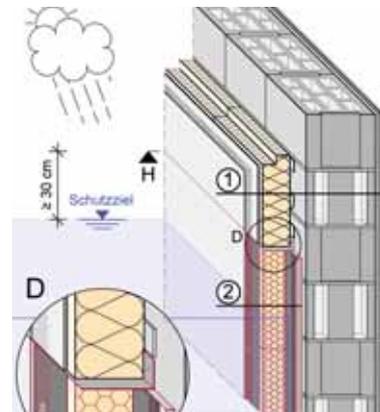
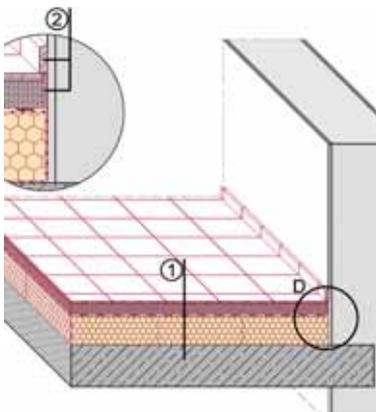
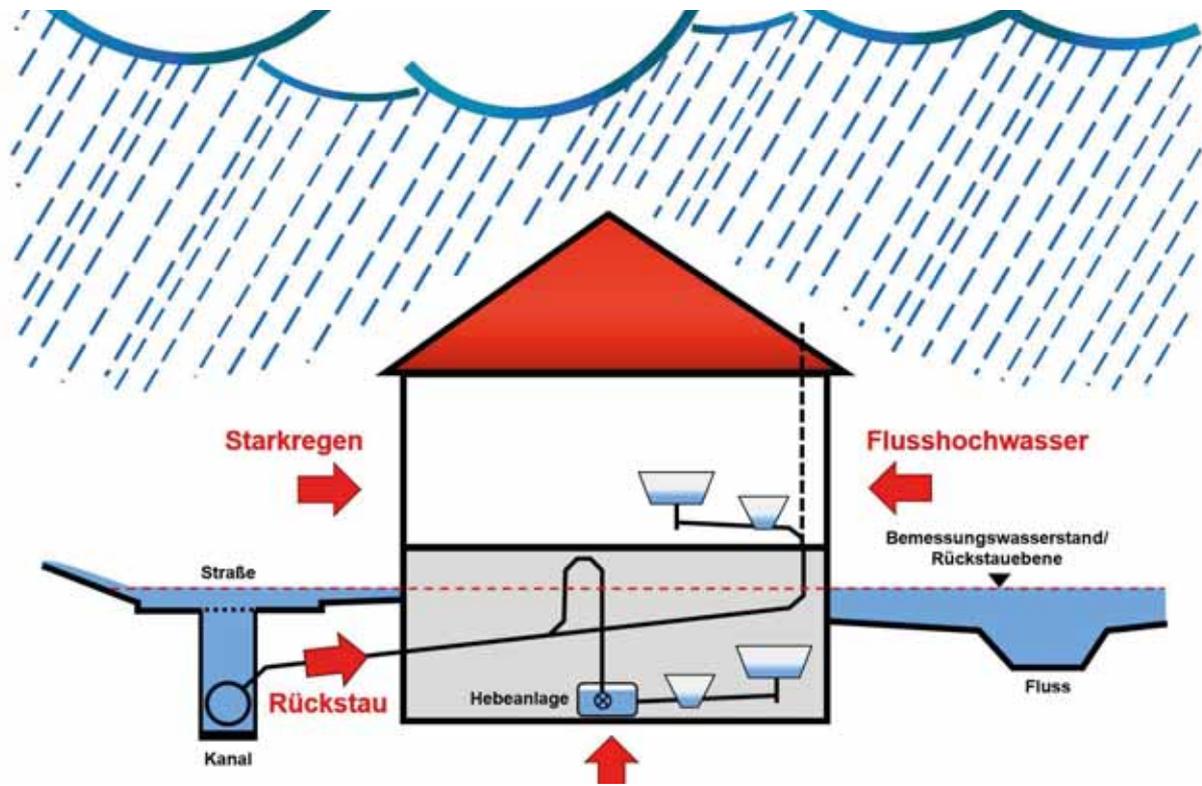


Baukonstruktive Überflutungsvorsorge

Leitfaden mit Hinweisen für die Wahl geeigneter Bauarten und deren bauliche Umsetzung



Zusammenfassung

Dieser Leitfaden zur Schadenverhütung aus Sicht der Versicherer greift auf ein ganzheitliches Schutzkonzept zurück, das sich in der Praxis bewährt hat. Zudem sind die umfangreichen Ergebnisse aktueller Forschung zu baukonstruktiver Überflutungsvorsorge, u. a. Kriterien zur Beurteilung und Optimierung baulicher Widerstandsfähigkeit gegen Überflutung, für die Anwendung in der Praxis aufbereitet. Die schematischen Darstellungen zur Einordnung typischer Bauarten für Konstruktionen von Außenwand und Decken-/Fußboden runden mit Beispielen der Nutzen- und Kostenanalyse die Empfehlungen ab. Damit sollen das überflutungsangepasste Planen und Bauen konkretisiert werden.

In gegenseitiger Ergänzung sind der Bericht über die abgeschlossene Forschungsarbeit der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Dresden (HTW Dresden) und ein Online-Katalog widerstandsfähiger Bauarten veröffentlicht unter: <https://www.gdv.de/de/themen/news/katalog-der-gegen-ueberflutung-widerstandsfahigen-aussenwand---decken--und-fussboden-konstruktionen-62536>

Baukonstruktive Überflutungsvorsorge

Leitfaden mit Hinweisen für die Wahl geeigneter Bauarten und deren bauliche Umsetzung

Inhalt

1	Vorbemerkungen	4
2	Anwendungsbereich	4
3	Begriffsbestimmungen	4
4	Gefahren und Risiken	5
5	Schutzkonzept	7
5.1	Verantwortungen	7
5.2	Festlegung von Schutzzielen	7
5.3	Grundstrategien	8
5.4	Qualitätssicherung	9
6	Baukonstruktive Schutzmaßnahmen	9
6.1	Kriterien für die Bewertung der Schadenanfälligkeit	9
6.2	Außenwandkonstruktionen	10
6.3	Decken- und Fußbodenkonstruktionen	13
6.4	Ausgewählte Beispiele	17
6.5	Beispiele der Kostenbetrachtungen für eine flache Massivdecke (mit Trocknung)	26
7	Bauartklassen	30
8	Literatur	32
8.1	Gesetze und Verordnungen	32
8.2	Technische Regeln	32
8.3	Vorschriften, Regeln und Informationen der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)	32
8.4	Publikationen der deutschen Versicherer zur Schadenverhütung	32
8.5	Publikationen der VdS Schadenverhütung GmbH (VdS)	32
8.6	DIN-, VDE und VDI-Normen	32
8.7	Weiterführende Literatur	32

1 Vorbemerkungen

Eine Überflutung von Gebäuden durch Flusshochwasser, Starkregen, hohen Grundwasserspiegel und/oder Rückstau der angeschlossenen Kanalisation kann erfahrungsgemäß erhebliche Schäden am und im Gebäude verursachen.

Überflutungsschäden können nach Erfahrungen aus dem In- und Ausland wirksam begrenzt und minimiert werden, u. a. mit Hilfe von baukonstruktiven Maßnahmen. Diese Maßnahmen sollen je nach technischen und finanziellen Möglichkeiten im Rahmen eines ganzheitlichen Schutzkonzeptes geplant, realisiert und, sofern erforderlich, instand gehalten werden, um Überflutungsschäden gemäß der gesetzlichen Anforderung und im Sinne eines umfassenden Risikomanagements wirksam zu vermeiden bzw. zu begrenzen.

Der vorliegende Leitfaden behandelt insbesondere Gefahren und Risiken der Überflutung von Gebäuden und deren Inhalt und stellt baukonstruktive Schutzmaßnahmen als Empfehlung und Anregung für die Praxis anhand von konkreten Beispielen vor. Er basiert auf den mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden entwickelten Ergebnissen des Forschungsvorhabens „Bautechnische Überflutungsvorsorge für Wohngebäude und kleingewerblich genutzte Gebäude“. Der ausführliche Forschungsbericht mit dem darin enthaltenen Bauteilkatalog steht online zum Download bereit (<https://www.gdv.de/de/themen/news/katalog-der-gegen-ueberflutung-widerstandsfaehigen-aussenwand---decken--und-fussboden-konstruktionen-62536>).

Auf weitere mögliche Maßnahmen der Überflutungsvorsorge wird in diesem Leitfaden lediglich hingewiesen, für detaillierte Erläuterungen sollten die Publikationen VdS 3521 „Schutz vor Überschwemmungen; Leitfaden für Schutzkonzepte und Schutzmaßnahmen bei Industrie- und Gewerbeunternehmen“ und VdS 6001 „Mobile Hochwasserschutzsysteme; Hinweise für die Beschaffung, den Einsatz und die Bereitstellung“ herangezogen werden.

Dieser Leitfaden wurde im Rahmen eines öffentlichen Konsultationsverfahrens von tangierten Fachkreisen aus dem In- und Ausland kommentiert, u. a. aus der Schweiz und aus Österreich, um Erfahrungen aus der Praxis und aus unterschiedlichen Blickwinkeln entsprechend zu berücksichtigen.

Die Empfehlungen in diesem Leitfaden basieren auf den heutigen Erkenntnissen der Bautechnik und werden überarbeitet, falls sich grundsätzliche Änderungen ergeben.

Anforderungen seitens der Behörden und Berufsgenossenschaften bleiben von diesem Leitfaden unberührt.

2 Anwendungsbereich

Die in diesem Leitfaden enthaltenen Hinweise gelten unter Berücksichtigung objektbezogener Schutzanforderungen sowohl für die Planung, Errichtung und den Betrieb neu zu errichtender Gebäude als auch für bestehende Bauten, z. B. im Zuge von Instandhaltungen oder Aus- bzw. Umbaumaßnahmen oder wenn sie nach einer Überflutung instand gesetzt werden sollen.

3 Begriffsbestimmungen

Bemessungswasserstand

Nach der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb 2017) ist der Bemessungswasserstand der höchste innerhalb der planmäßigen Nutzungsdauer des Bauwerkes zu erwartende Grundwasser-, Schichtenwasser- oder Hochwasserstand unter Berücksichtigung langjähriger Beobachtung und zu erwartender zukünftiger Gegebenheiten. Er dient als Grundlage für die Planung und Ausführung geeigneter baulicher Hochwasserschutz- und Anpassungsmaßnahmen. Extreme Ereignisse können den Bemessungswasserstand jedoch übersteigen.

Feuchtetechnische Kennwerte

Ausgleichsfeuchte

Die Ausgleichsfeuchte (auch als Gleichgewichtsfeuchte bezeichnet) kennzeichnet den Feuchtegehalt eines Baustoffs, der sich allmählich bei einer Lagerung in Luft mit konstanter relativer Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur einstellt. Sorptionsisothermen stellen den Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt des Baustoffs und der relativen Feuchte der umgebenden Luft dar.

Freiwilliger Wassergehalt

Gegenüber der Sättigungsfeuchte entspricht der freiwillige Wassergehalt (auch als freie Wassersättigung bezeichnet) der Wassermenge, die ein Baustoff aufnimmt, wenn er einige Zeit der Einwirkung von drucklosem Wasser ausgesetzt ist. Grobporige, wasserbenetzbare Stoffe durchfeuchten rasch und vollständig, d. h. der freiwillige Wassergehalt entspricht der Sättigungsfeuchte. Bei hydrophilen, feinporigen Stoffen, das heißt bei nahezu allen mi-

neralischen Baustoffen, stellt sich zunächst eine Teildurchfeuchtung ein, die bei ständiger, druckloser Wasserbeanspruchung erst im Verlauf mehrerer Jahre den maximalen Feuchtegehalt erreicht. Das Eindringen des Wassers wird durch die in den Porenräumen eingeschlossene Luft verhindert, die lediglich durch Diffusion in das Porenwasser entweicht. Dieser Vorgang dauert unter natürlichen Bedingungen sehr lange.

Sättigungsfeuchte

Die Sättigungsfeuchte (auch als maximaler Feuchtegehalt bezeichnet) entspricht der vollständigen Füllung aller dem Wasser zugänglichen Poren eines Baustoffs. Dieser Feuchtegehalt stellt sich lediglich unter Druck, bei Tauwasserbildung oder bei langfristiger Lagerung unter Wasser ein.

Rückstau/Rückstauenebene

Öffentliche Regenwasserkanäle sind nicht dafür ausgelegt, seltene Starkregenereignisse problemlos abzuleiten. Bei starken Niederschlägen kann es daher zu Überlastungen kommen. Regenwasser wird dann nicht mehr ausreichend abgeführt, mit der Folge von Rückstau in die angeschlossenen Grundleitungen der privaten Entwässerungsanlagen. Tiefgelegene Räume mit Ablaufstellen in den Gebäuden werden über die Abwasserleitungen dann geflutet, wenn sie unterhalb der Rückstauenebene liegen und keinen wirksamen Rückstauschutz, z. B. eine Hebeanlage, aufweisen. Als maßgebende Rückstauenebene bei der Planung der Grundstücksentwässerung gilt üblicherweise die Straßenoberkante an der Anschlussstelle des Grundstücksentwässerungskanal. In überflutungsgefährdeten Gebieten muss die Rückstauenebene dem Bemessungswasserstand entsprechen.

Schutzziel

In diesem Leitfaden beschreibt das Schutzziel die Höhe über Geländeoberkante, bis zu der das Bauvorsorgekonzept des Gebäudes gegenüber Überflutungsbeanspruchung ausgelegt ist. Das Schutzziel orientiert sich am Bemessungswasserstand, kann aber aufgrund der objekt- und risikospezifischen Bewertung auch darüber oder darunter liegen. Bei besonders empfindlichen Gebäudenutzungen ist es möglicherweise sinnvoll, den Bemessungswasserstand mit einem Sicherheitszuschlag noch zu erhöhen. Ist die Umsetzung der Schutzmaßnahmen bis zur Höhe des Bemessungswasserstandes wirtschaftlich oder technisch nicht möglich, kann das vereinbarte Schutzziel auch unterhalb des Bemessungswasserstandes liegen. In diesem Fall sollen ergänzende Maßnahmen im Rahmen des Schutz-

konzeptes ergriffen werden, z. B. organisatorische Maßnahmen.

Überflutungsvorsorge

Dieser Leitfaden behandelt im Schwerpunkt gebäudebezogene Maßnahmen der Überflutungsvorsorge, welche:

- den Wassereintritt in das Gebäude bis zu einem zuvor definierten Schutzziel verhindern und/oder
- die nachteiligen Folgen im Falle eines Wassereintritts in das Gebäude mindern.

