-Bahn-Rings
Cheheltan 2018



Verdeutlichen lässt sich dies bei der Betrachtung der Bebauung um den Bayerischen Platz in Wilmersdorf, vgl. die nebenstehende Abbildung. In einem Satellitenbild aus den 1930er Jahren sticht der gründerzeitliche Blockbauungscharakter hervor. Heute ist die Gegend geprägt von kriegsbedingten Baulücken, Ersatzneubauten mit Flachdächern und größeren Abstandsflächen sowie erhaltenen Vorkriegsbauten. Gemessen an der Geschossflächenzahl (GFZ) ist die Dichte heute geringer als vor knapp 90 Jahren. Die zusätzlichen Grünflächen werden von vielen Stadtbewohnern als sehr wertvoll empfunden. Die Dachgeschosse sind oft nicht ausgebaut.

Der Gesamtbestand an Häusern, deren Dachgeschosse ausgebaut werden könnten, wurde wie folgt abgeschätzt: Laut Zensus 2011 stehen in Berlin 96.194 gereichte Häuser mit mehr als drei Wohnungen, welche maßgebend das Bild der attraktiven Viertel innerhalb des Rings prägen. 74.053 wurden vor 1970 gebaut. Vorsichtig geschätzt haben davon 50% kein ausgebautes Dach. Diese Zahl wird gestützt durch eine Satellitenbild-Analyse, deren Ergebnis die untenstehende Abbildung zeigt (rot = Häuser ohne ausgebauten Dachstuhl). Von diesen 37.000 Häusern sind zweifellos nicht alle technisch geeignet und bei vielen wird keine Bereitschaft zum Dachausbau bestehen oder dieser durch rechtliche Auflagen unmöglich sein. Wir schätzen den Anteil der Häuser mit realistischen Ausbaupotenzial auf 50%, sprich 18.500 Häuser.

In einem Interview mit der Obersten Bauaufsicht Berlins wurde das grundsätzlich große Potenzial bestätigt. Zu beachten ist jedoch, dass a) Freiflächen meist günstigere Bauflächen sind und b) baurechtliche Thematiken sehr kompliziert sind, sodass der überwiegende Großteil an Projekten heute im gehobenen Preissegment stattfindet.



Abb. 2. Dichte bzw. Geschossflächenzahl am Bayerischen Platz, oben ein Satellitenbild aus den 1930er Jahren und unten ein Satellitenbild und die GFZ-Daten des städtebaulichen Atlas 2017

Abb. 4. Für Dachaufbauten geeignete Gründerzeitbauten in Berlin-Moabit, -Mitte und -Wedding (Satellitenbildrecherche)
Team Rooftop 2014



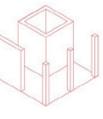
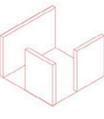
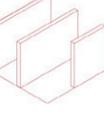
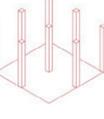
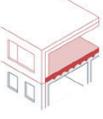
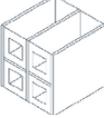
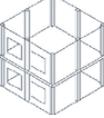
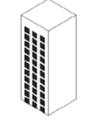
Abb. 5. Typische Berliner Blöcke nach Bauzeit und Freiflächen
 Cheheltan 2018



02_02 MIKROLEVEL: EINZELNE HÄUSER

Auf dem Mikrolevel stellt sich die Frage, welche Häusertypen es gibt und welche Rahmenbedingungen kategorisiert werden können. Hier wird eine Kategorisierung nach den in der unten stehenden Tabelle vorgestellten Charakteristika vorgeschlagen.

Auf den folgenden zwei Seiten werden exemplarisch zehn Fallbeispiele dargestellt.

Charakteristikum	Ausprägungen	Ausprägung 1	Ausprägung 2	Ausprägung 3	Ausprägung 4	Ausprägung 5	Ausprägung 6	Ausprägung 7
Bauzeit	Bestand ... Dachaufbau							
Ort	Adresse, Stadt							
Geschosszahl Aufstockung	Anzahl und Lage der Ge- schosse							
Typologie der Dacherweiterung	Dachaufbau in Flucht, überstehend, zurückgesetzt, allumfassend							
Konstruktive Rahmenbedingun- gen Bestandsdä- cher	Flachdach, geneigtes Dach, etc.							
Typologien Bau- struktur Erweite- rung	Wände, Kern, Stützen oder Kombination							
Strategien Bestand	Fassadensani- erung, Deckensani- erung oder ignoriert („parasitär“)							
Strategie Lastab- trag Bestandsde- cke	Verstärkung, Ersatz, nur Aufbau, Ver- stärkung inkl. Dämmung							
Strategie Lastab- trag Bestands- wände	Ausnutzung Tragreserven, Biegung Dach, Verstärkung, vorgesetzt							
Tragwerk Bestand	Außenwände, Innenwände, Skelettbau, Plattenbau; De- cken einachsig/ zweiachsig							
Wohngebäudety- pen (Bestand)								
Gebäudeklasse	Klasse	1	2	3-4	4-5	5		



Bauzeit	1950er ... 2014	1956 ... 2011	1964 ... 2012	1960er ... 2008	1956 ... 2011
Ort	Balthasarstraße 22, Köln	Bernadotte- straße 21-29, Nürnberg	Lichtenrade, Berlin (BBSR, S.17)	Gleimstraße, Berlin	Komotauer Straße 10-12, Fürth
Geschosszahl Aufstockung					
Typologie der Dacherweiterung					
Konstruktive Rahmenbedingun- gen Bestandsdä- cher					
Typologien Bau- struktur Erweite- rung					
Strategien Bestand					
Strategie Lastab- trag Bestandsde- cke					
Strategie Lastab- trag Bestands- wände					
Tragwerk Bestand					
Wohngebäudety- pen (Bestand)					
Gebäudeklasse	4-6	3-4	2	3-4	2
Quelle	BBSR 2016 (S. 52)	BBSR 2016 (S. 81)	BBSR 2016 (S. 17)	Tichelmann 2016 (S. 76)	BBSR 2016 (S. 75)



Bauzeit	1961 ... 2016	1959 ... 2010	1950er ... 2014	1960er ... 2010	1933 ... 2016
Ort	Charlottenstraße 21-24, Berlin	Bebelallee/Wolffsonweg, Hamburg	Heinrichsallee, Aachen	Lyoner Straße, Frankfurt am Main	Wassergasse/Rungestraße Berlin
Geschosszahl Aufstockung					
Typologie der Dacherweiterung					
Konstruktive Rahmenbedingungen Bestandsdächer					
Typologien Baustruktur Erweiterung					
Strategien Bestand					
Strategie Lastabtrag Bestandsdecke					
Strategie Lastabtrag Bestandswände					
Tragwerk Bestand					
Wohngebäudetypen (Bestand)					
Gebäudeklasse	3-4	2	3-4	5	5/Sonderbau
Quelle	BBSR 2016 (S. 89)		Tichelmann 2016 (S. 84)	Tichelmann 2016 (S. 85)	Tichelmann 2016 (S. 86)

Die folgende Tabelle stellt wichtige hausspezifische Anforderungen an Dachaufbauten für drei typische Bestandskategorien gegenüber.

Charakteristikum	Altbau Gründerzeit bis 1920er	Nachkriegs-lückenfüller 1950er und 1960er	Plattenbauten
Tragreserven	+ Meist hohe Tragreserven	- Meist sehr wirtschaftlich gebaut, Nachrüstung erforderlich	- Meist knapp bemessen
Vorarbeit auf dem Dach	- Bestehenden (Not-)Dachstuhl entfernen	o Flachdach oder Dachstuhl zu entfernen	+ Meist Flachdach
Geometrische Freiheit auf dem Dach	o Kamine zu beachten, tragende Wände	o Kamine zu beachten, tragende Wände	+ Meist sehr frei, Entlüftung beachten
Einbindung des Bestands in Sanierung	+ Sehr viel Erfahrungen	o Wenig Erfahrungen	o Wenig Erfahrungen
Attraktive Stadtlagen	+ Meist in sehr attraktiven Stadtvierteln	o Breit verteilt	- Typischerweise Randlage oder weniger attraktive Lage
Wiederholbarkeit/Skalierbarkeit	o Parzellen teilweise typisch, aber meist Einzellösungen, Ausnahme Siedlungsbau	o Parzellen teilweise typisch, aber meist Einzellösungen	+ Typen-Grundrisse, große Ensembles

02_03 MIKROLEVEL: EIGENTÜMER

Die Eigentümer lassen sich in vier Gruppen aufteilen:

1. Städtische Wohnungsbaugesellschaften, die gesamte Häuser besitzen und vermieten
2. Wohnungsgenossenschaften
3. Private Investoren, die gesamte Häuser besitzen und vermieten
4. Eigentümergemeinschaften und Häuser im Streubesitz

Die ersten drei Kundengruppen besitzen meist zusammenhängende Miethäuser. Wenn dort Dächer ausgebaut werden sollen, handelt es sich um mehrere Einheiten. Somit können sofort Skaleneffekte genutzt werden.

In Gesprächen haben verschiedene Wohnungsbaugesellschaften ihr Interesse an Dachaufbauten bekundet. Problematisch sind oft fehlende Erfahrung, fehlendes Spezialwissen, zu hohe Kosten und baurechtliche Rahmenbedingungen. Wohnungsbaugesellschaften sind als Teil der öffentlichen Hand an öffentliche Ausschreibungsregeln gebunden.

Wohnungsgenossenschaften sind prinzipiell in der Ausschreibung freier. Je nach Aufbau kann die interne Entscheidungsfindung unterschiedlich lang dauern.

Die dritte Gruppe ist tendenziell gewinnorientiert und hat in den jeweiligen Häusern das Befugnis, einen Dachausbau „durchzusetzen“. Bezüglich der Hemmnisse gilt ähnliches wie bei der ersten Gruppe. Je nach Ausrichtung des privaten Eigentümers kann die Kostenerfordernis an den Dachaufbau stark variieren. Bei der Vergabe sind private Investoren freier als Wohnungsbaugesellschaften.

Die vierte Eigentümergruppe besitzt einzelne Häuser, daher herr-

schen Einzellösungen vor. Üblicherweise wird hier ein einzelner Dachaufbau gewünscht, sodass sich auf den ersten Blick keine Skaleneffekte ergeben. Nur ein großflächig anwendbarer und flexibel anpassbarer Systembau könnte eine kostensparende Alternative sein, die für mehrere Einzellösungen eine Basis bildet und damit Skaleneffekte ermöglicht. Die zentralen Bedürfnisse und Wünsche dieser Eigentümer sind:

- Reduzierung der Hemmnisse im Dachaufbau (Kostenunsicherheit, ...)
- Einziger, kompetenter Ansprechpartner
- Mitspracherecht
- Persönlicher Kontakt zu Planern
- Abschätzen der wirtschaftlichen und terminlichen Risiken

Im Rahmen von Einzelaufträgen kann die vierte Gruppe schnell erschlossen werden. Der Ablauf hängt hier jedoch stark von der jeweiligen Eigentümergruppe ab. Die erste Gruppe, die Wohnungsbaugesellschaften, bieten einen attraktiven Kundenstamm, da durch ein Projekt wahrscheinlich sofort Skaleneffekte gehoben werden können. Die Hürden bei der Vergabe sind hier jedoch am höchsten. Als Zwischenweg bieten sich die Gruppen zwei und drei an.

Bei einer Abschätzung der Verteilung der Häuser mit Potenzial für Dachaufbauten auf die Eigentümergruppen wurden die folgenden Zahlen ermittelt:

Eigentümergruppe	Anzahl Häuser	Anteil Häuser	Anzahl Kunden	Häuser/Kunde
1. Kommune oder kommunales Wohnungsunternehmen	3500	19%	6	583
2. Wohnungsgenossenschaft	4500	24%	100	45
3. Privatwirtschaftliche Wohnungsunternehmen (inkl. andere privatwirtschaftliche Unternehmen)	5000	27%	100	50
4: Gemeinschaft von Wohnungseigentümern/-innen und Privatperson/-en	5500	30%	5500	1

Diese Zahlen sollen als Orientierung dienen – es ist klar, dass nicht alle dieser Häuser in naher Zukunft einen Dachaufbau wünschen, finanzieren können oder bauen können. Deutlich wird der Unterschied zwischen kommunalen Wohnungsunternehmen und Eigentümergesellschaften: erstere haben sehr große Marktmacht, letztere haben verschwindend geringe. Gleichzeitig bewegen sich kommunale Wohnungsunternehmen tendenziell langsam, während einzelne Häuser relativ schnell zu einer Entscheidung kommen könnten.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Gespräche mit verschiedenen Eigentümern geführt, um in einen Meinungs- und Strategieaustausch zu Dachaufbauten zu treten. Darunter waren zwei städtische getragene Wohnungsbaugesellschaften (degewo AG >07_02b (S.37) und HOWOGE Wohnungsbaugesellschaft mbH >07_02c (S.38), Gruppe 1) sowie eine privatwirtschaftliche Wohnungsbaugesellschaft (Berlinovo Immobilien Gesellschaft mbH >07_02d (S.39), Gruppe 3).

03_ ANFORDERUNGEN AN MATERIALIEN FÜR DACHAUFBAUTEN

In diesem Abschnitt werden die Rand- und Rahmenbedingungen bei Dachaufbauten beleuchtet, auf die mit der Materialwahl reagiert wird. Einige Herausforderungen sind bei Dachaufbauten besonders stark ausgeprägt sind; anderen Herausforderungen müssen sich Beteiligte bei allen Bauvorhaben stellen. Ein Beispiel für die erste Kategorie ist die Bauphysik – sie ist bei der Materialwahl für jedes Bauvorhaben relevant, aber bei Dachaufbauten aufgrund ihrer exponierten Lage im Stadtraum besonders zu beachten. Dachaufbauten stellen dahingegen keine spezifisch erhöhten Wirtschaftlichkeitsanforderungen.

In diesem Abschnitt wird auf Material nur exemplarisch eingegangen, um die Bedeutung einer speziellen Herausforderung zu verdeutlichen. Geeignete Einsatzstrategien spezifischer Materialien für die hier definierten Herausforderungen werden im nächsten Abschnitt >04 (S.18) vorgestellt.

Die Reihenfolge der nun folgenden Herausforderungen ist zufällig.

03_01 BRANDSCHUTZ, FLUCHTWEGE UND ERSCHLIESSUNG

Die Brandschutzanforderungen an die Materialien von Dachaufbauten richten sich nach der Gebäudeklasse. Sie sind in Kombination mit den Anforderungen an Fluchtwege und Erschließung relevant für die Materialwahl im Dachaufbau.

Jede Baueinheit, in der sich Menschen aufhalten, muss für den Brandfall zwei Fluchtwege aus nicht brennbaren Materialien vorweisen. In Mehrfamilienhäusern sind das typischerweise das Treppenhaus und die Rettungsleiter der Feuerwehr.

Letztere kann als Fluchtweg dienen, wenn die Feuerwehr „anleiten“ kann, im Regelfall gilt dies bis zu einer Oberkante Fertigfußboden OKFF des Geschosses von 22 Metern. Dachaufbauten fallen typischerweise, wenn auch nicht zwingend, in den Grenzbereich, der von der Feuerwehr erreicht werden kann. Liegt die OKFF des Dachgeschosses deutlich unter 22 Metern, ist davon auszugehen, dass die Anforderung an zwei separate Rettungswege erfüllt ist.

Verschiedene Faktoren können dazu führen, dass es der Feuerwehr im konkreten Einzelfall trotz OKFF < 22 Metern nicht möglich ist, ein Dachgeschoss zu erreichen:

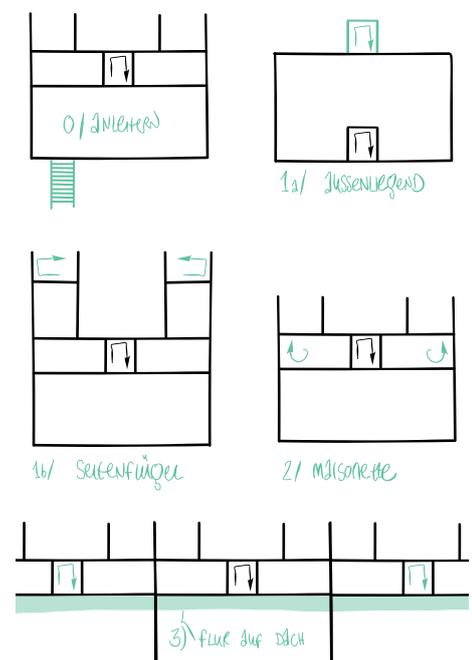
1. Quer parkende Autos führen dazu, dass sich der Abstand des Feuerwehrautos zur Fassade vergrößert (die Feuerwehrautos in Berlin haben Pratzten, die neben dem Feuerwehrauto platziert werden müssen).
2. Stadtgrün (Bäume und andere Bepflanzungen) sind der Feuerwehrleiter im Weg und verhindern eine zeitgemäße Entfluchtung, daher ;
3. Oberleitungen (von der Tram, Straßenbeleuchtung oder, sehr selten, Strom) sind der Feuerwehrleiter im Weg.

Dies war laut der Obersten Bauaufsicht Berlins auch der Grund, warum 2017 die Anforderungen an Bauanträge für Dachaufbauten in Bezug auf Bäume vor den Häusern detailliert wurden.

Welche Alternativen bestehen zum zweiten Rettungswege Feuerwehrleiter o? >Abb. 6

1. Ein zweites (Feuer-)Treppenhaus in der vom Dachaufbau betroffenen Baueinheit. Dieses kann neu gebaut außen liegen 1a oder das erreichbare Treppenhaus des Seitenflügels sein 1b. Beim Neubau außenliegend können je nach Ausbildung auch alle Bewohner der anderen Etagen über das zweite Treppenhaus flüchten.

Abb. 6. Zweite Fluchtwege



2. Für einzelne Wohneinheiten besteht die Möglichkeit, sie mit der darunter liegenden Etage über eine (Wendel-)Treppe zu verbinden, wenn die untere Etage für die Feuerwehr erreichbar ist.
3. Verbindung zu den daneben liegenden Häusern und Nutzung der vorhandenen Treppenhäuser der Nachbarhäuser oder Flügel. Hierbei ist zu beachten, dass der horizontale Abstand zum nächsten Treppenhaus (Fluchtweglänge) je nach Anzahl der Personen im Einzugsbereich beschränkt ist.

Bei der Auslegung der Fluchtwege ist ebenfalls auf die erforderliche Fluchtwegbreite zu achten, die mit der Anzahl der Personen im Einzugsbereich des Fluchtweges ansteigt.

Bei der Ausbildung des Treppenraumes ist die Gebäudeklasse zu beachten. Über der Hochhausgrenze gelten (bei Neubauten in Berlin) die Anforderungen an ein Sicherheitstreppehaus: weder Feuer noch Rauch dürfen eindringen, dafür ist ein Überdruck nötig, wodurch das System sehr sensibel und sehr teuer wird. Unter der Hochhausgrenze gelten (bei Neubauten in Berlin) reduzierte Anforderungen, sozusagen ein „Sicherheitstreppehaus light“.

Neben der Fluchtweganforderung besteht auch eine rechtliche, soziale oder wirtschaftliche Forderung nach Aufzügen. >Abb. 7 zeigt die tendenzielle Kostenentwicklung über die Höhe des Gebäudes für via Treppen oder Aufzüge erschlossene Gebäude:

- Bau, der über Treppen erschlossen ist: je höher, desto günstiger
- Bau, der über einen Aufzug erschlossen ist: je höher, desto teurer

Ein Pflichtanteil von barrierefreien Wohnungen im Neubau („mit R-Eigenschaft nach DIN 18040-2“) existiert teilweise auf Landesebene, in Berlin jedoch (noch) nicht.

03_02 BAUPHYSIK UND BAUKONSTRUKTION

Unter Bauphysik und Baukonstruktion wird hier erfasst:

- Schallschutz
- Feuchteschutz
- Wärmeschutz
- Witterungsschutz
- (Natürliche) Lüftung
- (Natürliche) Belichtung

Bei Dachaufbauten ist die Bauphysik aus zwei Gründen besonders relevant:

1. Ihre **exponierte Lage** als oberer Abschluss des Baukörpers. Sie schützen den Rest des Baukörpers vor der vertikalen Witterung (Dichtigkeit) und in erheblichem Maße Wärme bzw. Kälte. Die Wohneinheiten im Dach haben des weiteren weder den Puffer über ihnen liegender Geschosse noch neben ihnen stehender Gebäude.
2. Die **Wechselwirkung mit dem Bestand**. Bei einem Dachaufbau wird das gesamte Haus energetisch betrachtet und im Regelfall muss die EnEV für das gesamte Haus – und nicht nur den Dachaufbau – eingehalten werden. Daher wird projektabhängig oft die energetische Instandsetzung/Sanierung des gesamten Hauses sinnvoll sein. Je nach Bestandsbau kann eine Renovierung (Fassade ohne besondere Merkmale), kein Eingriff oder notfalls eine innen liegende Sanierung (denkmalgeschützte Fassade) oder eine zweite Haut mit Pufferzone zwischen innen und außen über die gesamte Gebäudehöhe (Fassade ohne besondere Merkmale und ausreichend Platz vor der Fassade) die beste Lösung sein.

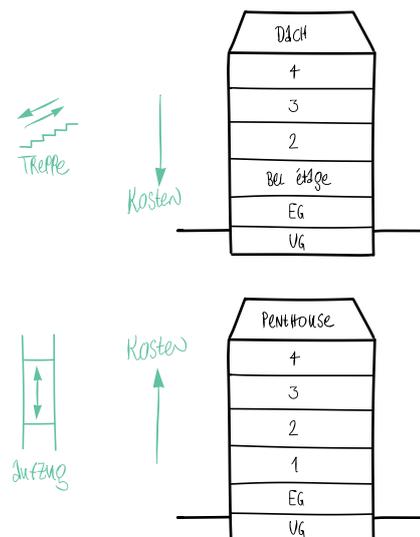


Abb. 7. Einfluss von Erschließungstypen auf die Mietkosten

03_03 ANSCHLUSS AN DEN BESTAND

Es existieren unterschiedliche Bestandsbauten vgl. Kapitel >02_02, daher ist bei Lösungsansätzen für Dachaufbauten Anpassung und Adaptabilität sehr relevant. Die drei relevantesten Typen (in Berlin):

1. Altbau aus der Gründerzeit und bis in die 1920er;
2. Nachkriegslückenfüller 1950er und 1960er;
3. Plattenbauten der 1960er bis 1980er.

