

WOHNGEBÄUDE DER GRÜNDERZEIT: BESTANDSKONSTRUKTIONEN, SCHADENSBILDER UND SANIERUNG

M. Sc. Architektur - HafenCity Universität Hamburg



WOHNGEBÄUDE DER GRÜNDERZEIT: BESTANDSKONSTRUKTIONEN, SCHADENSBILDER UND SANIERUNG

M. Sc. Architektur - HafenCity Universität Hamburg

LEHRENDE/HERAUSGEBER

Prof. Dr.-Ing. Bernd Dahlgrün

Till Rudolph

STUDIERENDE/AUTOR*INNEN

Michèle Armbrecht
Carlotta Aust
Fritz Baader
Cornelia Backhaus
Hannah Dräseke
Annkathrin Drews
Joyce Faltass
Skadi Gomoll

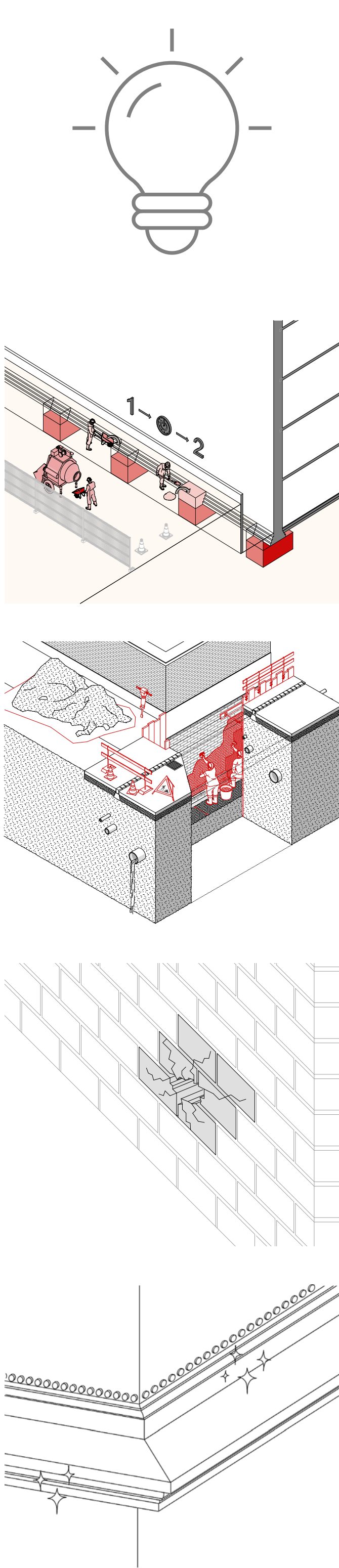
Malte Hagemeyer
Franziska Hoppe
Alina Ivanova
Katharina Koch
Marianela Lopez
Moritz Mahr
Jonathan Möller
Mensur Nasufi

Livia van Oven
Anna Plate
Jule Ploen
Viktoria Probst
Luk Schäfer
Juliane Schnock
Nathalie Stüve
Eda Süren

Emre Ücücü
Anika Wallbrecher
Tobias Walliser
Indra Westmann
Benedikt Wigro
Alina Winterhoff
Lars Zeppenfeld

Titelbild: Systemskizze eines gründerzeitlichen Gebäudes in Hamburg

INHALTSVERZEICHNIS



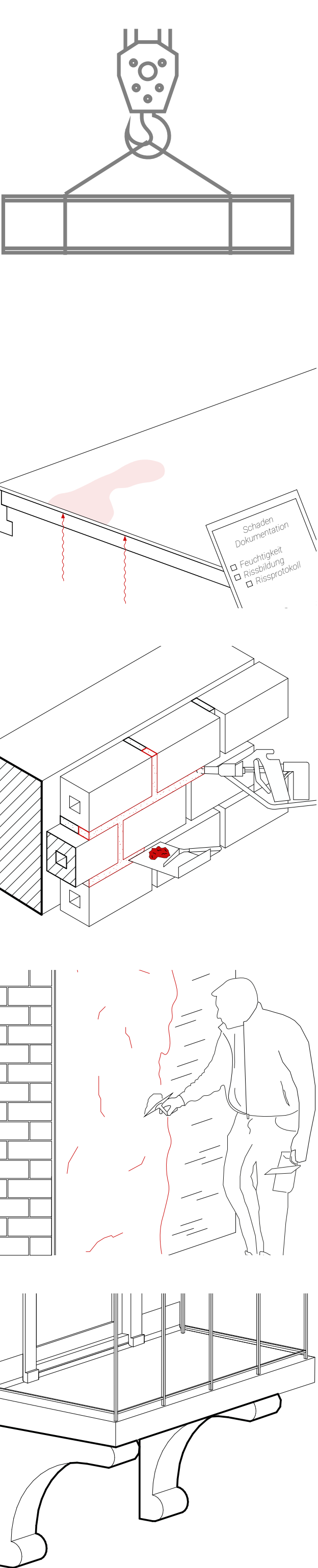
VORWORT	5
Prof. Dr.-Ing. Bernd Dahlgrün	6

01 FUNDAMENT	8
Bestand	8
Konventionelle Sanierung	9
Kreislaufgerechte Sanierung	10
Arbeitsschritte	11

03 ERDBERÜHRTE AUSSENWAND	17
Bestand	17
Konventionelle Sanierung	18
Kreislaufgerechte Sanierung	19
Arbeitsschritte	20

05 RISSE IM MAUERWERK	25
Bestand	25
Konventionelle Sanierung	26
Kreislaufgerechte Sanierung	27
Arbeitsschritte	28
Bestandsfotos	29

07 GESIMS	34
Bestand	34
Konventionelle Sanierung	35
Kreislaufgerechte Sanierung	36
Arbeitsschritte	37



BAUTEILE	7
-----------------	----------

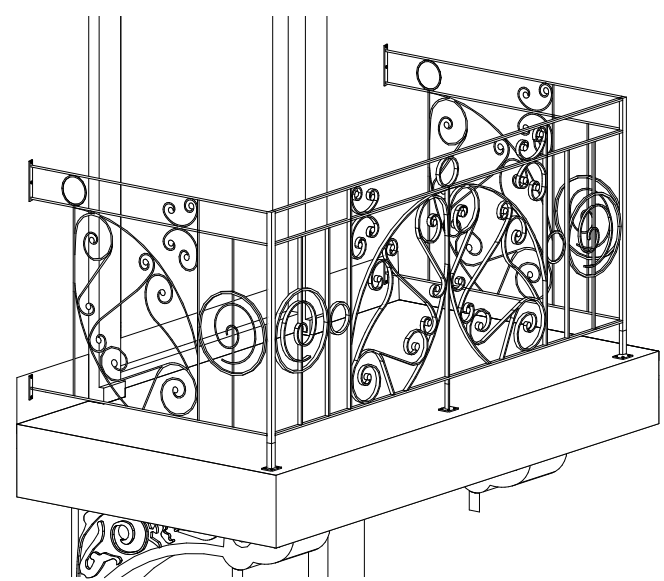
02 BODENPLATTE	12
Bestand	12
Konventionelle Sanierung	13
Kreislaufgerechte Sanierung	15
Arbeitsschritte	16

04 MAUERWERKSFUGE	21
Bestand	21
Konventionelle Sanierung	22
Kreislaufgerechte Sanierung	23
Arbeitsschritte	24

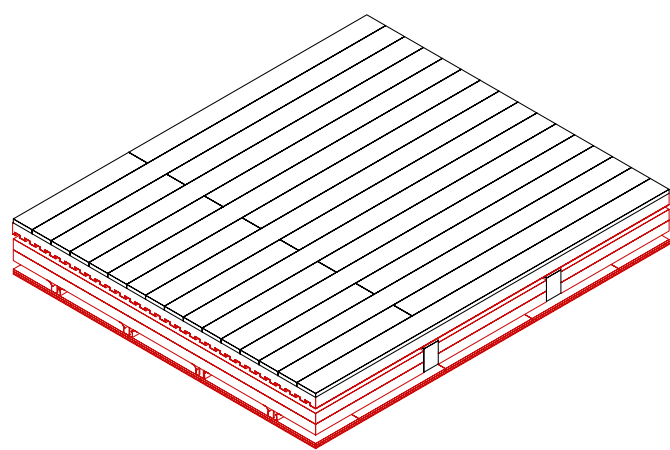
06 PUTZ & BESCHICHTUNG	30
Bestand	30
Konventionelle Sanierung	31
Kreislaufgerechte Sanierung	32
Arbeitsschritte	33

08 BALKON	38
Bestand	38
Konventionelle Sanierung	39
Kreislaufgerechte Sanierung	40
Arbeitsschritte	41

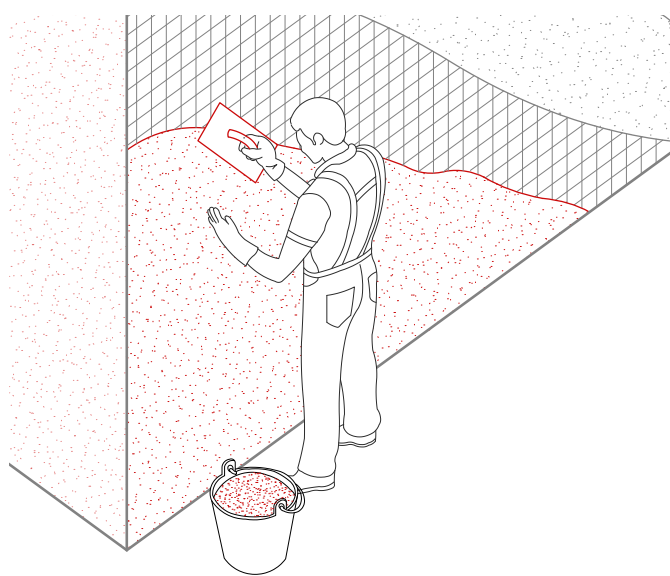
INHALTSVERZEICHNIS



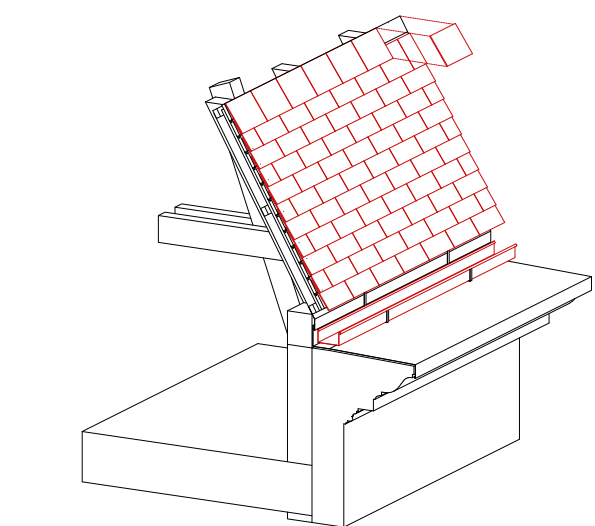
09 BALKONBRÜSTUNG	42
Bestand	42
Konventionelle Sanierung	43
Kreislaufgerechte Sanierung	44
Arbeitsschritte	45



11 DECKE	50
Bestand	50
Konventionelle Sanierung	51
Kreislaufgerechte Sanierung	52
Arbeitsschritte	53



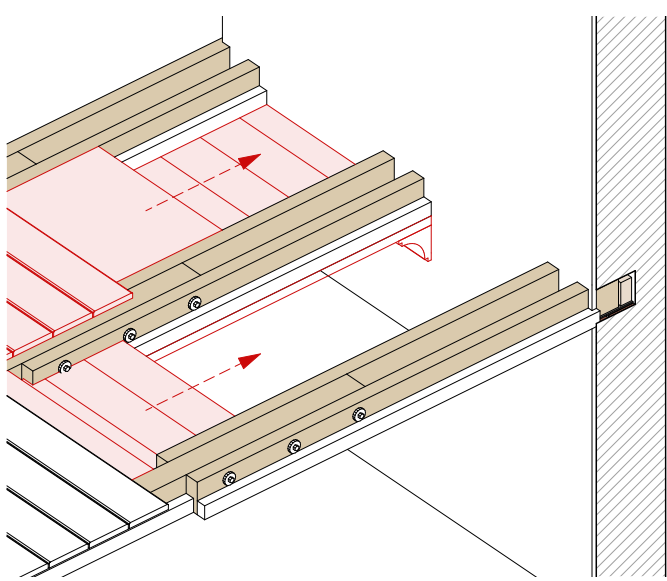
13 WDVS	58
Bestand	58
Konventionelle Sanierung	59
Kreislaufgerechte Sanierung	60
Arbeitsschritte	61



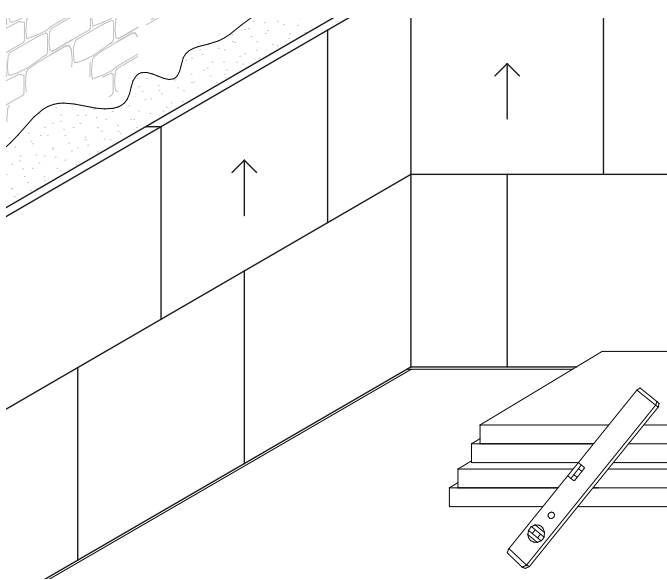
15 GENEIGTES DACH	66
Bestand	66
Konventionelle Sanierung	67
Kreislaufgerechte Sanierung	68
Arbeitsschritte	69



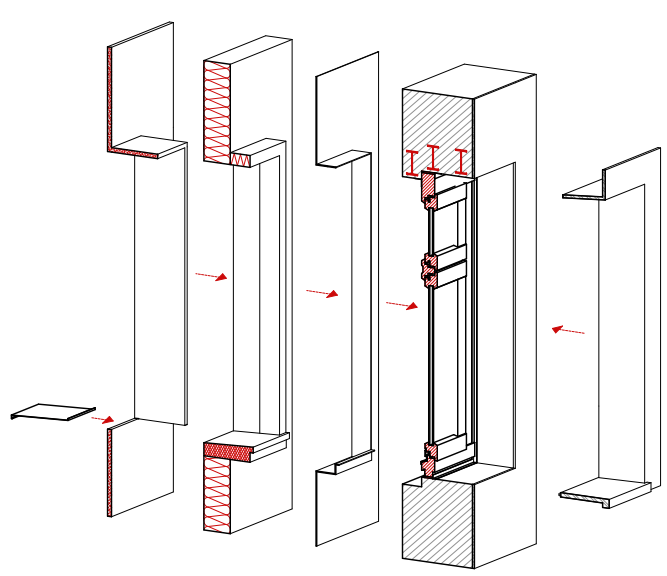
ANHANG	74
Literaturverzeichnis	75
Abbildungsverzeichnis	83



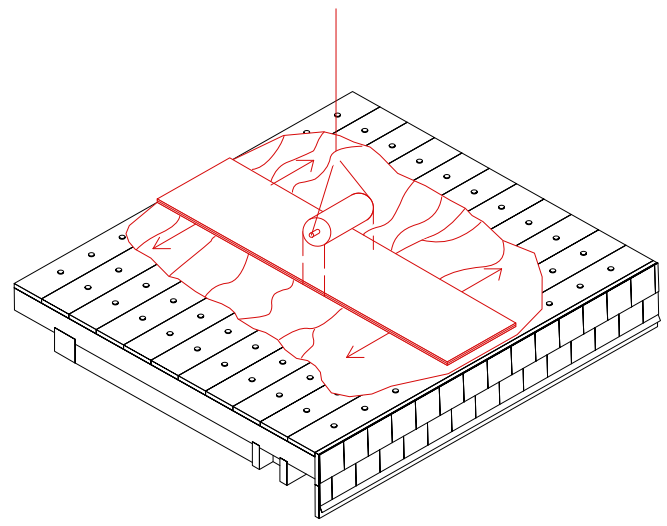
10 BALKENKOPF	46
Bestand	46
Konventionelle Sanierung	47
Kreislaufgerechte Sanierung	48
Arbeitsschritte	49



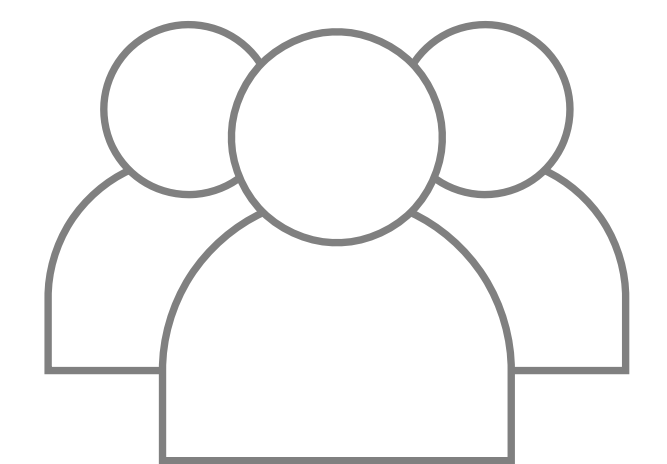
12 INNENDÄMMUNG	54
Bestand	54
Konventionelle Sanierung	55
Kreislaufgerechte Sanierung	56
Arbeitsschritte	57



14 FENSTER RÜCKFASSADE	62
Bestand	62
Konventionelle Sanierung	63
Kreislaufgerechte Sanierung	64
Arbeitsschritte	65



16 FLACHDACH	70
Bestand	70
Konventionelle Sanierung	71
Kreislaufgerechte Sanierung	72
Arbeitsschritte	73



IMPRESSUM	88
------------------	-----------

VORWORT

VORWORT

PROF. DR.-ING. BERND DAHLGRÜN



Wenn wir die Klimaziele im Bausektor erreichen wollen, müssen wir deutlich mehr Gebäude sanieren und umnutzen, als wir es zurzeit tun . Deshalb werden Architekten zukünftig den Großteil Ihrer Projekte im Bestand planen, da wir deutlich mehr die bestehenden Ressourcen nutzen, bzw. weinternutzen müssen, anstatt bedenkenlos für Neubauten neue Ressourcen zu verbrauchen. Hierfür sind ganz andere Kenntnisse und Kompetenzen vonnöten, als bei der Planung von Neubauten. Die Kenntnis historischer Bauweisen, deren konstruktive Eigenschaften und Unzulänglichkeiten, die zeitbedingten Schadensbilder und die entsprechenden Sanierungsmaßnahmen sind hierfür ebenso unabdingbar, wie die Befähigung zu einer qualitätsvollen Architektur des Weiterbaus.

In einem Wahlpflichtfach im Masterstudium Architektur an der HafenCity Universität (HCU) haben wir vor diesem Hintergrund ein gründerzeitliches und denkmalgeschütztes Gebäude im Stellinginger Weg, welches zu dem Zeitpunkt durch das Büro Amend und Hinrichs saniert wurde, besichtigt und dessen Sanierungsmaßnahmen dokumentiert. Für die Gebäudebereiche, die wir nicht einsehen konnten, wurden Annahmen getroffen. In zwei Vorlesungen hat Herr Amend den Masterstudierenden die Sanierung verschiedener Bauteile ausführlich erläutert und so den Studierenden grundlegendes Sanierungswissen vermittelt.

Ziel dieses Wahlpflichtfaches ist es, durch Studierende eine Dokumentati-on der Standard-Konstruktionen, -Schadensbilder und -Sanierungsmaßnahmen gründerzeitlicher Bauten zu erstellen und in einer dem Laien verständlichen Art und Weise zu vermitteln. Ein solches konstruktives Verständnis beruht auf der Kenntnis des Bauablaufes, weshalb dieser in der Dokumentation in Form von Piktogrammen dargestellt wurde. Die von den teilnehmenden Studierenden verfassten Kapitel zu den einzelnen Bauteilen gliedern sich in eine Beschreibung der Bestandskonstruktionen, der einhergehenden Schadensbilder, bzw. Ertüchtigungsbedarf, der entsprechenden Sanierungsmaßnahmen, sowie schlussendlich eine kleine Nachhaltigkeitsanalyse, bzw. erste Überlegungen zu kreislaufgerechten Varianten. Der Verständlichkeit halber sind die einzelnen Prozessschritte mit Piktogrammen und Photographien dokumentiert.

Wir hoffen damit eine frei zugängliche Grundlage für zukünftiger Lehrformate des Bauens im Bestand zur Verfügung zu stellen, die an der HCU und anderen Bildungseinrichtungen genutzt werden kann. In einem Hamburg Open Online University-, kurz HOOU-Projekt werden die Inhalte dieses Buches in digitalen, weltweit zugänglichen Lehrveranstaltungen zusätzlich zur Verfügung gestellt werden. Wir beabsichtigen diese Lehr- und Dokumentationsformate mit anderen historischen Bauepochen fortzuführen, bis wir die wesentlichen Epochen unserer

gebauten Umwelt, von der Gründerzeit bis in die 70er Jahre dokumentiert haben und so die Grundlagen einer stilübergreifenden Bauen-im-Bestand-Lehre zusammengetragen haben.

Diese Lehrveranstaltung wäre nicht ohne die Unterstützung der Amend + Hinrichs Ingenieurgesellschaft mbH möglich gewesen, die uns den Zugang zur Baustelle im Stellinginger Weg ermöglicht hat. Herrn Holger Amend danken wir herzlich für die Organisation und die exzellenten Vorlesungen zum Bauen im Bestand, Thierry Amend danken wir für die aufschlussreiche und begeisternde Führung über die Baustelle.



Abb. 1.1: Systemskizze eines gründerzeitlichen Gebäudes in Hamburg

QUELLEN

1.1 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Deutschland bei Klimazielen 2030 erstmals auf Kurs“, Pressemitteilung (15.03.24), <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/03/20240315-deutschland-bei-klimazielen-2030-erstmalig-auf-kurs.html>

BAUTEILE

FUNDAMENT

BESTAND

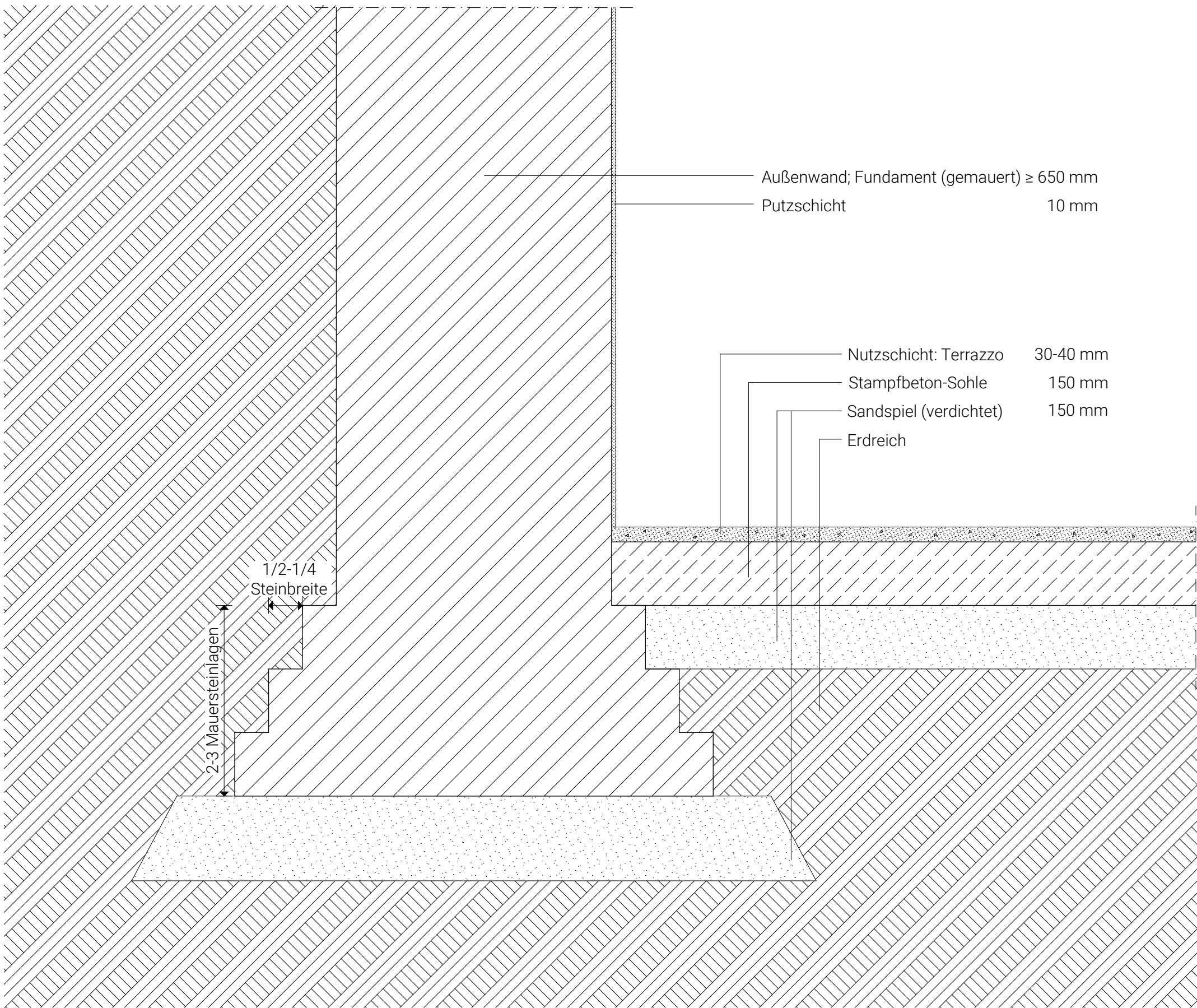


Abb. 2.1: Detail Fundamente Bestand M 1:10

FUNKTIONSWEISE

Fundamente werden unter der Erdoberfläche errichtet und sind für die Standsicherheit und Stabilität von Bauwerken zuständig. Ihre Aufgabe ist es, die Kräfte, die durch die Wände in das Erdreich gelenkt werden, gleichmäßig auf eine größere Fläche zu verteilen. Fundamente sorgen somit durch eine verbreiterte Auflagerfläche dafür, dass Gebäude nicht einsinken. Vergleichbar ist dies mit einem Schneeschuh, hier versinkt man aufgrund der breiteren Sohle (Auflagerfläche) nicht im Schnee.

FUNDAMENTARTEN

Flachgründungen

Am häufigsten werden sogenannte Flachgründungen genutzt, bei denen die Bauwerkslasten über diese vergrößerte Fläche in den Boden geleitet werden.^{2.1} Es gibt flächendeckende Plattenfundamente, Punktfundamente (zum Beispiel Einzelfundamente unter Stützen) und Streifenfundamente, die sich umlaufend unter den tragenden Wänden befinden. Heutzutage werden Fundamente größtenteils aus Beton hergestellt. In der Gründerzeit war dieser Baustoff selten und teuer, sodass betonierte Plattenfundamente erst später eingesetzt wurden. Damals verwendete man überwiegend Streifenfundamente („Bankette“), die aus Ziegeln gemauert wurden.^{2.2}

Tiefgründungen

Eine weitere Fundamentart sind Tiefgründungen wie die Pfahlgründung, bei der durch senkrechte Elemente die Lasten in tiefere Schichten geleitet werden können.^{2.3} Sie wird bei zu lockeren und somit nicht tragfähigen Böden wie Schluff- oder Torfböden verwendet.^{2.1} Heutzutage bestehen die Pfähle aus Beton oder Stahl, in der Gründerzeit nutzte man Holzpfähle.^{2.1} Sie wurden so tief in das Erdreich gerammt, bis sie entweder auf tragfähigen Boden stießen oder durch die Verdichtung und Reibung nicht weiter versanken.^{2.1} Somit wusste man, dass der Pfahl trägt, konnte ihn absägen und hat darauf eine Unterlage für das eigentliche Steinfundament gelegt.^{2.4}

BAUWEISE IN DER GRÜNDERZEIT

Die meisten Gebäude der Gründerzeit waren unterkellert und mit gemauerten Streifenfundamenten gebaut. Wie heute, wurde zunächst eine abge-

böschte Baugrube ausgehoben. Innerhalb dieser wurde eine Art Graben errichtet, in denen später die Fundamente gemauert wurden. Bei einem Gebäude ohne Keller geschah der Aushub der Gräben bis zu einer als frostfrei geltenden Einbindetiefe von 1,00 bis 1,20 Metern.^{2.3} Die Arbeiten erfolgten aufgrund noch mangelnder Technologien überwiegend per Hand.^{2.2}

Um mögliche Unebenheiten auszugleichen und eine stabile Grundlage unter dem Fundament zu schaffen, wurde in der Baugrube und den Gräben eine lagenweise verdichtete Sand- oder Kiesschicht erstellt. Hierfür verwendete man Bruchsteine, Findlinge oder Natursteinplatten und selten Stampfbeton.^{2.2+2.5} Speziell in Hamburg gab es eine Sonderform, genannt „Sandspiel“: Hierbei wurde eine durch Wässerung verdichtete Sandschicht erstellt, um eine tragfähige Fundamentgrundlage zu schaffen.^{2.4}

In den vorbereiteten Gräben hat man angefangen, auf dem nun verdichteten Boden die Fundamente treppenartig zu mauern: Unten breiter als oben, um die größere Auflagerfläche herzustellen. Die Mauersteine jeder ersten bis dritten Schicht versprangen dabei um eine viertel bis eine halbe Steinbreite nach innen. Als Mörtel wurden in der damaligen Zeit Zement, hydraulischer Kalk, Lehm Mörtel oder häufig Luftkalkmörtel verwendet.^{2.2+2.5} Dieser Mörtel musste an der Luft aushärten, um die notwendige Festigkeit zu erreichen.^{2.2+2.5} War das Fundament fertig gemauert, wurden die Gräben unmittelbar zugeschüttet und der Keller gebaut. Anschließend verfüllte man die Baugrube, um möglichst schnell ein Gerüst aufstellen und das restliche Gebäude herstellen zu können.

Es wird bei dem Gründerzeitgebäude im Stelling Weg von einem abgetrepten, gemauerten Streifenfundament mit Luftkalkmörtel auf einem Sandspiel ausgegangen (Abb. 2.1).

SCHÄDEN

Fundamente wurden meist ohne vorherige Bodenuntersuchungen errichtet. Stattdessen betrachtete man die Erfahrungswerte der Nachbarbebauung als ausreichend, selbst wenn diese erst kurze Zeit stand und es noch keine zuverlässigen Daten gab.^{2.6} Der Baugrund wurde dementsprechend nicht ausreichend untersucht, sodass die Festigkeit des

Untergrunds nicht gewährleistet war. Außerdem wurde zugunsten eines schnelleren Bauablaufs die Baugrube häufig verfrüht zugeschüttet, sodass der verwendete Luftkalkmörtel nicht korrekt an der Luft aushärten konnte und somit nicht die nötige Festigkeit erreichte.^{2.2+2.7} Hinzu kommt, dass Material gespart werden sollte und die Fundamente dadurch aus heutiger Sicht stark unterdimensioniert sind. Diese Probleme führen häufig dazu, dass sich Gebäude setzen. Unter „Setzung“ versteht man die vertikale Bewegung eines Gebäudes, wenn die Schichten des Baugrunds durch die Gebäudelasten zusammengepresst werden. Es sinkt trotz Fundamenten ein, die eigentlich genau das verhindern sollen. Treten die Bewegungen an allen Punkten des Bauwerks im gleichen Umfang auf, spricht man von einer „gleichmäßigen Setzung“. Sie ist oft unvermeidbar und bei minimalem Absinken unproblematisch, da meist keine Risse oder Neigungen entstehen. Komplikationen können allerdings bei größerer Setzungstiefe oder „ungleichmäßigen Setzungen“ auftreten, das heißt wenn die Fundamente unterschiedlich absinken. Dies kann Rissbildungen oder schiefe Decken verursachen, sodass oft die Standsicherheit des Gebäudes gefährdet ist. Im schlimmsten Fall können instabile Fundamente auch einen Grundbruch verursachen. Dieser entsteht, wenn das Fundament so stark belastet ist, dass sich darunter im Baugrund Gleitflächen bilden, wodurch der Boden seitlich verdrängt wird.^{2.8} Dieser Vorgang führt zu starken Schäden und birgt sogar eine Einsturzgefahr.^{2.9} Setzungen dauern so lange, bis sich das Erdreich verdichtet hat: Durch den Druck bilden sich im Boden „eigene Fundamente“, da er zusammengepresst wird und verhärtet. Je nach Baugrund sind Setzungen schon während des Rohbaus oder erst nach Jahrzehnten abgeschlossen.^{2.2} Bei Gründerzeitgebäuden kann man heutzutage davon ausgehen, dass die Setzungen nach über 100 Jahren Standzeit beendet sind, es besteht diesbezüglich selten Handlungsbedarf. Neue Schäden entstehen vor allem durch zusätzliche Belastungen, wie beispielsweise eine Aufstockung oder ein Dachgeschossausbau. Bei diesen Zusatzlasten, bei Gebäudeschäden während laufender Setzung oder bei Grundbruchgefahr, wird eine Sanierung der Fundamente notwendig.



Abb. 2.2: Kellerraum Außenwand Frontfassade



Abb. 2.3: Kellerraum Innenwand



Abb. 2.4: Rückfassade außen



Abb. 2.5: Kellerraum Außenwand Rückfassade

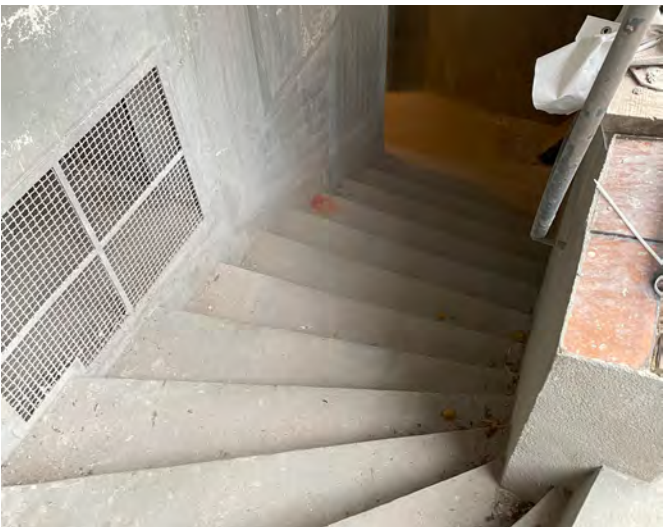
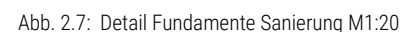


Abb. 2.6: Frontfassade außen

QUELLEN

- 2.1 Bundesarbeitskreis Altbauenerneuerung e. V.; Institut für Bauforschung e. V., „Bauen im Bestand – Katalog für die Altbauenerneuerung“, S. 161-165
- 2.2 Ahnert, Rudolf; Krause, Karl Heinz, „Typische Baukonstruktionen von 1860-1960“, S. 14-17; S. 21; S. 47-48
- 2.3 Stahr, Michael, „Bausanierung – Erkennen und Beheben von Bauschäden“, S. 450-454
- 2.4 Dahlgrün, Bernd (2024): Vorlesung im Rahmen des Kurses „Konstruktion II: Kreislaufgerechtes Sanieren“ an der HafenCity Universität Hamburg.
- 2.5 Giebler, Georg et al., „Atlas Sanierungen – Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“, S. 120; S.133-134
- 2.6 Schmidt, Eduard et al., „Die Hochbau-Constructionen des Handbuches der Architektur – Dritter Theil“, S. 235
- 2.7 Dahlgrün, Bernd, „Innerstädtische Gebäudeaufstockungen in Hamburg – konstruktive, rechtliche und gestalterische Rahmenbedingungen“, S. 35-38; S. 62-63.
- 2.8 Graefe, Robert, „Altbauanierung – Ratgeber für die Praxis“, S. 47-56
- 2.9 TU Wien, „Kapitel 01 – Statische Elemente von Gründerzeithäusern“, [Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

KONVENTIONELLE SANIERUNG



Bevor eine adäquate Sanierung durchgeführt werden kann, muss der Bestand analysiert werden. Neben oftmals fehlenden Bestands-/Planungsunterlagen kommt bei der Fundamentsanierung erschwerend hinzu, dass sich die Fundamente uneinsehbar unter der Erde befinden, sodass zunächst Bauweise, Dimensionierung und Zustand eruiert werden müssen. Als Erstes sollte für die Fundament- und Bodenanalyse ein Bodengutachten erstellt werden. Dies erfolgt durch Probebohrungen, Grabungen und Suchschlitze an mehreren Stellen, da teils verschiedene Fundamenttypen innerhalb eines Gebäudes verbaut wurden.^{2,9}

Das Ziel einer Sanierung ist stets, die bestehenden Fundamente zu verstärken, um beispielsweise Setzungen entgegenzuwirken oder eine Aufstockung zu ermöglichen. Hierfür wird eine „Unterfangung“ erstellt, die die Auflagerfläche des Fundaments vergrößert und verstärkt, um die Stabilität des Gebäudes zu erhöhen. Dabei gibt es verschiedene Verfahren - die vier gängigsten werden im Folgenden erläutert: Das Injektionsverfahren, das Pilgerschrittverfahren, das Düsenstrahlverfahren und die Pfahlverankerung.

Beim Injektionsverfahren (Abb. 2.7 oben links, Abb. 2.8 und Abb. 2.19) werden im Keller vertikale Kernbohrungen durch die Bodenplatte und das Fundament vorgenommen. Anschließend werden in die Löcher „Lanzen“ eingeführt, durch die mit Hochdruck (Feinst-)Zement oder Kunststoffe unter das Fundament injiziert werden, die dann im Erdreich erhärten. Dies wird an mehreren Stellen durchgeführt, sodass unter dem bestehenden Fundament ein gleichmäßiger, stabiler Körper entsteht.^{Z.10+ 2.11}

Bei dieser Methode werden unter dem bestehenden Fundament Betonfundamente erstellt (Abb. 2.7 oben rechts, Abb. 2.9+2.10 und Abb. 2.20). Um die Standsicherheit weiterhin zu gewährleisten, geschieht dies abschnittsweise (im „Pilgerschritt“) es wird mit Abstand jeweils ein Abschnitt („Takt“) in 1,25 Metern Breite freigelegt und betoniert. Dies

4 - Pfahlverstärkung

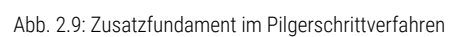
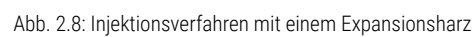
Bei der Pfahlverstärkung (Abb. 2.7 unten rechts und Abb. 2.12) sind zunächst mehrere Bohrungen senkrechter Löcher seitlich neben dem Fundament nötig. Anschließend werden in die Löcher sogenannte Verpress- oder Mikropfähle aus Beton oder Stahl eingepresst. Diese haben einen Durchmesser von etwa 6 bis 30 Zentimeter und werden bis zu einer Bodenschicht eingepresst, die ausreichend verdichtet und somit stabil genug ist.^{2.10+2.15} Hierdurch können zusätzliche Lasten auf tiefere Bodenschichten abgeleitet werden. Für einen optimalen Lastabtrag wird meist ein Stahlträger („Steckträger“) oberhalb der Pfähle eingebracht und einbetoniert, der die Pfähle verbindet und für eine bessere innere Tragfähigkeit sorgt.^{2.10} Für weitere Stabilität wird oft Vergussmörtel eingegossen, der zwischen das Erdreich und den Pfahl fließt und dort aushärtet.^{2.15}

Beim Injektionsverfahren muss keine aufwendige Baugrube hergestellt werden und das Gebäude kann bewohnt bleiben. Das erschütterungsarme Verfahren ist meist in wenigen Tagen abgeschlossen.^{2,10} Außerdem kann diese Methode als einzige Fundamente unter Innenwänden oder an Brandwänden zu Nachbargebäuden verstärken. Die

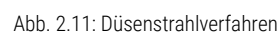
Auch beim Düsenstrahlverfahren ist die Baustelleneinrichtung aufwendig. Hier sind große Gerätschaften nötig, die einen hohen Platzbedarf haben und es besteht die Gefahr von Zerstörungen und Verschmutzungen der Umgebung. Die Einrichtungs- und Gerätekosten machen dieses Verfahren zum teuersten, sodass es nur bei größeren Bauwerkskomplexen eingesetzt wird.^{2,8} Vorteile des DSV sind, dass es flexibel bei verschiedensten Bodenbeschaffenheiten eingesetzt werden kann und eine hohe Stabilität erzielt.

Ähnlich ist es bei der Pfahlverstärkung, sie dringt in tiefere Bodenschichten ein und schafft somit eine hohe Stabilität. Die Pfahlverstärkung eignet sich besonders bei bestehenden Pfahlgründungen.^{2,10} Bei der Einbringung ist jedoch oft ein Aushub einer Baugrube notwendig, um an die Außenseite des Fundaments zu gelangen und es muss je nach Tiefe der Grundwasserstand beachtet werden.

Letztendlich hängt die Wahl des Verfahrens von verschiedenen Faktoren ab, wie beispielsweise der Bodenbeschaffenheit, dem Grundwasserspiegel, Denkmalschutzauflagen, der Wirtschaftlichkeit und räumlichen Begebenheiten. Auch ökologische Aspekte wie Kreislaufgerechtigkeit können bei der Wahl ausschlaggebend sein.



Schema zur abschnittsweisen Vorgehensweise (Pilgerschrittverfahren)
Grundriss, o.M.



2.10	Siegele, Claudia. uretek.de. „Was tun, wenn der Baugrund nicht mehr trägt?“
2.11	DML d-m-i.net. „Bodenverfestigungen“.
2.12	Altnöder, Alexander. Grundrichtig.de. „Unterfangung von Gebäuden nach DIN 4123“.
2.13	BAUER Spezialtiefbau. bauer-schweiz.ch. „Injektionen“.
2.14	Implenia Deutschland. Implenia.com. „Düsenstrahlverfahren“.
2.15	Novatek. novatek.de. „Eingepresste Druckmikropfähle MP/60“.

[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

FUNDAMENT

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

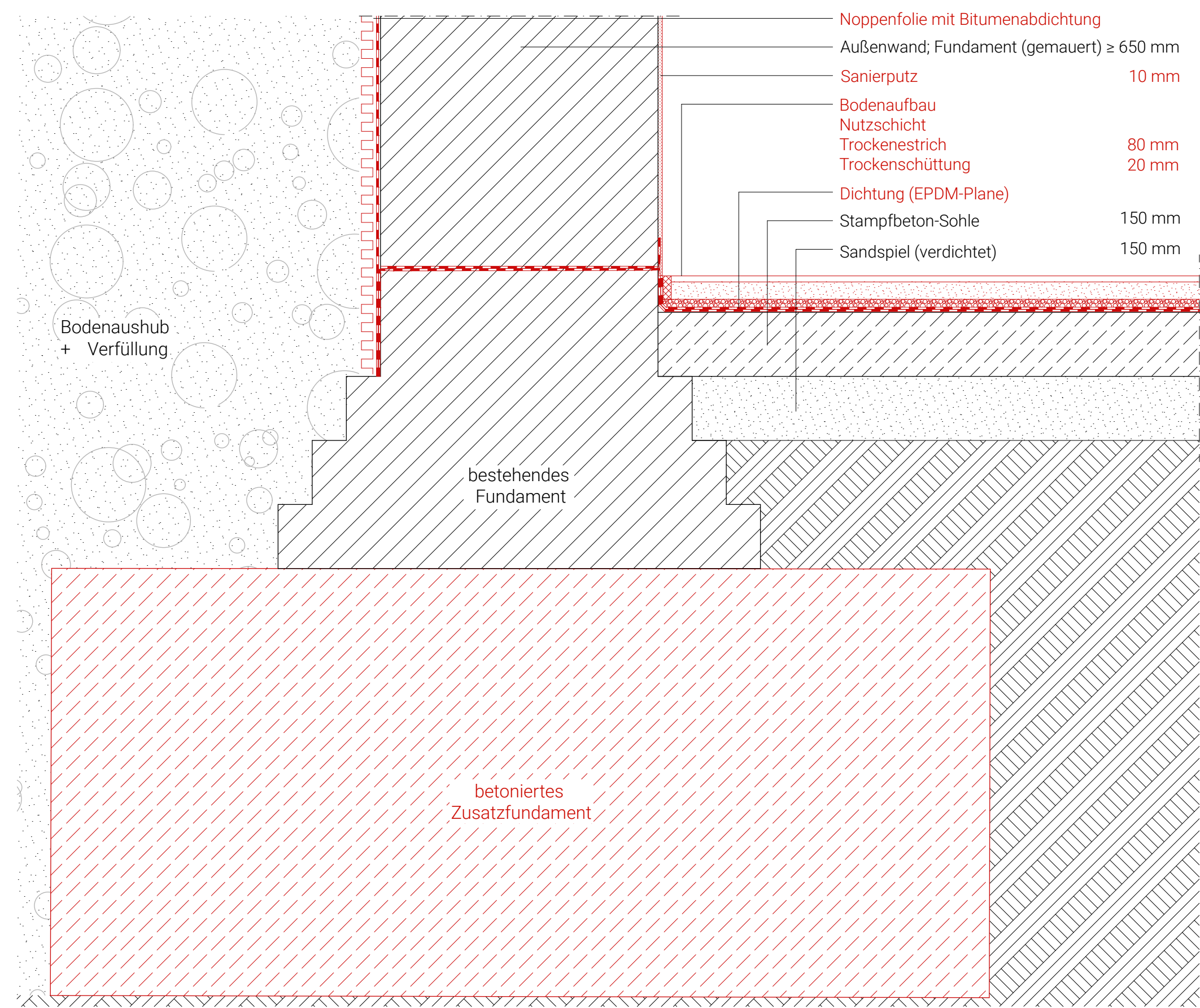


Abb. 2.13: Detail Fundamente kreislaufgerechte Sanierung M1:10

MATERIALWAHL

Beton

Der primär verwendete Baustoff bei den vorgestellten Sanierungsmaßnahmen ist Beton. Für dessen Herstellung werden Wasser, Gesteinskörnungen (zum Beispiel Sand und Kies) und Zement benötigt. Zement wird aus Kalkstein und Ton hergestellt, die dabei auf über 1.000°C erhitzt werden.^{2.16} Für die Zementproduktion ist demnach sehr viel Energie nötig - der Baustoff gehört zu einem der energieintensivsten der Baubranche.^{2.16} Aufgrund der enormen CO₂-Emissionen bei der Zementproduktion wird Beton auch als „Klimakiller“ bezeichnet: Zwei Prozent der Treibhausgasemissionen in Deutschland und acht Prozent der weltweiten werden durch die Zementproduktion verursacht.^{2.17+2.18} Ein Ansatz zur erhöhten Nachhaltigkeit ist das Recycling: Bei sogenanntem „Recyclingbeton“ wird der Beton zerkleinert und als Gesteinskörnung wieder verwendet.^{2.19} Allerdings muss anschließend Zement neu hinzu gemischt werden, sodass der hohe Energieaufwand der Zementproduktion bleibt. Zudem muss darauf geachtet werden, dass die Transportwege zu den Recyclingfabriken nicht höhere CO₂-Emissionen als die Neu-Herstellung verursachen.^{2.19} Außerdem gibt es weitere Aspekte, die ein flächendeckendes Recycling derzeit noch erschweren: Baurechtlich ist eine Wiederverwendung von Baustoffen aufgrund mangelnder Zertifizierungen oft (noch) nicht möglich.^{2.19} Zudem verursacht das Recycling einen höheren Planungs- und Zeitaufwand, da der Baustoff erst sorgfältig zurückgebaud und anschließend aufbereitet werden muss.^{2.19} Des Weiteren stellt die Trennung der Baustoffe ein Problem dar, da Beton oft in Zusammenhang mit Stahl als Stahlbeton verbaut wird und teilweise Zusatzstoffe wie Bindemittel eingesetzt werden.

Beton ist in der Baubranche und auch bei drei Vierteln der vorgestellten Sanierungsmaßnahmen unverzichtbar, selbst bei Neubauten aus Holz werden die Fundamente aus Stahlbeton hergestellt, weil es an adäquaten Alternativen mangelt. Diverse Forschungsprojekte untersuchen Alternativen zu Beton oder wie dieser umweltfreundlicher herstellbar ist. Es kann jedoch noch dauern, bis diese ausgereift und anwendbar sind und vollständig Einzug in die Praxis erhalten. Aktuell ist Beton nicht nachhaltig und nur bedingt kreislaufgerecht.

Injektionsflüssigkeit

Beim Injektionsverfahren ist auf die Wahl der verwendeten Injektionsflüssigkeit zu achten. Diese kann sowohl in der Herstellung als auch in der Anwendung Auswirkungen auf die Umwelt und somit auch auf den Menschen haben. Häufig kommen Kunstharze zum Einsatz, da sie sich aufgrund ihrer Eigenschaften wie chemische und thermische Beständigkeit und hohe Zugfestigkeit besonders gut eignen.^{2.20} Diese Kunstharze sind Kunststoffe, die nicht recycelbar sind und bei einem Abriss entsorgt werden müssen.^{2.21} Zudem besteht die Gefahr, dass die Flüssigkeit in die weitere Erdumgebung dringt und so ins Grundwasser gelangen und dieses verunreinigen könnte. Derzeit gibt es für Injektionsflüssigkeiten keine ökologischen Alternativen, die die gleichen Eigenschaften wie die Kunststoffe aufweisen. Es müssen demnach zwangsläufig nicht recycelbare Kunststoffe verwendet werden, bei denen wenigstens auf ihre Bodenverträglichkeit geachtet werden muss. Bei der Injektionsmethode der Firma „URETEK“ kommt beispielsweise ein sogenanntes „Expansionsharz“ zum Einsatz, das aus zwei Komponenten besteht.^{2.22} Laut Firmeninformationen ist dieses Material für die Natur unbedenklich und grundwasserneutral, was diverse Umwelt-Zertifizierungen bestätigen, sodass sogar der Einsatz in Wasserschutzgebieten genehmigt wurde.^{2.22} Auch wenn man den Zertifikaten vertraut – die Wiederverwendung des Materials bleibt unmöglich und es ist somit allenfalls umweltverträglich, aber nicht kreislaufgerecht.

ENERGIEVERBRAUCH AUF DER BAUSTELLE

Nicht nur bei der Materialwahl und der Produktion, sondern auch bei der Verfahrensdurchführung gibt es Unterschiede bezüglich der Umweltverträglichkeit. Das Injektionsverfahren verursacht nur einen geringen Aufwand an Maschinen, Zeit und Personal, wodurch Platz und Energie gespart werden kann. Im Gegensatz dazu werden beim Düsenstrahlverfahren und bei der Pfahlverstärkung große Maschinen benötigt, die entsprechend viel Energie in Herstellung und Verwendung verbrauchen. Außerdem ist bei diesen Verfahren sowie bei der Erstellung von Zusatzfundamenten im Pilgerschrittverfahren der Aushub einer Baugrube nötig und diese drei Methoden dauern mehrere Wochen oder sogar Monate,

sodass durch das längere Betreiben der Baustelle ein höherer Energieverbrauch entsteht.

FAZIT UND ANWENDBARKEIT

Der Einsatz von alternativen, kreislaufgerechten Materialien wie zum Beispiel nachwachsenden Rohstoffen ist bisher im erdberührten Bereich nicht möglich. Diese Materialien entsprechen oft nicht den hohen Anforderungen wie Standfestigkeit, Langlebigkeit und Dichtigkeit gegen Bodenfeuchte. Derzeit gibt es keine Materialien, die sowohl diese technischen Anforderungen vollständig erfüllen als auch uneingeschränkt kreislaufgerecht sind. Bei der Wahl der Sanierungsmethode für die Fundamente im Stellingler Weg muss demnach das geringste Übel gewählt werden: An den Bereichen, wo ohnehin ein Erdaushub erforderlich ist, um erdberührte Außenwände abzudichten (siehe Kapitel „Erdberührte Außenwand“), bietet sich die Erstellung einer Unterfangung im Pilgerschrittverfahren an (Abb. 2.13). Wie oben beschrieben ist der verwendete Beton zwar in der Herstellung sehr energieintensiv und hat eine schlechte CO₂-Bilanz, könnte jedoch teilweise wiederverwendet werden und birgt für die Erdumgebung keine Gefahren durch diffundierende Stoffe. Beim untersuchten Gebäude handelt es sich jedoch um eine Blockrandbebauung, sodass das Pilgerschrittverfahren bei den Fundamenten unter den Brandwänden zum Nachbargebäude nicht anwendbar ist. Hier ist lediglich das Injektionsverfahren möglich, da man dies aus dem Keller durchführen kann. Dabei ist unbedingt auf die Umweltverträglichkeit und Zertifizierungen des injizierten Stoffes zu achten, damit dieses nicht den umgebenden Boden oder sogar das Grundwasser verunreinigt.

Auch wenn es bislang kein kreislaufgerechtes Verfahren gibt, kann man von einer gewissen Nachhaltigkeit sprechen: Das Gebäude wird saniert und somit dessen Lebensdauer verlängert. Denn jede Sanierungsmethode ist ressourcen- und energie-schonender als ein Abriss oder Neubau.



Abb. 2.14: Zementfabrik



Abb. 2.15: Bohrergerät für Düsenstrahlverfahren



Abb. 2.16: Kunstharz mit Kies verbunden



Abb. 2.17: Kunstharz mit Kies-Sand-Gemisch verbunden



Abb. 2.18: Recyclingbeton

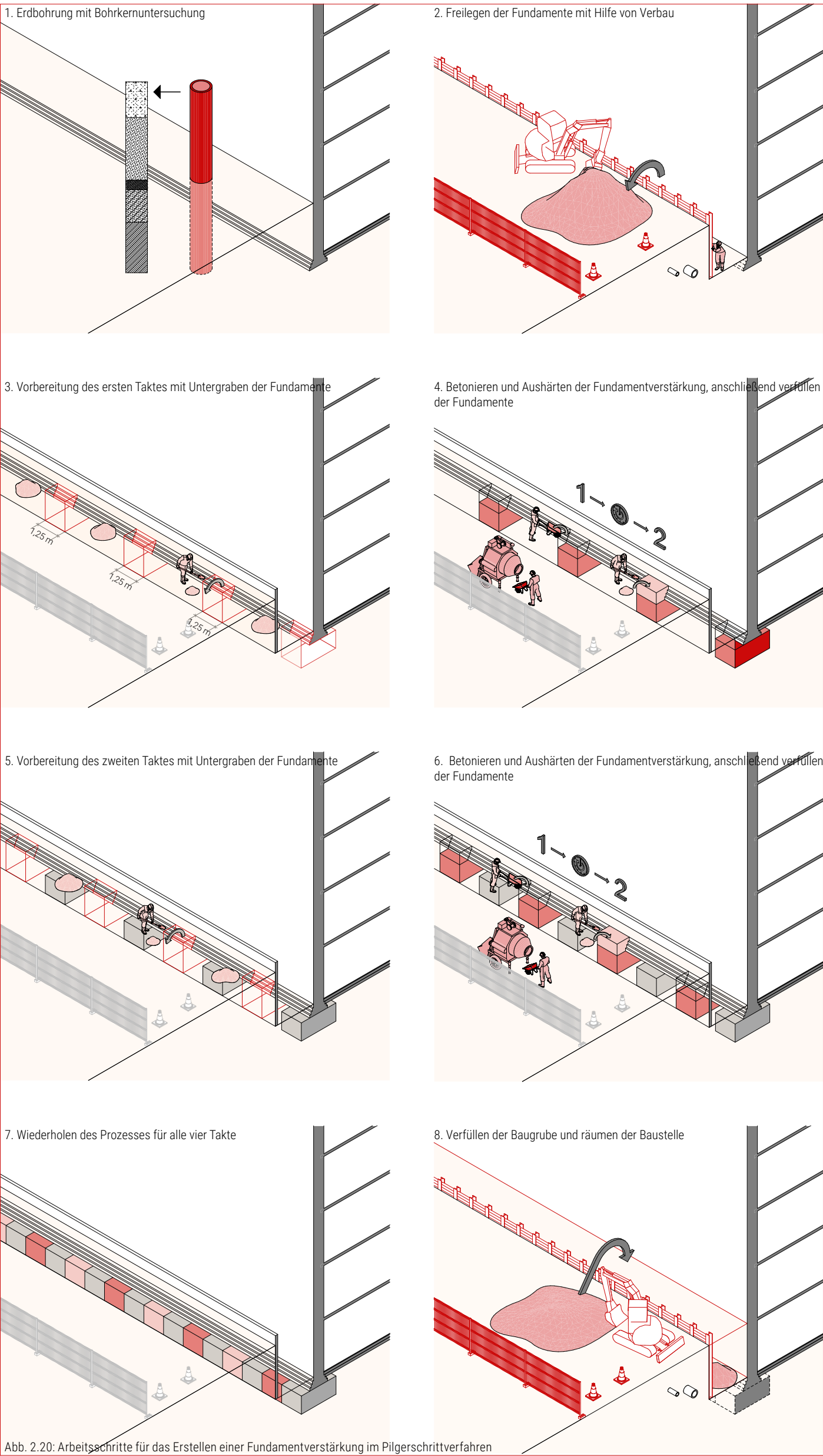
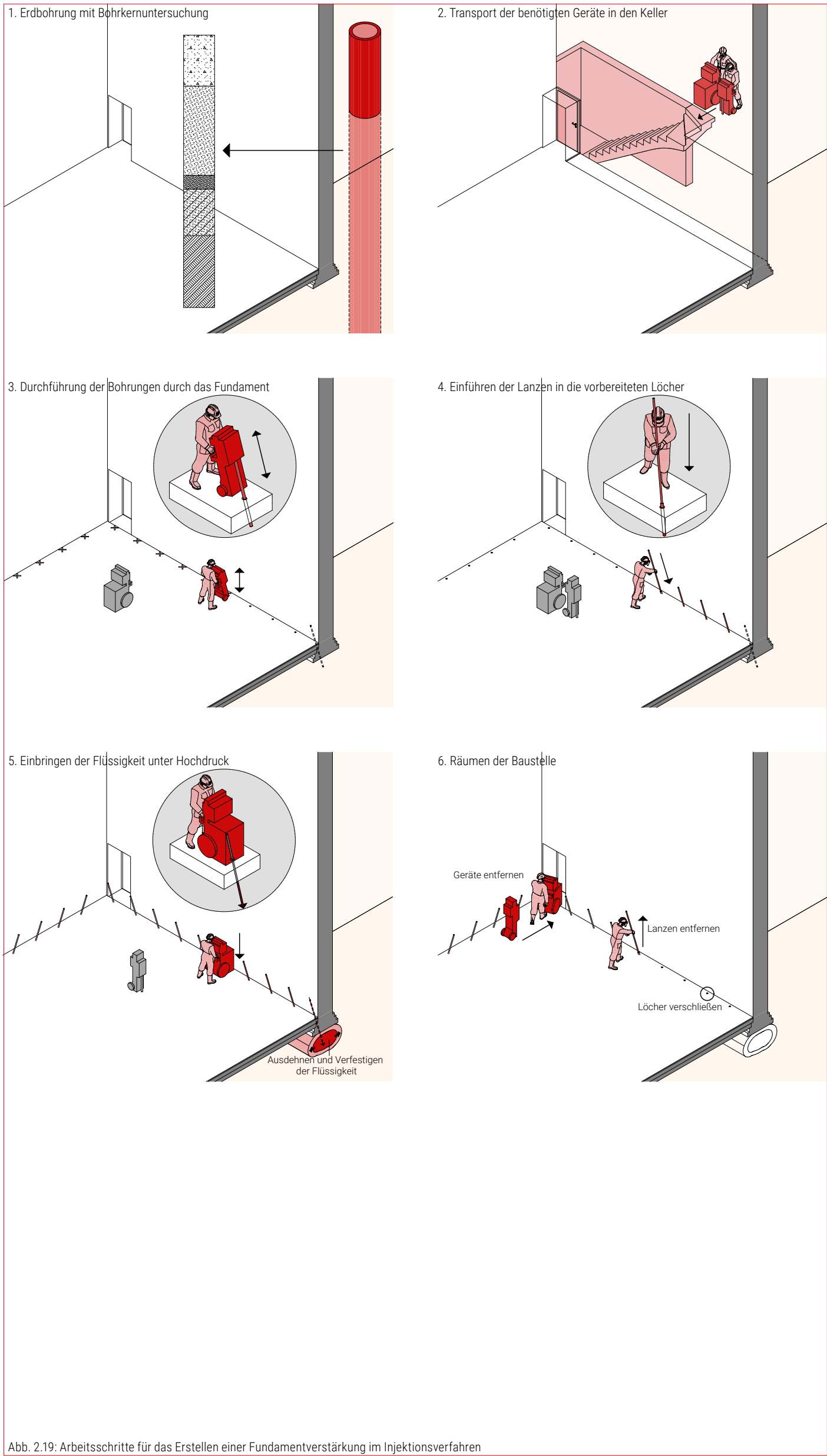
QUELLEN

- 2.16 BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Beton“.
- 2.17 Von Liebe, Sylvaine; Gutknecht, Bernd-Uwe. ardalalpha.de. „Beton – Wege zu einer besseren Klimabilanz“ (2023).
- 2.18 WWF Deutschland. wwf.de. „Klimaschutz in der Beton- und Zement-industrie“ (2019).
- 2.19 BauNetz Wissen. Baunetzwissen.de. „Recyclingbeton“.
- 2.20 Kunststoffe. kunststoffe.de. „Kunstharz“.
- 2.21 wip. wip-kunststoffe.de. „Duroplaste recyceln“ (2020).
- 2.22 URETEK Deutschland. uretek.de. „Expansionsharz“.