4 Gefahren und Risiken

Überflutungen können je nach räumlicher Ausdehnung und Intensität der verursachenden Niederschläge, je nach Geländeform und betroffenem Gebiet unterschiedliche Erscheinungsformen aufweisen und in unterschiedlicher Weise auf Gebäude einwirken (siehe Abb. 1).

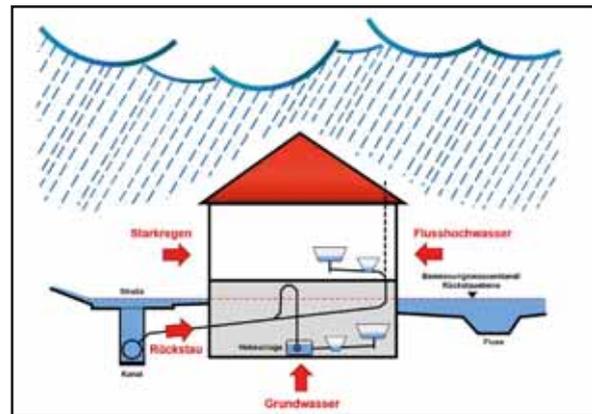


Abb. 1: Einwirkung unterschiedlicher Überflutungsgefahren auf ein Gebäude

Ausuferung von größeren Gewässern

Zur Ausuferung von größeren Gewässern, z. B. Flüssen und Seen, kommt es infolge langanhaltender und überregionaler Niederschläge, die zusätzlich mit Schneeschmelze verbunden sein können. Oftmals sind bei solchen Ereignissen mehrere große Flusseinzugsgebiete betroffen: Beim letzten großen Hochwasserereignis in Deutschland, dem Junihochwasser 2013, verursachten Überflutungen im Einzugsgebiet von Elbe, Donau, Weser und Rhein Gesamtschäden von rund 8 Mrd. €.

Die Überflutungshöhen können mehrere Meter betragen und Gebäude auch über das Erdgeschoss hinaus betroffen sein. An Flüssen mit Pegelmessstellen lassen sich auf Basis von Nie-

derschlagsmessungen und -prognosen sowie kontinuierlichen Wasserstandsbeobachtungen die zu erwartenden Wasserstände gut vorhersagen. Je nach Gewässer liegt dabei die Vorwarnzeit in der Größenordnung von Stunden oder sogar Tagen. Der organisatorischen Vorsorge kommt bei diesen Ereignissen neben den baulichen Schutzmaßnahmen eine besondere Bedeutung zu.

Lokale Starkniederschläge und Sturzfluten

Lokale Starkniederschläge sind räumlich und zeitlich begrenzt und weisen die größten Niederschlagsintensitäten auf. Meist treten sie in den Sommermonaten in Verbindung mit Gewittern auf und verursachen jedes Jahr eine Vielzahl von Schäden. Dabei kann es unabhängig vom Vorhandensein eines Gewässers überall zu lokalen Wasseransammlungen kommen. Besonders gefährdet sind Senken und Mulden, in denen sich Wasser ansammeln kann. Aber auch der Wasserstand und die Fließgeschwindigkeit von ansonsten unscheinbaren Gräben und Bächen mit kleinen Einzugsgebieten können bei derartigen Ereignissen innerhalb kürzester Zeit stark ansteigen. Vor allem an den Einläufen zu verrohrten Gewässerabschnitten (Verdolungen) kommt es infolge der Überschreitung der hydraulischen Leistungsfähigkeit häufig zu Ausuferungen. Zusätzlich kann auch Hagel die Einläufe in die Kanalisation oder andere Engstellen verstopfen. Bei lokalen Starkniederschlägen sind in der Regel Keller und Erdgeschosse betroffen. Die Überschwemmungshöhen liegen zumeist im Dezimeter-Bereich.

In bergigen Regionen können solche Ereignisse wegen des starken Gefälles und der hohen Fließgeschwindigkeit besonders verheerend sein, sie werden auch als Sturzflut bezeichnet. Mitgeführtes Treibgut und Sedimentfrachten können sich an Engpässen, wie z. B. Brücken und Einläufen, verfängen und Barrieren bilden, die das Wasser zusätzlich aufstauen. Auf diese Weise können auch bei Sturzfluten Überflutungshöhen von mehreren Metern entstehen. Das mitgeführte Treibgut und Geröll kann zu erheblichen Strukturschäden an Gebäuden bis hin zum Einsturz führen. Ein Beispiel hierfür ist die verheerende Sturzflut am 29. Mai 2016, die den kleinen Ort Braunsbach im Landkreis Schwäbisch Hall verwüstet hat.

Eine genaue Vorhersage des örtlichen und zeitlichen Auftretens solcher Starkregen ist derzeit nur sehr begrenzt möglich. Die Vorwarnzeit ist in der Regel extrem kurz und beträgt oft nur wenige Minuten. Deshalb sind bauliche Vorsorgemaßnahmen zur Vermeidung von Überschwemmungsschäden hier besonders wichtig.

Überlastete Kanalisation/Rückstau

Ist das Fassungsvermögen der Kanalisation aufgrund starker Niederschläge erschöpft, wird Regenwasser nicht ausreichend über das Kanalnetz abgeleitet, sondern kann über die gesamte Straße auf angrenzende Grundstücke und in Gebäude, Keller oder Tiefgaragen laufen. Bei überlasteter Kanalisation sind zudem Gebäudeteile unterhalb der Rückstauenebene mit Verbindung zum Kanalnetz gefährdet. Eigenes Abwasser kann nicht mehr abgeführt werden, und Wasser aus dem Kanal drückt in die Grundleitungen und angeschlossenen Sanitäreinrichtungen zurück. Um die gefährdeten Gebäudeteile vor austretendem Abwasser zu schützen, ist der Einbau von Rückstausicherungen, z. B. automatische Hebeanlagen, erforderlich.

Hoher Grundwasserspiegel

Der Grundwasserspiegel reagiert auf den Anstieg des Wasserstandes in nahegelegenen Gewässern und hebt sich dabei mit zeitlicher Verzögerung ebenfalls an. Dann kann Grundwasser in unzureichend abgedichtete Kellergeschosse eindringen oder nicht abgesicherte Baugruben fluten. Aber auch abgedichtete Bauwerke können Schaden erleiden, wenn sie im ansteigenden Grundwasser unter Auftrieb kommen und aufschwimmen. Ein solches Anheben eines Baukörpers kann auftreten, wenn die Summe der Auftriebskräfte des Wassers größer wird als die Summe der Gebäudelasten (siehe auch Kap. 6.3). Ein spektakuläres Beispiel war der Schaden am Schürmannbau in Bonn im Dezember 1993. Mit dem extremen Rheinhochwasser stieg auch der Grundwasserspiegel stark an. In der Folge hob sich der Rohbau stellenweise um bis zu 70 cm und setzte sich anschließend ungleichmäßig mit der Folge von erheblichen Schäden an der Bausubstanz. Auch in Dresden stieg in Folge der starken Niederschläge am 12./13.08.2002 und des Hochwassers an der Elbe und den Nebenflüssen die Grundwasseroberfläche innerhalb von kurzer Zeit um bis zu sechs Meter. Totalschäden an einigen Gebäuden konnten nur durch gezieltes Fluten der Untergeschosse bzw. Aufbringen von Auflasten verhindert werden.

Gefährdet sind vor allem Ansiedlungen unmittelbar hinter einer Deichlinie oder in flachen Flussauen, mit geringem Abstand zwischen Grundwasserspiegel und Erdoberfläche. Aber auch in größerer Entfernung zum Fluss können Schäden zeitverzögert und zu einem Zeitpunkt, wenn niemand mehr damit rechnet, entstehen. Grundwasseraustritte aus dem Erdboden sind dagegen vergleichsweise selten und führen zu eher geringen Überflutungshöhen.

5 Schutzkonzept

Zur Vermeidung und Begrenzung der Überflutung von Gebäuden sowie Schadenbegrenzung im Fall einer Überflutung haben sich ganzheitliche Schutzkonzepte bewährt. Dabei ist die Zusammenarbeit aller Beteiligten von großem Belang. Nur dadurch kann ein technisch optimaler und wirtschaftlich tragbarer Überflutungsschutz erreicht werden, nicht zuletzt durch die Berücksichtigung aller relevanten Gefahren und Schutzziele sowie durch eine entsprechende Kombination verschiedener Schutzmaßnahmen baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Art.

5.1 Verantwortungen

Gebäude, die in überflutungsgefährdeten Gebieten liegen, erfordern eine besondere Vorsorge, um im Überflutungsfall ausreichend geschützt zu sein. Neben den Maßnahmen zur öffentlichen Überflutungsvorsorge zum Schutz von Bevölkerung und Sachwerten spielt die private Vorsorge eine wichtige Rolle. Dazu gehören Kenntnisse über die lokale Überflutungsgefährdung, ein auf die jeweilige Gefährdung ausgelegter baulicher Objektschutz sowie das richtige Verhalten im Überflutungsfall.

Die Verantwortlichkeit zur Vorsorge ist im Wasserhaushaltsgesetz (WHG, § 5 Abs. 2) so geregelt, dass jede Person in hochwassergefährdeten Gebieten eine Sorgfaltspflicht zu erfüllen hat. Diese bedingt zum einen, dass geeignete Schutzmaßnahmen vor Hochwasser zu treffen sind, die der Schadenminderung dienen. Zum anderen ist die Nutzung von hochwassergefährdeten Grundstücken den nachteiligen Folgen für Mensch, Umwelt und Sachwerten anzupassen.

Bauliche Schutzvorschriften bestehen derzeit nur für amtlich festgesetzte Überschwemmungsgebiete. In einem festgesetzten Überschwemmungsgebiet gilt nach dem WHG (Stand: 31. Juli 2009 geändert durch Art. 2 vom 04.12.2018) § 78 Abs. 1 und 4 grundsätzlich ein Verbot, neue Baugebiete im Außenbereich auszuweisen, sowie ein Verbot, bauliche Anlagen nach §§ 30, 33, 34 und 35 des Baugesetzbuches zu errichten oder zu erweitern. Ausnahmen können von Behörden unter Auflagen genehmigt werden. Beispielsweise müssen der Baukörper hochwasserangepasst errichtet und nachteilige Auswirkungen auf Oberlieger und Unterlieger sowie Beeinträchtigungen von bestehendem Hochwasserschutz vermieden werden.

Bei konkreten Bauvorsorgemaßnahmen am einzelnen Objekt spielt neben dem jeweiligen Grad der

Hochwassergefährdung auch die Verletzbarkeit des Gebäudes (Baukonstruktion und -technik) für den Umfang der zu erwartenden Schäden im Hochwasserfall eine bedeutende Rolle. Daraus ergibt sich die Grundlage für die Risikobewertung des Gebäudes und die Festlegung von Schutzzielen.

5.2 Festlegung von Schutzzielen

Einen hundertprozentigen Schutz gegen Überflutungen durch Hochwasser oder Starkregen gibt es nicht. Aber es gibt ein bestmögliches Konzept für einen sowohl technisch als auch wirtschaftlich sinnvoll umsetzbaren Überflutungsschutz. Das Schutzziel, das einem solchen Konzept zugrunde liegt, orientiert sich hierbei idealerweise am Bemessungswasserstand und an den lokalen Gegebenheiten.

Nach der Wassergesetzgebung der Länder gilt in rechtsverbindlich festgesetzten Überschwemmungsgebieten grundsätzlich der 100-jährliche Hochwasserabfluss (HQ100) als Bemessungswasserstand, an dem sich das Schutzziel der Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen für Gebäude orientieren soll. Das Schutzziel kann vom Fachplaner und/oder Gebäudeeigentümer aufgrund der lokalen risiko- und objektspezifischen Gegebenheiten aber auch oberhalb oder unterhalb des Bemessungswasserstandes festgelegt werden.

Neben der Lage spielt die Nutzungsart eine entscheidende Rolle bei der Festlegung des Schutzziels, denn ein Gebäude mit hochwertigen Maschinen bedingt ein höheres Schutzziel als beispielsweise eine Lagerhalle für Bioabfälle. Darüber hinaus ist es von der Baukonstruktion des Objektes abhängig. Für Gebäude mit wasserempfindlichem Baumaterial müssen höhere Schutzziele festgesetzt werden als für eher robuste, wasserunempfindliche Baukonstruktionen.

Ist es wirtschaftlich unangemessen oder baukonstruktiv nicht umsetzbar, ein Gebäude bis zur Höhe des Bemessungswasserstandes zu schützen, kann das Schutzziel auch niedriger festgesetzt werden.

Eigentümern ist allgemein zu empfehlen, die Widerstandsfähigkeit ihrer Gebäude individuell zu überprüfen und gegebenenfalls im Rahmen der Eigenvorsorge Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Dabei sollten eine Prüfung möglicher Eindringwege von Wasser ins Gebäude durchgeführt werden (siehe Abb. 1) sowie die Widerstandsfähigkeit der vorhandenen Konstruktion und Bauteile überprüft werden.

Eine bauliche Überflutungsvorsorge kann abhängig von einem zuvor definierten Schutzziel einen wirksamen Beitrag zum Gebäudeschutz leisten. Denn neben mobilen Schutzmaßnahmen am Gebäude können durch die Wahl von im Schadenfall leicht demontierbaren Fassadenelementen und wasserunempfindlichen Außenwand-, Fußboden- und Deckenkonstruktionen Schäden minimiert oder sogar verhindert werden.

5.3 Grundstrategien

In der Überflutungsvorsorge haben sich drei Strategien durchgesetzt, die ein Gebäude vor Überflutungsschäden schützen bzw. die Gebäudeschäden minimieren können (siehe Abb. 2).

- Anpassen und Nachgeben:** Sobald die Überschreitung des Schutzziels zu erwarten oder die Installation von Schutzvorrichtungen nicht wirtschaftlich ist, kann eine Anpassung der Nutzungsart oder der baulichen Beschaffenheit eines Gebäudes eine geeignete Strategie sein. Sowohl die Nutzungsart als auch die Gebäudebeschaffenheit können darauf ausgelegt sein, dass ein planmäßiges Eindringen von Wasser toleriert wird und im Ereignisfall trotzdem nur geringe Schäden zu erwarten sind. So können zum einen hochwertige Nutzungsarten wie z. B. die Produktion aus den gefährdeten Bereichen verlagert werden. Zum anderen kann ein bauliches Vorsorgekonzept mit wasserunempfindlichen Außenwand-, Fußboden- und Deckenkonstruktionen sowie mit schadenunempfindlichen Ausbaukonstruktionen (z. B. Türen, Fenster, Bodenbeläge) zu geringeren Schäden im Überflutungsfall führen.

- Ausweichen:** Schäden durch Überflutungen können durch Ausweichen aus den gefährdeten Bereichen reduziert oder gar verhindert werden. Bei Neubauten kann das Ausweichen horizontal erfolgen, indem das Gebäude außerhalb potenzieller Überflutungsflächen errichtet wird. Ein Ausweichen kann jedoch auch vertikal erfolgen, wenn sich sämtliche Gebäudeöffnungen oberhalb des Bemessungswasserstandes befinden, wie es beispielsweise bei Stelzengebäuden oder aufschwimmenden Pontongebäuden üblich ist. Des Weiteren kann auch die Aufschüttung des Baugrundes eine Ausweichstrategie sein.