Beim Anschluss an den Bestand ist insbesondere in drei Aktionsfeldern eine geeignete Antwort zu finden:

1. Die Formensprache des Dachaufbaus im Verhältnis zum Bestandsbau (vgl. die Tabelle in >02_02 (S.7));
2. Die statisch-konstruktive Lastableitung der (erhöhten) Dachlasten, die eng mit der Form zusammenhängt;
3. Die Gebäudetechnik des Dachaufbaus und des Bestandsbaus.

Für die Materialwahl sind die ersten beiden Aktionsfelder essenziell, während die Gebäudetechnik eine untergeordnete Rolle spielt. Exemplarisch seien hier die typischen Spannrichtungen von Berliner Altbauten dargestellt (Aktionsfeld Lastableitung) >Abb. 8.

Beim Anschluss an den Bestand können zwei grundsätzliche Strategien verfolgt werden:

1. Ein autarker Ansatz, bei dem Schnittstellen reduziert werden;
2. Ein integrativer Ansatz, bei dem Synergien zwischen Alt und Neu entstehen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über Beispiele für beide Strategien in den drei Aktionsfeldern.

Aktionsfeld	Autarker Ansatz	Integrativer Ansatz
Form	Bewusster Gegensatz zum Bestand, Alien auf dem Dach	Bewusste Anpassung an den Bestand, Fortführung der Formen- und Materialsprache
Statisch-konstruktive Lastableitung	Unabhängiger Lastabtrag (z.B. über vorstehende Fassade)	Ausnutzung der Tragreserven oder Verstärkung des Bestands
Gebäudetechnik	Nur notwendige Anschlüsse herstellen (Sanitär, Stromnetz), Heizung autark, Solarstrom für sich behalten	Integration der technisch aktuelleren Gebäudetechnik des Dachaufbaus mit der bestehenden (Stichwort Solarenergie)

Die Form des Dachaufbaus ist sehr relevant und sollte auf die statisch-konstruktiven Gegebenheiten des Bestands eingehen. Dies soll an einem simplen Beispiel verdeutlicht werden >Abb. 9: Nehmen wir an, dass der Dachaufbau eines Plattenbaus zwischen den beiden tragenden Außenwänden spannen soll. Der Dachaufbau spannt als Balken auf zwei Stützen. Wird der Dachaufbau eingerückt (A_ Rücksprung), entsteht eine hohe Momentenbelastung in Feldmitte. Bei B_ wird das System voll ausgenutzt, mit einer weiterhin hohen Momentenbelastung, aber alle Tragteile können zum Lastabtrag herangezogen werden. Bei C_ Auskragung wird das Feldmoment reduziert, die Stützmomente jedoch erhöht. Je nach Randbedingungen kann Variante C_ auch statisch-konstruktiv attraktiv sein, obwohl global deutlich höhere Lasten abgetragen werden.

Eine verteilte Lasteinleitung ist einer konzentrierten Lasteinleitung vorzuziehen, wenn Tragreserven vorhanden sind. Ist dies nicht der Fall und sind Bestandsverstärkungen nötig, sollte die Lasteinleitung möglichst konzentriert erfolgen, um die Anzahl der Eingriffe gering zu halten.

Im Folgenden sind drei Ansätze für den Lastabtrag zusammengestellt:

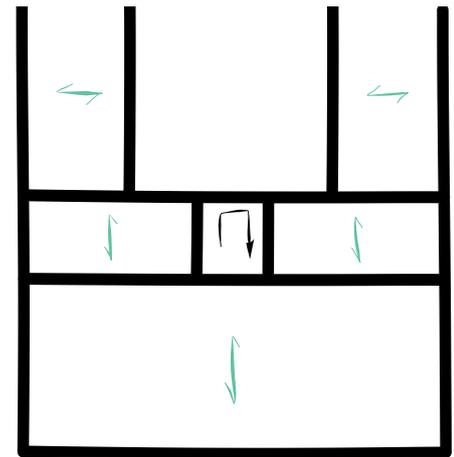


Abb. 8. Typische Spannrichtungen in einem Berliner Altbau (unten Haupthaus, oben Flügel)

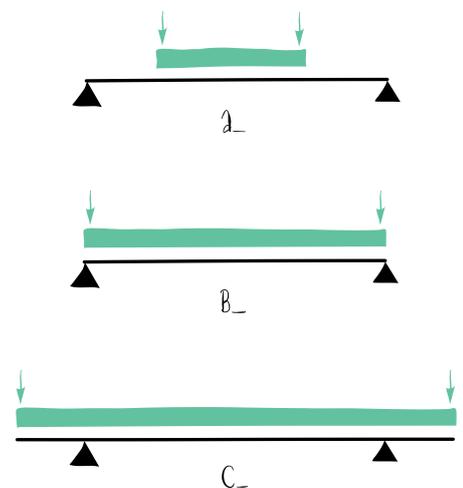


Abb. 9. Vergleich statischer Systeme je nach Form des Dachaufbaus

1. Nur Außenwände zum Lastabtrag heranziehen (einachsige spannendes Dach als Tragwerk), Rest abgehängt;
2. Oberste Decke global so verstärken, sodass eine freie Plattform entsteht, auf der fast beliebige Formen entstehen können;
3. Plattform auf die projektspezifischen Lastverteilungspunkte ausgelegt (als Rippendecke oder Fachwerk) > Zwischenebene als Verteilungsebene für Gebäudetechnik.

Die Konturen des Baus haben auch eine potenziell baurechtlich entscheidende Dimension > Abb. 10. Decken sich die Konturen des Ausbaus mit den Bestandskonturen, ist eine Baugenehmigung leichter zu erhalten als bei starken Abweichungen. Dies ist einzelfallabhängig, aber sicherlich bei denkmalgeschützten Gebäuden zu beachten.

03_04 BAUPROZESS UND BAUZEITEN

Dachaufbauten werden bis auf seltene Ausnahmen in der bereits bebauten Stadt errichtet. Die Baumaßnahme erfolgt meist in einem bewohnten Haus und stellt einen erheblichen Eingriff in das Leben der Bewohner und der Nachbarn dar. Werden Fußgänger- oder Straßenflächen als Baustelleneinrichtungsflächen in Anspruch genommen, ist auch für Passanten das normale Leben eingeschränkt.

Die Dauer dieses Eingriffs gilt es möglichst kurz zu halten und den Umfang des Eingriffs gering. Besonders relevant ist dabei der saisonale Faktor: Baustellen sollten möglichst nicht in limbo „überwintern“ und die Einschränkungen ohne Baufortschritt aufrechterhalten werden.

Besonders problematisch sind die folgenden Eingriffe:

- Lärmintensive Arbeiten, die oft zu Uhrzeiten stattfinden, die den Biorhythmus der Bewohner stören;
- Staubemissionen aufgrund der Auswirkungen auf Gesundheit, Natur und Mobiliar;
- Gerüste und Einhüllung von Fassaden, da diese besonders in den unteren Geschossen geringe Lichteinfall noch reduzieren;
- Straßensperrungen.

Alle diese Eingriffe sind im Vorhinein zu vermeiden, um die Akzeptanz des Bauvorhabens zu erhöhen.

Grundsätzlich sind daher Vorfertigung und schnelle Montage der sinnvollste Weg, einen Dachaufbau im bewohnten städtischen Gebiet zu realisieren. Wird das Dachgeschoss in eine größer angelegte Renovierung eingebunden (integrativer Ansatz > 03_03), dauert der Bau länger. Als wichtigste Anforderungen an Materialien sind an dieser Stelle zu nennen:

1. Leichtigkeit, um Transport und Einhub auf der Baustelle günstig und schnell zu halten;
2. Geringe Volumen beim Transport > Abb. 11;
3. Vorfabrikation mit hohem Detailgrad;
4. Guter und schneller Toleranzausgleich und schnelle Anpassungen an Überraschungen auf der Baustelle;
5. Geringer Vorlauf bei der Produktion, sodass zum Beispiel erst nach Erteilung der Baugenehmigung gefertigt wird.

An dieser Stelle sei noch erwähnt, dass ein erheblicher Engpass (mindestens in Berlin) die Baugenehmigungen sind. Formal ist ein Vierteljahr Bearbeitungszeit vorgesehen (Bauordnung), in der Realität ist dieses Ziel aber selten eingehalten. Da es sich für Eigentümer, Planer und Bauunternehmen um einen schwer beeinflussbaren Faktor handelt, wird an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen.

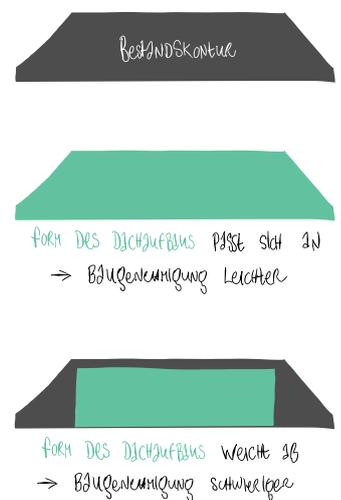


Abb. 10. Einfluss der Kontur des Dachaufbaus bei der Baugenehmigung

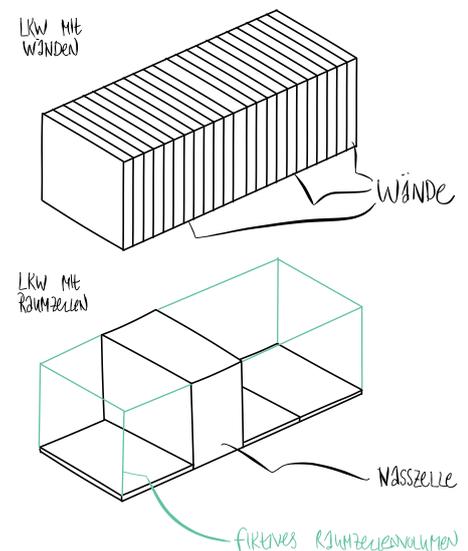


Abb. 11. Transport von Modulen und Luft

03_05 BAURECHTLICHE BESONDERHEITEN

Diese Herausforderungen sind relativ materialunabhängig, aber werden aufgrund ihrer hohen Relevanz genannt. Dazu gehören:

- Abstandsflächen – nutzungsabhängig (bei einer Bar gelten andere Abstandsflächen als bei einer Wohnung); bei Einbau eines Fahrstuhls können die Anforderungen an Abstandsflächen reduziert werden.
- Parkplatzangebot und Forderungen an vorzuhaltende Parkplätze.
- Kitaplätze.
- Gebäudeklasse – das Baumaterial muss für die Gebäudeklasse des neuen Gebäudes inklusive Dachaufbau geeignet sein. Holz ist ab Gebäudeklasse mit zusätzlichen Auflagen verbunden. Im Zuge der Holzhochhäuser erfolgt jedoch aktuell Änderung der Bauordnungen.

Auf eine umfassendere Darstellung wird an dieser Stelle verzichtet, da die Regulierung in Deutschland auf Landesebene erfolgt und in Berlin sogar auf Bezirksebene (nach der Gebietsreform Ende der 1990er Jahre). Die Oberste Bauaufsicht kann lediglich Ausführungsvorschriften, Entscheidungshilfen verabschieden und hat keinen Durchgriff und keine Weisungsbefugnis auf Bauaufsichtsbehörden der Bezirke. Letztere erteilen Baugenehmigungen und erstellen Bebauungspläne.

03_06 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die Wirtschaftlichkeit umfasst kostengünstig, erübrigt sich damit aber noch nicht, da in den Baukosten nur die aktuellen Preise abgebildet sind. Die Betrachtung des gesamten **Lebenszyklus** ist notwendig, aber quantitativ weiterhin sehr selten bei Bauvorhaben, weil die Unsicherheit sehr groß ist.¹ Materialien müssen in allen Lebensphasen kostengünstig sein:

1. Entstehung – Wachsender Baum
2. Aufarbeitung – Erstellen von Bauprodukten wie Brettsperholz
3. Verarbeitung – Fügen zu Bauteilen wie Wand
4. Konstruktive Realisierung – Aufstellen der Wand
5. Rückbau – Entfernen der Wand
6. Auflösung – Recycling, Upcycling, Downcycling, Entsorgung

Da quantitative Zahlen entweder nicht vorhanden oder nur schwer zugänglich sind, erfolgt meistens eine qualitative Beurteilung der Lebenszykluskosten. So wird zum Beispiel die teure Entsorgung von Wärmedämmverbundsystemen bei der Kaufentscheidung beachtet, jedoch nicht unbedingt in einer Lebenszyklusrechnung abgebildet. Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit im Rahmen dieses Berichts erfolgt daher ebenfalls qualitativ.

03_07 NACHHALTIGKEIT

Unter Nachhaltigkeit soll hier die Nachhaltigkeit des Materials verstanden werden und nicht die Nachhaltigkeit des Dachaufbaus, die noch von vielen weiteren materialunabhängigen Faktoren abhängt. Unter letztere fallen beispielsweise Aspekte der soziale Nachhaltigkeit wie Schutz der sozialen Diversität in den Stadtbezirken. Relevant auf Materialebene sind:

- Geringe Emissionen im gesamten Lebenszyklus (CO₂-Fußabdruck), vgl. Lebenszyklus unter > 03_06
- Energieeffizienz im gesamten Lebenszyklus
- Ressourcenverbrauch insbesondere zu Beginn des Lebenszyklus

1 Vertiefend zu diesem Thema vgl. z.B. wissenschaftliche Arbeiten von Girmscheid et al.

- Kreislauffähigkeit am Ende der Nutzungszeit

03_o8 ADAPTABILITÄT UND LANGLEBIGKEIT

Dachaufbauten stehen emblematisch für die Anforderung an Bauten, flexibel zu bleiben. Die Wünsche an Städte werden sich weiter verändern und die heutigen Bauten sollten in ihrem eigenen Fortbestandsinteresse adaptabel sein. Im Dachaufbau bedeutet dies zum Beispiel, dass Bauten

- veränderbar sind;
- vergrößerbar sind;
- verkleinerbar sind;
- rückbaubar sind.

So sind die Gründerzeitbauten meist überbemessen und bergen daher heute noch viel Reserven, während die Nachkriegsfüller sehr knapp ausgelegt wurden und nun mehr Verstärkungsmaßnahmen erfordern. Reservenmaximierung widerspricht jedoch den Nachhaltigkeits- und Wirtschaftlichkeitszielen.

Die Vorhersehbarkeit von zukünftigen Anforderungen und Wünschen an Neubauten ist sehr beschränkt. Konzepte, die dem späteren Weiterbau bereits einen Rahmen vorschreiben, sind daher auch oft zum Scheitern verurteilt. Maximale Flexibilität auf Materialebene bedeutet, dass

- nachträglich materialgerecht konstruktive Anschlüsse möglich sind;
- Tragreserven vorhanden sind oder die Konstruktion ohne unverhältnismäßige Eingriffe verstärkt werden kann.

04_ MATERIALIEN UND BAUWEISEN

Im folgenden Kapitel werden für Dachaufbauten bereits genutzte oder prinzipiell geeignete Materialien und mit ihnen gekoppelt Bauweisen vorgestellt. Für jedes Material werden beispielhafte Lösungen präsentiert oder Lösungsansätze skizziert. Dem Herstellungsprozess wird dabei besonderes Augenmerk zuteil.

Zum Ende des Kapitels werden in Abschnitt > 04_11 Materialien und Anforderungen in einem Raster gegenübergestellt.

Vorab sei noch angemerkt: Das günstigste Material von allen ist der Raum – seine Nutzung ist vor allem eine architektonische Frage und doch ermöglichen (oder verhindern) Materialien die Nutzung des Raumes. Daher wird den einzelnen Materialien noch ein Abschnitt vorangestellt, in dem materialübergreifende Ansätze beim Dachaufbau diskutiert werden, die die Nutzung des Raumes stark beeinflussen.

04_01 MATERIALÜBERGREIFENDE ANSÄTZE

Für alle Materialien gilt es die folgenden Entscheidungen zu treffen.

1. Will man eine Plattform über der Bestandsdecke (1a), auf der man frei und möglichst unabhängig von den Bestandswänden agieren kann oder orientiert man sich stark an den gegebenen Bestandswänden (1b)?
2. Baut man komplett vor Ort (2a), mit vorgefertigten Bauteilen wie Wänden und Decken (2b), mit vorgefertigten Modulen (2c) oder setzt man den gesamten Dachaufbau als ein Modul auf das Dach (2d)?

Mit der Option 1a sind alle Baumethoden (2a–2d) möglich, mit der Option 1b wird es desto schwieriger je höher der Grad der Vorfertigung ist.

Der Grad der Vorfertigung ist nach der Nutzung differenzierbar, so könnte z.B. die Nasszelle als fertiges Modul montiert werden, während alle andere Teile, deren Volumen dann vor allem aus Luft besteht, als Wände und Scheiben vorgefertigt und angeliefert werden.

Für das Tragwerk auf dem Dach gibt es prinzipiell die folgenden vier Ansätze, vgl. > Abb. 12:

1. Tragwerk folgt dem Bestand, Wände in Flucht der Bestandswände, Form des Dachaufbaus analog Bestand;
2. Tragwerk weicht vom Bestand ab und zwischen Dachtragwerk und Bestandstragwerk vermittelt eine die Lasten verteilende Zwischenschicht;
3. Tragwerk überspannt die Bestandsdecke und ruht auf den bestehenden Außenwänden; der Dachaufbau wird flexibel von diesem Tragwerk abgehängt;
4. Tragwerk überspannt den Bestand und ist separat gegründet mit zusätzlicher vertikaler Lastabtragung.

Für den Fall 2 könnte eine lastverteilende Plattform entweder stark gerastert sein oder parametrisch an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst sein, vgl. > Abb. 13.

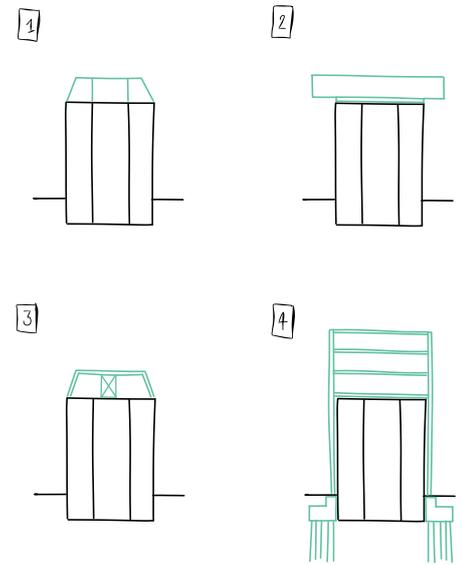


Abb. 12. Vier Tragwerksansätze für den Dachaufbau

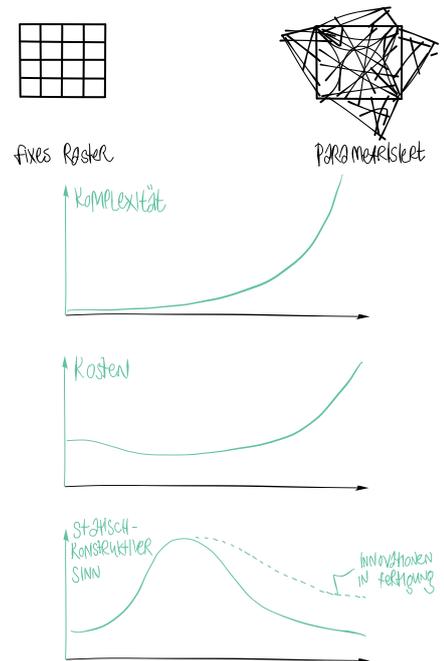


Abb. 13. Gegenüberstellung gerastertes vs. parametrisiertes Dachfachwerk

04_02 HOLZ ALLGEMEIN

Holzwerkstoffe sind im Dachaufbau bereits weit verbreitet. Als zentrale Vorteile des Holzbaus sind zu nennen, vgl. Kaufmann 2017:

- Geschwindigkeit im Bau
- Modularisierung der Bauteile, von abgebundenen Einzelteilen wie Stützen und Trägern über vorgefertigte Elemente wie Wände oder Decken bis zu komplett vormontierten Raumzellen kann alles mit Holzmaterialien hergestellt werden (vgl. >Abb. 16)
- Schutz der Baustelle vor Witterung hochrelevant für die Werkstoffe, wovon der Bestand profitiert (Notdach, Zusatzgerüste oder einer Abdichtung auf der oberen Geschossdecke)

Die folgenden Holzbauweisen können immer verbunden werden mit stabförmigen Holzteilen wie Stützen und Balken. Am Ende der Abschnitte wird ein Vergleich der verschiedenen Holzbauweisen präsentiert.

04_03 HOLZTAFELBAUWEISE

Die Holztafelweise ist wegen ihres geringen Gewichts und der einfachen Fügung beliebt. In der Vorfertigung ist sie erprobt und verbreitet, da der Umfang vorzuhaltender Maschinen begrenzt ist. Insbesondere die Holztafelbauweise ist allen Zimmermannsbetrieben geläufig, vgl. Gespräch mit Firma Opitz >07_02e (S.40). Ein weiterer Vorteil für die Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz ist die hohe Montagegeschwindigkeit dieser Dachaufbaulösung.

Im Bereich der parametrischen Automatisierung ist die Holztafelbauweise jedoch schlechter geeignet als andere Holzbauweisen. So ist man typischerweise an das Rastermaß 62⁵ cm gebunden (Breite von Plattenwerkstoffen).