[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

FUNDAMENT

ARBEITSSCHRITTE - PILGERSCHRITTVERFAHREN UND INJEKTIONSVERFAHREN



In den Abbildungen oben sind die Arbeitsschritte des Injektionsverfahrens (Abb. 2.19) und des Pilgerschrittverfahrens (Abb. 2.20) dargestellt. Voraussetzung einer Fundamentsanierung ist die Analyse des Bestands und des Bodens. Hierfür werden mehrere Erdbohrungen durchgeführt, bei denen ein Bohrkern entnommen wird, um die Bodenverhältnisse und den Grundwasserspiegel zu untersuchen (Abb. 2.19-1.+2.20-1.). Mit Hilfe des ermittelten Schichtaufbaus können statische Berechnungen durchgeführt, das optimale Verfahren gewählt und der Bauablauf geplant werden. Um sich einen ersten Überblick zu verschaffen, sind vielerorts Ergebnisse aus durchgeführten Bohrungen einsehbar. Hamburg stellt diese beispielsweise im Bohrdatenportal zur Verfügung.^{2,23}

DAS INJEKTIONSVERFAHREN

Zunächst müssen die Fachkräfte die Gerätschaften in den Keller bringen (Abb. 2.19-2.). Im vorliegenden Beispiel werden ein Kernbohrer, Injektionslanzen und das Gerät zur Injektion mit der Injektionsflüssigkeit benötigt. Anschließend werden die Bohrlöcher festgelegt und es werden in einem Abstand von etwa 100 Zentimetern Kernbohrungen vertikal bis leicht schräg durch die darunter liegenden Strukturen durchgeführt (Abb. 2.19-3.).^{2,24} Danach werden in jedes Loch, das einen Durchmesser von etwa 15 bis 80 Millimetern hat, eine Art Rohr, sogenannte „Injektionslanzen“ aus Metall, eingeführt (Abb. 2.19-4.).^{2,8} Anschließend wird unter Hochdruck mit

dem Injektionsgerät die Flüssigkeit, zum Beispiel (Feinst-)Zement oder Kunststoffe, durch die Lanzen in den Boden unter das Fundament injiziert (Abb. 2.19-5.).^{2,11+2.25} Bei einem Expansionsharz reagieren die injizierten Stoffe bereits nach kurzer Zeit, dehnen sich aus und erhärten. Das verstärkt den Boden unter dem bestehenden Fundament, sodass dieses einen tragfähigen Untergrund hat.^{2,25} Schlussendlich muss die Baustelle geräumt werden: Lanzen entfernen, Löcher verschließen, Arbeitsplatz reinigen und Geräte abtransportieren (Abb. 2.19-6.).

ZUSATZFUNDAMENTE IM PILGERSCHRITTVERFAHREN

Für diese abschnittsweise Unterfangung gibt es eine einzuhaltende DIN-Norm, die DIN 4123 „Aus-schachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude“. Zuerst muss die Baustelle eingerichtet werden (Abb. 2.20-2.). Hierfür wird entlang der Außenwand eine Baugrube ausgehoben und ein Verbau erstellt, um den Boden abzustützen. Es wird ein Bagger für den Aushub benötigt sowie Materialien zur Baustellensicherung wie beispielsweise Zäune. Das Ausheben erfolgt laut DIN-Norm bis zur Oberkante der Bestandsfundamente, um die Stabilität des Gebäudes nicht zu gefährden. Außerdem muss auf eventuell verlaufende Werkleitungen geachtet werden. Prinzipiell wird die Länge des Fundaments in vier Takte (Abschnitte) unterteilt. Die Reihenfolge ist so festgelegt, dass aus Stabilitätsgründen nicht in zwei Abschnitten neben-

einander gearbeitet wird, zum Beispiel 1-3-2-4-1-3-2-4-1-... (siehe Abb. 2.10). Die maximale Breite eines Taktes ist ebenfalls in der DIN 4123 geregelt und beträgt 1,25 Meter. Anschließend werden alle Abschnitte des Taktes mit der Nummer Eins händisch freigelegt, indem man unter das Bestandsfundament gräbt (Abb. 2.20-3.). Danach werden diese Abschnitte betoniert, dann lässt man sie aushärten und verfüllt die Grube wieder bis auf das Niveau der Baugrube (Abb. 2.20-4.). Daraufhin kann mit dem nächsten Abschnitt begonnen werden - mit allen Abschnitten des Taktes der Nummer Zwei. Der Ablauf ist der gleiche wie beim ersten Takt: Erst werden die Fundamente der Nummer Zwei untergraben, dann betoniert und schlussendlich wieder zugeschüttet (Abb. 2.20-5.+6.). Dieses Prozedere wird für die Takte Drei und Vier wiederholt (Abb. 2.20-7.). Durch dieses abschnittsweise Vorgehen bleibt die Standsicherheit gewährleistet, da sich neben einem „Loch“ beidseitig entweder Erdreich oder eine fertiggestellte Unterfangung befindet. Am Ende der Arbeiten sind unter dem Bestandsfundament neu betonierte, aneinandergereihte Fundamente vorhanden, die das alte Fundament verstärken und für ausreichende Stabilität sorgen. Es muss auf eine kraftschlüssige Verbindung zwischen dem neuen und dem bestehenden Fundament geachtet werden, hierfür können Keile oder ein Beton mit Quellsätzen verwendet werden.^{2,12} Abschließend wird die Baustelle geräumt: Baugrube verfüllen, Verbau und Sicherheitseinrichtungen entfernen und Bagger

sowie weitere Maschinen und Materialien abtransportieren.

ANWENDBARKEIT

Das Injektionsverfahren ist minimalinvasiv und schnell durchführbar - pro Tag werden bis zu 15 Meter Fundament stabilisiert.^{2,13} Zudem sind keine Ausgrabungen nötig und das Gebäude muss nicht geräumt werden. Es ist jedoch eine genaue Überwachung der Durchführung notwendig und es muss auf eine umweltverträgliche Injektionsflüssigkeit geachtet werden. Beim Pilgerschrittverfahren besteht keine Gesundheitsgefährdung durch mögliche Boden- oder Grundwasserverschmutzungen, allerdings ist die Baustelleneinrichtung und die Ausführung aufwendiger. Dieses Verfahren kann nicht an den Brandwänden zur Nachbarbebauung angewendet werden, da eine Baugrube von außen nötig ist. Hier ist lediglich das Injektionsverfahren möglich, weil man es vom Keller durchführen kann. Beim Gebäude im Steller Weg wären beide Verfahren anwendbar: Für die Straßen- und Gartenseite das umweltverträglichere Pilgerschrittverfahren und an den seitlichen Brandwänden als einzige Möglichkeit das Injektionsverfahren.

QUELLEN

2.23 Stadt Hamburg, hamburg.de, Bohrdatenportal.
2.24 URETEK Deutschland, uretek.de, „DeepInjection Methode“.
2.25 URETEK Deutschland, uretek.de, „HybridInjection Methode“.
[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

BODENPLATTE

BESTAND

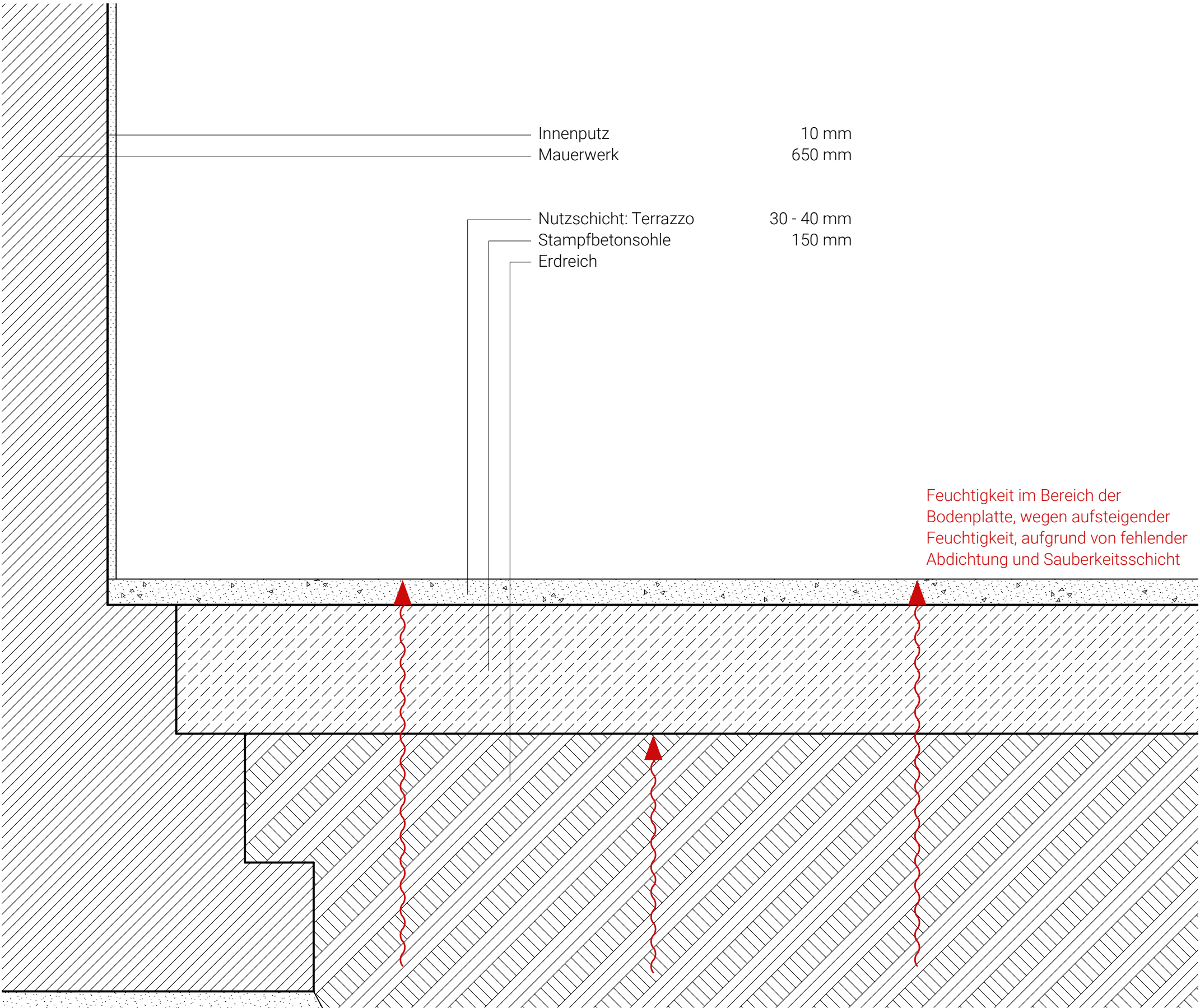


Abb. 3.1: Detail Bestand Bodenplatte M 1:5

In städtischen Ballungsräumen der Gründerzeit wurden die Kellergeschosse ursprünglich als Lagerflächen oder Waschküchen genutzt. Die Bodenplatte erfüllte eine zentrale Funktion: Sie trennte das Gebäude von dem darunterliegenden Erdrreich und schränkte das Eindringen von Feuchtigkeit teilweise ein.^{3,2}

BESTAND

Typischerweise bestand die Bodenplatte aus zwei Schichten: einer tragenden Stampfbetonsohle und einer abschließenden Nutzschicht (siehe Abb. 3.1).

STAMPFBETONSOHLE

Die Stampfbetonsohle diente in erster Linie als tragende Schicht für die darüber liegende Nutzschicht und wird mit einer Dicke von ca. 15 cm angenommen (siehe Abb. 3.1). Die Stampfbetonsohle liegt bündig mit dem Fundament auf.^{3,3} Stampfbeton wurde aus einer Mischung von Sand, Kies, hydraulischem Kalk (später Zement) und Wasser hergestellt. Zusätzlich wurden oft Ziegelsplitt oder Schutt als Zuschlagstoffe hinzugefügt. Die Mischung wurde in Schichten von etwa 5–10 cm in eine Schalung eingebracht und durch manuelles Stampfen verdichtet.^{3,3}

TERRAZZO

Für die Nutzschicht finden wir einen Terrazzoboden vor, ein robustes und langlebiges Material, das normalerweise in repräsentativen Räumen wie Fluren und Treppenhäusern häufig verwendet wurde.^{3,4} Die Verwendung von Terrazzo in Kellerräumen war ungewöhnlich und deutet darauf hin, dass der Raum damals als Aufenthaltsraum geplant war. Nach der Novelle von 1883, in dem Baupolizeigesetz der Stadt Hamburg von 1882, waren Aufenthaltsräume in Kellergeschossen nur erlaubt, wenn der Fußboden höchstens 1 m unter dem umgebenen Terrain liegt.^{3,4} Die vorgefundene Bodenplatte liegt in einem Geschoss, dass sich ca. 40 cm unter dem Terrain befindet (siehe Abb. 3.2). Aufenthaltsräume galten als Wohn-, Schlaf-, Arbeitsräume oder Küchen.^{3,4} Im Prinzip sind Terrazzoböden Estriche und können im Verbund oder schwimmend hergestellt werden. Terrazzo wurde aus einer Mischung aus Gesteinskörnungen, Bindemitteln (ursprünglich Kalk, später Zement) und Zuschlagstoffen, typischerweise: Mar-

morbruch oder Marmorgranulat, Kalkstein, Dolomit oder Schiefer gefertigt. Der Terrazzo wurde auf die vorbereitete Stampfbetonsohle gegossen, der meist zwischenschichtig ausgebildet wird. Die obere Schicht wird als Terrazzovorsatz und die untere als Unterbeton bezeichnet. Die Vorsatzschicht kann, durch farbige Natursteinzuschläge, Pigmente und weißen oder grauen Zement, nach beliebigen farbigen gestaltet werden.^{3,2} Der vorgefundene Terrazzo weist weiße und graue Verfärbungen auf (siehe Abb. 3.3). Nach dem Aushärten wurde die Oberfläche geschliffen, um eine glatte Oberfläche zu erzeugen, und schließlich poliert.^{3,1}

SCHWÄCHEN UND TYPISCHE BAUSCHÄDEN

Die Stampfbetonsohle, als tragende Schicht, bietet nur eine begrenzte Dichtigkeit gegenüber Feuchtigkeit. Der Boden um das Bauwerk herum enthält Wasser, das an den Bodenteilchen haftet, und Wasser, das in den Kapillaren im Boden aus dem Grundwasser aufsteigt. Feuchtigkeit steigt somit aus tieferen Bodenschichten ungehindert in der Bodenplatte auf.^{3,5} Die entstehenden Feuchtigkeitsprobleme sind eine direkte Folge der damaligen Bauweise, da die Bodenplatte keine Abdichtung und keine Sauberkeitsschicht aufweist.^{3,3} Eine Sauberkeitsschicht fungiert als kapillarbrechende Schicht. Dabei handelt es sich um eine lagenweise verdichtete Sand- oder Kiesschicht.^{3,2} Durch die großporige Struktur dieser verdichteten Sandschicht wird der kapillare Wassertransport aus dem Erdrreich effektiv unterbrochen, wodurch die Feuchtigkeitsbelastung der darüberliegenden Schichten minimiert wird.

Das Grundwasser wirkt als senkrecht gerichteter Druck auf die Sohle ein. Wenn die Sohle als Platte ausgebildet ist, wird sie auf Biegung beansprucht. Sohlplatten werden daher heutzutage immer mit Stahlbeton oder WU-Beton ausgebildet (siehe Kapitel „Konventionelle Sanierung der Bodenplatte“). Dieser Druck kann bei fehlerhafter Verdichtung des Stampfbetons Risse und Schwachstellen in der Sohle verursachen.^{3,5} Diese Risse fördern das Eindringen von Wasser, was zu einer dauerhaften Durchfeuchtung der Bodenplatte führen kann - das typische Schadensbild

von historischen Konstruktionen der Gründerzeit entsteht: Feuchtigkeit im Bereich der Bodenplatte. Die Durchfeuchtung fördert außerdem die Bildung von Schimmel und mikrobiellen Schäden.^{3,6}

Eine weitere Schwäche ist der resultierende Wärmeverlust der Bodenplatte, da keine Wärmedämmung vorgesehen war und dadurch erhebliche Wärmebrücken dargestellt werden. Besonders betroffen sind die Übergangsbereiche zwischen Bodenplatte, Innenwänden und Kellerdecke. Diese Schwachstellen fördern die Bildung von Kondenswasser, was wiederum Feuchtigkeitsschäden begünstigt und zusätzlich zu Abplatzungen oder Verfärbungen an angrenzenden Bauteilen führen kann.^{3,1}

Die Abbildungen 3.4 und 3.5 dokumentieren abschnittsweise Sanierungsmaßnahmen an der Bodenplatte. Dabei wurde der ursprüngliche Terrazzobelag in bestimmten Bereichen entfernt und durch Beton ersetzt. Diese punktuellen Eingriffe verdeutlichen den Reparaturbedarf und die teilweise Erneuerung des Materials, vermutlich aufgrund von Schäden.



Abb. 3.2: Kellerraum als „Hamburger Souterrain“, mit Beton Stufen



Abb. 3.3: Nutzschicht im Bestand: Terrazzo Boden



Abb. 3.4: Bereichsweise Sanierung des Terrazzobodens durch Beton - Wandseite



Abb. 3.5: Sanierung des Terrazzobodens durch Beton, mittig der Bodenplatte

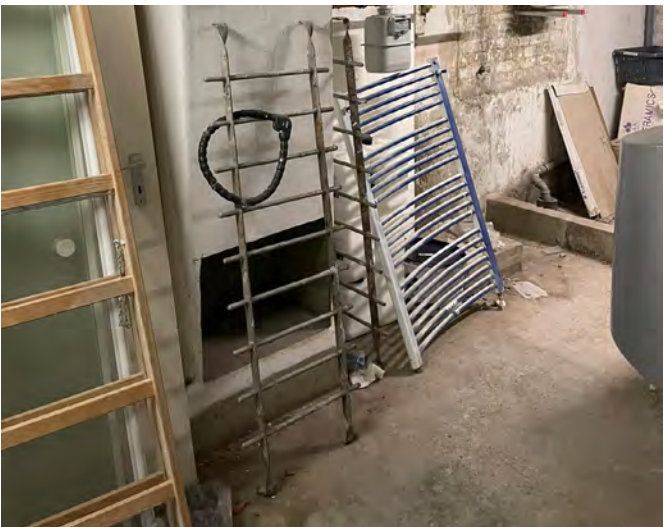


Abb. 3.6: Schadensbild Bodenplatte

QUELLEN

- 3.1 Anton Pech, Walter Müller, Franz Zach. "Fußböden" (Birkhäuser Verlag AG, 2016). S. 61-62.
- 3.2 Georg Giebeler, Rainer Fisch, Harald Krause, Florian Musso, Karl-Heinz Petzinka, Alexander Rudolphi. „Atlas Sanierung - Instandhaltung. Umbau. Ergänzung“ (Birkhäuser Verlag AG, 2008). S. 39, 101, 125, 133-134.
- 3.3 Holger Amend. „20 Erdberührende Bauteile Instandsetzung, Vorlesung“ (2024).
- 3.4 § 7 Novelle vom 28. April 1893, BauPG (1882).
- 3.5 Rudolf Ahnert, Karl Heinz Krause. „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960: zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz“ (Huss, 2000). S. 53, 58.
- 3.6 Robert Graefe. „Kellersanierung. Ratgeber für die Praxis – Schäden erkennen, bewerten, sanieren“ (RM Rudolf Müller, 2020). S. 40.

BODENPLATTE

KONVENTIONELLE SANIERUNG

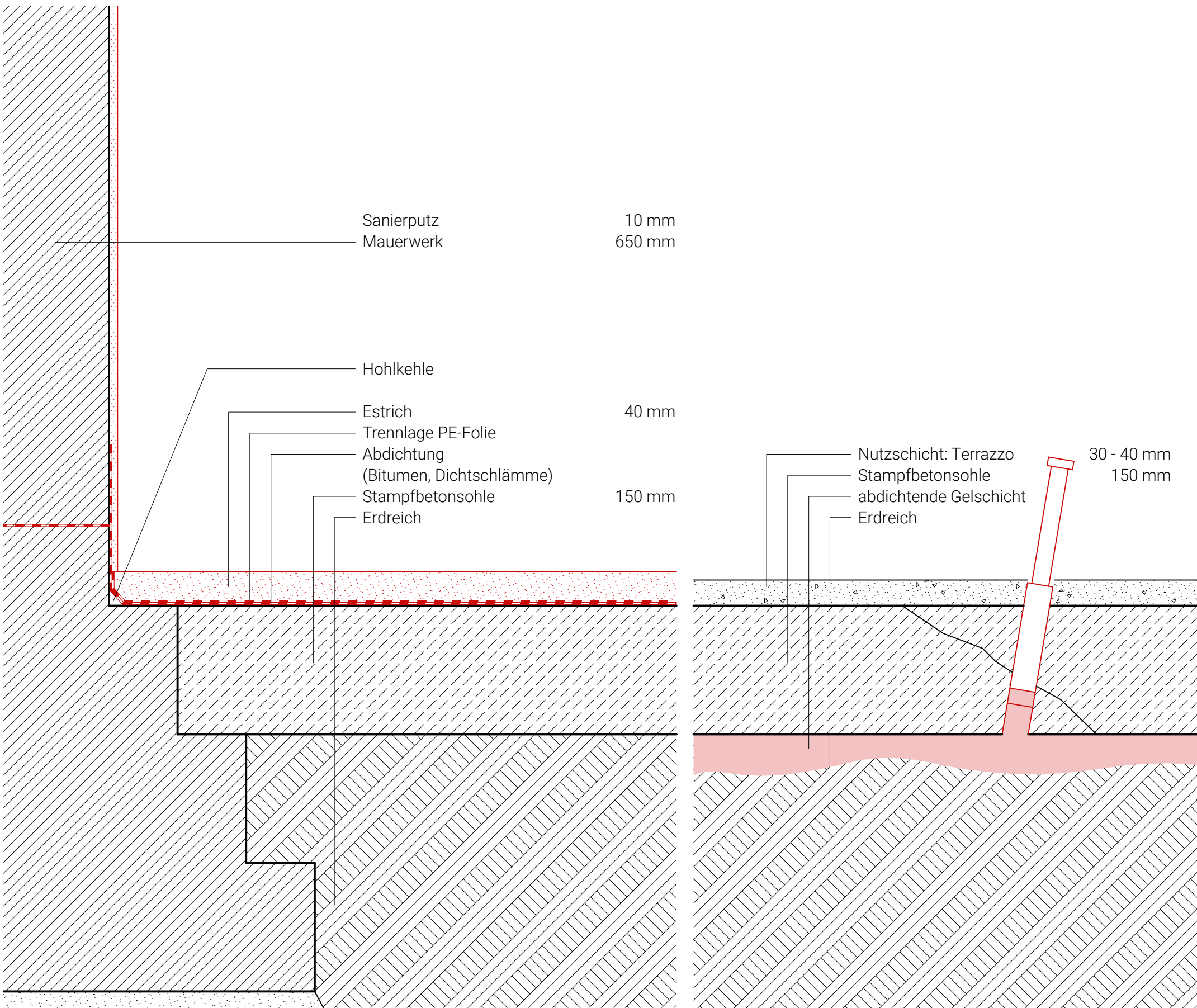


Abb. 3.7: Detail V1.1 - Nachträgliche Abdichtung M 1:5

Abb. 3.8: Detail V1.2 - Schleierinjektion M 1:5

Bevor eine Sanierung durchgeführt wird, sollte zunächst ermittelt werden, ob die Feuchtigkeit durch drückendes Grundwasser oder aufsteigende Bodenfeuchtigkeit verursacht wird.^{3,10}

In Kellergeschossen aus der Gründerzeit besteht in erster Linie die Gefahr, dass Sicker- oder Grundwasser bei erhöhtem Wasserstand durch Risse in der Bodenplatte sowie durch Fugen zwischen der Bodenplatte und dem Mauerwerk nach oben gedrückt wird. Da in der Bodenplatte häufig keine Abdichtung oder Sauberkeitsschicht integriert wurde, können durch das Schwinden des Betons im Übergangsbereich Risse entstehen, die das Eindringen von Wasser ermöglichen.^{3,6}

Daher ist eine nachträgliche Abdichtung der Bodenplatte eine wesentliche Maßnahme, um die Dichtigkeit des Bauwerks wiederherzustellen und weitere Schäden durch eindringendes Wasser zu verhindern. Dies kann durch unterschiedliche Abdichtungsverfahren erfolgen, die je nach Schadensbild und Nutzungsart infrage kommen.

V1 ERHALT DER BODENPLATTE

Vor allem bei Kellerräumen, die eine untergeordnete Nutzung aufweisen und keine Aufenthaltsräume darstellen, bietet sich eine Sanierungsmaßnahme an, die keine Erneuerung der Bodenplatte erfordert und minimal in die Gebäudestruktur eingreift.

V1.1 NACHTRÄGLICHE ABDICHTUNG

Wenn nachträgliche Abdichtungsmaßnahmen erforderlich sind, stehen verschiedene Materialien zur Verfügung, darunter einlagige Kunststoffdichtungsbahnen, Asphaltmastix oder Bitumenbahnen. Asphaltmastix ist eine plastische, teerartige Masse aus Bitumen, mineralischen Füllstoffen, Polymeren, Weichmachern und Zusatzstoffen. Kunststoffdichtungsbahnen und Asphaltmastix werden bei geringer bis moderater Feuchtigkeitsbelastung empfohlen. Bitumenbahnen (siehe Abb. 3.9) zeichnen sich durch ihre hohe Wasserdichtigkeit und Belastbarkeit aus und eignen sich besonders bei drückendem Wasser oder hohen Grundwasserständen. Der Werkstoff Bitumen ist ein zähflüssiger Kohlenwasserstoff, das aus Erdöl gewonnen wird. Bitumenbahnen bestehen aus einer Kombination von Bitumen und Trägermaterialien wie Glas- oder Polyestervlies.^{3,10}

Mineralische Dichtungsschlämme sind eine weitere Option. Dabei sollte die „Richtlinie für die Planung und Ausführung von Abdichtungen erdberührter Bauteile mit mineralischen Dichtungsschlämmen“ eingehalten werden. Diese Schlämme bestehen aus zementgebundenen Komponenten, Gesteinskörnungen und Zusatzstoffen. Unterschieden werden rissüberbrückende (flexible) und nicht rissüberbrückende (starre) Dichtungsschlämme. Sie verhindern das Eindringen von Bodenfeuchtigkeit und nicht stauendem Sickerwasser. Die Bodenplatte verbleibt bei dieser Methode jedoch vollständig durchfeuchtet. Innenwände, die auf der Bodenplatte stehen, müssen im unteren Bereich über den gesamten Wandquerschnitt zusätzlich injiziert werden. Zu beachten ist, dass bei drückender Wasserbelastung die Anwendung einer raumseitigen Dichtungsschlämme nicht den anerkannten Regeln der Technik entspricht.^{3,10}

Vor dem Auftragen der Abdichtung ist der bestehende Bodenbelag vollständig zu entfernen. Das Abdichtungsmaterial wird gemäß den Herstellerangaben aufgebracht (siehe Abb. 3.9 - 3.11). Die Abdichtung ist in die bestehende Horizontalsperre einzuarbeiten (siehe Abb. 3.7). Ist keine vorhanden, muss diese zuerst eingebaut werden. Zwischen der Abdichtung und der Nutzschrift wird eine Trennlage, beispielsweise aus Polyethylen (PE) einem thermoplastischen Kunststoff, eingebracht, um Schäden durch Bewegungen zu verhindern.^{3,10}

Nachträgliche Abdichtungen eignen sich bei Gebäuden mit moderater Feuchtigkeitsbelastung, etwa bei Bodenfeuchtigkeit oder nicht stauendem Sickerwasser. Sie werden bevorzugt eingesetzt, wenn ein Eingriff von innen möglich ist und die Feuchtigkeitsprobleme nicht durch drückendes Wasser verursacht werden. Dadurch entsteht jedoch der Nachteil, dass die nachträgliche Abdichtung auf der dem Wasser abgewandten Innenseite des Raums erfolgt. Dadurch bleibt die Bodenplatte der steigenden Feuchtigkeit ausgesetzt.^{3,10}

V1.2 SCHLEIERINJEKTION

Unter „Schleierinjektion“ versteht man ein Verfahren, bei dem abdichtende Injektionsstoffe gezielt in den Baugrund eingebracht werden, um eine neue

Abdichtungsebene zu schaffen.^{3,10}

Bei der Umsetzung des Verfahrens werden innerhalb der Bodenplatte rasterförmig angeordnete Bohrungen eingebracht (siehe Abb. 3.12). Durch diese Bohrungen wird eine Gelschicht im Niederdruckverfahren injiziert, die sich im Porengefüge des Baugrunds verteilt und das dort vorhandene Wasser verdrängt. Dadurch entsteht vor der Außenseite der Bodenplatte eine neue Abdichtungsebene, die das Eindringen von Wasser verhindert (siehe Abb. 3.8). Mit der Zeit kann das Bauteil vollständig austrocknen.^{3,10}

Ein Nachteil des Verfahrens ist die begrenzte Kontrollmöglichkeit während der Injektion. Es empfiehlt sich daher, vorab eine Probeinjektion durchzuführen, um sicherzustellen, dass ein vollflächiger Injektionsschleier ausgebildet werden kann.^{3,10}

Da die Injektionsstoffe mit Grund- oder Sickerwasser in Kontakt kommen können, ist eine behördliche Genehmigung erforderlich oder es müssen Produkte verwendet werden mit gültigem Nachweis der physiologischen Unbedenklichkeit.^{3,9} Dieses Verfahren darf ausschließlich von qualifizierten Fachkräften mit entsprechenden Nachweisen durchgeführt werden. Eine umfassende Dokumentation ist erforderlich, die alle relevanten technischen Details enthält.^{3,10}

Das Schleierinjektionsverfahren eignet sich besonders bei Feuchtigkeitsproblemen, die von außen auftreten, etwa bei drückendem Wasser oder hohen Grundwasserständen. Es ist eine bevorzugte Methode, wenn aufgrund einer fehlenden Sauberkeitsschicht eine Abdichtung im Baugrund erforderlich ist. Der vorhandene Bodenaufbau muss nicht entfernt, wie in unserem Beispiel der seltsame Terrazzo, und es können dennoch Risse in der Bodenplatte behandelt werden (siehe Abb. 3.13).

Eine Kombination der beiden Varianten ist möglich: Die Schleierinjektion sorgt für eine dauerhafte Trockenlegung der Konstruktion, während die nachträgliche Abdichtung im Innenbereich eine zusätzlichen Schutzschicht bildet, etwa gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit oder Oberflächenkondensation.



Abb. 3.9: Verlegung der Bitumenbahnen in der Praxis



Abb. 3.10: Ausführung der Dichtungsschlämme in der Praxis



Abb. 3.11: Ausführung der Dichtungsschlämme in der Praxis



Abb. 3.12: Schleierinjektionsverfahren in der Praxis

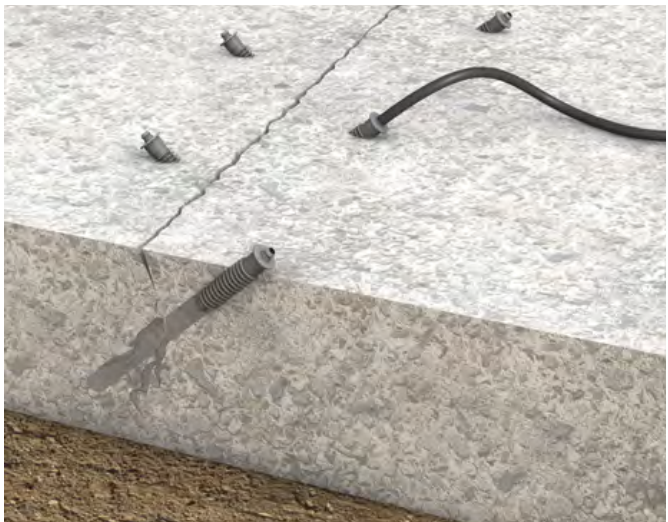


Abb. 3.13: Injektion zur Rissabdichtung am Kellerboden

QUELLEN

- 3.6 Robert Graefe, „Kellersanierung. Ratgeber für die Praxis – Schäden erkennen, bewerten, sanieren“ (RM Rudolf Müller, 2020). S. 40, 49-50, 119-120.
- 3.10 Micheal Bonk (Hrsg.), „Lufsky Bauwerksabdichtung“ (Vieweg + Teubner Verlag, 2010). S. 89, 108, 530, 571-572, 575-582.

BODENPLATTE

KONVENTIONELLE SANIERUNG

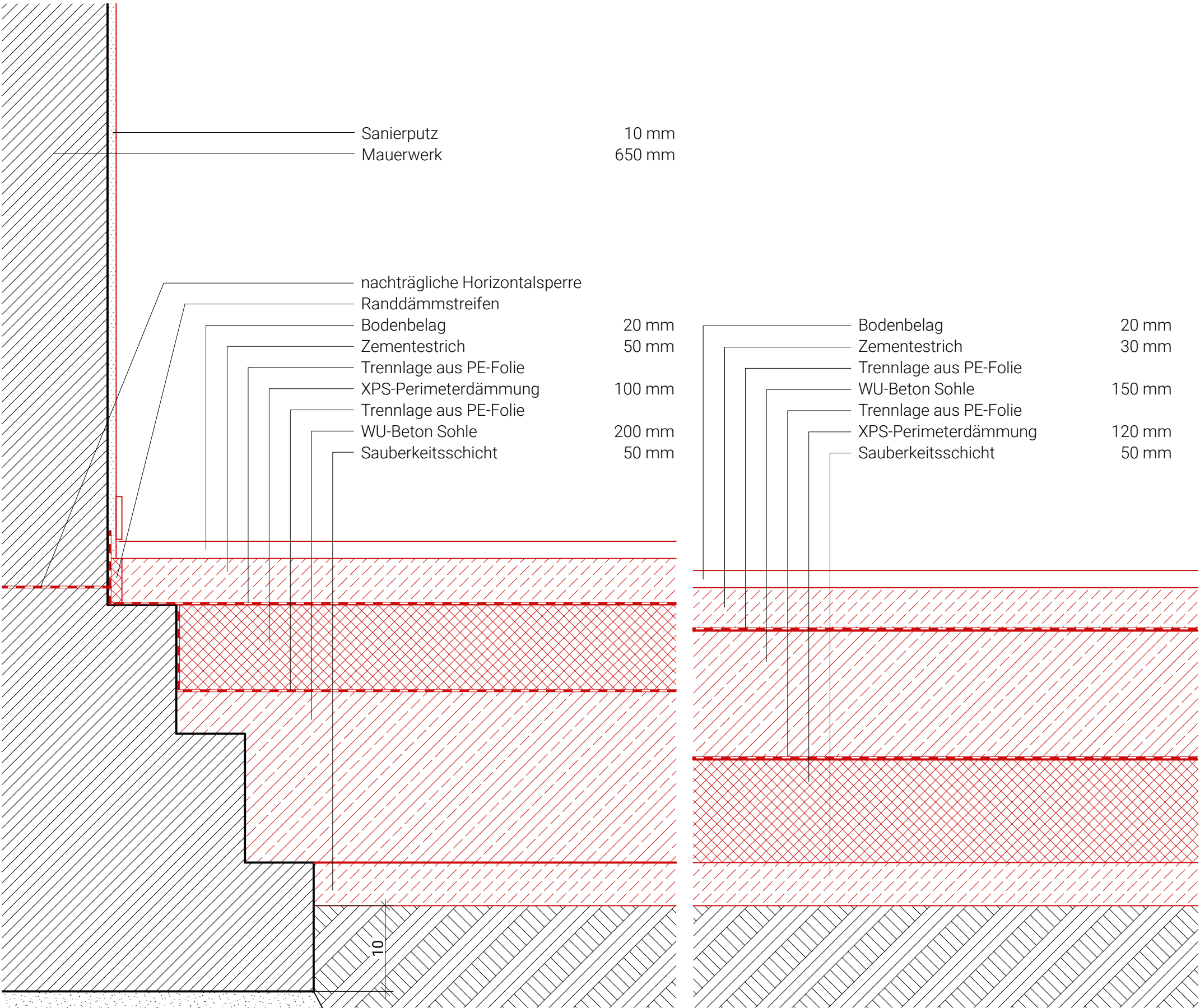


Abb. 3.14: Detail V2.1 - Dämmung auf Betonsohle M 1:5

Abb. 3.15: Detail V.2.2 - Dämmung unter Betonsohle M 1:5

V2 ERNEUERUNG DER BODENPLATTE

Eine Erneuerung der Bodenplatte ist eine Methode, die sich empfiehlt, wenn die Raumhöhe des erdberührenden Bauteils nicht ausreicht, wie z.B. bei einem nicht unterkellerten Erdgeschoss. Durch eine Tieferlegung der Bodenplatte kann zusätzliche Raumhöhe geschaffen und gleichzeitig eine Wärmedämmung in den Bodenaufbau integriert werden.^{3,6}

Die Arbeiten beginnen mit der Entfernung des bestehenden Bodenbelags und der Ausschachtung der Bodenplatte bis zur erforderlichen Tiefe. Dabei darf die Ausschachtung nicht tiefer als 10 cm unter die Unterkante des Fundaments reichen, um die Stabilität des Bauwerks zu gewährleisten (siehe Abb. 3.14).^{3,6}

WU-BETON

Für die neue Bodenplatte wird häufig wasserundurchlässiger Beton (WU-Beton) verwendet. Durch spezielle Zusätze wird verhindert, dass Wasser in das Betongefüge eindringt. Die Zusammensetzung des WU-Betons wird an den spezifischen Verwendungszweck angepasst, indem das Verhältnis von Zement zu Wasser, die Größe der Gesteinskörnungen und die Zugabe von Betonzusatzmitteln variiert werden. Letztendlich hängt die Wirksamkeit des Materials von der Dicke der Bodenplatte ab.^{3,7} Laut der WU-Richtlinie 12/2017 („Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“) müssen Mindestbauteildicken eingehalten werden, die sich nach der Beanspruchungsklasse und der Bauteilart richten. Ein wichtiger Parameter ist der sogenannte w/z-Wert, der das Verhältnis von Wasser zu Zement beschreibt und maximal 0,55 betragen darf. Die Korngröße des Zuschlagsmaterials ist auf 16 mm begrenzt.^{3,7}

WU-Betonbauteile lassen sich auf der Baustelle aus Frischbeton gießen (Ortbeton) oder im Werk als Betonfertigteile herstellen. Ein großer Vorteil gegenüber Stahlbeton ist, dass WU-Beton sowohl die tragende als auch die abdichtende Funktion übernimmt. Dadurch entfallen zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen, was die Konstruktion effizienter gestaltet.^{3,7}

Welche Dämmart für das erdberührende Geschoss zum Einsatz kommt, hängt davon ab, welchen Nutzungszweck das Geschoss hat. Für einen Keller, der lediglich als Lagerraum dient und nicht beheizt wird, empfiehlt sich eine Dämmung der Kellerdecke, um den Energieverlust zu bremsen (diese Variante ist nicht Teil der Ausarbeitung). Für ein Erd- oder Kellergeschoss, das beheizt wird, empfiehlt sich eine Dämmung der Bodenplatte.^{3,9}

V2.1 DÄMMUNG AUF DER BETONSOHLE

Die Anbringung der Wärmedämmung auf der Oberseite der Bodenplatte ist technisch einfacher als die Verlegung unterhalb der Bodenplatte. Nach der kapillARBrechenden Schicht aus Schotter oder Kies (Sauberkeitsschicht) wird der WU-Beton aufgebracht, der eine wasserundurchlässige und tragende Schicht bildet.^{3,8} Anschließend kann eine Schutzschicht, beispielsweise in Form einer Folie aus Polyethylen (PE-Folie) eingebaut werden, um die Dämmung vor mechanischen Beschädigungen zu schützen.^{3,9} Die Dämmung erfolgt durch druckfeste Perimeterdämmplatten aus extrudiertem Polystyrol (XPS) (siehe Abb. 3.19), einem Material, das sich durch seine hohe Druckfestigkeit, Langlebigkeit und geringe Wasseraufnahme auszeichnet.^{3,9} Diese Position der Dämmung sorgt für eine gute thermische Entkopplung des Wohnbereichs, jedoch nicht der Sohle.^{3,8} Nach einer Trennlage (PE-Folie) wird der Estrich und eine Nutzschicht verlegt.

Die Ausführung der Wärmedämmung auf der Platten-Oberseite ist die gängigste Lösung. Der Vorteil einer solchen Ausführung liegt darin, dass die Leitungen problemlos oberhalb der Wärmedämmung geführt werden können. Dadurch sind weniger Durchbrüche in der Bodenplatte notwendig, was die Kosten senkt.^{3,8}

Ein Nachteil dieser Methode ist die Entstehung von Wärmebrücken im unteren Bereich der Betonplatte, die nicht isoliert ist. Diese Wärmebrücken führen zu erhöhten Wärmeverlusten und können Schimmelbildung begünstigen. Obwohl diese Lösung oft kostengünstiger erscheint, können die Folgekosten durch die Beseitigung von Wärmebrücken erheblich höher sein.^{3,8}

V2.2 DÄMMUNG UNTER DER BETONSOHLE

Für die Wärmedämmung unter der Bodenplatte muss die Auflagefläche für die Dämmplatten ausreichend tragfähig und eben sein. Die Ebenheit wird durch eine Sauberkeitsschicht erreicht. Diese kann beispielsweise aus verdichtetem Kies-Sand-Gemisch oder Magerbeton bestehen. Die Verlegung der Dämmplatten erfolgt lose, dicht gestoßen und im Verband.^{3,10} Die Wärmedämmung wird als Perimeterdämmung aus XPS (siehe Abb. 3.19) oder Schaumglas (siehe Abb. 3.20) verlegt, die auch für die Anwendung im Bereich des Grundwassers zugelassen sind, deren Anwendung in der DIN 4108-2 genormt ist. Für beide Dämmstoffe gibt es keine Einbautiefenbeschränkung.^{3,10}

Auf die Dämmschicht kommt eine Schutzschicht (PE-Folie). Diese verhindert, dass Betonnasen oder Zementmilch in die Dämmung eindringen und ihre isolierende Wirkung beeinträchtigen.^{3,7} Anschließend ist die Bewehrung für den WU-Beton durchzuführen (siehe Abb. 3.17), mit anschließendem Estrich auf einer Trennlage und einer Nutzschicht.

Ein Vorteil dieser Variante ist, dass die Bodenplatte thermisch vom Erdreich entkoppelt ist. Bei dem hier dargestellten Aufbau verbleibt eine Wärmebrücke im Übergangsbereich zwischen Sockel und Kellermauerwerk. Sie entsteht, weil die Dämmung unter der Gründung zwangsläufig fehlt. Siehe Kapitel „Fundamente“.^{3,6}

Ein Problem bei dieser Variante entsteht jedoch bei der Verlegung von Installationsleitungen, die nicht oberhalb der Bodenplatte erfolgen können. Stattdessen sind Durchbrüche erforderlich, um die Leitungen unterhalb der Bodenplatte zu führen, was die Umsetzung aufwendiger macht.^{3,8}



Abb. 3.16: Erneuerung der Bodenplatte - Erkennbare Sandschicht



Abb. 3.17: Vorbereitung der neuen Sohle - Trennschicht mit Mattenbewehrung



Abb. 3.18: Erneuerung der Bodenplatte - Abdichtungsfolie oberhalb neuer Sohle

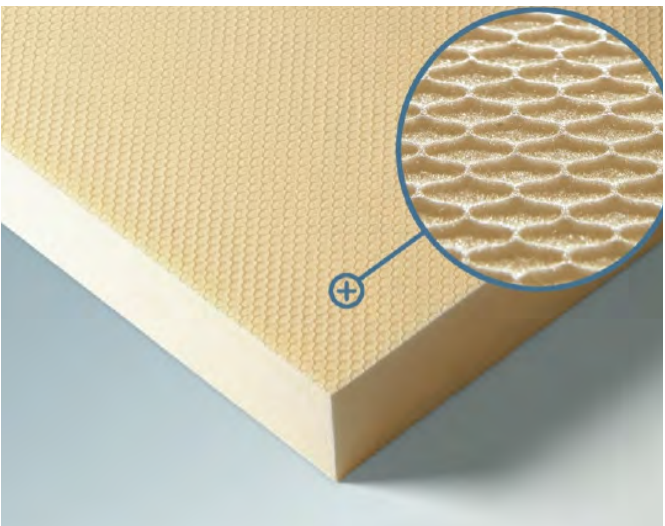


Abb. 3.19: XPS-Dämmplatte



Abb. 3.20: Schaumglas Dämmung

QUELLEN

- 3.6 Robert Graefe, „Kellersanierung. Ratgeber für die Praxis – Schäden erkennen, bewerten, sanieren“ (RM Rudolf Müller, 2020). S. 40, 119-120.
- 3.7 Roland Grimm, baustoffwissen.de, „Was ist WU-Beton?“ (08.09.2020). Zugriff 01.12.2024. <https://www.baustoffwissen.de/was-ist-wu-beton-31102023>
- 3.8 Daibau Magazin, daibau.de, „Bodenplatte: Abdichtung und Dämmung unterhalb und oberhalb der Platte“. Zugriff 01.12.2024. https://www.daibau.de/artikel/290/bodenplatte_abdichtung_und_dammung_unterhalb_und_oberhalb_der_platte
- 3.9 energie-experten.org, „Perimeterdämmung unter der Bodenplatte“ (06.08.2024). Zugriff 01.12.2024. <https://www.energie-experten.org/bauen-und-sanieren/daemmung/perimeterdaemmung/bodenplatte#c5997>
- 3.10 Micheal Bonk (Hrsg.), „Luftsky Bauwerksabdichtung“ (Vieweg + Teubner Verlag, 2010). S. 89, 108, 521, 530, 571-572, 575-582.

BODENPLATTE

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

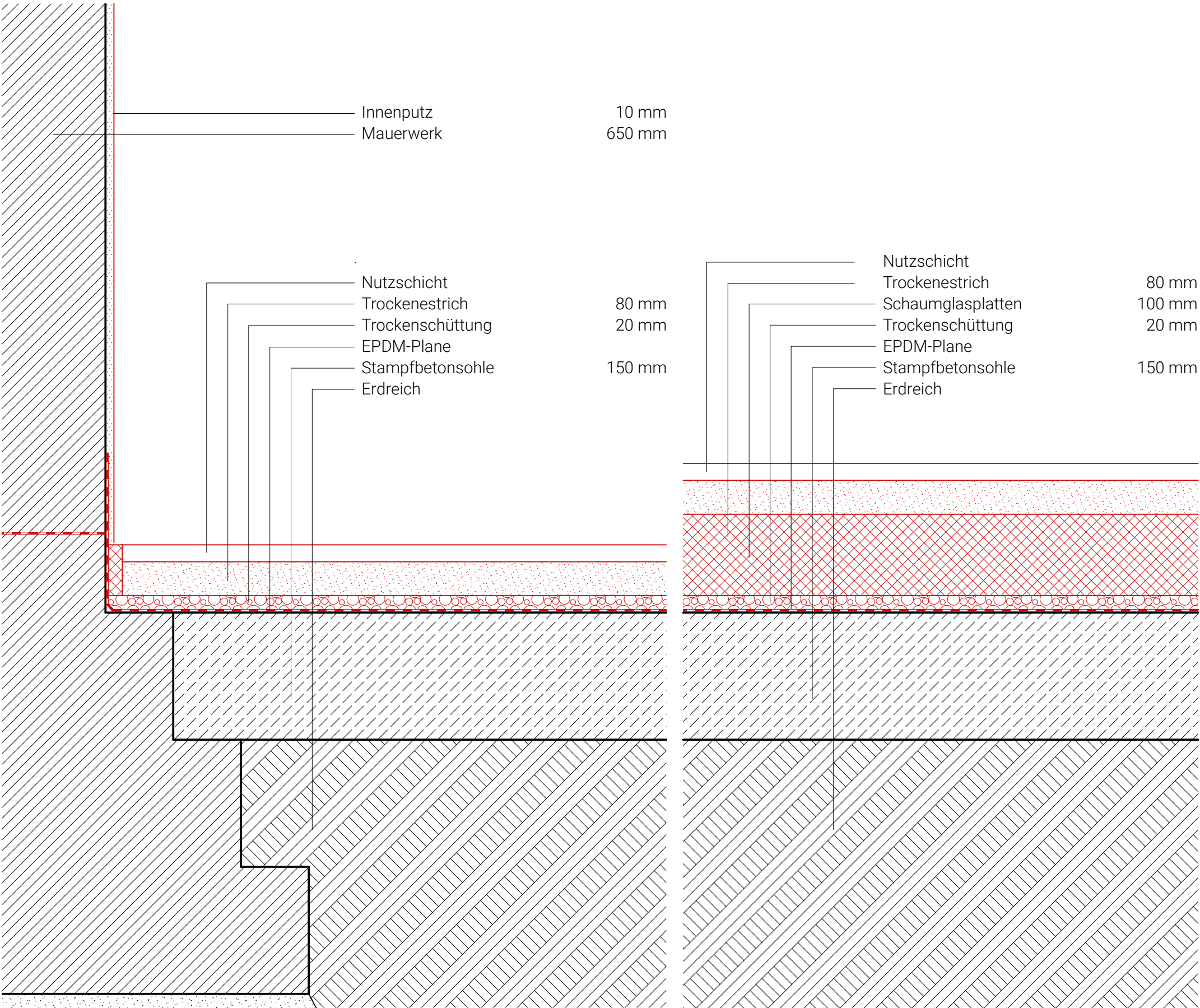


Abb. 3.21: Detail V1 - Nachträgliche Abdichtung M 1:5

Abb. 3.22: Detail V2 - Wärmedämmung M 1:5



ERHALT UND REPARATUR DES BESTANDES

Der Erhalt der vorhandenen Bodenplatte stellt häufig die nachhaltigste Lösung dar, da er den Materialverbrauch minimiert.

Wenn die Stampfbetonsohle strukturell intakt ist, kann sie gereinigt, geglättet und in die Sanierung integriert werden. Mithilfe der Schleierinjektion kann entweder eine neue Abdichtungsebene vor der Außenseite der Bodenplatte erstellt oder gezielt Risse verschlossen werden (siehe Abb. 3.23). Da die injizierten Gele mit Grundwasser in Kontakt kommen können, müssen sie umweltverträglich sein. Nachteilig sind jedoch die häufig eingesetzten Materialien wie Polyurethan- oder Epoxidharze, die nicht biologisch abbaubar sind und dadurch die Kreislauffähigkeit beeinträchtigen.^{3.10} Für mehr Informationen zum Ablauf der Schleierinjektion siehe Kapitel „Konventionelle Sanierung“. Terrazzoböden können durch Schleifen, Polieren und Versiegeln in ihren ursprünglichen Zustand zurückversetzt werden. Fehlstellen lassen sich mit passendem Terrazzo-Material ausbessern, wodurch der Originalzustand weitgehend erhalten bleibt. Terrazzo ist heutzutage ein seltener Bodenbelag. Eine Handwerkskraft zu finden, die die Techniken beherrscht, ist eine Voraussetzung für die Reparatur.^{3.15}

RECYCLING UND WIEDERVERWENDUNG

Sollte ein Rückbau der Bodenplatte erforderlich sein, ist eine selektive Demontage essenziell, um Materialien für das Recycling aufzubereiten. Diese Materialien können nach entsprechender Aufbereitung als Recycling-Baustoffe in neuen Bauprojekten eingesetzt werden. Der Einsatz solcher Baustoffe trägt zur Ressourcenschonung bei und reduziert den Bedarf an Primärrohstoffen. Der Stampfbeton kann zerkleinert und als aufbereitetes Abbruchmaterial für die Herstellung von Recyclingbeton (R-Beton) genutzt werden. Um recycelte Gesteinskörnungen zu gewinnen, müssen Gebäude kontrolliert rückgebaut werden. Das bedeutet: Abbruchmaterialien werden bereits auf der Baustelle getrennt, unter anderem in Bauschutt und Baustellenabfälle. Schadstoffe werden entfernt, und das Material wird noch vor Ort grob zerkleinert. Anschließend wird es zu Baustoffrecycling-Plätzen

transportiert, wo es in Brechanlagen zerkleinert, gereinigt und nach Korngrößen sortiert wird. Die Eigenschaften und Anforderungen an die recyklierten Gesteinskörnungen sind in der DIN EN 12620 beschrieben.^{3.16}

Bei dem Abbruch von Terrazzo können die enthaltenen Materialien, wie Steinsplitter, weiterverwendet werden. Diese lassen sich in neuem Terrazzo oder als Zuschlagstoffe in anderen Baustoffen einsetzen.

ALTERNATIVE LÖSUNGEN

Nachträgliche Abdichtung Bitumenbahnen, die aus Erdölprodukten hergestellt werden, weisen eine hohe Umweltbelastung und eine eingeschränkte Recyclingfähigkeit auf. Im Gegensatz dazu bieten mineralische Alternativen wie kalkbasierte Dichtungsschlämme eine nachhaltige Lösung. Diese bestehen aus natürlichen Materialien und können recycelt oder wiederverwendet werden.^{3.18}

Eine weitere nachhaltige Alternative sind mechanisch befestigte Abdichtungsbahnen, beispielsweise aus Synthetikgummi (EPDM) mit Glasgelege-Verstärkung. Diese Abdichtungsbahnen sind langlebig, recycelbar und mehrfach zertifiziert (z. B. durch EPD, DGNB und Green Label Singapur für nachhaltiges Bauen). Sie können sowohl oberhalb als auch unterhalb der Bodenplatte lose verlegt werden und erfordern keine Hohlkehlen. Auf EPDM-Planen sollte kein Nassestrich verlegt werden, da die Feuchtigkeit des Estrichs die Abdichtung beeinträchtigen kann. Stattdessen wird ein Trockenestrichsystem empfohlen (siehe Abb. 3.21).^{3.11}

Schüttung

Die Firma Norit bietet eine Trockenschüttung aus Blähton an, der aus veredeltem natürlichem Ton hergestellt wird. Diese Trockenschüttung gleicht Unebenheiten aus, sodass der anschließende Trockenestrich vollständig aufliegen kann. Blähton ist langlebig, vollständig wiederverwendbar, verrotungsfest und nagetiersicher.^{3.13}

Estrich

Zementestrich benötigt viel Energie bei der Herstellung und ist schwer zu recyceln. Trockenestrich hin-

gegen besteht aus Gipsfaserplatten, die biologisch geprüft und recycelbar sind. Das Klick-System ermöglicht eine schnelle und saubere Verarbeitung, auch in Feuchtbereichen.^{3.12}

Wärmedämmung

Herkömmliche XPS-Dämmplatten bieten eine hohe Druckfestigkeit, haben jedoch einen hohen CO₂-Fußabdruck aufgrund der Herstellung mit fossilen Brennstoffen. Es gibt XPS-Dämmplatten aus Sekundärrohstoffen, die aus recycelten XPS-Abfällen bestehen. Die Produktqualität ist identisch, die CO₂-Emissionen unterscheiden sich allerdings massiv. Jedoch sind die Materialien preisintensiver und nicht überall verfügbar, was die Umsetzung je nach Region erschweren kann.^{3.19} Wir empfehlen eine nachhaltige Alternativen wie Schaumglasplatten bestehen zu 100 % aus Recyclingglas und sind vollständig wiederverwendbar, kunststofffrei und rückbaubar. Sie eignen sich ideal für klimaneutrales Bauen und kreislauffähige Systeme. Schaumglasplatten können sowohl als Perimeterdämmung unter der Bodenplatte als auch unter Estrich eingesetzt werden. Sie werden zwischen der Trockenschüttung und dem Trockenestrich verlegt (siehe Abb. 3.22).^{3.14}

EMPFEHLUNG

Bei der Wahl der Sanierungsmethode sind die spezifischen Gegebenheiten des Gebäudes sowie das Budget entscheidend. Nachhaltige und kreislauffähige Lösungen sollten jedoch bevorzugt eingesetzt werden, wenn die Verfügbarkeit der Materialien und die Projektziele dies ermöglichen.

Grundsätzlich empfehlen wir den Erhalt der Stampfbetonsohle in Kombination mit der Schleierinjektion, vor allem in Geschossen, die eine untergeordnete Nutzung aufweisen oder bei dem Erhalt von einem wertvollen Bodenbelag.

alls die Nutzschicht erneuert werden muss, empfehlen wir eine nachträgliche Abdichtung oberhalb der bestehenden Stampfbetonsohle mit einer EPDM-Plane. Diese Lösung eignet sich besonders bei moderaten Feuchtigkeitsproblemen und einer untergeordneten Nutzung (siehe Abb. 3.21).

Befindet sich die erdberührende Bodenplatte jedoch unterhalb eines beheizten Raums, empfehlen wir die zusätzliche Wärmedämmung mit Schaumglasplatten (siehe Abb. 3.22).