- Widerstehen:** Das Prinzip Widerstehen umfasst sämtliche Maßnahmen, die das Eindringen von Wasser in ein Gebäude bis zu einem zuvor definierten Schutzziel verhindern, und ist sowohl bei Neubauten als auch zum Teil bei Altbauten durchführbar. Die Grundvoraussetzung ist zunächst die Identifikation aller potenziellen Eintrittswege des Wassers in das Gebäude. Anschließend kann ein individuell passendes Konzept für einen erfolgreichen Überflutungsschutz entwickelt und umgesetzt werden. Neben mobilen oder teilmobilen Lösungen zum Überflutungsschutz (siehe auch VdS 6001 „Mobile Hochwasserschutzsysteme“) sind auch andere bauliche Maßnahmen je nach individueller Gebäudesituation denkbar. Dazu gehören beispielsweise:
 - Rückstausicherung,
 - bis zur Höhe des Schutzziels permanent wasserdichte Gebäudehülle, bei der die Wand- und Fußbodenstrukturen einschließlich aller Fugen abgedichtet sind,

Gefahren bei Hochwasser – Grundwasser – Starkniederschlag			
Was bedeutet das für meinen Standort?			
	Neubau		
Strategie	Anpassen/Nachgeben	Widerstehen	Ausweichen
Ziel	Schaden begrenzen	Wassereintritt verhindern	Wassereintritt verhindern
Umsetzung	Wassereintritt Planmäßiges Fluten Angepasste Nutzung und Gebäudeausstattung	Bauliche Maßnahmen: Schottung Gebäudeöffnung Stabiles Mauerwerk Stabiles Fundament	Bau außerhalb von Überschwemmungsgebieten Aufständern/Aufschütten
Gefährdung	Standsicherheit Schäden an Gebäude und Einrichtung	Standsicherheit Auftriebssicherheit Wasserdruck	Starkniederschlag Rückstau
	Altbau		

Abb. 2: Entscheidungshilfen für die Planung zum hochwasserangepassten Bauen (Quelle: R+V)

- ausreichende Gebäudestabilität mit einer geeigneten statischen Auslegung der Außenwände und Bodenplatte gegen Wasserbeaufschlagung und Auftrieb.

Die Verwendung von wasserunempfindlichen Baumaterialien kann insbesondere dann sinnvoll sein, wenn Untergeschosse gezielt geflutet werden. Diese Strategie des Nachgebens ist besonders dann zu erwägen, wenn sich der Wasserstand oberhalb des individuellen Schutzziels befindet und größere Schäden am Gebäude durch Auftrieb während einer Überflutung verhindert werden sollen.

Im Interesse eines wirkungsvollen Überflutungsschutzes ist es unabdingbar, dass die Gefährdung für jeden Standort individuell beurteilt wird. Denn allgemeingültige Handlungskonzepte sind im Hinblick auf mögliche Schutzmaßnahmen nicht zwangsläufig zielführend. Vielmehr ist es wünschenswert, dass basierend auf den jeweiligen lokalen und baulichen Voraussetzungen eines Gebäudes eine Kombination aus verschiedenen Strategien für einen funktionierenden Überflutungsschutz entwickelt und umgesetzt wird.

5.4 Qualitätssicherung

Zur Gewährleistung eines funktionierenden Überflutungsschutzes an einem Standort sollte eine in Art und Aufwand geeignete Gefährdungs- und Risikoanalyse durchgeführt werden. Auf dieser Basis sollten angemessene Schutzziele definiert und geeignete Schutzmaßnahmen festgelegt werden.

Eine detaillierte Gefährdungsanalyse kann ggf. komplex sein und soll deshalb in vielen Fällen nur mit der Unterstützung eines erfahrenen Fachplaners durchgeführt werden. Vorgehensweise und Ergebnisse sollten vollständig und nachvollziehbar dokumentiert werden. Weiterhin ist während der Festlegung eines geeigneten Schutzkonzeptes die Abstimmung mit dem Versicherer sinnvoll.

Um einen wirksamen Überflutungsschutz in der Praxis zu realisieren, sind zudem Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei Prozessen und Produkten sinnvoll. Hierzu gehören u. a.:

- behördliche Genehmigung der Konzeption und Planung für den Überflutungsschutz,
- Standardisierung der Plaungsgrundlage (z. B. DIN, GDV/VdS, VDI),
- Beauftragung qualifizierter und somit geeigneter Fachplaner für die Planung und Fachunternehmen für die Bauausführung,

- Verwendung nachweislich geeigneter Baustoffe, Bauteile und Systeme,
- Abnahme und umfassende Dokumentation der Planung und Ausführung,
- wiederkehrende Instandhaltung der Schutzmaßnahmen.

Weitergehende Informationen zu Inhalten, Vergabe, und Durchführung sowie Qualitätskriterien von Gefährdungs- und Risikoanalysen sind in Kapitel 6 des Leitfadens VdS 3521 „Schutz vor Überschwemmungen“ enthalten. Mögliche Ansprechpartner für die Gefährdungsanalyse bei Wohngebäuden und kommunalen Gebäuden können ggf. geprüfte Sachkundige zur Ausstellung eines Hochwasserpasses bzw. des Hochwasservorsorgeausweises sein:

- <https://www.hkc-online.de/de/Projekte/Hochwasserpasse>
- <https://www.bdz-hochwassereigenvorsorge.de/de/was-bieten-wir-an/hochwasservorsorgeausweis.html>

6 Baukonstruktive Schutzmaßnahmen

In den nachfolgenden Abschnitten sind die Kriterien zur Bewertung baukonstruktiver Schutzmaßnahmen aufgeführt und anhand typischer Beispiele der Decken- und Außenwandkonstruktionen erläutert, insbesondere hinsichtlich der Schadenanfälligkeit von Baustoffen und Bauarten. Dies wird zum Teil mit einer beispielhaften Kostenbetrachtung für die Trocknung und Sanierung als Orientierungshilfe für die Praxis ergänzt.

6.1 Kriterien für die Bewertung der Schadenanfälligkeit

Die Bewertung der Schadenanfälligkeit von Gebäuden und ihren Baukonstruktionen gegenüber Überflutungseinwirkungen basiert auf folgenden acht Kriterien:

1. Beständigkeit der eingesetzten Baustoffe im Hinblick auf ihre Festigkeitseigenschaften
2. Form- und Volumenbeständigkeit (Dimensionsstabilität), d. h. Beurteilung der Quell- und Schwindverformungen oder der Volumenerweiterung bei Frost-Tau-Wechsel
3. Wasseraufnahmeverhalten, d. h. Beurteilung der Intensität der Wasseraufnahme bei Überflutung
4. Wasserdurchlässigkeit, d.h. Beurteilung der Wassermenge, die bei außenseitig überflutungsbeanspruchten Wandkonstruktionen pro

- Zeiteinheit durch die Schichtenfolgen auf die Innenseite der Konstruktion gelangt
5. Eignung zur natürlichen oder technischen Bau-trocknung vor Ort (Trocknungsverhalten), d. h. Beurteilung der Trocknungsgeschwindigkeit
 6. Erreichbarkeit und Demontierbarkeit nach einem Überflutungsereignis, d. h. Beurteilung der Anzahl der Füge- und Verbindungsstellen in einer Schichtenfolge sowie die Art der Verbindungsmittel
 7. Widerstandsfähigkeit gegenüber pilzlichem Schädlingsbefall, d. h. Beurteilung des Risikos eines Schädlingsbefalls infolge längerfristig erhöhter Feuchtebelastung im Baustoff nach einem Überflutungsereignis
 8. Schäden infolge Kontamination, d. h. Bewertung der Folgen, wenn das Flutwasser Heizöl, chemische oder biologische Schadstoffe transportiert und verbreitet

6.2 Außenwandkonstruktionen

Bei der Planung robuster Bauteile gegenüber Überflutungseinwirkungen sind nicht nur die spezifischen Eigenschaften der Baustoffe zu berücksichtigen, sondern auch ihre Integration in die stets mehrschichtigen, mitunter auch mehrschaligen Schichtenfolgen typischer Baukonstruktionen (vgl. Abb. 4). Hierbei werden verschiedene Baustoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften so kombiniert, dass jeder eine spezifische Funktion, wie etwa Lastabtragung, Wärme- oder Wetterschutz optimal erfüllen kann. Die verschiedenen Materialien sind in der Regel, insbesondere im Mauerwerksbau, fest und unlösbar miteinander verbunden.

Das Ziel der Bauvorsorge ist die Begrenzung kritischer Wasseransammlungen in den Bauteilen durch eine sinnvoll abgestimmte Materialwahl, beanspruchungsgerecht komponierte Schichtenfolgen und planmäßig festgelegte Schichtstärken. Während der Planungsphase ist immer das Verhalten des gesamten Bauteils bei Überflutungseinwirkungen zu berücksichtigen, da die Optimierung einzelner Schichten nur dann sinnvoll ist, wenn sich dadurch die Robustheit der gesamten Materialfolge erhöht.

Überflutungen führen zu erheblichen Beanspruchungen der Außenwandkonstruktionen durch drückendes Wasser, sofern nicht Abdichtungs- oder Barriersysteme den direkten Wasserkontakt verhindern. Alle Hohlräume und Luftschichten in der Materialfolge von Außen- und Innenwandkonstruktionen, welche ein Hinterlaufen oder Ansammeln von Wasser begünstigen, sind deshalb zu vermeiden.



Abb. 3: Wasseraufnahmeverhalten verschiedener mineralischer Wandbaustoffe (© HTW Dresden)

Anmerkung zu Abbildung 3: Wandbaustoffe (von links nach rechts):

- Hochlochziegel mit integrierter Mineralfaser-Wärmedämmung
- Porenbeton-Planstein
- Blähton-Mauerstein
- Leichtbeton-Blockstein
- Hochlochziegel

Dargestellt ist die Intensität der Wasseraufnahme durch teilweises Eintauchen (die blauen Linien entsprechen der kapillaren Saughöhe) in kurzen Zeiträumen (hier etwa 6 Stunden).

Schadenanfälligkeit

Trifft ein Überflutungsereignis auf verschiedene Wandkonstruktionen, erfolgt die Wasseraufnahme der Schichtenfolge überwiegend in kapillarer Form (vgl. Abb. 3). Ist die Wandkonstruktionen durch außenseitige Bauwerksabdichtungen oder durch Barriersysteme vom Flutwasser getrennt, unterbleibt der direkte Wasserkontakt. Sind derartige Lösungen jedoch nicht vorhanden oder steigt das Flutwasser höher als das festgelegte Schutzziel, so kommen die betroffenen Wandbaustoffe in direkten Kontakt mit Flutwasser, was zu einer praktischen Wasserlagerung der flutberührten Konstruktionsteile führt.

In Abhängigkeit von den Materialeigenschaften und der Überflutungsdauer steigt der Feuchtegehalt der betroffenen Bauteile stark an und erreicht meist den freiwilligen Wassergehalt bzw. bei längerer Beaufschlagung ggf. die Sättigungsfeuchte des Materials. Infolgedessen kommt es zu einem kapillaren Anstieg der Feuchtebelastung, der in den meisten Fällen deutlich über den Wasserstand im Gebäude hinausgeht.

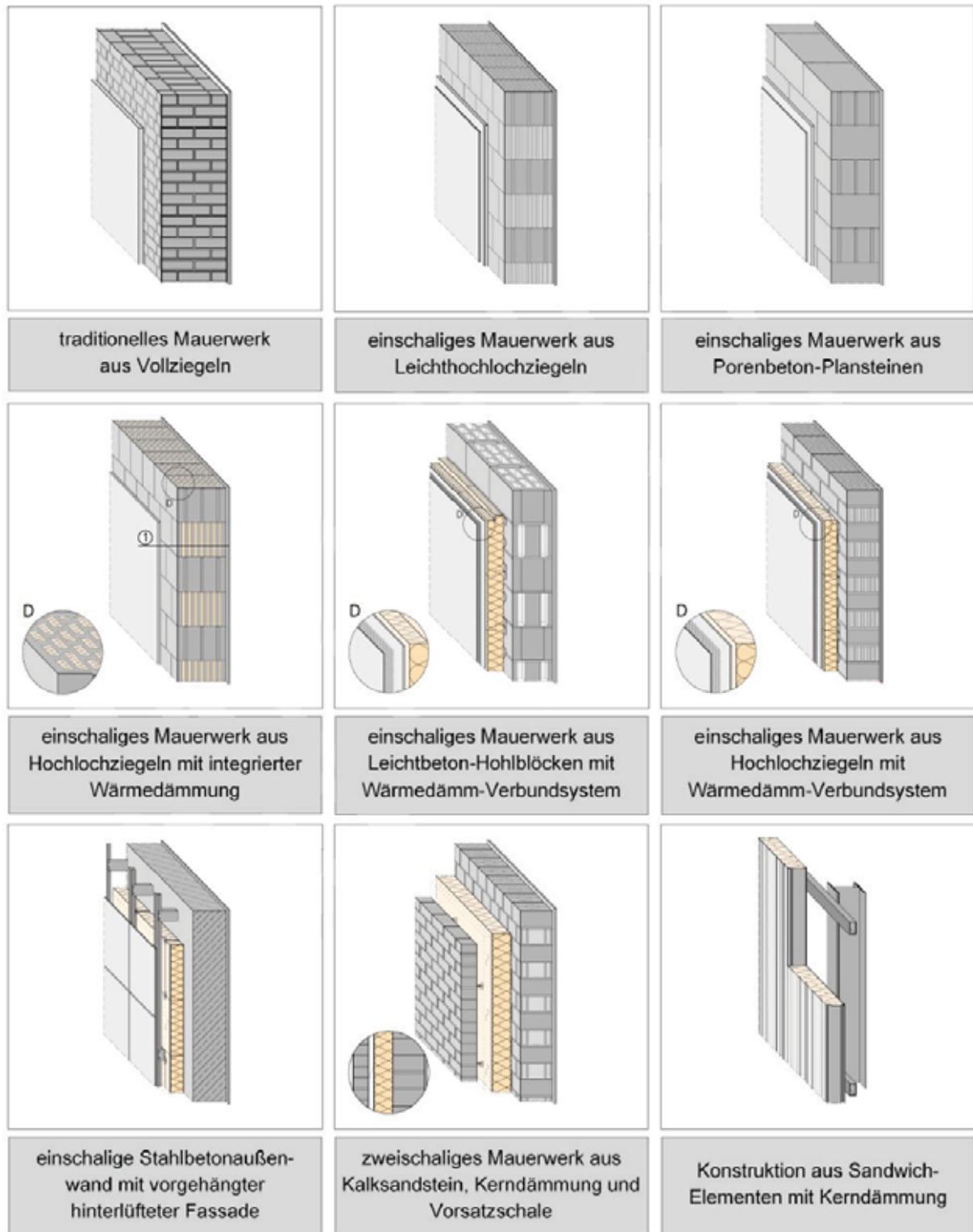


Abb. 4: Zusammenstellung üblicher Außenwandkonstruktionen (Quelle: HTW Dresden)

Als gut geeignet erweisen sich homogene Wandkonstruktionen ohne organische Bestandteile, hergestellt aus Baustoffen mit geringem Porenvolumen und geringen freiwilligen Wassergehalten bzw. Sättigungsfeuchten. Aufgrund der vielfältigen Anforderungen, unter anderem an die energetische Qualität der Außenwandquerschnitte in hochwertig genutzten Gebäuden, sind solche idealtypischen Anforderungen an die Robustheit flutgefährdeter Wandkonstruktionen leider nicht ohne Kompromisse umsetzbar.