In Bezug auf das Tragwerk ist insbesondere bei Wänden die sehr effiziente Verwendung aller Baustoffe hervorzuheben: Konstruktionsvollholz (KVH) als Stab tragend, Holzwole als Dämmung, Plattenwerkstoffe als Scheibe. Bei Decken tragen die Plattenwerkstoffe als Platten, während das KVH als Balken eingesetzt wird. Eine biaxiale Tragwirkung ist durch einen Trägerrost realisierbar, dessen Details jedoch schwierig auszubilden sind.

Bei Kombination des Dachaufbaus mit einer Fassadenertüchtigung hat die Holztafelbauweise den Vorteil, „dass der Übergang von der Fassade zur Dachkonstruktion wärmebrückenfrei und die Ausbildung der Schnittstelle durch ein und dasselbe Gewerk erfolgt.“ (Kaufmann 2017)

Abb. 16. Grad der Modularisierung (oben abgebundene Einzelteile, mittig vorgefertigte Elemente, unten vorgefertigte Raumzellen)
Kaufmann 2017 (S. 114)

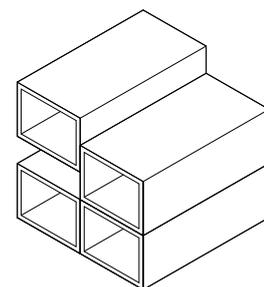
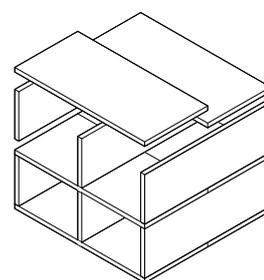
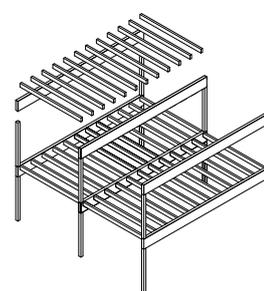


Abb. 14. Holztafelwand
Kaufmann 2017 (S. 52)



Abb. 15. Holzbalkendecke
Kaufmann 2017 (S. 58)



04_04 HOLZMASSIVBAUWEISE (BRETTSPERRHOLZ)

Bei der Holzmassivbauweise werden flächige Bauteile (vor allem aus Brettsperrholz) wie Wände und Decken und bereits werkseitig ausgeschnittenen Öffnungen für Fenster und Türen genutzt. Die Bauweise weist gegenüber der Holztafelweise höhere Montagegeschwindigkeiten auf, da der Großteil der Herstellung in der witterungsgeschützten Fabrik erfolgt. Die Abhängigkeit von saisonalen Montagezeiten ist reduziert. Mit dem hohen Vorfertigungsgrad gehen auch erhöhte Anforderungen an präzise Planung einher. Die flächige Tragwirkung ermöglicht gerade bei Decken höhere statisch-konstruktive Effizienz und größere Spannweiten. In den Dimensionen und Formen ist die Bauweise durch die zur Verfügung stehenden Maschinen und den möglichen Transportvolumen determiniert. Die typischerweise rechteckigen Module können konstruktiv gesehen auch von dieser eingeschränkten Geometriesprache abweichen.

In Bezug auf die Nachhaltigkeit ist der Verlust der ausgeschnittenen Teilen (Fenster, Türen) als negativ anzukreiden, allerdings sind die Kleberanteile bezogen auf das Bauteilgewicht deutlich geringer als z. B. bei OSB, welcher als Plattenwerkstoff bei der Holztafelbauweise zum Einsatz kommt ($7,5 \text{ kg/m}^3$ vs. $42,1 \text{ kg/m}^3$, Kaufmann 2017).

Nachteilig ist, dass nicht alle Zimmermannsbetriebe mit der Bauweise vertraut sind bzw. auf die notwendigen Maschinen zugreifen können. Unvorhergesehene Anpassungen an den Bestand vor Ort vorzunehmen ist ebenfalls schwierig.



Abb. 17. Brettsperrholzwand
Kaufmann 2017 (S. 54)



Abb. 18. Brettsperrholzdecke
Kaufmann 2017 (S. 62)



Abb. 19. Brettstapeldecke
Kaufmann 2017 (S. 57)

04_05 HOLZ-BETON-VERBUND

Für Decken kommt ebenfalls die Holz-Beton-Verbund-Bauweise (HBV) in Betracht. Der Beton kann entweder vor Ort eingebracht werden (Ortbeton), teilweise im Werk mit Restbetonage bauseits (Halbfertigteile) oder es wird nur werkseits betoniert (Fertigteile). Bei der Nutzung von Ortbeton ist die Bauzeit stark erhöht und der Beton in die Höhe zu pumpen. Außerdem ist das Schwindverhalten nachteilig. Bei Fertigteilen ohne Ortbetonage ist das stark erhöhte Transportgewicht zu beachten und eine geeignete kraftschlüssige Verbindung der Bauteile bauseits zu entwickeln.

Folgende Vorteile bietet die Holz-Beton-Verbund-Decke:

- Erhöhte Querkraft-Tragfähigkeit im Auflagerbereich, vgl. >Abb. 20;
- Bessere Schallschutzeigenschaften;
- Bessere Schwingungseigenschaften;
- Erhöhung der Brandsicherheit;
- Schutz der Holzbauteile vor Feuchtigkeit und Witterung.

04_06 WEITERE HOLZBAUWEISEN UND VERGLEICH HOLZ

Mit den stabförmigen Bauteilen können ebenfalls Dachaufbauten erstellt werden, z. B. als Skelettbau in Holzbauweise oder als Rahmen in Kombination mit plattenförmigen Bauteilen, wie in >Abb. 23 gezeigt. Zum Brandverhalten von Holzwerkstoffen sei festgehalten, dass sie brennbar sind, jedoch lange resttragfähig bleiben, vgl. >Abb. 22. Resttragfähigkeit wird in einer Heißbemessung nachgewiesen. Für Dachaufbauten bedeutet dies, dass in Räumen, die als Fluchtwege genutzt werden (keine brennbaren Materialien), keine Holzwerkstoffe zum Einsatz kommen dürfen. Ausreichend zur Sicherstellung der Nicht-Brennbarkeit ist z. B. eine einfache oder doppelte, fachgerecht installierte Gipskartonbeplankung der Holzwand. Je dichter das Holz, desto geringer ist die Abbrandrate. Im Einzelfall können auch sichtbare Holzoberflächen in diesen Räumen eingesetzt werden, wenn eine ausreichend geringe Abbrandrate gewährleistet ist.

Die auf der nächsten Seite reproduzierten Vergleiche dokumentieren die Eigenschaften der verschiedenen Holzbauweisen. Auf einige wurde hier aus Platzgründen nicht näher eingegangen.



Abb. 22. Querschnitt KVH nach Brandbeanspruchung
Kaufmann 2017 (S. 75)



Abb. 20. Detail Auflager Decke HBV
Kaufmann 2017 (S. 42)

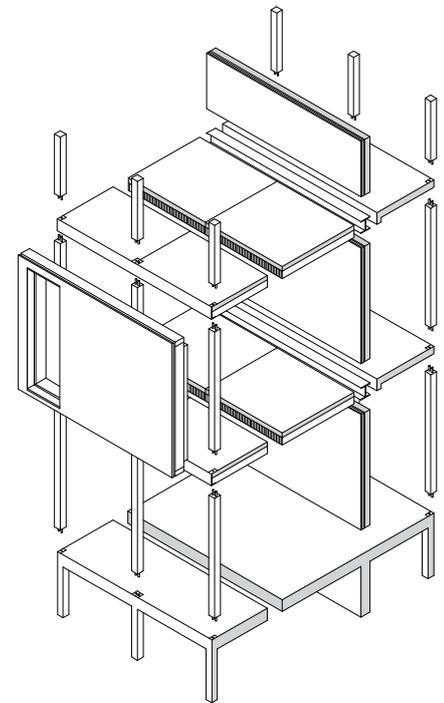


Abb. 21. Explosionszeichnung eines typischen HBV-Gebäudes
Kaufmann 2017 (S. 42)



Abb. 23. Dachaufbau der Berlin Metropolitan School, Berlin-Mitte
Züblin Timber

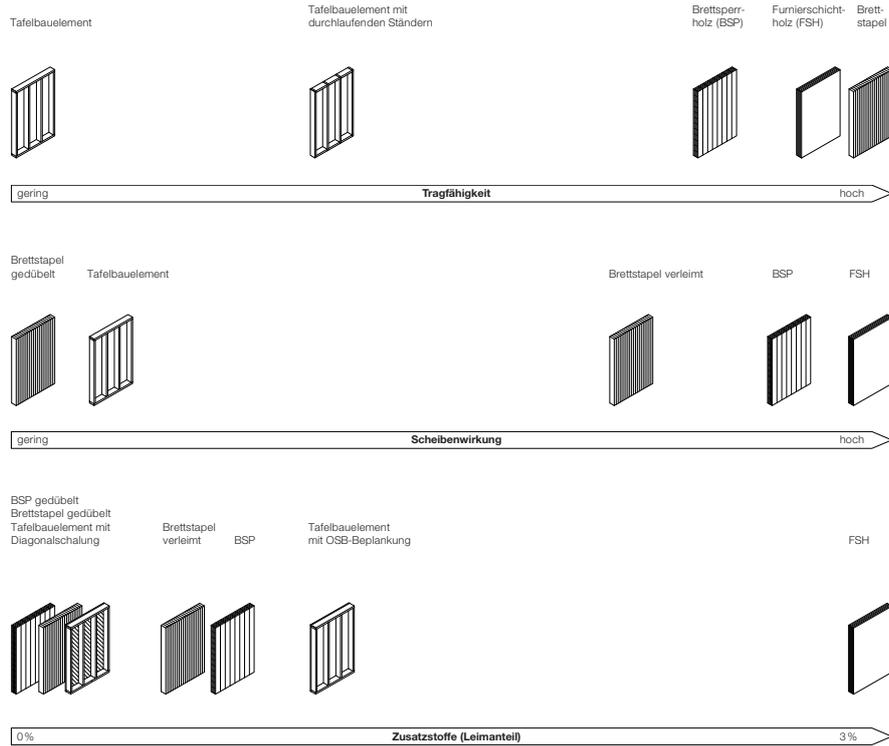


Abb. 24. Vergleich verschiedener Holzbauteile (Wände)
Kaufmann 2017 (S. 66 f.)

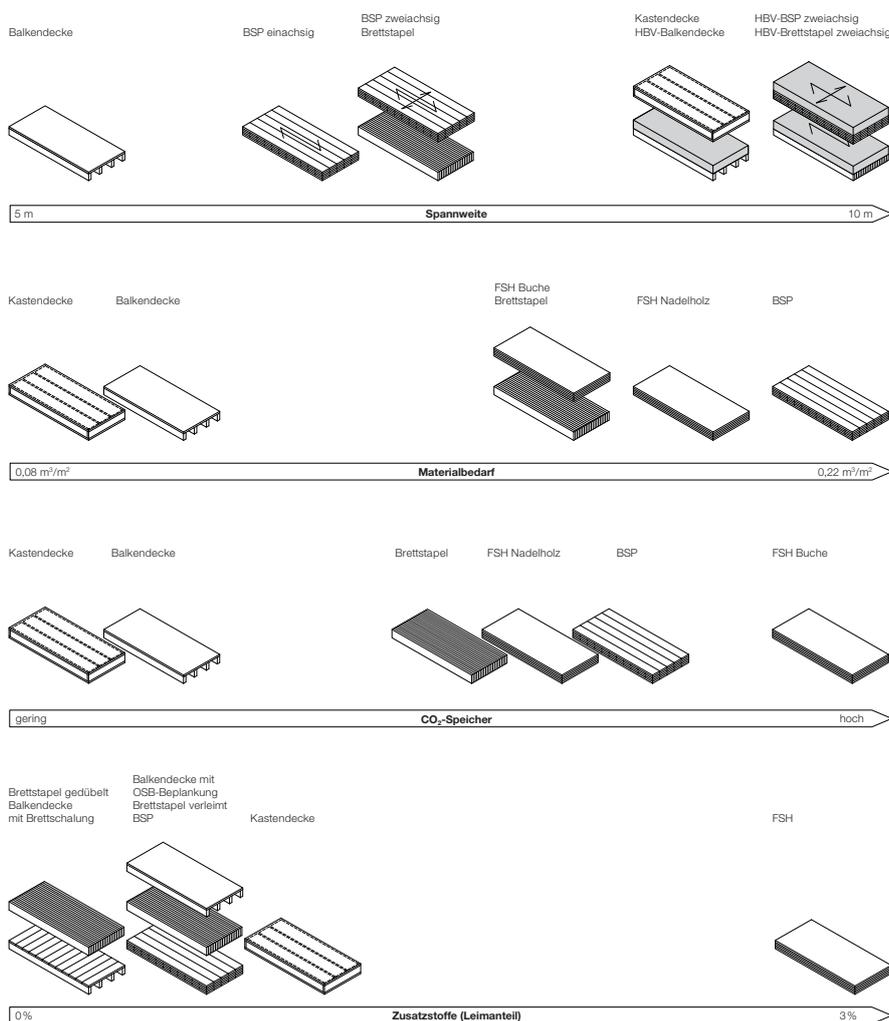


Abb. 25. Vergleich verschiedener Holzbauteile (Decken)
Kaufmann 2017 (S. 66 f.)

04_07 INFRALEICHTBETON

Eine Alternative zu Holzwerkstoffen ist Infraleichtbeton (ILC = Infralightweight concrete), ein Material, das noch nicht für Dachaufbauten genutzt wurde, aber aufgrund der folgenden Eigenschaften in Einzelfällen interessant sein könnte:

- Dämmung, Tragwerk und Witterungsschutz in einem;
- Sichtbetonqualität;
- Relativ geringes Gewicht (im Vergleich zu Normalbeton, nicht im Vergleich zu Holzbauweisen).

Infraleichtbeton könnte vor Ort betoniert oder in Form von Fertigteilen montiert werden. Denkbar wäre bei Fertigteilen auch eine Kombination mit Stahl- oder Holzbauteilen, um die Montage effizient zu gestalten. Um die Qualität der Betonage besser zu kontrollieren, ist eine Fertigteillösung wahrscheinlich zu bevorzugen. Zudem können so Schwindefekte werkseits abklingen.

An dieser Stelle seien zwei Typologien angedacht, vgl. > Abb. 26:

1. Kastenartige Elemente aus Infraleichtbeton, die mit Stahleinlagen oder Holzrahmen (abgebildet) verbunden werden;
2. Auf Rahmentragwerken ruhende Infraleichtbetonschalen, die in Querrichtung einaxial spannen und als aussteifende Scheibe wirken, z.B. als Tonnenschale.

Für mehrgeschossige Dachaufbauten könnten HBV-Decken mit Wänden aus Infraleichtbeton zum Einsatz kommen.

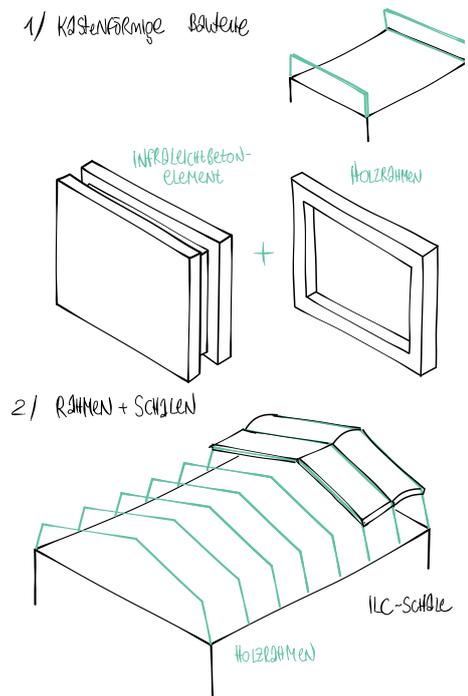


Abb. 26. Zwei denkbare Ansätze mit Infraleichtbeton

04_08 STAHLSCHELETTBAUWEISE

Statt stabförmigen Holzbauteilen können auch stabförmige Stahlbauteile zum Einsatz kommen. Sie sind tragfähiger und teurer. Daher kommen sie als grundsätzliches Tragsystem vor allem bei Dachaufbauten in Frage, bei denen mehrere Stockwerke mit großen Spannweiten aufgestockt werden. Sie können auch genutzt werden, um analog den oben skizzierten Rahmen über den Bestand zu spannen, wobei für die aufgestockten Etagen freie Grundrisse entstehen.

04_09 GLASHÜLLE

In Verbindung mit einer Stahlskelettbauweise, aber auch mit einer Holzskellettbauweise oder als eigenständiges Tragsystem ist eine Glashülle angedacht, die den Bestand allseitig umhüllt. Alternativ könnte sie auch nur den Dachausbau verhüllen.

Kombinierbar wäre die Glashülle mit vertikalen Gärten und ‚Urban Gardening‘, wobei ein großer gemeinschaftlicher Wintergarten mitten in der Stadt entstehen würde, siehe nebenstehenden Skizzen.

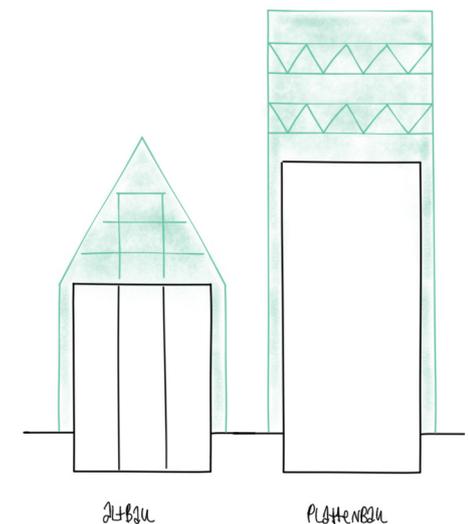


Abb. 27. Glashaus als zweite Haut, Urban Gardening mit minimaler Verschattung der Nachbarhäuser

04_10 WEITERE MATERIALIEN UND BAUWEISEN

Klassisches Mauerwerk wird bauseits errichtet. Es ist aufgrund der hohen Bauzeiten auf dem Dach nur noch selten anzutreffen. Allerdings kann es in Ausnahmefällen eine interessante Lösung sein, wenn zum Beispiel das Dach nicht mit einem Kran erreichbar ist oder die architektonische Gestaltung danach verlangt.

Lehm könnte ähnlich wie Infraleichtbeton in einem vorgefertigten Kasten-Verbund-System zum Einsatz kommen. Dabei hätte er den Vorteil höherer Ressourcenschonung und Energieeffizienz, jedoch den Nachteil, relativ witterungsempfindlich zu sein und geringe Tragfähigkeit aufzuweisen.

Faserverbundmaterialien werden nur in Ausnahmefällen mit sehr hohen Anforderungen oder sehr tiefen Taschen eine Rolle spielen.

keine speziellen Vorteile bieten, etc. Carbon-Sandwich-Platten mit integrierter Dämmung sind sehr leicht, ihre hohe Tragfähigkeit wird aber im Regelfall nicht benötigt, dazu sind sie sehr teuer und am Ende des Lebenszyklus als Sondermüll zu behandeln.

Karton ist eine Alternative zu manchen Holzwerkstoffen, bieten ihnen gegenüber konstruktiv jedoch keine entscheidenden Vorteile und wurde daher nicht näher untersucht.

04_11 RASTER

Die folgende Tabelle ist eine zusammenfassende Gegenüberstellung der einsetzbaren Materialien und Bauweisen einerseits und der an sie gestellten Anforderungen im Dachaufbau andererseits.