QUELLEN

- 3.10 Micheal Bonk (Hrsg.), „Lufsky Bauwerksabdichtung“ (Vieweg + Teubner Verlag, 2010), S. 89, 108, 521, 530, 571-572, 575-582.
- 3.11 Carlisle, „Premium Abdichtungssysteme für die Bauwerksabdichtung“, Zugriff 11.01.2025. <https://www.ccm-europe.com/de/bauwerksabdichtung>
- 3.12 Norit, „Norit-Trockenestrich“, Zugriff 11.01.2025. <https://www.lindner-norit.com/produkte/trockenestrich/>
- 3.13 Norit, „Norit-Trockenschüttung“, Zugriff 11.01.2025. <https://www.lindner-norit.com/produkte/trockenschuetting/>
- 3.14 Glapor, „Glapor Schaumglasplatten“, Zugriff 11.01.2025. <https://www.glapor.de/produkte/schaumglasplatten>
- 3.15 Fraunhofer Umsicht, „Terrazzo-Reparatur: Der umfassende Leitfaden“, Zugriff 11.01.2025. https://naturstein-am.de/blog/terrazzo-reparatur-der-umfassende-leitfaden/?utm_source=chatgpt.com
- 3.16 Holcim Deutschland, „Betonrecycling - die nachhaltige Baustoffrevolution“, Zugriff 11.01.2025. <https://www.holcim.de/nachhaltigkeit/kreislaufwirtschaft/beton-recycling>
- 3.17 Fraunhofer Umsicht, „BauCycle: Recycling von Baustoffen“, Zugriff 11.01.2025. https://www.umsicht.fraunhofer.de/de/projekte/bau-cycle-recycling-baustoffe.html?utm_source=chatgpt.com
- 3.18 BauchemieWissen, „Richtlinie für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit mineralischen Dichtungsschlämmen (MDS)“, Zugriff 11.01.2025. https://wissen.deutsche-bauchemie.de/knowledge-base/richtlinie-fuer-die-planung-und-ausfuehrung-von-abdichtungen-mit-mineralischen-dichtungsschlaemmen/?utm_source=chatgpt.com
- 3.19 Swisspor, „EPS/XPS recyceln & wiederverwenden“, Zugriff 11.01.2025. <https://www.swisspor.com/ch-de/fuer-die-umwelt-1/eps-xps-recycling>

BODENPLATTE

ARBEITSSCHRITTE SCHLEIERINJEKTION & DICHTUNGSSCHLÄMME

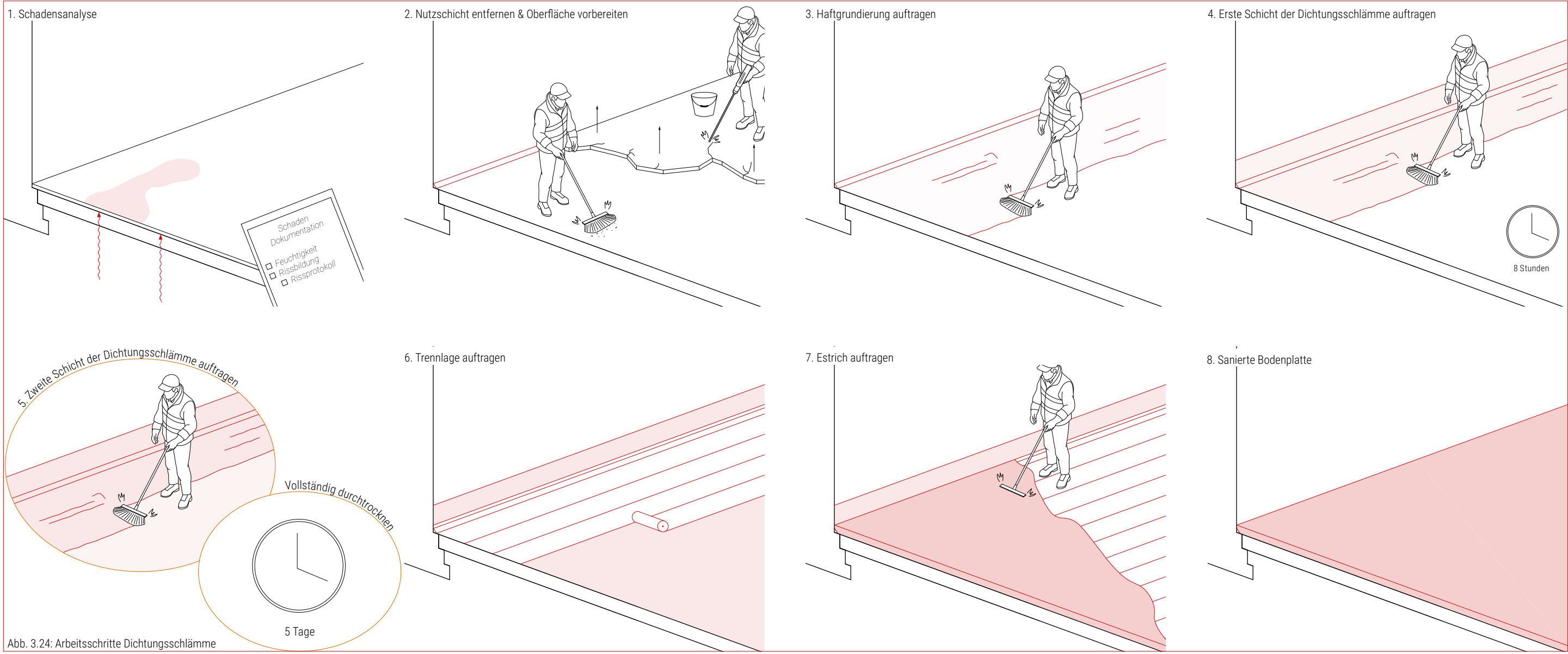


Abb. 3.24: Arbeitsschritte Dichtungsschlämme

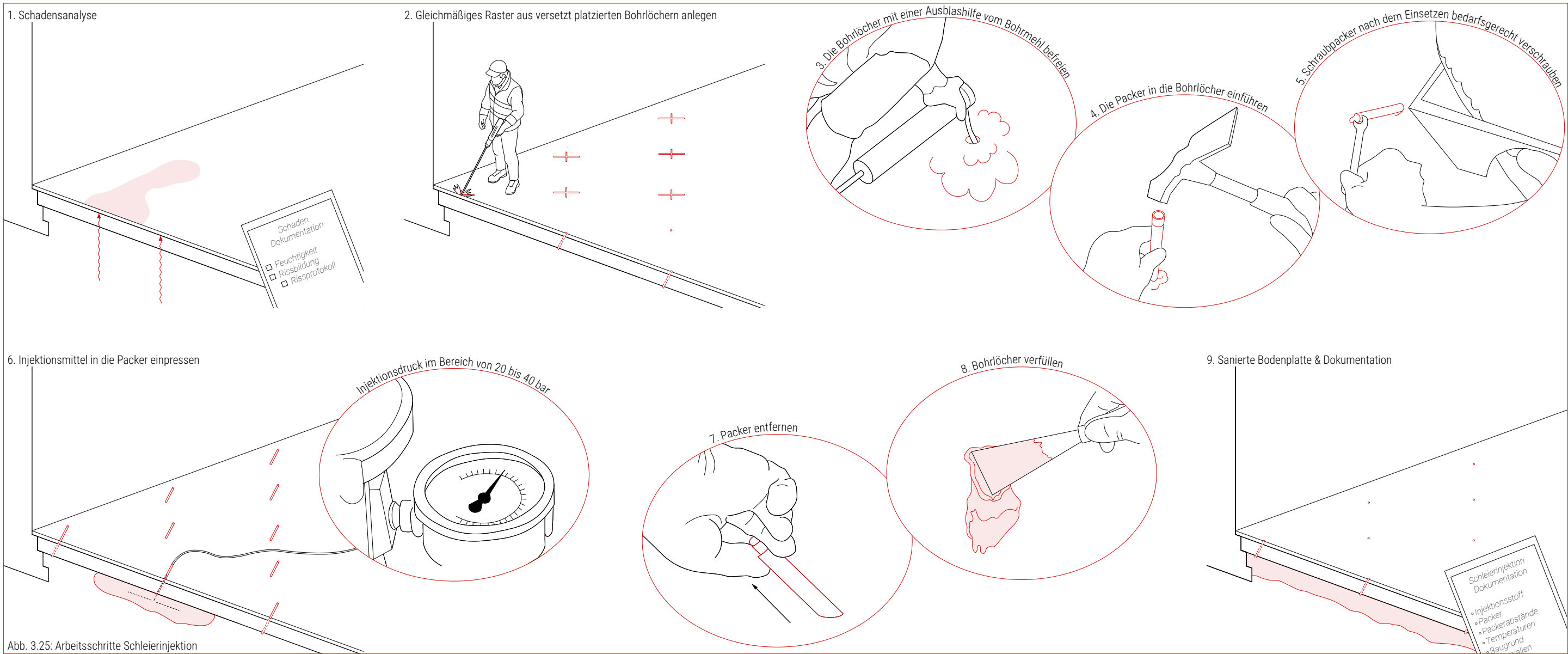


Abb. 3.25: Arbeitsschritte Schleierinjektion

Da in unserem Referenzgebäude der Kellerraum als Heizungsraum genutzt wird (siehe Abb. 3.5), und somit eine untergeordnete Nutzung aufweist, bietet es sich an, eine Sanierungsmaßnahme zu wählen, die minimal in die Gebäudestruktur eingreift. Daher zeigen wir die Arbeitsschritte für die Variante 1, die nachträgliche Abdichtung und die Schleierinjektion, auf. Diese Methoden erfordern keine Erneuerung der Bodenplatte.

ARBEITSSCHRITTE

1. Schadensanalyse

Zunächst muss der Schaden analysiert und dokumentiert werden. Das Schadensbild der Bodenplatte zeigt sich meist durch sichtbare Feuchtigkeit oder Risse. Bei sichtbaren Rissen ist ein Rissprotokoll anzufertigen, in dem der Verlauf, die Breite und Tiefe der Risse dokumentiert werden.^{3,10}

DICHTUNGSSCHLÄMME

2. Entfernen des Bodenbelags & Oberflächenvorbereitung
Vor dem Auftragen der Abdichtung wird der bestehende Bodenbelag vollständig entfernt und die Oberfläche von Staub, Schmutz und losen Partikeln gereinigt.^{3,10}

3. Haftgrundierung auftragen

Eine Haftgrundierung wird gemäß der Herstellerangaben aufgetragen, um eine optimale Haftung der Dichtungsschlämme zu gewährleisten.^{3,10}

4. Auftragen der ersten Schicht

Die erste Schicht der Dichtungsschlämme wird mit einer Kelle oder Bürste aufgetragen (siehe 3.10 und 3.24). Diese Abdichtung ist in die bestehende Horizontalsperre einzubinden (siehe Abb. 3.7). Ist keine Horizontalsperre vorhanden, muss diese zunächst installiert werden (siehe Kapitel „Erdberührende Außenwand“). Die erste Schicht sollte dünn aufgetragen werden und mindestens acht Stunden trocknen, bevor die nächste Schicht folgt.^{3,10}

5. Auftragen der zweiten Schicht

Die zweite Schicht wird in gleicher Weise aufgetragen. Sollte es sich um die abschließende Schicht handeln, muss diese vollständig austrocknen. Dies dauert in der Regel bis zu fünf Tage.^{3,10}

6. Einbringen der Trennlage

Zwischen der Abdichtung und der Nutzsicht wird eine Trennfolie aus Polyethylen (PE) eingefügt, um die Abdichtung vor Schäden durch Bewegungen zu schützen.^{3,10}

7. Auftragen des Estrichs

Nach Einbringung der Trennlage wird der Estrich aufgetragen. Je nach Wahl des Estrichs kann dieser als Nutzsicht fungieren.^{3,10}

SCHLEIERINJEKTION

2. Anlegen der Bohrlöcher

Bei der Schleierinjektion werden innerhalb der Bodenplatte Bohrlöcher in einem gleichmäßigen Raster angelegt (siehe Abb. 3.25).^{3,10}

3. Reinigung der Bohrlöcher

Die Bohrlöcher werden mithilfe einer Ausblashilfe vom Bohrmehl gereinigt, um eine optimale Haftung zu gewährleisten.^{3,10}

4. & 5. Einsetzen und Verschrauben der Packer

Die Packer, die als Injektionselemente dienen, werden in die Bohrlöcher eingeführt und bedarfsgerecht verschraubt.^{3,10}

6. Injizieren des Materials

Das Injektionsmittel wird im Niederdruckverfahren mit einem Druck von 20 bis 40 bar, maximal jedoch 80 bar, in die Packer eingepresst. Dabei verteilt sich die Gelschicht im Porengefüge des Baugrunds und verdrängt das dort vorhandene Wasser. So entsteht vor der Außenseite der Bodenplatte eine neue Abdichtungsebene, die das Eindringen von Wasser verhindert.^{3,10}

7. Entfernen der Packer & 8. Verfüllen der Bohrlöcher

Nach Abschluss der Injektionen werden die Packer entfernt und die Bohrlöcher verfüllt, um die ursprüngliche Bodenstruktur wiederherzustellen.^{3,10}

9. Fertigstellung & Dokumentation

Zum Abschluss der Schleierinjektion wird eine ausführliche Dokumentation angefertigt. Diese muss Angaben zu den verwendeten Injektionsstoffen, den eingesetzten Packern, den Packerabständen, den Temperaturen der Materialien und des Baugrunds sowie zum angewandten Injektionsdruck und dem verwendeten Injektionsgerät enthalten.^{3,10}

QUELLEN

3.10 Micheal Bonk (Hrsg.). „Lufsky Bauwerksabdichtung“ (Vieweg + Teubner Verlag, 2010). S. 89, 108, 521, 530, 571-572, 575-582.

ERDBERÜHRTE AUSSENWAND

BESTAND

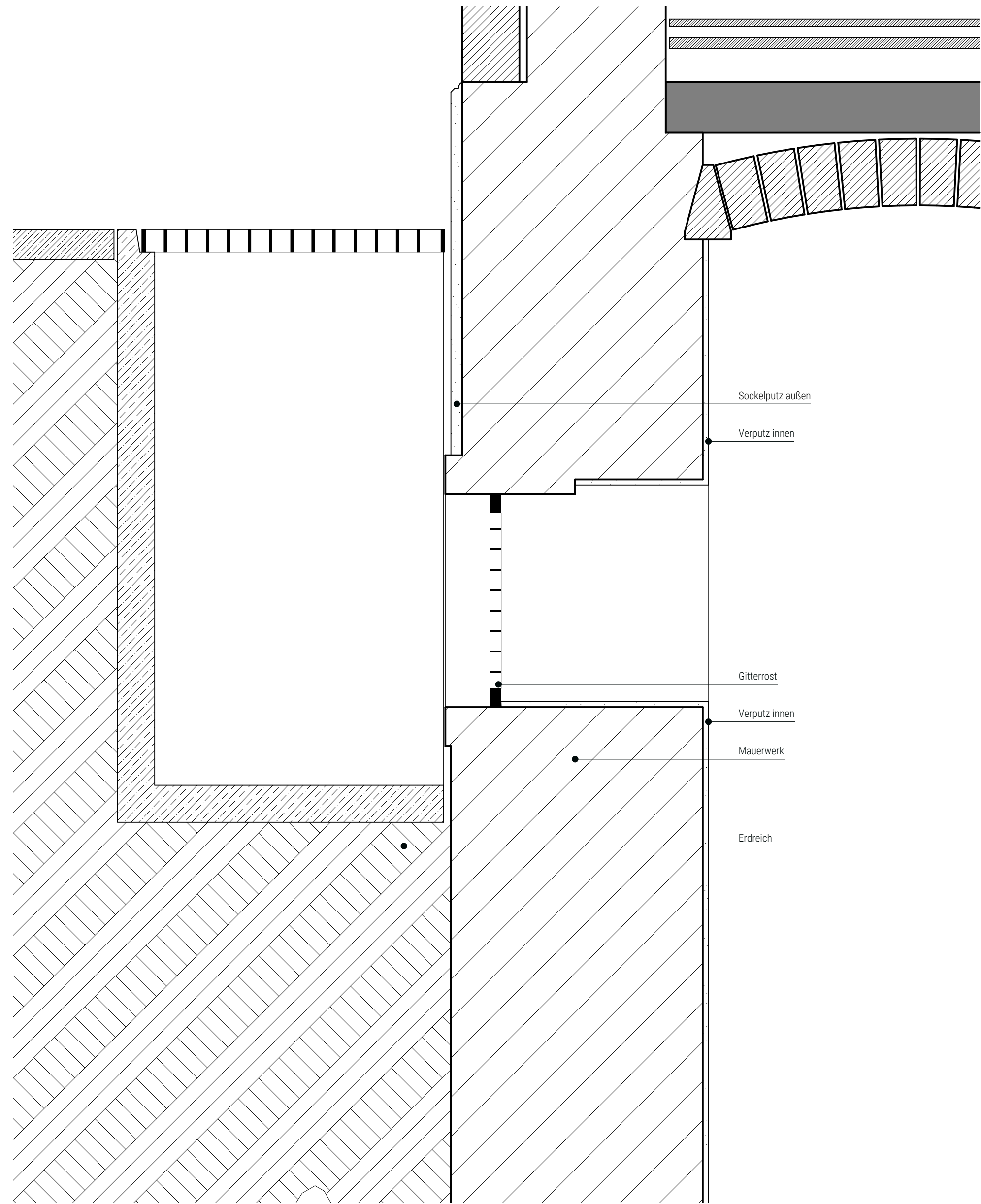


Abb. 4.1: Detailschnitt - Bestand Kellerwand zu Erdreich, M 1:10

Die nicht unterirdischen Außenwände bestehen aus zwei tragenden Wandscheiben: der Verblend- und Hintermauerwerk. Für die äußere Schicht wurden hochwertige Verblendsiegel verwendet, die aufgrund ihrer Sichtbarkeit ästhetisch ansprechend gemauert wurden. Die Mittelmauer hingegen besteht aus nicht fachgerecht gemauerten Ziegeln. Typisch für die Bauweise der Gründerzeit ist die Abnahme der Wandstärke nach oben hin: Während die Kellerwände etwa 68 Zentimeter dick sind, nimmt die Wandstärke bei den Hamburger Bauten in jedem dritten Geschoss um etwa eine halbe Ziegelbreite ab.^{4.1}

Die erdberührte Außenwand wurde dagegen nur aus Hintermauerwerk errichtet und auf der Innenseite verputzt. Der Arbeitsraum wurde meist unmittelbar nach ihrer Fertigstellung wieder mit Erdreich verfüllt, ohne die notwendige Trocknungszeit des Mörtels abzuwarten. Dies führte zu verlängerten Austrocknungszeiten, da die Feuchtigkeit nur über die Innenseite entweichen konnte. Auf dieses noch nicht vollständig ausgehärtete Mauerwerk wurde weitergebaut, was aufgrund der stetig zunehmenden Last zu Verschiebungen der Ziegelsteine in den unteren Geschossen führte.^{4.1}

Beim Betreten des Kellers vom Gebäude am Stellingener Weg 38 fällt sofort der Zustand des Innenputzes auf, der an mehreren Stellen abgeplatzt ist. Dies deutet auf ein bestehendes Feuchtigkeitsproblem

hin: Das Mauerwerk ist von außen nicht abgedichtet. Dies war in der Gründerzeit nicht üblich. Die Außenwand steht in ständigem Kontakt mit dem feuchten Erdreich, so dass Feuchtigkeit in die Wand eindringt.^{4.1}

Durch das Aufsteigen der Feuchtigkeit in den Poren der Mauerziegel (Kapillareffekt) wird diese weiter verteilt, was sich an der Innenseite durch Verfärbungen, Putzabplatzungen und muffigem Kellergeruch bemerkbar macht. Verantwortlich für die Putzabplatzungen sind Salze, die aus dem Erdreich oder den Bindemitteln der Baustoffe an die Oberfläche gelangen.^{4.2}

Bei der Untersuchung der Kellerwände am Stellingener Weg wurde folgende Schadensverteilung festgestellt: Im unteren Wandbereich sind deutlich mehr Schimmelschäden zu erkennen, was auf die fehlende Abdichtung der Bodenplatte hinweist. Dadurch kann Bodenfeuchte in das Mauerwerk eindringen, was langfristig durch Kapillareffekt zu Schäden führt.

Die Kellerwände weisen unterschiedliche Stärken und Materialien auf. Auf der Gartenseite sind die Wände ca. 80 cm dick. Sie wurden nachträglich als mehrschichtiges Wärmedämmverbundsystem ausgeführt. Die straßenseitige Wand entspricht der Originalzustand der Gründerzeit und ist 68 cm dick.

Zur Belüftung der Kellerräume wurde ein Lichtschacht eingebaut, der nur mit einem Außengitter abgedeckt ist. In diesem Bereich ist die Außenschicht des Mauerwerks zusätzlich verputzt. Der Übergang vom Erdreich zum Gehweg ist mit einem Sockelelement ausgebildet, das einen zusätzlichen Schutz vor Spritzwasser und mechanischen Beschädigungen bietet, die die Konstruktion gefährden könnten. Das Sockelelement besteht aus Zement und wurde mit einer Farbe gestrichen.



Abb. 4.2: Erdberührte Außenwand mit Hausinstallationen

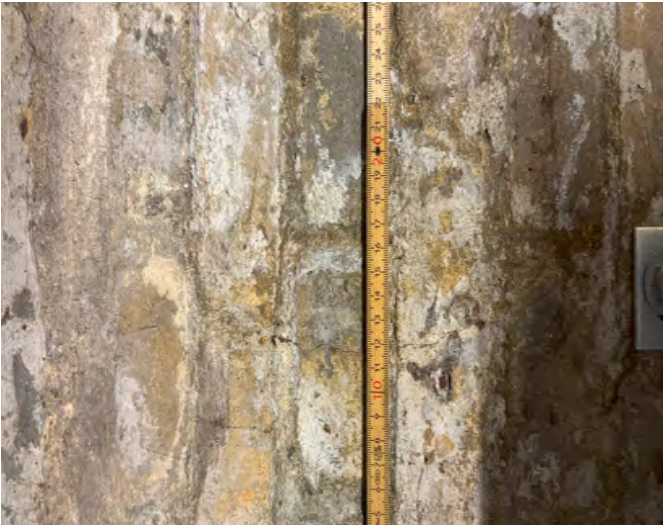


Abb. 4.3: Vermessung der erdberührten Außenwand



Abb. 4.4: Vermessung der Lichtschacht



Abb. 4.5: Lichtschacht von außen



Abb. 4.6: Vermaßung des Sockels

QUELLEN

- 4.1 Dahlgrün Bernd, Vorlesungsfolie Historische Bautypologien und Bauweisen vom 14.10.2024
- 4.2 Remmers GmbH (2024): Sanierputz, Zugriff am 20.01.2025, <https://www.remmers.com/de/bauten-bodenschutz/sanierung/kellersanierung/sanierputz/c/c33139>

ERDBERÜHRTE AUSSENWAND

KONVENTIONELLE SANIERUNG

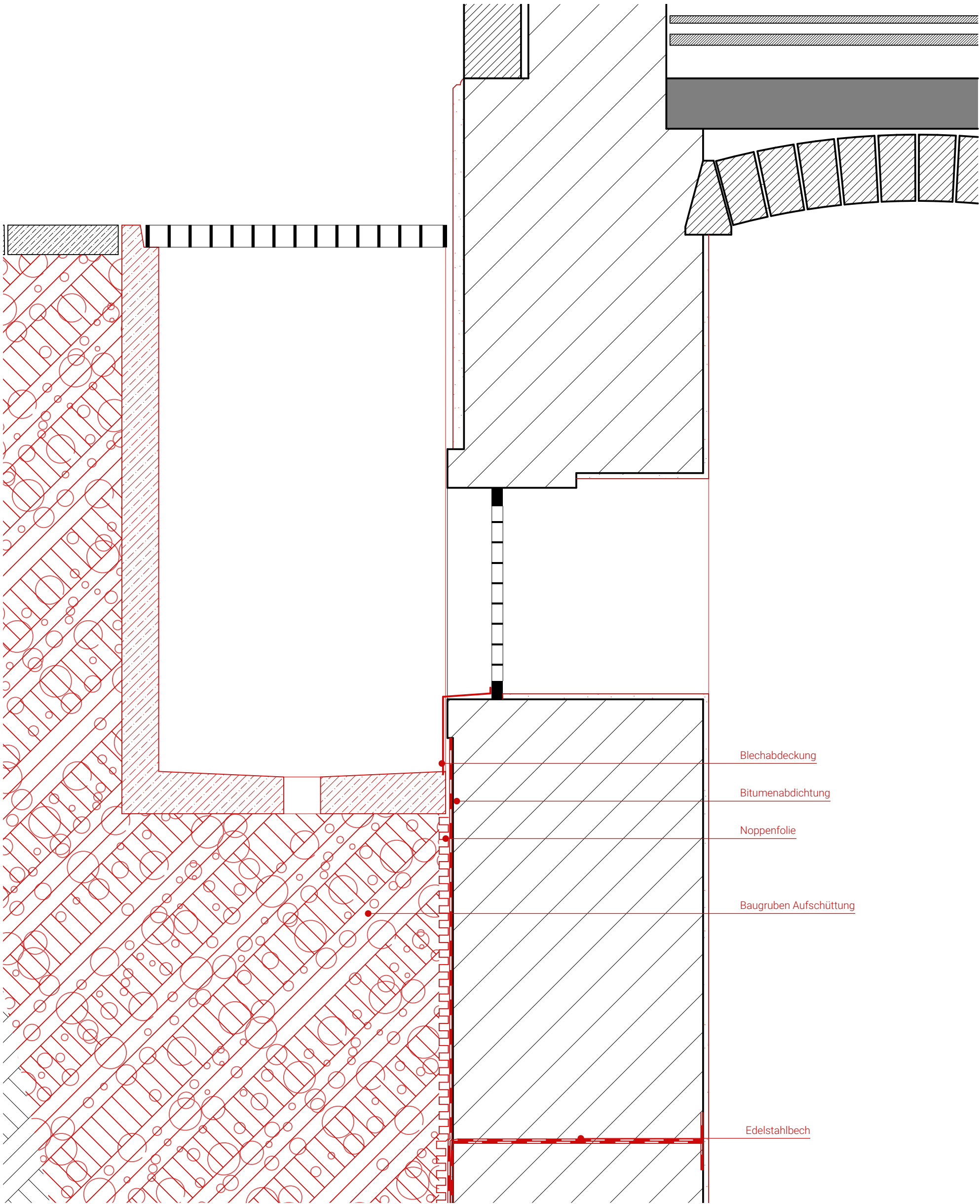


Abb. 4.7: Detailschnitt - Vorschlag für eine konventionelle Sanierung einer Kellerwand zum Erdreich, M 1:10

Die Sanierungsmaßnahmen können von der Außenseite des Mauerwerks erfolgen, um eine vollständige Abdichtung zu gewährleisten. Dazu müssen die Kellerwände bis zur Oberkante der Fundamente freigelegt werden. Bei ausreichenden Platzverhältnissen kann eine Baugrube ausgehoben werden, deren Höhen-Breiten-Verhältnis den Bodenverhältnissen anzupassen ist, um Einstürze zu vermeiden. Ein Arbeitsbereich von mindestens 60 cm ist vorzusehen, damit die Fachkräfte ausreichend Platz für die Arbeiten am Mauerwerk haben. Dort, wo kein Platz für eine Böschung vorhanden ist, muss ein Verbau (Abb. 4.8) verwendet werden.

Eine der häufigsten Ursachen für feuchte Kellerwände ist eine mangelhafte Vertikalabdichtung der Kellerwände. Dadurch dringt die Feuchtigkeit in die Wand ein und gelangt an die Oberfläche. Sobald die Außenwand zugänglich ist, sind alte Putzreste, Farbanstriche, Erde und Wurzeln zu entfernen. Unebenheiten wie offene Mauerwerksfugen werden mit Egalisierungsmörtel ausgeglichen. Im Übergangsbereich zum Fundament wird eine Dichtungskehle eingebracht, um die Abdichtung zu sichern. Eine Dichtungskehle hat eine dreieckige Form und wird in der Kante eines Materials eingelegt. Die Außenwand wird mit einer Grundierung sowie einer Haftbrücke versehen, die die Haftung der Abdichtung verbessert und wasserabweisend wirkt. Nach vollständiger Trocknung werden die Abdichtungsschichten aufgebracht. Eine Noppenbahn schützt

das unterirdische Mauerwerk vor Feuchtigkeit und Wurzeln. Zur Vermeidung von Stauwasser am Mauerwerk ist die Baugrube mit Kies zu verfüllen.^{4.3}

Eine horizontale Abdichtung ist erforderlich, um Schäden durch aufsteigende Feuchtigkeit, welche durch den kapillaren Aufstieg von Grundwasser in das Mauerwerk entsteht, im Keller zu verhindern. Die Horizontalabdichtung muss dabei an die Abdichtung der Bodenplatte und der vertikalen Außenwandabdichtung angeschlossen werden. Wenn nachträglich abgedichtet werden muss, stehen zwei mögliche Verfahren zur Verfügung: Beim mechanischen Verfahren werden Dichtungen von aussen in das Mauerwerk eingebracht. Beim Mauer sägeverfahren wird die Wand mit einer Ketten- oder Seilsäge abschnittsweise durchtrennt. Anschließend werden die Abdichtungsbahnen überlappend eingebaut und die Schnittfuge mit Mörtel verschlossen. Mit diesem Verfahren können alle Wandmaterialien und Wandstärken durchtrennt werden. Beim Schlitzrüttelverfahren hingegen werden Edelstahlbleche mit einer Rüttelvorrichtung in die Lagerfugen des Mauerwerks eingebracht. Voraussetzung ist eine durchgehende horizontale Mauerwerksfuge (Lagerfuge) sowie die Zugänglichkeit für das Rüttelgerät. Zur Bildung einer durchgehenden Sperrschicht werden die Chromnickelstahlbleche überlappend eingebaut und eine beidseitige Sichtkontrolle ist notwendig.^{4.4} Bei Brandwänden können in Absprache mit dem Nachbarn längere Edelstahl-

bleche eingesetzt werden, um die gesamte Wand zu durchdringen und beide Keller abzudichten. Die zweite Methode ist das Injektionsverfahren (Abb.4.17 bis 4.20). Dabei wird in Bohrungen im Mauerwerk eine geeignete Flüssigkeit injiziert. Diese muss sich gleichmäßig über den gesamten Querschnitt verteilen und eine durchgehende Sperrschicht bilden. Die Flüssigkeiten verstopfen, verengen oder hydrophobieren die Kapillarporen. Beim Verstopfen werden die Poren vollständig gefüllt und beim Verengen wird die Saugfähigkeit so stark herabgesetzt, dass der kapillare Feuchtetransport unterbrochen wird. Bei der dritten Variante überzieht die Injektionsflüssigkeit die Poren mit einem Film, der die Oberflächenspannung erhöht und damit wasserabweisend wirkt.^{4.4}

Bei salzbelastetem Mauerwerk wird auf der Innenseite ein spezieller Sanierputz in Abhängigkeit vom Grad der Salzbelastung ein- oder mehrlagig aufgetragen. Diese Putze zeichnen sich durch eine hohe Porosität aus und verhindern, dass Salze an die Oberfläche gelangen und dort Schäden verursachen. Das besondere Wasseraufnahme- und -abgabeverhalten sorgt dafür, dass die Salze im Putz auskristallisieren.^{4.4}

Der Sockel eines Gebäudes muss bis ca. 30 cm über dem Boden vor Spritzwasser geschützt werden. Die verwendeten Baustoffe müssen frostbeständig, wasserabweisend und widerstandsfähig sein.^{4.5}

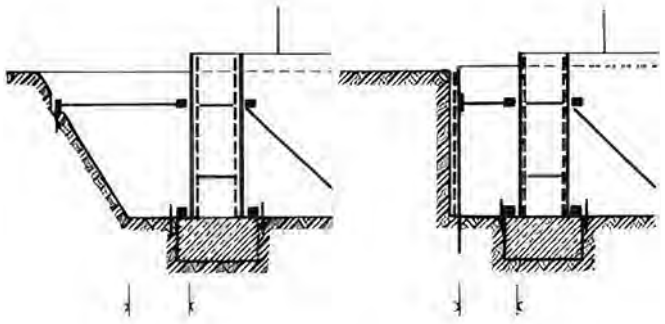


Abb. 4.8: Vergleich Baugrube Böschung (links) und Verbau (rechts)



Abb. 4.9: Rüttelgerät beim Schlitzrüttelverfahren



Abb. 4.10: Überlappung der Edelstahlbleche

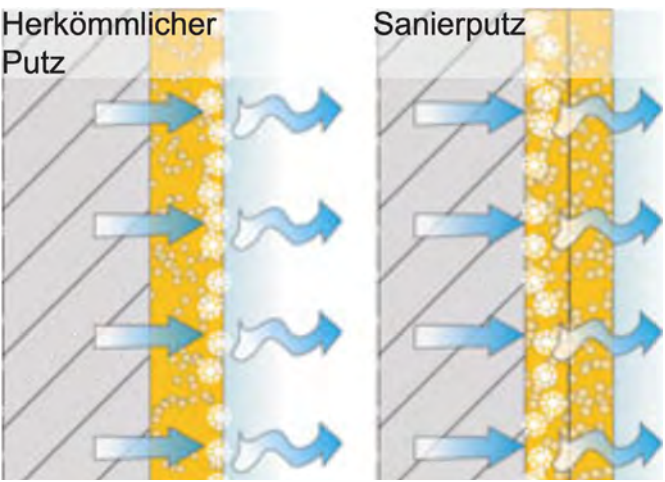


Abb. 4.11: Funktionsweise eines Sanierputzes



Abb. 4.12: Salzausblühungen am Mauerwerk

QUELLEN

- 4.3 Remmers GmbH (2024): Dauerhafte Kelleraußenabdichtung, Zugriff am 01.12.24, <https://www.remmers.com/de/kelleraussenabdichtung>
- 4.4 Rietz, Andreas (2007): Feuchte im Bauwerk. Jäger Medienzentrum: Berlin.
- 4.5 Stahl, Thomas und Wolfram Selter (2024), „Hat ein Bau «nasse Füße», braucht es viel Sorgfalt“ in: applica 7-2024.

ERDBERÜHRTE AUSSENWAND

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

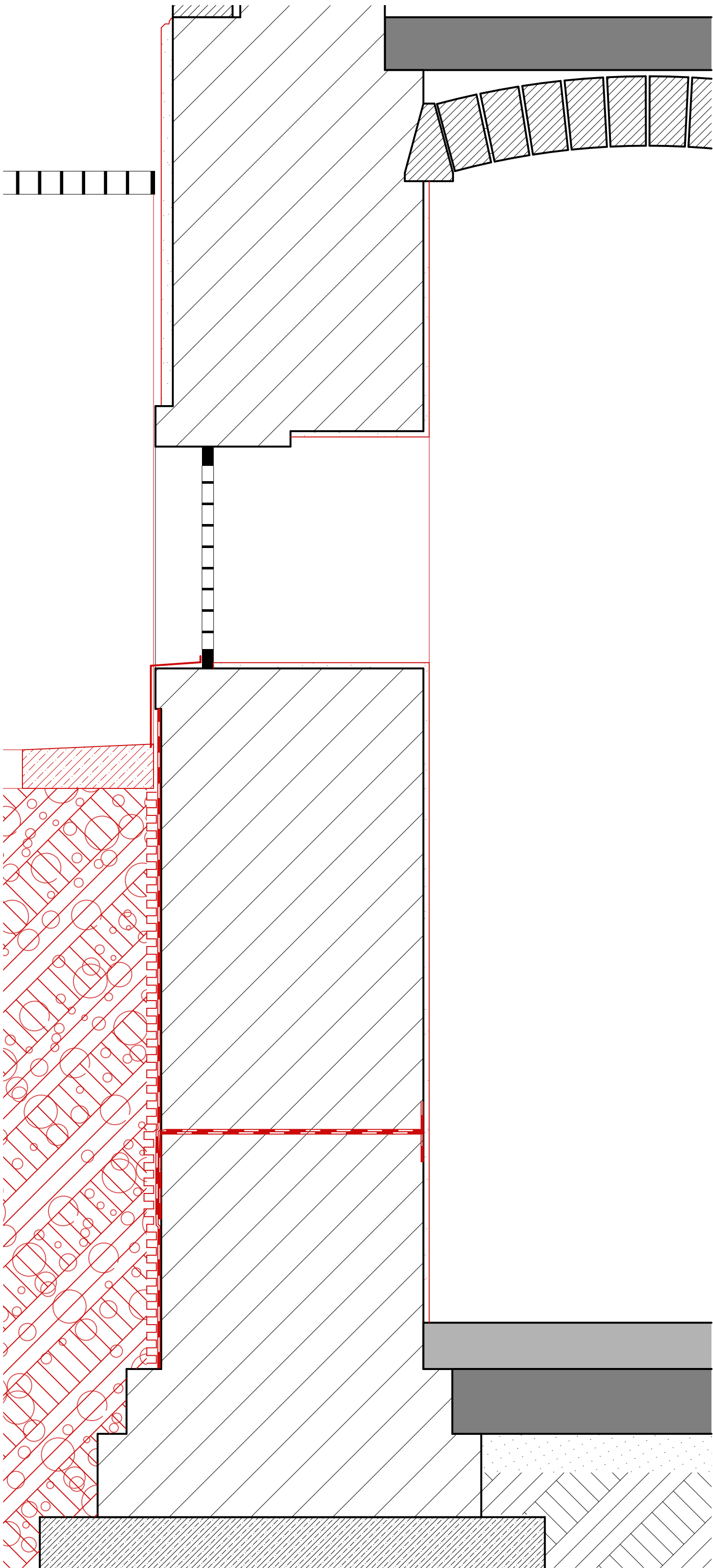
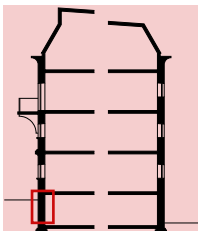


Abb. 4.21: Horizontale Abdichtung, M 1:10

Im Falle der erdberührten Bauteile ist es schwer Bauweisen und Materialien zu verwenden, welche kreislaufgerecht und wiederverwendbar sind. Durch den Einsatz von Abdichtungs- und Klebemitteln wie Bitumen oder Teer besteht kaum eine Chance der sortenreinen Trennung. Um die kapillare Feuchte zu verhindern, werden mithilfe des Injektionsverfahrens Harze oder chemische Flüssigkeiten in das Mauerwerk gepresst. Auch hier besteht kaum eine Chance des sortenreinen Trennens. Bei der Verwendung der jeweiligen Abdichtungssysteme kann ein weiterer Aspekt im Zuge der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden. Neben der korrekten Ausführung kann auch darauf geachtet werden, dass bei den Materialien die am wenigsten umweltbelastenden

Substanzen verwendet werden. So kann bei der horizontalen Feuchtigkeitssperre auch mit dem Schlitzrüttelverfahren gearbeitet werden. Dadurch werden keine Paraffine oder andere Harze in das Mauerwerk initiiert. Die Riffelbleche aus Chromnickelstahl werden in die unterste mögliche Lagerfuge eingeschlagen und könnten in der Theorie wieder entfernt werden. Eine sortenreine Trennung ist dennoch nicht möglich, da die Bleche an den Ausenseiten jeweils zusätzlich mit Bitumen abgedichtet werden. Daher ist im Bereich der Abdichtungen der erdberührten Bauteile nicht von einer kreislaufgerechten Nachhaltigkeit auszugehen. Stattdessen kann die Nachhaltigkeit über eine Dauer der Nutzung erreicht werden. Wird die Abdichtung fach-

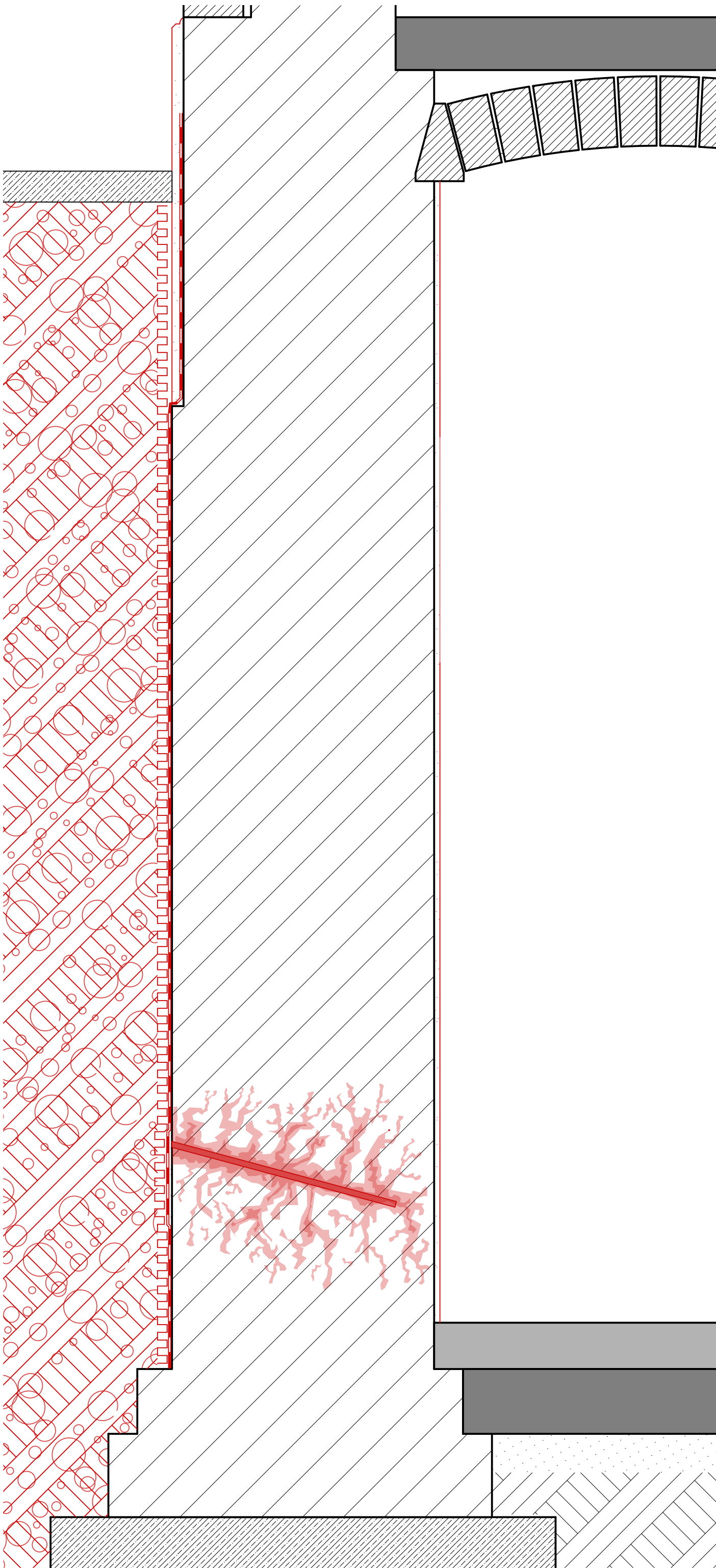


Abb. 4.22: Injektionsverfahren von aussen, M 1:10

gerecht und ordnungsgemäss ausgeführt, so kann diese die erdberührten Gebäudeteile über mehrere Nutzungszyklen hinweg schützen oder vor grösseren Schäden bewahren. Dadurch bleiben die Kellerwände und das Fundament des Gebäudes in einem guten Zustand und verhindern dadurch, dass das Gebäude vorzeitig saniert oder abgerissen werden muss.

ERDBERÜHRTE AUSSENWAND

ARBEITSSCHRITTE

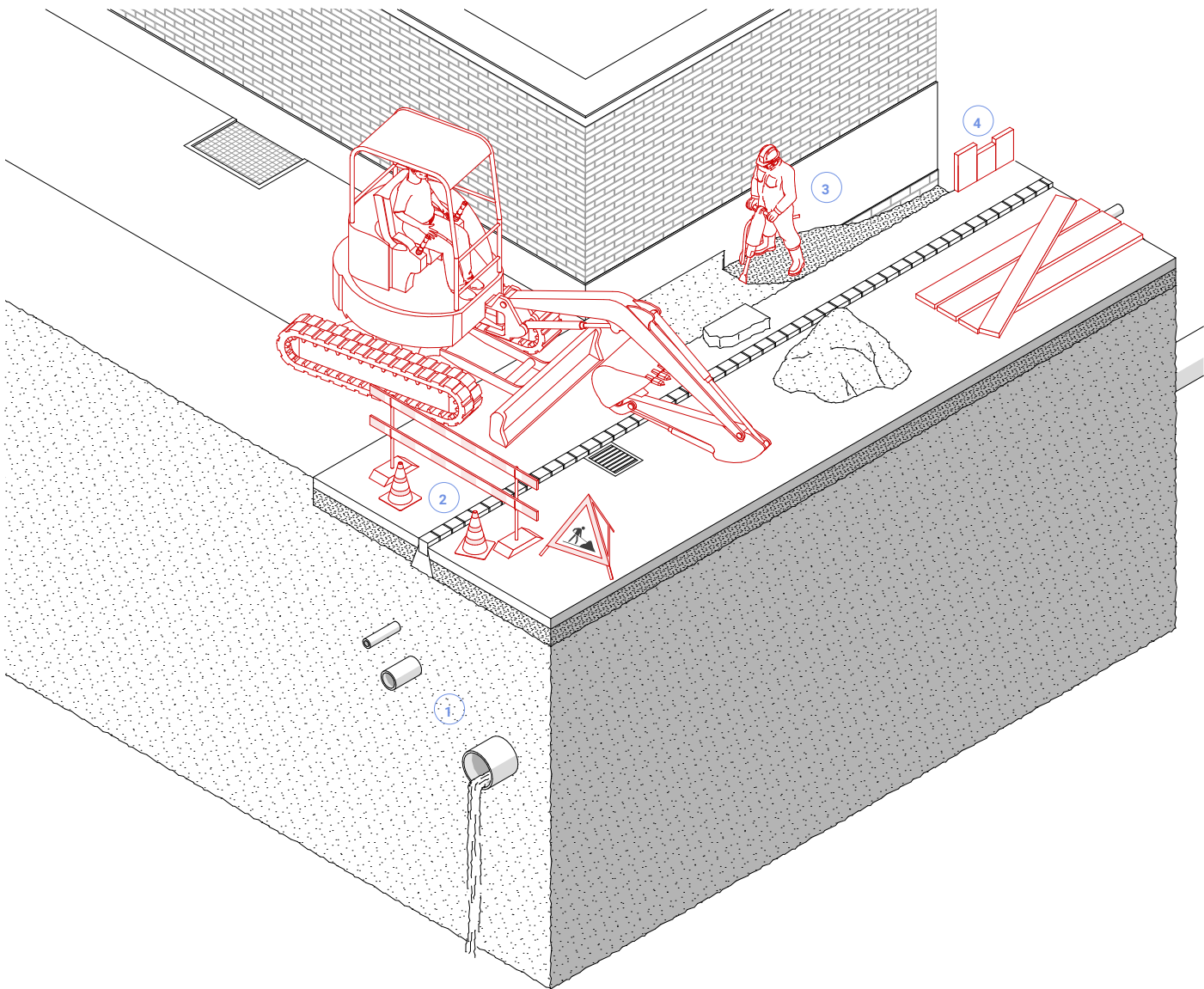
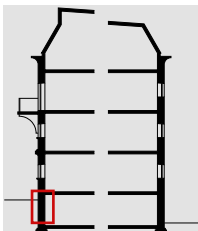


Abb. 4.13: Einbau der Spundwand bzw. der Böschung

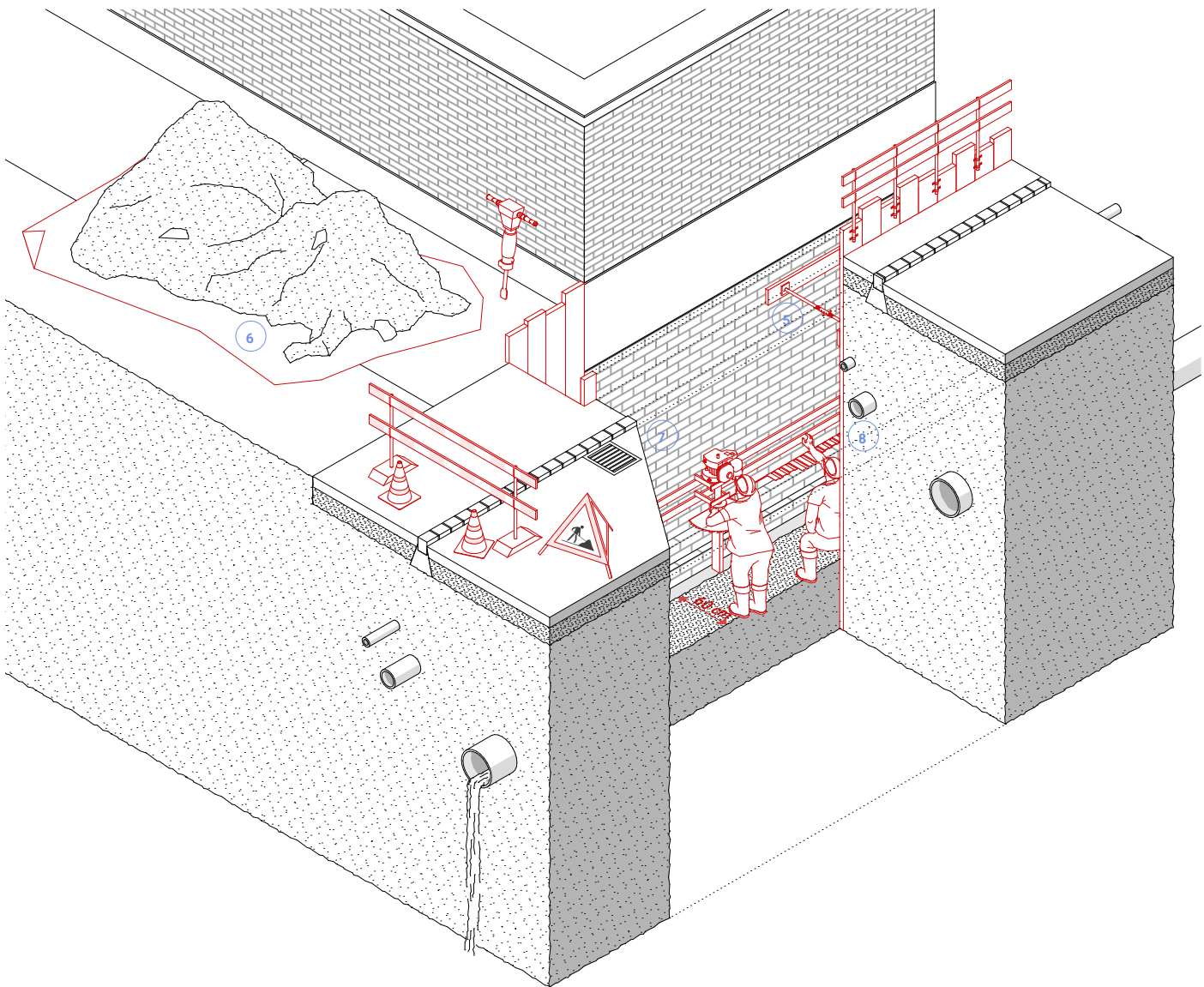


Abb. 4.14: Einbau der horizontalen Abdichtung

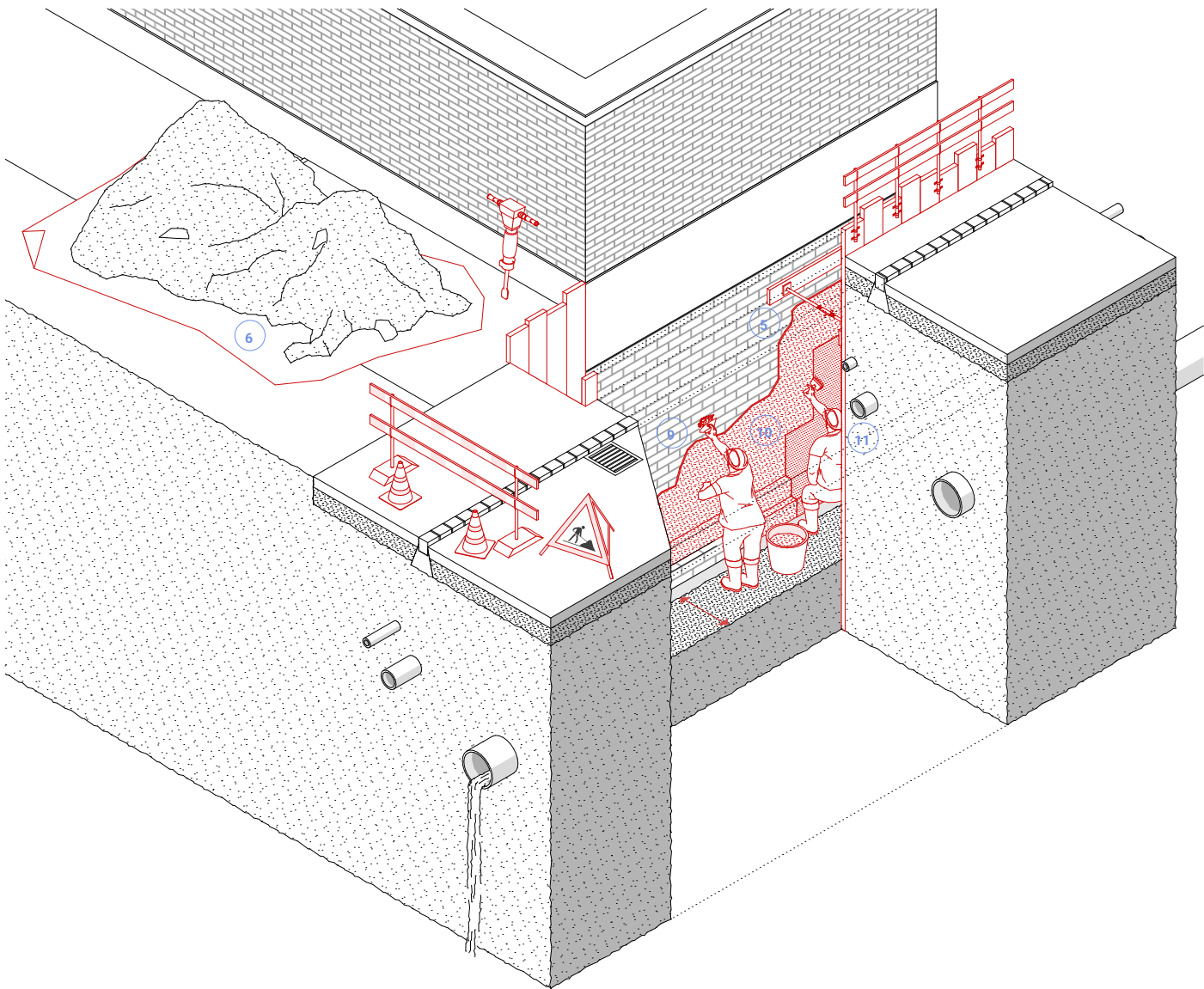


Abb. 4.15: Einbau der vertikalen Abdichtung

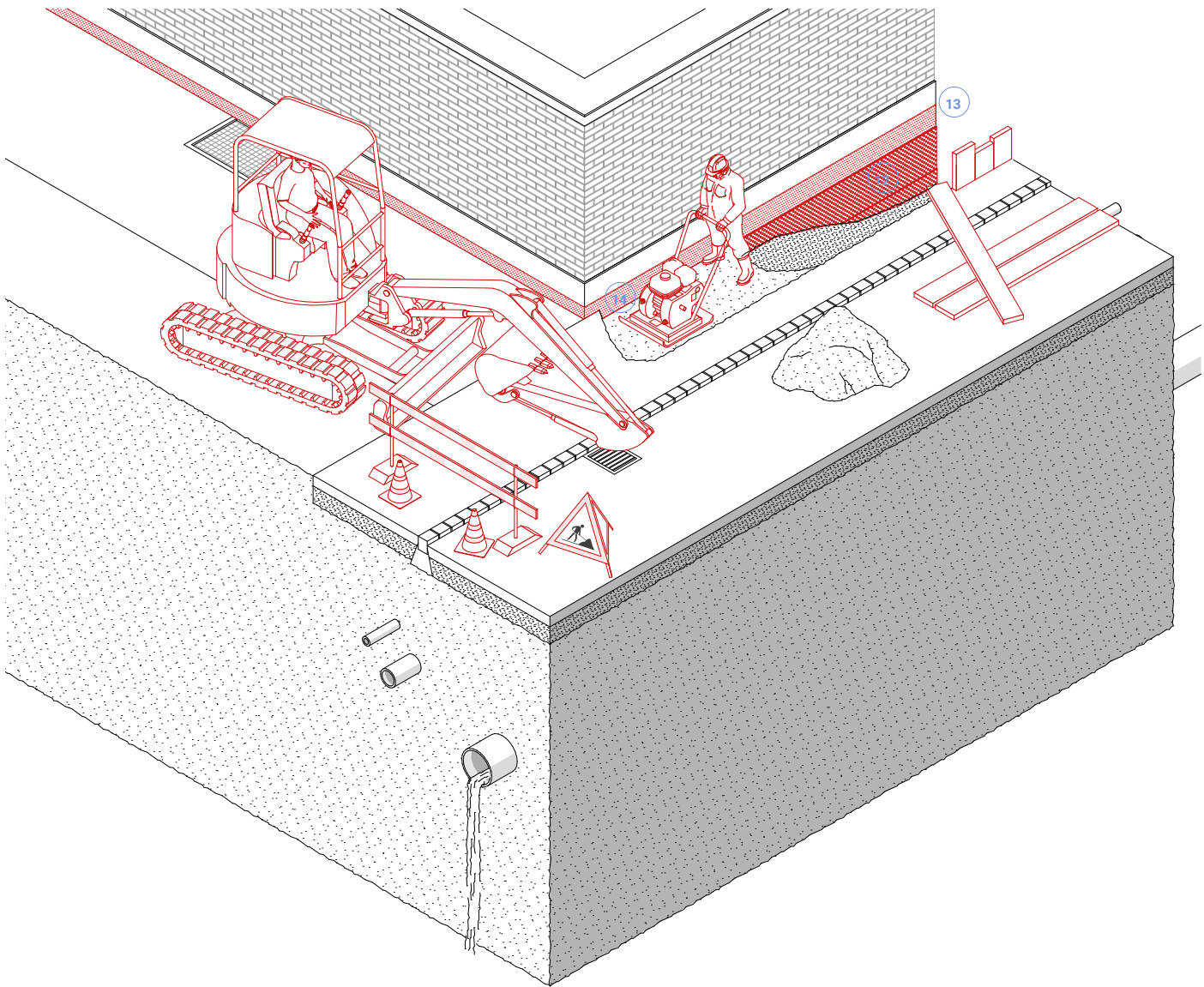


Abb. 4.16: Auffüllung der Baugrube

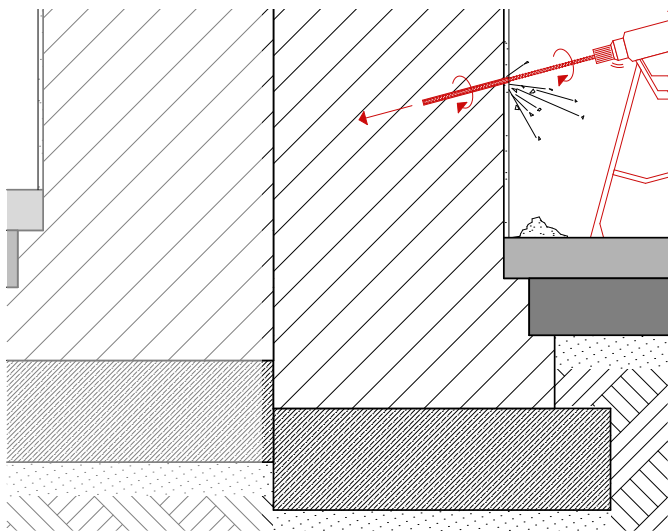


Abb. 4.17: Bohrungen an Kellerwand durchführen

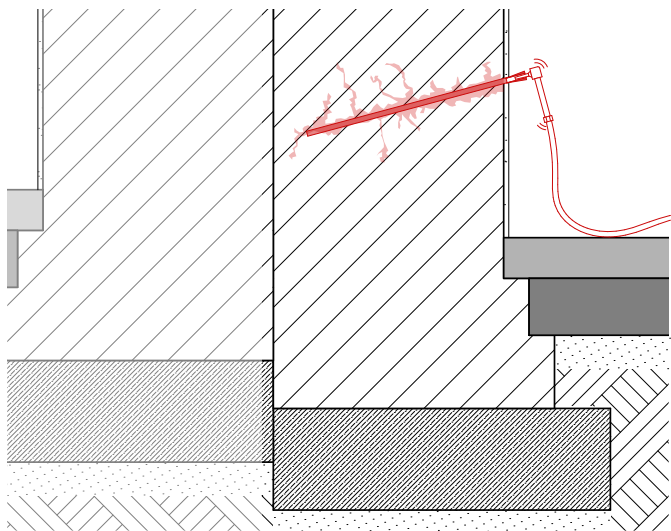


Abb. 4.18: Injektion des Wirkstoffes in Bohrung

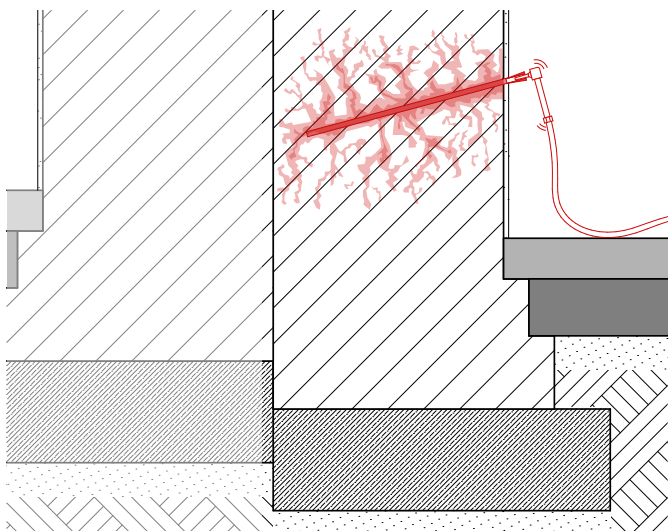


Abb. 4.19: Ausbreitung des Wirkstoffes durch Druck

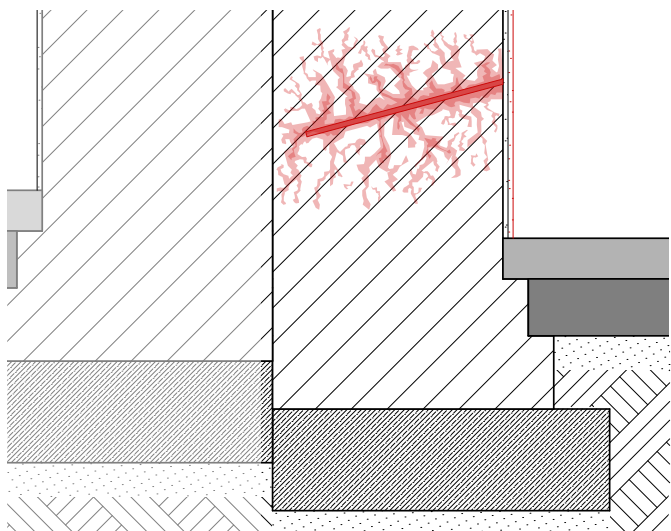


Abb. 4.20: Verschluss der Bohrlöcher

Vor Beginn der Arbeiten ist ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzkonzept zu erstellen und die Lage der vorhandenen Werkleitungen zu klären.(1) Als weitere Sicherheitsmaßnahme sind die Baustelle zu kennzeichnen und die erforderlichen Absperungen aufzustellen.(2) Graben muss entlang der Fundamentwand ausgehoben werden.(3) Ein Mini-bagger kann die Arbeit erleichtern. Auf der Straßenseite sind Spundwände einzubauen.(4) Sicherung der Baugrube gegen Einsturz und gegen Absturz von Personen.(5) Der Graben sollte mindestens 60 cm breit sein, um genügend Bewegungsfreiheit für ein sauberes Arbeiten zu haben. Für die Wasserableitung (Drainage) kann bis zu 30 cm unter die Oberkante des Fundaments gegraben werden, aber auf keinen Fall tiefer, da dies die Statik des Hauses gefährden könnte. Den Aushub trocken lagern und zum Schutz vor Niederschlägen mit einer Folie abdecken.(6)^{4,3}

Die freigelegte Kellerwand muss vollständig austrocknen. Bei starker Durchfeuchtung kann eine maschinelle Trocknung vor den weiteren Arbeiten erforderlich sein.