Abb. 5: Zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung (Mineralwolle) (© HTW Dresden)

Zu den Wandbaustoffen des Rohbaus, die aufgrund ihrer Materialeigenschaften (u. a. geringere Wasseraufnahmekoeffizienten) im Überflutungsfall eine hohe Robustheit aufweisen, zählen jegliche Stahlbetonkonstruktionen, Mauerwerk aus keramischen oder mineralisch gebundenen Mauersteinen von hinreichender Rohdichte oder bei historischen Gebäuden auch einschaliges Natursteinmauerwerk, etwa aus magmatischem Gestein oder Sedimentgestein hoher Rohdichte.

Da die Ausführung derartig robuster Wandkonstruktionen unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung so nicht mehr zulässig ist, optimiert der Planer beim Neubau sowie beim Bauen im Bestand den Wärmedurchlasswiderstand der Wandquerschnitte, indem:

- zusätzliche Wärmedämmstoffe mit besonders geringer Wärmeleitfähigkeit in den Wandquerschnitt integriert werden (Polystyrol-Hartschaum, Mineralwolle, organische Dämmstoffe usw.) oder
- die Wärmeleitfähigkeit homogener Wandbaustoffe durch einen erhöhten Porenanteil im Baustoff (Leichtlochziegel, Porenbeton, zementgebundene Blähtonsteine usw.) verbessert wird.

Beide Optionen führen in der Regel zu einer erhöhten Verletzbarkeit der Wandquerschnitte, indem entweder Dämmstoffe durch Überflutung gefährdet werden oder das Porenvolumen massiver Außenwandquerschnitte deutlich vergrößert wird, wodurch sich deren Feuchtegehalt in der Regel verstärkt.

Bei der Anordnung von Wärmedämmschichten innerhalb der Schichtenfolge ist in flutgefährdeten Gebäudeteilen eine Kerndämmung weniger geeignet, da diese Schicht nachträglich nur mit großem Aufwand zu erreichen bzw. auszutrocknen ist (vgl. Abb. 5). Die wassergesättigte Dämmschicht ist nach einem Überflutungsereignis sehr schwer zugänglich.

Aber auch eine außenseitige Wärmedämmschicht in Form eines Wärmedämm-Verbundsystems (WDVS) weist spezifische Probleme auf, die mit einer Durchfeuchtung nicht formstabiler Dämmschichten (Mineralwolle) bzw. mit einer Wasserbeanspruchung der für die Haftzugfestigkeit wichtigen Materialfuge zwischen Dämmschicht und Untergrund einhergehen. Bei hinreichenden Überflutungshöhen ist auch für WDVS die Auftriebsproblematik zu beachten.



Abb. 6: Vorgehängte hinterlüftete Fassade (© HTW Dresden)

Sofern für Gebäude ein grundsätzlich erhöhtes Überflutungsrisiko bei hinreichender Vorwarnzeit vorliegt, bildet die außenseitige Anordnung von Wärmedämmschichten hinter leicht demontierbaren Fassadenbekleidungen eine bedenkenswerte Alternative (vgl. Abb. 6). Die Dämmstoffebene ist durch die Demontierbarkeit der Fassadenelemente vergleichsweise einfach erreichbar.

Weiterhin können planmäßige Bauteilfugen oberhalb des zu erwartenden Wasserstandes in Betracht gezogen werden. Innendämmungen, welche aus bauphysikalischer Sicht als Regelquerschnitt nicht empfohlen werden, bieten im Überflutungsfall auch keinen Vorteil gegenüber den benannten Alternativen. Die Verwendung homogener Wandquerschnitte aus Mauersteinen mit hohem Porenanteil bewirkt, im Vergleich zu besonders tauglichen Mauersteinen mit hoher Rohdichte und geringem freiwilligem Wassergehalt, einen hohen Feuchtegehalt im Mauerwerk sowie einen unerwünschten guten kapillaren Feuchtetransport. Systembedingte Hohlkammern, deren energetischer Nutzen durchaus nachvollziehbar ist, füllen sich im Überflutungsfall rasch mit Wasser, was den Austrocknungsprozess in der Regel deutlich verzögert.

Hinsichtlich der technischen Trocknung von gemauerten Wänden gilt grundsätzlich, dass große eingelagerte Wassermengen (hoher Porenanteil), große Wandstärken, innen liegende Hohlräume (auch historisches Hohlmauerwerk) oder komplexe mehrschalige Wandkonstruktionen den Trocknungsfortschritt eher behindern. In der Mehrzahl aller Fälle empfiehlt sich in den feuchtegesättigten Wandabschnitten ein Rückbau von Außen- und Innenputzen oder anderen diffusionshemmenden Bekleidungen, um die Austrocknung zu beschleunigen. Selbstverständlich behindern auch Abdichtungen und vergleichbare Schichten einen Austrocknungsprozess in Richtung der betreffenden Wandoberflächen.

Einen Sonderfall der baukonstruktiven Betrachtung stellen überflutete Wandkonstruktionen aus Holz dar, die im modernen Bauwesen vor allem als systematisierte Holzskelettbauten mit Beplankung ausgeführt werden. Bei historischen Gebäuden sind hingegen Fachwerk- oder Blockwände von Bedeutung. Aufgrund der beschriebenen Gefährdung durch pilzliche Holzschädlinge ist bei derartigen Konstruktionen eine Freilegung der betroffenen Massivholzquerschnitte unerlässlich, um eine rasche und vollständige Austrocknung zu gewährleisten. Hierzu sind Beplankungen, Dämmstoffe, Dampfsperren und dergleichen im Schadenbereich zurückzubauen. Während bei massiven Holzquerschnitten nach fachgerechter Trocknung die Quellverformung weitgehend zurückgeht, erleiden Holzwerkstoffe in Wandkonstruktionen irreversible Verformungen und müssen im Allgemeinen ersetzt werden.

6.3 Decken- und Fußbodenkonstruktionen

Geschossdecken bilden mit Fußböden und ggf. Unterdecken eine Konstruktionseinheit, die gemeinsam statisch-konstruktive, brand-, feuchte-, schall- und wärmeschutztechnische sowie gestalterische Anforderungen erfüllen sollen. Zentrale Ziele des Konstruierens sind die anwendungs- und baustoffgerechte Gestaltung der Deckenkonstruktion sowie die dauerhafte und wirkungsvolle Kombination der Baustoffe.

Decken- und Fußbodenkonstruktionen verfügen im Überflutungsfall über das größte Schadenpotenzial aller Bauteile eines Wohngebäudes. Zudem führt die Beseitigung direkter überflutungsbedingter Schäden stets zu erheblichen Nutzungseinschränkungen (Begehbarkeit).

Um das Schadenverhalten bei Überflutung zu beschreiben, sind verschiedene Konstruktionsformen zu differenzieren. Zu den relevanten Ausführungen zählen vielfältige Varianten der Massivdecke und der Holzbalkendecke. Zu den üblichen Massivdecken im Wohngebäudebestand zählen u. a.:

- flach gewölbte Massivdecken (z. B. Preußische Kappe)
- Hohldielendecken
- Stahlbetonplatten (bewehrte Vollplatten)

Flach gewölbte Deckenkonstruktionen sind druckbeanspruchte Tragwerke. Sie weisen eine vergleichsweise hohe Tragfähigkeit auf, sofern die Widerlager den (horizontalen) Gewölbeschub verformungsfrei aufnehmen. Aufgrund dieser Einschränkungen war die Verwendung von Gewölbedecken vornehmlich auf den Bereich von Deckenkonstruktionen über dem Kellergeschoss begrenzt. Stahlprofilträger bilden die Zwischenaufleger der Kappengewölbe. Um eine ebene Nutzfläche zu erhalten, füllte man die Zwickel auf dem Gewölberücken mit Füllstoffen (z. B. Schlacke) und brachte einen Holz- oder Steinfußboden darauf auf.

Hohldielendecken bestehen aus bewehrten Betonfertigteilen. Im Querschnitt verfügen die rechteckigen Betonelemente über regelmäßig angeordnete kreisrunde Hohlkammern, die über die gesamte Länge des Bauteils verlaufen. Über die Stoßfugen der Elemente kann Wasser in die Hohldielen eindringen.

Stahlbetonplatten haben ein sehr breites Einsatzfeld im Gebäudebestand und im Neubau. Das Deckentragwerk ist in den geometrisch vorgegebenen Grenzen nahezu frei gestaltbar.

Holzbalkendecken sind als traditionelle Deckenkonstruktion in einer Vielzahl von Gebäuden zu finden. Die Stützweite und die Querschnittsabmessungen der in handwerklicher Bauweise erstellten Holzbalkendecken sind durch die Abmessungen der zur Verfügung stehenden Balken begrenzt. Die vorhandenen Hohlräume (Einschub, Stakung) sind in der Regel verfüllt, als Fußboden dient eine Diele.

Schadenanfälligkeit

An überfluteten Decken- und Fußbodenkonstruktionen treten häufig umfangreiche Schäden auf, die sowohl die baukonstruktiven Schichten als auch die integrierten haustechnischen Komponenten (z. B. Wärmeverteilung über wasserführende Heizleitungen, Wasserleitungen, Fußbodenheizung) betreffen.

Dabei ist die Schichtenfolge einer Deckenkonstruktion – in der Regel bestehend aus Rohdecke, Fußbodenaufbau und Unterdecke – stets als geschädigte Verbundkonstruktion zu betrachten. Damit erweisen sich vor allem solche Maßnahmen als sinnvoll, die auf eine gesamte Schichtenfolge abzielen. Hingegen führen bautechnische Versuche zur einseitigen „Abdichtung“ von Deckenkonstruktionen überwiegend nicht zum Ziel.

Um den Wassereintritt in die Schichtenfolge zu vermeiden und somit die Konstruktion gegen Durchfeuchtung und Auftrieb zu sichern, ist der Fußbodenaufbau zudem hohlraumfrei herzustellen und sind Medienleitungen außerhalb der Schichtenfolge zu führen.

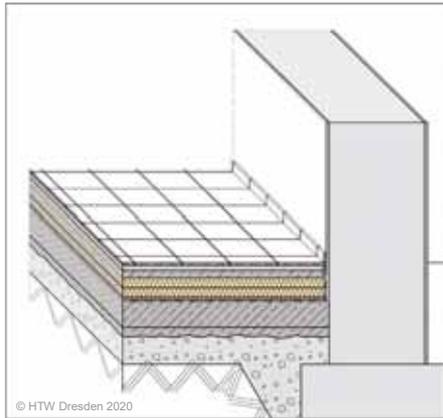
Unter den typischen Konstruktionslösungen für hochwassergefährdete Rohdecken eignen sich Massivdecken grundsätzlich besser als Konstruktionen mit Holzbauteilen. Diese Grundregel ist insofern leicht nachvollziehbar, da Deckenbalken und andere Bauteile aus Holz bei längerfristig erhöhten Holzfeuchten einer hohen Befallswahrscheinlichkeit durch pilzliche Holzschädlinge (z. B. Echter Hausschwamm, Weißer Porenschwamm) ausgesetzt sind, wodurch in letzter Konsequenz auch die Rohdecke selbst gefährdet ist. Infolgedessen müssen Holzbalken, Lagerhölzer oder andere Holzbauteile nach einem Überflutungsereignis vollständig freigelegt und getrocknet werden. Dies geht mit umfangreichen baulichen Eingriffen und entsprechenden Kosten einher.

Innerhalb der Gruppe der Massivdecken erweisen sich homogene Stahlbetondecken ohne planmäßige Hohlräume im Ereignisfall als besonders robuste Lösung. Dies liegt auch daran, dass der Werkstoff Stahlbeton mit seiner Struktur und Porosität unter Wasserbeanspruchung weder hohe Wasseraufnahmekoeffizienten bzw. Kapillarwasserbereiche noch grundlegende Strukturschäden erfährt.

Alternative Massivdecken, vor allem im Altbau, verfügen nicht selten über Deckenfüllkörper (gebrannte Ziegel, Gipsbaustoffe, Leichtbeton) oder Stahlbauteile, was deren Instandsetzungs- und Trocknungsaufwand nach einem Überflutungsereignis bereits deutlich erhöht. Gewölbte Massivdecken aus gebrannten Mauerziegeln oder Natursteinen, eine weit verbreitete Konstruktion für Kellerdecken, erweisen sich insoweit als vertretbar robust, wie deren Druckbogen während eines Überflutungsereignisses nicht durch ausweichende Auflager geschädigt wird. Im Zuge der Bautrocknung nach einem Überflutungsereignis entsteht hier wiederum ein höherer baulicher Aufwand bei der Freilegung und Instandsetzung des Gewölberückens (Oberseite) mit seinen größeren Höhendifferenzen zwischen Gewölbescheitel und Widerlager.

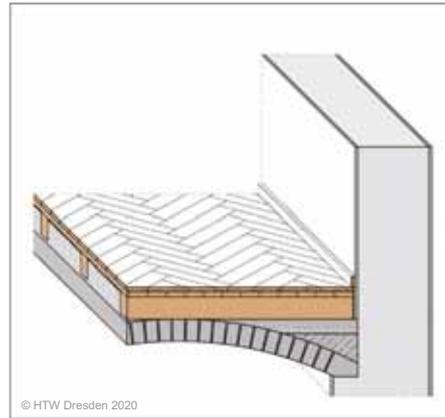
Unter den typischen Baustoffen in den Schichtenfolgen von Deckenkonstruktionen weisen viele verbreitete Dämmstoffe zur Wärme- und Trittschalldämmung im Überflutungsfall eine besonders hohe Verletzbarkeit auf. Durchfeuchtete Dämmstoffschichten müssen, sofern sie überhaupt in der Konstruktion verbleiben können, stets mit hohem Aufwand technisch getrocknet werden. In vielen Fällen erweist sich ein Rückbau der durchfeuchteten Schichten bis auf die Rohdecke als die technisch und mitunter auch wirtschaftlich angemessenste Methode zur Instandsetzung. Sofern in den Schichtenfolgen Holzwerkstoffe (Laminatböden, Spanplatten, OSB-Platten¹ und dergleichen), Holzbauteile (Parkett, Dielenböden) oder gipsgebundene Trockenbauelemente vorhanden sind, so erleiden diese unter Überflutungseinwirkung irreversible Verformungen, was auch deren Austausch erforderlich macht.