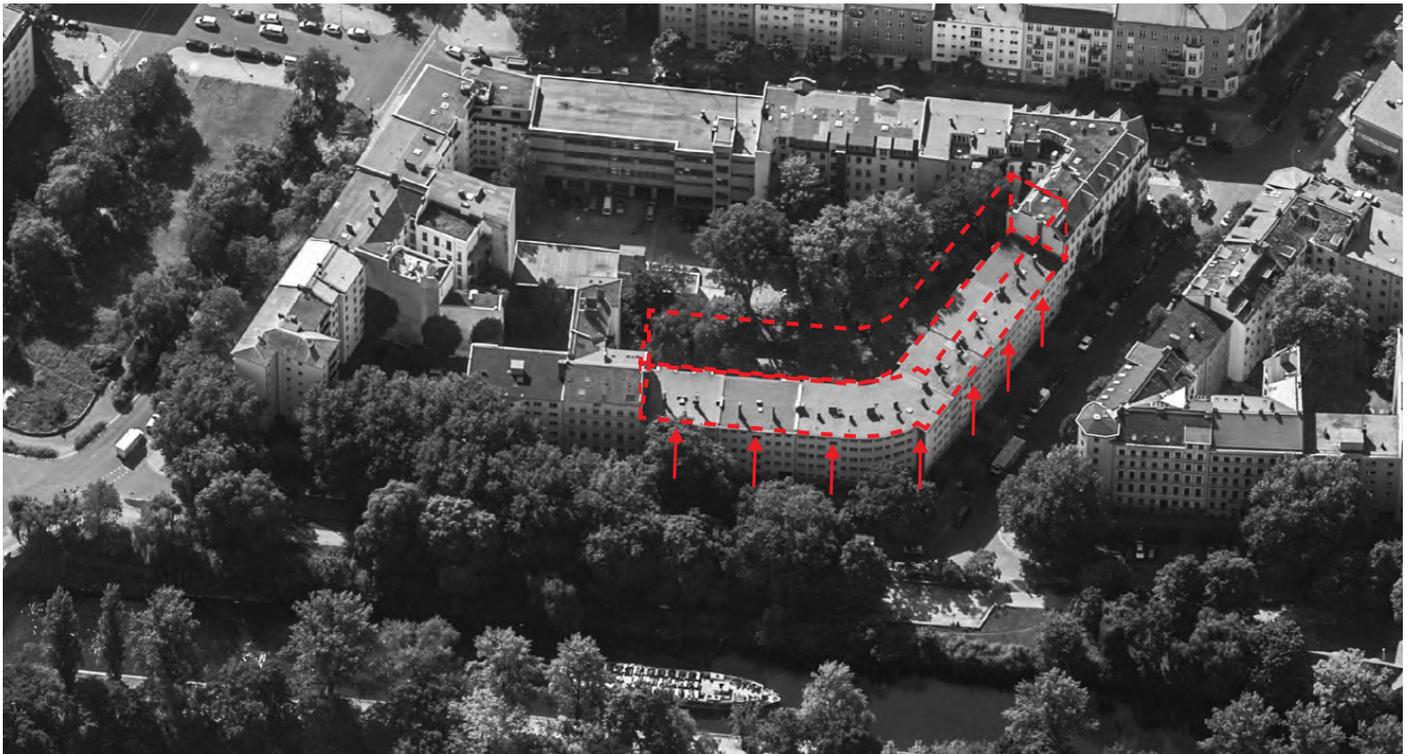
ANFORDERUNG	Brandschutz, Fluchtwege und Erschließung	Bauphysik und Baukonstruktion	Anschluss an den Bestand	Bauprozess und Bauzeiten	Wirtschaftlichkeit	Nachhaltigkeit	Adaptabilität und Langlebigkeit
MATERIAL							
Holztafelbauweise	o Wände zu verkleiden	++ In Zwischenräumen Dämmung integriert	++ Flexibel anschließbar	++ Hoher Grad an Vorfertigung	++ Sehr günstig, weit verbreitet	++ Nachwachsende Baustoffe, geringer Energieaufwand	+ Weiterbau machbar, Reserven gering, Verstärkung möglich
Holzmassivbauweise	o Wände zu verkleiden	+ Dämmung flexibel außenseitig	+ Bei guter Vorplanung komplett flexibel	++ Sehr hoher Grad an Vorfertigung	+ Günstig, spezielle Betriebe	++ Nachwachsende Baustoffe, geringer Energieaufwand	+ Weiterbau machbar, Reserven gering, Verstärkung möglich
Holz-Beton-Verbund	+ Wände zu verkleiden, Beton nicht brennbar	+ Schallschutz Decken gegeben	++ Flexibel anschließbar	+ Kann vorgefertigt werden, bei Ortbeton –	+ Günstig, spezielle Betriebe	+ Je höher Holzanteil, desto nachhaltiger	o Weiterbau machbar, Reserven gering, Verstärkung möglich
Mauerwerk	++ Nicht brennbares, erprobtes Material	– Dämmung außenseitig, typisch Wärmedämmverbundsysteme	+ Flexibel anschließbar, Kontinuität Material Altbau	-- Lange Bauzeiten	+ Sehr günstig, aber auf Dach potenziell hohe Lohnkosten	-- Wärmedämmverbundsysteme erforderlich	– Geringe Reserven, Verstärkung aufwändig
Infraleichtbeton	++ Nicht brennbar, vsl. standfest im Brandfall	+ Dämmung und Witterungsschutz im Tragwerk integriert	– Spezielle Details nötig	+ (Fertigteile) -- (Ortbeton)	-- Sehr teuer, da unerprobt und kein Serienprodukt	– Zusatzstoffe und -mittel mit hohem Energieaufwand	– Adaptabilität ungeklärt, keine Langzeiterfahrungen
Stahlskelettbauweise	– Stahl verliert Tragfähigkeit	– Stahl Wärmebrücke	++ Materialgerechte Details Standard	+ Hohe Gewichte, sehr hoher Grad an Vorfertigung	– Stahlbauteile sehr teuer	– Hoher Energieaufwand	++ Weiterbau simpel, Reserven oder Verstärkung simpel
Glashülle	o Nicht brennbar, Details schwierig	– Doppelte Verglasungen teuer	– Spezielle Details nötig	– Schwierige Montage, empfindlich	-- Glas sehr teuer, Details teuer	– Hoher Energieaufwand	– Weiterbau wsl. nicht möglich; sehr langlebig

05_ FALLSTUDIE AM LANDWEHRKANAL

In Zusammenarbeit mit dem Architekten Ashkan Cheheltan entstand im Laufe dieser Forschungsarbeit eine Fallstudie, bei der Dachaufbauten auf benachbarten Gebäuden am Berliner Landwehrkanal entworfen wurden. In diese Fallstudie flossen die Erkenntnisse ein, die in den vorherigen Kapiteln dokumentiert sind.

Die Gebäude wurden in den 1950er Jahren gebaut und waren typische Nachkriegsfüller. Das unten stehende Satellitenbild zeigt die Lage des Projekts am Carl-Herz-Ufer und die Straßenansicht im Jahre 2018. Der betrachtete Block besteht aus einer heterogenen Mischung von Gründerzeitbauten, teilweise mit ausgebauten Dachgeschossen; Nachkriegslückenfüllern, in einem Fall mit Dachaufbau, sonst ohne; Baulücken und einer Feuerwehration aus den 1960er/70er Jahren. Der Innenhof ist bis auf wenige verbliebene Seitenflügel und Garagen frei und sehr grün. Die betrachteten Häuser sind auffällig niedriger als die benachbarten Altbauten und grün sowohl zum Innenhof als auch zur Straße hin.

Abb. 28. Lage der Fallstudien-Gebäude in Satellitenbild (Blick aus Norden) und Fotokollage der Straßenansicht
Cheheltan 2018



05_01 TYPOLOGISCHE EINORDNUNG

Zunächst werden die Gebäude typologisch analog der Merkmale im Kapitel >02 (S.4) eingeordnet:

- Baujahr 1955.
- 5 Geschosse.
- Gebäudeklasse 5 > Die Verwendung von Holz als tragendes Material ist nur mit Sonderauflagen genehmigungsfähig.
- Flachdach aus Stahlbeton > Ohne Verstärkungen ist das Dach nicht tragfähig für einen Dachaufbau.
- Geschossdecken aus Stahlbeton mit Verbundestrich.
- Tragende Wände und Fassade aus Mauerwerk, 24–30 cm > geringe bis keine Tragreserven.
- Keine Wärmedämmung und einfache Verglasung > EnEV-Standards sind für den Bestand nicht erfüllt.
- Kein Denkmalschutz > An die Fassadengestaltung werden keine besonderen Anforderungen gestellt.
- Niedrige lichte Geschosshöhen und funktionale, kleinteilige, gekammerte Grundrisse, Unterteilung mit nichttragenden Wänden, geringe Spannweiten und Raumtiefen, keine Balkone, vgl. >Abb. 29 > Bestandswohnungen weisen relativ niedriges Komfortniveau auf, daher werden verhältnismäßig geringe Mieten für eine sehr attraktive Wohnlage angeboten.
- Sehr viel Lichteinfall auf Straßen- und Hofseite.

Es handelt sich um typische Nachkriegsfüller. Die Kombination dieser Charakteristika macht die Gebäude gemeinsam zu sehr geeigneten Objekten für eine Nachverdichtung über Dachaufbauten.

Abb. 30. Modell des Bestands und des Entwurfs, Blick von der Südseite mit offenen Bestandsgrundrissen und der zweiten Haut-Fassade auf der Hofseite

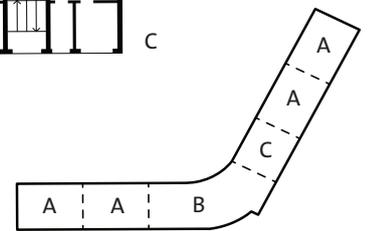
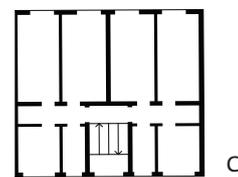
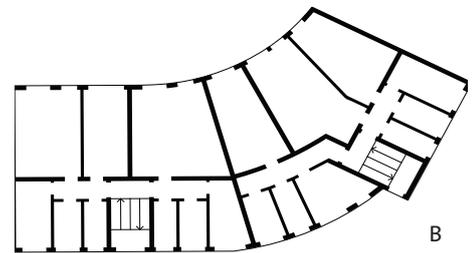
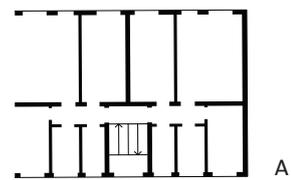
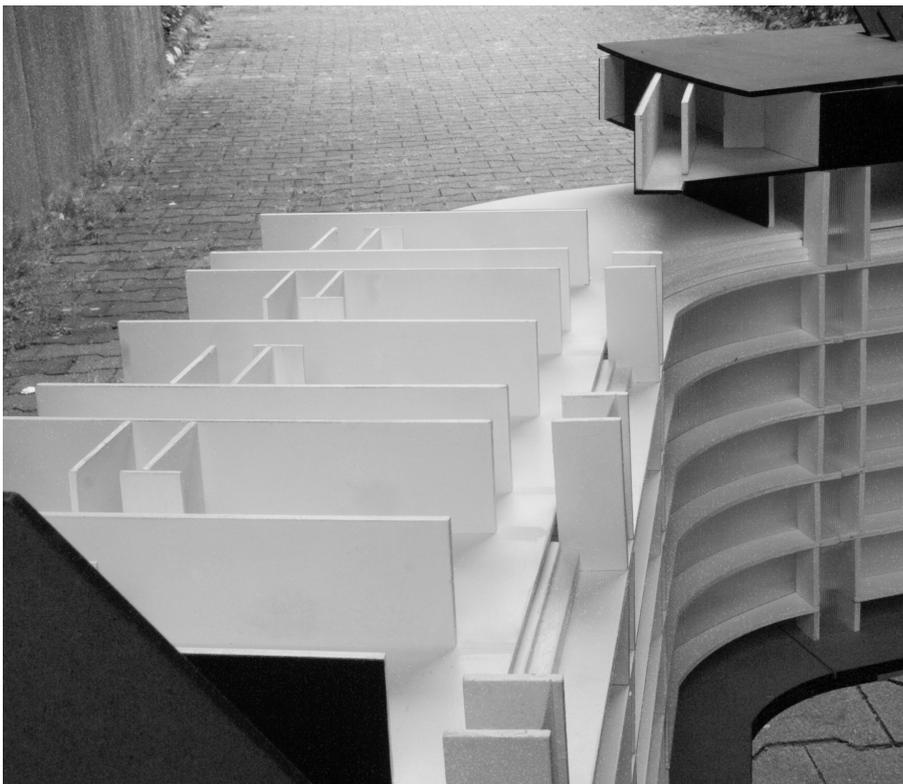


Abb. 29. Typen-Grundrisse der Bestandsgebäude

Abb. 31. Modell des Entwurfs: Blick entlang der Straßenseite



05_02 HERAUSFORDERUNGEN UND ANTWORTEN

Im folgenden Abschnitt wird auf die Besonderheiten bezüglich der in Kapitel >03 (S.12) formulierten Herausforderungen eingegangen.

Es wird aufgrund der oben genannten Charakteristika eine autarke Strategie für den statisch-konstruktiven Lastabtrag verfolgt. Bezüglich der Interaktion mit dem Bestand wurde ein integrativer Ansatz verfolgt. Die Gebäudetechnik wird ebenfalls integrativ gedacht.

Relevant für die Material- und Bauweisenentscheidung war vor allem die Entscheidung, die Lasten der Dachaufbauten außerhalb der bestehenden Tragstrukturen abzutragen. So kann auf aufwendige Verstärkungsmaßnahmen verzichtet werden und vor allem eine attraktive zweite Haut als Pufferzone zwischen Außen- und Innenraum für die Bestandswohnungen auf der Hofseite entstehen. Mit dieser Lösung werden Bauzeiten kurz gehalten, einer vertikalen Stratifizierung vorgebeugt, Eingriffe in den Bestand reduziert, erhöhte Energieeffizienzstandards im Betrieb erfüllt und die Wohnungen des Bestandes aufgewertet.

Durch die Lage mehrerer ähnlich gebauter Häuser nebeneinander können die Dachaufbauten außerdem zum integrativen Faktor in der Nachbarschaft werden. Auf dem Dach sollen nicht nur neue Wohnungen, sondern vor allem auch gemeinschaftlich nutzbare Flächen entstehen. Die Fluchtwegfrage kann über die Nutzung der verschiedenen Bestandstreppehäuser gelöst werden. Zu beachten ist hier natürlich, dass die einzelnen Häuser heute getrennte Bauabschnitte darstellen, die jeweils durch Brandwände getrennt sind. Diese Trennung wird durch diese Lösung aufgehoben. Die Erschließung der oberen Geschosse wird auf der Hofseite zusätzlich zu den Bestandstreppehäusern über Aufzüge realisiert, welche ebenfalls die Bestandsetagen bedienen. Im besten Fall bringt der Dachaufbau die Nachbarn dazu, sich zu einer Gemeinschaft zusammenzuschließen.

Abb. 32. Konzept Black Box
Cheheltan 2018

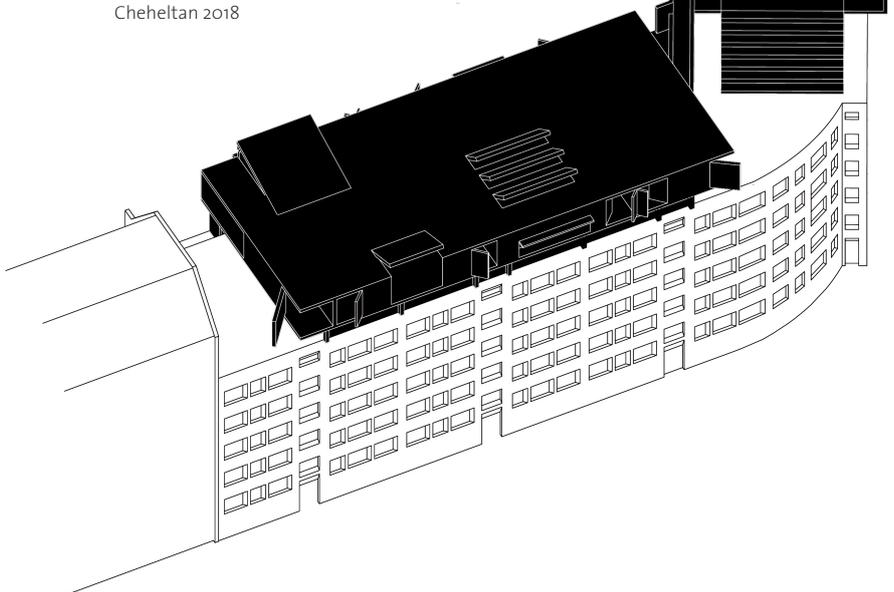


Abb. 33. Rendering des entworfenen Dachaufbaus
Cheheltan 2018

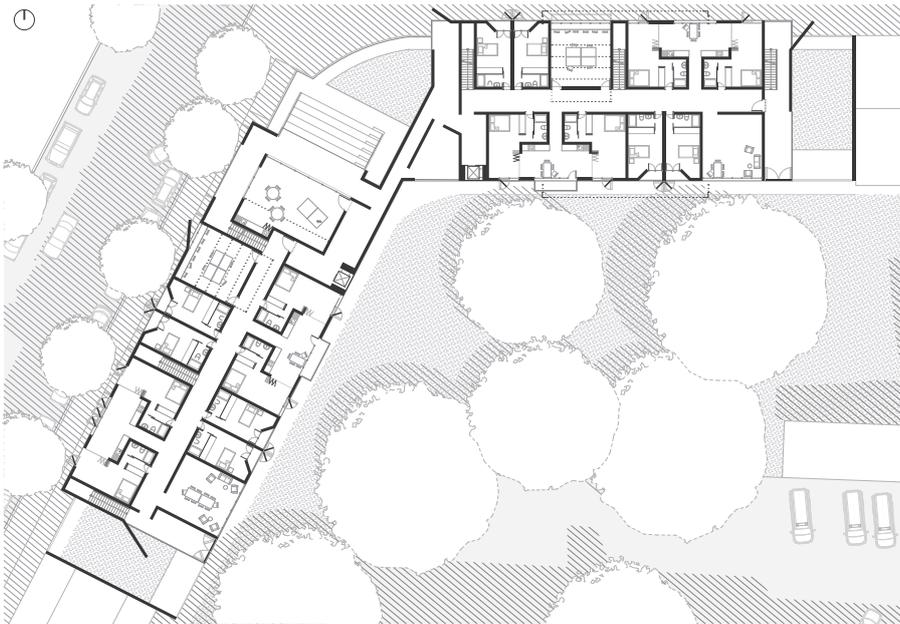


Abb. 34. Grundriss des Dachaufbaus
Cheheltan 2018

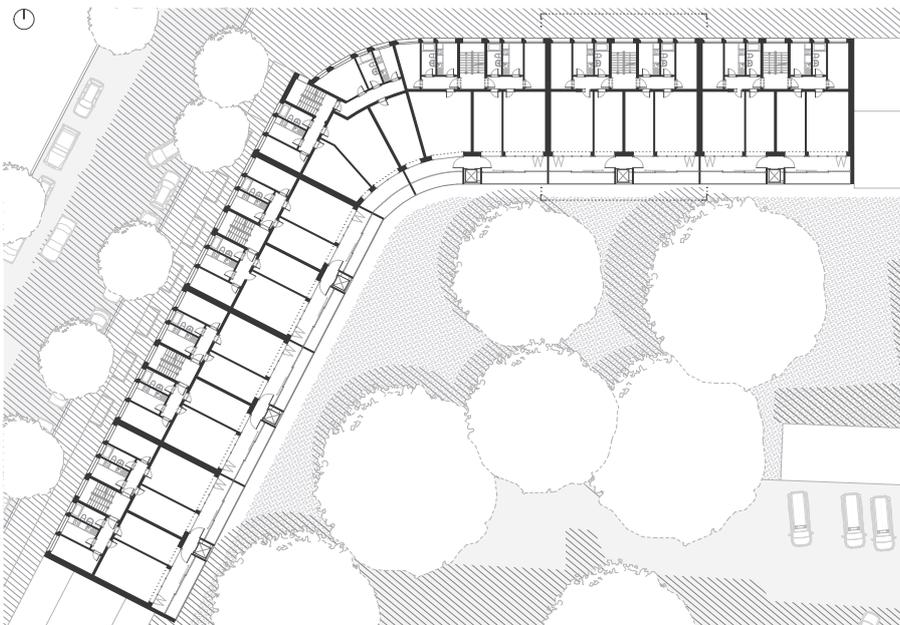


Abb. 35. Grundriss des Bestands, 1. bis
4. OG
Cheheltan 2018

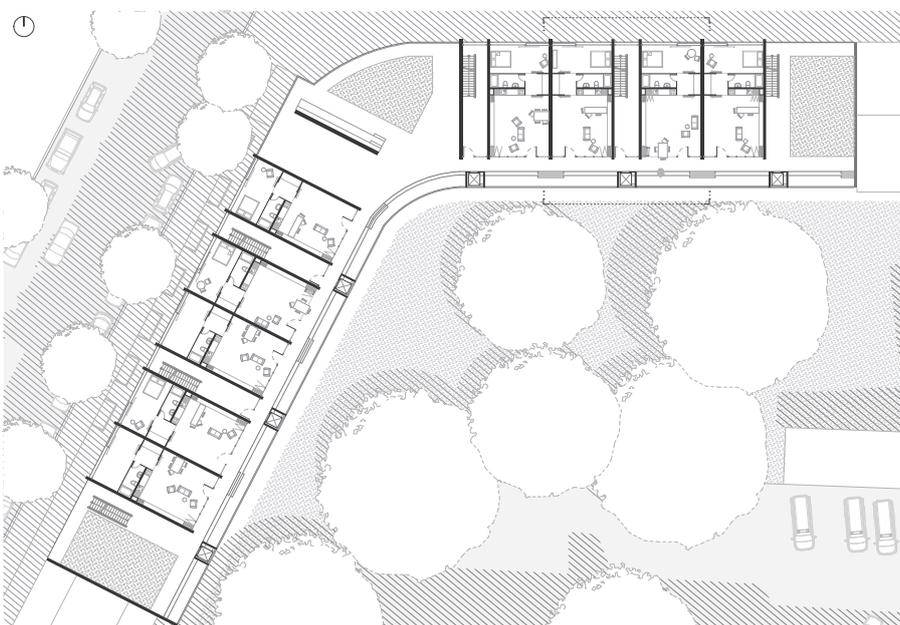


Abb. 36. Grundriss des Bestands, EG
Cheheltan 2018

Die Bauzeiten werden möglichst gering gehalten und Baueinrichtungsflächen sind vor allem auf der Hofseite nötig. Auf Straßenseite wird ein Kran stehen, der dank der relativ großzügigen Straßenquerschnitte jedoch nur minimale Verkehrseinschränkungen mit sich zieht.

05_03 MATERIALEBENE

Wie sind diese Herausforderungen und Lösungsansätze mit der Materialwahl verknüpft?

Aus der autarken Strategie im Umgang mit dem Bestand folgt zunächst eine relativ große Freiheit in der Materialwahl. Die Antwort auf die Erschließung, Fluchtwege und Brandschutz schließt auch keine Materialien direkt aus. Entscheidend ist die konstruktive Lösung in Kombination mit einem schnellen und zuverlässigen Bau und bauphysikalisch guten und nachhaltigen Materialien.

Es wurde daher ein teilmodulares Holzbausystem entwickelt, das im Folgenden näher erläutert wird. Im Grundriss und in den Querschnitten erkennt man die quer über die Bestandsbauten spannenden Plattenscheiben, vgl. > Abb. 37 und > Abb. 38.

Das Tragsystem besteht aus einachsigen spannenden Plattenscheiben. Diese werden als Tafелеlemente (Kastendecke) oder als Massivholzdecke ausgebildet. Aus bauphysikalischen Gründen (Schallschutz) erfolgt eine Betonerfüllung im Ausbau. Neben der konventionellen Ausbildung als schwimmender Estrich erfolgt optional eine statische Aktivierung durch Epoxidharz-Verklebung von Betonplatten.