Für die horizontale Abdichtung ist eine Lagerfuge von wenigen Millimetern erforderlich. Mittels Schlitzrüttelverfahren (Abb. 4.9) werden gewellte Chromnickelstahlbleche in die Lagerfuge eingepresst.(7) Darauf achten, dass sich die Bleche überlappen, um eine stabile und durchgehende Horizon-

talabdichtung zu gewährleisten.(8) Vorhandene Mauerwerksschäden werden mit einem Putz ausgebessert.(9) Die Außenwand wird mit einem Voranstrich und einer Haftbrücke versehen, die sowohl die Haftung der Abdichtung verbessert als auch wasserabweisend wirkt.(10) Mischen Sie den Zementputz an und tragen Sie eine glatte, geschlossene Putzschicht vom Fundament bis zur Oberkante des Sockels auf. (11) Den Putz vollständig trocknen lassen.^{4,3}

Auf die trockene Kellerwand werden zwei Abdichtungslagen aufgebracht. Nach der Austrocknung können zusätzlich Wärmedämmplatten angebracht werden. Zum Schutz des Abdichtungsaufbaus und zur schnellen Entwässerung wird eine Noppenbahn verlegt.(12) Um einen optimalen Schutz zu gewährleisten, zeigen die Noppen zur Hauswand und die glatte Seite zum Erdreich. Die Wandabdichtung muss nach DIN 18195 mindestens 15 cm über die Geländeoberkante hinausragen.(13)

Die Abdichtung ist sorgfältig auf Vollständigkeit und Stabilität zu prüfen. Abschließend kann die Baugrube mit geeignetem, wasserdurchlässigem Kies verfüllt werden. (14)^{4,3}

MAUERWERKSFUGE

BESTAND

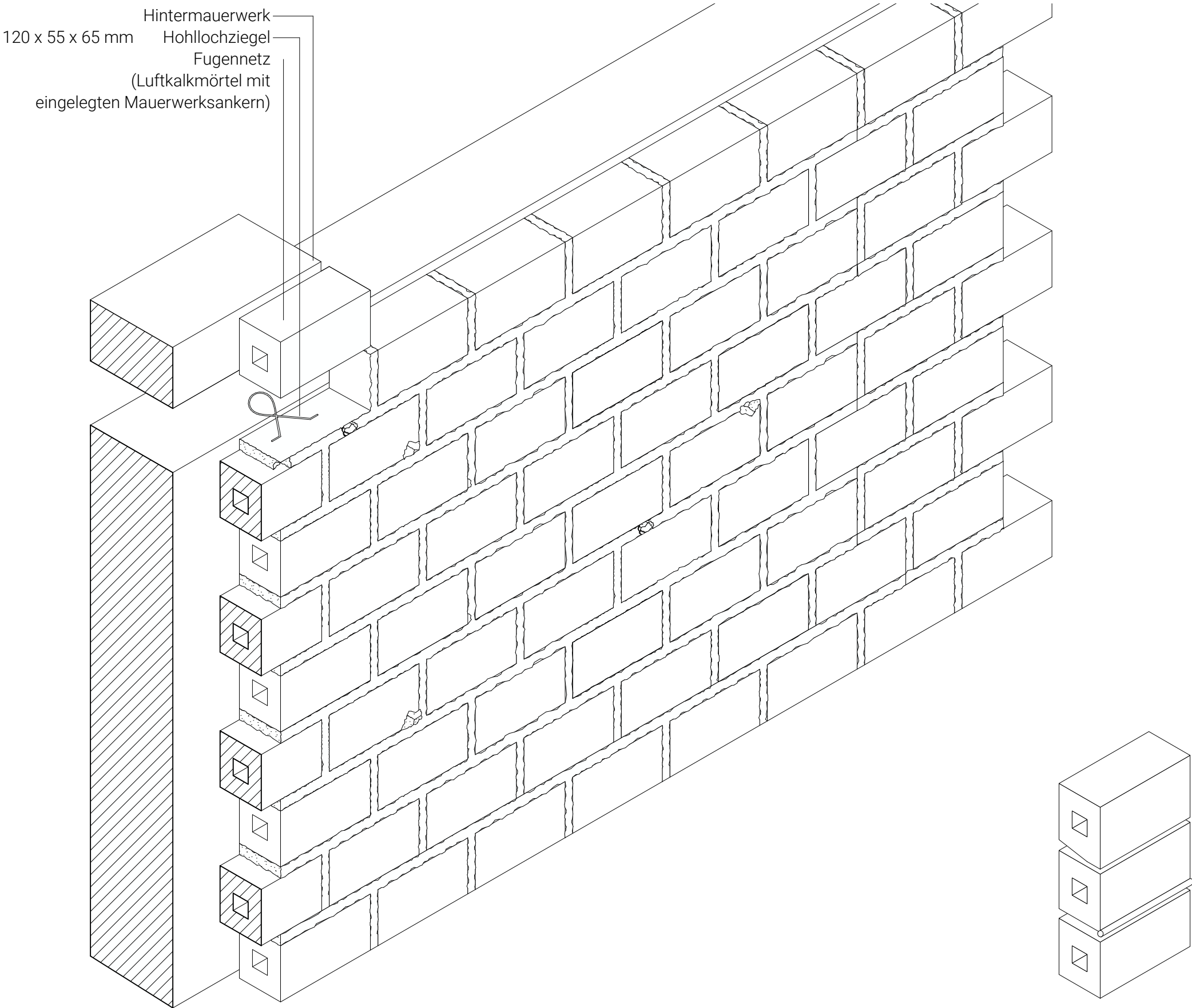


Abb. 5.1: Sichtfassade Mauerwerk Detail, M 1:5 (groß); Abb. 5.2: Ziegelsonderformate (rechts)

KONSTRUKTION UND ERSCHEINUNGSBILD

Die Hülle eines Gebäudes besteht aus mehreren Schichten und erfüllt Anforderungen an die Tragfähigkeit sowie an Wärme-, Schall- und Witterungsschutz. In diesem Fall besteht die Hülle aus zwei Mauerwerken. Das Hintermauerwerk dient der Lastabtragung, wohingegen das Verblendmauerwerk dem Wetterschutz und dem architektonischen Erscheinungsbild dient. Insbesondere unter Betrachtung des Regenschutzes bilden die Fugen die Schwachstellen des Systems. Kleine Fugen minimieren zwar die Oberfläche zur Wasseraufnahme, jedoch muss stets die kraftschlüssige Verbindung zu den Ziegelsteinen gewährleistet sein.

Der Bestand am Stelling Weg weist an seiner Vorderseite im Erdgeschoss ein Bossenmauerwerk und bei den darüberliegenden Geschossen ein Sichtmauerwerk auf (Abb. 5.3). Die roten Ziegel sind in einem Binderverband (Abb. 5.1) eingebunden. Von außen betrachtet lassen die kurzen Seiten der Steine auf einen Kopfverband mit dem alten Reichsformat (250x120x65 mm)^{5.1} schließen, jedoch erhält man bei schadhafte Stellen Einblicke in die Konstruktion, wodurch zu erkennen ist, dass es sich um das Verblendmauerwerk einer zweischaligen Wand mit kleinformatigen Steinen von circa 120x55x65 mm handelt (Abb. 5.4). Mittels Mauerwerksankern aus Eisen, die in das Mörtelbett der horizontalen Lagerfugen eingelegt wurden, entsteht eine Rückverankerung zu dem lastabtragenden Hintermauerwerk. Zudem sind die Vormauerziegel nicht als Vollsteine gebrannt, sondern als Hohlziegel hergestellt worden.^{5.2} Neben den roten Ziegeln erzielen grün glasierte Ziegel eine horizontale Gliederung der Fassade. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die Fugen als besonderes Gestaltungselement betont.^{5.1} Durch die helle sandfarbene Färbung und den hohen Fugenanteil tritt das Fugennetz hervor. Die vertikalen Stoßfugen wurden in einer Breite von circa 10 mm und die horizontalen Lagerfugen in einer Breite von circa 13 mm ausgeführt.^{5.7}

HERSTELLUNG

Auf Grundlage der Recherche handelt es sich bei dem Mauerwerksmörtel um einen Luftkalkmörtel. Kalkmörtel ist eine Mischung aus Kalk und Sand und kann in seinen Zusammensetzungsanteilen, der Kalkart und der Körnung des Sandes variieren.

Zudem ist zwischen Luftkalk- und Wasserkalkmörtel zu unterscheiden. Letzteres enthält hydraulische Anteile, die sogenannten Puzzolane. Sie erhärten bei Kontakt mit Wasser und Luft, wohingegen der Luftkalkmörtel ausschließlich an der Luft trocknet und karbonisiert. Dies geschieht von außen nach innen.^{5.3}

Die Hohlziegel wurden durch das sog. Strangpressverfahren hergestellt. Durch die maschinelle Massenproduktion einerseits und durch die Einsparung an Material durch die leichtere Bauweise andererseits konnten Kosten eingespart werden. Eine Vakuum-Strangpresse verdichtet die zuvor in einer Vakuumkammer entlüftete Tonmasse mit einer Schnecke. Am verjüngenden Presskopf wird sie unter hohem Druck durch eine Form gepresst, wodurch ein Tonstrang mit meist glatter Oberfläche entsteht. Diese kann je nach Wunsch behandelt (z. B. besandet) und anschließend mit einem Harfenschneider auf Ziegeldicke geschnitten werden.^{5.6} Der Bestand aus dem Jahr 1899 zeigt nahezu gleichmäßig breite Fugen. Um 1900 ließ man jedoch Fassaden oft unverputzt, damit die homogene Ziegelfassade betont wurde und die Fugen als Schattenfugen zurücktraten. Dies war kostengünstiger, da die kleinformatigen Steine viele Fugen erzeugten und somit mehr Material notwendig war. Alternativ wurden schmalere Fugen genutzt, um die Wasseraufnahme zu minimieren. Mit der zunehmenden Backsteinverblendbauweise nach 1871 sanken die Kosten und um 1879 wurden Normalmaße wie das Reichsformat für Verblendziegel und Profilsteine festgelegt. Profilsteine, z. B. mit konischer Form oder zusätzlichen Lippen, verschmälerten somit die Fugen (Abb.5.2).^{5.5}

SCHADENSBILDER

Die Schäden an Mauerwerksfugen aus Kalkmörtel resultieren häufig aus Materialermüdung, Umwelteinflüssen und unsachgemäßer Pflege.^{5.8} Beispielsweise können durch Spannungen oder Setzungen Risse in den Fugen entstehen. Diese Risse können je nach Ausmaß zu Folgeschäden, wie das Eindringen von Wasser durch Schlagregen, führen. Kalkmörtel ist zwar diffusionsoffen, kann aber bei dauerhafter Feuchtigkeitsbelastung Wasser aufnehmen, wodurch folgende Schadensbilder auftreten können.

- Kalkmörtel ist anfällig für Auswaschungen bei

dauerhaftem Kontakt mit Feuchtigkeit. In der Folge können Ausblühungen entstehen, die als weiße oder hellgraue Ablagerungen sichtbar sind.^{5.8}

- Bei Witterungseinflüssen wie Regen und Frost, neigt der Mörtel zur Verwitterung, die sich in einer pulverigen und abbröckelnden Oberfläche zeigt. Der Mörtel kann porös und bröselig werden und hinterlässt einen sandigen Film. Dadurch lässt sich der Kalkmörtel eindeutig vom Zementmörtel unterscheiden, der im Alterungsprozess wesentlich beständiger und abriebfester ist.^{5.7}
- Aufgrund der Wasseraufnahme, welches bei Frost gefriert und sich in seinem Volumen ausdehnt, kann der Mörtel abplatzen. Diese Schäden treten häufig in Bereichen auf, die besonders der Witterung ausgesetzt sind, beispielhaft im Sockelbereich, der durch Spritzwasser zusätzlich zum Schlagregen und aufkommender Feuchtigkeit betroffen ist.^{5.3}
- Außerdem können Umweltverschmutzungen und Feuchtigkeit zu Verfärbungen des Mörtels führen. Eine grünliche oder schwarze Verfärbung deutet auf Algen- oder Schimmelfall hin.^{5.8}
- Sukzessiv können sich die im Kalkmörtel enthaltenen Bindemittel lösen oder zersetzen, was die Festigkeit des Mörtels mindert. Durch mechanische Einflüsse wie Wind und Regen kann der Mörtel erodieren. Diese Erosion führt zu Substanzverlusten in den Fugen und schwächt das Tragverhalten des Mauerwerks. Aufgrund des fortschreitenden Schwindens und des Verlusts des Mörtels können Hohlräume in den Fugen entstehen (Abb.5.4). Dies führt zu Abplatzungen und Löchern im Mauerwerk (Abb.5.6), was zur Instabilität der Konstruktion beiträgt.
- Wenn der Kalkmörtel eine zu dichte Oberfläche hat oder mit ungeeigneten Materialien überarbeitet wurde, kann die Oberfläche abblättern.^{5.8}
- Wenn bei früheren Sanierungen ungeeignete Materialien verwendet wurden, können Spannungen zwischen altem und neuem Mörtel entstehen. Zementmörtel ist weniger diffusionsoffen und kann Feuchtigkeit im Mauerwerk einschließen, was den Kalkmörtel schneller altern lässt.^{5.3}



Abb. 5.3: Vorderfassade



Abb. 5.4: Fugenschäden



Abb. 5.5: Konstruktion des Mauerwerks



Abb. 5.6: Mauerwerksschäden

QUELLEN

- 5.1 Baunetz Wissen „Reichsformat“. Zugriff 08.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/glossar/r/reichsformat-726000>
- 5.2 Fassadengruen „Eigenschaften des Mauerwerks“. Zugriff 08.11.2024. <https://www.fassadengruen.de/mauerwerk/vollziegel>
- 5.3 Deckert, Sabrina. Das Haus. „Alles über Kalkmörtel: Eigenschaften, Herstellung und Anwendung“. Zugriff 08.11.2024. <https://www.haus.de/bauen/kalkmoertel-38042>
- 5.4 Hestermann, Ulf ; Rongen, Ludwig. „Frick/Knöll Baukonstruktionslehre 1“ (Springer Vieweg, 36. Aufl., 2015). 132-142
- 5.5 Bender, Willi. „Vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker- Geschichte der Ziegelherstellung von den Anfängen bis heute“. 25-30 Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V (2004)
- 5.6 Baunetz Wissen. „Strangpressziegel“. Zugriff 10.12.2024. <https://www.baunetzwissen.de/mauerwerk/fachwissen/glossar-a-z/strangpressziegel-2586239>
- 5.7 eigene Bestandsanalyse des Referenzgebäudes
- 5.8 Bauhandwerk. „Typische Bauschäden an Außenwänden aus Mauerwerk“. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Wasser_und_Salz_Typische_Bauschaeden_an_Aussenwaenden_aus_Mauerwerk-162043.html

MAUERWERKSFUGE

KONVENTIONELLE SANIERUNG

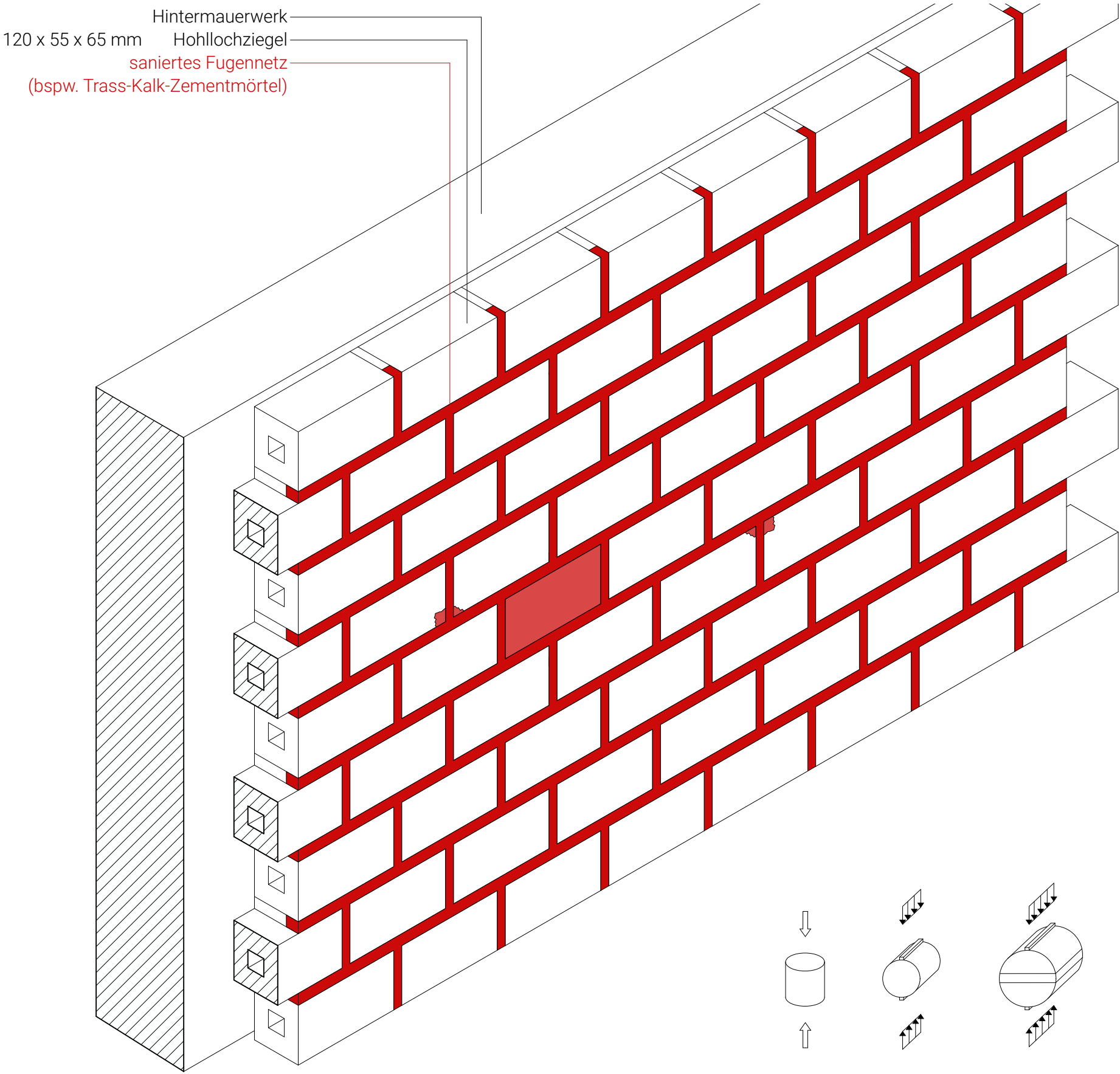


Abb. 5.7: Endzustand des sanierten Vormauerwerks Detail, M 1:5 (groß); Abb. 5.8: Bestandsanalyse mittels Bohrkernuntersuchung und Druckfestigkeitsprüfung (rechts)

DER SANIERUNGSPROZESS

Weist das Bestandsmauerwerk zuvor genannte Schadensbilder auf, ist eine Sanierung zu empfehlen, um die Standsicherheit zu garantieren und eine voranschreitende Alterung des Gebäudes zu unterbinden. Andernfalls können sich die Schadensbilder in Folge weiterer Witterungseinflüsse verstärken und langfristig bis zu einem Tragfähigkeitsverlust der Vormauerschale führen.

Der Sanierungsprozess gliedert sich regelhaft in drei Phasen.

1 BESTANDSANALYSE

Zunächst ist eine lokale Analyse des Bestandes auf mögliche Schadensbilder und eine damit verbundenen Schadenskartierung erforderlich, um eine effiziente Sanierung gewährleisten zu können. Für eine geeignete Wahl der neuen Ziegel und des neuen Fugenmaterials, nachfolgend als Ersatzmörtel bezeichnet, ist des Weiteren eine Eigenschaftsanalyse der Bestandsmaterialien erforderlich. Hierfür sind Probenentnahmen, beispielsweise in Form von Bohrkernen, zu empfehlen.

Technischen Aspekte und behördliche Anforderungen, wie der Denkmal- und Arbeitsschutz, legen fest, an welchen Stellen wie viel Probenmaterial entnommen werden darf und welche Verfahren hierfür möglich sind.^{5,9}

Die Qualität der Proben ist entscheidend für die aussagekräftigen Kennwertfeststellungen, die die Grundlage für die folgenden Sanierungsmaßnahmen und Materialwahl bilden.

Die Anzahl an Proben orientiert sich an der baulichen Situation. Viele Probenentnahmen führen zu genaueren Resultaten, sind jedoch nicht immer wirtschaftlich sinnvoll und sind substanzschädigend. Im Merkblatt WTA 7-4 sind Mindestanforderungen festgelegt, die bei Möglichkeit nicht unterschritten werden sollten.^{5,10} Jedoch können bei Einzelfällen, z.B. bei statisch stark ausgelasteten oder bauhistorisch wertvollen Substanzen diese Vorgaben nicht erfüllt werden. Hierbei müssen zusätzliche Informationen herangezogen werden, bspw. Versuche an vergleichbaren Mauerwerken aus anderen Testreihen, ergänzende zerstörungsarme Versuche oder materialwissenschaftliche Untersuchungen der Zusammensetzung und des Mikrogefüges. Manchmal

können auch Erfahrungswerte aus Untersuchungen an ähnlichem Mauerwerk in der Umgebung vorliegen, die eine Orientierung bieten können. Im Labor werden die Proben auf ihre Druckfestigkeit geprüft, die eine technische Kenngröße darstellt. Diese sollte den Vorgaben einer Norm standhalten, um zu anderen Prüfwerten vergleichbar zu bleiben. Die Mauerwerksdruckfestigkeit wird gemäß DIN EN 1052 geprüft, jedoch können Mauerwerk und Mörtel auch separat voneinander geprüft werden. In manchen Fällen ist es sinnvoller, die Materialien nicht einzeln, sondern als Verbundprüfkörper (Bohrkernentnahme) zu prüfen (Abb.5.8).^{5,11}

2 ENTNAHME DES DEFEKTEN MATERIALS

Nach der Analyse kann der eigentliche Sanierungsprozess beginnen. Hierfür wird das Mauerwerk zunächst von seinen schadhafte Elementen, wie dem defekten Mörtelmaterial, befreit (Abb. 5.19 Schritt 4-7). Weist das Mauerwerk ein großflächig schadhafte Fugenbild auf, ist eine gesamte Außenhautinstandsetzung zu empfehlen. Hierbei wird das Mörtelmaterial vollflächig mit einer Tiefe von mindestens 10 mm entnommen.^{5,12} Auch defekte Ziegel sind an dieser Stelle dem Mauerwerk zu entnehmen oder bei kleinen Mängeln auszubessern (Abb. 5.12, Abb. 5.19 Schritt 8-9).^{5,7}

3 ERNEUERUNG MITTELS ABGESTIMMTEN ERSATZMATERIALS

Die gereinigten Fugen werden in der dritten Phase, üblicherweise mittels eines Trockenspritzverfahrens, mit ihrem Ersatzmörtel verfüllt (Abb. 5.19 Schritt 10). Die Wahl der geeigneten Ersatzmaterialien ist infolge einer erfolgreichen vorangegangenen Analyse des Bestandmaterials möglich.

MÖRTEL IN ABHÄNGIGKEIT VON DER STEINFESTIGKEIT

Zunächst ist eine Abstimmung des Ersatzmörtels mit der vorhandenen Steinfestigkeit erforderlich. Weist der Mörtel eine höhere Druckfestigkeit auf als das Ziegelmaterial können hierbei Ziegelecken und -kanten an ihrer Kontaktstelle zum Mörtel abplatzen. Ist der Mörtel wiederum zu weich, altern die Fugen aufgrund zu hohen Drucks durch die Ziegel schneller und können somit herausbrechen.^{5,13}

Wenn die verwendeten Ziegel eine hohe Wasseraufnahme vorweisen, ist ein weicher und diffusions-offener Mörtel zu wählen, der mit der Wasseraufnahme des Ziegels harmonisiert. Hierzu bietet sich bspw. Kalkmörtel an.^{5,1}

MÖRTEL IN ABHÄNGIGKEIT VON DEM BESTANDSMÖRTEL

Des Weiteren ist eine Abstimmung von Ersatzmörtel und Bestandsmörtel erforderlich, um eine möglichst hohe Langlebigkeit zu erzielen. Passen die Mörtel von ihrer Festigkeit oder chemischen Zusammensetzung nicht zusammen, kann dies zu einer gegeneinander arbeitenden Schicht und somit zu Schäden führen.

Wenn möglich sollte der Fugenmörtel dieselbe Zusammensetzung wie der Mauermörtel haben. In Abstimmung mit den vorhanden Ziegeln kann jedoch auch eine Optimierung der Mörtелеigenschaften erforderlich sein. Hierfür gilt es folgende Abwägungskriterien zu beachten:

Eine Anreicherungen des Mörtels mit Trass führt zu einer Kapillarsperre, wodurch eine Abdichtung zur Wetterseite erfolgt.^{5,9}

Wird auf Kalkmörtel eine neue Verfügung aus Zementmörtel aufgebracht so kann dies zu Spannungen führen, da der Zementmörtel weniger diffusions-offen ist und daher Feuchtigkeit im Mauerwerk einschließen kann, wodurch eine schnellere Alterung des Kalkmörtels bedingt wird.^{5,9}

Enthält der Bestandsmörtel Gips, sollte bei dem Ersatzmörtel ein Material ohne Zementzuschläge gewählt werden. Andernfalls entstehen zwischen beiden Mörteln chemische Treibreaktionen, die zu Aufblähungen und Wölbungen der Gebäudeteile führen.^{5,9}

Im Fall des untersuchten Bestandes am Steller Weg, welches einen ursprünglichen Mörtel aus Luftkalk aufweist, wurde als Ersatzmörtel ein Trass-Kalk-Zementmörtel der Mörtelklasse 3 nach DIN EN 1996-2/NA gewählt. Dieser ist hydrophob und weist eine hohe Druckfestigkeit auf. Durch das Bindemittel aus Trass-Kalk erhält der Zementmörtel eine etwas offenere Porosität als ein bloßer Zementmörtel. Dadurch wird eine geeignete Verbindung sowohl zum Mauermörtel als auch zum Klinker geschaffen.^{5,15}

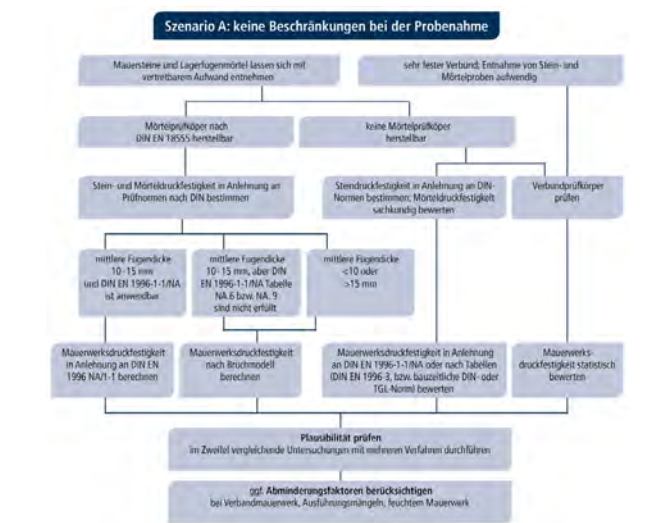


Abb. 5.9: Uneingeschränkte Probenentnahme

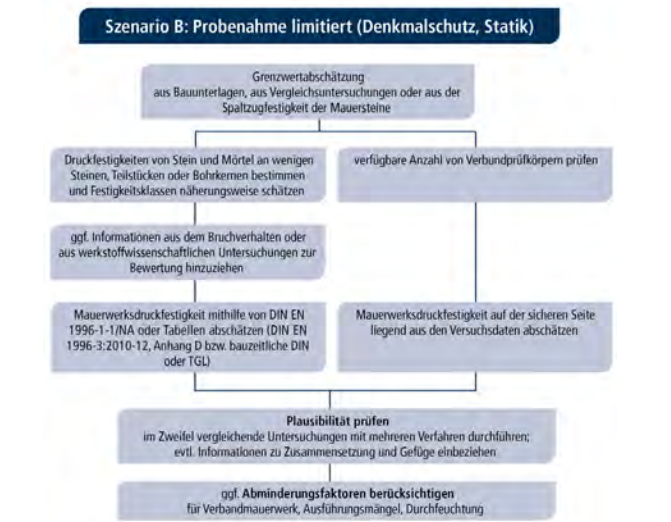


Abb. 5.10: Limitierte Probenentnahme



Abb. 5.11: Ersatzhohlziegel



Abb. 5.12: Ziegelausbesserung mit Reparaturmörtel



Abb. 5.13: Vormauerwerk Neuverfügt (links) und teilentnommene Fugen (rechts)

QUELLEN

- 5,9 Franke, Lutz „Schadensatlas - Klassifikation und Analyse von Schäden an Ziegelmauerwerk“ (Frauenhofer IRB Verlag, 1998) 16-25
- 5,10 „Ermittlung der Druckfestigkeit von Bestandsmauerwerk aus künstlichen kleinformatigen Steinen.“ (WTA, 2021) Merkblatt 7-4:2021-11 Neuwald-Burg, Claudia, Henkel,Jonny „Bausubstanz“, Zugriff 30.11.2024. <https://www.irbnet.de/daten/rsbw/20129005343.pdf>
- 5,11 Maier, Josef „Handbuch Historisches Mauerwerk - Untersuchungs methoden und Instandsetzungsverfahren“ (Springer Vieweg, 2. Auflage, 2012). 242-246
- 5,13 Adolph, Thomas „Fugensanierung im Ziegelmauerwerk“, Zugriff 30.11.2024. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_fugensanierung_in_Ziegelmauerwerk-968411.html
- 5,14 Sakret „Fugensanierung“, Zugriff 30.11.2024. <https://www.sakret.de/de/kompetenz/verarbeitungshinweise/altpausanierung/fugensanierung>
- 5,15 Amend, Holger, „Historische Fassaden Sichtmauerwerk Instandsetzung“ (Vorlesung, 2024)

MAUERWERKSFUGE

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

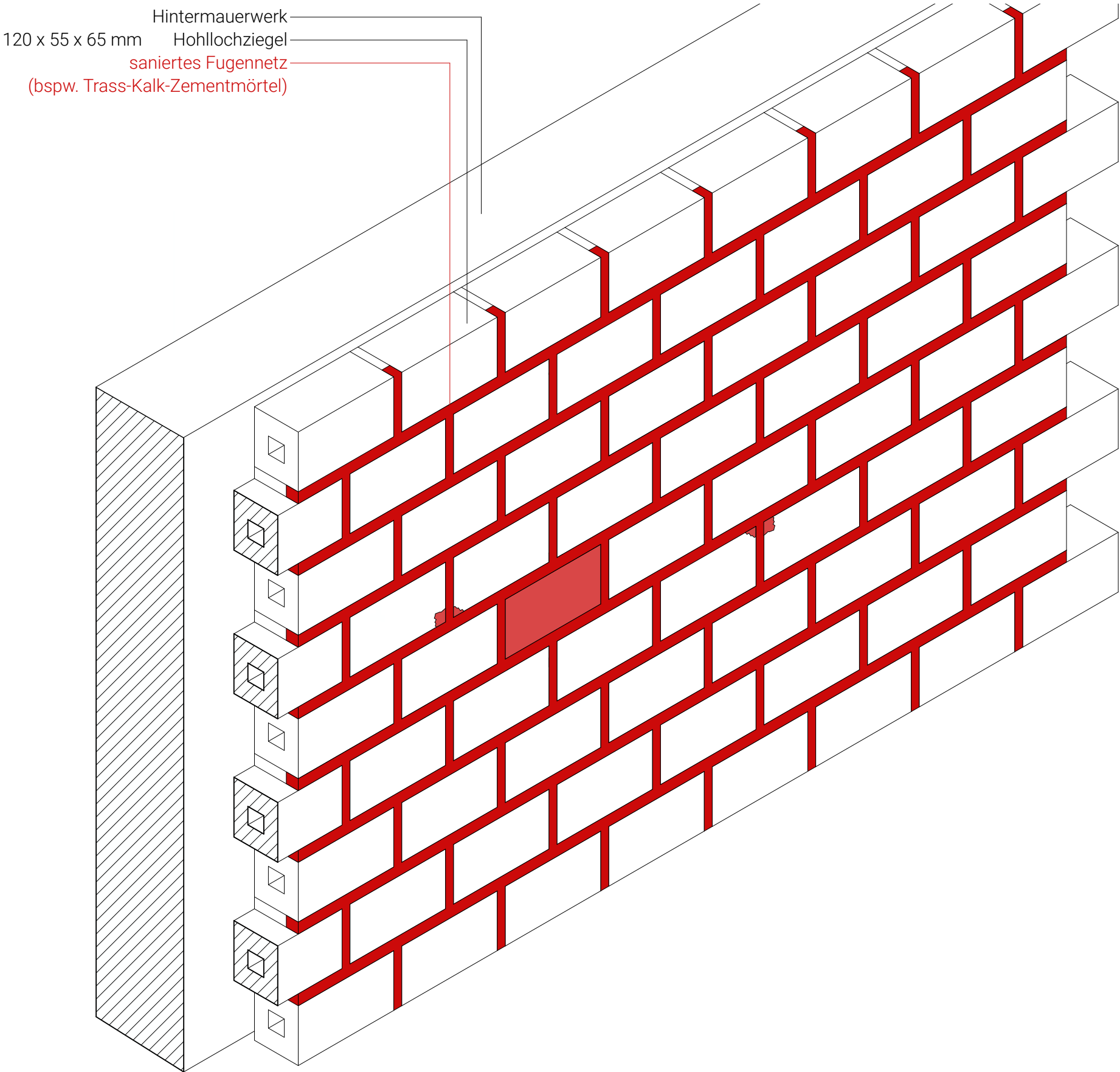


Abb. 5.14: Endzustand des sanierten Vormauerwerks Detail, M 1:5

Die konventionelle Sanierungsmethode kann in ihrer Abfolge und der Art der Arbeitsschritte nur schwer abweichend ausgeführt werden. Somit muss für die kreislaufgerechte Sanierungsmethode der Fokus auf die Wahl des Materials gelegt werden. Diese entscheidet sowohl über die Langlebigkeit des Gebäudes als auch über die Rückführbarkeit in den Materialkreislauf nach dem Ableben des Gebäudes.

RÜCKFÜHRBARKEIT IN DEN STOFFKREISLAUF
Eine Möglichkeit einer kreislaufgerechteren Sanierung kann daraus bestehen, eine sortenreine Trennung der einzelnen Komponenten - Mauerwerk und Mörtel - zu erzielen, um die Mauerwerkssteine in den Kreislauf des Bauens zurückführen zu können und möglichen Sondermüll zu vermeiden. Eines der bekanntesten Sinnbilder hierfür stellen die sogenannten *Trümmerfrauen* (Abb. 5.2) dar. Nach dem zweiten Weltkrieg war die Not sehr groß, schnellstmöglich und mit einfachsten Mitteln aus den Kriegstrümmern den Wiederaufbau voranzutreiben. Somit haben die Trümmerfrauen unter anderem mühsam den Mörtel von den unzähligen Ziegeln abgeschlagen, um diese wiederverbauen zu können.^{5.16} Dies war jedoch nur möglich, da der Verbund zum Mauerwerk aus einem Kalk- oder Kalk-Gips-Mörtel bestand, der eine nicht allzu hohe Bindefestigkeit aufwies und somit vom Stein trennbar war. Bezüglich der Rückführbarkeit des Kalkmörtels in den Stoffkreislauf kann dieser leicht zerkleinert und als Zuschlagsstoff in der Herstellung von neuem Kalkmörtel verwendet werden. Alternativ können die zerkleinerten Partikel auch als Substrat zur Verbesserung von Erdbodenqualitäten, indem der pH-Wert des Bodens ausgeglichen wird, verwendet werden.^{5.17}

LANGLEBIGKEIT
Eine differenzierte Betrachtung der Kreislauferechtigkeit ist die, eine möglichst lange Beständigkeit der Materialitäten zu sichern, um wertvolle Ressourcen zu sparen und das Herstellen von neuen Materialien zu vermeiden. Bei beständigen Materialien hat sich ihre graue Energie, die bei der Herstellung, dem Transport und dem Einbau aufgewendet wurde, im Laufe der Gebäudenutzung im besten Fall amortisiert.^{5.18} Ein wichtiger Aspekt bezüglich

der möglichst hohen Langlebigkeit des gesamten Systems ist die passendste einzelfallabhängige Sanierungsbehandlung, welche auf einer genauen und fachspezifischen Schadensanalyse und -kartierung aufbaut. Um zu wissen welcher Mörtel zu welchem Ziegel passt, muss insbesondere die Druckfestigkeit und das Dehnungsverhalten beider Bestandteile mittels der gängigen Probenentnahme von Bohrkernen (Abb. 5.16) so genau wie möglich bestimmt werden, sodass die Eigenschaften und Zusammensetzungen des neuen Materials möglichst identisch zu denen des Bestandsmaterials sind. Zementmörtel hat eine hohe Lebensdauer aufgrund seiner hohen Druckfestigkeit und Witterungsbeständigkeit.^{5.9} Es ist in jedem Fall abzuwägen, ob Zementmörtel verwendet werden soll, da es die sortenreine Trennung erschwert. Unter dem wirtschaftlichen Aspekt betrachtet, sind über die Nutzungsdauer des Gebäudes wenig bis keine Sanierungen an den Mauerwerksfugen notwendig und die graue Energie hätte sich, über die Gesamt-Lebensdauer des Gebäudes betrachtet, amortisiert. Unter der Annahme, dass die Lebensdauer eines Gebäudes, besonders von Versicherungen angenommen, mit 100 Jahren kalkuliert wird und Bauwerke mit Ziegelverblendmauerwerk darüberhinaus fortwährend standhaft sind^{5.18}, ist die Verwendung des resistenten Zementmörtels auf lange Zeit eine wirtschaftliche Lösung. Eine weitere Maßnahme zur Erhöhung der Langlebigkeit des Systems ist eine hydrophobierende Imprägnierung aufzutragen, um die Wasseraufnahme durch bspw. Schlagregen zu reduzieren und somit Mörtel mit geringerer Festigkeitsklasse und hoher Trennbarkeit resilienter gegenüber Witterungseinflüssen zu machen. Dabei ist auf die bestandsorientierte Wahl zwischen lösungsmittelhaltigen und wasserbasierten Imprägnierungen zu achten.^{5.19} Beide Arten sind farblose Flüssigkeiten aus siliziumhaltigen Verbindungen. Die Inhaltsstoffe füllen die inneren Poren- und Kapillaroberflächen des porösen Mörtels und Ziegels, die schwammartig Wasser aufnehmen (Abb. 5.17) und ersetzen an den Stellen die Oberflächenspannung des Baustoffes durch die des Schutzstoffes. Wasser perlt somit ab (Abb. 5.18). Ein Vorteil ist, dass die Oberfläche nicht komplett versiegelt ist, sondern atmungsaktiv bleibt und somit weiterhin einen Diffusionsaustausch zulässt.

Folglich schützt eine Imprägnierung die Fassade vor einer hohen Wassereindringung, jedoch ersetzt sie keine anderen Maßnahmen zum Feuchteschutz wie beispielsweise Horizontalsperren.^{5.19} Für einen guten Schutz und die Haltbarkeit der Imprägnierung ist die Eindringtiefe in das Bestandsmaterial entscheidend. Schutzstoffe, die unterschiedliche Molekülgrößen haben, dringen in unterschiedliche Ebenen ein, sodass mindestens 2 mm erreicht werden. Wenn dies der Fall ist, kann die Imprägnierung circa 10 Jahre halten.^{5.19}

FAZIT
Es lässt sich herausstellen, dass je nach Sanierungsobjekt fallspezifisch entschieden werden muss, welche Materialkombinationen bauphysikalisch gewählt werden können und nach denkmal-schützerischen Aspekten auch gewählt werden dürfen. Die Empfehlung nach Möglichkeit einen Kalkmörtel versetzt mit Zuschlägen wie Trass oder einer wasserabweisenden, aber löslichen Imprägnierung zu wählen hat einen in die Zukunft gerichteten Blick bezogen auf die sortenreine Trennung und Wiederverwendbarkeit der Steine. Grundsätzlich ist es in Deutschland erlaubt Ziegelsteine wiederzuverwenden, jedoch gibt es einige wichtige rechtliche, technische und qualitätsbezogene Anforderungen, die zu beachten sind. Die Steine müssen den geltenden Normen entsprechen, insbesondere den DIN EN 1990 (Eurocode 6) und den zugehörigen Ausführungsstandards für Mauerwerkskonstruktionen.^{5.20} Zudem müssen sie nach der LBO den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Somit müssen die Ziegel auf ihre Beschaffenheit besonders auf ihre Tragfähigkeit und Frostbeständigkeit geprüft werden. Diese Prüfung erfolgt häufig durch zertifizierte Labore. Um die genannte Qualität zu erreichen, müssen die Steine sortenrein und frei von jeglichen Anhaftungen wie Mörtel oder Imprägnierungsmitteln sein.^{5.21} Die Aufbereitung und Prüfung können aufwendig und teuer sein, besonders wenn keine standardisierten Prozesse existieren. Somit ist der Ansatz der Verwendung eines weichen Mörtels, wenn möglich, zwar auf lange Sicht eine pflegebedürftigere und somit kostenspieligere Lösung, jedoch können auch Ressourcen wie Material, Energie und Kosten eingespart und standardisierte Prozesse für das Recycling weiterentwickelt werden.



Abb. 5.15: Trümmerfrauen nach dem 2. Weltkrieg



Abb. 5.16: Bohrkern von Ziegelmauerwerken



Abb. 5.17: Vormauerwerk ohne Imprägnierung



Abb. 5.18: Vormauerwerk mit Imprägnierung

QUELLEN

5.16 Haus der Geschichte. „Leben in Trümmern“. Zugriff 20.12.2024 <https://www.hdg.de/lemo/kapitel/nachkriegsjahre/alltag/leben-in-truemmern.html>

5.17 Building Limes Forum. „Recyclingwoche – Gründe für die Verwendung von Kalkmörtel“. Zugriff 10.01.2025. <https://www.buildinglimesforum.org.uk/recycle-week/>

5.18 Stiftung Baukulturerbe. „Was ist graue Energie? Nachhaltigkeit bei Gebäuden“. Zugriff 10.01.2025. <https://stiftung-baukulturerbe.de/was-ist-graue-energie-nachhaltigkeit-bei-gebaeuden>

5.19 Das Haus. „Hydrophobierung“. Zugriff 10.01.2025. <https://www.haus.de/bauen/hydrophobierung>

5.20 Eurocode. „Eurocode 6: Mauerwerksbau“. Zugriff 10.01.2025. <https://www.eurocode-online.de/de/euro-code-inhalte/eurocode-6>

5.21 Scheibengraf, Martin; Reisinger, Hubert. „ABFALLVERMEIDUNG UND -VERWERTUNG: BAURESTMASSEN“. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0009.pdf>. 43-46

MAUERWERKSFUGE

ARBEITSSCHRITTE

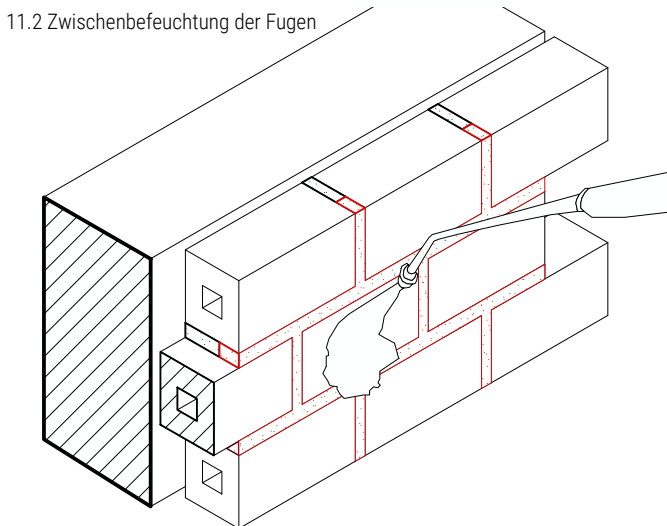
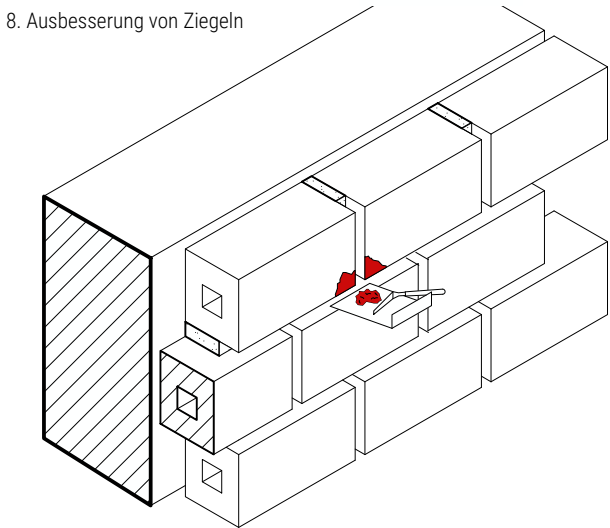
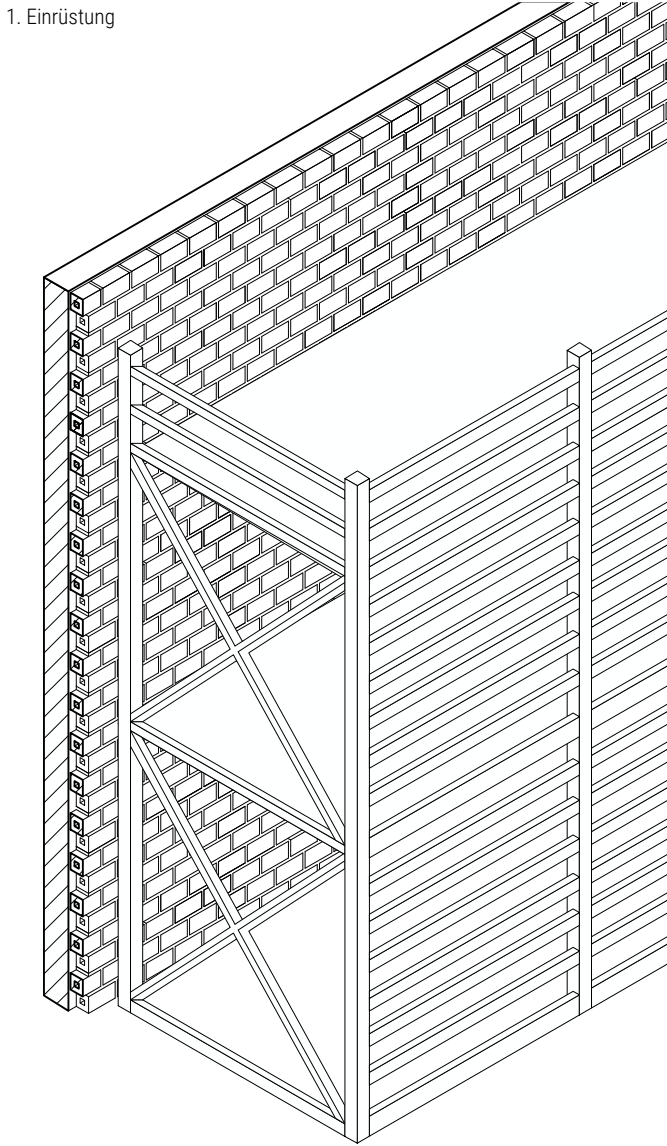
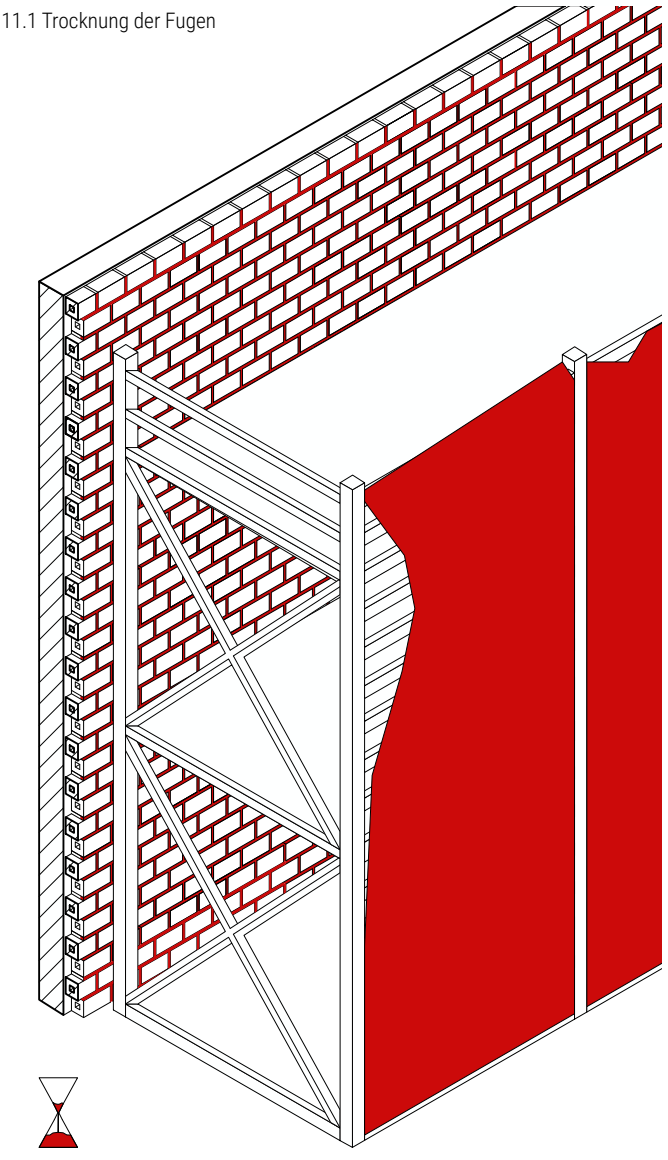
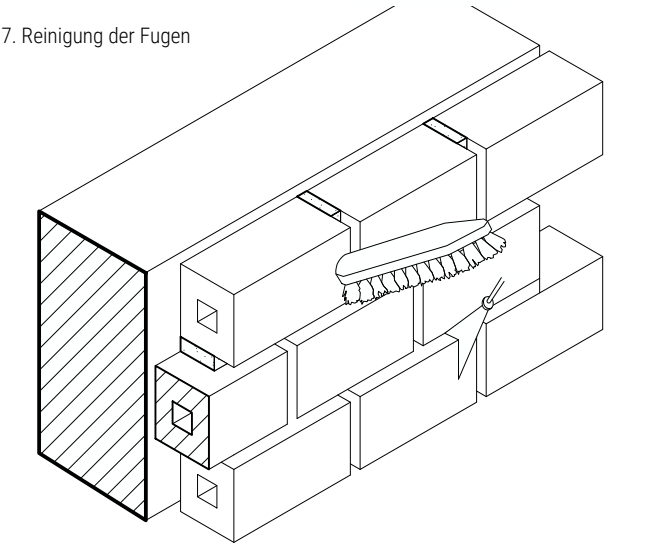
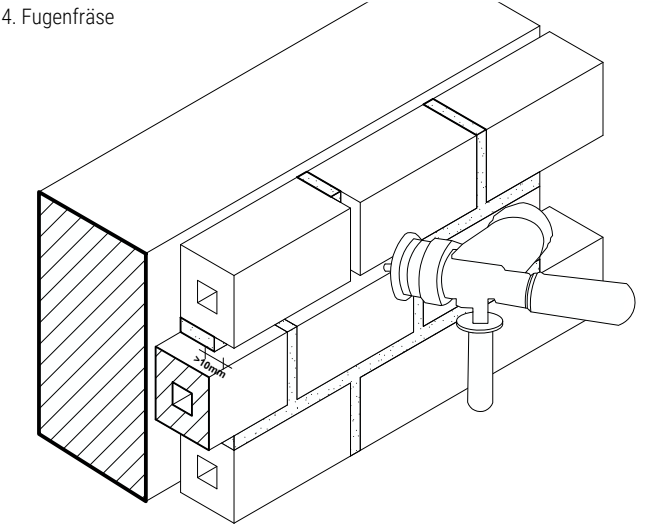
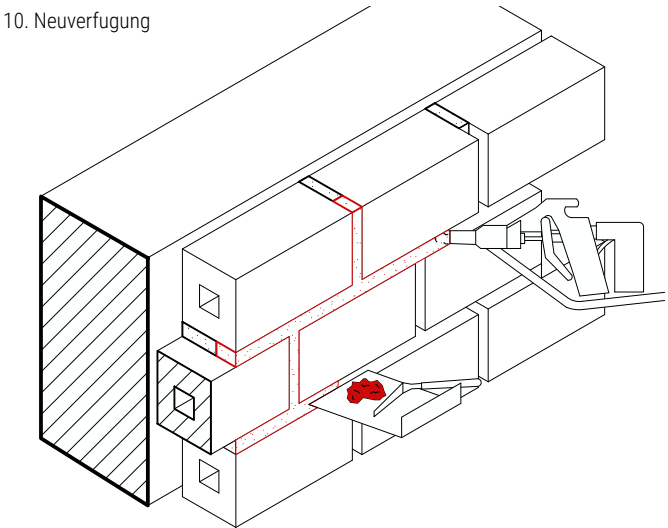
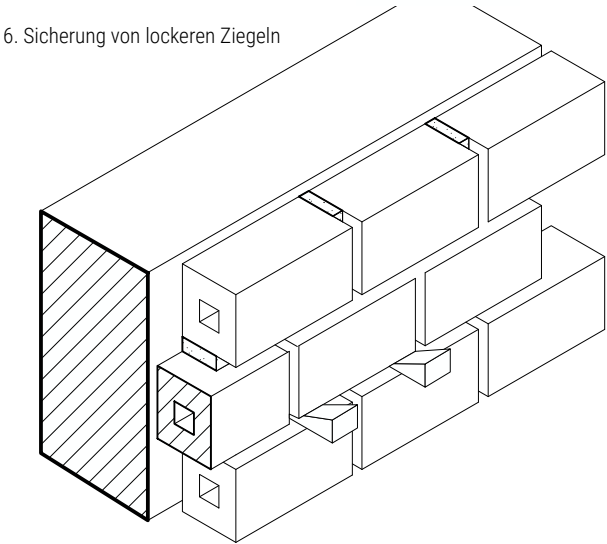
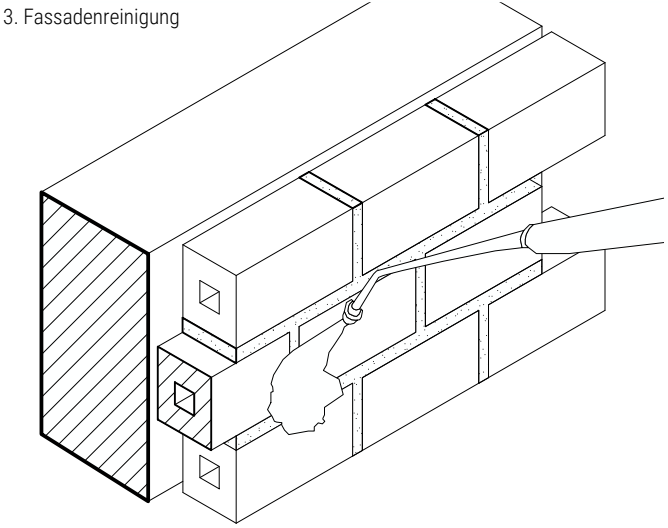
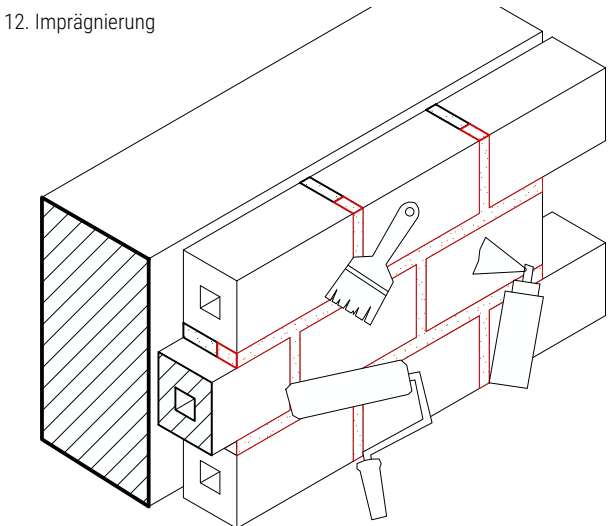
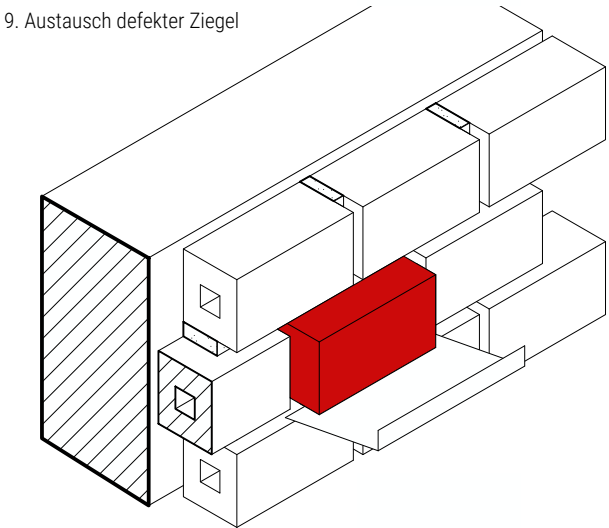
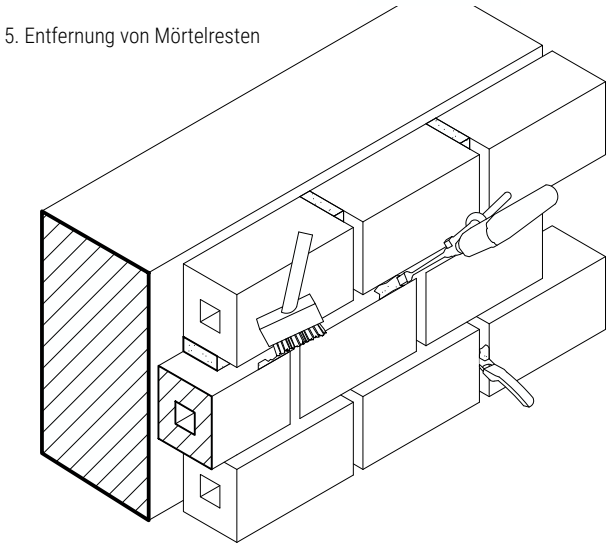
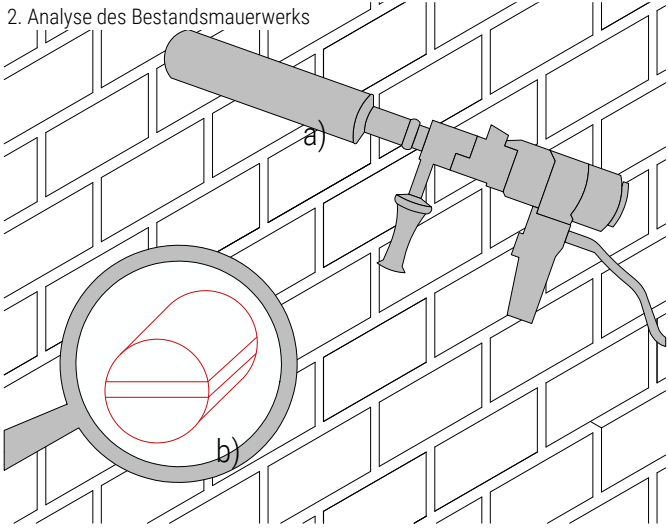


Abb. 5.19: Arbeitsschritte der Fugensanierung



1) Um eine hinreichende Analyse und Sanierung des Mauerwerks zu ermöglichen muss zunächst die Einrüstung der Fassade erfolgen.

2) Für eine fachgerechte Sanierung von schadhafte Mauerwerksfugen wird im Zuge einer Bestandsaufnahme zu Beginn eine Probe des vorzufindenden Materials entnommen. Dabei wird empfohlen sowohl Proben im Erdgeschoss als auch in höher liegenden Geschossen zu entnehmen, da früher teilweise unterschiedliche Mörtelarten innerhalb einer Fassade verwendet wurden. Hierfür werden mittels eines Bohrkerngerätes (a) Bohrkern (b) aus dem Mauerwerk entnommen. Die Proben unterziehen sich in Baustofflaboren Untersuchungen zur Feststellung der Zusammensetzung und Eigenschaften. Somit kann folglich das passende Material mit den jeweiligen Zuschlägen zur Sanierung gewählt werden. Nach der Probenentnahme sollten die Löcher Zeitnah wieder verschlossen werden.^{5.10}

3) Bevor mit der Fugensanierung begonnen wird, ist eine gründliche Reinigung der Fassade zu empfehlen, um eine dauerhafte Grundlage zu schaffen.^{5.22}

4) Im nächsten Schritt wird das alte Fugenmaterial entfernt. Bei großflächigen Schäden ist zu empfehlen das gesamte Fugennetz zu erneuern, um eine homogene Neuverfugung zu erstellen und Materialwechsel, die Schwachstellen im System darstellen,

weitestgehend zu vermeiden. Das Mörtelmaterial ist so tief wie möglich, mindestens aber mit einer Tiefe von 10 mm aus den Fugen zu entfernen. Hierfür wird die Mörtelfuge zunächst entlang der Mauerwerkssteine mit einer Fugenfräse eingeschnitten und der Großteil des gelösten Mörtels entnommen.^{5.12}

5) Mit Kratzeisen, Stahlbürsten oder Stemmhämmern wird das restliche Fugenmaterial entfernt.^{5.12}

6) Lose Steine werden vorübergehend mit Holzkeilen gegen das Herausfallen gesichert.^{5.12}

7) Anschließend sind die Fugen gründlich zu reinigen, um einen guten Haftgrund für den neuen Fugenmörtel zu bilden.^{5.12}

8) Sofern Steine vereinzelte Schadstellen aufweisen, sollte eine Ausbesserung dieser mittels Steinerfüllmörtel erfolgen. Dieser sollte sich in seiner Zusammensetzung den Eigenschaften des Ziegels anpassen, um Abplatzungen durch unterschiedliche Festigkeiten und thermisches Verhalten zu vermeiden. Des Weiteren ist der Mörtel farblich an die Ziegelfarbe anzupassen, um eine optische Angleichung zu erzielen.^{5.7}

9) Weisen Ziegel eine zu starke Beschädigung auf, die den thermischen Schutz oder den Lastabtrag des Vormauerwerks nicht mehr gewährleistet, sind

diese durch neue Ziegel, mit gleicher Beschaffenheit, zu ersetzen.