¹ Grobspanplatten, auch OSB-Platten (englisch für oriented strand board bzw. oriented structural board)



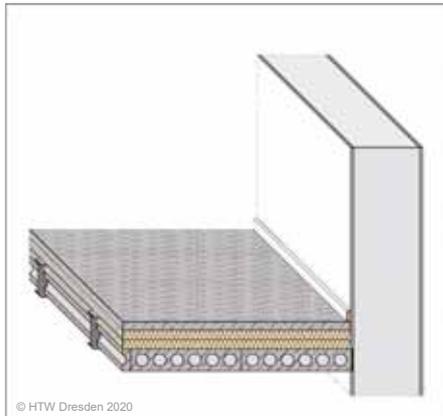
© HTW Dresden 2020

**Fußbodenkonstruktion
gegen Erdreich**



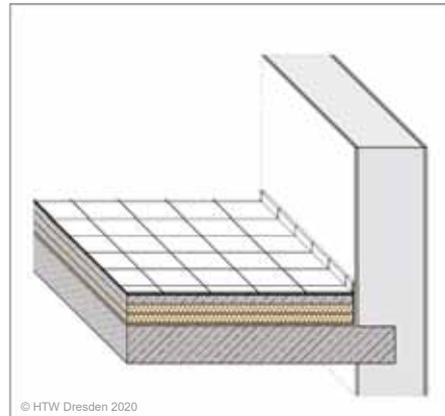
© HTW Dresden 2020

**Kappendecke mit
flacher Wölblinie**



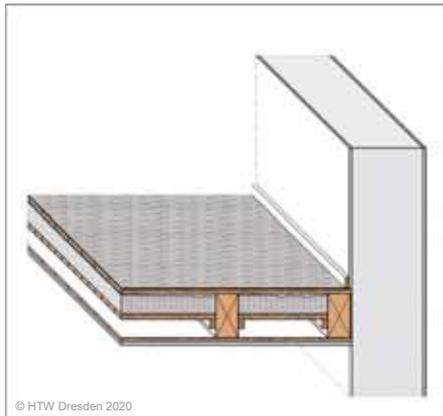
© HTW Dresden 2020

**Hohldielendecke mit
schwimmendem Zementestrich**



© HTW Dresden 2020

**Massivdecke mit schwimmendem
Calciumsulfatestrich**



© HTW Dresden 2020

**traditionelle
Holzbalkendecke**

Abb. 7: Zusammenstellung üblicher Decken- und Fußbodenkonstruktionen für Wohngebäude (Quelle: HTW Dresden)

Unter den Estrichkonstruktionen eignen sich Gussasphalt- oder Zementestriche für gefährdete Gebäude grundsätzlich besser als Calciumsulfatestriche oder Trockenestrichlösungen. Die im Wohnungsbau weit verbreiteten Estriche mit dem Bindemittel Calciumsulfat erleiden bei langfristig intensiver Wasserbeanspruchung Quellverformungen von erheblichem Ausmaß, was deren Weiternutzung unmöglich macht.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass auch innerhalb von überstauten Fußbodenkonstruktionen durch Wärmedämmstoffe erhebliche Auftriebskräfte auf die darüber liegenden Schichten wirken können, wodurch unter bestimmten Randbedingungen ein „Aufschwimmen“ dieser Schichten hervorgerufen wird. Solche Probleme können aber durch dauerhafte oder zeitweilige Auflasten bewältigt werden.

Häufig werden Bodenbeläge aus keramischen Fliesen und Platten gebildet. Diese Baustoffgruppe verfügt über grundsätzlich günstige Eigenschaften (geringe Porosität und Wasseraufnahme, hohe Form- und Volumenbeständigkeit). Derartige Baustoffe sind deshalb im Überflutungsfall als vergleichsweise robust einzustufen. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass Fliesen- und Plattenbeläge ohne zusätzliche Flächenabdichtungen (normaler Anwendungsfall) im Überflutungsfall keine Abdichtung gegen zeitweise drückende Wasserbeanspruchung bilden können. Deshalb kommt es mindestens im Fugenraster sowie im Bereich von Wartungsfugen, etwa am Wand-Boden-Anschluss, bei nicht kurzzeitiger Überflutungsbeanspruchung zu einem Feuchtezutritt in angrenzende Fußboden- oder Wandbereiche. Günstigere Bedingungen liegen beispielsweise dann vor, wenn robuste Bodenfliesen einschließlich einer zugehörigen Verbundabdichtung auf mineralischen Baustoffen mit geringen Wasseraufnahmekoeffizienten verlegt werden, ohne dass die Schichtenfolge besonders verletzbare Konstruktionselemente enthält.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass vor allem homogene Deckenkonstruktionen aus mineralischen Baustoffen mit hoher Rohdichte und geringem Porenvolumen sich als robust gegenüber Überflutungseinwirkungen erweisen. Innerhalb der Schichtenfolgen sollte weiterhin auf Baustoffe mit hohem „freiwilligen Wassergehalt“ sowie insbesondere auf organische Baustoffe verzichtet werden. Hier liegt unter anderem ein potenzielles Einsatzfeld für Schaumglas-Dämmschichten in Heißbitumen oder für Gussasphaltestriche. Sofern unter den Gesichtspunkten der Nutzung möglich, sollte auf abgehängte Unterdecken mit deren typischen Dämmstoffen und Trockenbauelementen verzichtet werden. Die Auftriebskräfte in über-

fluteten Fußbodenkonstruktionen durch stärkere Dämmstoffschichten sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Bauphysikalische Aspekte

Neben der Minderung der Schadenanfälligkeit gegenüber Überflutungsereignissen müssen die angepassten Decken- und Fußbodenkonstruktionen bauphysikalische Anforderungen erfüllen, wie zum Beispiel:

- die Verringerung der Wärmeübertragung durch die Decken- und Fußbodenebenen, insbesondere durch Trennflächen zu unbeheizten Geschossen (z. B. zum Kellergeschoss) oder zum Außenbereich (z. B. Bodenplatte gegen Erdreich) sowie
- die Dämpfung der Schallübertragung aus anderen Räumen bzw. anderen Geschossen.

Es ist zu beachten, dass die für die Deckenkonstruktion geforderten Eigenschaften nicht singulär zu betrachten sind, sondern vielmehr die Wechselwirkungen von im Einzelfall gegenläufigen Anforderungen. In den Planungsphasen sind deshalb, vor dem Hintergrund der bestehenden Baukonstruktionen und der Gebäudenutzungen, die Ziele der Bauvorsorge mit den Belangen bauphysikalischer Anforderungen abzuwägen.

Während die baupraktisch üblichen Decken- und Fußbodenkonstruktionen die Mindestwerte der Luft- und Trittschalldämmung in der Regel erreichen, bedürfen überflutungsangepasste Konstruktionslösungen mit Schaumglas-Dämmschichten in Heißbitumen und Gussasphaltestrich besondere planerische Aufmerksamkeit. Dies gilt vor allem für die Trittschalldämmung von Wohnungstrenndecken in Mehrfamilienhäusern, z. B. zwischen dem Erd- und Obergeschoss. Die bei Überflutungsereignissen in der Regel betroffenen Fußbodenkonstruktionen im Keller- und Erdgeschoss fordern nicht die Einhaltung der oben aufgeführten Trittschalldämmmaße, sofern es sich nicht um ein bewohntes Kellergeschoss handelt (kein Aufenthaltsraum und somit kein „schutzbedürftiger“ Raum nach DIN 4109-1:2018-01).

Auftriebssicherheit

Im Überflutungsfall gelangt in der Regel Wasser über die Randfugen (Anschlüsse zu den aufgehenden Wänden) in die Materialfolge des Fußbodenaufbaus, d. h. zwischen die einzelnen Konstruktionsschichten (z. B. auch unter die Dämmstoffschicht).

In diesem Fall kann der statische Auftrieb zu einem Aufschwimmen der Konstruktion und zu erheblichen strukturellen Schäden führen (hier: Zementestrich auf einer zweilagigen Wärmedämmung aus Polystyrol-Hartschaumplatten, vgl. Abb. 8). Voraussetzung für das Aufschwimmen ist, dass die Auftriebskräfte größer sind als die vertikalen Eigenlasten der Konstruktion. Die Größe der Auftriebskraft hängt wiederum von dem Wasservolumen ab, welches der Fußbodenaufbau verdrängt.



Abb. 8: Fehlende Auftriebssicherheit einer Fußbodenkonstruktion in einem überfluteten Wohngebäude führte zum Aufschwimmen und damit zu erheblichen strukturellen Schäden (© HTW Dresden)

Zielführender ist es, den Wassereintritt in die Fußbodenkonstruktion auch im Überflutungsfall zu verhindern, indem wasserbeständige Materialien in der Schichtenfolge vollflächig und vollfugig miteinander verbunden sind und somit einen hohlraumfreien Fußbodenaufbau unterhalb des Oberbelags bilden. Derartige Sandwich-Verbund-Lösungen lassen sich mit einer Kombination aus Schaumglas-Dämmplatten und einem Gussasphaltestrich herstellen, die aufgrund ihrer homogenen Klebeverbindungen mit Heißbitumen zukünftig ein Aufschwimmen der Konstruktion infolge kritischer Auftriebskräfte verhindern.

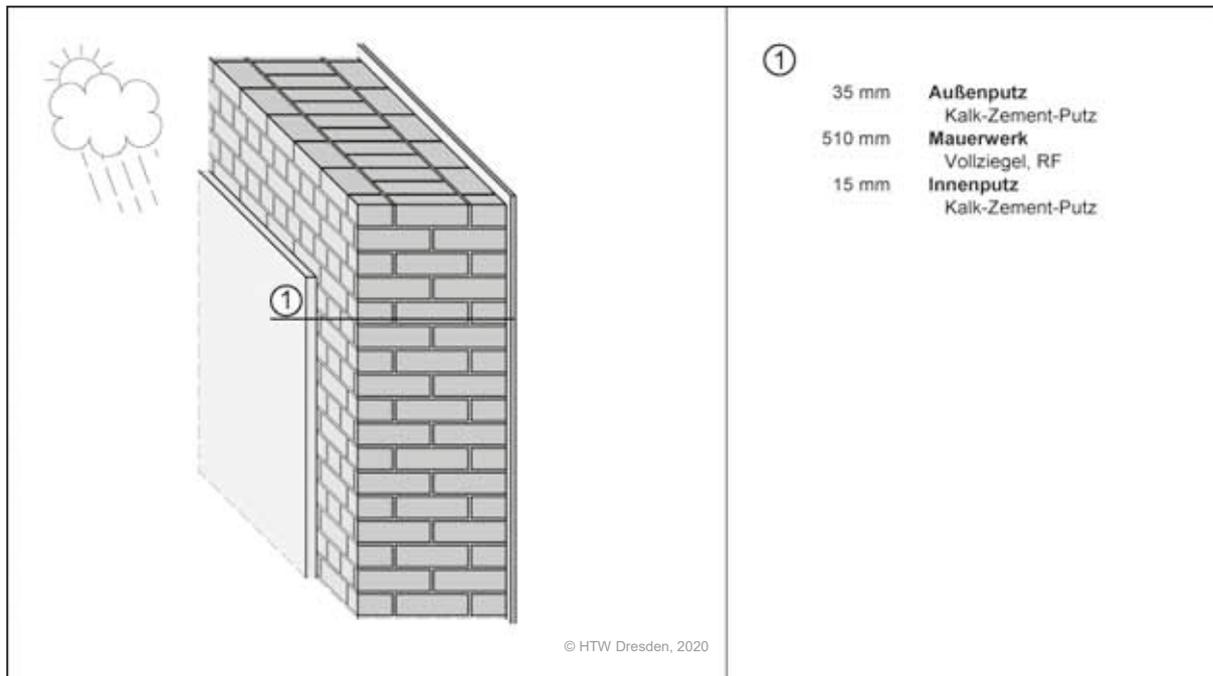
6.4 Ausgewählte Beispiele

Die nachfolgenden Beispiele zeigen bautechnische Möglichkeiten für die Erhöhung der Robustheit typischer Ausgangskonstruktion.

Eine weiterführende Aufstellung robuster Baukonstruktionen ist im Forschungsbericht und im Online-Katalog enthalten.

6.4.1 Einschaliges Mauerwerk aus traditionellen Vollziegeln

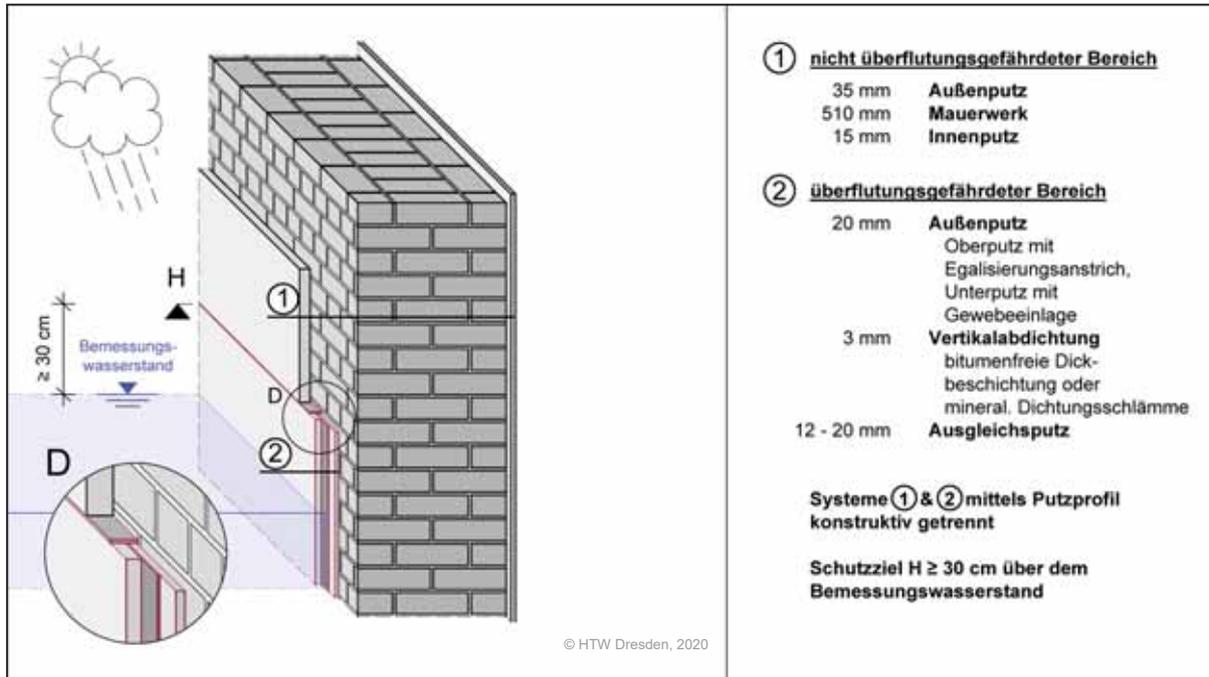
Ausgangskonstruktion



Bautechnische Problemfelder bei Überflutung der Ausgangskonstruktion

- traditionelle Mauerwerkskonstruktionen aus kleinformatischen Vollziegeln treten im Gebäudebestand häufig auf; sie sind jedoch für den Neubau ohne Bedeutung, aufgrund ihrer geringen energetischen Qualität (vergleichsweise niedriger Wärmedurchlasswiderstand) sowie fehlender Möglichkeiten für die zeit- und kosteneffiziente Herstellung der Konstruktionen
- im Überflutungsfall ist die Außenwand einer Beanspruchung durch drückendes Wasser von außen ausgesetzt, ohne dafür konstruktiv ausgebildet zu sein
- die Rohdichte beziehungsweise Porosität des jeweils eingesetzten Mauerziegels bestimmen seinen Wasseraufnahmekoeffizienten und somit sein Verhalten (z. B. kapillare Steighöhe, Sauggeschwindigkeit) bei intensiver Wasserbeanspruchung
- Klinker und Vollziegel mit hoher Rohdichte ($>1.800 \text{ kg/m}^3$) verfügen über vergleichsweise günstige Materialeigenschaften (z. B. niedriger Wasseraufnahmekoeffizient)