Die Spannweite folgt einem aus dem Bestand resultierenden Raster zwischen 3⁰⁰ und 6⁰⁰ m. Die hieraus resultierende erforderliche De-

Abb. 37. Grundriss Dachaufbau mit Modulstruktur
Cheheltan 2018

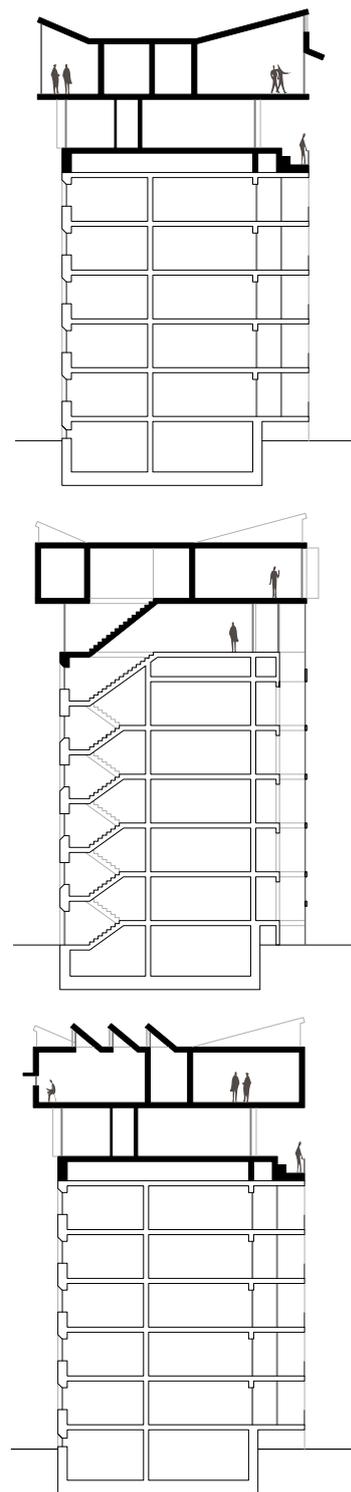


Abb. 38. Querschnitte durch den Bestand und den Dachaufbau
Cheheltan 2018



Abb. 39. Modell: Blick vom Innenhof auf die zweite Haut-Fassade mit Aufzugsschächten, Balkonen und den Dachaufbauten

ckenstärke beträgt bis zu 50 cm, um die Anforderungen aus Tragfähigkeit, Begrenzung der Durchbiegung, Schallschutz und Installation zu erfüllen. Die Auflast der Deckenebenen wird in den angrenzenden Wandebenen über ingenieurmäßige Verbindungen, wie Balkenschuhe oder eingeklebte Gewindestangen, hochgehängt. Neben den vertikalen Kräften werden in geringem Maße auch Horizontalkräfte in der Ebene der Wandscheibe abgetragen.

Die Wandscheiben tragen den Aufbau jeweils geschossweise ab. Für die Spannweite, die sich aus der Gebäudetiefe ableitet, steht daher die Geschosshöhe als statisch zur Verfügung stehende Nutzhöhe zur Verfügung. Die Ausbildung erfolgt in Tafelbauweise. Die Tragstruktur besteht aus einem Stabwerk aus durchgehendem Rähm/Schwelle sowie im Abstand von 1²⁵ m angeordneten Stielen, die beidseitig schubsteif beplankt sind. Die Schubverbindung erfolgt durch Klebung. Zusätzlich sind Nägel angeordnet, um ein duktilen Versagen sicherzustellen. Die Stiele werden größtenteils auf Zug beansprucht, indem sie die Lasten aus der Schwelle in der Wandebene hochhängen. Durch das Hochhängen der Deckenscheiben wird die Entkopplung des Schallschutzes zwischen den einzelnen Geschossen konstruktiv sicher gestellt.

Die Stützen tragen die Lasten in der Ebene vor der Bestandsfassade ab. Sie sind durch Querriegel zu einem Rahmentragwerk verbunden. In regelmäßigen Abständen sind Stützen oder Riegel mit dem Bestand verbunden, um Horizontalkräfte aus Aussteifung, Imperfektion und Windlast abzutragen. Das Bestandsbauwerk muss hierfür ausreichende Tragreserven aufweisen. Die Stützen sind bis zur Geländeoberkante geführt, wo sie in Stahlbeton einbinden. Die Fundamente werden auf die Gründungsebene der Bestandes geführt, um den Erddruck auf vorhandene Kellerwände nicht zu erhöhen. Alternativ können die Stützen zur Reduzierung der Abmessungen bis zur Traufhöhe des Bestandes in Stahlbeton oder Stahl ausgebildet werden.

Eine Vorbemessung der Bauteile ist im Anhang >07_03 (S.42) dokumentiert.

05_04 KONSTRUKTIONSDetails

Die Details sind in dem spezifischen Projekt entwickelt worden, können aber allgemeiner zum Einsatz kommen. Besonderes Augenmerk

wird dem Anschluss der Wandscheiben an die Fassadenstützen gewidmet, da von diesem Detail die Übertragbarkeit und Serienfähigkeit des entwickelten Systems abhängt.

An den Enden der Wandscheiben werden die Vertikalkräfte über eine Zahnleiste an die Stützen übertragen. Es entsteht ein rahmenartiges Tragwerk, die Momente aus Verträglichkeitsbedingungen werden als Kräftepaar auf der Höhe von Rähm/Schwelle in die Stütze eingeleitet. Die Größe dieser Einspannung resultiert aus den Steifigkeitsverhältnis von Stützen und Wänden.

Aus den Ergebnissen lassen sich die folgenden Rückschlüsse ziehen:

1. Der Lastabtrag mittels der Verzahnung kann nur durch eine regelmäßige zugfeste Verbindung zwischen Wand und Stütze sichergestellt werden.
2. Für die Tragfähigkeit des Anschlusses wirkt sich günstig aus, wenn sich die Wandscheibe in der Stütze einspannt. Dazu ist die Verformung der Stütze zu behindern.
3. Der aus dem konstanten Schubfluss abgeleitete über die Höhe konstante Abtrag der Vertikalkräfte entlang der Verzahnung bei gleichmäßiger Verzahnungs-Geometrie konnte nicht bestätigt werden. Die Beanspruchung konzentriert sich im Bereich der horizontal eingeleiteten Druckkraft.
4. Die Ausbildung des Anschlusses durch Kontakt von weichem Nadelholz (wandseitig) und dem deutlich steiferen Holz der Baubuche ermöglicht einen Einhängeeffekt im Lastabtrag, sodass die Kraft über eine größere Länge eingeleitet werden kann.
5. Die Verzahnung ist in ihrer Geometrie derart zu optimieren, dass eine gleichmäßige Lasteinleitung sichergestellt wird: Die Neigung der Kontaktfläche gegenüber der Vertikalen hat dazu über die Höhe des Anschlusses zuzunehmen.

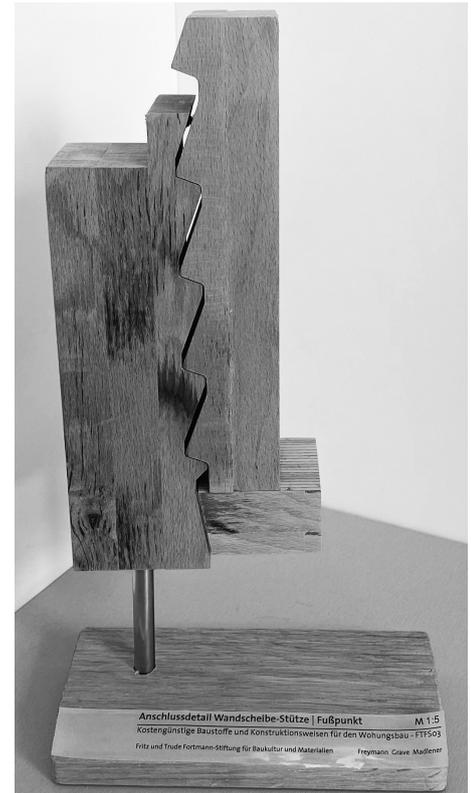
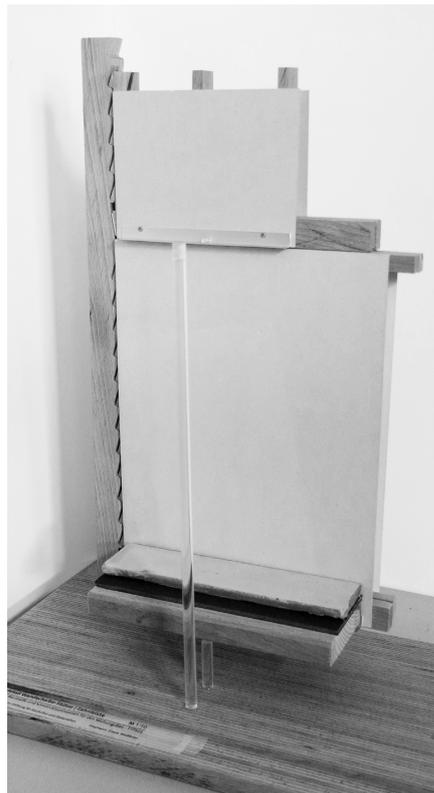
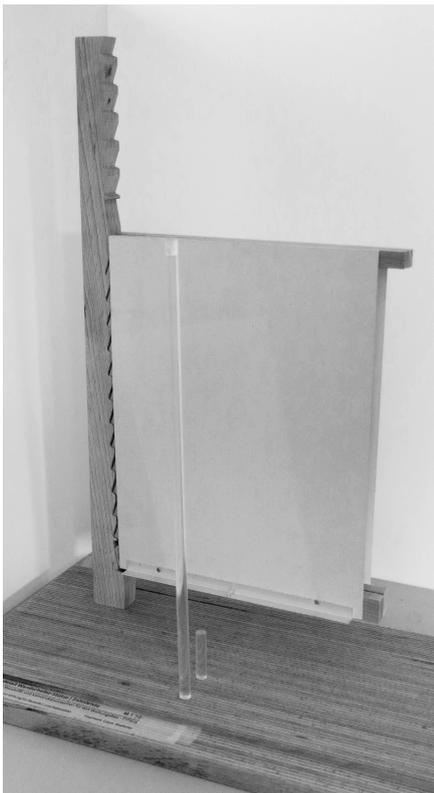


Abb. 40. Modell Verbindung: Detail der Zahnleiste

Abb. 41. Modell Verbindung: Ansicht mit Wandscheiben



06_ ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Zunächst werden die folgenden richtungsweisenden Themenfelder bei Dachaufbauten kurz wiederholt, bei denen vor der Materialentscheidung unter Beachtung der lokalen Bedingungen eine Entscheidung getroffen werden muss:

- Bestand sanieren (Dach erhalten) ... Bestand ersetzen
- Das gesamte Haus einbeziehen ... sich auf Dachaufbau konzentrieren
- Vor Ort bauen ... Mit Vorfertigung und modular bauen ... Dachaufbau als eine Raumzelle auf das Dach setzen
- Auf jetzige Kosten konzentrieren ... gesamten Lebenszyklus betrachten

Aus der Fallstudie können die folgenden Rückschlüsse gezogen werden:

- Eine zweite Hülle ist bei ausreichenden Flächen vor dem Bestandsgebäude eine sehr attraktive Lösung. Man verbindet die Sanierung des Bestands mit dem Dachaufbau, wertet die bestehenden Wohnungen auf und kann somit den Bewohnern des Bestands die Erweiterung und Investition auf dem Dach schmackhaft machen.
- 1950 und 1960er haben wenig Reserven > vor die Fassade gehen, wo es geht (Hinterhof), aber nicht unrealistisch erzwingen
- Fluchtwege sind bei einer gemeinschaftlichen Projektperspektive gut lösbar und bringen Nachbarn im besten Fall dazu, sich zu einer Gemeinschaft zusammenzuschließen.
- Vertikale Stratifizierung kann durch Integration der Bestandsbewohner und Aufwertung der Bestandswohnungen im Zuge des Dachaufbaus abgedeckt werden.
- Mit dem Grundmaterial Holz ist eine große Vielfalt in der architektonischen Formensprache möglich.

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Aufgrund der geringen Bauzeiten ist eine kluge Vorfertigung, die sich auf die unterschiedlichen Rahmenbedingungen einstellen kann, sinnvoll. Aktuell ist dies mit BIM bereits machbar, bei Dachaufbauten ist die Bestandsaufnahme jedoch noch nicht zu einem Grade digital möglich, der die Großanwendung von digitaler und parametrisierter Planung und Fertigung erlauben würde.
- Dachaufbauten sollten genauso vielfältig sein wie die Bestandsbauten unter ihnen; gerade in der Architektur existiert kein „one size fits all“. Die Ergebnisse der Fallstudie sind daher auch nicht direkt auf andere Dachaufbauten übertragbar. Mindestens eine typische Fallstudie für Altbauten und Plattenbauten wäre wünschenswert, um ein vertieftes Bild dieser beiden Bestandstypen zu erhalten.
- Auch die Materialvielfalt sollte auf den Dächern erhalten werden, es ergibt sich jedoch aus den definierten Anforderungen eine klare Tendenz zum Holzbau mit vorgefertigten Elementen, wobei die genaue Ausgestaltung und Kombination verschiedener Bauweisen projektspezifisch variieren kann. Die Fallstudie, bei der stabförmige Bauteile aus Laubholz und Nadelholz, Wände aus vorgefertigten Holztafeln und Holz-Beton-Verbund-Decken mit Ortbetonergänzung kombiniert werden, verdeutlicht dies.
- Der Bestand sollte integrativ und als Chance mitgedacht und mitentworfen werden und nicht ignoriert werden. Auch wenn man sich zum Bestand abgrenzen möchte, gelingt dies nur unter Beachtung des Bestandes.

Abschließend sei auf hier nicht vertiefte, aber hoch relevante Themen bei Dachaufbauten verwiesen, die materialunabhängig Synergien



und Chancen bieten:

- Eine stärkere Integration von Gebäudetechnik im Entwurf ist nötig und birgt große Potenziale. Zu bedenkende Gewerke sind Wasser, Strom, Heizung, Kühlung, Lüftung, Abwasser, Müllentsorgung, Kombination mit Solarenergie. Wenn neue Technikräume auf dem Dach entstehen, sind sie teuer, aber in der wenig belichteten Hausmitte vertretbar. Bei Plattenbauten ist zu bedenken, dass bereits viel Haus-technik auf dem Dach installiert ist.
- Die Verbindung mit Solarstromerzeugung (Mieterstromgesetz) bietet große Chancen und sollte nicht als Konflikt zur Dachgeschossnutzung gesehen werden, sondern als Chance, die Energieerzeugung für die uns alltäglich umgebende Welt näher an unsere Wohnungen zu bringen.
- Zu vertiefen sind ebenfalls die gesellschaftliche Auswirkungen und Chancen von Dachaufbauten. Dem Negativszenario vertikale Stratifizierung mit den Reichen oben mit Aufzügen und dem Rest unten mit Treppen ist das Positivszenario Verjüngung, Kaufkraftherhöhung, Durchmischung, Gemeinschaftsflächen, Behebung von Instandhaltungsstau entgegenzusetzen.

07_ ANHÄNGE

07_01 VERWENDUNG DER FINANZMITTEL

In der unten stehenden Tabelle sind alle finanziellen Ausgaben dargestellt. Der noch verfügbare Restbetrag der Stiftungsgelder steht unten rechts: 2740,91€.

Kennziffer	Kategorie	Produkt oder Dienstleistung	Preis brutto	Rechnungssteller	Rechnung liegt vor?	ausgelegt von	Rechnungsdatum	Datum externe Zahlung/Auslage	Summe Ausgaben	Verfügbare Stiftungsgelder	Bei Reisekosten: KM-Angabe (0,30 €/km)	Bei Reisekosten: Kleinbeträge (Parkhaus, etc.)
FTF-01	Literatur	Atlas Mehrgeschossiger Holzbau	130.00 €	DETAIL	ja	Jakob	28.08.2017	04.09.2017	130.00 €	4 870.00 €		
FTF-02	Literatur	Bezahlbar. Gut. Wohnen.	28.50 €	DETAIL	ja	Simon	21.09.2017	28.09.2017	158.50 €	4 841.50 €		
FTF-03	Literatur	Bauen ohne Grundstücke (Holzbauforum 2017 in Berlin)	45.00 €	Beuth	ja	Simon	12.01.2018	31.01.2018	203.50 €	4 796.50 €		
FTF-04	Literatur	Aufstocken mit Holz	29.95 €	Amazon	ja	Simon	12.01.2018	16.01.2018	233.45 €	4 766.55 €		
FTF-05	Reise	Ashkan DB Hamburg–Berlin (Holzbauforum)	29.90 €	DB	ja	Jakob	22.01.2018	22.01.2018	263.35 €	4 736.65 €		
FTF-06	Reise	PKW-Kosten Berlin–Neuruppin–Hamburg–Berlin, 11,40 Parkhaus	191.40 €	Selbst	ja	Jakob	24.01.2018	ohne	454.75 €	4 545.25 €	600	11.40 €
FTF-07	Reise	PKW-Kosten Berlin–Neuruppin–Berlin	40.20 €	Selbst	ja	Konrad	24.01.2018	ohne	494.95 €	4 505.05 €	134	0.00 €
FTF-08	Literatur	Together!: The New Architecture of the Collective	49.90 €	Amazon	ja	Simon	03.02.2018	05.02.2018	544.85 €	4 455.15 €		
FTF-09	Veranstaltungen	Holzbauforum Hamburg	10.00 €	Zebau	ja	Ashkan	24.01.2018	24.01.2018	554.85 €	4 445.15 €		
FTF-10	Veranstaltungen	Holzbauforum Hamburg	10.00 €	Zebau	ja	Jakob	24.01.2018	24.01.2018	564.85 €	4 435.15 €		
FTF-11	Material	Karton	12.70 €	Modulor	ja	Jakob	07.02.2018	07.02.2018	577.55 €	4 422.45 €		
FTF-12	Veranstaltungen	Holzbauforum Berlin 2018 (DIN)	267.15 €	DIN Akademie im Beuth-Verlag	ja	Simon	05.04.2018	10.04.2018	844.70 €	4 155.30 €		
FTF-13	Material	EPDM-Kautschuk-Dachfolie	45.74 €	Teichbedarf24	ja	Ashkan	26.04.2018	unbekannt	890.44 €	4 109.56 €		
FTF-14	Material	Diverse Modellbaumaterialien, u.a. Multiplex-Platten	144.66 €	Bauhaus	ja	Ashkan	07.04.2018	07.04.2018	1 035.10 €	3 964.90 €		
FTF-15	Material	Diverse Modellbaumaterialien	45.40 €	Modulor	ja	Ashkan	14.03.2018	14.03.2018	1 080.50 €	3 919.50 €		
FTF-16	Material	Diverse Modellbaumaterialien	163.95 €	Modulor	ja	Ashkan	23.02.2018–22	23.02.2018–22	1 244.45 €	3 755.55 €		
FTF-17	Modellbau	Laserkosten	12.60 €	TU Berlin Fakultät VI	ja	Ashkan	16.04.2018	16.04.2018	1 257.05 €	3 742.95 €		
FTF-18	Material	Diverse Modellbaumaterialien	85.25 €	Modulor	ja	Ashkan	14.04.2018	14.04.2018	1 342.30 €	3 657.70 €		
FTF-19	Druck	Kopien	3.74 €	copy print	ja	Jakob	30.04.2018	30.04.2018	1 346.04 €	3 653.96 €		
FTF-20	Modellbau	Laserkosten	51.30 €	TU Berlin Fakultät VI	ja	Ashkan	09.04.2018	09.04.2018	1 397.34 €	3 602.66 €		
FTF-21	Material	Diverse Modellbaumaterialien	25.06 €	Hellweg	ja	Jakob	16.04.2018	16.04.2018	1 422.40 €	3 577.60 €		
FTF-22	Material	Diverse Modellbaumaterialien	23.47 €	Hellweg	ja	Jakob	09.04.2018	09.04.2018	1 445.87 €	3 554.13 €		
FTF-23	Veranstaltungen	Symposium Gebäudetechnik	4.00 €	Akademie der Künste	ja	Jakob	05.03.2018	05.03.2018	1 449.87 €	3 550.13 €		
	Zwischensumme	Modellbaukosten für Ashkan MA (FTF-13–FTF-20)	548.90 €	—	—	Ashkan	—	—	—	—		
FTF-24	Modellbau	Schmerzensgeld Ashkan für Masterarbeit	450.00 €	Ashkan C.	ohne	Simon	fehlt	ohne	1 899.87 €	3 100.13 €		
FTF-25	Literatur	Holzbau Raummodule	56.40 €	DETAIL	ja	Simon	19.05.2019	19.05.2019	1 956.27 €	3 043.73 €		
FTF-26	Modellbau	Happylab Mitgliedsbeitrag 2019 September	14.52 €	Happylab	ja	Konrad	01.09.2019	01.09.2019	1 970.79 €	3 029.21 €		
FTF-27	Modellbau	Happylab Mitgliedsbeitrag 2019 Oktober	9.00 €	Happylab	ja	Konrad	01.10.2019	01.10.2019	1 979.79 €	3 020.21 €		
FTF-28	Modellbau	Happylab Mitgliedsbeitrag 2019 November	55.45 €	Happylab	ja	Konrad	01.11.2019	01.11.2019	2 035.24 €	2 964.76 €		
FTF-29	Modellbau	Happylab Mitgliedsbeitrag 2019 Dezember	49.00 €	Happylab	ja	Konrad	02.12.2019	02.12.2019	2 084.24 €	2 915.76 €		
FTF-30	Modellbau	Happylab Mitgliedsbeitrag 2020 Januar	49.00 €	Happylab	ja	Konrad	02.01.2020	02.01.2020	2 133.24 €	2 866.76 €		
FTF-31	Modellbau	Fräser	82.20 €	Sorotec GmbH	ja	Konrad	11.08.2019	11.08.2019	2 215.44 €	2 784.56 €		
FTF-32	Modellbau	Holz: Eiche	38.35 €	Holz Possling	ja	Konrad	07.11.2019	07.11.2019	2 253.79 €	2 746.21 €		
FTF-33	Modellbau	Acrylglas	5.30 €	Modulor	ja	Konrad	16.05.2020	16.05.2020	2 259.09 €	2 740.91 €		

07_02 ZUSAMMENFASSUNGEN VON INTERVIEWS

Im Rahmen der Recherche wurden Gespräche mit der Obersten Bauaufsicht Berlins und den großen Berliner Wohnungsbaugesellschaften zum Thema des Potenzials und der Hürden der Dachaufstockungen als Mittel zur Schaffung bezahlbaren Wohnraums im Ballungsgebiet Berlins geführt:

- Oberste Bauaufsicht Berlin > 07_02a (S.35)
- Degewo > 07_02b (S.37)
- Howoge > 07_02c (S.38)
- Berlinovo > 07_02d (S.39)

Weitere Wohnungsbaugesellschaften (WBM, Gewobag und Gesobau) wurden angefragt, ein Gespräch kam nicht zustande.