10) Anschließend werden die Fugen mit Fugenmörtel neu verfugt, um eine stabile und dauerhafte Verbindung zwischen den Ziegeln wiederherzustellen. Hierfür hat sich insbesondere das Trockenspritzverfahren bewährt. Dabei wird das Mörtelmaterial mit Pumpen und Spritzdüsen in die Fugen eingebracht. Alternativ dazu bietet sich auch das Einbringverfahren mittels Lanzen an. Hierbei wird der Mörtel von Schneckenpumpen in dosierbaren Mengen mittels einer Lanze in die Fugen eingebracht. Wenn nur punktuelle Ausbesserungen der Verfugung erforderlich sind, kann der Oberflächenverschluss auch von Hand wirtschaftlich sinnvoll sein.^{5.12} Um ein gleichmäßiges Erscheinungsbild und eine Verdichtung des Mörtels zu erzielen ist abschließend ein mechanischer Fugenglattstich, beispielsweise mit einem Fugeneisen, vorzunehmen.^{5.23}

11.1,11.2) Abschließend ist eine entsprechende Nachbehandlung des Mauerwerks erforderlich, um unter anderem ein zu schnelles austrocknen der Mauerwerksfugen zu verhindern, da dies zu Schwindrissen und einer Reduktion der Langlebigkeit führen kann. Hierfür bieten sich das Verhängen der Fassade mittels Folien an, alternativ des Baugerüsts vor der Fassade, um eine direkte Sonneneinstrahlung zu reduzieren und den Trocknungsprozess zu verlangsamen. Zudem können

Befeuchtungsmaßnahmen einen langsamen Trocknungsprozess unterstützen.^{5.23}

12) Nach dem Abbinden des Mörtels ist es zu empfehlen eine hydrophobierende Imprägnierung aufzutragen, um den Schutz des Mörtels und Mauerwerks vor Umwelteinflüssen zu erhöhen. Jedoch ist hierbei zu beachten, dass diese Schutzschicht regelmäßig erneuert werden muss, da punktueller Eindringen von Wasser durch Abnutzungen zu größeren Schäden führen kann.^{5.15}

QUELLEN
5.22 Stahr, Michael (Hrsg.) „Sanierung von Fassaden, Putzen, Fugen - Verfahren und rechtliche Aspekte“ (Springer Vieweg Wiesbaden, 2017) 546-565
5.23 Pfeifer, Günter u.A. „Mauerwerk Atlas“ (Detail, 2001). 140-152



RISSE IM MAUERWERK

BESTAND

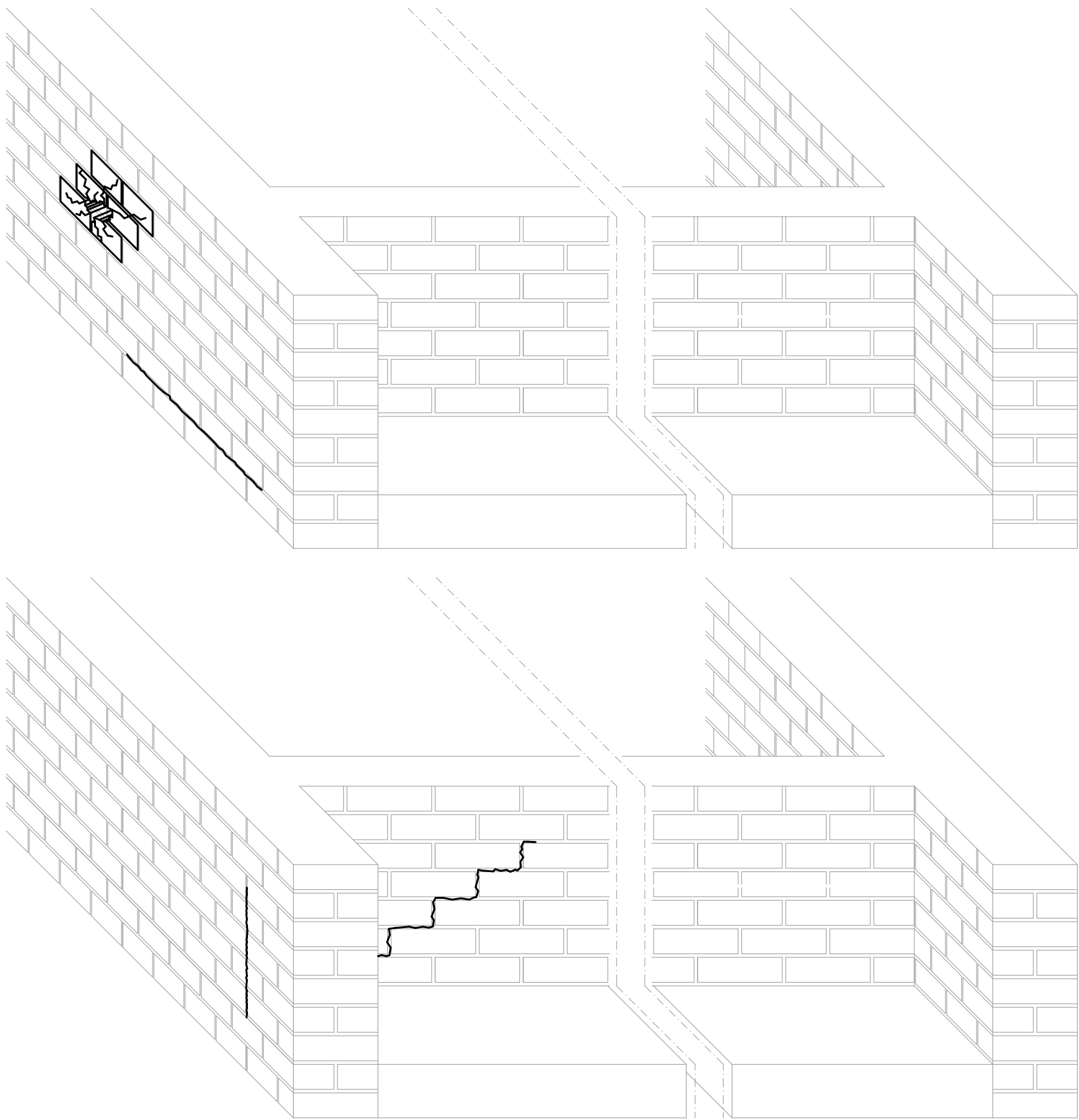


Abb. 6.1: Perspektive Risskategorien

ALLGEMEIN

Bei den hier dargestellten Abbildungen handelt es sich um Bestandsaufnahmen des Architekturbüros DFZ Architekten, welche die Baustelle des Speichers V der Hamburger Speicherstadt widerspiegeln. Aufgenommen sind diverse Risse an verschiedenen Bauteilen des Bauvorhabens, welchen unterschiedliche Ursachen zu Grunde liegen. Die Bilder dienen zur Veranschaulichung, da die Bausubstanz des eigentlich zu analysierenden Bauprojektes aus dem „Stellinger Weg 36 - 20255 Hamburg“ bei unserer Besichtigung keine Rissbilder aufwies.

BAUTEILFUNKTION

Eine tragende Mauerwerkswand eines Gebäudes hat die Funktion, vertikale Drucklasten aufzunehmen und abzutragen. Diese Lasten haben unterschiedliche Ursprünge wie die Eigenlasten (z.B. Wände und/oder Decken) und auch Nutzlasten (Möbel/Einrichtung und Personen). Zusätzlich dient die Mauerwerkswand als aussteifendes Element und wirkt horizontalen Kräften entgegen.^{6,8}

Natürliche Einflüsse wie Wind, Schnee, Temperatur, Feuchtigkeit und Bodenerosionen beanspruchen eine Mauerwerkswand dauerhaft. Dringt Feuchtigkeit in das Mauerwerk ein und gefriert, dehnt sich das gefrorene Wasser aus und beschädigt es in Form von Abplatzungen oder Rissen. Sind Windlasten zu stark oder gibt es größere Verschiebungen im Boden, kann das Mauerwerk auch diese Kräfte gegebenenfalls nicht aufnehmen. Eine Rissbildung zeichnet sich dann meist orthogonal zu der Kraft ab, die auf die Mauerwerkswand einwirkt. Die Langlebigkeit der Mauerwerkswand und des gesamten Gebäudes hängt also stark mit der Qualität der Bauweise zusammen, um diese Lasten aufzunehmen.^{6,8}

Grundsätzlich basiert die Wirkungsweise einer Mauerwerkswand darauf, dass durch die hohe Druckfestigkeit der einzelnen Steine, Drucklasten aufgenommen werden können. Um eine größtmögliche Stabilität der Mauerwerkswand zu erreichen, werden die einzelnen Steine mit versetzten Fugen (Keine vertikalen Fugen liegen je horizontaler Mau-

erwerksreihe übereinander) ineinander verzahnt. Dies verhindert eine Verschiebungen der einzelnen Steine und verteilt die aufgefangenen Lasten auf mehrere Steine.^{6,7}

KONSEQUENZEN

Dennoch ist es möglich, dass die vermeintliche Standsicherheit der Mauerwerkswand durch eine der oben genannten Kräfte zu stark beansprucht wird und es zu Rissbildungen kommen kann.^{6,5} Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass Risse, welche die Standsicherheit beeinträchtigen, meist große Risse sind. Kleine, verspringende Risse führen durch das hoch redundante System des Mauerwerks durch Lastumlagerungen (Verteilung der Kräfte auf die gesamte Wand) im Allgemeinen nicht zu einer Standsicherheitsgefährdung.^{6,6}

BAUSCHÄDEN

Im Folgenden werden die verschiedenen Kategorien an Rissverläufen einzeln erläutert. Die vorhandenen Beispielbilder werden diesen anhand von Einschätzungen der beteiligten Architekten, dem Schadensbericht des zuständigen Statikers, sowie ergänzen der Fachliteratur mit Fallbeispielen zugeordnet.

Die einzelnen Kategorien und Beispielbilder spiegeln, im Projekt „Speicher V“ festgestellte, Bauschäden und deren Ursachen wieder. Mögliche Folgen und Auswirkungen der Risse werden thematisiert. Hierbei handelt es sich um Fallbeispiele, welche nicht als universell zu betrachten sind.

Allgemein lässt sich festhalten, dass Risse immer im Einzelfall betrachtet werden müssen und einem einzelnen Rissbild keine grundlegende Auswirkung zugeschrieben werden kann.^{6,6}

HORIZONTALE RISSE

Dem horizontalen Riss (Abb. 6.5) in unserem Beispiel liegt eine Baugrundveränderung zu Grunde. Das Bauvorhaben „Speicher V“ liegt in der Hamburger Speicherstadt und beruht auf einer Pfahlgründung im Wasser. Durch die mit den Jahren stärker gewordene Tide, drückt diese den wasserberührenden Teil der Sockelwand nach innen, während der obere Teil nach außen kippt. Hierdurch entsteht ein horizontaler Riss/Biegebruch.^{6,2}

VERTIKALE RISSE

Den von uns betrachteten vertikalen Rissen liegen unterschiedliche Ursachen zu Grunde.

Das erste Rissbild (Abb. 6.3) spiegelt diverse vertikale Risse im Blindmauerwerk (Vorgesetzte Fassadenverkleidung - Mehrschaliges Mauerwerk) wieder. Ursache hierfür ist das Eindringen von Feuchtigkeit in das Mauerwerk. Durch immer weiter eindringende Feuchtigkeit und Temperaturschwankungen, sowie Frost kommt es zu Aufplatzungen im Mauerwerk und Fugenbild.^{6,2}

Das zweite Rissbild (Abb. 6.6) spiegelt einen großen vertikalen Riss über alle Geschosse des außenliegenden Treppenturms wieder. Grund hierfür ist die Unterdimensionierung des als Auflager genutzten Trägers, welcher die hohen Lasten nicht tragen kann. Die gesamten Wände/der gesamte Treppenturm droht zur Seite wegzubrechen.^{6,1, 6,2}

GETREPPTTE RISSE

Der getreppte Riss der tragenden Innenwand (Abb. 6.4) ist ein Folgeschaden auf Grund der zuvor beschriebenen Biegebrüche unter dem Unterpunkt „Horizontale Risse“. Die oberhalb der Wasserkante liegenden Außenwände drohen nach außen wegzukippen. Durch die miteinander verzahnten Mauerwerkssteine der Außen- und Innenwände, entsteht ein größerer, zweiseitiger, diagonaler/getreppter Riss, welcher in diesem Fall Auswirkungen auf die Standsicherheit hat.^{6,1, 6,2, 6,5}

CRAQUELÉE-RISSE

Bei Craquelée-Rissen handelt es sich um Abplatzungen im Mauerwerksbau/Spinnennetzartige Risse im Außenputz. Gelangt das Wasser, wie in unserem Beispiel, an Stahlbauteile, wie beispielsweise an einen dahinter liegenden Stahlträger, so kommt es zu Korrosion (Abb. 6.2). Durch die zu geringe Überdeckung und den zu langen Stahlträger bildet sich durch das eintretende Wasser Rost und es kommt zur Volumenvergrößerung. Der Rost des korrodierten Stahlträgers sprengt die umliegenden Steine und Fugen auf, sodass es zu einer, teils starken, Rissbildung oder Abplatzungen kommen kann.^{6,2, 6,5}



Abb. 6.2: Craquelée Risse



Abb. 6.3: Vertikale Risse



Abb. 6.4: Getreppte Risse

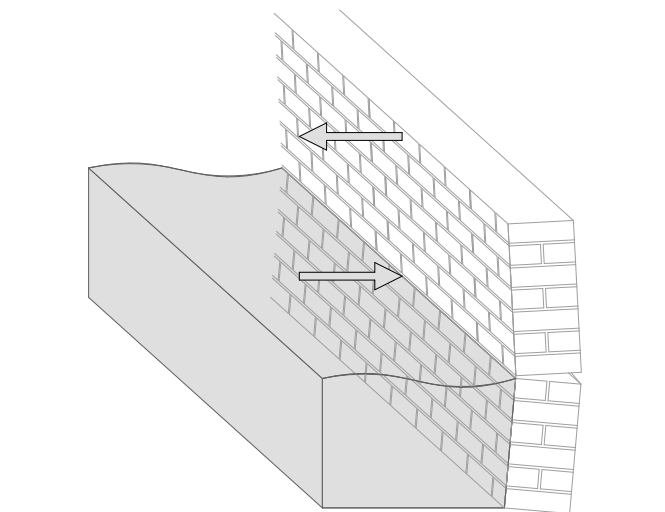


Abb. 6.5: Horizontaler Riss



Abb. 6.6: Vertikaler Riss

QUELLEN

- 6.1 Kramer Albrecht, „Schadensbericht Speicher Block V - Haus 11 bis 16“ (2023)
- 6.2 Projektbeteiligte Architekten vom Büro DFZ Architekten (2024)
- 6.3 Amend und Hinrichs, „Sichtmauerwerk Instandsetzung“ (2024)
- 6.4 Amend und Hinrichs, „gestrichene Putzfassade Instandsetzung“ (2024)
- 6.5 Christian Dialer, „Risssschäden an Mauerwerkskonstruktionen“ (Frauenhofer IRB Verlag, 2016). Seite: 141-412
- 6.6 Christian Dialer, „Risssschäden an Mauerwerkskonstruktionen“ (Frauenhofer IRB Verlag, 2016). Seite: 123
- 6.7 © Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e. V., „1.3.2 Mauerwerksverband und Überbindemaß“. Zugriff am 12.01.2025. <https://www.mauerwerksbau-lehre.de/vorlesungen/1-grundlagen-und-baustoffe-des-mauerwerksbaus/13-wandkonstruktionen/132-mauerwerksverband-und-ueberbindemaass>
- 6.8 © Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e. V., „3.1.2 Einwirkungen und Widerstände sowie ihre Unsicherheiten“. Zugriff am 12.01.2025. <https://www.mauerwerksbau-lehre.de/vorlesungen/3-sicherheitskonzept-und-einwirkungen/31-sicherheitskonzept/312-einwirkungen-und-widerstaende-sowie-ihre-unsicherheiten>

RISSE IM MAUERWERK

KONVENTIONELLE SANIERUNG

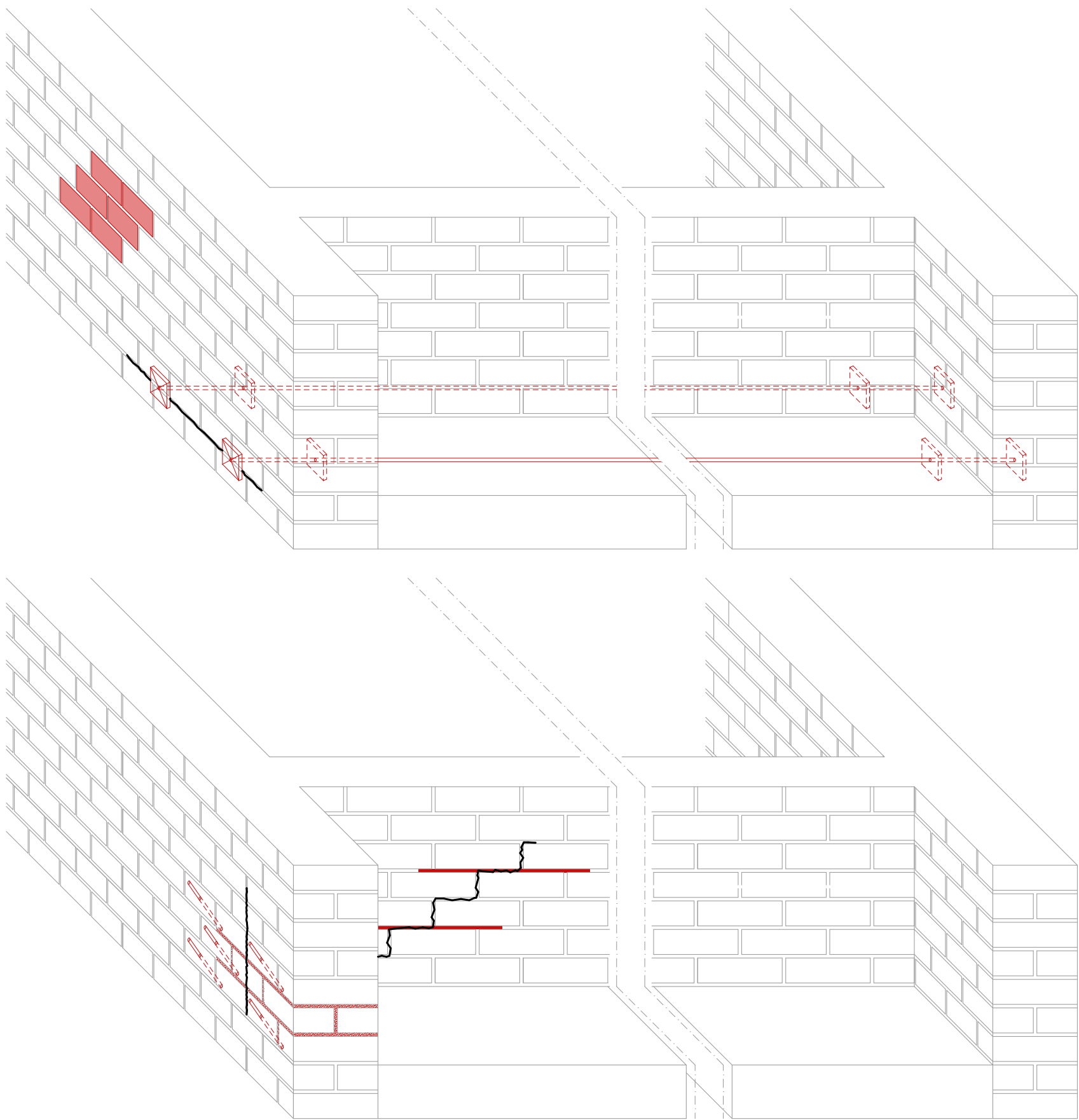


Abb. 6.7: Perspektive Sanierung

HORIZONTALE RISSE

Injektionsverfahren

Die horizontalen Risse (Abb. 6.5) im Sockelmauerwerk werden durch das Injektionsverfahren stabilisiert. Mit Hilfe von Injektionspackern (Abb. 6.12) wird mit hohem Druck Harz/Kalk-Zement-Mörtel in die brüchigen Fugen und die Risse des Mauerwerks gepresst. Durch die Injektionen erlangt das Mauerwerk wieder die ursprünglichen Verbindungen und Stabilität.^{6.9}

VERTIKALE RISSE

Mauerwerksaustausch/Mauerwerkssanierung

Zur Beseitigung der vertikalen Risse im Blendmauerwerk (Abb. 6.3) werden die vorhandenen Steine ausgebessert (siehe 04 Mauerwerksfugen). Vereinzelt müssen ebenfalls Steine entnommen und durch neue ersetzt werden (Abb. 6.8). So werden bei Teilstücken die beschädigten Mauerwerksteine rausgebrochen und Mauerwerksabschnitte neu gemauert.^{6.3}

Zugbänder

Zur Stabilisierung und Beseitigung der vertikalen Risse im außenliegenden Treppenturm (Abb. 6.6) werden Zugbänder (Abb. 6.10) (Stahlbänder aus Rund- und/oder Flachstahl, welche Zugkräfte aufnehmen können) eingebracht. Zugbänder verhindern mit Hilfe von Ankerplatten (Abb. 6.9) (Stahlplatten - in unterschiedlichen Formen und Variationen, teilweise auch mit Verzierungen - welche die Zugkräfte auf einer größere Fläche der Außenwand verteilen) an den Außenwänden, dass die Außenwände weiterhin drohen nach außen zu kippen. Mit Hilfe von Gewindestangen und Spannwerkzeugen werden die Zugbänder auf die gewünschte Spannung gebracht.

In unserem Fall werden die Zugbänder von einer Außenwand zur anderen Außenwand gespannt. Auf Grund der großen Distanz zwischen den Außenwänden müssen einzelne Stahlelemente miteinander verschweißt werden (Abb. 6.10).

Die Wände werden somit miteinander verspannt und ziehen sich wieder an das Gebäude heran.^{6.1, 6.2}

GETREPPTE RISSE

Spiralanker

Bei den getreppten Rissen des „Speicher V“ (Abb. 6.4) werden zur besseren Zugaufnahme Spiralanker (Abb. 6.11) verbaut. Hierfür werden die beschädigten Fugen entfernt und beim Einbringen des neuen Mörtels/der neuen Fugen ebenfalls Spiralanker (Spiralförmiger Edelstahlstab) in die Fuge eingebracht. Diese „unterstützen“ den Mörtel und können zusätzliche Zukräfte aufnehmen.^{6.2}

Zugbänder

Da es ebenfalls sehr gravierende getreppte Rissbilder (Abb. 6.4) gibt, deren Ursache abgehende Wände sind, werden auch in diesem Fall Zugbänder als Lösung zur fachgerechten Sanierung herangezogen.

Erläuterung siehe „Vertikale Risse - Zugbänder“.^{6.1, 6.2}

CRAQUELÉE-RISSE

Mauerwerksaustausch

Zur Beseitigung der Craquelée-Risse im Blendmauerwerk (Abb. 6.2) werden die beschädigten Steine entnommen. Anschließend wird der zu lange Stahlträger eingekürzt, entrostet und neu versiegelt. Zum Schluss wird der betroffene Mauerwerksabschnitt neu gemauert (Abb. 6.8).^{6.2}



Abb. 6.8: Teilsanierte Fassade



Abb. 6.9: Ankerplatte



Abb. 6.10: Verschweißtes Zugband



Abb. 6.11: Spiralanker



Abb. 6.12: Injektionspacker

QUELLEN

6.9

© SAKRET Trockenbaustoffe Europa GmbH & Co. KG, „Rissverpressung im Altbau - Die Verarbeitung“, Zugriff am 12.01.2025, <https://www.sakret.de/de/kompetenz/verarbeitungshinweise/rissverpressung>

RISSE IM MAUERWERK

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

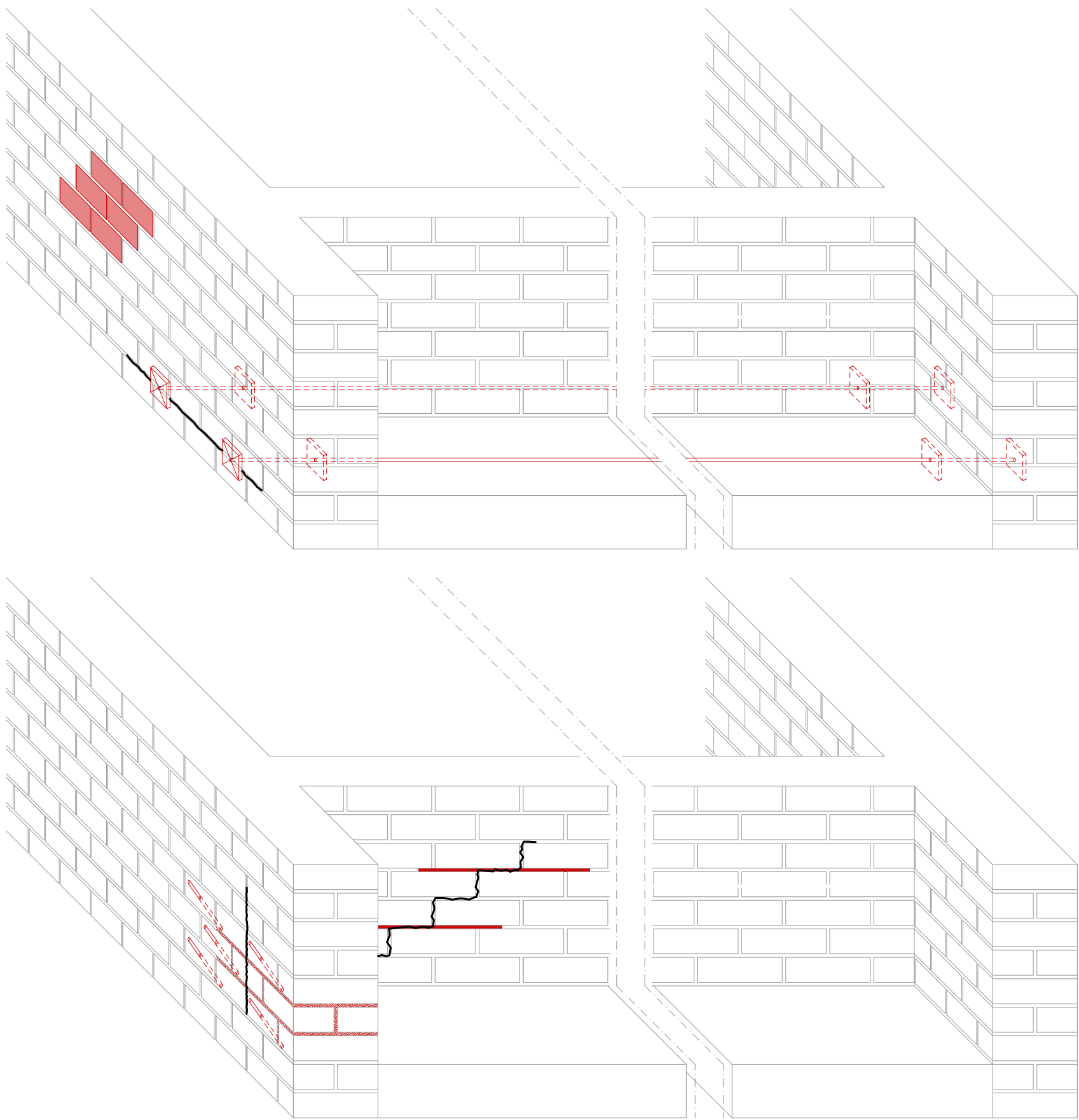


Abb. 6.7: Perspektive Sanierung

ZUGBÄNDER

Die für die Sanierung eingesetzten Zugbänder lassen sich sortenrein aus den Gebäuden entfernen und sind somit aus technischer Sicht kreislaufgerecht.^{6,2}

SPIRALANKER

Spiralanker sind in der Regel aus rostfreiem Edelstahl gefertigte Bauelemente. Diese sind zwar in den Mörtel eingearbeitet, lassen sich jedoch trotzdem bei einem Rückbau des Gebäudes, ebenfalls wie die Zugbänder, sortenrein aus dem Bauwerk trennen.^{6,2}

HARZ/KALK-ZEMENT-MÖRTEL

Bei der Sanierung von Mauerwerksrissen werden Harze wie Epoxidharz (für statische Risse) oder Polyurethanharz (für dynamische Risse) unter Druck injiziert, um eine hohe Festigkeit oder Elastizität zu erzielen. Kalkmörtel eignet sich besonders für historische Gebäude, da er mit traditionellen Baustoffen kompatibel und atmungsaktiv ist. Nach dem Aushärten wird die Oberfläche geglättet und optisch angepasst. Da das gewählte Material auch immer in Abhängigkeit zu potenziell einbezogenen Beweglichkeit einzelner Bauteile steht, können die Harze und Mörtel nicht nach Belieben eingesetzt werden. Kritisch zu betrachten ist die Herstellung der Injektionsharze. Generell sind sowohl Epoxidharz als auch Polyurethanharz Kunststoffe, welche durch die Vermischung von synthetischen Komponenten erzeugt werden. Die meisten davon sind hochgradig giftig und umweltschädlich. Sobald diese nach der Anwendung jedoch einmal ausgehärtet sind, sinkt deren Schädlichkeit für die Umwelt auf ein vergleichbares Niveau wie andere Duroplaste (Kunststoffe). Doch auch für diese Kunststoffe gibt es keine wirkliche Möglichkeit diese zu recyceln und müssen daher sachgerecht entsorgt werden. Bei der Verwendung muss somit berücksichtigt werden, dass einmal verklebte Bauteile nicht kreislaufgerecht wiederverwertbar sind und zu einer höheren Umweltverschmutzung führen. Es ist allerdings festzuhalten, dass mit der Injektion von Kalkzementmörtel oder Harzen die Langlebigkeit und Weiternutzung eines Bestandsgebäudes

gewährleistet wird. Die somit eingesparte/n Energie und Materialien im Vergleich zu einem ggf. notwendigen Neubau, sind in jedem Einzelfall einander abzuwägen, und können sich meist - wie in diesem Fall - als nachhaltiger erweisen.^{6,10}

MAUERWERKSAUSTAUSCH

Beim Mauerwerkstausch aufgrund von Craquelée-Rissen/Vertikalen-Rissen werden meist nur einzelne beschädigte Bauteile ausgetauscht. In dem Fall der Sanierung des Speicher V, kann der korrodierte Stahlträger weiterhin verwendet werden. Dieser wird lediglich entrostet, gekürzt und neu versiegelt. Der Tausch von beschädigtem Mauerwerk oder Verblendsteinen und das Ausbessern von Mörtelfugen ist kreislaufbedingt als nachhaltig zu betrachten.^{6,2}



Abb. 6.8: Teilsanierte Fassade



Abb. 6.9: Ankerplatte



Abb. 6.10: Schweißnaht Zugband



Abb. 6.11: Spiralanker



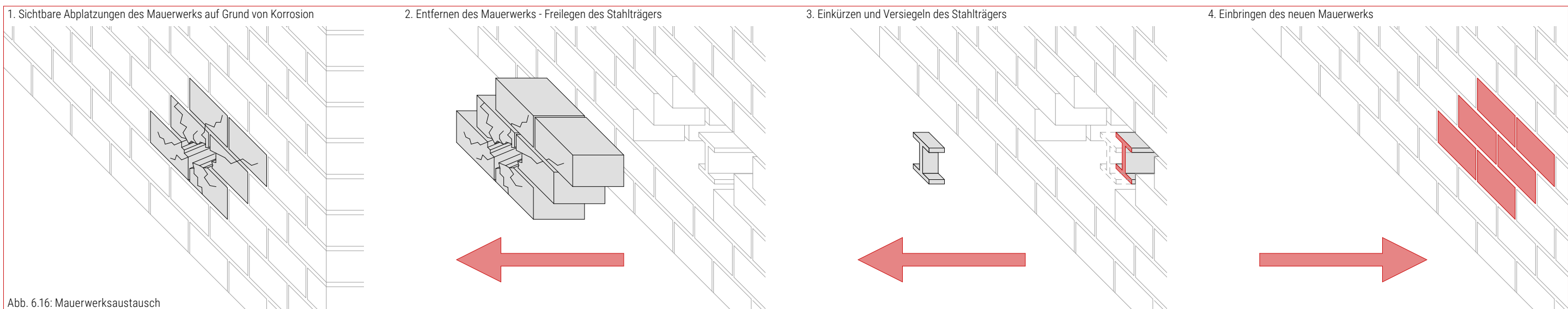
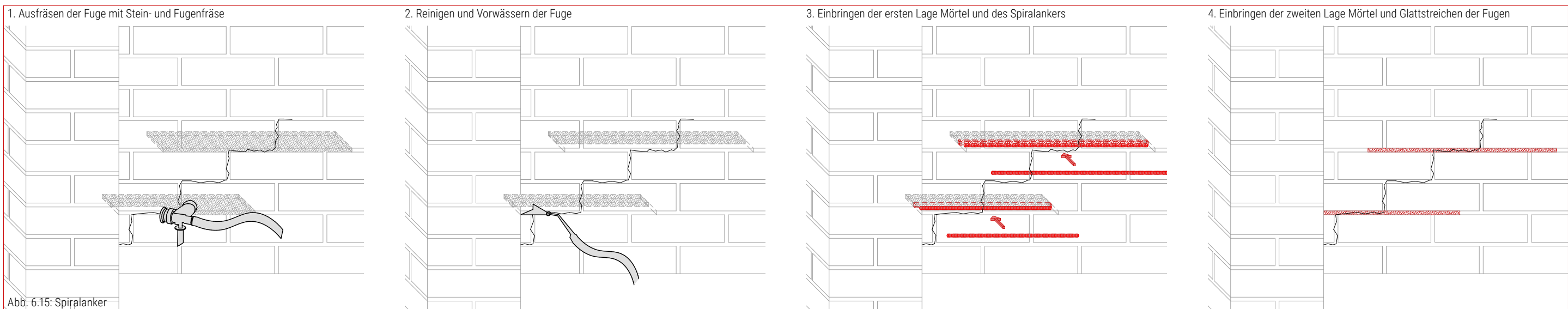
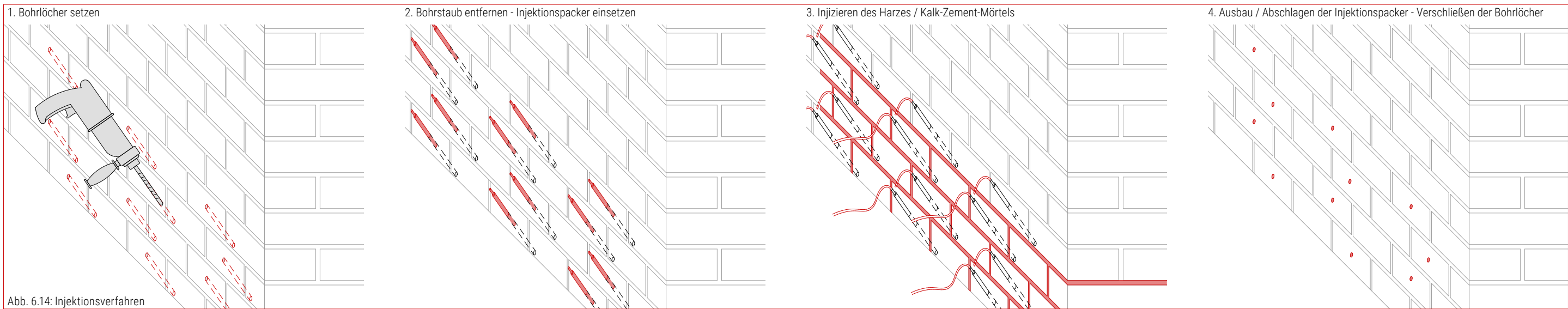
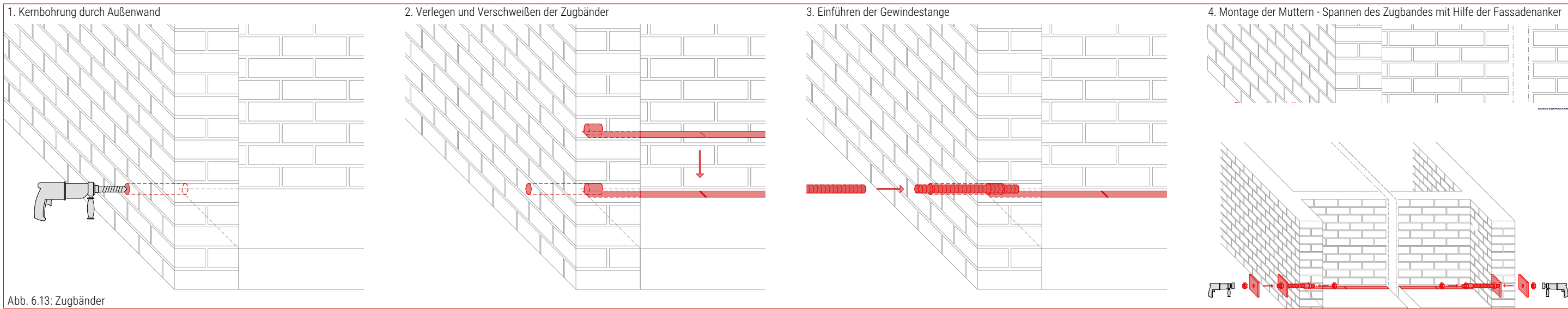
Abb. 6.12: Injektionspacker

QUELLEN

6.10 © citizensustainable.com „Ist Epoxidharz umweltfreundlich? Wichtige Fakten (+2 Alternativen)“. Zugriff am 12.01.2025. <https://citizensustainable.com/de/epoxidharz-umweltfreundlich/#~:text=Kunst%2D%20und%20Bastelbereich,-Ist%20Epoxidharz%20ein%20Kunststoff%3F,von%20synthetischen%20Komponenten%20hergestellt%20werden>

RISSE IM MAUERWERK

ARBEITSSCHRITTE



ZUGBÄNDER (Abb. 6.13)
1. Für den Einbau von Zugbändern werden mit Hilfe von Schlagbohrmaschinen präzise Kernbohrungen in das Mauerwerk der Außenwände gebohrt.
2. Im Folgenden werden einzelne Flachstahl-Abschnitte auf der Rohdecke ausgelegt und miteinander verschweißt. An beiden Enden werden auf der Oberseite der Zugbänder Hülsen angeschweißt.
3. Durch die Außenwände und die Hülsen werden im nächsten Schritt Gewindestangen eingeführt.
4. Mit Hilfe der außen angebrachten Ankerplatten sowie Gewindemuttern werden die Zugbänder auf Spannung gebracht und die Mauern somit stabilisiert, bzw. an ihre ursprüngliche Position gebracht.^{6.1, 6.2}

INJEKTIONSVERFAHREN (Abb 6.14)
1. Bei der Sanierung mittels des Injektionsverfahrens werden mit Hilfe einer Schlagbohrmaschine Bohrlöcher gesetzt.
2. Nach dem Entfernen des Baustaubs aus den Bohrlöchern werden die Injektionspacker (Einfüllstutzen für die Injektion unterschiedlichster Injektionsmaterialien) in diese eingeführt.
3. Durch das Festspannen der Langmutter, wird der Gummi im hinteren Bereich des Packers gegen die Bohrlochwandung gepresst und dichtet so zum Baustoff ab. Anschließend wird das Injektionsgerät an die Injektionspacker angeschlossen und mit Hilfe einer Pumpe das Harz/der Kalk-Zement-Mörtel in die Risse gepresst, um die Risse und Hohlräume

dauerhaft zu stabilisieren.
4. Nach dem Aushärten wird die Oberfläche geglättet und optisch angepasst.^{6.9}

SPIRALANKER (Abb. 6.15)
1. Mit Hilfe einer Stein- und Fugenfräse werden die beschädigten Fugen ausgefräst.
2. Im Folgenden werden die ausgefrästen Fugen gereinigt und der Baustaub entfernt. Anschließend werden die Fugen für den nächsten Arbeitsschritt vorgewässert.
3. Nach dem Einbringen der ersten Mörtellage wird der Spiralanker (Spiralförmiger Edelstahlstab) mit in die Fuge eingebracht.
4. Im letzten Schritt wird die zweite Lage Mörtel eingebracht und glattgestrichen um die ursprüngliche Optik herzustellen.^{6.11}

MAUERWERKSAUSTAUSCH (Abb. 6.16)
1. Nach dem Feststellen welche der Steine von Abplatzungen betroffen sind,
2. werden diese abgebrochen.
3. Im Folgenden wird der dahinter liegende Stahlträger mit Hilfe mit einer Flex eingekürzt, von Rost befreit und mit Rostschutz neu versiegelt.
4. Zum Schluss wird das abgebrochene Mauerwerk durch neues ersetzt um die ursprüngliche Optik wieder herzustellen.^{6.2}

QUELLEN
6.11 DESOI GmbH. „Rissinstandsetzung mit dem DESOI SPIRALANKER SYSTEM“. Zugriff am 08.12.2024. <https://www.desoi.de/catalog/de/prospekt-rissinstandsetzung-mit-dem-p6160/?search=1>

RISSE IM MAUERWERK

BESTANDSFOTOS



Abb. 6.17: Vertikaler Riss



Abb. 6.18: Getreppter Riss

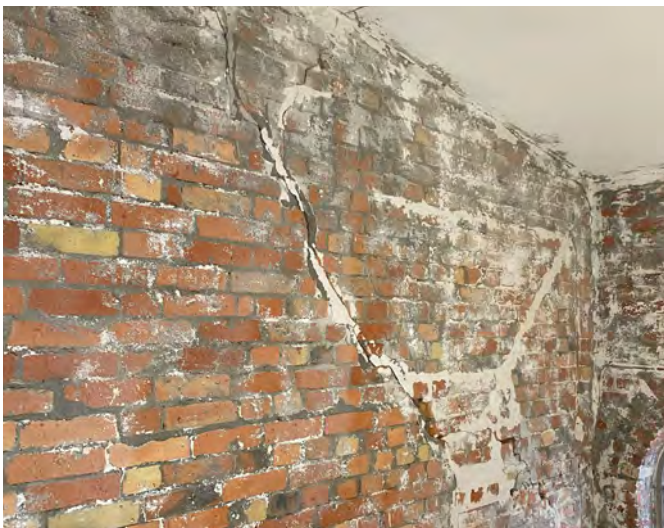


Abb. 6.19: Getreppter Riss



Abb. 6.20: Getreppter Riss



Abb. 6.21: Craquelée Riss



Abb. 6.22: Korrosionsschäden



Abb. 6.23: Horizontaler Riss



Abb. 6.24: Horizontaler Riss



Abb. 6.25: Zugband zur temporären Absicherung



Abb. 6.26: Zugband zur temporären Absicherung



Abb. 6.27: Zugband zur temporären Absicherung



Abb. 6.28: Träger und Zugband zur temporären Absicherung



Abb. 6.29: Ankerplatte



Abb. 6.30: Zugbandhülse und Gewindestange



Abb. 6.31: Zugbandhülse und Gewindestange



Abb. 6.32: Getreppter Riss und Zugband



Abb. 6.33: Zugband



Abb. 6.34: Zugband



Abb. 6.35: Verschweißtes Zugband



Abb. 6.36: Zugbandhülse



Abb. 6.37: Korrosionsschäden



Abb. 6.38: Korrosionsschäden



Abb. 6.39: Korrosionsschäden



Abb. 6.40: Korrosionsschäden

PUTZ & BESCHICHTUNG

BESTAND

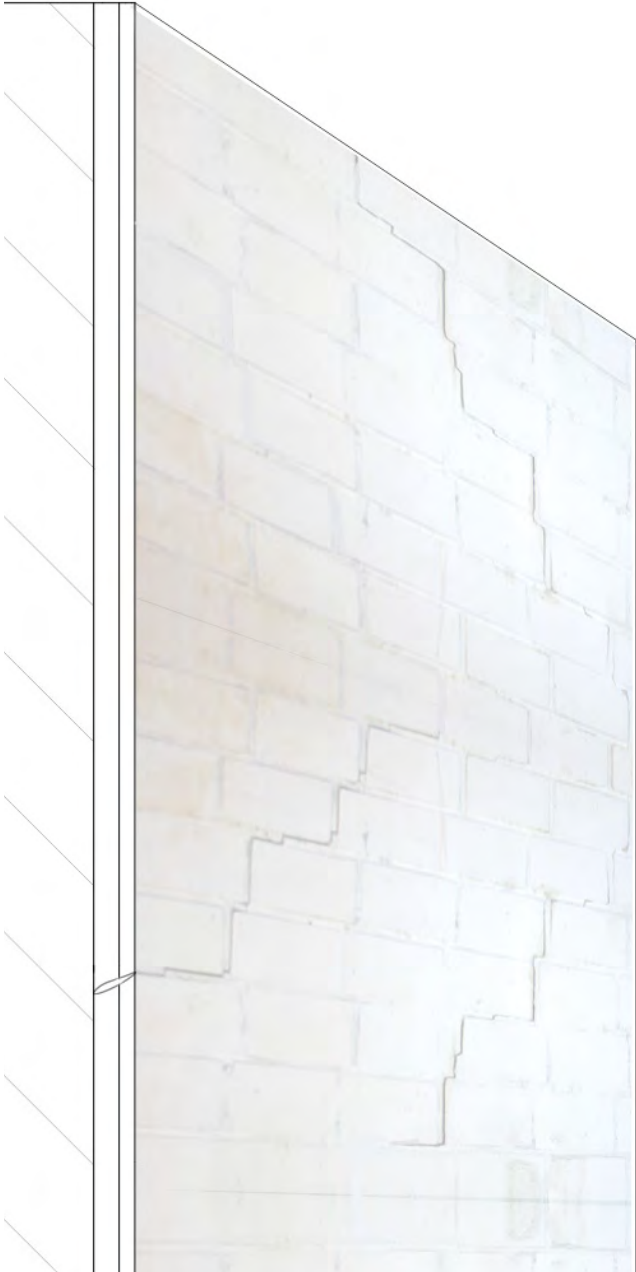


Schadensbild A : Putzbedingter Riss
z.B. Schwindriss

Historische Putzfassade

Innenputz	2 mm
Mauerwerk	530 mm
Unterputz (Grobputz, mineral. Putz)	15 mm
Oberputz (Feinputz, Kalkputz)	4 mm
Farbanstrich	2 mm

Abb. 7.1: Schadensbild A: Putzbedingter Riss o.M.

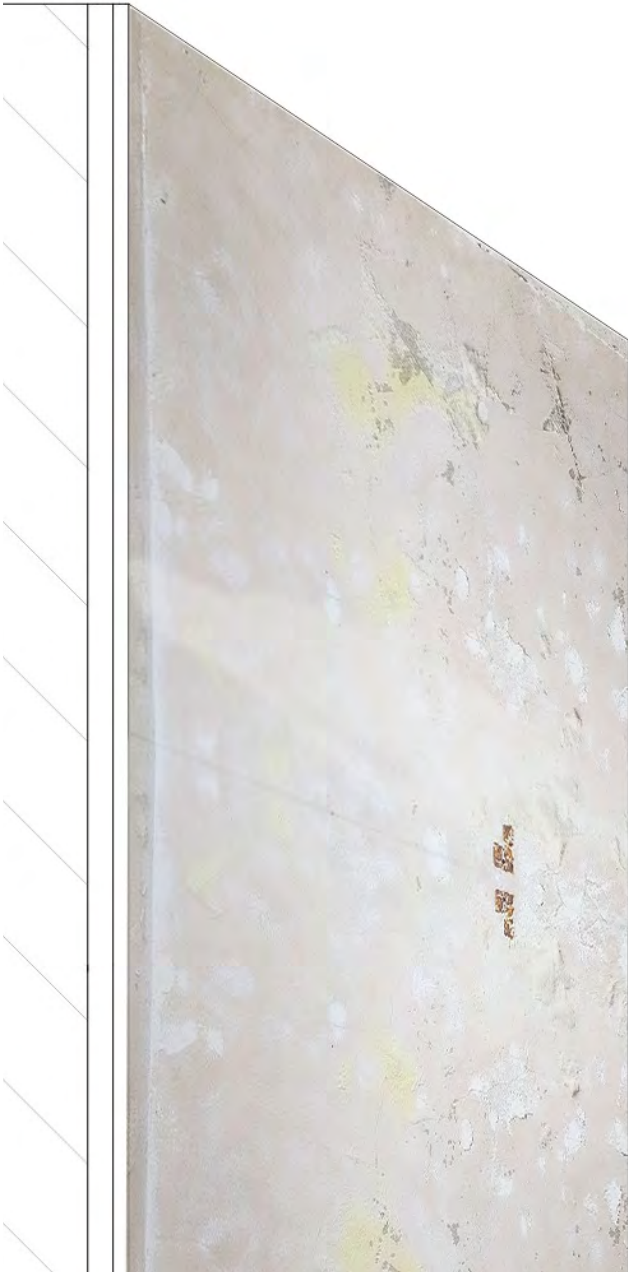


Schadensbild B: Putzgrundbedingter Riss
z.B. Fugenriss

Historische Putzfassade

Innenputz	2 mm
Mauerwerk	530 mm
Unterputz (Grobputz, mineral. Putz)	15 mm
Oberputz (Feinputz, Kalkputz)	4 mm
Farbanstrich	2 mm

Abb. 7.2: Schadensbild B: Putzgrundbedingter Riss o.M.



Schadensbild C: Salzausblühungen und
Putzabplatzungen

Historische Putzfassade

Innenputz	2 mm
Mauerwerk	530 mm
Unterputz (Grobputz, mineral. Putz)	15 mm
Oberputz (Feinputz, Kalkputz)	4 mm
Farbanstrich	2 mm

Abb. 7.3: Schadensbild C: Salzausblühungen und Putzabplatzungen o.M.



Abb. 7.4: Bellealliancestrasse Gloria: weites Rissbild in der Fassade



Abb. 7.5: Rissbildung horizontal



Abb. 7.6: Rissbildung vertikal



Abb. 7.7: Salzausblühungen im Sockelbereich



Abb. 7.8: Risse und Putzabplatzungen am Wasserabfluss

FUNKTION DES PUTZES

Außenputz ist ein mehrschichtiger Belag aus Putzmörtel oder Beschichtungsstoffen, der durch Verfestigung seine endgültigen Eigenschaften erhält.^{7.1} Er besteht in der Regel aus einem Unter- und einem Oberputz und erfüllt drei wesentliche Funktionen: Schutz, Gestaltung und bauphysikalische Optimierung. Außenputz schützt das Mauerwerk vor Witterungseinflüssen wie Regen, Frost und UV-Strahlung und sorgt für Feuchteschutz, wobei wasserhemmende bis wasserabweisende Eigenschaften möglich sind. Darüber hinaus ermöglicht Außenputz eine vielfältige Fassadengestaltung und trägt zur Wärmedämmung sowie zur Feuchtigkeitsregulierung bei.^{7.2}

Die DIN 18550 unterscheidet drei Beanspruchungsgruppen, die den Schutzgrad gegen Schlagregen und spezifische Zusammensetzungen festlegen.^{7.2} Außerdem gibt es Putze mit mineralischen Bindemitteln und Putze mit organischen Bindemitteln, wie Kunstharzputze oder Dispersionsputze.^{7.1} Heute kommen überwiegend mineralische Putze zum Einsatz, da sie kostengünstiger sind, auch wenn Kunstharzputze thermisch belastbarer sein können.^{7.1}

GRÜNDERZEITLICHE BAUWEISE

Die Fassaden der Gründerzeit in Hamburg spiegelten die technischen und ästhetischen Möglichkeiten des 19. Jahrhunderts wider. Es wurden vor allem Kalkputze verwendet, da sie feuchtigkeitsregulierende Eigenschaften haben. Diese Putze bestanden aus Kalk, Sand und Wasser und wurden oft mit organischen Zusätzen wie Tierhaaren verstärkt. Gegen Ende der Epoche setzte sich Kalkzementputz durch, der wetterbeständiger war. Die Verarbeitung erfolgte in mehreren Schichten: Ein grober Unterputz sorgte für Stabilität, während dekorative Oberflächen mit Techniken wie Spritz- oder Kellenwurftechnik sowohl ästhetische als auch schützende Funktionen erfüllten.^{7.3}

VERARBEITUNG

Die Verarbeitung beginnt mit der Vorbereitung des Untergrunds, der sauber, trocken und tragfähig sein muss. Haftgrund, Grundierung oder Spritzbewurf verbessern die Haftung. Der Un-

terputz (10–15 mm) wird aufgetragen, wobei rissgefährdete Bereiche Armierungsgewebe erhalten. Nach 7–14 Tagen Trocknung folgt der Oberputz (2–5 mm), der strukturiert wird. Sorgfältige Nachbehandlung, Schutz vor Witterung und ggf. Anfeuchten mit Sprühnebel fördern ein gleichmäßiges Abbinden, besonders bei Kalkputzen, und reduzieren Rissbildung. Nach dem Aushärten sind diffusionsoffene Kalk- oder Silikatfarben ideal, da sie die Atmungsfähigkeit des Putzes erhalten.^{7.4}

SCHADENSBILDER PUTZ & BESCHICHTUNGEN

Mängel oder Schäden zeigen sich ganz vielfältig an Fassaden, zum Beispiel durch Riss- und Blasenbildungen, Verfärbungen und Abplatzungen. Sie lassen sich in drei Hauptkategorien unterteilen:

Die erste Kategorie umfasst putzbedingte Schäden, die durch Schwinden, Quellen oder Temperaturdehnungen entstehen. Ein häufiges Beispiel sind Schwindrisse (Abb. 7.1), die auftreten, wenn der Putz durch Schwinden oder Temperaturveränderungen seine Festigkeit überschreitet, oft wegen fehlerhafter Ausführung oder schlechter Verbindung zum Untergrund. Diese Risse zeigen sich häufig in netz- oder y-förmigen Strukturen.^{7.2}

Die zweite Kategorie umfasst putzgrundbedingte Schäden, die durch Probleme des Untergrunds wie unzureichende Haftung oder Instabilität entstehen. Fugenrisse (Abb. 7.2) entstehen, wenn Fugen im Mauerwerk nicht vollständig vermörtelt sind, was Spannungsunterschiede und Schwächungen im Putz verursacht. Diese Risse verlaufen meist entlang der Mauerwerksfugen. Weitere Schäden entstehen durch Kerbwirkungen, etwa an Fensterecken, wo Feuchtigkeits- und Temperaturänderungen (hygrothermische Änderungen) zu Verformungen und diagonal verlaufenden Rissen führen.^{7.2}

Die dritte Kategorie umfasst konstruktionsbedingte Schäden, die durch bauliche Faktoren wie Setzungen oder fehlerhafte Anschlüsse entstehen und die Tragfähigkeit des Gebäudes beeinträchtigen können.^{7.2}

RANDEFFEKTE

Randeffekte können Putzschäden verursachen, da an den Rändern andere Spannungen und Verformungen auftreten als in der Wandmitte. Diese Verformungen verringern bei wiederholter Belastung die Haftfestigkeit des Putzes und fördern Ablösungen.^{7.2}

SALZAUSBLÜHUNGEN

Ein weiteres häufiges Problem sind Salzausblühungen (Abb. 7.3), die durch Salze entstehen, die früher, als noch keine modernen Kanalisationssysteme existierten, von außen in das Mauerwerk gelangten. Unbefestigte Straßen dienten als Abwasserrinnen, und das Wasser enthielt Harnstoff, der durch Bakterien zu Nitrat umgewandelt wurde (Mauersalpeter). Heute sind solche Salze selten, aber Eigensalze aus Mauersteinen oder Mörtel können bei ungünstigen Bedingungen ähnliche Effekte verursachen. Mauersalze sind Salze, die im Mauerwerk durch den Einsatz von bestimmten Baustoffen (wie Mörtel oder Steinen) entstehen und hygroskopisch sind, also Feuchtigkeit anziehen. Der Wechsel zwischen feucht und trocken führt zu Kristallisationsdruck, bei dem die Salze auskristallisieren und Druck auf das Material ausüben, was langfristig Ausblühungen und Schäden verursacht.^{7.2}

ALTERUNG UND FASSADENPFLEGE

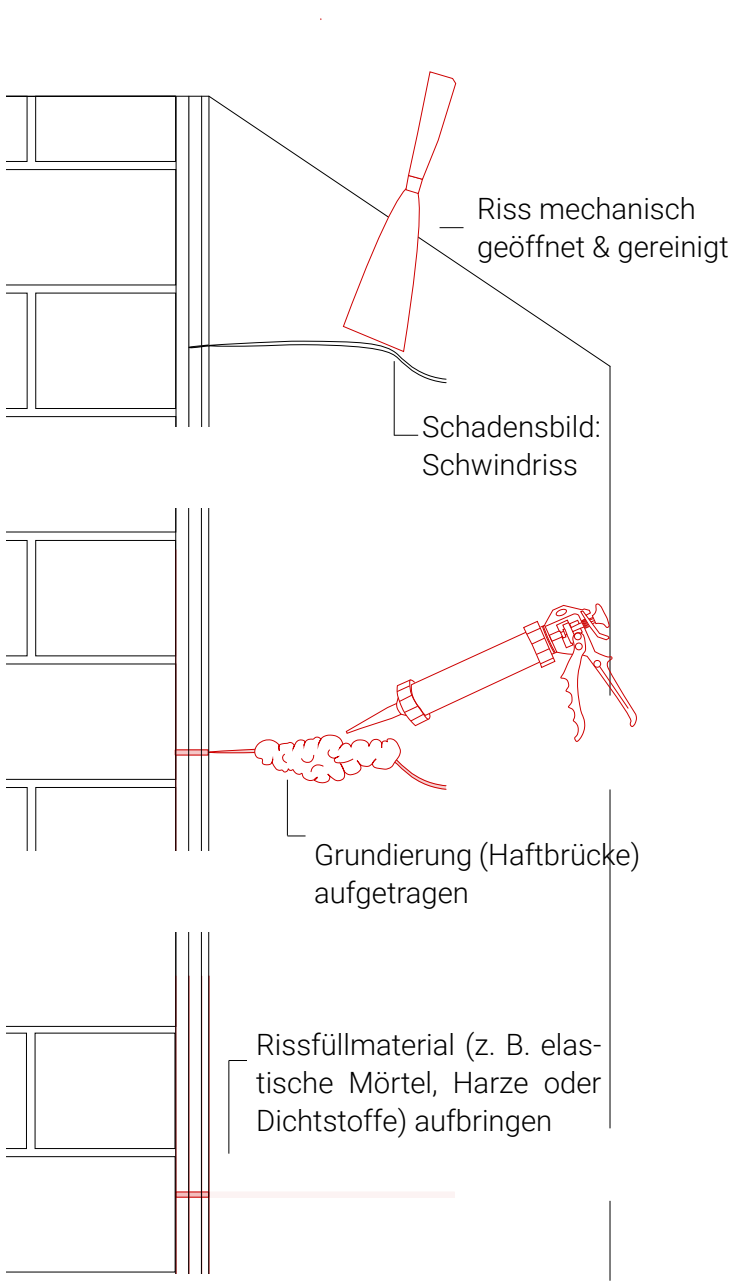
Die Alterung von Putzen wird vor allem durch Feuchtigkeitseinflüsse wie Quellen und Schwinden herbeigeführt, wobei diese stärker wirken als thermische Veränderungen. Kunstharzputze altern durch Versprödung, während mineralische Putze durch Absanden oder Nachverfestigung Risse bilden können. Besonders an Wetterseiten, die häufig dem Wechsel von Regen und Sonne ausgesetzt sind, treten Schäden auf.^{7.2} Um langfristige Schäden zu vermeiden, ist eine regelmäßige Fassadenpflege erforderlich. Dazu gehörten die Reparatur von Fehlstellen, das Erneuern von Anstrichen und das Verfugen von Sichtmauerwerk. Auch natürliche Alterungsprozesse, wie die Bildung einer Patina, sollten in die Instandhaltungsmaßnahmen einbezogen werden, um die Funktionalität und Ästhetik der Fassade zu erhalten.^{7.2}

QUELLEN

- 7.1 Georg Giebeler, et al. „Sanierungsatlas: Instandhaltung, Umbau, Ergänzung.“ S. 95-96. (Birkhäuser Verlag, 2008)
- 7.2 Künzel, Helmut. „Außenputze - früher und heute: Wissenschaftliche Erkenntnisse, Praxis und Normung“ (Fraunhofer IRB Verlag, 2015). S. 46–70.
- 7.3 bauhandwerk. „Historische Putztechniken“ (o.D.). Zugriff 14.11.2024. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Historische_Putztechniken-1458056.html
- 7.4 Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft (WTA). Merkblatt 2-7-01/D: Kalkputze in der Denkmalpflege (Fraunhofer IRB Verlag, Deutsche Fassung von September 2002). S.9-10

PUTZ & BESCHICHTUNG

KONVENTIONELLE SANIERUNG

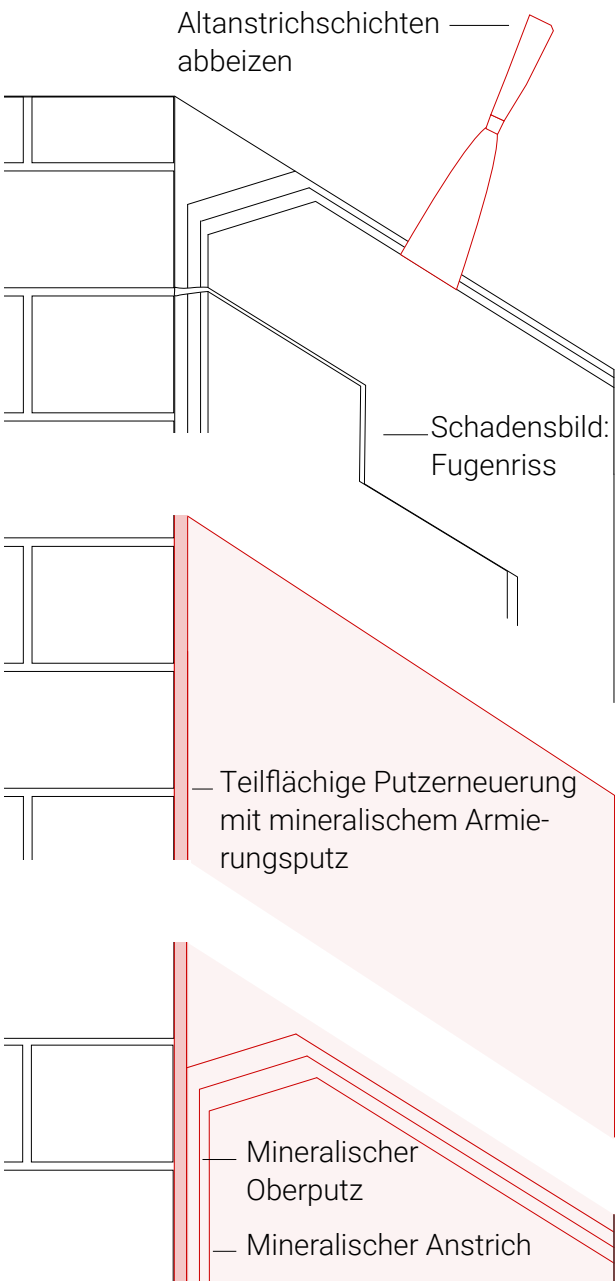


Sanierung A: Putzbedingter Riss
z.B. Schwindriss

Historische Rückfassade

Innenputz	2 mm
Mauerwerk	530 mm
Unterputz (Grobputz, mineral. Putz)	15 mm
Oberputz (Feinputz, Kalkputz)	4 mm
teilweise erneuert	
Farbanstrich teilweise erneuert	2 mm

Abb. 7.9: Sanierung A: Putzbedingter Riss o.M.