Anpassungsvariante



① nicht überflutunggefährdeter Bereich

35 mm **Außenputz**
 510 mm **Mauerwerk**
 15 mm **Innenputz**

② überflutunggefährdeter Bereich

20 mm **Außenputz**
 Oberputz mit
 Egalisierungsanstrich,
 Unterputz mit
 Gewebeeinlage

3 mm **Vertikalabdichtung**
 bitumenfreie Dick-
 beschichtung oder
 mineral. Dichtungsschlämme

12 - 20 mm **Ausgleichsputz**

Systeme ① & ② mittels Putzprofil
 konstruktiv getrennt

Schutzziel $H \geq 30$ cm über dem
 Bemessungswasserstand

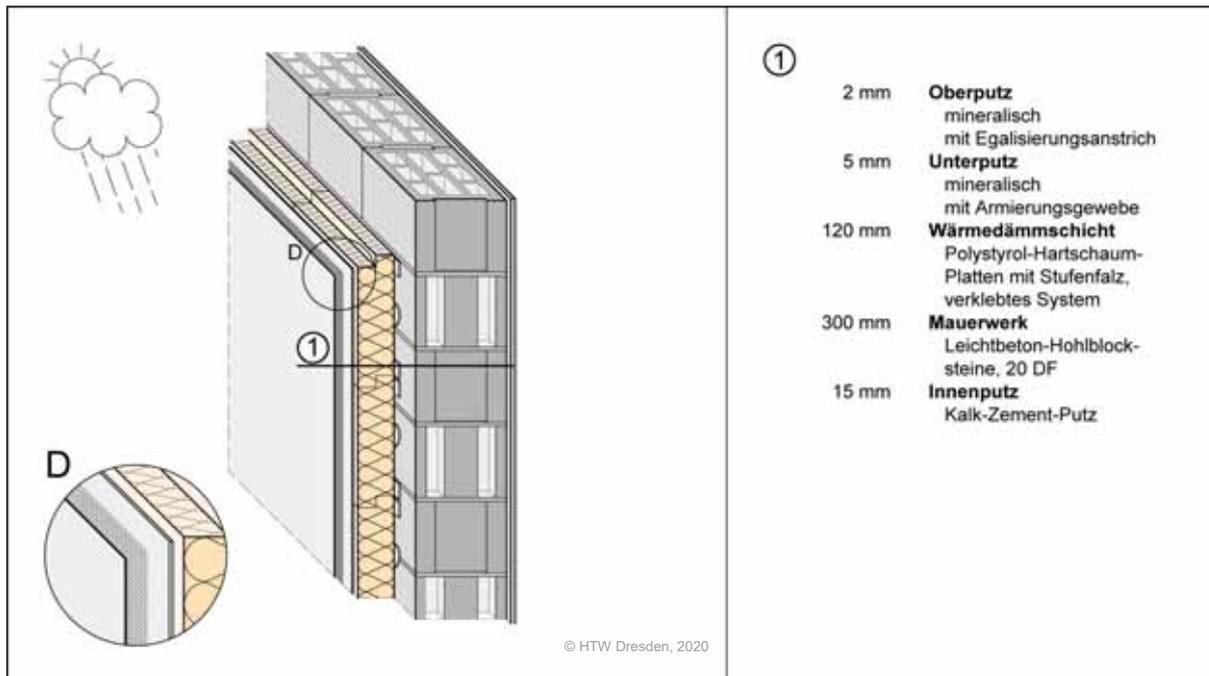
Zielstellung des Bauvorsorgekonzepts

- Integration des potenziell betroffenen Außenwandbereichs (wenn möglich, bis mindestens 30 cm über den Bemessungswasserstand) in ein Abdichtungskonzept* gegen zeitweise von außen drückendes Wasser (Strategie „Widerstehen“), um die Wasseraufnahme beziehungsweise die Wasserdurchlässigkeit der Wandkonstruktion zu minimieren
- Herstellung einer Vertikalabdichtung oberhalb der Geländeoberkante unter dem Außenputzsystem (z. B. bitumenfreie Dickbeschichtung oder mineralische Dichtungsschlämme) auf einem Ausgleichsputz als vertikale Dichtungsebene auf der Außenseite des Rohbaus
- Konstruktive Trennung der bestehenden und angepassten Außenwandbekleidungen durch ein horizontales Putzprofil

* Die statische Beanspruchbarkeit der Bestandskonstruktion limitiert die maximale Abdichtungshöhe. Große Wasserstandsdifferenzen zwischen Außen- und Innenseite führen zu erheblichen hydrostatischen Einwirkungen auf die Außenwand.

6.4.2 Einschaliges Mauerwerk mit außenliegender Wärmedämmung

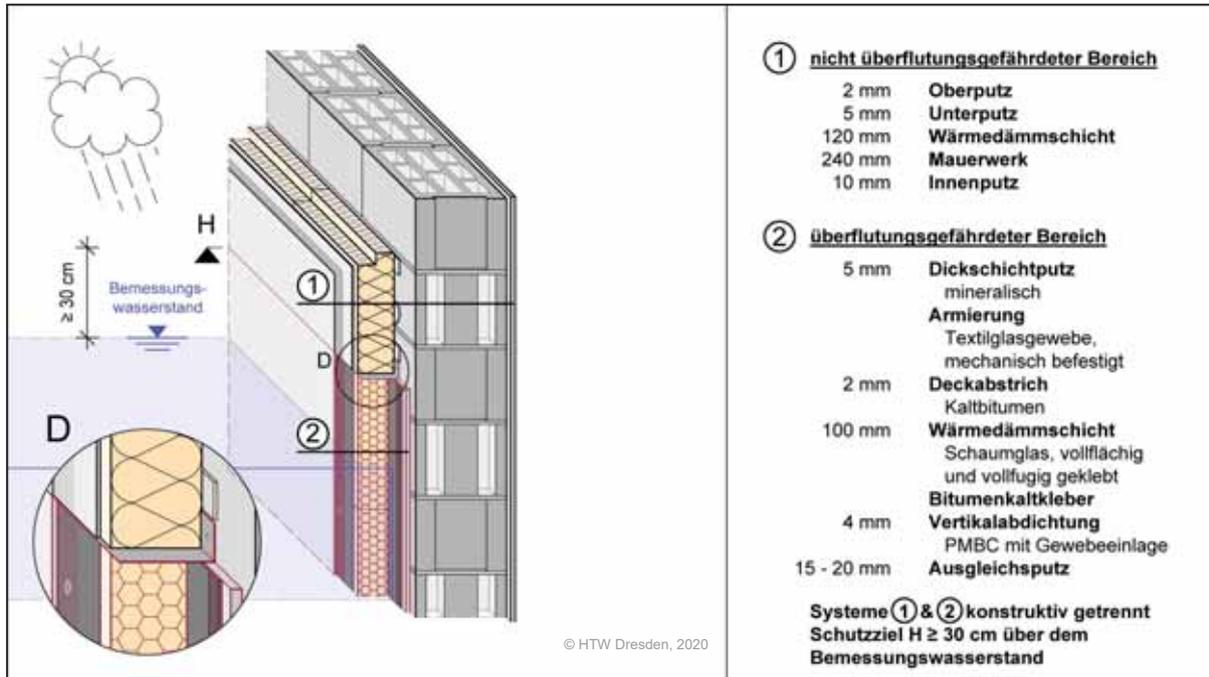
Ausgangskonstruktion



Bautechnische Problemfelder bei Überflutung der Ausgangskonstruktion

- im Überflutungsfall ist die Außenwand einer Beanspruchung durch drückendes Wasser von außen ausgesetzt, ohne dafür konstruktiv ausgebildet zu sein
- Wasser hinterläuft im Überflutungsfall die lediglich teilflächig geklebten Fassadendämmplatten und gelangt unmittelbar in die Verbundfuge zum Mauerwerk
- bei mehrtägiger Überflutungsdauer können die Leichtbeton-Hohlblöcke Wasser in ihr Gefüge und in ihre Hohlräume aufnehmen
- den Haftverbund zwischen den Leichtbeton-Hohlblöcken und dem Wärmedämm-Verbundsystem gewährleistet ein planmäßig nicht vollflächig aufgezogener Klebemörtel; infolge der Durchfeuchtung kann die Haftzugfestigkeit der Klebeverbindung nachlassen und sich das System ablösen
- eingeschränkte Erreichbarkeit der lasttragenden Mauerwerkskonstruktion (fehlende Demontierbarkeit des Wärmedämm-Verbundsystems) für eine rasche Trocknung

Anpassungsvariante



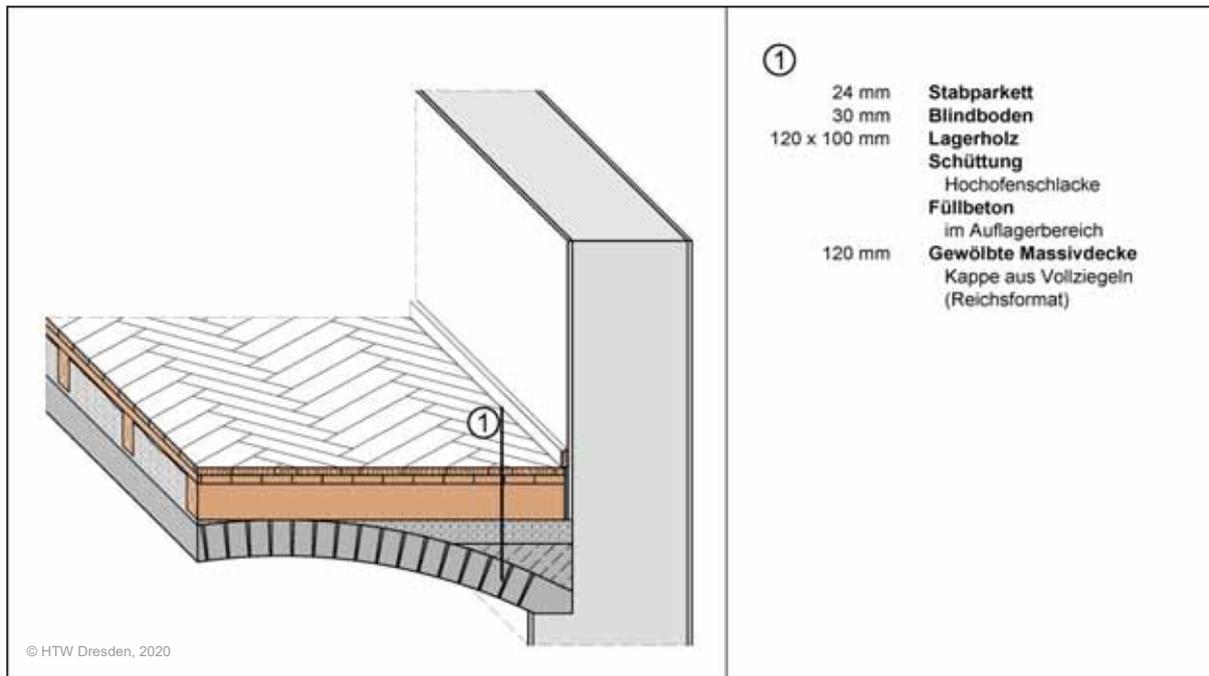
Zielstellung des Bauvorsorgekonzepts

- Integration des potenziell betroffenen Außenwandbereichs (wenn möglich bis mindestens 30 cm über den Bemessungswasserstand) in ein Abdichtungskonzept* gegen zeitweise von außen drückendes Wasser, um die Wasseraufnahme beziehungsweise die Wasserdurchlässigkeit der Wandkonstruktion zu minimieren
- das vollflächige Aufziehen eines Bitumenkaltklebers (auf hohe Ausführungsqualität achten!) führt zu einer hohlraumfreien Verbundfuge zwischen Dämmstoff und Abdichtungsebene; in Verbindung mit den vollfugig und rückseitig vollflächig geklebten Schaumglasplatten sowie mit dem zellfüllenden Kaltbitumendeckabstrich entsteht eine gegen Überflutung robuste Schichtenfolge
- die Wandbekleidung kann nach einem Überflutungsereignis verbleiben, sofern keine mechanischen Beschädigungen vorliegen
- übliche Ausführung der Außenwandkonstruktion oberhalb des flutgefährdeten Bereichs möglich; konstruktive Trennung der Fassadensysteme durch horizontale Gleitlagerprofile

* Die statische Beanspruchbarkeit der Bestandskonstruktion limitiert die maximale Abdichtungshöhe. Große Wasserstandsdifferenzen zwischen Außen- und Innenseite führen zu erheblichen hydrostatischen Einwirkungen auf die Außenwand.