Des weiteren wurde ein Gespräch mit der Opitz GmbH als lokal ansässiger großer mittelständischer Holzbauer geführt > 07_02e (S.40).

07_02a OBERSTE BAUAUFSICHT BERLIN

Gespräch am 8. September 2017 mit Thomas Meyer, Leiter der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Referat VI B – Oberste Bauaufsicht, **geführt von** Konrad Freymann, Jakob Grave und Simon Madlener **zusammengefasst als Gedankenprotokoll von** Konrad Freymann

Wesentliche Gesprächsinhalte bilden der bauliche Brandschutz, insbesondere die Potenziale des Sicherheitstreppenraums (AV SiTrR Bln) im Bestandsbau, und das Rundschreiben II E Nr. 50/201 (Baumfällarbeiten) des Senats.

Die Stadt wünscht Nachverdichtung, diese stellt ein wichtiges politisches Ziel dar. Dachaufstockungen und Dachraumausbauten sind in dem Zusammenhang gewünscht, da sie enorme Potenziale haben, um Wohnraum zu ermöglichen.

Auf die Frage nach den Hürden bei der Planung von Dachaufstockungen sind vor allem die komplexen Zusammenhänge der unterschiedlichen Protagonisten zu betrachten: Wir haben zum Einen das Stadtgrün, es gibt ein politisches Interesse, dass wir mehr Bäume in der Stadt haben wollen. Dies stellt eine Qualität Berlins dar, so hat man schon immer historisch gesagt – Berlin, Stadt im Grünen. Der Baumbewuchs stellt im Einzelfall aber auch ein Hindernis dar den zweiten Rettungsweg herzustellen. Es gilt das Prinzip im Bauordnungsrecht des doppelten Rettungsweges, zu dessen Erfüllung sich drei Alternativen ergeben: Entweder werden zwei bauliche Rettungswege hergestellt oder es gibt einen baulichen Rettungsweg plus anleiterbare Stelle. Die dritte Möglichkeit stellt der Sicherheitstreppenraum dar. Die Anleiterbarkeit steht nicht nur mit dem gewachsenen Baumbestand im Konflikt: der ruhende Verkehr wurde zum großen Teil erweitert, indem von Längsparken auf Querparken umgestellt wurde, sodass die Feuerwehr weiter weg von der Haufassade stehen muss. Auf diese Randbedingungen haben wir mit dem Rundschreiben als Behörde reagiert, da der zweite Rettungsweg über die Hubrettungsfahrzeuge objektiv ein Problem darstellt. Das Rundschreiben dient daher als Hinweis an den Planer bei der Gestaltung der Grundrisse den Baumbestand zu berücksichtigen und jede Wohnung so zu gestalten, dass eine anleiterbare Stelle sichergestellt ist.

Ein häufiger Konflikt in der Planung folgt aus den Anforderungen an die zulässige Verschattung: Wenn der Bauherr einen Aufzug anbauen möchte und diesen um einen Treppenraum als zweiten baulichen Rettungsweg ergänzt kann es vorkommen, dass mit dem Aufzug die gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnisse durch zusätzliche Verschattungen beeinträchtigt werden.



Es entstehen also Interessenkonflikte zwischen den Anforderungen der Bauaufsicht und der Feuerwehr, dem Grünflächenamt, dem Tiefbauamt und der Stadtplanung. Diese sind alle vom Planer zu erfüllen.

Als Reaktion auf die Konflikte für die Planung in der Erfüllung der brandschutztechnischen Anforderungen wurde in Zusammenarbeit mit der Feuerwehr und dem Prüfenieur für Brandschutz ein Konzept erarbeitet, welches eine „Lightversion“ für die Gestaltung eines Sicherheitstreppenraumes darstellt: der AV Sicherheitstreppenraum ist eine Lösung für den Neubau, für die Lückenschließung. Die Anforderungen sind aber auch an einen Gebäudebestand übertragbar, um den Treppenraum so zu ertüchtigen, dass er der zweite Rettungsweg entbehrlich wird. Das ist jetzt sozusagen unser Berliner Beitrag zur Problemlösung. In der Bauordnung gilt als Legaldefinition für einen Sicherheitstreppenraum, dass in ihm Feuer und Rauch nicht eindringen dürfen. Das ist eine ganz knallharte Hürde. Die zugehörigen Randbedingungen sind in der Hochhausrichtlinie definiert. Die AV Sicherheitstreppenraum ist mit dem Blick auf Bauwerke unterhalb der Hochhausgrenze verfasst worden und gilt nur für den Wohnungsbau. Wesentliche Voraussetzung ist, dass die Fassaden aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen: Putzdämmstoffe sind damit nicht zulässig. Vor dem Treppenraum ist ein Flur vorzuschalten, von dem aus maximal acht Wohnungen erschlossen werden. Die Wohnungseingangstüren müssen feuerhemmend und dichtschießend sein. Zusätzlich sind sie mit einem Freilaufschließer auszustatten.

Mit Blick auf den Dachausbau und die Aufstockung gibt es auch die Möglichkeit die Nachbarhäuser als zweiten Rettungsweg zu nutzen. Dies stellt jedoch eine Baulast dar. Die Rettungswege müssen zur Verfügung gestellt werden. Die Lage dieses zweiten Rettungswegs ist nicht reglementiert, so sind auch Überdach-Lösungen möglich. Eine klassische Lösung stellt die Verbindung des Vorderhauses und des Seitenflügels dar, sodass die Treppenräume des Seitenflügels und des Vorderhauses als System des doppelten Rettungsweges betrachtet wird. Wegen der großen Abstände folgen daraus jedoch sehr große Wohnungen oder es werden zusätzliche Flure erforderlich. Eine Anwendungsmöglichkeit für die großen Wohnungen stellt die Schaffung von Pflegewohngemeinschaften dar.

Konflikt zwischen der Forderung von Barrierefreiheit und dem Ziel günstigen Wohnraums: Mit der Novellierung der Bauordnung gibt es den folgenden Kompromiss, um beidem Rechnung zu tragen: wenn der Dachraum ausgebaut wird oder eine eingeschossige Aufstockung statt findet, dann braucht grundsätzlich kein Aufzug gebaut zu werden. Diese Erleichterung unterstützt kleine Bauvorhaben, ist aber schlecht für das Ziel eines größeren Anteils an barrierefreien Wohnungen, um auf die Demographie zu reagieren. Daher werden abstandsflächenrechtliche Erleichterungen für den Fall der Planung von zusätzlichen Aufzügen oder Treppenräumen gegeben.

Das Ziel des kostengünstigen Wohnungsbaus wird plakativ gesprochen nicht möglich sein, wenn bei einer Lückenschließung auch Tiefgaragenstellplätze und ein zweiter baulicher Rettungsweg vorgesehen werden sollen.

07_o2b DEGEWO AG

Gespräch am 12. Oktober 2017 mit Frau Brüscher, Leiterin Bauwerk, und Herrn Welzel, Projektleiter, Verantwortung für den Bestand, **geführt von** Konrad Freymann und Jakob Grave **zusammengefasst als Gedankenprotokoll von** Konrad Freymann

Die degewo ist die größte Wohnungsbaugesellschaft Berlins. Sie verwaltet ca. 75 000 Wohnungen in Berlin, die auf etwa 4 000 Häuser verteilt sind. Im Bereich Bestand/Sanierung beträgt der Umfang ca. 100 Mio./Jahr. Dieser wird vordergründig für die energetische Sanierung verwendet, so beispielsweise die Sanierungsplanung von Heizanlagen.

Aus der Verantwortung gegenüber der Stadt Berlin den benötigten Wohnraum zu schaffen, folgt eine finanzielle Grenze bei Neubau von unter 2 000 bis höchstens 2 500 €/m². Ohne Grundstückserwerb sind Neubaupreise von etwa 1 900 €/m² realisierbar. Der Anstieg der Grundstückskosten der letzten Jahre stellt daher eine enorme Hürde für das Ziel dar bezahlbaren Wohnraum zu schaffen. Die degewo hat daher ein alternatives Modell für die Grundstücksaneignung in Berlin geschaffen. Statt konventionell als Gesellschaft Grundstücke zu kaufen und anschließend diese als Eigentümer zu bebauen und zu vermieten bringt der Senat das Grundstück ein. Der Verkehrswert wird auf 10 Jahre ermittelt und eine Anteilige Gegenfinanzierung erfolgt aus der Rendite.

Wie kann im Dachgeschoss kostengünstig gebaut werden? Eine kostengünstige Lösung erfordert in den Augen von Herrn Wetzels eine Kombination aus Vorfertigung (Teilfertigeteile) und konventioneller Fügung, da die Gesamtfertigungen wegen des Transports und der erforderlichen Hubwerkzeuge nicht für den Bau im Bestand möglich sind. Potenziale für die kostengünstige Aufstockung entstehen in der Standardisierung durch Quartiersbetrachtung. Erklärtes Ziel muss es zusätzlich sein ein Maximum an Flexibilität in der Grundrissgestaltung zu erreichen. So können in den folgenden Jahrzehnten auf den jeweiligen Bedarf wie Mehrgenerationenwohnen oder Kleinwohnungen reagiert werden.

Eine besondere Problematik stellt die Sanierbarkeit des Bestands dar. Für die Versorgung der Aufstockung ist eine Erneuerung und Erweiterung der Versorgungsleitungen erforderlich. Dabei ist häufig die Zugänglichkeit der Versorgungsschächte nicht gegeben. Daraus folgt ein Limitator des Potenzials von Aufstockungen mit der Frage, wie viele zusätzliche Wohneinheiten lassen sich durch die Bestandsleitungen versorgen?

Die Erfahrungen zu Aufstockungen von Bestandsgebäuden beruhen sowohl auf konventionellen Projekten als auch auf veranlassten Studien zum Potenzial der Aufstockung. So wurden insbesondere die Grundrisse und die Anforderungen aus dem Brandschutz untersucht, die zur Einbindung von Laubengängen als zweiten Rettungsweg führten. Die Änderungen am Bestand müssen dabei möglichst gering gehalten werden, um die Forderung ‚kostengünstig‘ umzusetzen. Beispielsweise sind Treppenhäuser und Zugänge nicht zu verlegen.

Besonders geeignet sind Bauwerke für eine Aufstockung, wenn der Zustand der Bausubstanz durch fehlende Sanierung bereits schlecht ist, und daher zum Zeitpunkt der Umbauten keine Nutzung besteht. Die degewo führt aktuell die Aufstockung eines Carrées mit 4 Häusern in Oberschöneweide als Pilotprojekt.

Weitere Erfahrungen zur Aufstockung sammelt die degewo durch den Austausch mit der WIRO Wohnen in Rostock Wohnungsgesellschaft mbH. Die WIRO stockt aktuell zwei Gebäudezeilen auf. Zum

Umfang der Arbeiten gehört die Errichtung eines zusätzlichen Geschosses in Holzständerbauweise mit einem kreuzweise verleimten Brettsperrholzsystem auf Grundlage der Fabrikate Leno und Kerto Q und die Errichtung von 4 Seilauflügen in Stahlbetonschächten mit Vorhangfassade mit 5 Haltestellen und RWA-Anlage.

07_02c HOWOGE WOHNUNGSBAUGESELLSCHAFT MBH

Gespräch am 21. September 2017 mit Angelika Niemeck, Leiterin Technisches Management und Mike Riewe, Leiter Periodische Instandsetzung **geführt von** Konrad Freymann und Jakob Grave **zusammengefasst als Gedankenprotokoll von** Konrad Freymann

Frau Niemeck ist verantwortlich für den Bestand und die Bestandserhaltung. Der Bestand besteht aus ungefähr 60.000 Wohnungen, die von Plattenbauten der 60er und 70er Jahre dominiert werden (ca. 75%). Zum aktuellen Zeitpunkt sind fast 90% aller Bestandsgebäude saniert, entsprechen also dem aktuellen Standard.

Wir beschäftigen uns auch mit der Thema der Erweiterung oder Ergänzung des Bestandes, also beispielsweise Lückenschließung oder Aufstockung, die komplett von Neubau entkoppelt sind.

Das Fundament für jede Dachaufstockung ist Kenntnis vom Bestand.

Es erfolgten umfangreiche Untersuchungen zu den Potenzialen des Gebäudebestandes hinsichtlich einer Aufstockung durch die Architekten „Wohnraum“. Die Analyse führte für die 5- und 6-Geschosser bei Ansatz einer durchschnittlichen Wohnfläche von 65 qm zu einem Potenzial von 5000 zusätzlichen Wohnungen durch Aufstockung mit einem Geschoss. Wegen der Kosten (beispielsweise Erschließung durch einen Aufzug) sind diese Gebäude jedoch nicht geeignet. Daher wird in Erwägung gezogen, 10- oder 11- Geschosser aufzustocken. Hochhäuser kommen nicht in Frage, da diese auf dem Dach sehr viel Technik haben und vergleichsweise wenig Flächengewinn durch Aufstockungen anbieten. Und wenn man da 1, 2 oder sogar 3 Geschosse aufbauen möchte, dann hat Schwierigkeiten Abstandsflächen einzuhalten und die Genehmigungsfähigkeit im Sinne des Brandschutzes zu erwirken.

10- und 11-Geschosser bieten den Vorteil der bereits vorhandenen Aufzugserschließung auf der Wohnebene für die Bestandsgeschosse. Zusätzlich sind die Dachkonstruktionen ähnlich zu den Gebäuden mit 5 oder 6 Geschossen. Die Aufzugsproblematik bei den 5- und 6-Geschossern ist hingegen, dass die zusätzlichen Aufzüge immer auf der Zwischenebene enden. Es gibt auch die Überlegungen das Treppenhaus komplett rauszuschneiden und ein neues Treppenhaus zu entwickeln. Konstruktiv und technisch geht das. Aber dann ist es erforderlich die Anwohner für Umbaumaßnahme neu unterzubringen. Die Akzeptanz dafür fehlt in der Regel bei den Anwohnern.

Da Aufstockungen Neubauten darstellen, sind Anforderungen an die Barrierefreiheit zu erfüllen. Sodass die Erschließung mit einem Aufzug zwingend erforderlich ist.

Durch die Größenordnung der veränderten Wohnfläche infolge der Aufstockung entfällt der Bestandsschutz, sodass die Anforderungen der neuen Bauordnung erfüllen werden müssen. Bei reinen Sanierungsmaßnahmen bleibt hingegen der Bestandsschutz gewahrt.

Für Gebiete, wo die Nachverdichtung durch Neubau auf Widerstand stößt, bildet die Aufstockung eine Option, da ausreichende Abstandsflächen vorhanden sind. Aber die Verdichtungsmaßnahme schafft deutlich mehr Wohnungen im Vergleich zu Aufstockungen, sodass diese den Vorrang hat.

Konkrete Untersuchung am Typ „WBS 70 – Berlin“: Anwendung einer Modulbauweise aus Holz um eingeschossig oder zweigeschossig aufzustocken. Die Lasten werden über die Außenwände abgefangen. Untersucht wurden die Erschließung durch einen Aufzug und über halbe Treppe und Erweiterung des Treppenhauses nach oben. Ferner wurde ein Vorschlag gemacht mit einem Aufzug im Giebelbereich und horizontaler Erschließung der Neubauwohnungen auf der ehemaligen Dachebene als Laubengang. In der Grundrissgestaltung wurden die Anschlusspunkte nach unten für Wasser, Abwasser, Elektrik und alle anderen Medien beachtet.

Der Bauablauf stellt bei den 10 oder 11-Geschossern eine Herausforderung dar. Die modulare Bauweise mit einem möglichst hohen Grad an Vorfertigung bietet sich besonders an, um den Arbeitsschutz sicherzustellen und auf die Notwendigkeit von Gerüsten verzichten zu können.

Ferner ist die Fluchtsituation zu durchdenken. Durch die Gebäudehöhe wird hinsichtlich des Brandschutzes von der Bauordnung ein Rettungstreppenhaus gefordert. Dieses hat einen deutlich höheren Flächenbedarf gegenüber dem vorhandenen Treppenhaus zur Erschließung, sodass für die Herstellung solcher Nebenflächen und dem Anschluss aller Wohneinheiten große Einbußen in den Mietflächen einhergehen.

Bisher wurde keine einzige Aufstockung beauftragt. Obwohl die Option bei vielen Bauwerken in Betracht gezogen wird zerschmettert am Ende die Wirtschaftlichkeit jedes Ergebnis. Das Kernproblem ist nicht die technische Auseinandersetzung, für die es grundsätzlich Lösungen gibt, sondern die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme, also die Umsetzung für einen Preis von etwa <2.000 €/qm.

07_02d BERLINOVO IMMOBILIEN GESELLSCHAFT MBH

Gespräch am 9. September 2017 mit Herrn Kurch geführt von Konrad Freymann und Jakob Grave zusammengefasst als Gedankenprotokoll von Konrad Freymann

Gespräch zur Sicht auf das Potenzial von Dachaufstockungen durch die Berlinovo. Die Berliner Wohnen besitzt ein breites Feld an Wohnungen und Gewerbeimmobilien. Im Bereich der Wohngebäude bestehen Möglichkeiten zur Untersuchung von Aufstockungspotenzialen im Bereich der Plattenbauten und Apartmenthäuser mit ca. 17 000 Wohnungen. Die Berliner Wohnen hat zum aktuellen Zeitpunkt die Aufgabe, 2 500 Studentenapartments zu schaffen.

Die Aufstockung bietet ein Potenzial, um die Bestände zu optimieren, insbesondere wirtschaftlich zu optimieren. Da kollidiert natürlich das Thema Dachaufbau mit dem Thema Haustechnik, wie beispielsweise Photovoltaik oder Solarthermie. Ferner bieten die Flächen auch ein Potenzial zur Begrünung. Entscheidend sind die Fragen des Bauordnungs- und des Bauplanungsrechts: in vielen (zentralen) Bezirken wird die Aufstockung nicht akzeptiert. Die Gebäude haben in der Regel eine definierte genehmigte Höhe. Dazu kommen die Erschwernisse bei dem Thema Hochhaus, wie das Anleitern der Feuerwehr zur Gewährleistung des zweiten Rettungswegs. Ein zweiter baulicher Rettungsweg hingegen ist in den innerstädtischen Raum zu integrieren. Damit erreicht man wieder die Frage nach der Wirtschaftlichkeit.

Die Aufstockungen sind in den städtebaulichen Kontext zu setzen. Die Akzeptanz in der Bevölkerung ist entscheidend. In Berlin genehmigt jeder Bezirk selbst. Es gibt keine einheitliche Einstellung, was bei den eigenen Bauvorhaben zu spüren ist. Die Hürden liegen also nicht auf der technischen Seite. Für die Frage der Wohnungsnot in Berlin ist die Aufstockung aber nicht die Lösung. Sie kann aber ein Teil der Lösung sein.

Untersuchungen zu der Durchführbarkeit von Aufstockungen der eigenen Gebäude sind für die Berliner Wohnen als reiner Projektsteuerer ohne eigene Planungskapazität mit einem hohen Aufwand und dementsprechend mit einem hohen Risiko verknüpft. Als Landesunternehmen ist ferner die zu nehmende Miete begrenzt, wenn gebaut wird. Das hemmt zusätzlich die Möglichkeiten. Kurz: für relativ wenig Erfolg ist ein sehr hoher Planungsaufwand zu betreiben. Dadurch besteht Zweifel an der Wirtschaftlichkeit von Nachverdichtungen durch kostengünstige Aufstockungen.

Systemlösung und Holzmodule können eine Antwort bilden, um wirtschaftlich zu agieren. Dabei sind alle Rahmenbedingungen zu erfassen, um in diesem sehr engen Entwurfsfeld saubere Lösungen herzustellen. Aufstockungspotenziale basierend auf Gebäudetypen zu erfassen macht Sinn. In einem Katalog kann festgehalten werden, was zu berücksichtigen ist, wie beispielsweise die Art des Tragwerks oder haustechnische Anschlüsse. Dazu gehören auch Aspekte wie Anforderungen an die Gebäudehöhe, Feuerwehr, Anleiterung. Aber die Kernfrage ist die statische Umsetzung, die auch bei einer typisierten Lösung für jedes Objekt individuell zu erarbeiten ist.

Das Potenzial ist da. Die Flächen sind knapp, sodass man in die Höhe bauen muss. Eine andere innerstädtische verdichten wird nicht gehen. Aber die Frage, Bauplanungs-, Bauordnungsrecht, Genehmigungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit stellen sich immer wieder.

07_02e OPITZ BAU GMBH

Gespräch am 23. Oktober 2017 mit Martin Opitz, Geschäftsführer, geführt von Konrad Freymann und Jakob Grave [zusammengefasst als Gedankenprotokoll von Konrad Freymann](#)

Opitz Holzbau GmbH versteht sich als Systemlieferant von Bauteilen aus Holzwerkstoffen. Insbesondere werden Wand- und Deckenelemente vorgefertigt.