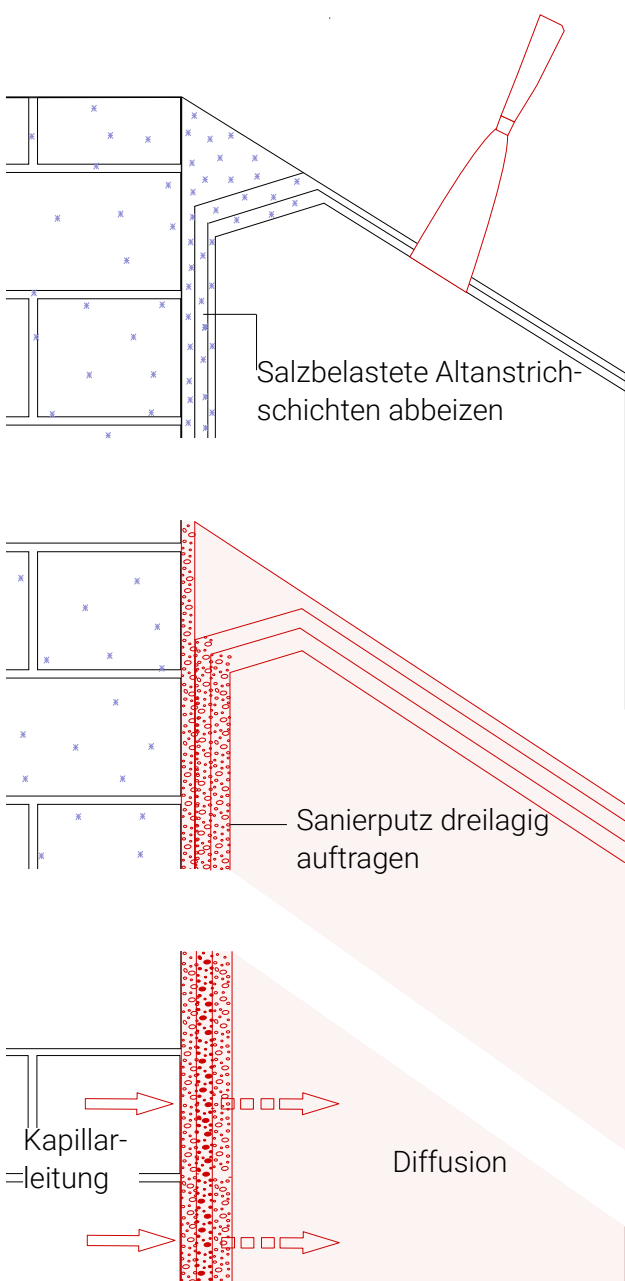


Sanierung B: Putzgrundbedingter Riss
z.B. Fugenriss

Historische Rückfassade

Innenputz	2 mm
Mauerwerk	530 mm
Altanstrichschichten abbeizen	
teilflächige Putzerneuerung	
Mineralischer Armierungsputz	4 mm
Mineralischer Oberputz	4 mm
Mineralischer Farbanstrich	2 mm

Abb. 7.10: Sanierung B: Putzgrundbedingter Riss o.M.



Sanierung C: Sanierputz gegen
Salzausblühungen

Historische Rückfassade

Innenputz	2 mm
Mauerwerk	530 mm
Altanstrichschichten abbeizen	
Sanierputz auftragen	18 mm
Mineralischer Farbanstrich	2 mm

Abb. 7.11: Sanierung C: Salzausblühungen und Putzabplatzungen o.M.

Für die Sanierung von Außenputzfassaden sind verschiedene Maßnahmen je nach Schadensbild erforderlich. Lose Putzschichten sind zu entfernen und zu ersetzen, wobei der neue Putz dem Untergrund angepasst werden muss. Risse werden je nach Größe mit Mörtel, Gewebespachtel oder durch Dehnfugen behandelt. Außerdem muss der Feuchteintritt in die Wand durch Horizontalsperren oder Abdichtungen verhindert werden. Feuchte Wände erfordern einen offenporigen Putz, um Salzausblühungen zu vermeiden.^{7.1}

PUTZARTEN

Es gibt verschiedene Putzarten, die sich durch ihre Bindemittel und Eigenschaften unterscheiden. Kalkputz (P I) ist ideal für Innenräume und Gründerzeitgebäude, da er Feuchtigkeit reguliert und das Raumklima verbessert. Kalkzementputz (P II) ist vielseitig, wasserabweisend und eignet sich für Innen- und Außenwände. Zementputz (P III) ist druckfest und wasserabweisend, während Gipsputz (P IV) feuchtigkeitsregulierend und leicht zu verarbeiten ist, jedoch nicht wasserabweisend. Kunstharzputz (P Org) ist widerstandsfähig, benötigt jedoch festere, hydraulisch gebundene Untergründe. Lehmputz ist besonders atmungsaktiv und sorgt für ein gesundes Raumklima.^{7.5} Bei der Sanierung von Gründerzeitgebäuden wird oft mineralischer Kalkputz verwendet, da er durch seine Diffusionsfähigkeit die Feuchtigkeit reguliert und die Bausubstanz schützt.^{7.6}

METHODEN

Im Mittelpunkt der Sanierung von Putzen und Beschichtungen steht das WTA-Merkblatt 2-4, das detaillierte Verfahren zur Instandsetzung von Putz- und Risssschäden beschreibt und grundlegende Prinzipien für die Fassadensanierung festlegt. Abhängig von der Art der Risse und dem Schadensbild können gemäß diesem Merkblatt zwei unterschiedliche Verfahren zur Rissinstandsetzung gewählt werden.^{7.6}

Verfahren E (punktuelle Rissinstandsetzung) wird angewendet, wenn die Risse einzeln und lokal begrenzt sind, keine großflächigen Schäden oder Haftungsprobleme vorliegen und der Putz insgesamt tragfähig und intakt ist. Dies gilt insbesondere bei Rissbreiten bis 0,5 mm, die keine strukturellen Pro-

bleme anzeigen.^{7.6}

Verfahren F (flächige Instandsetzung) kommt zum Einsatz, wenn die Risse systematisch oder großflächig auftreten, Hohlstellen oder Haftungsstörungen vorliegen oder der Schaden die gesamte Putzschicht betrifft. Dieses Verfahren ist notwendig, um eine stabile und einheitliche Erneuerung der Putzfläche zu gewährleisten. Die Entscheidung für dieses Vorgehen hängt von der Größe der Risse, der Art der Schäden und der Haftung des Putzes am Untergrund ab.^{7.6}

SANIERUNG SCHWINDRISSE (ABB. 7.9):

Zunächst wird der Riss bewertet, wobei Breite, Tiefe und Ursache untersucht und die Putzintegrität geprüft werden. Anschließend wird der Riss mechanisch V- oder U-förmig geöffnet und gründlich gereinigt. Falls nötig, wird eine Haftbrücke oder Grundierung aufgetragen, um die Verbindung zum Füllmaterial zu verbessern. Danach wird ein geeignetes Füllmaterial, wie elastischer Mörtel oder Harz, eingebracht und die Oberfläche geglättet. Abschließend wird die Stelle durch Schleifen oder Spachteln angepasst, optional folgt eine Farb- oder Strukturangleichung, um ein einheitliches Erscheinungsbild zu gewährleisten.

Diese Methode ermöglicht eine gezielte Instandsetzung, bei der Risse punktuell geschlossen werden, um Spannungen aufzunehmen und Folgeschäden zu vermeiden. Sie ist besonders kostengünstig und minimalinvasiv, eignet sich jedoch nur für kleinere, inaktive Risse. Bei aktiven Rissen sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, um Bewegungen auszugleichen.^{7.6}

SANIERUNG FUGENRISSE (ABB. 7.10):

Bei Fugenrissen, die großflächig auftreten und deren Haftung gestört ist, ist eine flächige Rissinstandsetzung nach Verfahren F erforderlich. Nach einer umfassenden Schadensbewertung wird die gesamte Putzfläche auf Risse, Hohlstellen und Haftungsprobleme untersucht. Anschließend werden Altanstriche abgebeizt und der beschädigte Putz entfernt. In der Untergrundvorbereitung wird die Tragfähigkeit geprüft und, falls erforderlich, durch Haftbrücken oder Armierungen verstärkt. Danach erfolgt der Auftrag einer frischen Putzschicht,

die gemäß den Verarbeitungsvorgaben eingebracht wird. Abschließend wird die Oberfläche durch passende Struktur- und Farbangleichung gestaltet, um eine optische Einheit herzustellen.

Dieses Verfahren stärkt die gesamte Putzfläche nachhaltig, da es weitverzweigte Rissysteme erfasst und Spannungen besser aufnimmt. Es ist besonders geeignet für großflächige Schäden oder komplexe Rissysteme, insbesondere bei Gebäuden mit signifikanter Spannungsbelastung. Der Aufwand und die Kosten sind jedoch höher, und ohne die Ursachen der Rissbildung zu beheben, können neue Schäden auftreten.^{7.6}

SANIERUNG AUSBLÜHUNGEN (ABB. 7.11):

Die Sanierung von Salzausblühungen erfolgt durch das Entfernen des geschädigten Putzes und eine flächige Instandsetzung mit Sanierputz (Verfahren F). Dieser Sanierputz reguliert den Feuchtetransport und schützt die Oberfläche, indem er die Salze in seinen Poren einschließt. Dadurch wird die Feuchtigkeitsbelastung der Oberfläche reduziert, was zu einer Verbesserung des Raumklimas führt. Bei Altbauten, in denen Salzausblühungen und Putzschäden aufgrund eines über die Zeit erhöhten Salzgehalts entstanden sind, wird der alte Putz entfernt und durch den Sanierputz ersetzt.^{7.7}

Der Sanierputz hat die Aufgabe, den Feuchtetransport aus dem Mauerwerk nach außen zu optimieren, wobei der Salztransport durch Kapillarwirkung reduziert und stattdessen die Dampfdiffusion gefördert wird. Dieser Putz ist leicht hydrophobiert, porenreich und diffusionsoffen. Wird er in zwei Schichten aufgetragen, sollte der Grundputz weniger hydrophob sein als der obere Sanierputz. Auf diese Weise finden die im Grundputz eingelagerten Salze ausreichend Raum, um auszukristallisieren, ohne in den Oberputz zu gelangen – vorausgesetzt, die Schichten sind korrekt aufeinander abgestimmt. So werden sowohl die sichtbaren Salzausblühungen als auch die Schäden durch Salzkristallisationen effektiv beseitigt.^{7.7}



Abb. 7.12: Putzschäden durch Salzeinwirkungen



Abb. 7.13: Abbeizen der Altanstrichschichten



Abb. 7.14: Sanierputz von Hand angeworfen



Abb. 7.15 Auftragen des Sanierputzes

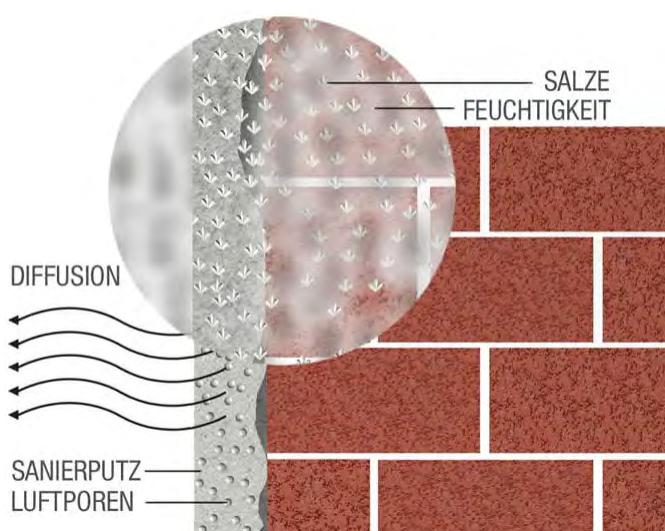


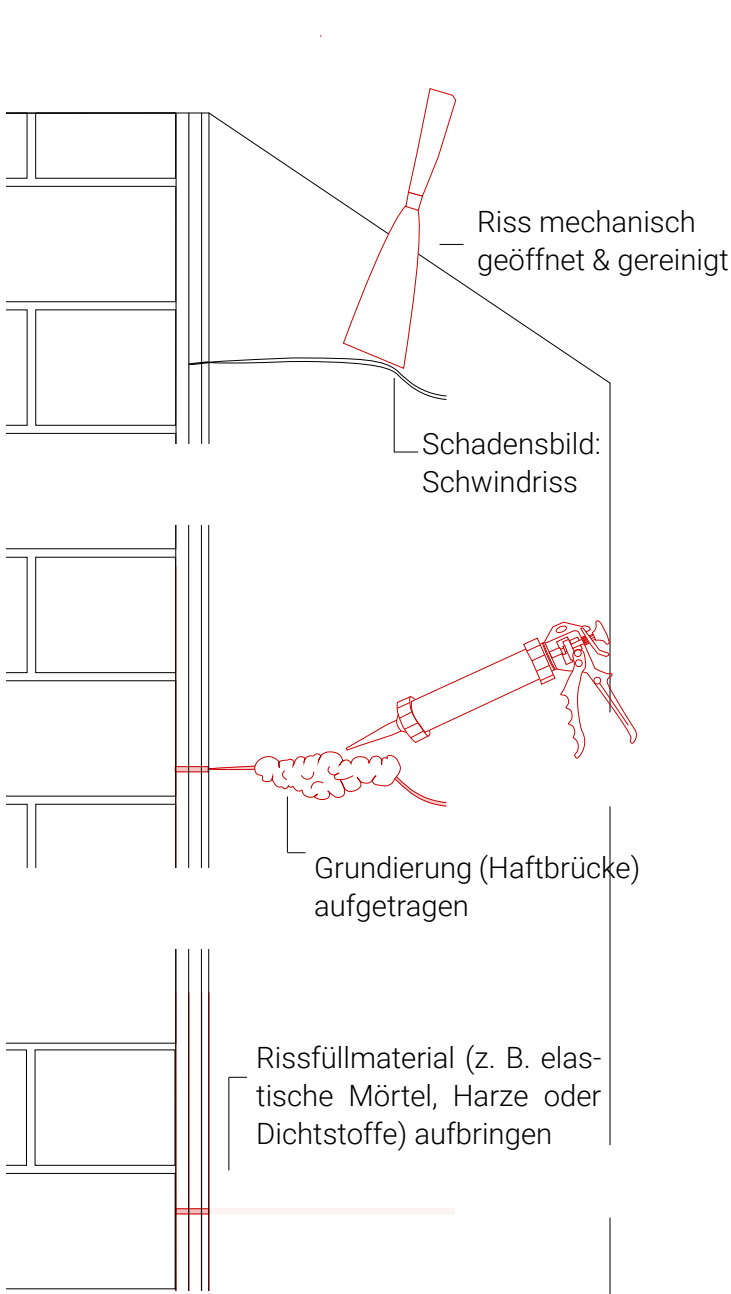
Abb. 7.16: Funktion Sanierputz

QUELLEN

- 7.5 Hornbach. „Putzarten“. (o.D.). Zugriff 10.01.2024. <https://www.hornbach.de/projekte/putzarten/>
- 7.6 Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft (WTA). Merkblatt 2-4 Beurteilung und Instandsetzung gerissener Putze an Fassaden. (Fraunhofer IRB Verlag, Ausgabe: 08.2014/D, Deutsche Fassung vom August 2008), S. 4, 13–19.
- 7.7 Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft (WTA). Merkblatt E-2-9: Sanierputzsysteme (Fraunhofer IRB Verlag, Ausgabe: 06.2018/D, Deutsche Fassung vom Juni 2018), S. 5,20-21

PUTZ & BESCHICHTUNG

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

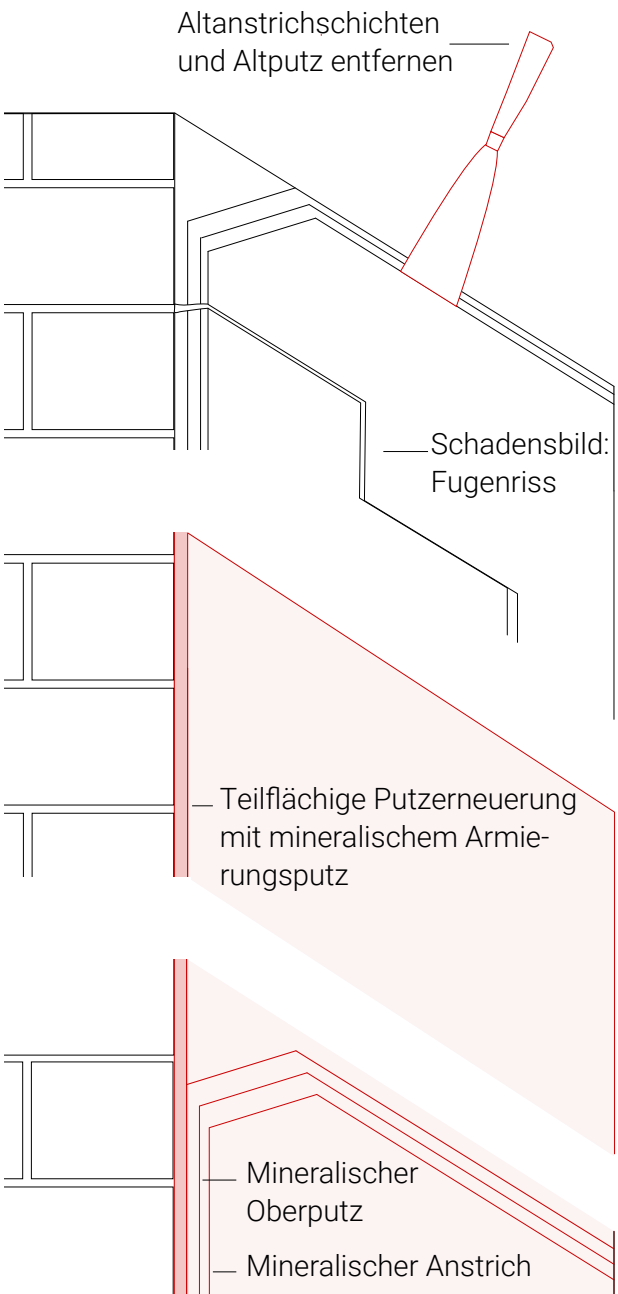


Sanierung A: Putzbedingter Riss
z.B. Schwindriss

Historische Rückfassade

Innenputz	2 mm
Mauerwerk	530 mm
Unterputz (Grobputz, mineral. Putz)	15 mm
Oberputz (Feinputz, Kalkputz)	4 mm
teilweise erneuert	
Farbanstrich teilweise erneuert	2 mm

Abb. 7.17: Sanierung A: Putzbedingter Riss o.M.

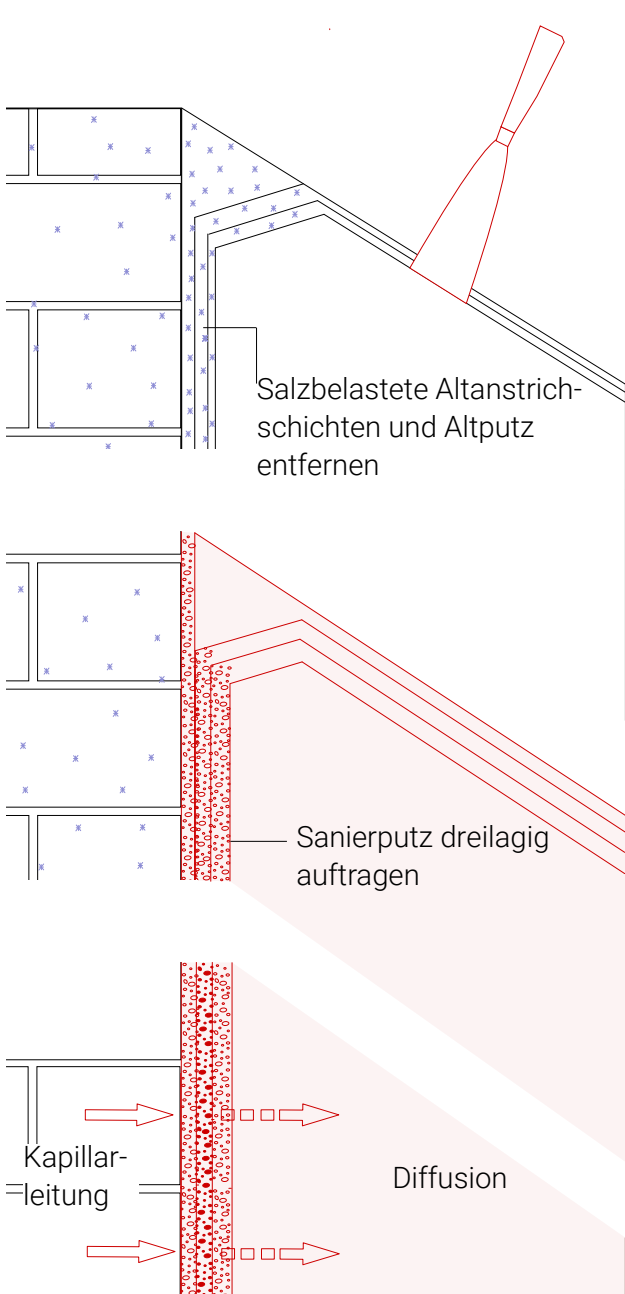


Sanierung B: Putzgrundbedingter Riss
z.B. Fugenriss

Historische Rückfassade

Innenputz	2 mm
Mauerwerk	530 mm
Altanstrichschichten entfernen	
Teilflächige Putzerneuerung	
Mineralischer Armierungsputz	4 mm
Mineralischer Oberputz	4 mm
Mineralischer Farbanstrich	2 mm

Abb. 7.18: Sanierung B: Putzgrundbedingter Riss o.M.



Sanierung C: Sanierputz gegen
Salzausblühungen

Historische Rückfassade

Innenputz	2 mm
Mauerwerk	530 mm
Altanstrichschichten und Altputz entfernen	
Sanierputz auftragen	18 mm
Mineralischer Farbanstrich	2 mm

Abb. 7.19: Sanierung C: Salzausblühungen und Putzabplatzungen o.M.

Die drei Sanierungsmethoden – A: punktuelle Rissinstandsetzung (Verfahren E), B: flächige Rissinstandsetzung (Verfahren F) und C: Sanierung von Salzausblühungen mit Sanierputz – sind bewährte Techniken, die besonders bei historischen Gebäuden genutzt werden. Neben ihren Vorteilen gibt es auch kritische Punkte, die im Folgenden erläutert werden.

A - PUNKTUELLE RISSINSTANDSETZUNG (VERFAHREN E)

Die punktuelle Rissinstandsetzung ist eine minimal-invasive Methode, die das Bauwerk schont, da keine großflächigen Eingriffe erforderlich sind. Sie ist flexibel und lässt sich mit einer Vielzahl von Materialien umsetzen. Besonders mineralische Injektionsstoffe wie Kalk und Zement sind vorteilhaft, da sie eine hohe Wasserdampf- und Kohlendioxid durchlässigkeit aufweisen und für historische Gebäude geeignet sind. Diese Materialien unterstützen die Feuchtigkeitsregulierung und verhindern Staunässe, die langfristig Schäden verursachen könnte.^{7.6}

Alternativ kann Silikatgel verwendet werden, das mit dem Untergrund chemisch reagiert, eine dauerhafte Verbindung eingeht und sich im Bedarfsfall rückstandslos entfernen lässt. Diese Eigenschaften machen mineralische Materialien nicht nur nachhaltig, sondern auch umweltfreundlich, da sie recycelbar sind.^{7.6}

Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode ist ihre Effizienz bei der gezielten Behandlung einzelner Risse. Sie ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Ursache der Risse bereits behoben wurde.^{7.6}

Kunstharze, die ebenfalls häufig für dieses Verfahren genutzt werden, bieten zwar rissüberbrückende Eigenschaften, sind jedoch nur begrenzt haltbar (10–15 Jahre) und reagieren empfindlich auf klimatische Einflüsse. Durch Schrumpfen können sie spröde werden, Feuchtigkeit stauen und so Frost- und Erosionsschäden an benachbarten Putzschichten und Ornamenten hervorrufen. Daher ist die Wahl des Materials entscheidend. Epoxidfreie Materialien minimieren chemische Reaktionen und sind damit schonender für die Bausubstanz.^{7.6} Bei aktiven Rissen stößt das Verfahren jedoch

an seine Grenzen. Hier sind zusätzliche strukturelle Maßnahmen wie Dehnungsfugen erforderlich, um Bewegungen aufzunehmen und eine erneute Rissbildung zu verhindern.^{7.1}

B - FLÄCHIGERISSINSTANDSETZUNG (VERFAHREN F)

Das Verfahren F bietet eine umfassende Behandlung, da es weitverzweigte Rissysteme erfasst und somit die Stabilität des gesamten Bauwerks erhöht. Risse, die sich nicht mehr bewegen, werden vergrößert, mit Haftbrücken oder Armierungen verstärkt und anschließend mit Mörtel geschlossen. Dies reduziert die Gefahr zukünftiger Rissbildungen und stärkt das Bauwerk nachhaltig. Durch die flächige Bearbeitung wird sichergestellt, dass auch kleinere, nicht sichtbare Risse behandelt werden, was insbesondere bei historischen Gebäuden wichtig ist, um weitere Schäden zu vermeiden. Elastische Materialien können Spannungen zwischen Untergrund und Injektionsstoff ausgleichen, wodurch das Risiko neuer Schäden minimiert wird.^{7.6}

Ein wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens ist, dass es oft kostenintensiv ist, besonders wenn umfassende strukturelle Maßnahmen erforderlich sind. Zudem kann es, ohne die Ursachen der Risse – wie Setzungen oder thermische Bewegungen – zu beheben, zu neuen Schäden kommen. Für aktive Risse sind Alternativen wie Dehnungsfugen oder strukturelle Verstärkungen langfristig wirksamer. Diese erfordern jedoch eine sorgfältige Planung und erhöhen die initialen Kosten der Sanierung.^{7.6}

Trotz der höheren Kosten ist dieses Verfahren wirtschaftlich sinnvoll, wenn großflächige Schäden oder komplexe Rissysteme vorliegen. Regelmäßige Kontrollen nach der Sanierung sind entscheidend, um die Entwicklung neuer Risse frühzeitig zu erkennen und größere Schäden zu vermeiden.^{7.6}

C - SANIERUNG VON SALZAUSBLÜHUNGEN MIT SANIERPUTZ

Sanierputz reguliert Feuchtigkeit und Salzbelastung, indem er Salze bindet und eine trockene Oberfläche gewährleistet. Dies verbessert das Raumklima, beugt Schimmelbildung vor und schützt die Oberfläche optisch und funktional.^{7.7} Alternativ

können Opferputze als vorbereitende Maßnahme eingesetzt werden, um stark belastetes Mauerwerk zu entsalzen, bevor ein Sanierputz aufgetragen wird. Dies erhöht dessen Lebensdauer und reduziert langfristig die Sanierungskosten.^{7.8}

Bei hoher Salzbelastung verliert Sanierputz an Wirksamkeit, da er durch Salzkristallisation gesättigt wird. Die Kombination mit Abdichtungen, Horizontalsperren oder Drainagen ist essenziell, um die Feuchtigkeitsquelle zu beseitigen. Ohne diese Maßnahmen bleibt der Sanierputz nur eine Symptombehandlung. Die initial höheren Kosten von Entsalzungsverfahren wie Opferputzen können sich bei stark belasteten Gebäuden mit hohem Restaurationswert wirtschaftlich lohnen, da sie die Erneuerungsintervalle von Sanierputz erheblich verlängern.^{7.7}

FAZIT UND EMPFEHLUNGEN

Die Wahl der Sanierungsmethode hängt maßgeblich vom Schadensbild, den Umweltbedingungen und den finanziellen Rahmenbedingungen ab. Für punktuelle Risse ist Verfahren E eine schonende, flexible und nachhaltige Lösung, insbesondere bei der Verwendung mineralischer Materialien. Flächige Schäden oder komplexe Rissysteme erfordern Verfahren F, kombiniert mit konstruktiven Maßnahmen, um langfristige Stabilität zu gewährleisten.^{7.6}

Für salzbelastetes Mauerwerk ist Sanierputz eine wirksame Lösung, jedoch nur in Kombination mit einer gründlichen Ursachenbeseitigung.^{7.7} Opferputzsysteme sind bei stark belasteten, historisch wertvollen Gebäuden eine sinnvolle Ergänzung, während bei weniger betroffenen Bauten einfache Abdichtungen oder Drainagen ausreichend sein können.^{7.8}

Insgesamt ist eine gründliche, ganzheitliche Schadensanalyse entscheidend, um die richtige Methode zu wählen und eine nachhaltige und wirtschaftliche Sanierung zu gewährleisten.^{7.6}



Abb. 7.20: zementbasierter Injektionsstoff



Abb. 7.21: Flexibler Füller für Dehnungs- und Bewegungsfugen



Abb. 7.22: Sanierputz anmischen



Abb. 7.23: Horizontalsperre

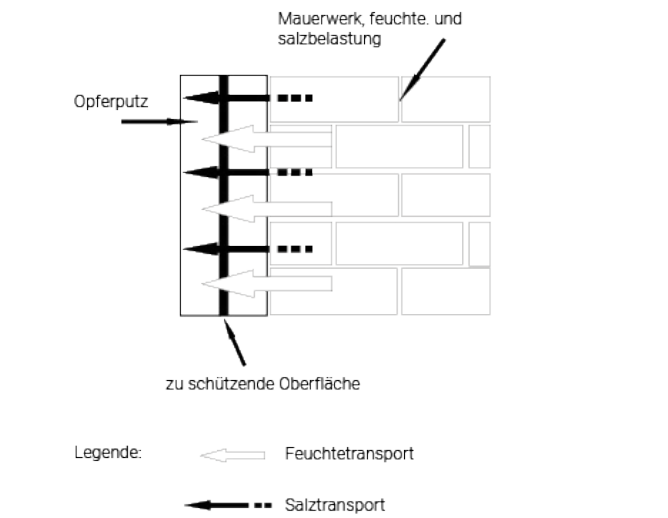


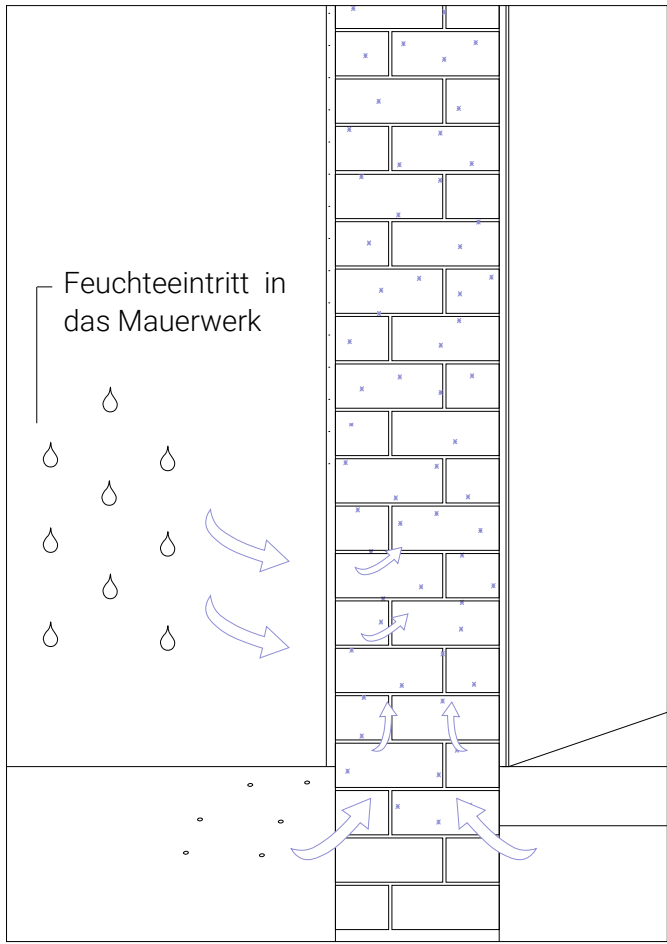
Abb. 7.24: Funktion Opferputz

QUELLEN

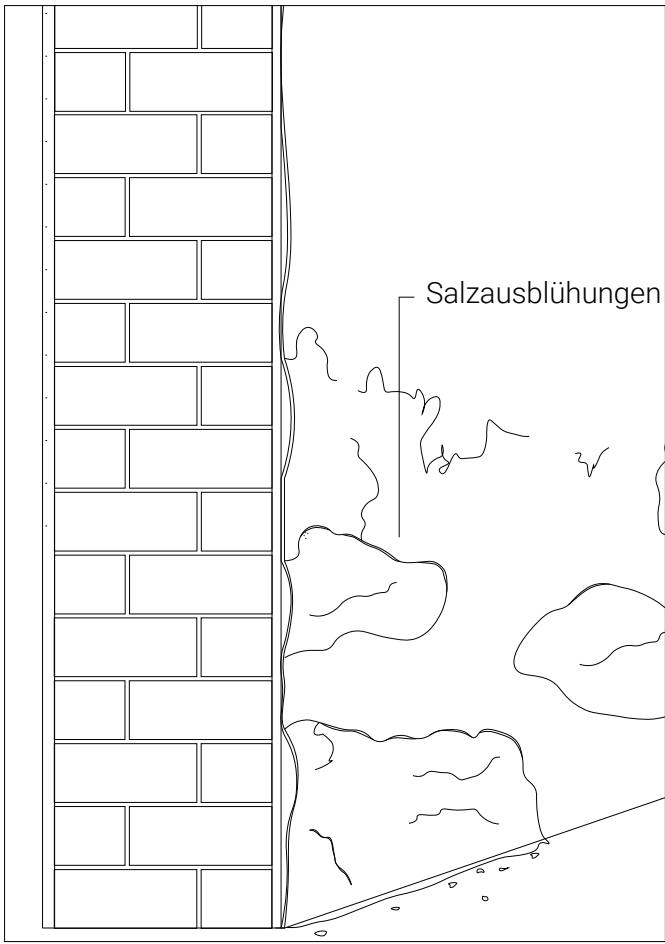
7.8 Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft (WTA), Merkblatt 2-10-06/D: Opferputze (Fraunhofer IRB Verlag, Ausgabe: 06.2018/D, Deutsche Fassung von März 2006), S. 6-7

PUTZ & BESCHICHTUNG

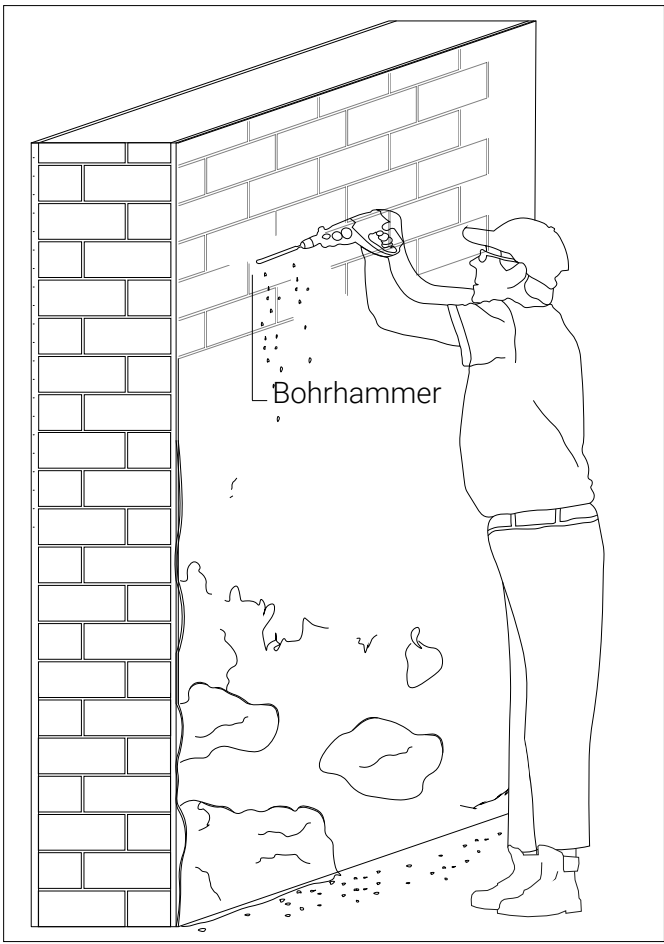
ARBEITSSCHRITTE



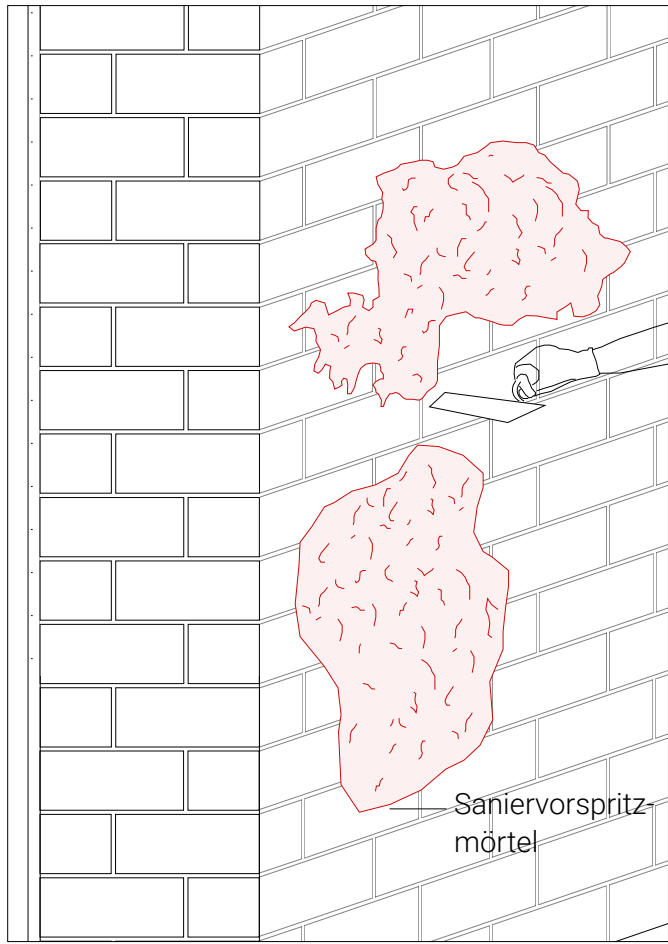
1. Feuchte- und Salzeintritt in die Wand und Bildung von Nitrat



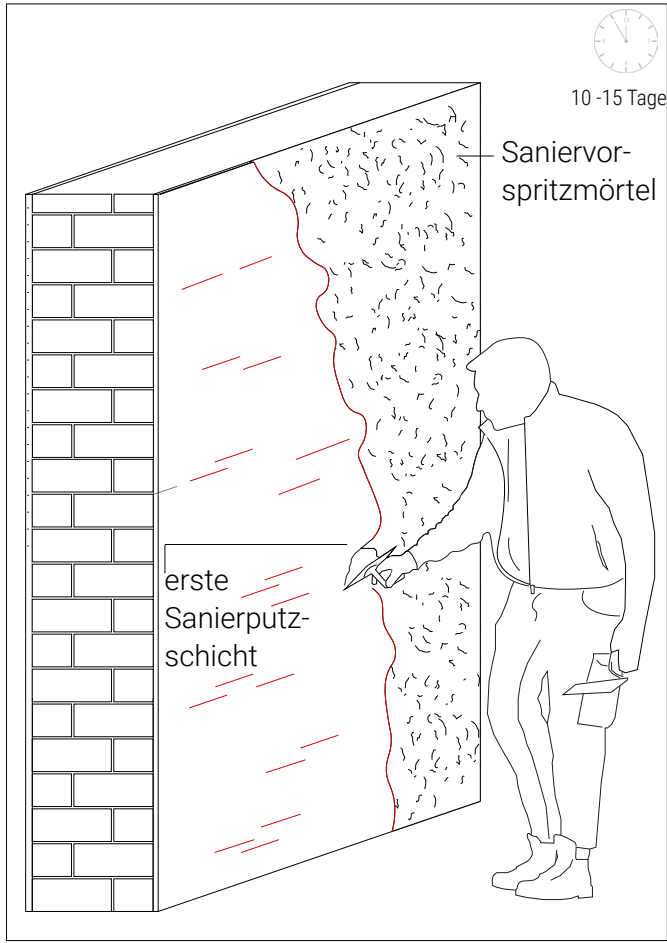
2. Bildung von Salzausblühungen und Putzabplatzungen an der Außenwand



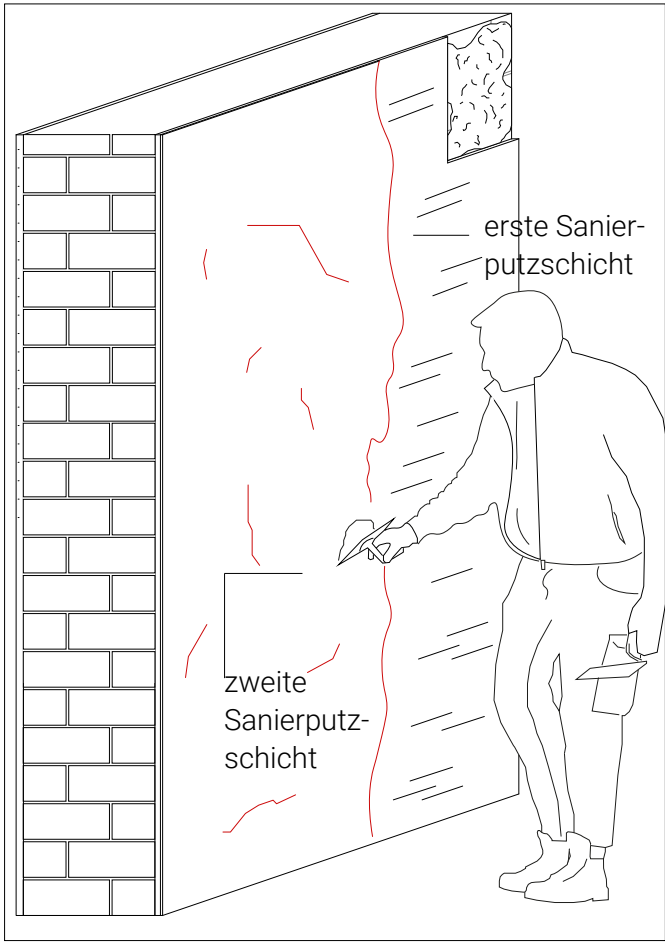
3. Entfernen des Altanstriches und Putzes z.B. mit einem Bohrhämmer



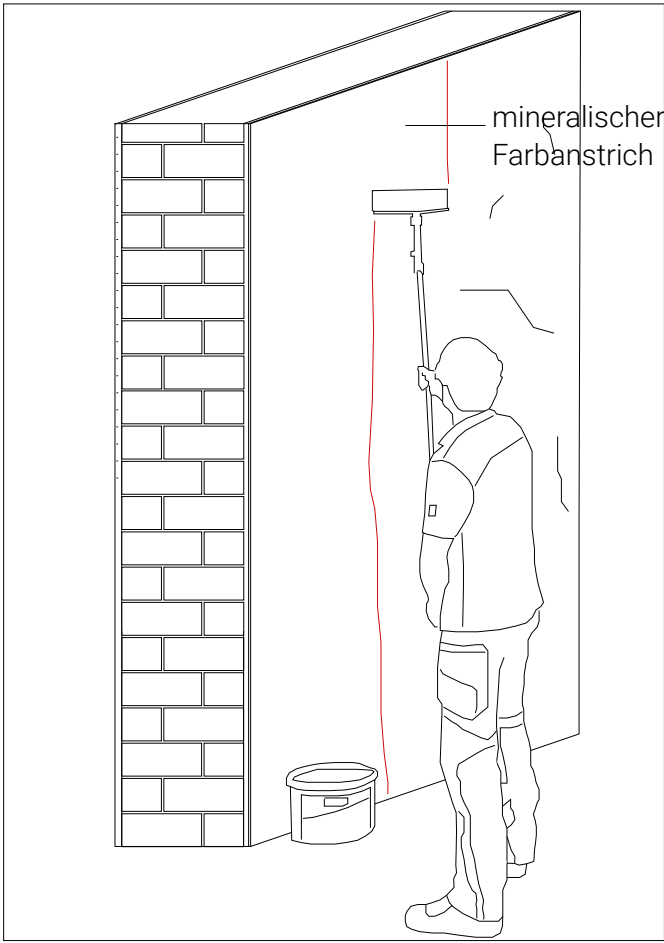
4. Auftragen des Sanievorspritzmörtels mit einer Mauerkelle an das Mauerwerk, um eine grobe, noppenartige Oberfläche herzustellen



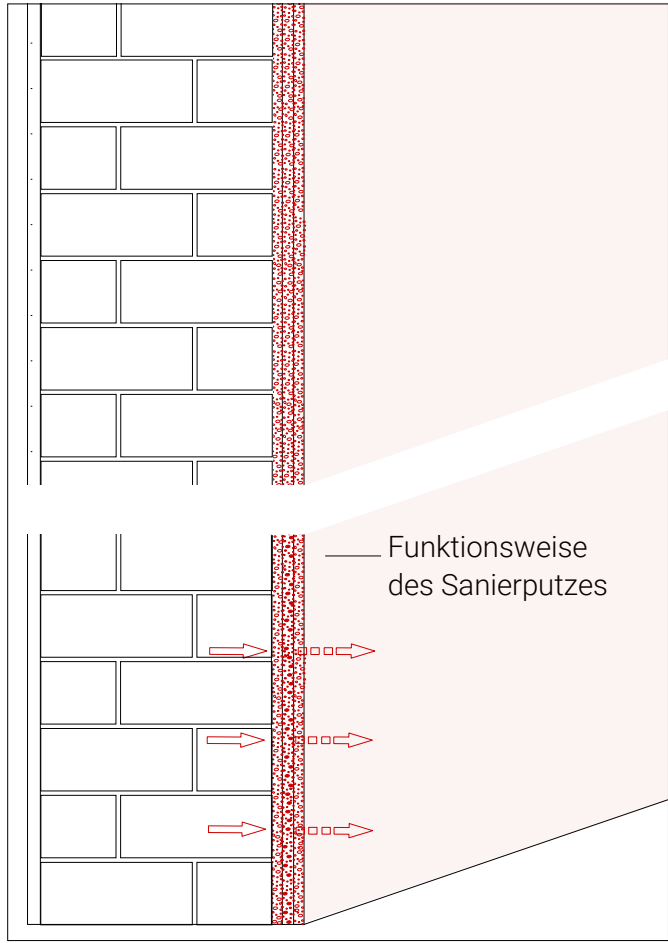
5. Auftragen der ersten Sanierputzschicht



6. Nach 10-15 Tagen das Auftragen der zweiten Schicht des Sanierputzes



7. Auftragen des mineralischen Farbanstriches, um Diffusionsoffenheit zu sichern



8. Funktionsweise des Sanierputzes: im Grundputz eingelagerten Salze haben genügend Porenraum, um auszukristallisieren, ohne in den Oberputz zu gelangen

Abb. 7.25: Arbeitsschritte Sanierung Putz o.M.

ARBEITSSCHRITTEZURSANIERUNGVONSALZ-AUSBLÜHUNGEN

Die Sanierung von Salzausblühungen beginnt mit der Entfernung des schadhaft gewordenen Altanstriches und des beschädigten Putzes. Chemisches Abbeizen erfolgt durch das vollflächige Auftragen der Beize, die die Farbschichten aufweicht. Nach einer Einwirkzeit werden die gelösten Schichten mit einem Spachtel abgeschabt.^{7,9} Obwohl dies eine effektive Methode sein kann, birgt sie ökologische und gesundheitliche Risiken. Daher wird in den meisten Fällen eine mechanische Entfernung bevorzugt. Mit Werkzeugen wie Bohrhämmern mit Meißelaufsätzen, Putzfräsen oder Schleifmaschinen können Altanstriche und Putzmaterialien schonend entfernt werden, wodurch auch das Mauerwerk besser geschützt wird (3).^{7,10}

Nachdem Altanstrich und Putz entfernt wurden, werden mübe und versalzte Mauerwerksfugen bis in eine Tiefe von 20 bis 30 mm ausgekratzt. Dies sorgt dafür, dass keine weiteren Salze in die neuen Materialien eindringen können. Die gereinigte Fläche wird gründlich entstaubt – wahlweise mit einem Besen oder einem leistungsstarken Staubsauger. Auf die vorbereitete Fläche wird anschließend ein Sanievorspritzmörtel aufgetragen (4). Dieser Mörtel sorgt für eine grobe, noppenartige Struktur, die die Haftung des nachfolgenden Sanierputzes erheblich verbessert. Der Sanierputz wird in zwei Schichten aufgetragen.

Die erste Schicht ist leicht hydrophobierend und porenreich, wodurch sie Feuchtigkeit aufnimmt, Salze speichert und dennoch diffusionsoffen bleibt (5). Diese Schicht wird in einer Dicke von 10 bis 15 mm aufgetragen und muss vollständig trocknen, bevor die zweite Lage folgt. Die Trocknungszeit beträgt etwa einen Tag pro Millimeter Schichtdicke. Die zweite Schicht dient als diffusionsoffene Deckschicht. Sie wird gleichmäßig aufgetragen, mit einer rostfreien Glättkelle glattgezogen und gegebenenfalls mit einem Filzbrett bearbeitet, um eine glatte und gleichmäßige Struktur zu erhalten (6).^{7,10} Zum Abschluss wird häufig ein mineralischer Anstrich aufgetragen, der die Wand schützt und die Diffusionsfähigkeit erhält (7).^{7,7}

VOR- UND NACHTEILE DER VERFAHREN

Mechanische Verfahren zur Entfernung von Altanstrichen und Putz sind umweltfreundlicher und materialschonender als chemische Alternativen. Chemisches Abbeizen birgt Risiken durch aggressive Lösemittel oder Alkalien, die oft nicht biologisch abbaubar sind und die Umwelt belasten. Mechanische Methoden minimieren diese Risiken und ermöglichen eine bessere Sortierung des Abfalls.^{7,9}

Ein Nachteil der Sanierung ist der zeitliche Aufwand, insbesondere durch die Trocknungszeiten der Sanierputzschichten. Bei stark versalzten Wänden kann die Putzdicke bis zu 30 mm betragen, was mehrere Wochen Trocknungszeit erfordert. Trotz-

dem bietet das Verfahren eine hohe Langlebigkeit und schützt das Mauerwerk langfristig vor Feuchtigkeit und Salzen.^{7,7}

KREISLAUFGERECHTE ALTERNATIVEN

Für eine nachhaltige und umweltgerechte Sanierung sollten kreislaufgerechte Ansätze bevorzugt werden. Mechanische Methoden zur Entfernung von Altanstrichen und Altputz ermöglichen es, den Putzabfall gezielt zu sammeln und aufzubereiten. Der entfernte Putz kann zerkleinert, gereinigt und als Zuschlagstoff für neue Mörtelmischungen genutzt werden. Dadurch wird der Abfall wieder in den Materialkreislauf integriert, was die Ressourcenschonung unterstützt.^{7,11}

Auch die Wahl der Anstriche spielt eine wichtige Rolle: Mineralische Anstriche wie Kalk- oder Silikatfarben sind optimal auf Sanierputz abgestimmt. Sie unterstützen die Feuchtigkeitsregulierung, verhindern Schimmelbildung und fördern die Atmungsaktivität der Wand. Gleichzeitig bieten sie eine umweltfreundliche Lösung, da sie aus natürlichen, biologisch abbaubaren Materialien bestehen. Diese Anstriche bilden zudem eine wirksame Barriere gegen Salzkristalle, ohne die Diffusionsfähigkeit der Wand zu beeinträchtigen. Solche kreislaufgerechten Alternativen tragen dazu bei, die Umweltbelastung zu reduzieren und die Bausubstanz nachhaltig zu erhalten.^{7,7}

QUELLEN

- 7.9 sanier.de, „Abbeizen: Farbe und Lack entfernen“ (o.D.). Zugriff 06.12.2024. <https://www.sanier.de/malerarbeiten/farbe/abbeizen-farbe-und-lack-entfernen>
- 7.10 baumit-selbermachen.de, „Sanierputz richtig verarbeiten“ (o.D.). Zugriff 06.12.2024. https://www.baumit-selbermachen.de/mauer-sanieren/anleitungen/sanieren-von-feuchtem-und-versalztem-mauerwerk/sanierputz-richtig-verarbeiten_aid_923.html
- 7.11 vdpm.info, „Kreislaufwirtschaft und Recycling“ (o.D.). Zugriff 06.12.2024. <https://www.vdpm.info/umwelt/kreislaufwirtschaft-und-recycling/>

GESIMS

BESTAND

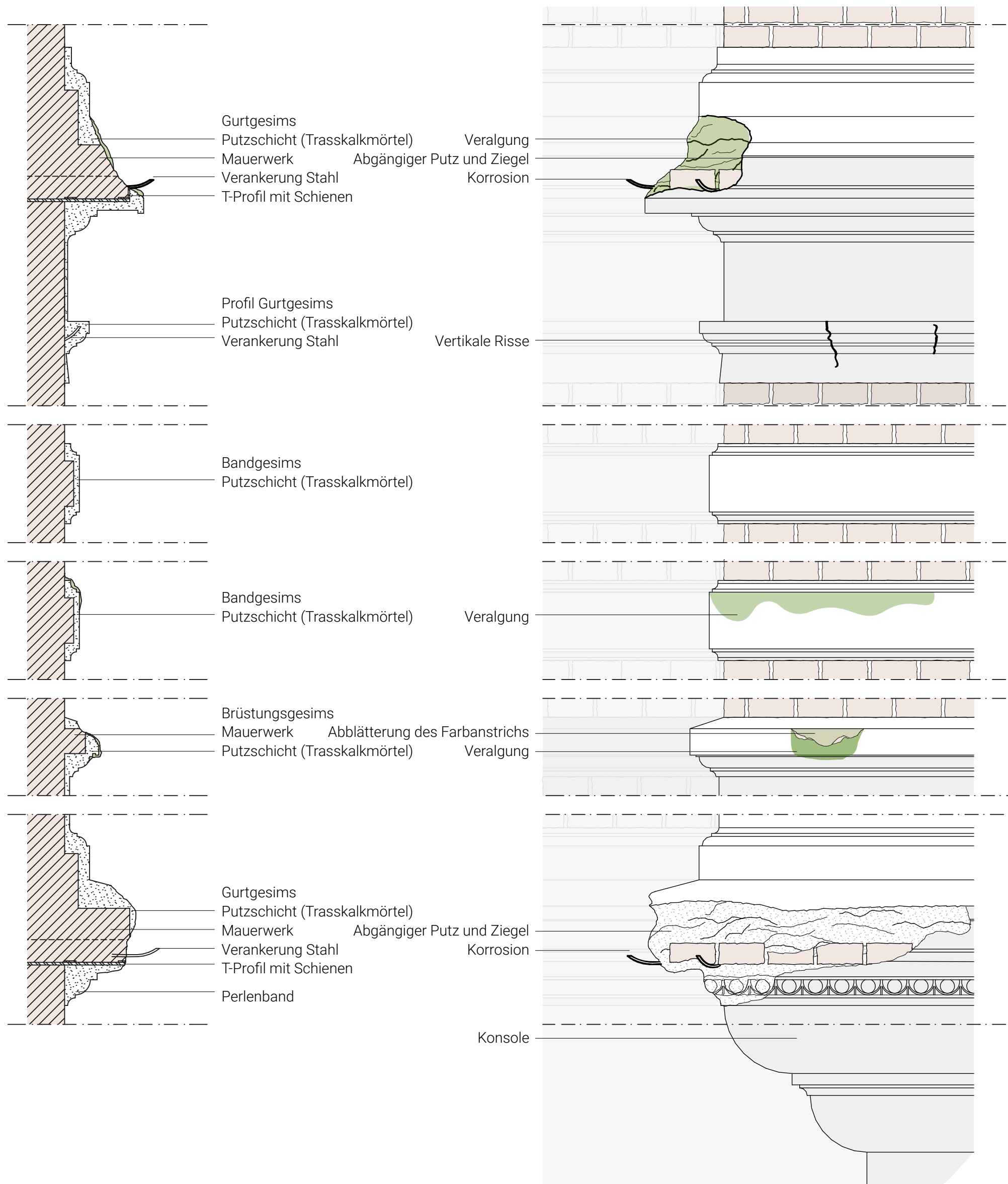


Abb. 8.1 Fassadenschnitt Erker

Die Fassade des Mehrfamilienhauses ist reich an kunstvollen Schmuckelementen, die typisch für den historisierenden Baustil der Gründerzeit sind. Neben aufwendig gestalteten Konsolen (Abb. 8.4), Wappen und Puttenköpfen (Abb. 8.5) tragen vor allem die vielfältigen Gesimse zur plastischen Ausgestaltung der Fassade bei. Die Gesimse, horizontale, meist profilierte Vorsprünge an der Fassade, gliedern die Fassade optisch und setzen Akzente. An diesem Gebäude finden sich sowohl schlichte, kleinere Gesimse als auch größere, reich verzierte Varianten. Letztere sind teilweise mit Perlenbändern (Abb. 8.4) dekoriert und gehen in den Eckbereichen in plastisch ausgearbeitete Puttenköpfe und massive Konsolen über.^{8.1}

Die Herstellung von Gesimsen erfolgte traditionell in aufwändiger Handarbeit. Die Basis der auskragenden Gesimse, bilden Kerne aus Mauerwerksziegeln. Auf diese Gesimskerne wurde Mörtel aufgetragen, welcher mit Hilfe von Schablonenschlitten in die gewünschte Form gebracht wurde. Hierfür wurde zunächst eine Lattung parallel zum Kern an die Fassade angeschlagen. Auf dieser Lattung konnte der Schablonenschlitten gleichmäßig entlang des Kerns geführt werden. Im weiteren Prozess wurde der Gesimskern angenässt, sodass der Auftrag des Trasskalkmörtels beginnen konnte.^{8.2} Der Trasskalkmörtel wurde mit einer Kelle direkt auf das Mauerwerk aufgetragen und dann in mehreren Zügen mit dem Schablonenschlitten abgezogen.

Um dabei eine gleichmäßige Formgebung zu gewährleisten, wurden für die ersten groben Züge Schablonen aus Holz verwendet (Grobzug) und bei den finalen feineren Zügen Schablonen aus Eisen oder Zinkblech (Feinzug). Dieser Vorgang wurde so oft wiederholt, bis alle Flächen und Kanten die gewünschte Form erreicht hatten.^{8.3} Bei großen Ausladungen von Gesimsen war es erforderlich, den Ziegelkern durch Eisen zu verstärken, damit die Stabilität und Tragfähigkeit der Konstruktion sichergestellt werden konnte. Eine Möglichkeit war die Verwendung von Flachstäben mit einer Stärke von 7 mm und einer Breite von 30 bis 36 mm. Diese Flachstäbe übernehmen die Tragfunktion der Auskragung und wurden durch weitere Flachstäbe gestützt, die hochkant in die Stoßfugen eingelegt wurden. Zur zusätzlichen Stabilisierung wurden die Flachstäbe mit einer weiteren Schiene, die in der Lagerfuge liegt, vernietet. Die Flachstäbe wurden nach hinten umgebogen, sodass sie über mehrere Schichten im Mauerwerk verankert sind. Eine andere Möglichkeit sah den Einsatz von T-Profilen vor, die in regelmäßigen Abständen zwischen die Stoßfugen eingelegt wurden. Auf dem Flansch der Träger liegen zwei Schienen auf: eine etwa in der Mitte und eine am Ende der Auskragung. Diese Schienen verlaufen parallel zum Gesims und tragen die Steine.^{8.4} Trotz ihrer massiven Konstruktion unterliegen auch historische Gesimse den Einflüssen der Witterung und zeigen im Laufe der Zeit verschiedene Schadenbilder.