6.4.3 Gewölbte Massivdecke (Preußische Kappe)

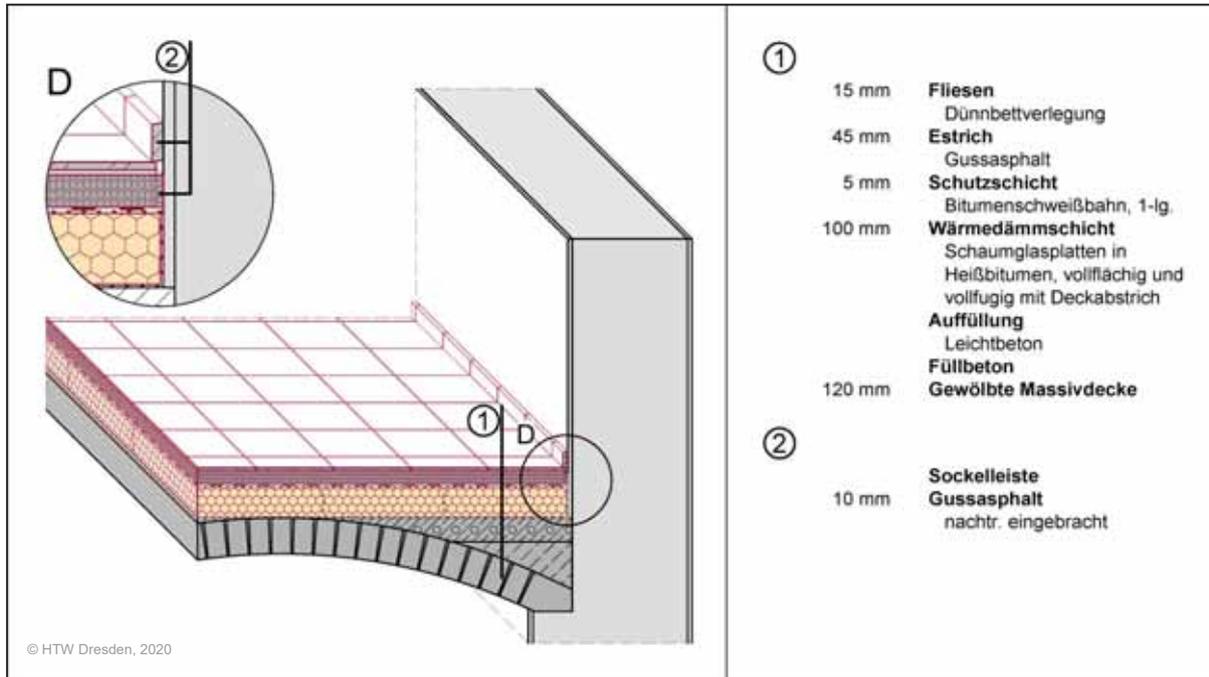
Ausgangskonstruktion



Bautechnische Problemfelder bei Überflutung der Ausgangskonstruktion

- Füllstoffe/Schüttungen speichern erhebliche Wassermengen; Auftriebsgefahr bei Füllstoffen mit geringer Rohdichte; Rücktrochnungsmaßnahmen dieser Füllstoffe sind technisch und wirtschaftlich unangemessen; deshalb Freilegung bis zum Scheitel der Rohdecke meist unvermeidlich
- geringe Dimensionsstabilität des Oberbelags (Parkettboden) und der Unterkonstruktion (Blindboden); längerfristig erhöhte Feuchtegehalte führen zum Befall durch pilzliche Holzschädlinge
- Wölbung der Kappendecke erschwert die Anordnung einer Wärmedämmschicht an der Unterseite

Anpassungsvariante

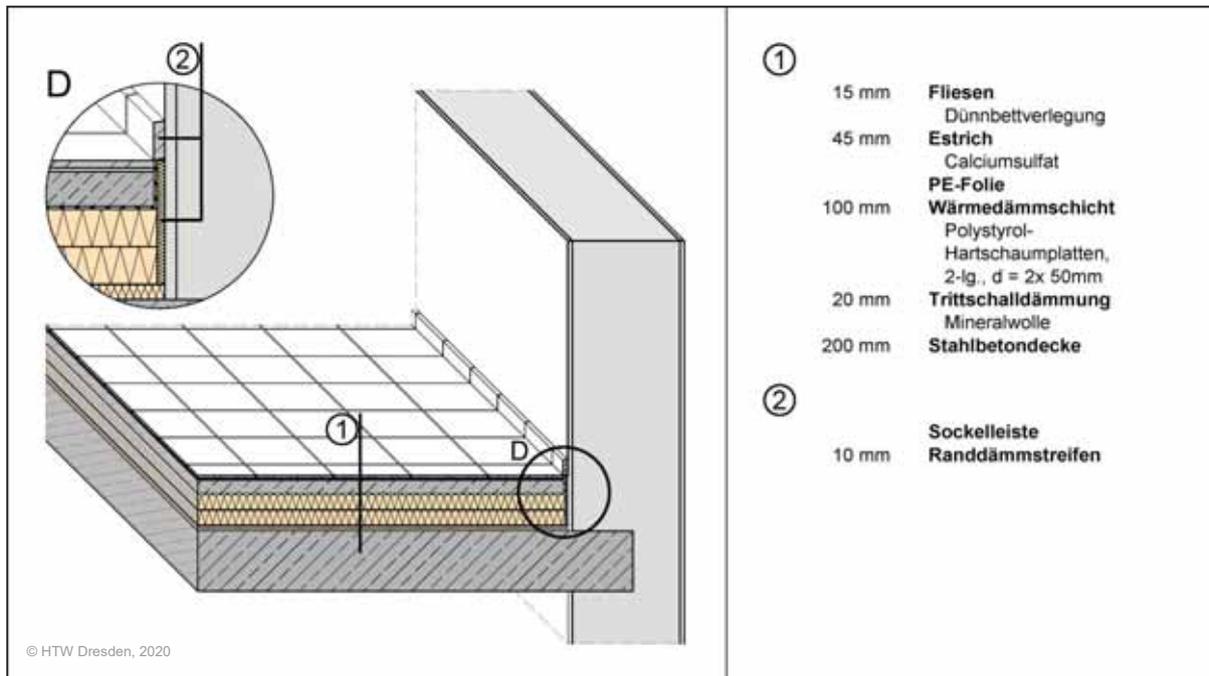


Zielstellung des Bauvorsorgekonzepts

- Herstellung eines hohlraumfreien Fußbodenaufbaus unterhalb des Oberbelags, um den Wassereintritt in die Schichtenfolge zu vermeiden und somit die Konstruktion gegen Durchfeuchtung und Auftrieb zu sichern
- Verwendung wasserbeständiger Materialien (Schaumglas, Gussasphalt) in der Schichtenfolge
- keramische Bodenfliesen als feuchteunempfindlicher Oberbelag

6.4.4 Flache Massivdecke mit schwimmendem Estrich

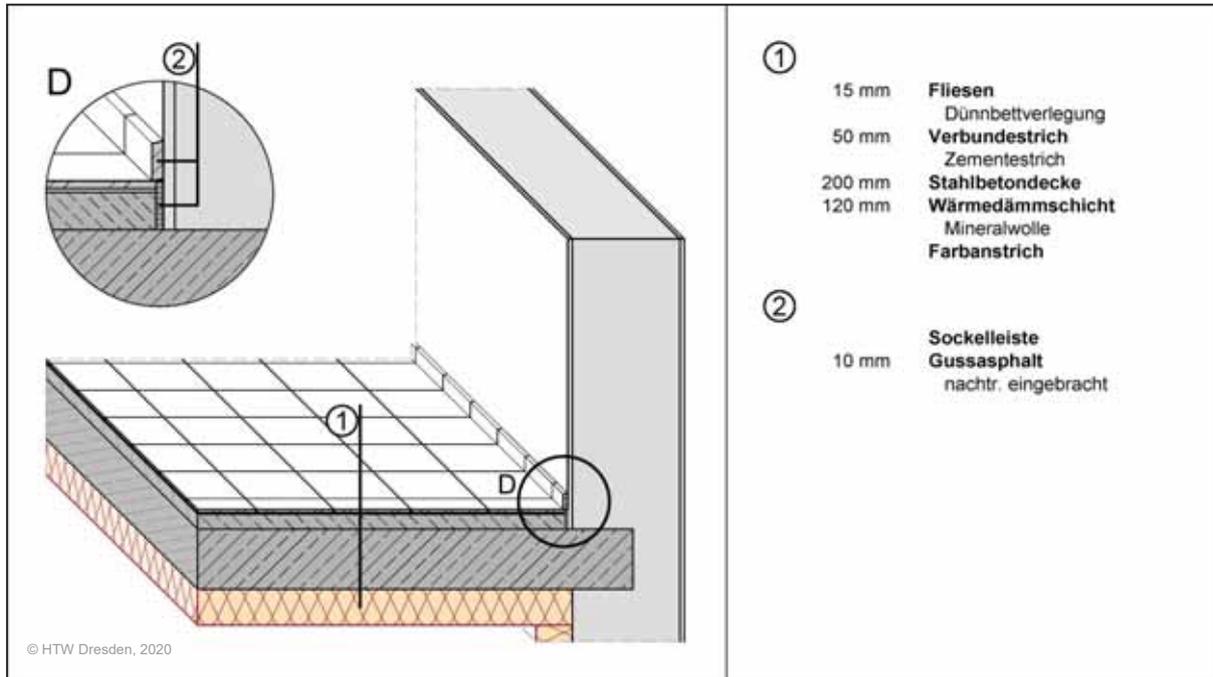
Ausgangskonstruktion



Bautechnische Problemfelder bei Überflutung der Ausgangskonstruktion

- Keramische Bodenfliesen bilden keine wirksame Flächenabdichtung
- der vorhandene Calciumsulfatestrich darf keiner erhöhten Feuchtebeanspruchung ausgesetzt sein (Dimensionsstabilität, Festigkeit)
- hohe Wasseraufnahme und Verlust der Materialeigenschaften der Mineralfaserdämmung
- Auftriebsgefahr für den Fußbodenaufbau, da Wasser zwischen beziehungsweise unter Dämmstoffschichten gelangen kann

Anpassungsvariante



Zielstellung des Bauvorsorgekonzepts

- wenn keine besonderen Anforderungen an den Schallschutz bestehen, kann die Herstellung eines Zementverbundestrichs dazu dienen, den Wassereintritt in die Schichtenfolge wirksam zu vermeiden und somit die Konstruktion gegen Durchfeuchtung und Auftrieb zu sichern
- Anordnung der Dämmstoffebene unterhalb der Rohdecke für die erleichterte Demontierbarkeit/Austausch nach einem Überflutungsereignis

6.5 Beispiele der Kostenbetrachtungen für eine flache Massivdecke (mit Trocknung)

Neben der Wirksamkeit bildet die ökonomische Effizienz ein zweites wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Bauvorsorgemaßnahmen. Eine Maßnahme bzw. ein Maßnahmenbündel gilt als ökonomisch effizient, wenn es keine günstigere Lösung für eine gewünschte Wirkung (Schadensminderung) gibt.

Ein einfaches Verfahren zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit bildet der Nutzen- und Kosten-Analyse. Je größer das Verhältnis zwischen Nutzen und Kosten ist, desto höher ist der Effizienzwert der betrachteten Anpassungsoption.

Die Kosten umfassen hierbei alle monetären Aufwendungen, die für die erstmalige Anpassung einer Konstruktionsalternative², ihren Betrieb bzw. ihre Instandhaltung während der Nutzungsdauer sowie für die Wiederherstellung nach einem zukünftigen Überflutungsereignis zu berücksichtigen sind. Der Nutzen beschreibt, ebenfalls in Geldeinheiten ausgedrückt, den verhinderten Schaden, d. h. die Differenz zwischen den Schadenerwartungswerten im Ist- und im Plan-Zustand des betrachteten Bauteils.

Der folgende Abschnitt enthält die Kostenermittlung für zwei beispielhafte Decken- und Fußbodenkonstruktionen, da der Aufwand für (i) die Beseitigung überflutungsbedingter Schäden sowie (ii) die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen im Regelfall ein Vielfaches höher ist als für Außenwandkonstruktionen. Die Auswahl der Beispiele folgt dem Grundsatz, die Nutzen-Kosten-Verhältnisse für Konstruktionen zu ermitteln und zu vergleichen, deren Schadenanfälligkeit gegenüber Überflutung sehr unterschiedlich ausgeprägt ist.

Beispiel 1 – Holzbalkendecke

Tabelle 1 enthält ein Kalkulationsbeispiel für die baulichen Instandsetzungsleistungen einer überfluteten flachen Massivdecke über dem Kellergeschoss mit einem schwimmenden Calciumsulfatestrich. Die Kalkulation berücksichtigt drei Szenarien:

1. Wiederherstellung des bereits vorhandenen Ist-Zustands
2. Erstmalige Herstellung des Ziel-Zustands (Umsetzung der Bauvorsorgemaßnahmen)
3. Wiederherstellung des Ziel-Zustands

Die empfohlenen bautechnischen Anpassungsmaßnahmen umfassen u. a.:

- Herstellung eines hohlraumfreien Fußbodenaufbaus, um den Wassereintritt in die Schichtenfolge zu vermeiden und somit die Konstruktion gegen Durchfeuchtung und Auftrieb zu sichern, sowie
- Integration wasserunempfindlicher Materialien (Schaumglas, Gussasphalt, keramische Bodenfliesen) in eine beständige Schichtenfolge

Tabelle 1 zeigt, dass die Kosten für die Schadenbeseitigung und erstmalige Umsetzung der baulichen Vorsorgemaßnahmen nach dem ersten Überflutungsereignis etwa doppelt so hoch sind wie die Kosten für die Wiederherstellung des Ausgangszustands (391 Euro/m² netto gegenüber 208 Euro/m² netto).

² Der Zeitpunkt der Investitionsentscheidung hat einen Einfluss auf den Effizienzwert. Die Umsetzung der Bauvorsorgemaßnahmen erfolgt zum Zeitpunkt des ersten überflutungsbedingten Schadens.

Tabelle 1: Beispiel für die Kalkulation von baulichen Leistungen für die Instandsetzung einer überfluteten traditionellen Holzbalkendecke über dem Erdgeschoss

Bauleistung	Szenario		
	(1)	(2)	(3)
	Wiederherstellung der ursprünglichen Ausgangs- konstruktion	Erstmalige Herstellung einer angepassten Konstruktion	Wiederherstel- lung der bereits angepassten Konstruktion
	Euro/m ² (netto)	Euro/m ² (netto)	Euro/m ² (netto)
Entfernen Textilbelag	7,50,-	7,50,-	0,-
Rückbau Dielung	51,91,-	51,91,-	0,-
Rückbau Schüttung/Dämmstoffe	-	-	25,00,-
Rückbau Unterdecke (Putz, Schalung) + Freilegung Balkenköpfe für Trocknung	68,75,-	68,75,-	68,75,-
Trocknung Deckenbalken	12,50,-	12,50,-	12,50,-
Einbau Einschub + Dämmstoff (Perlite) + Verlegung Dielung	94,25,-	0,-	0,-
Einbau Schwalbenschwanzplatten	0,-	63,31,-	0,-
Einbau Zementestrich	0,-	25,26,-	0,-
Einbau Dämmstoff (Mineralwolle)	0,-	40,56,-	40,56,-
Montage Unterdecke (Gipswerkstoffplatten, 2-lagig)	82,32,-	82,32,-	82,32,-
Farbanstrich, einfach	10,14,-	10,14,-	10,14,-
Verlegung Textilbelag (Material ca. 15 €/m ²)	45,33,-	0,-	0,-
Verlegung Bodenfliesen (Material ca. 25 €/m ²)	0,-	103,79,-	0,-
Baunebenkosten (10 %)	37,27,-	46,60,-	23,93,-
Summe	410,-	513,-	263,-

Das Bauvorsorgekonzept der Holzbalkendecke umfasst die Verwendung wasserunempfindlicher Materialien (Stahlblechprofile, Zementestrich) auf der Deckenoberseite, sodass die Fußbodenkonstruktion oberhalb der Holzbalkenlage nach zukünftigen Überflutungsereignissen verbleiben kann und die Begehrbarkeit und Nutzbarkeit der Geschossdecke uneingeschränkt bestehen bleiben. Tabelle 2 zeigt die kumulierten Kosten für die bauliche Instandsetzungsleistungen einer Holzbalkendecke, die mehrfach durch Überflutungsereignisse betroffen ist. Während die Instandsetzungskosten nach dem ersten Ereignis aufgrund der erstmaligen Umsetzung der Bauvorsorgemaßnahmen höher sind (513 Euro/m² netto) als für die Wiederherstellung der ursprünglichen Ausgangskonstruktion (410 Euro/m² netto), ist ab dem zweiten Überflutungsereignis ein Kostenvorteil der Bau-

vorsorgemaßnahmen nachweisbar (263 Euro/m² gegenüber 410 Euro/m² netto).