Herr Martin Opitz bestätigt das Potenzial für das Aufstocken auf Bestandsgebäuden als Wohnungsbau und schätzt die Situation basierend auf Erfahrungen aus ca. 100 Dachaufstockungen, -ausbauten und -sanierungen, die einen konstanten, aber geringen Anteil am Auftragsvolumen darstellen. Probleme sieht er vor allem auf der Gesetzesebene und bei den Fachplanern. Denn durch die Automatisierung der Herstellungsprozesse mit minimalen Produktionszeiten ist im Vorfeld ein hoher Planungsstand erforderlich. Späte Änderungen sind nicht möglich. Gerade deshalb wird ein hohes Potenzial in der ganzheitlichen Betrachtung und Bearbeitung der Projekte gesehen. Das Ziel einer solchen ganzheitlichen Planung müssen produktionsfertige Zeichnungen sein!

Das Geschäftsfeld von Opitz Bau ist die Produktion von Holztafelementen. Dabei sind beliebige Geometrien und Fertigungsgrade möglich. Die Spezialisierung auf die Flexibilität in der Geometrie und in der Produktion macht die Rasterpolitik obsolet. Holzmassivwände werden bei Bedarf eingekauft. Gründe für die Fokussierung auf die Produktion und gegen das Bestreben des Schlüsselfertigbaus oder die Planung werden wie folgt genannt:

- Bauen ist individuell: „Jeden Tag machen wir was anderes.“
- Zu viele erforderliche Planer und damit ein hoher Kostenfaktor, wenn alle Gewerke bedient werden müssen. Insbesondere besteht die Gefahr vor Leerzeiten bei den Planern.
- Der für den Schlüsselfertigbau gehörende umfassende Versicherungsschutz ist sehr teuer.

- Zu viele Schnittstellen, zu hohe Verantwortung, zu viele Absprachen, somit ein hohes Risiko.

Aus der Eigendefinition aus Produzent folgt kein Eigenantrieb für die Entwicklung des Feldes der Dachaufstockungen, sondern Interesse an den Aufträgen von Bauelementen.

Opitz Bau entwickelt als Erweiterung des Produktangebots ein Beton-BSH-Hybrid-Deckensystem, welches insbesondere großen Schallschutzeigenschaften bietet. Bei der Führung des Gesprächs erwartete man die Zulassung des Patents. Ziel ist es die Notwendigkeit von Nassarbeiten auf der Baustelle (Betonage zu reduzieren, indem der Beton bereits ab Werk eingebracht wird. Transportbedingt sind die Elemente auf Produktionsmaße von 1,25 x 4 bis 12 Meter begrenzt. Ebenso besteht eine Variante mit halber Dicke des Betons und Ergänzung mit Baustellenaufbeton, sodass hinsichtlich des Transportgewichts größere Elemente und vor Aufbeton das Verlegen von Elektrik und TGA möglich sind.

Fazit zum Potenzial von Dachaufstockungen: Der geringe Anteil an Aufstockungen am Wohnungsbauvolumen ist vordergründig auf die hohen Hürden auf politischer Ebene zurückzuführen. Mehr Planungssicherheit ist erforderlich. Als maßgebende Hürden werden bezeichnet:

- EnEV – Aufstockung stellt eine größere Fläche als 20% des Gebäudes dar, sodass das gesamte Bauwerk nach EnEV-Anforderungen modernisiert werden muss.
- Unklarheit und schlechte terminliche Planbarkeit hinsichtlich Baugenehmigung.
- Anforderungen aus dem Brandschutz.
- Realisierbarkeit mit Holztafelbau Abhängigkeit von der jeweiligen Bauordnung > schlechte Planbarkeit.
- Das Auftragsvolumen bei Aufstockungen ist sehr gering, sodass aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten ein größeres Interesse an der Fertigung der Holztafelelemente von 4- bis 5-stöckigen Gebäuden in Holztafelbauweise besteht.

07_03 TRAGKONZEPT UND STATISCHE VORDIMENSIONIERUNG DER FALLSTUDIE

07_03a TRAGWERKSBESTANDTEILE UND -BESCHREIBUNG

- Decken – BSP aus Nadelholz – bauseitige Betonergrünung
- Wände – Nadelholz C24 – Holztafelbauweise in der Vorfertigung
- Stützen – GL 75 Baubuche – Vorfertigung
- Fassadenträger – Nadelholz C24

Das Tragsystem besteht aus einachsigen spannenden Plattenscheiben. Diese werden als Tafелеlemente (Kastendecke) oder als Massivholzdecke ausgebildet. Aus bauphysikalischen Gründen erfolgt eine Betonergrünung im Ausbau. Neben der konventionellen Ausbildung als schwimmender Estrich erfolgt optional eine statische Aktivierung durch Epoxidharz-Verklebung von Betonplatten.

Die Spannweite folgt einem aus dem Bestand resultierenden Raster zwischen 3,00 und 6,00 m. Die hieraus resultierende erforderliche Deckenstärke beträgt bis zu 50 cm, um die Anforderungen aus Tragfähigkeit, Begrenzung der Durchbiegung, Schallschutz und Installation zu erfüllen. Die Auflast der Deckenebenen wird in den angrenzenden Wandebenen über ingenieurmäßige Verbindungen, wie Balkenschuhe oder eingeklebte Gewindestangen hochgehängt. Neben den vertikalen Kräften werden in geringem Maße auch Horizontalkräfte in der Ebene der Wandscheibe abgetragen.

Die Wandscheiben tragen den Aufbau jeweils geschossweise ab. Für die Spannweite, die sich aus der Gebäudetiefe ableitet, steht daher die Geschosshöhe als statisch zur Verfügung stehende Nutzhöhe zur Verfügung. Die Ausbildung erfolgt in Tafelbauweise. Die Tragstruktur besteht aus einem Stabwerk aus durchgehendem Rähm/Schwelle sowie im Abstand von 1,25 m angeordneten Stielen, die beidseitig schubsteif beplankt sind. Die Schubverbindung erfolgt durch Klebung. Zusätzlich sind Nägel angeordnet, um ein duktilen Versagen sicherzustellen. Die Stiele werden größtenteils auf Zug beansprucht, indem sie die Lasten aus der Schwelle in der Wandebene hochhängen. Durch das Hochhängen der Deckenscheiben wird die Entkopplung des Schallschutzes zwischen den einzelnen Geschossen konstruktiv sicher gestellt.

An den Enden der Wandscheiben werden die Vertikalkräfte über eine Zahlleiste an die Stützen übertragen. Es entsteht ein rahmenartiges Tragwerk, die Momente aus Verträglichkeitsbedingungen werden als Kräftepaar auf der Höhe von Rähm/Schwelle in die Stütze eingeleitet. Die Größe dieser Einspannung resultiert aus den Steifigkeitsverhältnissen von Stützen und Wänden.

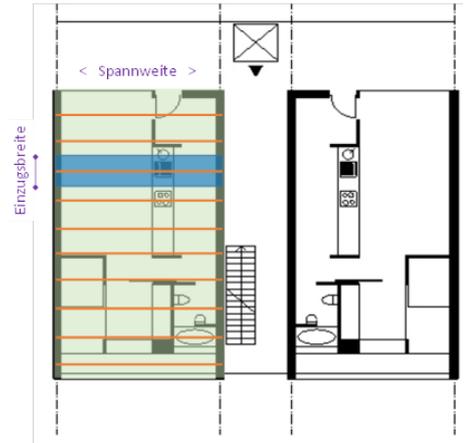
Die Stützen tragen die Lasten in der Ebene vor der Bestandsfassade ab. Sie sind durch Querriegel zu einem Rahmentragwerk verbunden. In regelmäßigen Abständen sind Stützen oder Riegel mit dem Bestand verbunden, um Horizontalkräfte aus Aussteifung, Imperfektion und Windlast abzutragen. Das Bestandsbauwerk muss hierfür ausreichende Tragreserven aufweisen. Die Stützen sind bis zur Geländeoberkante geführt, wo sie in Stahlbeton einbinden. Die Fundamente werden auf die Gründungsebene der Bestandsbauwerke geführt, um den Erddruck auf vorhandene Kellerwände nicht zu erhöhen. Alternativ können die Stützen zur Reduzierung der Abmessungen bis zur Traufhöhe des Bestandes in Stahlbeton ausgebildet werden.

Die Nachweise werden auf Grundlage der DIN EN 1995-1 geführt. Eine Verifizierung der Ergebnisse erfolgt anhand von FE-Modellen.



07_o3b VORDIMENSIONIERUNG DER DECKEN

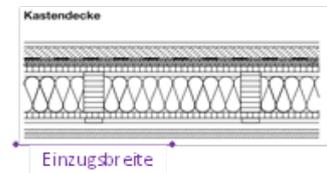
Maßgabe bildet der Ansatz einer Kastendecke mit einem Abstand der Träger von 62,5 cm gemäß der nebenstehenden Darstellung. Der Nachweis erfolgt tabellarisch, siehe unten.



Deckentragsystem

Lasten

Aufbau	Spannweite	Einzugsbreite
22 Kastendecke	6,00 m	0,625 m
	ψ_1	ψ_2
g	1,0	1,0
q	0,5	0,3
	kN/m ²	kN/m
	7,02	4,39
	3,79	2,37
	3,33	2,08
		Kombination S+V
		Kombination Brand (Außergewöhnlich)
		Kombination Gebrauchstauglichkeit (quasi ständig)



Schnittgrößen (Einfeldträger)

	design	fi	char
M _{Ed} kNm	19,74	10,67	9,38
Q _{Ed} kN	13,16	7,11	6,25

Material

Balken	BSH 28 c	(Brettschichtholz)			
	k_{mod} 0,8	(kled = mittel)	$f_{m,y,k}$ 28	N/mm ²	
	γ_m 1,3		$f_{v,k}$ 3,5	N/mm ²	
			$E_{0,mean}$ 12600	N/mm ²	
Gurte	DSP 27 mm	(Dreischichtplatte)			
	k_{mod} 0,8	(kled = mittel)	$f_{m,y,k}$ 20,25	N/mm ²	(Abminderung um 25% wegen Feuchte in NKL 2)
	γ_m 1,3		$E_{0,mean}$ 8025	N/mm ²	(Abminderung um 25% wegen Feuchte in NKL 2)

Querschnittsnachweise

b_{eff} 0,224 m/m 0,636905

Querschnittswerte

	b [cm]	h [cm]	A [cm ²]	z [cm]	bh ² /12	Az ²	I [cm ⁴]
DSP	62,500	2,7	168,75	-12,35	103	25738	25841
BSH	14,0	22,00	308	0	12423	0	12423
DSP	62,500	2,7	168,75	12,35	103	25738	25841

Steifigkeitsverhältnis EI
wirksame Biegesteifigkeit EI

→ DIN EN 1995-1-1 Anhang B und Kapitel 9.2.4

$$(E \cdot I)_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2)$$

ohne Berücksichtigung der Gurte

W _{eff}	1145,83	cm ²	f_{md}	1,72	kN/cm ²
h _{eff}	22,16	cm			

07_03c VORDIMENSIONIERUNG DER WANDARTIGEN TRÄGER

Geometrie

- $L = 12,00 \text{ m}$
- $H_{\text{eff}} = 3,00 \text{ m}$

Lasten

Aus einem Geschoss der Aufstockung folgt für die Kastendecke

- $g = 2,68 \text{ kN/m}^2$ (Spannweite quer zur Richtung der Wandscheibe von 6,00 m)
- $q = 2,30 \text{ kN/m}^2$ (Nutzlasten A2 mit Trennwandzuschlag gemäß DIN EN 1991)
- $p = 1,35 g + 1,5 q = 7,00 \text{ kN/m}^2$... Berechnung mit $7,50 \text{ kN/m}^2$

Aus einem Geschoss der Aufstockung folgt für eine Massivholzdecke aus BSP 210L7S

- $g = 4,60 \text{ kN/m}^2$ (Spannweite quer zur Richtung der Wandscheibe von 6,00 m)
- $q = 2,30 \text{ kN/m}^2$ (Nutzlasten A2 mit Trennwandzuschlag gemäß DIN EN 1991)
- $q = 3,00 \text{ kN/m}^2$ (Nutzlasten Erschließung (Z) gemäß DIN EN 1991)
- $p = 1,35 g + 1,5 q = 9,65 \text{ kN/m}^2$ bzw. $10,70 \text{ kN/m}^2$

Resultierende Bemessungslast:

- $q_d = 6,00/2 \text{ m} \cdot 9,65 \text{ kN/m}^2 + 2,70/2 \text{ m} \cdot 10,7 \text{ kN/m}^2 = 43,5 \text{ kN/m}$

Nachweise des wandartigen Trägers

Bemessungsschnittgrößen:

$$M_d = 1/8 \cdot 45 \text{ kN/m} \cdot (12,0 \text{ m})^2 = 810 \text{ kNm}$$

$$Q_d = 1/2 \cdot 45 \text{ kN/m} \cdot 12,0 \text{ m} = 270 \text{ kN}$$

Ausbildung als BSP 210L7S

Nachweis erfolgt mit $L/H = 12/3 = 4$ auf Grundlage der Balkentheorie. Für die Tragfähigkeitsnachweise werden jeweils die Faserrichtungen der BSP-Wand berücksichtigt.

Nachweis der Biegung:

$$\begin{aligned} \sigma &= M_d / W_{\text{net}} = 81000 \text{ kNcm} \cdot 6 / (300^2 \text{ cm}^2 \cdot 12 \text{ cm}) \\ &= 13,5 \text{ N/mm}^2 < 17 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Ausnutzung 80\%} \end{aligned}$$

Nachweis auf Schub:

$$\begin{aligned} \tau_d &= 1,5 \cdot V_d / A_{z,\text{net}} = 1,5 \cdot 270 \text{ kN} / (9 \text{ cm} \cdot 300 \text{ cm}) \\ &= 1 \text{ N/mm}^2 < 3,6 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Ausnutzung 28\%} \end{aligned}$$

Rollschub ist im Anschlussbereich an die Stützen zu beachten! Konstruktive Maßnahmen erforderlich.

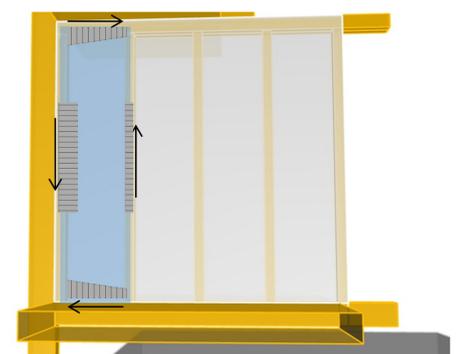
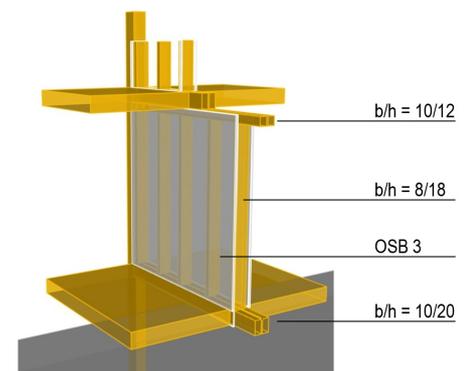
Ausbildung als Wandtafel

Nachweis zur Dimensionierung der Streben und des Rähms bzw. der Schwelle und der Grenztragfähigkeit des Schubfelds. Die Holzständer dienen als Rippen, an die die Beplankung aus OSB und Gipswerkstoff durch Klebung und Nägel abgeschlossen werden, siehe nebenstehende Abbildung.

Nachweis der Biegung:

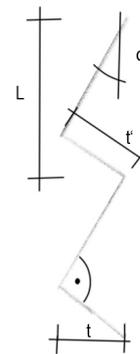
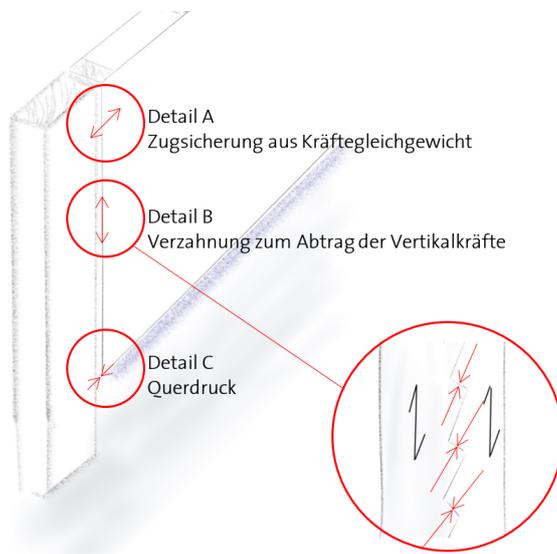
$$\begin{aligned} \sigma &= M_d / h / A_{\text{net}} = 81000 \text{ kNcm} / 280 \text{ cm} / (20 \cdot 10) \text{ cm}^2 / 2 \\ &= 7,2 \text{ N/mm}^2 < 21 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Ausnutzung 35\%} \end{aligned}$$

Die Schubfelder sind durch umlaufende Verbindungsmittel auszubilden, das Randfeld bildet die Bemessungsmaßgabe. Die nebenstehende Darstellung zeigt den qualitativen Schubfluss.



07_03d VORDIMENSIONIERUNG DER VERBINDUNGSDetails

Die nachstehend skizzierten Details werden betrachtet. Die Geometrie der Verzahnung ist rechts definiert.



$$\sin(\alpha) = t' / L$$

$$= t / L / \cos(\alpha)$$

$$L = t / \cos(\alpha) / \sin(\alpha)$$

Detail A

Zugfester Anschluss zwischen Stütze und Rähm

Aus dem Versatz der vertikalen Wirkungslinien von Stütze und Seitenträger der Wandscheibe folgt ein Versatzmoment, welches über horizontale Kräftepaare in den Bauteilfugen abgetragen wird. Die Druckkraft wird in der geneigten Kontaktfläche übertragen. Die Zugkraft wird über baustellenseitig eingebaute Anker von der Wandscheibe in die Stütze übertragen.

Aus der Querkraft von 270 kN folgt ein linienförmig verteiltes Versatzmoment von

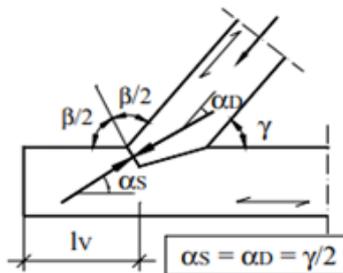
$$270 \text{ kN} / 2,70 \text{ m} \cdot 30 \text{ cm} = 3 \text{ kNm/m.}$$

Zuganker werden in einem Abstand von 1,50 m angeordnet, um ein Klaffen der Fuge auszuschließen.

Detail B

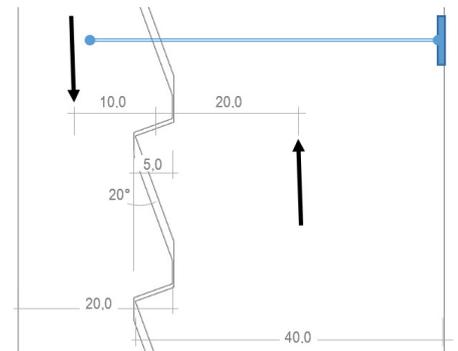
Lasteinleitung der Querkraft aus der Wandscheibe in die Stütze

Prinzip Versatz mit Kraftwirkungsrichtung:



Der Kraftübertrag erfolgt durch eine Verzahnung. Die Geometrie dieser Verzahnung wurde parametrisch entwickelt. Wesentliche Kriterien der Formgebung sind:

- Ein möglichst steiler Kraftübertrag der Vertikalkräfte mit möglichst geringem Versatzmoment
- Steckprinzip und Toleranzen für eine einfache Montage
- Formschlüssiger Kontakt zur Minimierung von Schallübertragung auf Nebenwegen



Die nebenstehende Abbildung stellt zwei mögliche Formen der Verzahnung dar.

Aus dem Nachweis als Stirnversatz folgt aus der Geometrie mit einem Lastwinkel gegenüber der Ausrichtung der Faser von 20° die folgend aufgestellte Tragfähigkeit. Maßgebend ist der Nachweis der BSP-Wand. Die Lasteinleitung erfolgt über die vertikal ausgerichteten Sperrschichten von 3 mal 30 mm.

Aus der Querkraft von 270 kN folgt ein linienförmig verteilter Schub von $270 \text{ kN} / 2,70 \text{ m} = 100 \text{ kN/m}$.

Geometrie der Verzahnung siehe rechts unten.