Bei einer vor-Ort-Begehung im Stellinger Weg konnten folgende Schäden an den Gesimsen dokumentiert werden: Besonders in den Eckbereichen der Fassade sind größere Abbrüche der Gesimse zu beobachten (Abb. 8.3). Teile des Gesimsbandes sind so weit abgebrochen, dass das dahinterliegende Mauerwerk, welches vermutlich der Gesimskern ist, freiliegt. Die freigelegten und teilweise verrosteten Metallverankerungen, die das Gesimse eigentlich halten sollen, verdeutlichen die Schwere der Schäden. Rissbildungen (Abb. 8.2) in weiteren Bereichen lassen vermuten, dass auch hier zukünftig mit Abbrüchen zu rechnen ist. Diese Schäden sind auf eingedrungene Feuchtigkeit und Frost zurückzuführen. An vielen Stellen der Fassade zeigt sich auch der Anstrich der Gesimse beschädigt (Abb. 8.2). Neben kleineren Abplatzungen sind auch Flächen zu finden, an denen sich der Anstrich über eine Länge von mehreren Metern vom Gesims gelöst hat. Ein weiteres Schadensbild ist die Veralgung der Gesimsoberflächen. Besonders an den Kanten und Unterseiten der Gesimse befinden sich großflächige Veralgungen (Abb. 8.6). Durch fehlende Tropfkanten kann das Regenwasser nicht ordnungsgemäß abtropfen und läuft an der Unterseite der Gesimse entlang. Auch auf den Oberseiten der Gesimse sind Veralgungen zu sehen, was auf ein mangelndes Gefälle und eine unzureichende Entwässerung hindeutet.



Abb. 8.2 Abplatzungen Gesimse und Perlenband, Risse im Gesims



Abb. 8.3 Massive Schäden des Gesimses



Abb. 8.4 Starke Beschädigung des Gesimses und der Konsole



Abb. 8.5 Abgebrochene Teile des Gesimses mit Algenbewuchs



Abb. 8.6 Abgeblätterter Anstrich und Algenbewuchs

QUELLEN

- 8.1 Amend, Holger: Putzfassaden (Folienvortrag)
- 8.2 Becker, Wilhelm: Maurer- und Steinhauerarbeiten: Teil 3 Fußböden, Putz- und Stuckarbeiten, Wandbekleidungen und Steingesimse, Berlin, Boston: De Gruyter, 1925. S. 133-134
- 8.3 Maier, Josef: Putz und Stuck: Materialien, Anwendungstechniken, Restaurierung, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2007. S. 300-315
- 8.4 Breymann, G. H.: Baukonstruktionslehre Band 1: Die Konstruktionen in Stein, Leipzig, J. M. Gebhardt's Verlag, 1896. S. 88-90

GESIMS

KONVENTIONELLE SANIERUNG

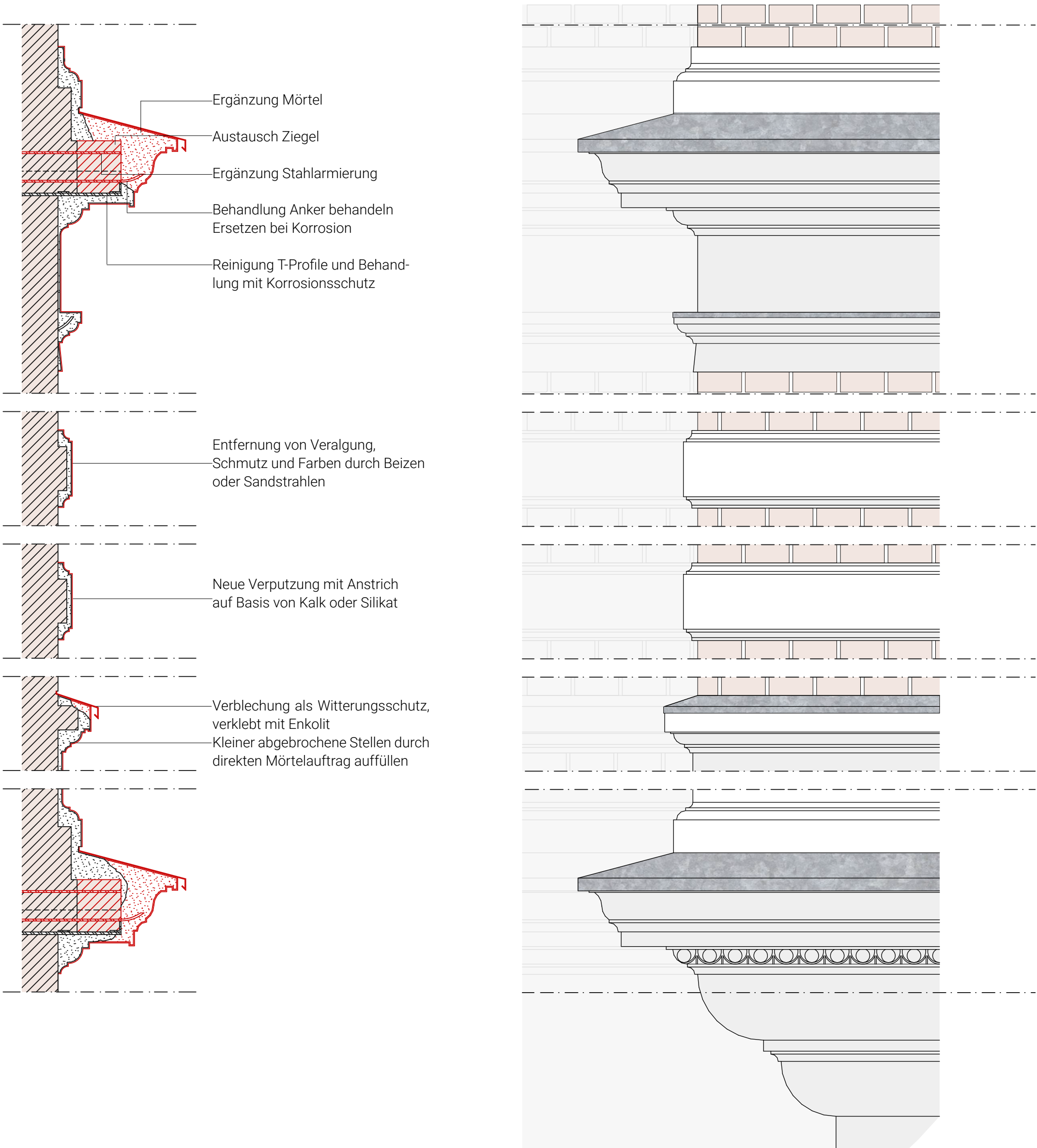


Abb. 8.7 Fassadenschnitt Erker

Die Sanierung historischer Gesimse an Gründerzeitbauten erfordert ein fundiertes Wissen über traditionelle Handwerkstechniken und denkmalrechtliche Anforderungen. Ziel ist es, die Originalsubstanz so weit wie möglich zu erhalten und gleichzeitig die Funktionalität und Dauerhaftigkeit der Bauteile wiederherzustellen. Im Rahmen einer Vorort-Begehung wurden verschiedene konventionelle Sanierungsmethoden an Gründerzeitfassaden erläutert.

Die initiale Phase der Sanierung umfasst die schonende Reinigung der alten Gesimse von Schmutz und alten Farbschichten. Dies geschieht durch Abbeizen oder Sandstrahlen. Anschließend wird die freigelegte Oberfläche, falls notwendig, neu verputzt und nach einem Termin mit der Denkmalbehörde mit einer Bemusterung mit Farbkarten mit einem neuen Anstrich versehen. Bei auskragenden Gesimsen wird häufig ein Schlitz in die Oberseite eingebracht, in den ein Blech eingesetzt und mit PU-Dichtstoff versiegelt wird. Das auf dem Gesims mit Enkolit verklebte Blech dient als zusätzlicher Schutz vor Feuchtigkeitseintritt und leitet Wasser kontrolliert ab. Die Anpassung der Bleche an die oft unebenen und durch Alterung verformten Fassaden erfordert ein hohes Maß an handwerklichem Geschick und Präzision.^{8.5}

Stark beschädigte Stuckelemente werden vorsichtig abgenommen und auf Basis eines Abdrucks neu

gegossen. Um Gewicht zu sparen, werden größere Bauteile aus Faserbeton gefertigt und von innen hohl ausgeführt. Die neuen Stuckelemente werden mit Edelstahlankern an der Bestandsfassade befestigt.^{8.5}

Eine sorgfältige Planung und detaillierte Bestandsdokumentation sind entscheidend für den Erfolg der Sanierung. Um Verzögerungen und unerwartete Mehrkosten zu vermeiden, müssen alle Putz-, Gips- und Anstragsarbeiten im Vorfeld für das Leistungsverzeichnis präzise erfasst und dokumentiert werden.^{8.6}

Die Sanierungsarbeiten beginnen in der Regel an der Traufe und werden systematisch von oben nach unten durchgeführt, um eine Verschmutzung oder Beschädigung der bereits sanierten Bereiche auszuschließen.^{8.3} Werden Gesimse nur abschnittsweise saniert, müssen darunter liegende Gesimse und Fassadenbereiche sorgfältig vor herabfallenden Materialien und Schmutz geschützt werden.

- Schritte der Gesimssanierung:
1. Annähern der Fassade und Aufbringen eines Spritzbewurfs auf das Mauerwerk
 2. Anschlagen der Lattung für den Schablonenschlitten
 3. Profilieren des Gesimses mit Trasskalkmörtel mithilfe des Schablonenschlittens
 4. Feinzug mit einem 2-3 mm starken Feinmörtel-

überzug und einer Blechschablone. Bei der Instandsetzung von Gesimsen an historischen Fassaden muss berücksichtigt werden, dass die Fassade meist schief und wellig ist. Das Gesims muss sich an diese Unebenheiten anpassen, ohne dass Knicke oder Verwerfungen sichtbar werden.^{8.3}

- Für die Anfertigung von Stuckabdrücken werden verschiedene Materialien verwendet. Bei horizontalen Stücken kommen Silikon-Elastomere zum Einsatz, bei vertikalen Stücken Silikonpasten.^{8.3}
- Anforderungen an Stuckarbeiten:
- Herstellung einer möglichst einheitlichen, glatten Oberfläche.
 - Vermeidung von Unterschneidungen, in denen sich Wasser sammeln kann.
 - Sicherstellung einer ausreichenden Verdichtung des Stucks, um das Eindringen von Wasser zu verhindern.^{8.3}

Die häufigste Schadensursache an historischen Gesimsen ist eindringende Feuchtigkeit.^{8.6} Daher ist bei der Instandsetzung besonders darauf zu achten, dass Niederschlagswasser durch ein ausreichendes Gefälle und geeignete konstruktive Maßnahmen, wie die oben erwähnten Blechabdeckungen mit einer ausgebildeten Tropfkante, zuverlässig abgeleitet wird. Dies erfordert ein tiefgreifendes Verständnis der bauphysikalischen Zusammenhänge und eine sorgfältige Ausführung aller Details.



Abb. 8.8 Gesimse und Stuck werden gestrahlt oder gebeizt



Abb. 8.9 Abgebrochene Teile werden mit Hilfe von Abdrücken nachgebildet



Abb. 8.10 Gesimse erhalten einen Schlitz für die neue Verblechung



Abb. 8.11 Aufwändige Blecharbeiten mit vorgekanteten Stücken



Abb. 8.12 Blech verklebt mit Enkolit; bietet einen Witterungsschutz

QUELLEN

8.5 Herr Amend Jr.: Vorort-Begehung und Erläuterungen zu konventionellen Sanierungsmethoden

8.6 Leixner, Siegfried und Raddatz, Adolf: Putz, Stuck, Trockenbau: Materialien, Techniken, Schadensbildung und Sanierung Handbuch für den Stuckateur, München, Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, 2004. S. 138 f.

GESIMS

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG



Abb. 8.13 Fassadenschnitt Erker | M 1:10

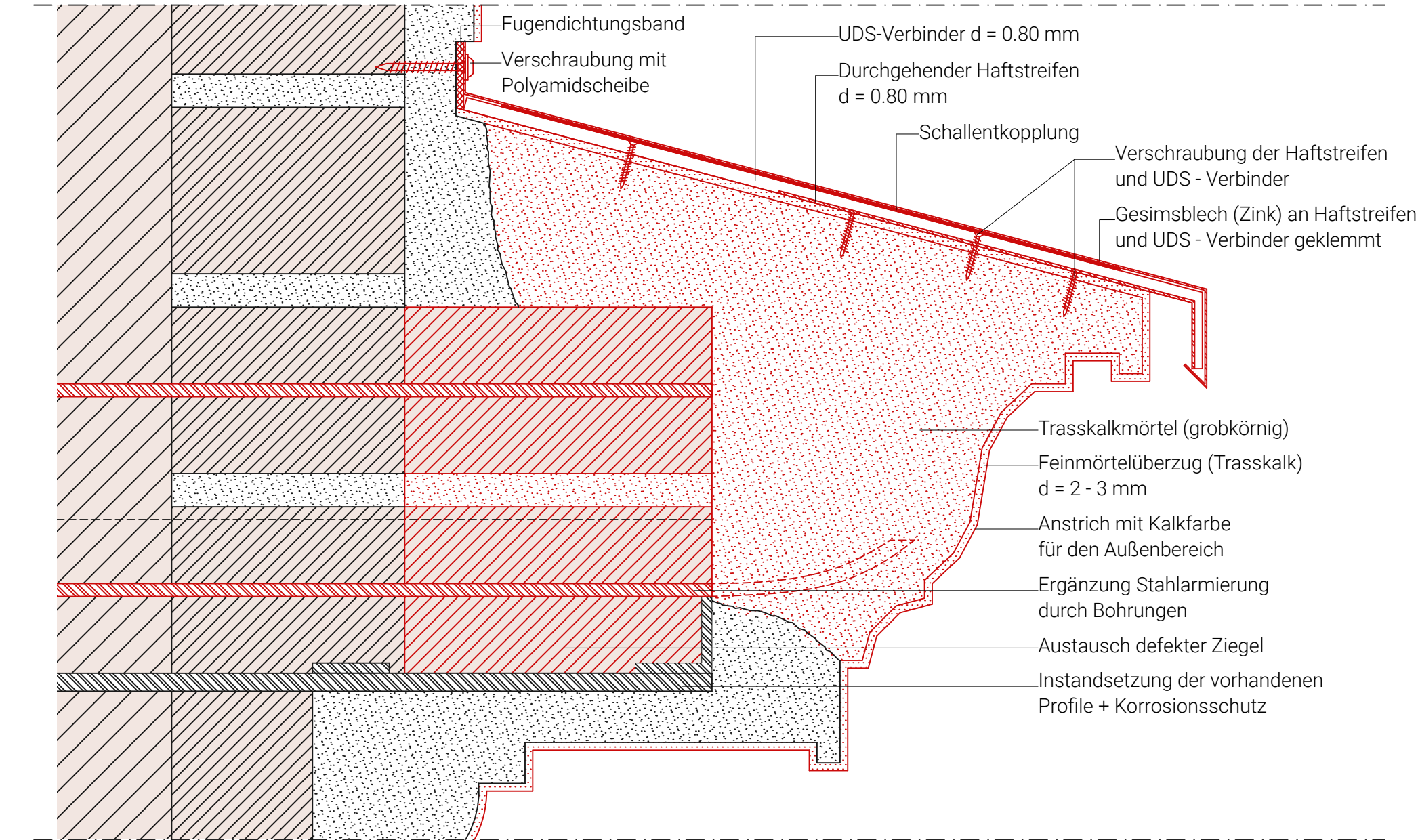


Abb. 8.14 Detail Gesims | M 1:2

Die konventionelle Methode zur Sanierung von Gesimsen weist sowohl positive Aspekte als auch kritische Punkte auf. Einer der Hauptkritikpunkte ist, dass die verwendeten Materialien oft nicht vollständig rückbaubar oder schwer trennbar sind. Besonders problematisch ist die Verklebung der Bleche mit Enkolit, da sich diese nicht rückstandslos entfernen lassen und der darunterliegende Mörtel beschädigt wird. Dies führt dazu, dass die Bauteile beim Rückbau nicht wiederverwendet werden können und die Entsorgung aufwendig ist, da Enkolit als Sonderabfall entsorgt werden muss.^{8,7} Eine mechanische Befestigung der Bleche wäre hier eine deutlich kreislaufgerechtere Alternative. Positiv ist jedoch, dass auch in der konventionellen Sanierung darauf geachtet wird, möglichst viel Material der Gesimse zu erhalten. Nur stark beschädigte Bauteile werden ausgetauscht, was zur Ressourcenschonung beiträgt. Es besteht jedoch Potenzial, den Bestand noch genauer aufzunehmen und zu dokumentieren, um wirklich nur die nicht mehr erhaltbaren Teile rückzubauen. Ein weiterer positiver Aspekt der konventionellen Methode ist die Verwendung von Trasskalkmörtel. Dieser ist weicher als zementgebundener Mörtel, wodurch er leichter entfernt werden kann. Dadurch können beispielsweise Ziegel einfacher weiterverwendet werden. Zudem ist Trasskalkmörtel recycelbar, während Zementmörtel als Sonderabfall entsorgt werden muss.^{8,8}

Für eine kreislaufgerechte Sanierung ist die rückbaubare Befestigung der Gesimsbleche der wichtigste Punkt. Eine mechanische Befestigung bietet hier eine praktikable Lösung. Statt Verklebung könnte ein Haftstreifen verwendet werden, der entlang des gesamten Gesimses verschraubt wird. Die Gesimsbleche werden dabei an den Haftstreifen eingeklemmt. An den Stoßfugen wird der Haftstreifen durch einen UDS-Verbinder unterbrochen, der aus einem geriffeltem Zinkblech besteht (Abb. 8.15). Dieser gewährleistet eine regendichte Verbindung, ohne dass zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen wie Dichtstoffe oder Löten notwendig sind. Die Stoßfugen werden stumpf gestoßen (etwa 10 mm Breite bei 3-m-Profillängen) und ermöglichen eine freie Bewegung der Abdeckprofile, wodurch Bewegungsausgleicher überflüssig werden (Abb. 8.17). Der UDS-Verbinder, mit einer Dicke von 0,80 mm und einer Standardlänge von 3,0 m, kann mit handelsüblichen Werkzeugen einfach bearbeitet werden. Hersteller wie Rheinzink betonen zudem die schnelle Montage, was die Wirtschaftlichkeit der Lösung erhöht.^{8,9} Um einem Trommel-Effekt durch z.B. Niederschläge entgegen zu wirken, wird auf der Unterseite des Gesimsbleches ein selbstklebender Antidröhnstreifen befestigt (Abb. 8.18). An der aufsteigenden Fassade wird das Gesimsblech wie ein Fensterbankblech befestigt. Der Anschluss wird mit Fugendichtungsband abgedichtet und die Fensterbankschrauben sorgen mit einer

Polyamidscheibe für eine dichte Verschraubung (Abb. 8.19).

Die mechanische Befestigung bietet eine kreislaufgerechte Alternative. Die Montage ist schneller und erfordert keine aufwendigen Lötarbeiten, die im Bestand oft kompliziert sind. Zudem bieten die breiten Stoßfugen einen Bewegungsspielraum, der besonders bei ungenauen oder schiefen Ausgangssituationen hilfreich ist. Da keine speziellen Lötkenntnisse erforderlich sind, entfällt die Suche nach spezialisierten Fachfirmen, was die Umsetzung erleichtert. Aufgrund der schnelleren Verarbeitung und der Einsparung aufwendiger Arbeiten kann diese Methode auch kostengünstiger sein und ist damit wirtschaftlich sinnvoll.

Im Sinne der Kreislaufgerechtigkeit sollte auf eine mechanische Befestigung der Gesimsbleche zurückgegriffen werden. Diese Methode ermöglicht eine leichtere Trennung der Komponenten bei einem Rückbau und schont den darunterliegenden Mörtel. Zudem können beschädigte Bleche während der Nutzung einfacher ausgetauscht werden. Die schnellere Montage und die geschätzte Kostenreduktion machen diese Alternative besonders attraktiv für eine nachhaltige und wirtschaftliche Sanierung.

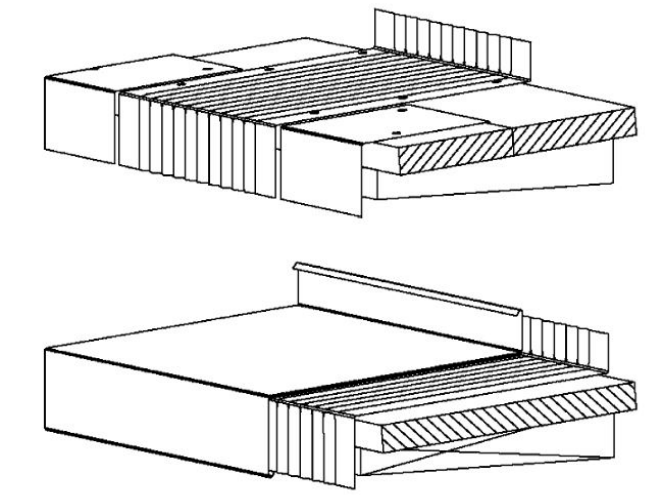


Abb. 8.15 Haftstreifen und UDS-Verbinder mit Gesimsblech (Firma Rheinzink)



Abb. 8.16 Ausführung Gesimsabdeckung im Neubau (Firma Rheinzink)

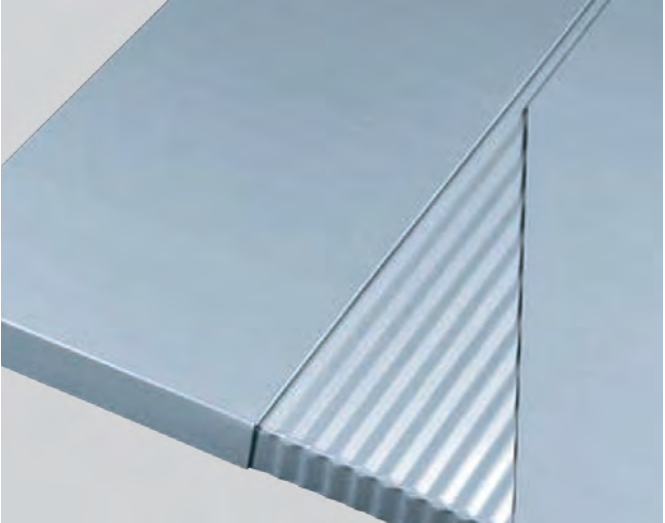


Abb. 8.17 Ausführung Stoßfuge (Firma Rheinzink)



Abb. 8.18 Schallentkopplung mit Antidröhnstreifen (Firma Brillux)



Abb. 8.19 Fensterbankschraube mit Polyamid Abdichtung (Firma Würth)

QUELLEN

8.7 ENKE-WERK Johannes Enke GmbH & Co.KG. www.enke-werk.de. „Verlegeanleitung für Klebarbeiten mit Enkolit®“. Zugriff 10.01.2025. https://www.enke-werk.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Produkte/Blechklebung/Enkolit/VA_ENKOLIT.pdf

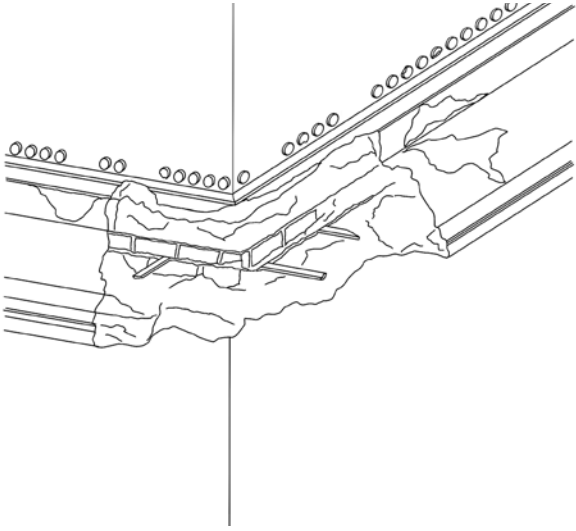
8.8 HASIT Trockenmörtel GmbH. www.hasit.de. „UMWELT-PRODUKT DEKLARATION nach ISO 14025 und EN 15804+A2 für Mauermörtel-Dünnbettmörtel/Mörtel mit besonderen Eigenschaften (HASIT 960,920, 950, 970, 971, 974 HS)“. Zugriff 10.01.2025. <https://cdn.dam.fixit-holding.com/assets/api/3d681280-4216-4678-b8d2-f5d675ee277d/original/EPD-HASIT-970-M%C3%84RKER-Trasskalkm%C3%B6rtel-de.pdf>

8.9 RHEINZINK GmbH & Co. KG. www.rheinzink.de. „ABDECKUNGEN UND ANSCHLÜSSE - Optimaler Schutz für Mauern, Dachränder, Gesimse und Fensterbänke“. Zugriff 10.01.2025. https://www.rheinzink.de/fileadmin/redaktion/RHEINZINK_DE/Downloads/Technische-Unterlagen/planung-anwendung-abdeckungen-anschluss-105608-v009-01-de-de.pdf

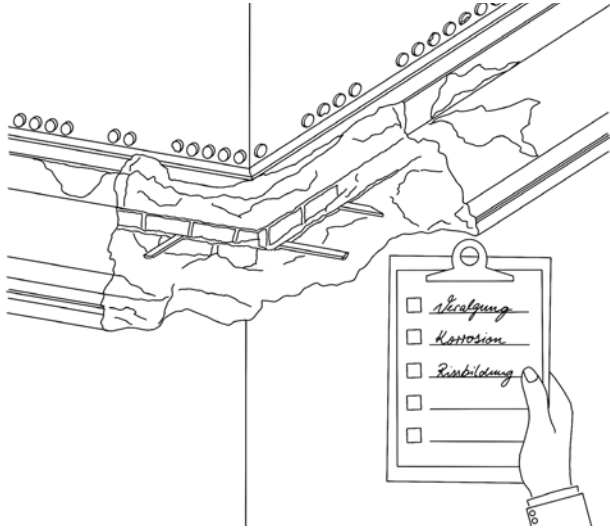
GESIMS

ARBEITSSCHRITTE

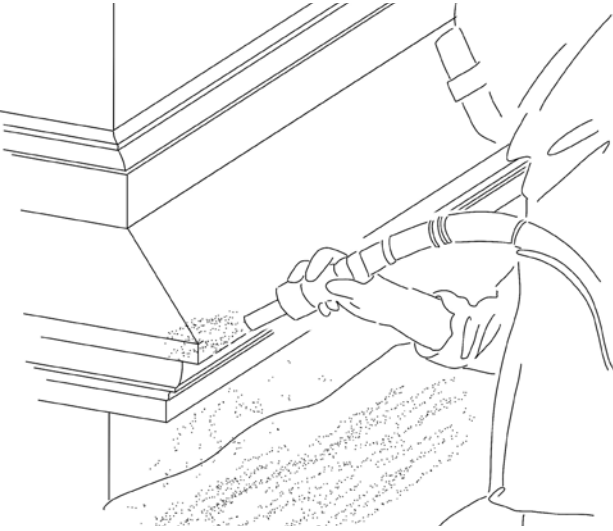
1. Schadesbild des Gurtgesimses



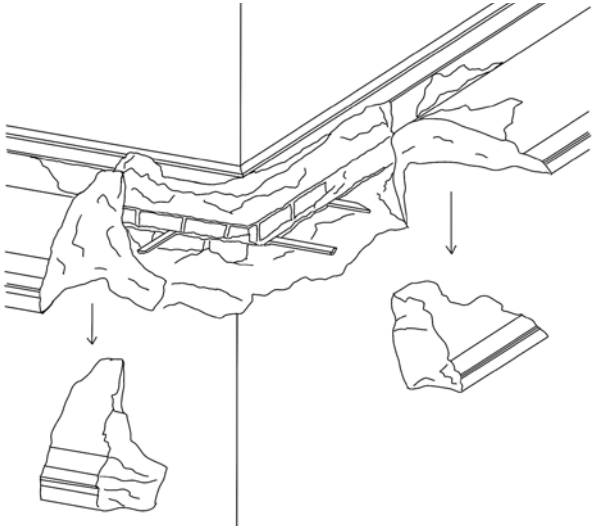
2. Katalogisieren der Schäden



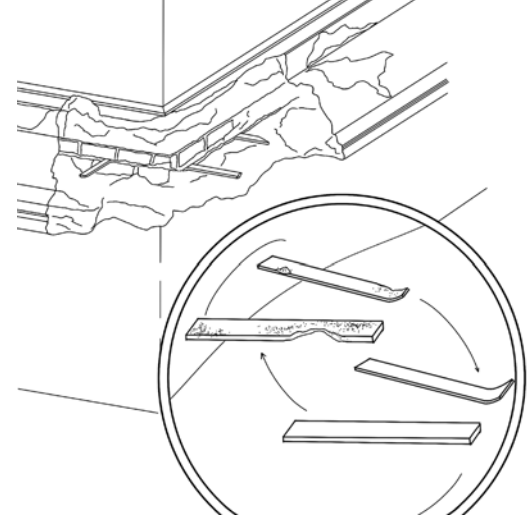
3. Reinigung Putz durch Sandstrahlen und/oder Abbeizen



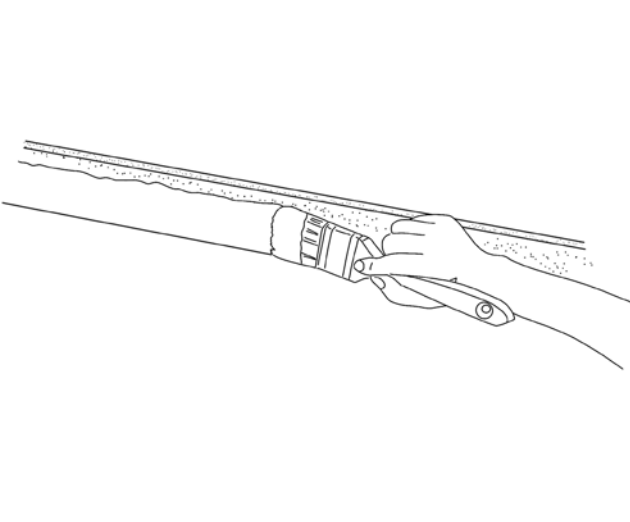
4. Abtragung beschädigten Material



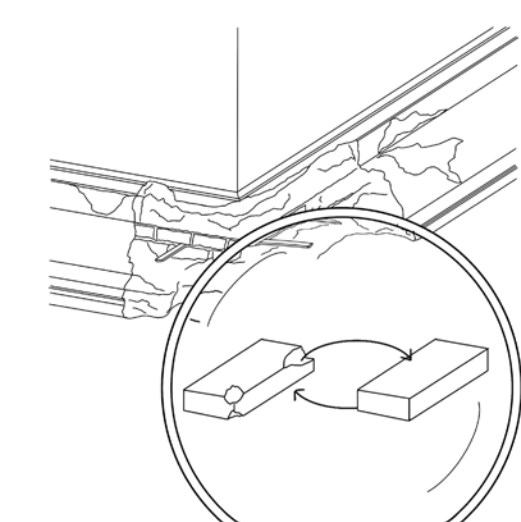
5. Reinigung / Austausch / Ergänzung der Profile und Anker



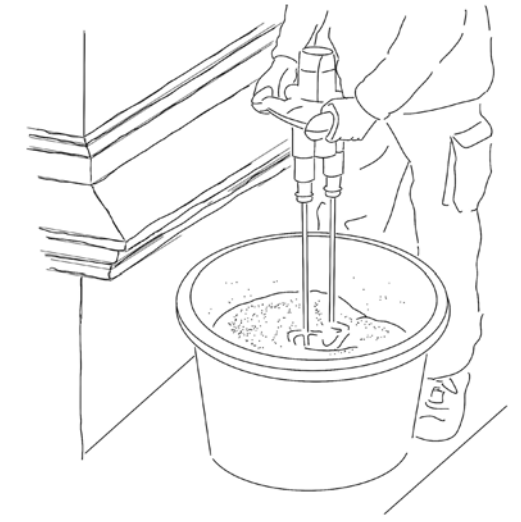
6. Auftrag Korrosionsschutz an zu erhaltenden Ankern



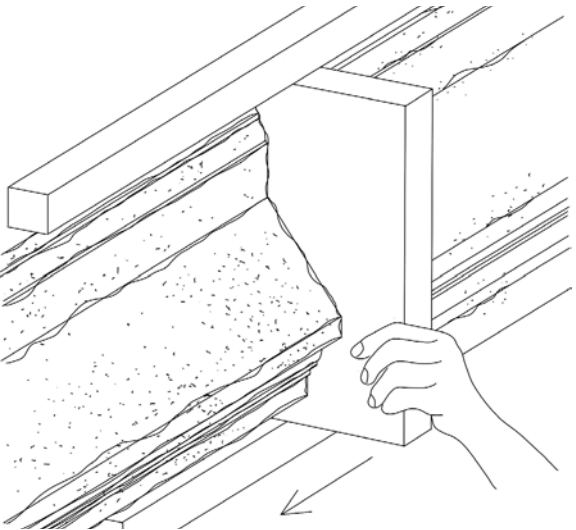
7. Austausch der Ziegel



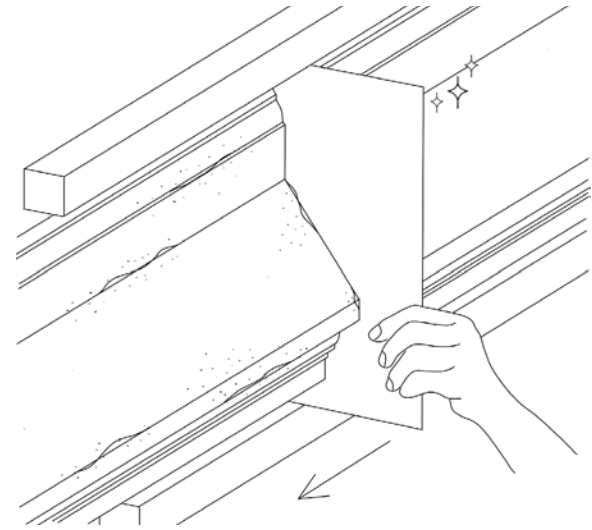
8. Ergänzung des Mörtels - Vorbereitung



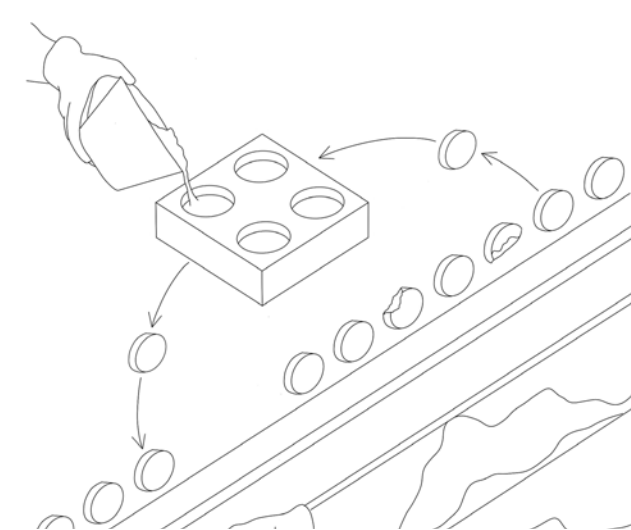
9. Grobzug Mörtel



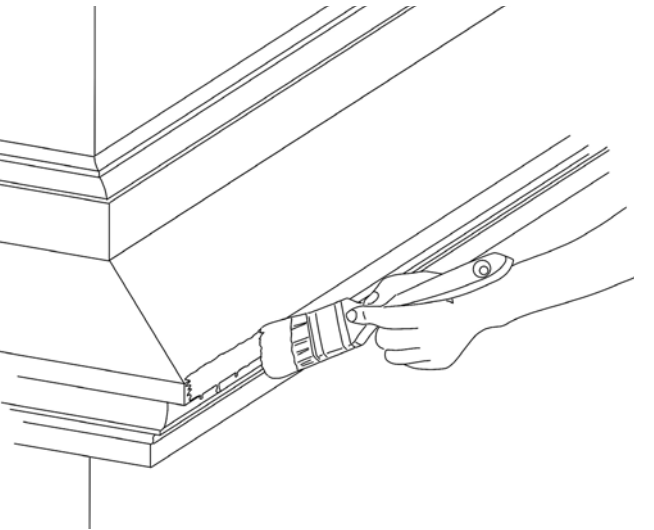
10. Feinzug Mörtel



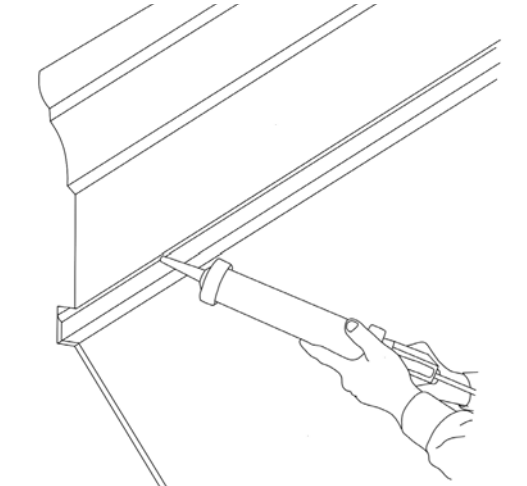
11. Abdrücke für das Perlband gießen und anbringen



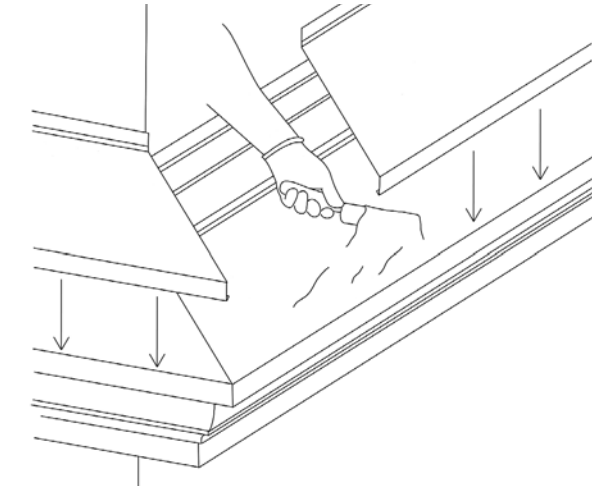
12. Farbanstrich



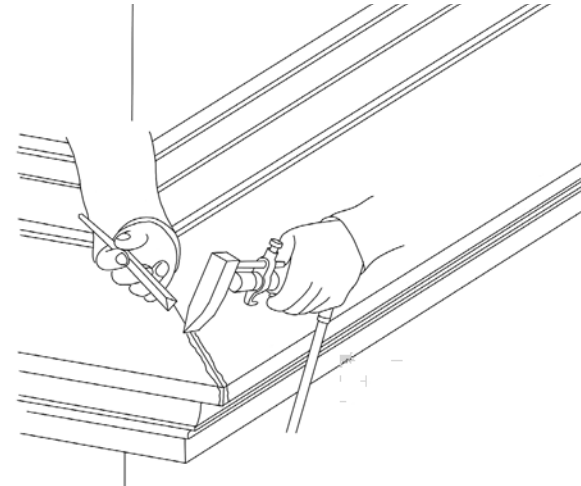
13. Zug von Rille für Blech und Auftrag der PU-Beschichtung



14. Anbringen vom Blech für Witterungsschutz



15. Verlöten des Blechs an Kanten und Ecken



16. Fertig saniertes Gesims

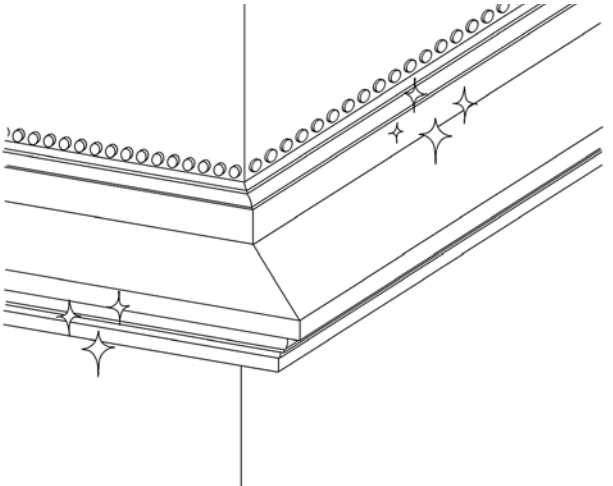


Abb. 8.20 Arbeitsschritte der konventionellen Sanierung

Die konventionelle und gängige Methode zur Sanierung von Gesimsen besteht in der Wiederherstellung und einer neuen Verblechung. Diese wird mit Enkolit verklebt und an den Stößen verlötet. Im Folgenden werden die einzelnen Arbeitsschritte dieses Prozesses detailliert beschrieben.

Zunächst erfolgt eine umfassende Bestandsaufnahme. Dabei werden die Schäden dokumentiert, um einen Überblick über die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen zu erhalten. (Schritt 2) Diese genaue Erfassung bildet die Grundlage für die Arbeit der ausführenden Gewerke. ^{8.6}

Zu Beginn der Sanierung müssen die Gesimse von Verschmutzungen und Farbschichten befreit werden. Dies kann durch chemisches Abbeizen oder mechanisches Abstrahlen erfolgen. Ein gängiges Verfahren ist das Sandstrahlen, bei dem Sand durch Druckluft auf die Fassade gestrahlt wird. (Schritt 3) So werden Verschmutzungen entfernt und der Untergrund aufgeraut, um ihn auf die weiteren Arbeitsschritte vorzubereiten. ^{8.10}

Anschließend wird das beschädigte Material der Gesimse abgetragen (Schritt 4). Dabei wird darauf geachtet, möglichst viel der bestehenden Substanz zu erhalten und nur stark geschädigtes Material zu entfernen, das die konstruktiven und statischen Anforderungen nicht mehr erfüllt. Auch die korrodierten Anker müssen ertüchtigt werden (Schritt 5).

Hier wird geprüft, ob diese erhalten, instand gesetzt oder erneuert werden müssen. Sind die Anker insgesamt unterdimensioniert, können zusätzliche statische Maßnahmen erforderlich sein, wie etwa eine nachträgliche Stahlarmierung im Mauerwerkskern des Gesimses. Korrodiertes Profilmaterial wird von Rost befreit und mit einem Korrosionsschutz behandelt (Schritt 6). Parallel dazu wird der Mauerwerkskern des Gesimses instand gesetzt. Beschädigte oder abgebrochene Mauerwerksziegel werden durch neue Ziegel ersetzt, um die Stabilität zu gewährleisten (Schritt 7). ^{8.5}

Nach der Ertüchtigung des konstruktiven Kerns beginnt der Aufbau des Mörtels. Hierfür wird, wie im Bestand, Trasskalkmörtel verwendet. Dieser wird angemischt und durch einen Spritzbewurf auf den angefeuchteten Mauerwerkskern aufgetragen (Schritt 8). Im nächsten Schritt erfolgt die Formung des Gesimses. Dafür werden sogenannte Schablonschlitten über das Gesims gezogen. Damit die Schablonen gleichmäßig gezogen werden können, wird eine Lattung an der Fassade angebracht.

Als Erstes wird ein Grobzug mit einem grobkörnigen Trasskalkmörtel durchgeführt. Mit einer Holzschablone wird der Mörtel in die Profilform gebracht (Schritt 9). Um Unregelmäßigkeiten zu beseitigen, wird der Vorgang bei Bedarf wiederholt. Im Anschluss erfolgt der Feinzug mit feinkörnigem Trasskalkmörtel. Hierbei wird eine Metallschablone

verwendet, um schärfere Kanten und eine präzise Form zu erzielen. Der Feinzug wird ebenfalls mehrfach wiederholt, bis alle Kanten exakt geformt sind (Schritt 10). ^{8.3}

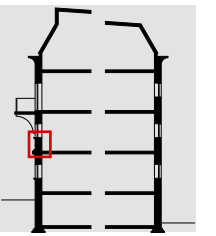
Stuckelemente, die mit dem Gesims verbunden sind, werden bei Bedarf erneuert. Beschädigte Teile werden abgetragen, während gut erhaltene Elemente als Vorlage für Abdrücke dienen (Schritt 11). ^{8.3} Mit diesen Abdrücken werden Formen hergestellt, in denen die neuen Stuckelemente gegossen und anschließend mit Verankerungen an der Fassade montiert werden. ^{8.5}

Das fertig geformte Gesims erhält einen farblichen Anstrich, der dem Bestand entspricht (Schritt 12). Zum Schutz vor Feuchtigkeit wird abschließend ein Blech montiert. Bereits beim Mörtelauftrag wird eine Fuge vorgesehen, um das Blech zu befestigen (Schritt 13). Das vorgekantete Blech wird in ein Meter langen Stücken mit Enkolit verklebt, die oberen Fugen werden mit einer PU-Versiegelung abgedichtet (Schritt 14), und die Stöße der Bleche werden verlötet, um die Dichtigkeit sicherzustellen (Schritt 15). ^{8.5}

Mit der Fertigstellung der Verblechung ist die Sanierung des Gesimses abgeschlossen.

QUELLEN

- 8.10 Gierlinger, Erwin und Kaiser, Ingrid: Instandsetzung von Innen- und Außenputz – Schadensbild erfassen und beurteilen – Ursachen des vorliegenden Schadens feststellen – Innen- und Außenputz dauerhaft instand setzen, Merching, Forum Verlag Herkert GmbH, 2018. S. 324 f.



BALKON

BESTAND

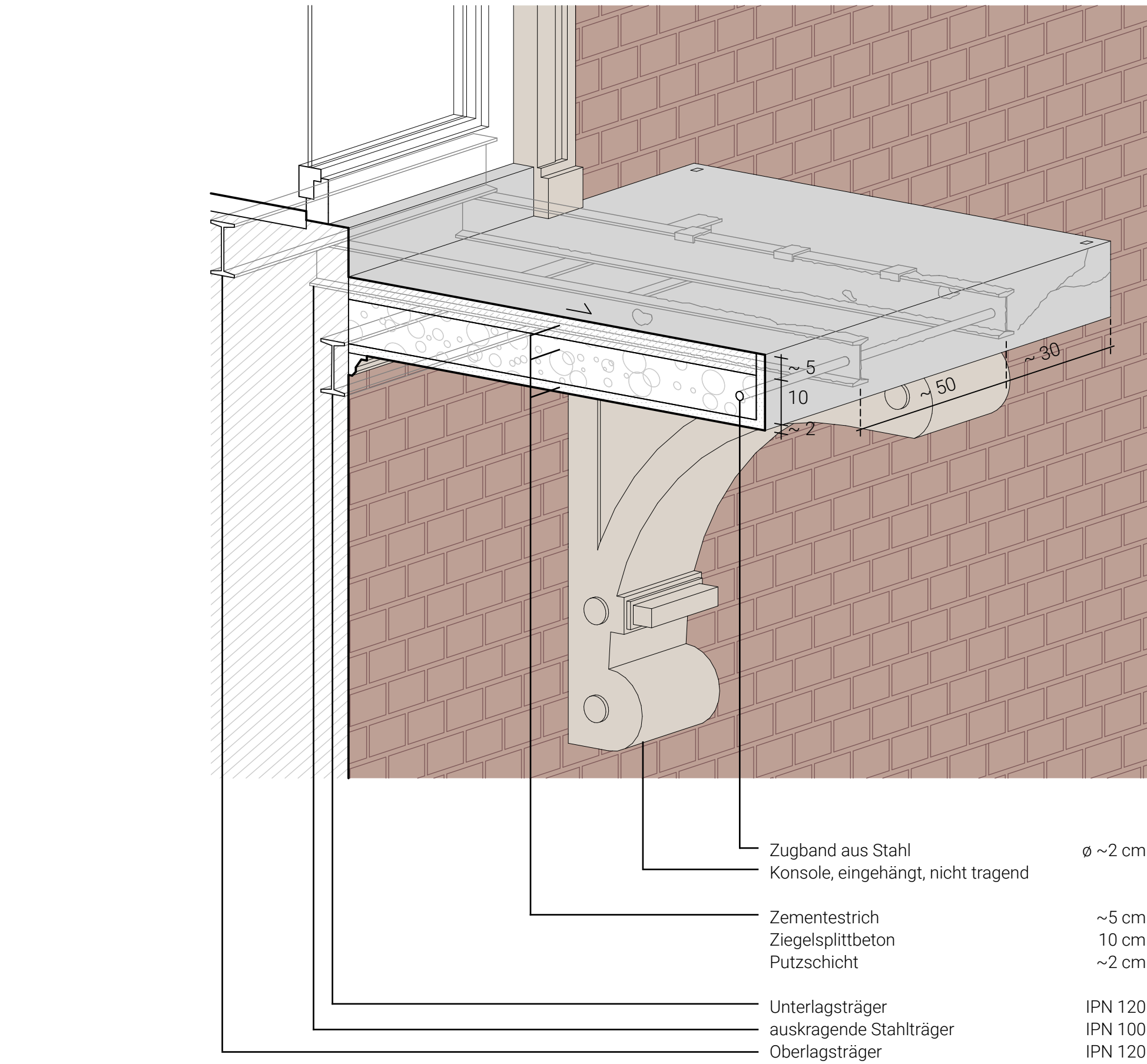


Abb. 9.1: Bestand - Detailzeichnung Balkon Tragwerk, Maßstab 1:10

Balkone gehören, neben Loggien, Terrassen und Dachterrassen, zu den wichtigen Bauteilen eines Gebäudes, die den Wohnraum ins Freie erweitern. Durch diese Verbindung erhöhen sich die Nutzungsmöglichkeiten einer Wohnung. Balkone bieten Platz für Erholung, Freizeitaktivitäten oder Pflanzen und tragen zugleich zur Gestaltung und Aufwertung der Gebäudefassade bei.^{9.1} Bei der derzeitigen Sanierung des denkmalgeschützten Gebäudes liegt besondere Aufmerksamkeit auf den historischen Elementen der Fassade, wie Stuckverzierungen und Balkonkonsolen.^{9.2} Jedoch stellen sich auch das Tragwerk und der Feuchteschutz als unzureichend heraus. Nicht selten kommt es in den Balkonkonstruktionen mit der Zeit zu Schwächen im Tragsystem. Korrosion kann die Tragfähigkeit der Träger erheblich beeinträchtigen, sodass diese mit der Zeit ihre Stabilität verlieren und ein erhöhtes Absturzrisiko darstellen.^{9.3}

AUFBAU TRAGSYSTEM

Das Tragwerk der Balkone setzt sich aus verschiedenen Bauelementen zusammen. Im Detail betrachtet, findet man zunächst den Unterlagsträger (Abb. 9.3), der etwa 30 cm über die Grundkonstruktion hinaus übersteht (Abb. 9.6). Dieser Träger fungiert als Auflager, auf dem die Punktlasten der vier lotrecht auskragenden IPN-Träger abgetragen werden. Diese IPN-Träger sind durch einen Rundstahl miteinander verbunden (Abb. 9.9), der als Zugband agiert, der Stabilisierung dient und dafür sorgt, dass die Träger ihre Lasten gleichmäßig verteilen, wodurch möglichen Verformungen entgegengesetzt wird. Auf den vier IPN-Trägern befindet sich ein Oberlagsträger (Abb. 9.4, Abb. 9.10), der als Widerlager fungiert und die gesamte Konstruktion stabilisiert, indem er dem Drehpunkt entgegenwirkt. Im Gegensatz zu einem IPE-Träger, bei dem die Flansche parallel zum Steg verlaufen, zeigen die IPN-Träger einen Querschnitt auf, bei dem die Flansche schräg zum Steg hin verlaufen und sich nach außen hin verjüngen (Abb. 9.5). Die Konstruktion ist von einer ca. 10cm dicken Schicht Ziegelsplittbeton umgeben, die gemeinsam die Balkonplatte ausbilden. Dieser mineralische Baustoff wurde besonders nach dem zweiten Weltkrieg häufig verwendet und besteht aus gebrochenen Ziegelsteinen, die durch die Zugabe von Mörtel zu einem Beton ähnlichen

Material verarbeitet werden.^{9.4} Auf der Unterseite und an den Stirnseiten der Balkonplatte ist eine ca. 2 cm dicke Putzschicht aufgetragen (Abb. 9.3). Auf der Oberseite des Balkons wurde damals wie heute ein Zementestrich aufgetragen, der ein Gefälle zur Stirnseite des Balkons aufweist, um das Regenwasser abzuleiten und die Ansammlung von Feuchtigkeit zu verhindern.

KONSOLEN

Die Balkonkonsolen in diesem Gebäude dienen nicht als tragende Elemente, sondern lediglich als Zierelement und wurden am Mauerwerk verankert. Sehr typisch für den Bau in der Gründerzeit sind die Ornamente und Stuckverzierungen. Im Beispiel des Gebäudes finden sich pro Balkon zwei solcher an den Außenkanten angebrachten Zierkonsolen mit Maßen von circa 1x1 Meter.

FASSADENGESTALTUNG

Der Balkon ist damals wie heute ein wichtiges Element der Fassadengestaltung. Die auskragende Bauweise zeigt eine klare Entscheidung, den Balkon freistehend wirken zu lassen und die Konsolen sichtbar zu machen. Bei einer Hamburger Burg mit ihren typischen Stuckverzierungen tragen die auskragenden Balkone zur Gestaltung bei, ohne das Gesamtbild durch durchgehende Stützen zu stören.

SCHÄDEN

Die Balkonplatte weist Undichtigkeiten auf, wodurch Feuchtigkeit eindringen kann. Dies führt dazu, dass die Träger nicht ausreichend vor Witterungseinflüssen geschützt sind. Durch das Eindringen von Wasser besteht die Gefahr, dass die Träger korrodieren.^{9.2} In Abbildung 9.6 ist die Korrosion der IPN-Träger deutlich sichtbar. Die Träger zeigen eine braun-orange Verfärbung und weisen beim Steg bereits Stellen auf, an denen der Stahl stark angefressen ist und Löcher aufweist (Abb. 9.5). Auch die Flansche sind betroffen. An den Rändern werden sie durch Korrosion bereits abgetragen. Diese Schäden beeinträchtigen die Stabilität des Tragwerks immens, sodass ein erhöhtes Risiko für ein Nachgeben der Konstruktion besteht.^{9.3} Voranschreitende Korrosion führt zum Verfall des Materials, was sich im Abblättern des Stahls zeigt (Abb. 9.5, Abb. 9.6), und verringert

den Querschnitt und die statischen Eigenschaften der Träger.

Nicht nur am Tragwerk, sondern auch am Putz sind Schäden zu erkennen, die sich in Form von Abbröcklungen und Rissen zeigen (Abb. 9.5). Diese Schäden werden vor allem durch Wind- und Witterungseinflüsse verursacht. Besonders markant ist dies an den äußeren Rändern des Putzes, die stärker den Umwelteinflüssen ausgesetzt sind. Hier sieht man häufig Abplatzungen, die nicht nur das Erscheinungsbild beeinträchtigen, sondern auch die Oberfläche anfälliger für Feuchtigkeit machen. Die Feuchtigkeit, beispielsweise durch Regenwasser, kann somit tiefer in das Bauteil eindringen und die darunterliegenden Schichten, bis hin zu den Stahlträgern, erreichen, wodurch die Korrosion weiter voranschreitet.^{9.5}

SICHERHEITSRISIKO

Ein großes Sicherheitsrisiko, das durch das Versagen der Tragkonstruktion entstehen kann, ist vor allem die Lebensgefahr durch herabstürzende Teile. Wenn Verkehrslasten, wie das Gewicht von Personen oder auch von Blumenkübeln auf den Balkonen, auf die bereits korrodierten Stahlträger wirken, besteht die Gefahr, dass diese Träger ihre Tragfähigkeit schlagartig verlieren.^{9.3} Dies stellt sowohl für die Bewohner*innen des Gebäudes als auch für Passant*innen, die sich unterhalb des Balkons aufhalten könnten, eine Gefahr dar. Ein solch beschädigtes Tragwerk kann im schlimmsten Fall dazu führen, dass Teile der Balkonkonstruktion herunterstürzen, was lebensgefährliche Verletzungen verursachen könnte. Außerdem können solche Vorfälle erhebliche rechtliche und versicherungstechnische Konsequenzen nach sich ziehen.^{9.3}



Abb. 9.2: IPN-Träger, Abstand Längsseite



Abb. 9.3: Unterlagsträger, Position aufliegender IPN-Träger



Abb. 9.4: Oberlagsträger unter der Fensterschwelle



Abb. 9.5: IPN-Träger, Zugband (Rundstahl)



Abb. 9.6: Unterlagsträger, Korrosion an Steg und Flanschen

QUELLEN

- Einemann, Axel. Herre, Walter. Siegwart, Michael. Silberhorn, Michael. Storch, Wolfgang. „Balkone, Loggien und Terrassen“ (RM Rudolf Müller Medien GmbH & Co. KG, 2024). 13.
- Amend, K. (03.11.2024). Persönliches Gespräch mit Architekten der Amend + Hinrichs Ingenieurgesellschaft, Ortsbesichtigung Stelling Weg 36, Hamburg.
- Koch, Elfi. koch-ingenieure-berlin.de. „Tragwerke des Massivbaus, Holz- oder Metallbaus und ihre Schäden“ (04.2012). Zugriff am 10.11.2024. https://www.koch-ingenieure-berlin.de/media/pool/146/1461365/data/Bau_4-12_Tragerwerke_des_Masivbaus.pdf
- betonkonkret.de. „Ziegelsplitt“ Zugriff am 12.01.2025. [https://betonkonkret.de/alle-artikel-von-a-z/artikel-details/news/ziegel-splitt/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=ef7abbc1976b3451ba9995d1940f7d7sanier.de_„Balkonsanierung Überblick“ \(11.10.2024\). Zugriff am 10.11.2024. https://www.sanier.de/balkon/balkonsanierung-ueberblick](https://betonkonkret.de/alle-artikel-von-a-z/artikel-details/news/ziegel-splitt/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=ef7abbc1976b3451ba9995d1940f7d7sanier.de_„Balkonsanierung Überblick“ (11.10.2024). Zugriff am 10.11.2024. https://www.sanier.de/balkon/balkonsanierung-ueberblick)
- sanier.de. „Balkonsanierung Überblick“ (11.10.2024). Zugriff am 10.11.2024. <https://www.sanier.de/balkon/balkonsanierung-ueberblick>

BALKON

KONVENTIONELLE SANIERUNG

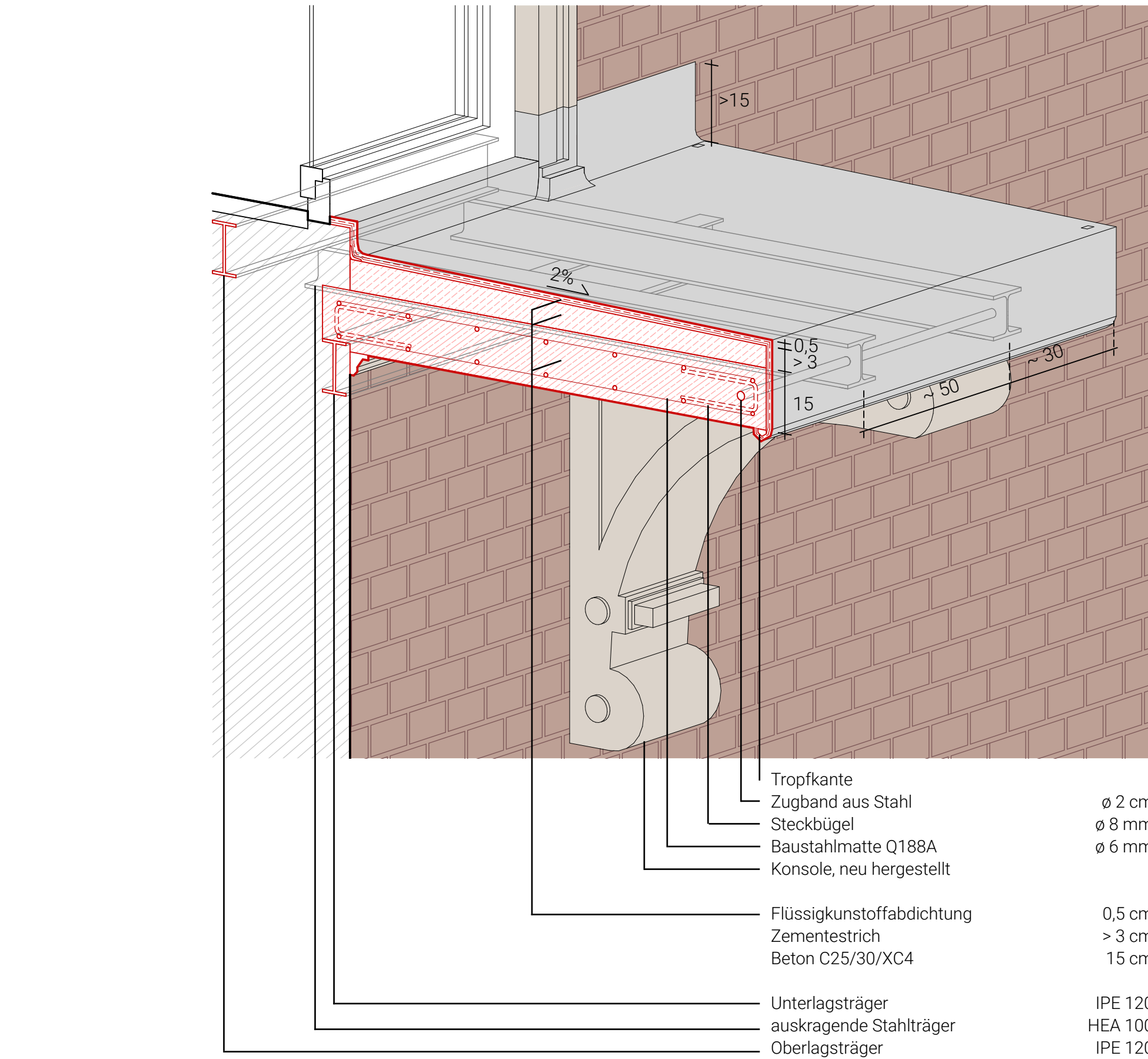


Abb. 9.7: Sanierung Detailzeichnung Balkon Tragwerk, Maßstab1:10

ALLGEMEINE RAHMENBEDINGUNGEN

Wie viele andere Gebäude aus der Gründerzeit steht auch das betrachtete Objekt unter Denkmalschutz. Dieser Umstand muss bei der Sanierung berücksichtigt werden. Insbesondere sollten die vorhandenen Konsolen und das Geländer so weit wie möglich erhalten bleiben.