Anmerkung: Die Kostenansätze in Tabelle 1 stammen aus der Fachliteratur für die Sanierungsplanung, Schmitz et al. (2018), die auch für den Forschungsbericht heran gezogen wurde. Der zugrunde liegende Baupreisindex bezieht sich auf das 1. Quartal 2019.

Tabelle 2 zeigt einen vereinfachten Kostenvergleich³ für die jeweils erforderlichen baulichen Instandsetzungsleistungen bei wiederholter Betroffenheit der Konstruktion.

³ Dieser einfache Kostenvergleich enthält keine dynamischen Komponenten (Zinssatz, Preissteigerung), welche die Geldwertänderung über die Nutzungsdauer berücksichtigen.

Tabelle 2: Kumulierte Kosten für die baulichen Instandsetzungsleistungen einer Holzbalkendecke unter Berücksichtigung wiederholter Überflutungsereignisse

Kumulierte Kosten für bauliche Instandsetzungsleistungen (vereinfachte Kostenvergleichsrechnung)			
Anzahl der Überflutungs- ereignisse	Wiederherstellung der ursprünglichen Holzbalkendecke	Erstmalige Herstellung bzw. Wiederherstellung einer ange- passten Holzbalkendecke	Kostendifferenz
	Euro/m ² (netto)	Euro/m ² (netto)	
1	410,-	513,-	+ 25,0 %
2	820,- (+ 410,-)	776,- (+ 263,-)	- 5,4 %
3	1.230,- (+ 410,-)	1.039,- (+ 263,-)	- 15,5 %

Beispiel 2 – Flache Massivdecke

Die empfohlenen bautechnischen Anpassungsmaßnahmen umfassen u. a.:

- Herstellung eines hohlraumfreien Fußbodenaufbaus, um den Wassereintritt in die Schichtenfolge zu vermeiden und somit die Konstruktion

gegen Durchfeuchtung und Auftrieb zu sichern, sowie

- Integration wasserunempfindlicher Materialien (Schaumglas, Gussasphalt, keramische Bodenfliesen) in eine beständige Schichtenfolge

Tabelle 3 enthält ein Kalkulationsbeispiel für die baulichen Instandsetzungsleistungen einer überfluteten flachen Massivdecke über dem Kellergeschoss mit einem schwimmenden Calciumsulfatestrich. Die Kalkulation berücksichtigt die drei Szenarien, die im vorhergehenden Beispiel bereits erläutert werden.

Tabelle 3: Beispiel für die Kalkulation von baulichen Leistungen für die Instandsetzung einer überfluteten flachen Massivdecke über dem Kellergeschoss

Bauleistung	Szenario		
	(1)	(2)	(3)
	Wiederherstellung der ursprünglichen Ausgangs- konstruktion	Erstmalige Herstellung einer angepassten Konstruktion	Wiederherstel- lung der bereits angepassten Konstruktion
	Euro/m ² (netto)	Euro/m ² (netto)	Euro/m ² (netto)
Rückbauarbeiten (Fliesenbelag, Estrich, Wärme- und Trittschalldämmung)	17,50,-	17,50,-	0,-
Entsorgung Wärmedämmung (Polystyrol-Hartschaumplatten)	8,50,-	8,50,-	0,-
Trocknung Massivdecke	14,-	14,-	14,-
Einbau Wärmedämmung (Polystyrol-Hartschaumplatten)	45,33,-	0,-	0,-
Einbau Zementestrich	-	0,-	0,-
Einbau Wärmedämmung (Schaumglas in Heißbitumen, d = 140 mm)	0,-	135,50,-	0,-
Einbau Bitumenschweißbahn	0,-	38,18,-	0,-
Einbau Gussasphaltestrich	0,-	38,18,-	0,-
Verlegung Bodenfliesen (Material ca. 25 €/m ²)	103,79,-	103,79,-	0,-
Baunebenkosten (10 %)	18,91,-	35,57,-	1,40,-
Summe	208,-	391,-	15,-

Anmerkung: Die Kostenansätze in Tabelle 3 stammen aus der Fachliteratur für die Sanierungsplanung, Schmitz et al. [2018]. Der zugrunde liegende Baupreisindex bezieht sich auf das 1. Quartal 2019.

Tabelle 3 zeigt, dass die Kosten für die Schadenbeseitigung und erstmalige Herstellung einer angepassten Konstruktion nach einem Überflutungsereignis etwa doppelt so hoch sind wie die Kosten für die Wiederherstellung der ursprünglichen

Ausgangskonstruktion (391 Euro/m² netto gegenüber 208 Euro/m² netto). Nach einem wiederholten Überflutungsereignis, welches auf eine nunmehr angepasste Konstruktion trifft, sind lediglich 15 Euro/m² netto für die Instandsetzung aufzubringen. Tabelle 10 zeigt einen vereinfachten Kostenvergleich für die erforderlichen baulichen Instandsetzungsleistungen bei wiederholter Betroffenheit der Konstruktion. Hier bestätigt sich der Kostenvorteil der angepassten Fußbodenkonstruktion.

Tabelle 4: Kumulierte Kosten für die baulichen Instandsetzungsleistungen einer flachen Massivdecke mit schwimmendem Calciumsulfatestrich nach mehreren Überflutungsereignissen

Kumulierte Kosten für bauliche Instandsetzungsleistungen (vereinfachte Kostenvergleichsrechnung)			
Anzahl der Überflutungsereignisse	Wiederherstellung des ursprünglichen Fußbodenaufbaus	Erstmalige Herstellung bzw. Wiederherstellung des angepassten Fußbodenaufbaus	Kostendifferenz
	Euro/m ² (netto)	Euro/m ² (netto)	
1	208,-	391,-	+ 46,8 %
2	416,- (+ 208,-)	406,- (+ 15,-)	- 2,4 %
3	624,- (+ 208,-)	421,- (+ 15,-)	- 32,5 %

Fazit

Die Beseitigung überflutungsbedingter Schäden an Fußbodenkonstruktionen führt immer zu erheblichen Nutzungseinschränkungen der betroffenen Deckenebenen. Damit können Betriebsausfälle, Produktionsunterbrechungen und Mietausfälle verbunden sein. Diese nachteiligen Folgen sind grundsätzlich auch monetisierbar. Zum Nutzen des angepassten Fußbodenaufbaus zählt deshalb ebenfalls die Reduzierung der negativen finanziellen Konsequenzen, die infolge von Nutzungseinschränkungen entstehen. Der Effizienzwert der Anpassungsmaßnahmen kann sich hierdurch weiter erhöhen.

7 Bauartklassen

Mit der systematischen Identifizierung und Anwendung von relevanten Kriterien zur Bewertung der Schadenanfälligkeit von Baukonstruktionen gegen Überflutung ist es gut möglich, die Verletzbarkeit eines Gebäudes zu beurteilen. Dabei stehen insbesondere Außenwandkonstruktionen sowie Decken- und Fußbodenkonstruktionen im Fokus der Betrachtung, weil sie erfahrungsgemäß maßgeblich die Überflutungsschäden am Gebäude bestimmen.

Anmerkung: Mit dem Bauartklassensystem wurde seitens der Sachversicherer ein Instrument zur vereinfachten Beurteilung der Verletzbarkeit eines Gebäudes gegenüber einer exponierten Gefahr entwickelt und eingeführt. Es hat sich in der Praxis bewährt. Dabei wird vor allem das Brandverhalten der im Gebäude verwendeten Baustoffe und Bauteile nach den standardisierten Kriterien und mit Bezug auf die Ziele des Brandschutzes betrachtet.

Aus der aktuellen Forschung wird seitens der Wissenschaft folgendes Schema zur Einordnung der Schadenanfälligkeit von Gebäuden gegenüber Überflutungen⁴ vorgeschlagen (Abb. 9). Es basiert auf der Bewertung der Schadenanfälligkeit der relevanten Bauteile:



Abb. 9: Beispiel einer dreistufigen Gliederung von Bauartklassen hinsichtlich der Schadenanfälligkeit gegenüber Überflutung

Die Zuordnungen der Bauteile zur Schadenanfälligkeit sind jeweils in der Tabelle abgebildet.

⁴ Als ein optionaler Zusatzbaustein einer Sachversicherung können überflutungsbedingte Schäden, verursacht durch Überschwemmung oder Rückstau, versichert werden. Dabei kann die Überschwemmung durch Ausuferung von oberirdischen (stehenden oder fließenden) Gewässern, Witterungsniederschläge oder Austritt von Grundwasser an die Erdoberfläche entstehen.

Tabelle 5: Dreistufige Schadenanfälligkeit der Außenwand gegenüber Überflutung

Bauteil	Schadenanfälligkeit gegenüber Überflutungseinwirkungen		
	gering	mittel	hoch
Außenwandkonstruktionen	<ul style="list-style-type: none"> ■ fachgerecht abgedichtete AW-Konstruktionen (z. B. als Teil einer Weißen bzw. Schwarzen Wanne) ¹⁾ ■ unbekleidete, einschalige Stahlbetonwände ■ einschalige AW-Konstruktionen; Wandbaustoffe mit geringer bzw. langsamer Wasseraufnahme (z. B. Stahlbeton, Kalksandstein-Mauerwerk) ohne zusätzliche Wärmedämmung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ einschalige AW-Konstruktionen; Wandbaustoffe mit geringer bzw. langsamer Wasseraufnahme (z. B. Stahlbeton, Kalksandstein) mit zusätzlicher, außenliegender Wärmedämmung ■ vorgehängte, hinterlüftete AW-Konstruktionen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ einschalige AW-Konstruktionen; Wandbaustoffe mit hoher bzw. schneller Wasseraufnahme (z. B. Hochlochziegel) ggf. auch mit integrierter Wärmedämmung ■ mehrschalige AW-Konstruktionen mit Kerndämmung
<p>(1) Abdichtungshöhe mindestens bis zum festgelegten Schutzziel; Limitierung der maximalen Abdichtungshöhe durch die Bestandskonstruktion; ggf. statische Probleme der Außenwand bei großen Wasserstanddifferenzen zwischen Innen- und Außenseite der Wand</p>			

Tabelle 6: Dreistufige Schadenanfälligkeit der Decken- und Fußbodenkonstruktion gegenüber Überflutung

Bauteil	Schadenanfälligkeit gegenüber Überflutungseinwirkungen		
	gering	mittel	hoch
Decken- und Fußbodenkonstruktionen	<ul style="list-style-type: none"> ■ fachgerecht abgedichtete Bodenplatte (z. B. als Teil einer Weißen bzw. Schwarzen Wanne) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ flache Massiv- oder Hohldielendecke mit schwimmendem Fußbodenaufbau (z. B. Zementestrich auf Wärmedämmung) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ feuchteempfindliche, mehrschichtige Fußbodenaufbauten (z. B. Calciumsulfatestrich, Trockenestrichelemente)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ flache Massivdecke bzw. Bodenplatte mit hohlraumfreier (auftriebssicherer) Fußbodenverbundkonstruktion; Baustoffe mit geringer Wasseraufnahme (z. B. Schaumglas mit Gussasphaltestrich) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kappendecken ggf. mit losen Füllstoffen/Schüttungen, jedoch ohne Holzbauteile 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Holzbalkendecken mit losen Füllstoffen/Schüttungen, und Holzbauteilen (z. B. Dielung)

Aus wissenschaftlicher Sicht ist es grundsätzlich gut möglich, eine noch differenziertere Zuordnung der Schadenanfälligkeit von Bauteilen und damit eine noch verfeinere Einordnung von Gebäuden vorzunehmen.

Hinweis: siehe Forschungsbericht (<https://www.gdv.de/de/themen/news/katalog-der-gegenueberflutung-widerstandsfahigen-aussenwand--decken--und-fussboden-konstruktionen-62536>)

Mit der Berücksichtigung der Gebäudetypen wäre zudem eine weitere Differenzierung der Schadenanfälligkeit von Gebäuden gegenüber Überflutung möglich, die jedoch erst noch aufbereitet werden muss.

Die konkrete Bildung der Bauartenklassen (BAK) wird von jedem Versicherer nach den eigenen Erfahrungen individuell vorgenommen. Mit Bezug auf die Anwendung in der Praxis des Risikoschutzes wird vielfach ein einfaches Instrument bevorzugt.

8 Literatur

8.1 Gesetze und Verordnungen

Wasserhaushaltsgesetz – WHG Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts

8.2 Technische Regeln

-

8.3 Vorschriften, Regeln und Informationen der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)

-

8.4 Publikationen der deutschen Versicherer zur Schadenverhütung

VdS 3521 Schutz vor Überschwemmungen, Leitfaden für Schutzkonzepte und Schutzmaßnahmen bei Industrie- und Gewerbeunternehmen; Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirt e. V. (GDV); www.vds-shop.de

VdS 6001 Mobile Hochwasserschutzsysteme; Hinweise für die Beschaffung, den Einsatz und die Bereitstellung; Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirt e. V. (GDV); www.vds-shop.de

8.5 Publikationen der VdS Schadenverhütung GmbH (VdS)

-

8.6 DIN-, VDE und VDI-Normen

DIN 4109 Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen

8.7 Weiterführende Literatur

Bautechnische Überflutungsvorsorge für Wohngebäude und kleingewerblich genutzte Gebäude Dr.-Ing. Sebastian Golz; Prof. Dr.-Ing. Thomas Naumann; Dipl.-Ing. Stefanie Kunze; Cand. Ing. Clemens Koller; Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, 2020

Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie) Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. (DAfStb); Beuth-Verlag, Berlin 2017

Links zum Forschungsbericht und Bauteilkatalog: <https://www.gdv.de/de/themen/news/katalog-der-gegen-ueberflutung-widerstandsfaehigen-ausenwand---decken--und-fussboden-konstruktionen-62536>