Die Nachweise erfolgen tabellarisch:

Stütze

Querschnitt	Material		
b 40 cm	BSH 28 c	(Brettschichtholz)	
h 30 cm			$f_{m,y,k}$ 28 N/mm ²
	k_{mod} 0,8 (kled = mittel)		$f_{v,k}$ 3,5 N/mm ²
	γ_m 1,3		$E_{0,mean}$ 12600 N/mm ²
			$f_{c,0,k}$ 24 N/mm ²
			$f_{c,90,k}$ 2,7 N/mm ²

Wandträgerstiel

Querschnitt	Material		
b 9 cm	BSH 24 c	(Brettschichtholz)	
h 10 cm			$f_{m,y,k}$ 24 N/mm ²
			$f_{v,k}$ 3,5 N/mm ²
			$E_{0,mean}$ 11600 N/mm ²
			$f_{c,0,k}$ 21 N/mm ²
			$f_{c,90,k}$ 2,4 N/mm ²

Umgebungsbedingungen

Nutzungsklasse	1	k_{mod} 0,8 (kled = mittel)	$f_{c,0,k}$ 21 N/mm ²
KLED	mittel	γ_m 1,3	$f_{c,90,k}$ 2,4 N/mm ²

Geometrie

γ	40 [grad]	
α	20 [grad]	
$t_{v,Stirn}$	5	≤ 8,00 cm
$t_{v,Ferse}$	10	≤ 7,50 cm
$l_{Vorbild,S}$	100	≤ 40,00 cm

Nachweis des Versatzes (Stützseitig)

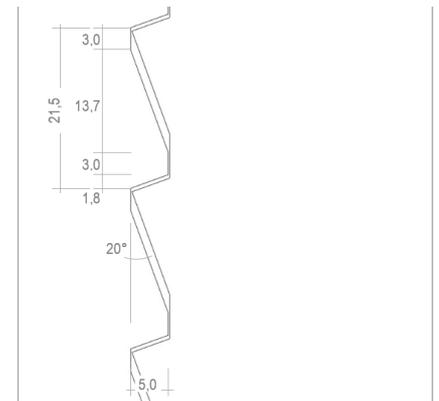
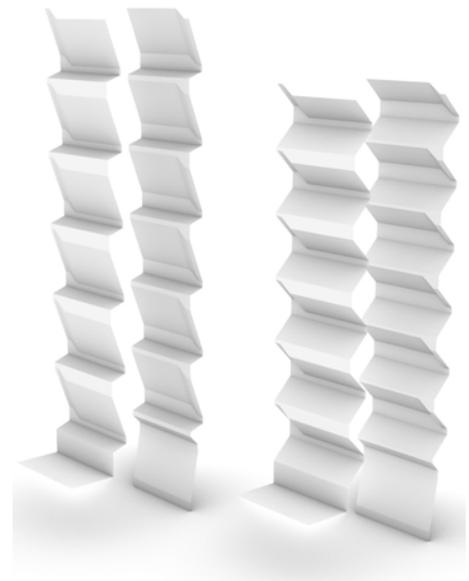
$f_{c,0,d}$	14,77 N/mm ²	$f_{c,0,d}$	12,92 N/mm ²
$f_{c,90,d}$	1,66 N/mm ²	$f_{c,90,d}$	1,48 N/mm ²
$f_{v,d}$	2,15 N/mm ²	$f_{v,d}$	2,15 N/mm ²

Sitmversatz

α	20 °
$f_{c,0,d}$	9,82 N/mm ²
A	47,89 cm ²
$R_{c,0,d}$	47,00 kN
$R_{c,0,d}$	50,02 kN
	232,0 kN/m

Stirnversatz

α	20 °
$f_{c,0,d}$	9,20 N/mm ²
A	47,89 cm ²
$R_{c,0,d}$	44,08 kN
$R_{c,0,d}$	46,91 kN
	217,6 kN/m



Aus der Tragfähigkeit von 218 kN/m folgt eine Ausnutzung von 46%.

Detail C

Druckfester Anschluss quer zur Faser.

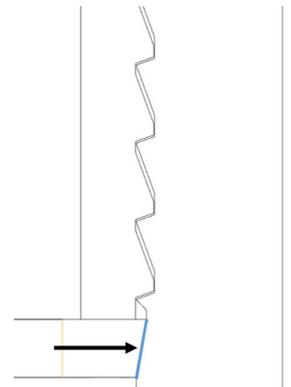
Durch werkseitig eingebrachte Vollgewindeschrauben auf der Seite der Stütze wird sichergestellt, dass keine Querpressung der Fasern bei Lastanleitung am Druckstempel erfolgt.

Eine Druckkraft am Fußpunkt entsteht aus einem Einspannmoment der Wandscheibe bei ausreichender Stützensteifigkeit. Konstruktiv wird 20% des Feldmoments als Einspannmoment nachgewiesen:

$$M_d = 0,2 \cdot 1/8 \cdot 45 \text{ kN/m} \cdot (12,0 \text{ m})^2 = 162 \text{ kNm}$$

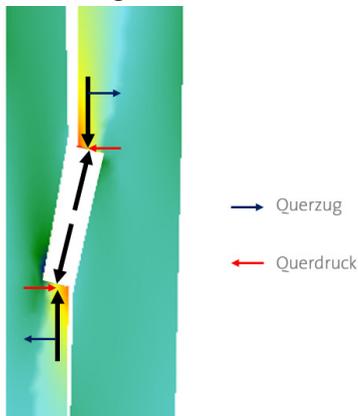
$$F_d = M_d / h = 162 \text{ kNm} / 2,8 \text{ m} = 58 \text{ kN}$$

Geometrie der Verzahnung und des Druckstempels siehe rechts.



07_03e VERIFIZIERUNG DER VORDIMENSIONIERUNG AM FE-DETAILMODELL

Das Tragprinzip des Übertrags der vertikalen Kräfte am veranschaulicht das folgende Detailmodell der Verbindung:



07_03f FE-DETAILMODELL DER WANDSCHEIBE

System

An Stabwerkmodellen wird das Tragverhalten verifiziert. Die Beplankung wird durch diagonale Zugglieder substituiert. Das System wird durch eine Einheitslast mit 10 kN/m beansprucht, vgl. rechts stehende Abbildung.

Material

Stütze:

GL 75: Baubuche nach ETA-14/0354

E-Modul [MPa]: längs/quer zur Faser 16800 / 470

Schubmodul [MPa]: längs/quer zur Faser 850

Festigkeiten [MPa]: Biegung / Schub 75 / 5

Festigkeiten [MPa] Zug: längs/quer zur Faser 60 / 0,6

Festigkeiten [MPa] Druck: längs/quer zur Faser 55 / 12,3

Verzahnung Wand/Streben:

KVH C24 nach EN 14081 (Sortierklasse S10)

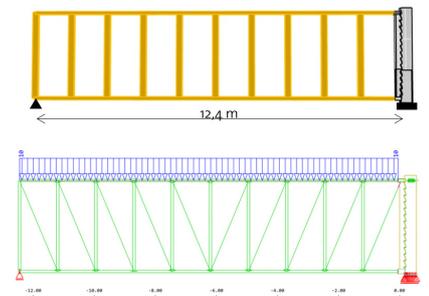
E-Modul [MPa]: längs/quer zur Faser 11000 / 370

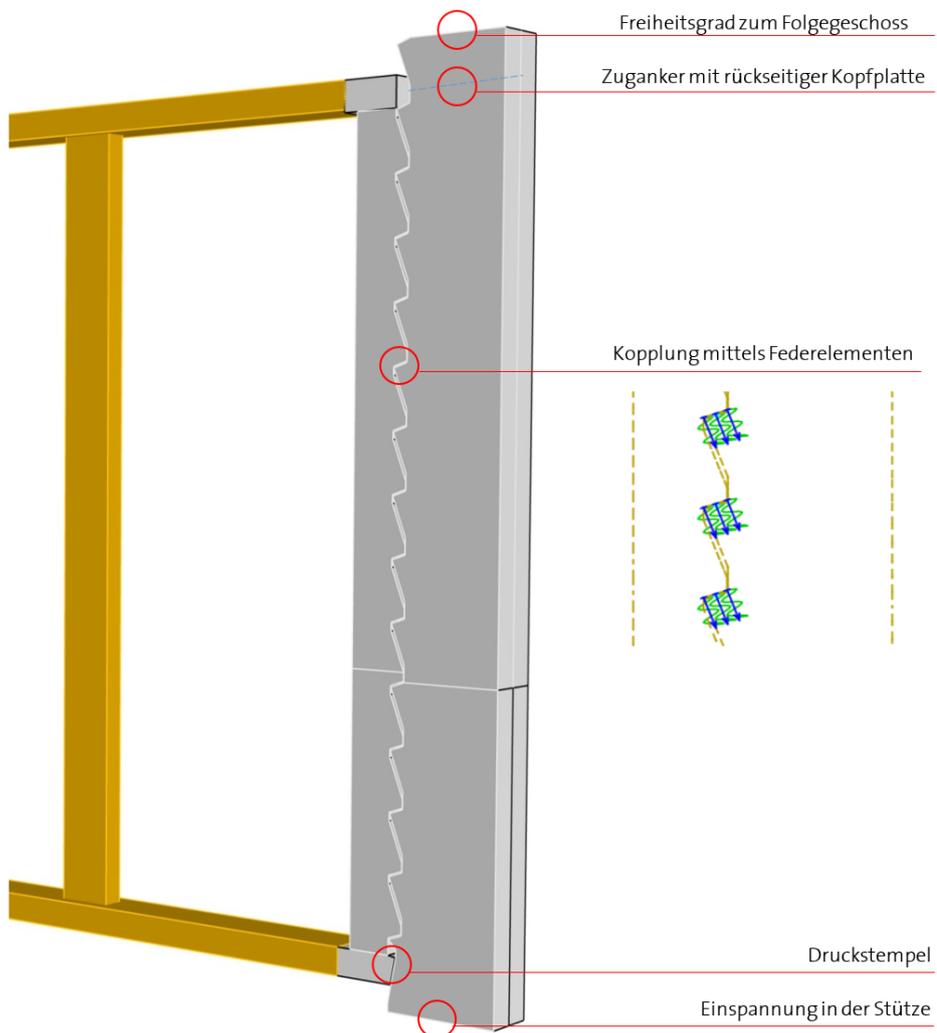
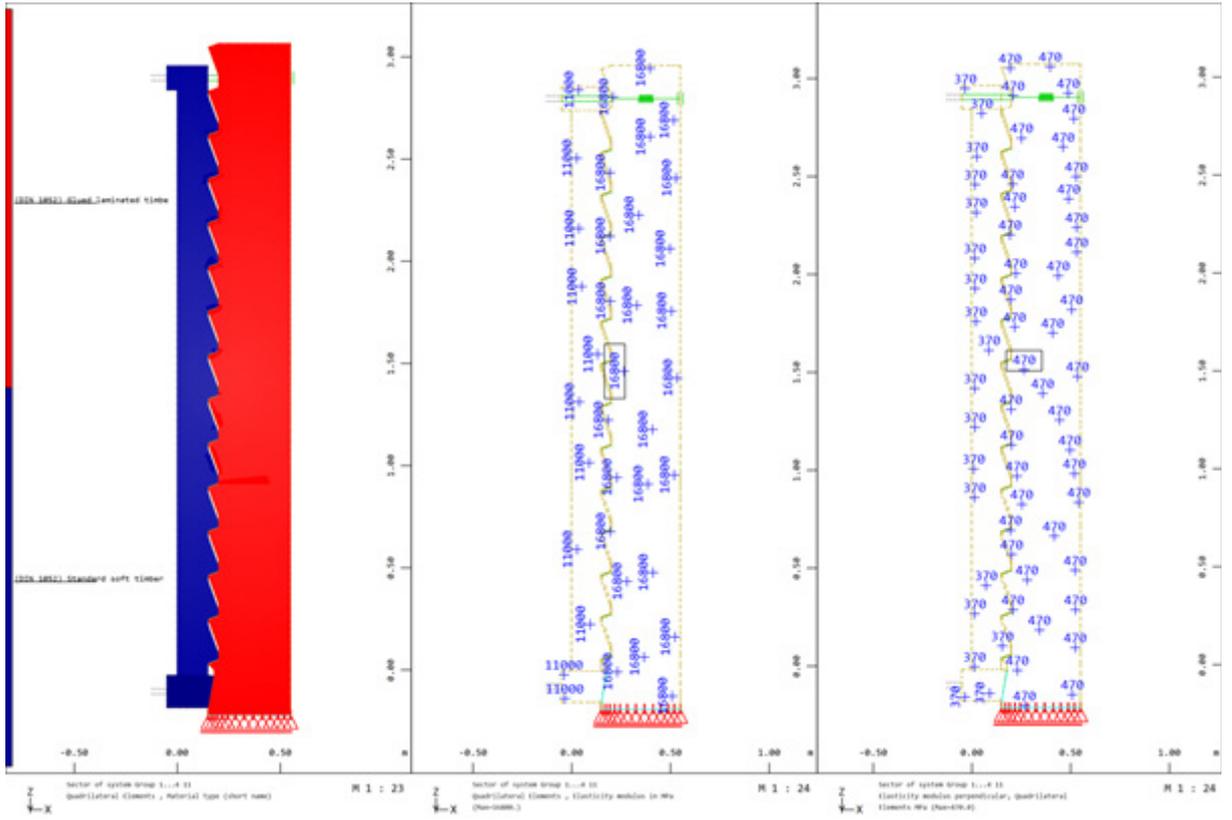
Schubmodul [MPa]: längs/quer zur Faser 850

Festigkeiten [MPa]: Biegung / Schub 24 / 4

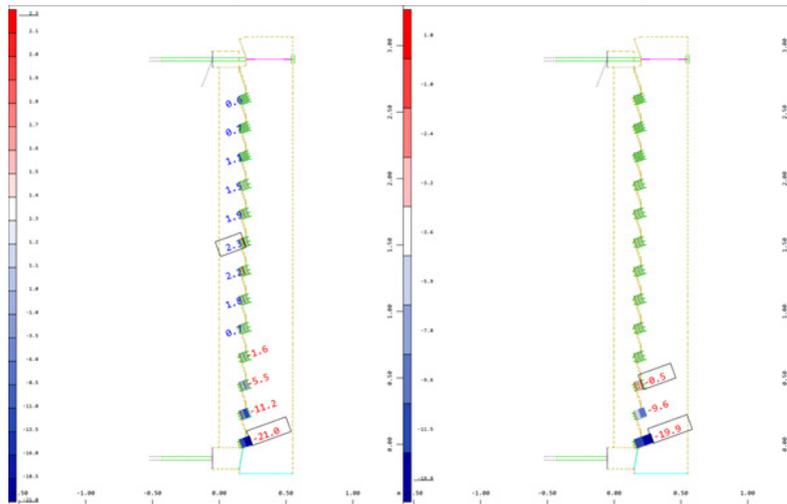
Festigkeiten [MPa] Zug: längs/quer zur Faser 14 / 0,4

Festigkeiten [MPa] Druck: längs/quer zur Faser 21 / 2,5





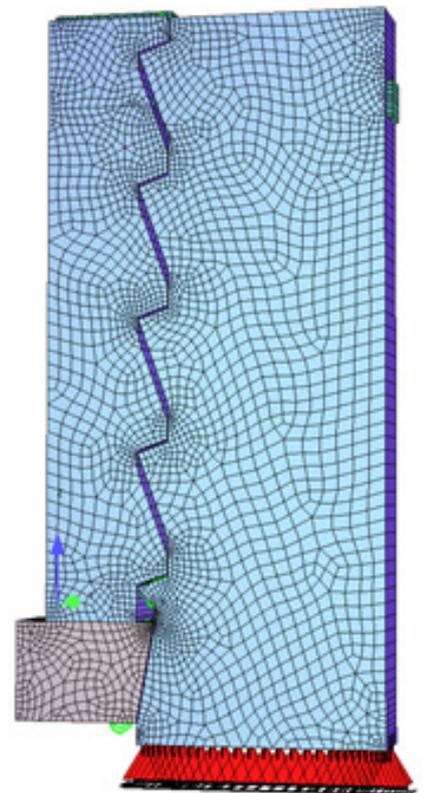
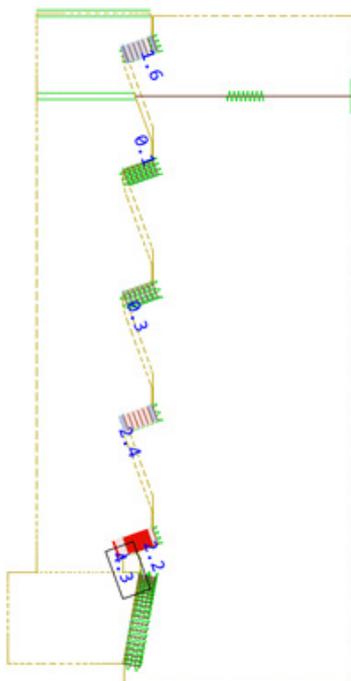
Den Einfluss der Nichtlinearität auf den vertikalen Lastabtrag zeigt die folgende Abbildung, Kräfte in der Kontaktfläche der Verzahnung – lineare Berechnung links und nichtlineare Berechnung rechts:



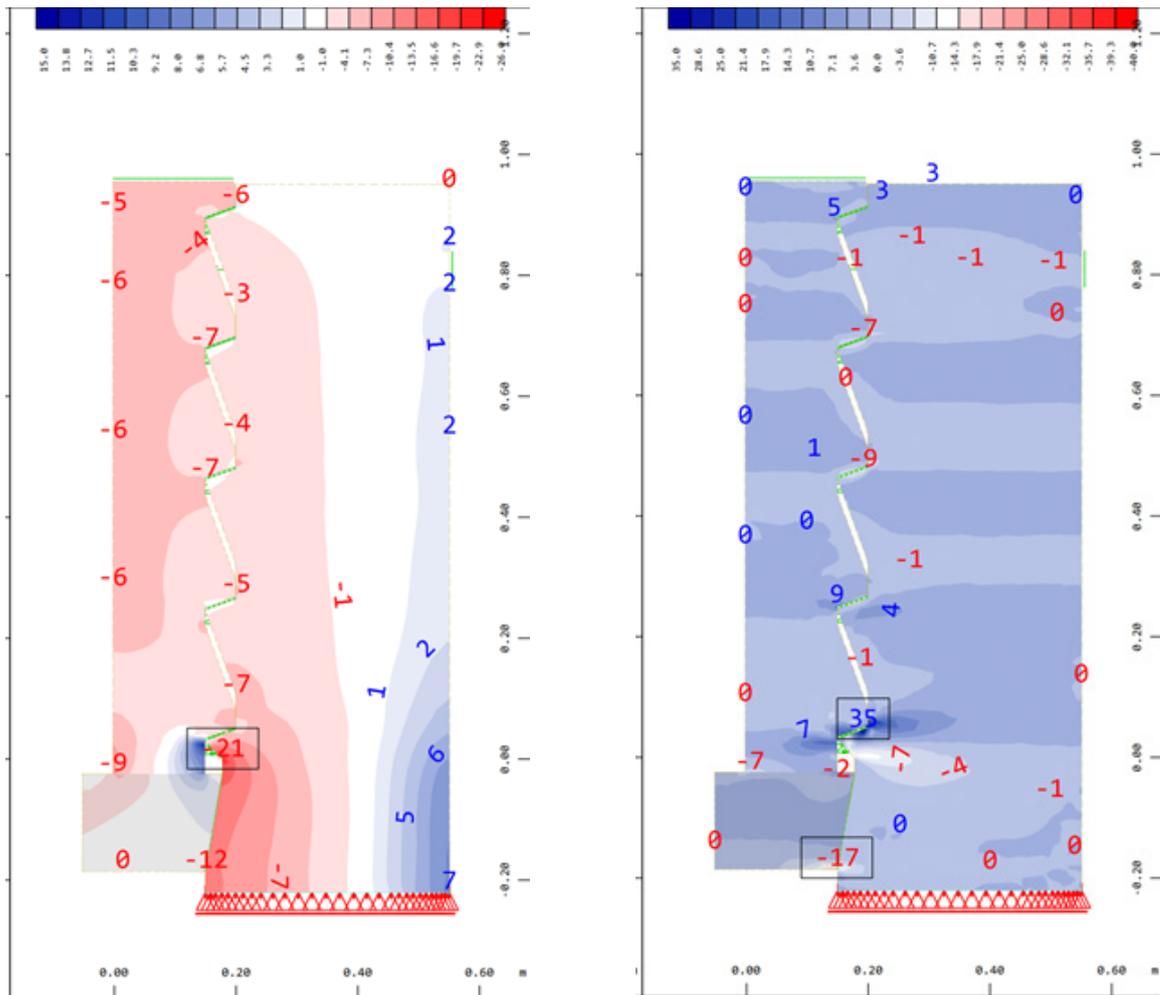
07_03g FE-MODELL DES DETAILS B UND C

Detailmodell des Fußpunktes mit der unteren Verzahnung siehe Abbildung rechts.

Resultierende Spannungen in der Kontaktfläche der Verzahnung:



Resultierende Spannungen in vertikaler und horizontaler Richtung:



07_o3h RÜCKSCHLÜSSE

Aus den Ergebnissen lassen sich die folgenden Rückschlüsse ziehen:

1. Der Lastabtrag mittels der Verzahnung kann nur durch eine regelmäßige zugfeste Verbindung zwischen Wand und Stütze sichergestellt werden.
2. Für die Tragfähigkeit des Anschlusses wirkt sich günstig aus, wenn sich die Wandscheibe in der Stütze einspannt. Dazu ist die Verformung der Stütze zu behindern.
3. Der aus dem konstanten Schubfluss abgeleitete über die Höhe konstante Abtrag der Vertikalkräfte entlang der Verzahnung bei gleichmäßiger Verzahnungsgeometrie konnte nicht bestätigt werden. Die Beanspruchung konzentriert sich im Bereich der horizontal eingeleiteten Druckkraft.

Die Ausbildung des Anschlusses durch Kontakt von weichem Nadelholz (wandseitig) und dem deutlich steiferen Holz der Baubuche ermöglicht einen Einhängeeffekt im Lastabtrag, sodass die Kraft über eine größere Länge eingeleitet werden kann.

Die Verzahnung ist in ihrer Geometrie derartig zu optimieren, dass eine gleichmäßige Lasteinleitung sichergestellt wird: Die Neigung der Kontaktfläche gegenüber der Vertikalen hat dazu über die Höhe des Anschlusses zuzunehmen.

07_04 QUELLEN

- **BBSR 2016: POTENZIALE UND RAHMENBEDINGUNGEN VON DACHAUFSTOCKUNGEN UND DACHAUSBAUTEN.**
- **Cheheltan A. 2018: BAUEN AUF DEM DACH.** Masterarbeit Studienrichtung Architektur Universität der Künste Berlin bei den Professoren Sobejano, Palz und Gengnagel.
- **Kaufmann H.; Krötsch S.; Winter S. 2017: ATLAS MEHRGESCHOSSIGER HOLZBAU.** Detail Business Information GmbH, München.
- **Lösch, C.; Rieseberg P.; Schlaich M.; Leibinger R. 2017: INFRALEICHTBETON: ENTWURF, KONSTRUKTION, BAU.** Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- **Tichelmann, K. U.; Groß, K.; Günther, M. 2016: DEUTSCHLAND-STUDIE WOHNRAUMPOTENTIALE DURCH AUFSTOCKUNGEN.**