Zusätzlich erfordert das Tragwerk des Balkons besondere Aufmerksamkeit. Aufgrund der fehlenden Abdichtung besteht die Gefahr, dass die Stahlträger korrodieren. Daher ist eine gründliche Überprüfung des Zustandes erforderlich. Zudem muss rechtlich geprüft werden, ob die Tragfähigkeit den aktuellen Standards sowie den allgemeinen Regeln der Technik entspricht.^{9,6}

SANIERUNGSMETHODEN

Nach der Überprüfung der Stahlkonstruktion ergeben sich zwei mögliche Ansätze für die Sanierung: Falls die Stahlträger weder Anzeichen von Korrosion aufweisen noch nach der Prüfung der Statik in ihrer Tragfähigkeit beeinträchtigt sind, kann die Sanierung in folgenden Schritten erfolgen: Zunächst wird der gesamte Estrich und der Ziegelsplittbeton um die Stahlträger herum mit einem Presslufthammer entfernt (Abb. 9.8, Abb. 9.9). Als Nächstes wird ein Korrosionsschutz auf die Stahlkonstruktion aufgetragen, um die Stahlträger vor Witterungseinflüssen zu schützen (Abb. 9.10). Nachdem die Stahlträger behandelt wurden, werden die angebrochenen Bereiche wieder zubetoniert. Anschließend wird der Estrich in die Schalung gegossen und die Abdichtung an den Rändern hochgeführt.^{9,7}

Stellt sich bei der Überprüfung der Stahlträger heraus, dass diese den vorhandenen Lasten nicht mehr standhalten können und somit eine Absturzgefahr besteht, muss das gesamte Stahltragwerk ausgetauscht werden. Zunächst werden der gesamte Estrich und der Ziegelsplittbeton abgestemmt, um die darunterliegende Stahlkonstruktion vollständig freizulegen (Abb. 9.8, Abb. 9.9). Anschließend wird das ehemalige Tragwerk entnommen. Diese Methode stellt eine größere Herausforderung dar, da die Tragkonstruktion auskragend ist und im Mauerwerk durch einen Ober- und Unterlagsträger gestützt wird. Dieses System übernimmt nicht nur

die Eigen- und Verkehrslasten des Balkons, sondern auch die Vertikalkräfte der Außenmauer. Um die Stabilität der Konstruktion während des Ausbaus zu gewährleisten, wird eine temporäre Stützkonstruktion im Mauerwerk installiert. Danach wird ein neues Stahltragwerk aus HEA-Trägern und einem Zugband montiert. HEA haben im Vergleich zu den alten IPN-Trägern eine breitere Auflagerfläche. Auch hier wird ein Korrosionsschutz auf die Stahlkonstruktion aufgetragen. Nach der Behandlung der Stahlträger wird der ehemalige Ziegelsplittbeton durch Stahlbeton ersetzt. Dafür werden zwischen den Stahlträgern Bewehrungskörbe eingebaut. Diese Körbe bestehen aus Stahlbügeln und -stäben, die zu einem Korb verschweißt werden. Anschließend werden der Beton und danach der Verbundestrich in die Schalung gegossen (Abb. 9.12). Zur Befestigung des Geländers werden außerdem Gegenstücke für die Geländerfüße einbetoniert (siehe Kapitel 10). Zuletzt wird das Geländer wieder am Balkon montiert, die Abdichtung aufgetragen und an den Rändern hochgezogen.^{9,7}

VERGLEICH SANIERUNGSMETHODEN

Die erste Sanierungsmethode hat das Ziel, das bestehende Tragwerk zu erhalten und vor weiteren Schäden zu schützen. Ein wichtiger Schritt ist das Auftragen des Korrosionsschutzes, der die Stahlträger vor Umwelteinflüssen schützt. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass die bestehende Bausubstanz größtenteils erhalten bleibt, was die Kosten und den Materialaufwand senkt. Außerdem ist sie weniger zeitintensiv, da keine aufwendigen Abbruch- oder Austauscharbeiten erforderlich sind. Ein weiterer Vorteil dieser Methode liegt in der Nachhaltigkeit, da die Wiederverwendung der bestehenden Konstruktion Material spart und weniger Abfallprodukte entstehen. Allerdings ist diese Sanierungsmethode stark vom Zustand des bestehenden Tragwerks abhängig. Wenn die Schäden bereits zu weit fortgeschritten sind oder die Tragfähigkeit der Stahlträger nicht mehr ausreicht, muss auf die zweite Sanierungsmethode zurückgegriffen werden.

In der zweiten Sanierungsmethode wird ein kompletter Austausch der Stahlkonstruktion durchgeführt. Hierbei ist vor allem der Vorteil, dass die Tragfähigkeit des Balkons genau geplant werden kann

und auf die aktuellen Anforderungen abgestimmt werden kann, beispielsweise werden in diesem Fall anstelle von IPE-Trägern HEA-Träger verwendet, die durch ihre breiteren Flansche eine bessere Stabilität bieten und Torsion, also Verdrehungen, effektiver verhindern. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist, dass Planungsfehler oder Schwachstellen aus der ursprünglichen Bauzeit behoben werden können. Die Tragfähigkeit kann dadurch nicht nur den aktuellen technischen Standards, sondern auch zukünftigen Belastungen angepasst werden. Allerdings ist auch diese Methode mit Nachteilen verbunden. Der Austausch der gesamten Konstruktion, einschließlich der im Mauerwerk liegenden Ober- und Unterlagsträger, ist zeit- und kostenintensiv. Der Ausbau der alten und der Einbau der neuen Tragkonstruktion bedarf einer genauen Planung und sorgfältigen Durchführung, um die Stabilität der Außenmauer nicht zu gefährden. Außerdem ist eine temporäre Stützkonstruktion notwendig, um während der Arbeiten die Lasten der Außenmauer aufzunehmen. Diese ist mit einem*r Statiker*in abzustimmen. Insgesamt bietet die zweite Methode eine langfristige Lösung, während die erste Methode für Fälle geeignet ist, in denen die vorhandene Konstruktion noch in einem geeigneten Zustand ist. Die Wahl der Methode hängt somit vom Zustand des bestehenden Tragwerks, den Anforderungen an die Tragfähigkeit und den verfügbaren Materialien ab.



Abb. 9.8: Abstimmung Estrich und Ziegelsplittbeton



Abb. 9.9: freigelegte, aufliegende IPN-Träger



Abb. 9.10: Oberlagsträger mit Korrosionsschutz



Abb. 9.11: Schalung, abgestützt durch Teleskopstützen



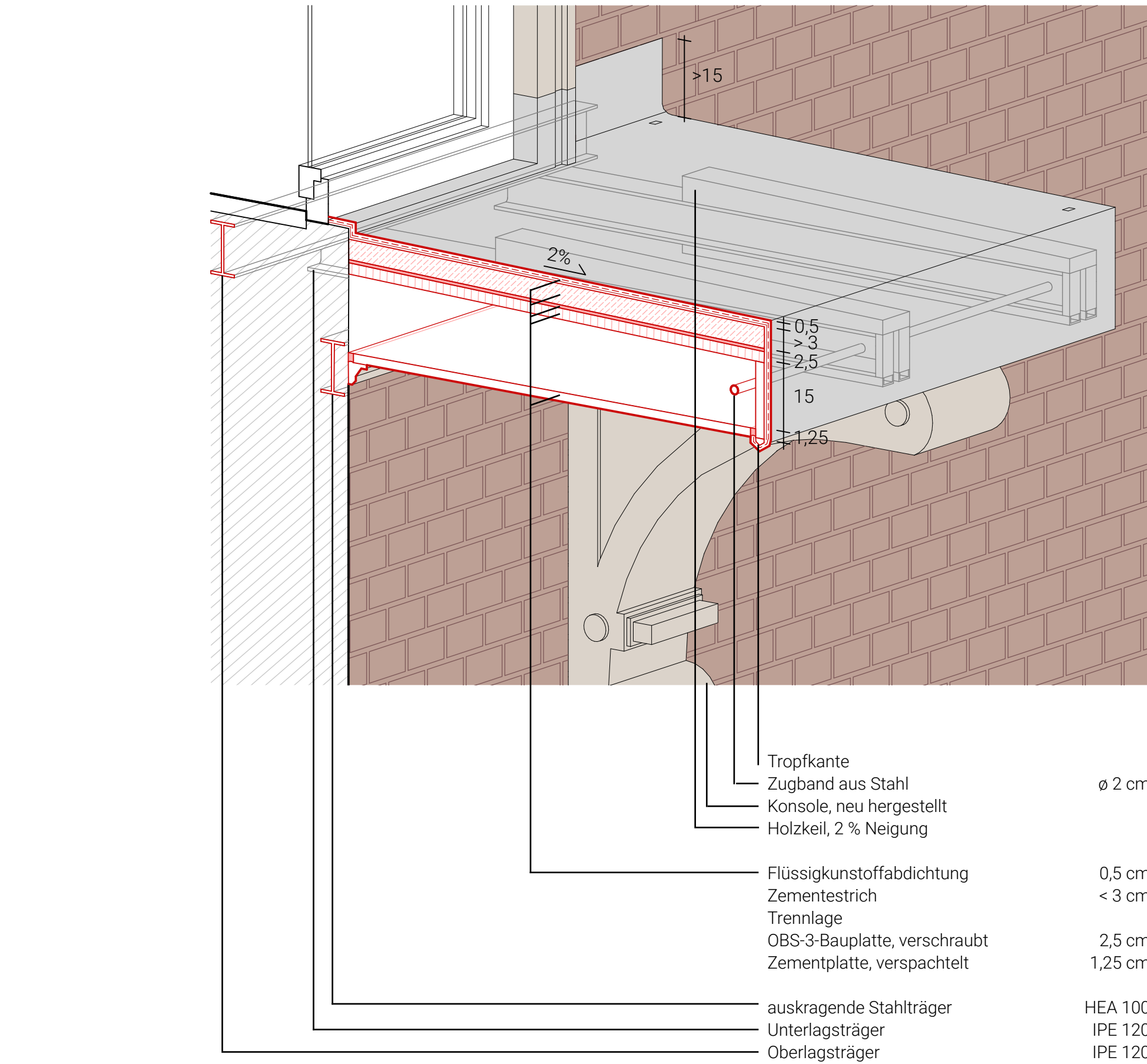
Abb. 9.12: neuer Gefälleestrich, Schnittstelle Vormauerwerk

QUELLEN

- 9.6 Einemann, Axel. Herre, Walter. Siegwart, Michael. Silberhorn, Michael. Storch, Wolfgang. „Balkone, Loggien und Terrassen“ (RM Rudolf Müller Medien GmbH & Co. KG, 2024). 27.
- 9.7 Amend, H. (21.10.2024) Vorlesung von Architekt und Geschäftsführer der Amend + Hinrichs Ingenieurgesellschaft. HafenCity Universität Hamburg, Henning-Voscherau-Platz 1, 20457 Hamburg

BALKON

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG



ANALYSE DER KONVENTIONELLEN SANIERUNG

Als Grundlage für die Entwicklung der kreislaufgerechten Sanierungsvariante dient die Bewertung der verwendeten Baustoffe in der konventionellen Sanierungsvariante hinsichtlich ihrer Kreislaufgerechtigkeit und Recycelbarkeit.

Die massive Balkonplatte, bestehend aus dem Stahlbeton und dem Verbundestrich, kann mit möglichem Aufwand sortenrein abgebrochen werden. Dafür wird der Verbundestrich mit einem Presslufthammer vorsichtig abgetragen. Danach wird auch die Stahlbetonplatte mit entsprechenden Geräten zerkleinert. Die Bewehrungsseisen werden aussortiert, und können wieder in den Materialkreislauf zurückgeführt werden. Der Beton wird zerkleinert und meist als Gesteinskörnung im Straßenbau weiterverwendet. Im Hochbau ist die Verwendung von recyceltem Beton noch selten.^{9,8} Aufgrund der begrenzten Ressourcenkapazitäten an Sand und Kies und dem eingeschränkten Möglichkeiten zur gleichwertiger Wiederverwendung, wird der Baustoff Beton allerdings als kritisch im Hinblick auf dessen Nachhaltigkeit betrachtet.

Ähnliches gilt auch für den Verbundestrich. Dieser ist zwar, wie bereits erwähnt, sortenrein ausbaubar, wird allerdings lediglich für minderwertige Bauprodukte wiederverwendet.^{9,9}

Eine obligatorische Komponente stellt die Stahlkonstruktion dar. Die sechs feuerverzinkten Träger sind problemlos und sortenrein wieder auszubauen. Danach werden sie in einem Stahlwerk eingeschmolzen und anschließend zur Produktion von neuen Stahlbauteilen wiederverwendet. Durch die unterschiedlichen Siedepunkte kann auch der Zink vom Stahl getrennt werden. Zink verdampft bereits bei ca. 400°C, wogegen Stahl erst bei ca. 1400°C flüssig wird.^{9,10}

ZIELSETZUNG

Aus dem Ergebnis der zuvor aufgeführten Analyse wurden sich folgende Ziele gesetzt:

1. Beibehaltung der Stahlkonstruktion in ihrer Konstruktionsweise: Da Stahl, wie bereits beschrieben, sehr gut recycelbar ist, soll das Tragwerk bestehend aus den Unter- und Oberlagsträger und den dazwischen eingespannten auskragenden Trägern in ihrer Konstruktionsart beibehalten werden.

2. Alternative zu Stahlbeton als flächig-tragende Schicht: Der Stahlbeton in der konventionellen Konstruktion stellt eine flächig-tragende Schicht dar, die zwischen den auskragenden Stahlträgern hergestellt wird. Die Mindest-Betonüberdeckung der Stahlträger und der Bewehrungsseisen definieren die Dimensionierung der Betonplatte. Auch im Bauprozess stellt sich das Betonieren der Balkonplatte durch die nötige Schalungskonstruktionen und entsprechenden Abfangungsmaßnahmen als aufwendig heraus. Ergänzend zu der begrenzten Recycelbarkeit und der Recourcenknappheit, wurde nach einer betonfreien nicht massiven Alternative gesucht, die als lastverteilende Schicht dienen könnte.

3. Verwendung von Schraub/ Klemmverbindungen: Für die Konstruktion sollen ausschließlich Schraub- und Klemmverbindungen verwendet werden, sodass der Balkon bei einem möglichen Rückbau vollständig in seine Einzerteile zerlegt werden kann.

TRAGWERK

Die Stahlkonstruktion wird, wie bereits beschrieben, wiederhergestellt. In der gründerzeitlichen Konstruktion wurden in den Balkonen des Beispielgebäudes jeweils vier auskragende Stahlträger verbaut. Für die kreislaufgerechte Sanierungsvariante wird je nach statischer Notwendigkeit die Anzahl der Träger erhöht.

LASTVERTEILENDE PLATTE

Die neue lastverteilende Funktion übernimmt eine 2,5 cm starke OBS3-Bauplatte. Holz als nachwachsender Rohstoff und die problemlose Trennung bzw. Wiederverwendbarkeit von OSB-Platten macht das Bauprodukt sehr nachhaltig.^{9,11}

Um die Platte im 2%-Gefälle einzubauen, werden vorerst zugeschnittene Holzkeile aus Konstruktionsvollholz auf die auskragenden Stahlträger montiert. Die OSB-Platte wird auf diese Holzkeile geschraubt.

VERKLEIDUNG

Aufgrund der guten Rückbaubarkeit soll die umseitige Verkleidung der Balkonkonstruktion in Trockenbauweise ausgeführt werden. Hierfür können zum Beispiel zementgebundene Paneelplatten von

verschiedenen Herstellern zum Einsatz kommen. Diese sind witterungs- und feuchtigkeitsbeständig und lassen sich leicht verarbeiten.^{9,12}

Für die Montierbarkeit der Trockenbauplatten an den Stahlträgern werden ähnlich wie bei einer Brandschutzabkofferung (Abb. 9.14) U-Profile an die Flansche geklemmt, an diese werden anschließend die Platten geschraubt. Zwischen der Stirnseite und der Unterdecke, sowie zwischen aufgehender Außenwand und Unterdecke müssen jeweils Bewegungsfugen eingeplant werden. Die Trockenbaukonstruktion wird anschließend verspachtelt. Als finale Oberfläche kann ein Anstrich oder ein Putz aufgetragen werden.

Durch die Trockenbaukonstruktion entsteht ein Hohlraum zwischen den Stahlträgern, der als Installationsschicht genutzt werden kann und beispielsweise das Einlassen von Downlights ermöglicht. (Abb. 9.18).

Eine große Zeitersparnis ist der Wegfall der Abbindezeit des Betons. Dadurch beschleunigt sich der gesamte Bauprozess und das Gerüst kann früher wieder abgebaut werden. Da Gerüststandzeiten sehr teuer sind, können hier Kosten gespart werden. Auch die modulare Bauweise trägt zur Wirtschaftlichkeit bei, da der Einsatz von spezialisierten Fachkräften geringer ist als für Betonarbeiten.

NUTZSCHICHT

Für die Herstellung der Nutzschicht wird vorerst eine Trennfolie auf die OSB-Platte verlegt. Hierauf wird ein mind. 3 cm starker Zementestrich aufgetragen. Beschichtet wird die Oberfläche mit einer Flüssigkunststoffabdichtung (siehe Kapitel 10).

FAZIT

Die beschriebene Sanierungsvariante stellt eine Annäherung an einer kreislaufgerechte Sanierung dar. Die Balkonplatte in Trockenbauweise anstatt aus Beton zu bauen, ist bereits ein großer Schritt in Richtung Nachhaltigkeit. Allerdings kann die Verwendung von zementgebundenen Fassadenplatten weiter in Frage gestellt werden. Obwohl sie langlebig, problemlos wieder ausbauen und auch wiederverwendbar sind, zumindest sofern sich die Maße für eine weitere Baumaßnahme eignen, ist eine stoffliche Wiederverwendung noch unerprobt.

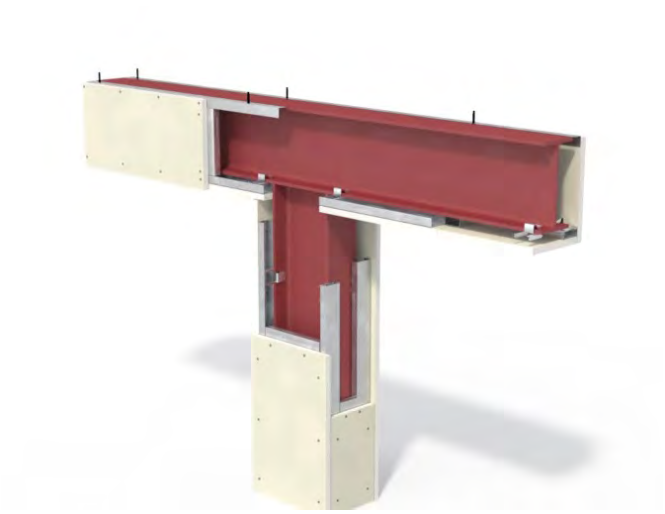


Abb. 9.14: Prinzip Brandschutzverkleidung einer Stahlkonstruktion



Abb. 9.15: zugeschnittene Zementfaserplatten



Abb. 9.16: Untersicht Balkon mit abgehängten Putzträgerplatten



Abb. 9.17: Balkonverkleidung in Trockenbauweise



Abb. 9.18: eingelassene Downlight-Leuchte in Trockenbauplatte

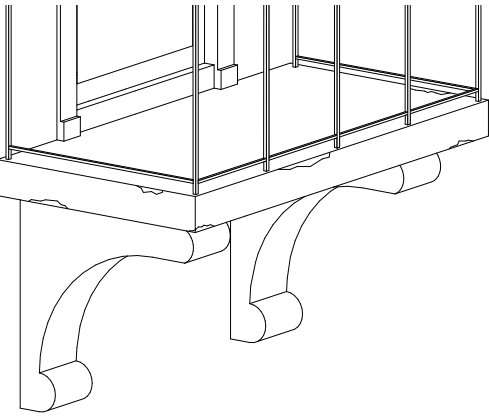
QUELLEN

- 9.8 BauNetz Wissen. „Recyclingbeton“. Zugriff am 31.12.2024. <https://www.baunetzwissen.de/beton/fachwissen/betonarten/recyclingbeton-930267>
- 9.9 WECOBIS Ökologisches Baustoffinformationssystem. Zugriff am 31.12.2024. <https://www.wecobis.de/bauproduktgruppen/moertel-estriche-pg/estriche-pg/zementestrich-pg.html>
- 9.10 Institut Feuer verzinken GmbH. „Klimaschonend und energetisch besser - Recycling von feuerverzinktem Stahl“. Zugriff am 31.12.2024. <https://www.feuerverzinken.com/aktuelles/news/klimaschonend-und-energetisch-besser-recycling-von-feuerverzinktem-stahl>
- 9.11 EGGER OSB-Platten, Produktdeklaration. Zugriff am 31.12.2014. https://www.oekobaudat.de/OEKODAT.DAT/resource/sources/618f6b38-aa9-41b6-9890-b6eaa6af2bd/EGGER_OSB-Platten_9944.pdf?version=00.01.000
- 9.12 Knauf GmbH. „AQUAPANEL® Cement Board Outdoor“ 12,5. Zugriff am 31.12.2024. https://knauf.com/de-DE/p/produkt/aquapanel-r-cement-board-outdoor-12-5-11077_0010

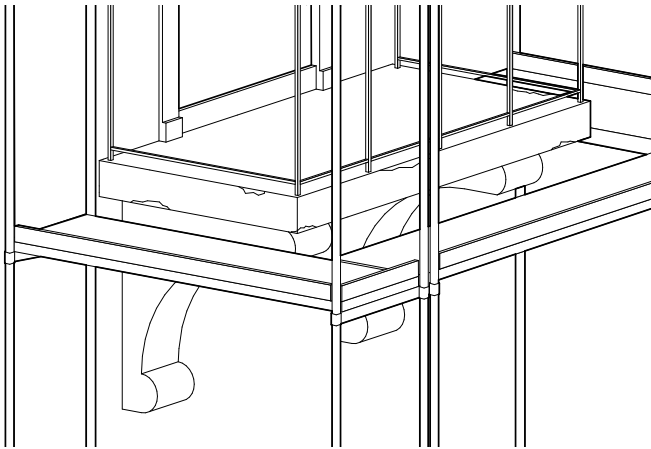
BALKON

ARBEITSSCHRITTE

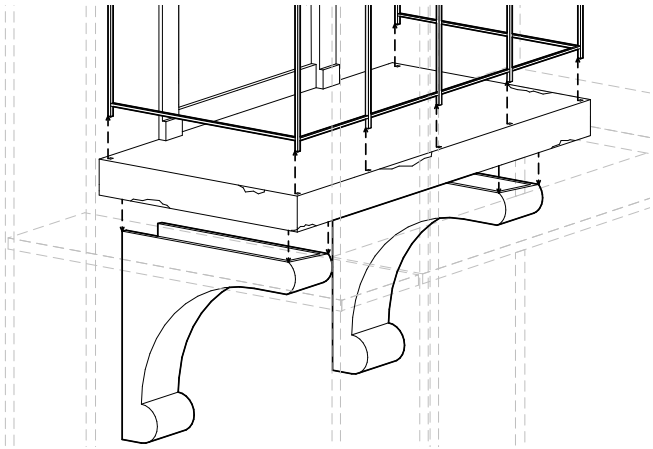
1. Sanierungsbedürftiger Balkon



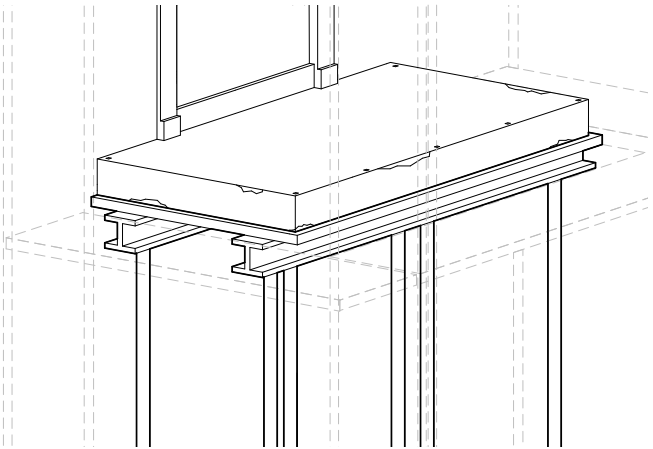
2. Gerüst anbringen



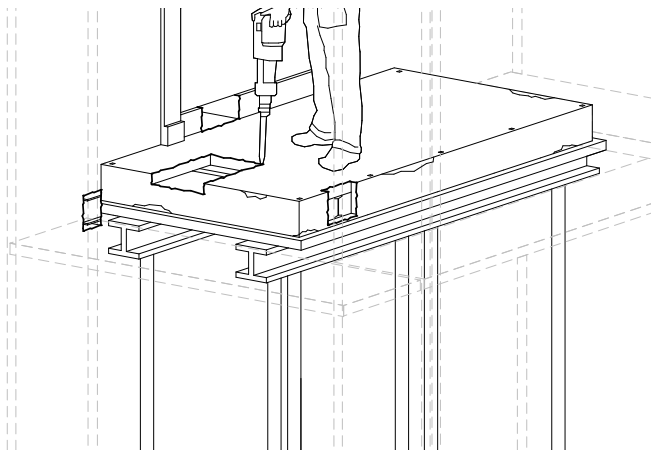
3. Geländer und Konsolen abnehmen



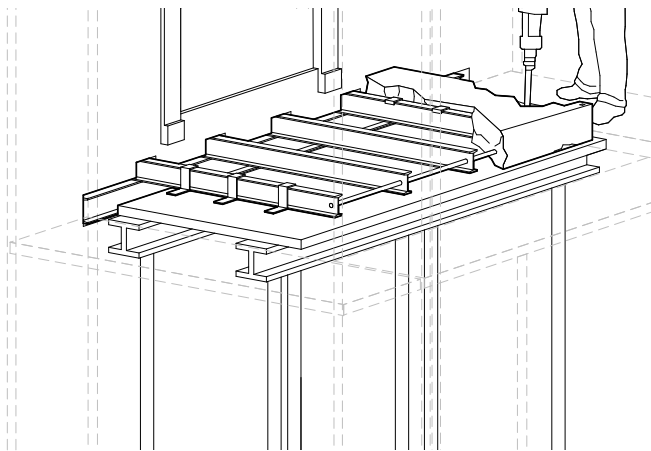
4. Stützkonstruktion aufbauen



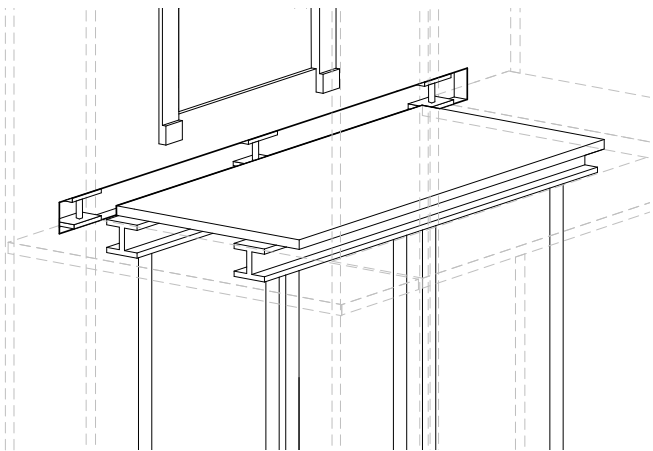
5. Bauteilöffnung, Bestandsanalyse Tragwerk



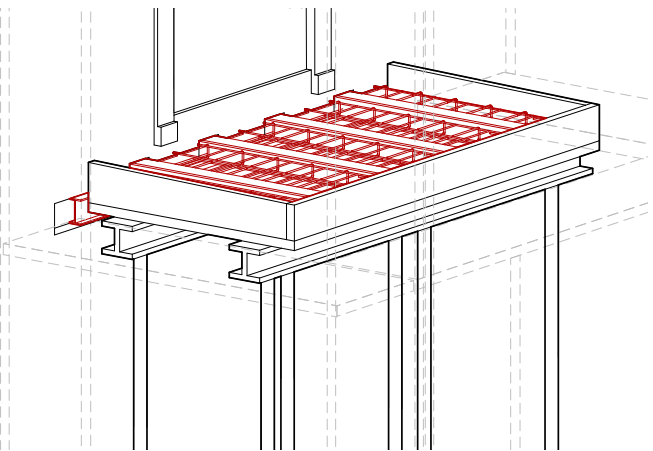
6. Tragwerk freilegen



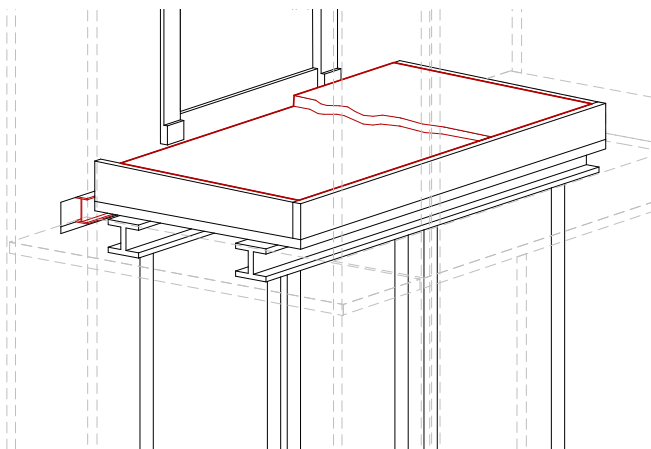
7. Mangelhaftes Tragwerk entnehmen



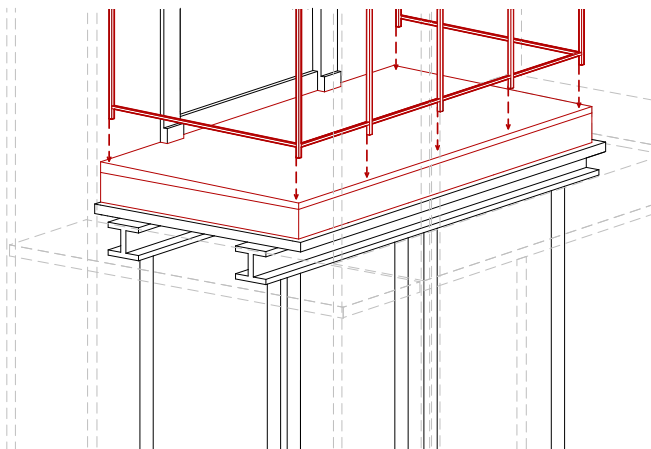
8. Neue Träger und Bewehrung einsetzen + Schalung bauen



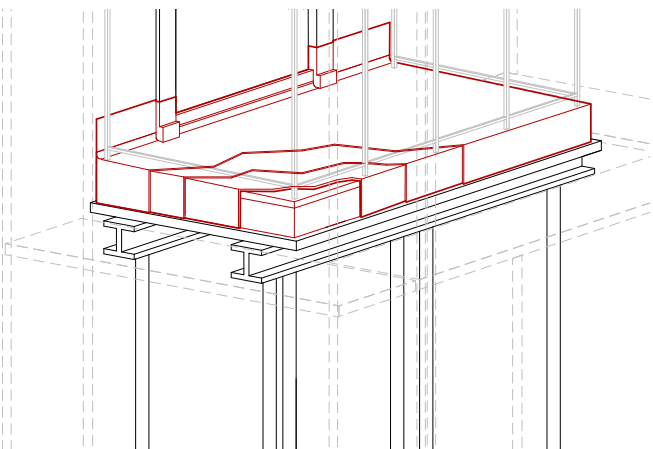
9. Betonieren und Gefälleestrich auftragen



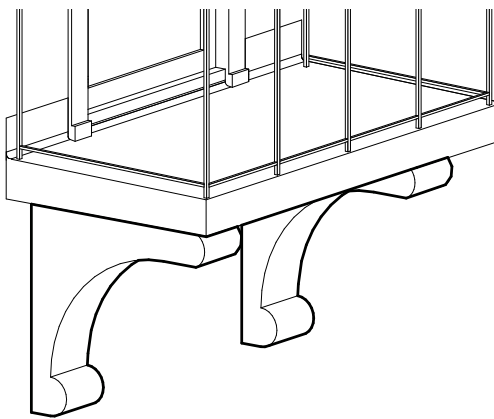
10. Mauerwerk anarbeiten; Geländer anbringen



11. Abdichtung auftragen



12. Konsolen anbringen, sanierter Balkon



UNTERSUCHUNGEN

Um die Tragfähigkeiten der Balkonkonstruktion bewerten zu können, müssen die Profilquerschnitte der Stahlträger auf Korrosion geprüft werden. Dafür wird der Balkon vollständig eingerüstet (2). Das Geländer wird demontiert und zur weiteren Aufbereitung eingelagert (siehe auch Kapitel 10). Auch die Schmuck-Konsolen werden ausgehängt und zur Nachbildung oder Sanierung zum beauftragten Stuckateur-Unternehmen transportiert (3). Die Balkonplatte wird von unten durch Holzträger und Teleskop-Stützen abgefangen (4). Um die Stand-sicherheit während der Sanierungsmaßnahmen zu gewährleisten wird grundsätzlich geschossweise von unten nach oben gearbeitet.

Anschließend kann die Stahlkonstruktion durch einen Presslufthammer stichprobenartig freigelegt werden (5). Auf der Oberseite der Balkonplatte werden Teile des Estrichs entfernt und auf der Unterseite und der Stirnseite wird der Putz im Bereich der Träger abgeschlagen. Um den Unterlagsträger prüfen zu können, wird ein Teil der Zierleiste unterhalb des Balkons sowie einige Ziegel des Vormauerwerks vorsichtig abgeschlagen. Der Oberlagsträger wird freigelegt, indem der Schwellenbereich unterhalb des Fensters geöffnet wird (Abb. 9.4). Die Ergebnisse der Bestandsuntersuchung trägt ein*e Statiker*in sorgfältig zusammen und erstellt hierauf aufbauend eine statische Berechnung für die Sanierung.

ERGEBNIS

Die weitere Vorgehensweise ist davon abhängig, zu welchem Ergebnis die vorangestellten Untersuchungen führen.

An dem hier betrachteten Beispielgebäude konnten nach Aussage des beauftragten Architekten die Stahlkonstruktionen der unteren Balkone vollständig erhalten bleiben. An den oberen Balkonen waren die Profile der Stahlträger jedoch nicht mehr ausreichend belastbar, sodass diese ausgetauscht werden mussten.^{9,2}

Die folgend beschriebene konventionelle Sanierungsvariante fokussiert sich auf die vollständige Erneuerung der Balkone.

ABBRUCH

Der Estrich wird vollständig abgestemmt und fachgerecht entsorgt (Abb. 9.8). Auch der Putz wird umseitig abgeschlagen. Der Kappenbeton zwischen den Trägern wird abgebrochen (6) und anschließend werden die alten Träger schrittweise aus dem Mauerwerk herausgenommen (Abb. 9.9, Abb. 9.10). Hierbei sind in Abstimmung mit dem*r beteiligten Statiker*in eventuell temporäre Abfangungen innerhalb der Mauerwerksöffnung herzustellen (7).

STAHLKONSTRUKTION

Anstelle der alten IPN-120-Unter- und Oberlagsträger werden im Rahmen der Sanierung IPE-120-Stahlträger ins Bestandsmauerwerk eingesetzt. Anschließend werden vier neue HEA-100 Profile als Kragträger zwischen dem Unter- und dem Oberlagsträger eingespannt. Eine neue ø20mm-Zugstange wird durch alle vorgebohrten HPA-Träger geführt und am jeweils letzten Steg verschraubt. Die gesamte Stahlkonstruktion wird abschließend mit einem Korrosionsanstrich versehen. Um mit den weiteren Arbeitsschritten fortführen zu können, werden die Mauerwerksöffnungen wieder verschlossen.

BALKONPLATTE

Als Ersatz der Ziegelsplitt-Kappen ist eine Stahlbeton-Balkonplatte vorgesehen. Ein relevanter Unterschied der neuen Konstruktion im Vergleich zur alten Kappen-Konstruktion ist, dass der Stahlbeton eine Mindestüberdeckung von 2,5 cm über den Stahlträgern aufweisen muss, um Korrosionsschäden vorzubeugen.^{9,13} Dementsprechend wird die neue Betonschicht insgesamt dicker als die ursprüngliche Betonkappenplatte. Was zur Folge hat, dass der Schwellenbereich an der Balkontür niedriger wird und Abdichtungsanschlüsse entsprechend sorgfältig geplant und ausgeführt werden müssen. Der Aufbau unterhalb der Balkonplatte ändert sich nicht maßgebend. Die Betonüberdeckung hat ungefähr die gleiche Dicke wie die ursprüngliche Putzschicht, sodass beide Ebenen dieselbe Höhe erreichen und die Konsolen entsprechend auf gleicher Höhe montiert werden können.

Nach dem Herstellen der Schalung werden zwischen die auskragenden Stahlträgern die Bewehrungskörbe, bestehend aus Q188 A-Stahlmatten

und ø 8/15-Steckbügeln, eingesetzt (8). Anker zur späteren Befestigung der Geländerpfosten werden ebenfalls positioniert, damit sie nach dem Betonieren, fest in der tragenden Schicht verankert sind (siehe Kapitel 10).

Nach ein bis zwei Tagen, bevor der Beton abgebunden ist, wird der Zementestrich aufgebracht, um einen fachgerechten Verbund herzustellen (9).^{9,14} Für die Ableitung des Regenwassers ist, nach der Flachdachrichtlinie, ein Gefälle von 2 % herzustellen. Der Estrich sollte an seiner dünnsten Stelle mindestens 3 cm stark sein. Diese Angabe schreibt das BEB-Hinweisblatt „Hinweise für Zement-Estriche im Freien“ vor.^{9,15} Sobald der Estrich ausgehärtet ist, wird das aufbereitete Geländer in die montierten Gegenstücke eingesetzt und die Schalung sowie die Abfangung kann abgebaut werden (10).

ABDICHTUNG

Am umlaufenden Rand der Balkonunterseite wird ein vorgefertigtes Abtropfprofil verklebt. Diese Profile gibt es zum Beispiel aus ausgehärtetem Polymerharz.

Auf den Estrich wird eine mehrschichtige Flüssigkunststoffabdichtung aufgebracht (11) (siehe Kapitel 10). Diese muss mind. 15 cm an aufgehenden Bauteilen, wie der Wand und den Geländerstützen, hochgeführt werden. Die Beschichtung wird an den Stirnseiten heruntergeführt. Der Abschluss der Beschichtung wird durch die Abtropfkante gebildet, über die die Beschichtung hinweggeführt wird. Auf diese Weise wird das Profil optisch fast unsichtbar.^{9,16}

KONSOLE UND ZIERELEMENTE

Als letzter Schritt werden die abgebrochenen Zierelemente wieder vervollständigt und die nachgebauten sanierten Konsolen eingehängt. Je nach Zustand kann nun das Gerüst wieder abgebaut werden (12).

QUELLEN

- 9.13 DIN 1045-1:2023-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Planung, Bemessung und Konstruktion, Abs. 13.2, Tab. 10.3
- 9.14 Lexikon Bauprofessor.de „Baukonstruktion - Verbundestrich“. Zugriff am 29.11.2024. <https://www.bauprofessor.de/verbundestrich/>
- 9.15 Bundesverband Estrich und Belag. „Hinweise für Zement-Estriche im Freien“ (2019)
- 9.16 KORTE Bauteile GmbH. „Rand-Probleme - Tropfkanten(-profile) und Wassernasen schützen Bauteile und deren Unterseiten vor Korrosion“. Zugriff am 29.11.2024. <https://www.korte.de/publikationen/tropfkanten-wassernasen-schuetzen-bauteile-vor-korrosion/>

BALKONBRÜSTUNG

BESTAND

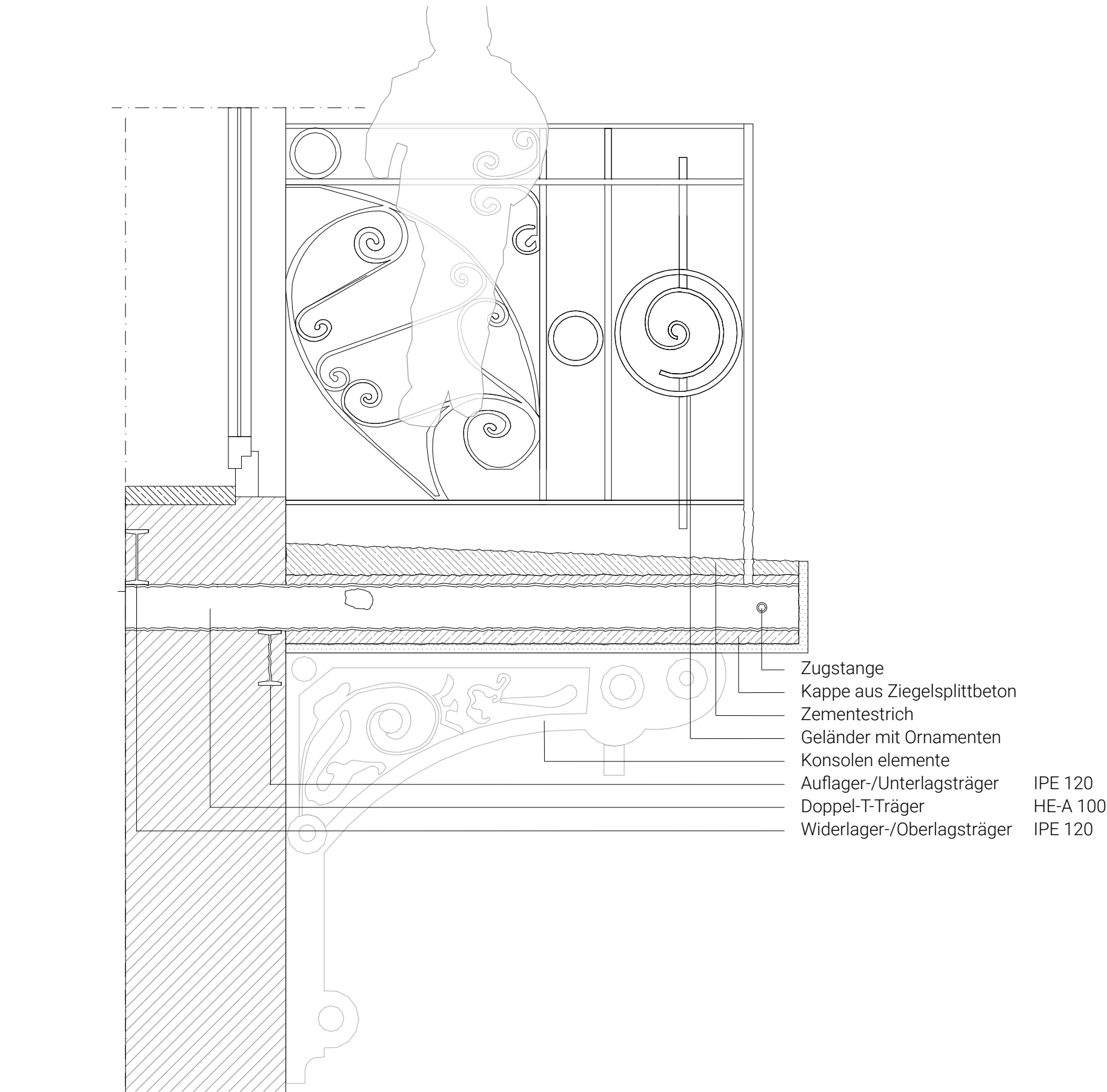


Abb. 10.1: Detail Balkon Bestand

BAUTEIL

Im Anschluss an die umfassende Analyse der Balkonplatte in Kapitel 9 wird im folgenden Abschnitt die darauf befindliche Abdichtung sowie die Balkonbrüstung näher betrachtet. Ziel ist es, die Funktionalität und die Anforderungen dieser Bauteile zu untersuchen, um ein ganzheitliches Verständnis für ihre Rolle im Gesamtkontext des Balkons zu entwickeln.

FUNKTION BRÜSTUNGEN

Die Funktion des Bauteils Brüstung besteht darin, als Absturzsicherung zu dienen, um Personen vor Stürzen oder Abstürzen zu schützen.^{10.1} Brüstungen bieten Sicherheit, Unterstützung und Abgrenzung in Bereichen wie Treppen, Balkonen und Terrassen.^{10.2} Sie müssen standsicher, gebrauchstauglich und ästhetisch gestaltet sein, um sowohl den Sicherheitsanforderungen als auch den Bedürfnissen der Nutzer gerecht zu werden.^{10.1}

FUNKTION ABDICHTUNGEN

Die Funktion des Bauteils Abdichtungen besteht darin, Bauteile wie Balkone, Loggien, Laubengänge, Dachterrassen und Terrassen vor Durchfeuchtung zu schützen und Schäden an angrenzenden, insbesondere genutzten Gebäudeteilen zu vermeiden. Die Wahl der Abdichtungsart hängt von den äußeren Beanspruchungen, klimatischen Einflüssen sowie mechanischen und thermischen Einwirkungen ab.^{10.3}

BAUWEISE AUS DER GRÜNDERZEIT

Oberhalb der Balkonplatte befindet sich eine U-förmige Balkonbrüstung. Im Beispiel des Gebäudes am Stelling Weg 36 handelt es sich um ein schmiedeeisernes ornamentales Geländer mit Querstreben, Ober- und Untergurt^{10.4} (Abb. 10.2). Schmiedeeisen ist ein Eisenwerkstoff, der durch Schmieden bei hohen Temperaturen aus Roh-eisen hergestellt wird. Es wird traditionell für die Herstellung von Geländern, Zäunen und Toren verwendet.^{10.5} Die Eigenschaften von Schmiedeeisen umfassen hohe Festigkeit, gute Verform- und Zerspanbarkeit sowie einen niedrigen Preis. Es hat eine kalkulierbare Lebensdauer, insbesondere bei geeignetem Korrosionsschutz.^{10.6} Schmiedeeisen ist langlebig und benötigt wenig Wartung, was es

zu einer praktischen Wahl für Außenanwendungen macht. Zudem bietet es Sicherheit durch seine Robustheit und Stabilität.^{10.5} Trotz der Konkurrenz durch Gusseisen bleibt Schmiedeeisen aufgrund seiner besonderen Eigenschaften in Stilbauten und historischen Gebäuden gefragt.^{10.6} Es wird sowohl in Standardmaßen als auch nach Maß gefertigt, und die Auswahl reicht von Geländern mit einfachen geraden Stäben bis hin zu kunstvoll gestalteten Meisterwerken mit floristischen Motiven und anderen komplizierten Mustern.

SCHWÄCHEN

Die Balkonbrüstung zeigt Schwächen, die auf die Bauweise aus der Gründerzeit zurückgehen. Bei dieser Konstruktion sind die Geländerfüße in die Ziegelsplittbetondecke einbetoniert, während der Obergurt des Geländers im Mauerwerk verankert ist. Die Geländerfüße durchbrechen dabei die Deckschicht und ermöglichen das Eindringen von Wasser. Ein zentrales Problem dabei ist das Fehlen einer Abdichtung auf der Balkondecke. Undichte Stellen lassen Feuchtigkeit ins Innere gelangen, was in den Wintermonaten problematisch ist. Wenn Wasser eindringt, kann es gefrieren und sich ausdehnen, was zu Schäden am Tragwerk führt. Beläge wie der Zementestrich, stellen keine Abdichtungen dar, weshalb es erforderlich ist, die Bodenplatten der Balkone zusätzlich abzudichten.^{10.4}

BAUSCHÄDEN

Bauschäden, die aus den bestehenden Schwächen resultieren, machen sich an den Bauteilen bemerkbar. Korrosion tritt an den Befestigungen auf, die das Geländer mit der Tragplatte verbinden (Abb.10.3). Dies stellt ein Sicherheitsrisiko dar. Durch die nachgebenden Geländerfüße wird die Stabilität des gesamten Systems gefährdet. Dies kann nicht nur zu einem Versagen des Geländers führen, sondern auch zu einem potenziellen Sturzrisiko für Personen, die sich auf dem Balkon befinden.^{10.4}

Die schadhafte Lackierung des Geländers trägt zur Verschlechterung des Zustands bei. Eine unzureichende Oberflächenbehandlung führt dazu, dass Feuchtigkeit eindringen kann, was die Korrosionsprozesse an den Metallteilen beschleunigt (Abb.10.4). Diese Schäden an der Oberfläche beein-

trächtigen im Laufe der Zeit die strukturelle Integrität des Geländers.^{10.4}

Ein zentrales Problem ist das Fehlen einer Abdichtung auf der Balkondecke, die entscheidend ist, um das Eindringen von Wasser zu verhindern. Diese Mängel verursachen auch Schäden im Inneren der Betonplatte und begünstigen die Korrosion am Tragwerk selbst (Abb. 2.1.5). Dies führt zu einer fortschreitenden Schädigung der tragenden Elemente und gefährdet letztlich die Sicherheit des gesamten Bauwerks.^{10.4}

RISIKEN UND GEFAHREN BRÜSTUNG

Das Geländer aus kunstvoll gestaltetem Schmiedeeisen (Abb. 10.6) enthält Elemente mit unregelmäßigen Öffnungen. In Hamburg dürfen Stab- und Ornamentteile nicht als Trittsprossen oder Trittplächen genutzt werden. Ein Abstand von mehr als 4 cm zwischen den Ornamenten gilt als kritisch, da dies sonst zum Überklettern verleiten kann.^{10.7}



Abb. 10.2: Balkon Bestandsbau



Abb. 10.3: Korrosionsschäden am Geländer



Abb. 10.4: Schadhafte Lackierung



Abb. 10.5: Korrosionsschäden am Unterlagsträger und Doppel-T-Träger

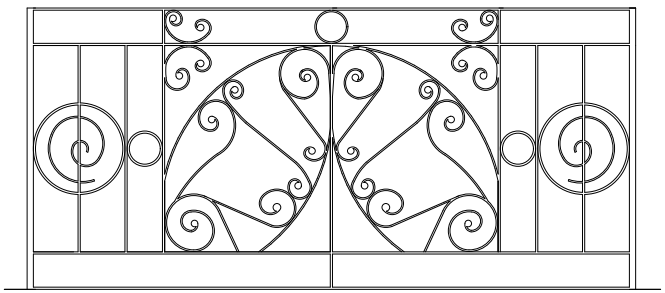


Abb. 10.6: Geländer aus Schmiedeeisen

QUELLEN

- Einermann, Axel + et al. „Balkone, Loggien und Terrassen“ (Rudolf Müller, 2019). S. 115
- architektur-lexikon.de. „Geländer“ (o.A.). Zugriff 22.01.2025. <https://www.architektur-lexikon.de/cms/lexikon/40-lexikon-g/3494-gelaender.html>
- Einermann, Axel + et al. „Balkone, Loggien und Terrassen“ (Rudolf Müller, 2019). S. 43
- Ahrmend, Holger. (21.10.2024). Vortrag von Herrn Amend + Hinrichs Ingenieurgesellschaft
- eleo-express.de. „Darum ist Schmiedeeisen die beste Wahl“ (o.A.). Zugriff 22.01.2025. https://www.eleo-express.de/blogs/blog/vorteile-schmiedeeisen?srsId=AfmB0ooli_FQGan967Tj5nqSag8fcCc6TYBr78255CSX6ySfTIEWlolo
- baunetzwissen.de. „Schmiedeeisen“ (o.A.). Zugriff 24.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/beschlaege/fachwissen/materialien/schmiedeeisen-150130>
- Einermann, Axel + et al. „Balkone, Loggien und Terrassen“ (Rudolf Müller, 2019). S. 139

BALKONBRÜSTUNG

KONVENTIONELLE SANIERUNG

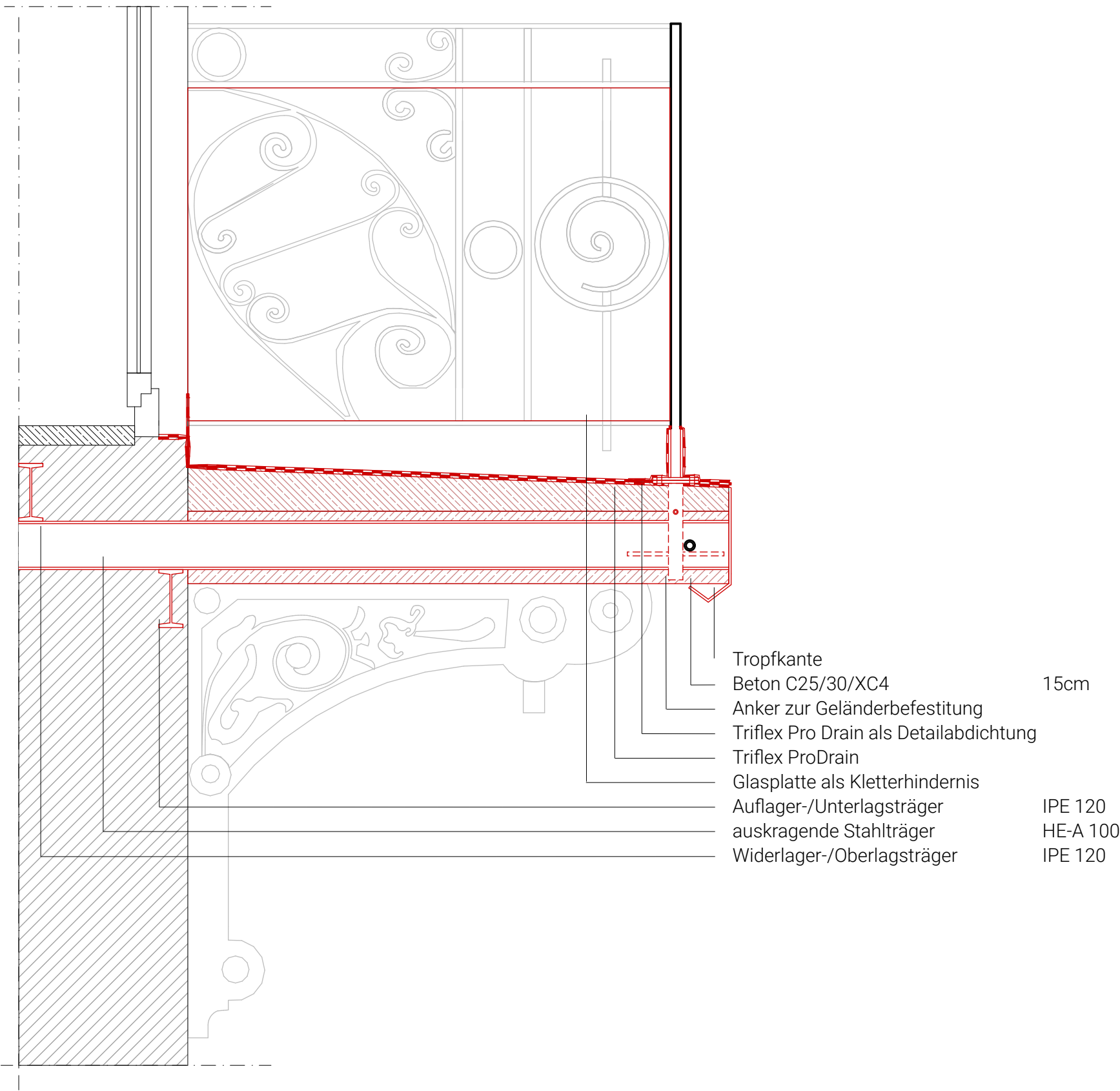


Abb. 10.7: Detail Balkon Sanierung

ALLGEMEINE RAHMENBEDINGUNGEN

Die Sanierung historischer Balkone ist komplex und erfordert die Bewahrung der einzigartigen Architektur sowie die Einhaltung moderner Sicherheitsstandards. Wichtige Herausforderungen sind die Prüfung und Sicherstellung der strukturellen Integrität aufgrund vorhandener Schäden im Tragwerk. Zudem muss der historische Charakter im Rahmen des Denkmalschutzes gewahrt werden, was bedeutet, dass die historische Optik, einschließlich des kunstvoll gestalteten Geländers und der Konsolen, erhalten bleiben muss. Auch der Umgang mit baurechtlichen Vorschriften, wie beispielsweise der Geländerhöhe, sowie die Berücksichtigung von Ornamenten im Geländer, die als Kletterhilfe für Kinder dienen können, spielen eine entscheidende Rolle.^{10.8}

SANIERUNGSMETHODEN

Nach der ausführlichen Schadensanalyse der Balkonplatte in Kapitel 9 und der Erörterung möglicher Sanierungskonzepte liegt der Fokus nun auf der Analyse von Sanierungsmethoden für eine zuvor nicht vorhandene Abdichtung sowie für die Balkonbrüstung (Abb. 10.7). Erwähnt werden muss hier jedoch ein wichtiger Schritt, der bei der Sanierung der Bodenplatte berücksichtigt werden muss, um eine ausreichende Befestigung der Balkonbrüstung zu ermöglichen. In Kapitel 9 werden zwischen den Stahlträgern Bewehrungskörbe eingebaut, in die der neue Stahlbeton gegossen wird. Im Anschluss daran wird der Verbundestrich in die Schalung gegossen. Zur Befestigung des Geländers werden in diesem Schritt Anker für die Geländerfüße einbetoniert. Der Bodenanker aus Edelstahl V4A (Abb. 10.8) ist speziell für das Einbetonieren in ein Betonfundament konzipiert. Der Adapter wird ebenfalls einbetoniert und sorgt durch die quer eingesteckten Verankerungsseisen für stabilen Halt. Nach dem Ausrichten der Hülse und der Aushärtung des Betons kann das Geländer nach der Aufbereitung wieder sicher montiert werden.^{10.9}

SANIERUNG BALKONBRÜSTUNG

Das Geländer weist Korrosion auf. Daher wird es demontiert und zur Aufarbeitung in eine Schlosserei gebracht. Das Feuerverzinken nach DIN EN ISO 1461, auch bekannt als Stückverzinken, ist ein Verfahren zur Aufbringung eines Zinküberzugs

auf Stahl- oder Gussteile durch Eintauchen in geschmolzenes Zink.^{10.10}

Der Prozess beginnt mit der Anlieferung und Eingangsprüfung der Werkstücke, die in Chargen ähnlicher Teile gruppiert werden, um ein wirtschaftliches Verzinken zu ermöglichen. Zunächst erfolgt die Entfettung der Teile mit alkalischen oder sauren Mitteln, gefolgt von einer kurzen Spülung in Wasser. Anschließend werden die Werkstücke einer Beizbehandlung mit verdünnter Salzsäure unterzogen, um Rost und Zunder zu entfernen, bevor sie erneut gespült werden. Danach durchlaufen die Teile ein Flussmittelbad, das die Oberfläche reinigt und die Benetzbarkeit verbessert, gefolgt von einer Trocknung. Im nächsten Schritt werden die vorbereiteten Teile in ein Zinkbad (Abb. 10.9) mit Temperaturen zwischen 440 und 460 °C getaucht, wo eine Diffusion zwischen Zink und Eisen stattfindet, wodurch eine Zink-Eisen-Legierungsschicht entsteht. Nach dem Eintauchen kühlen die feuerverzinkten Teile ab, werden gewogen und auf die Qualität des Zinküberzugs überprüft. Die Dicke des Zinküberzugs ist entscheidend für die Qualität und wird in Mikrometern gemessen.^{10.10} Nachdem die Balkonbrüstung in der Schlosserei aufbereitet wurde wird dieser erneut auf der Balkonplatte montiert.

Hamburg dürfen Stab- und Ornamenteile nicht als Trittsprossen oder Trittflächen genutzt werden, wobei ein Abstand von mehr als 4 cm zwischen den Ornamenten als kritisch gilt (Abb. 10.10). Um die Klettergefahr zu minimieren und die denkmalgeschützte Optik zu bewahren, wird vorgeschlagen, im Bereich der Ornamente eine Glasfassade zu installieren.^{10.7}

VOR- NACHTEILE ABDICHTUNGEN

Bei der Abdichtung von Balkonen stehen verschiedene Optionen zur Verfügung, die jeweils spezifische Vor- und Nachteile bieten.

Bituminöse Abdichtungen sind kosteneffizient und vielseitig, erfordern jedoch eine fachgerechte Ausführung, insbesondere an kritischen Stellen, und sind ohne UV-Schutz nicht witterungsbeständig. Dichtungsbänder aus Kautschuk oder Teflon sind einfach zu verarbeiten und preiswert, benötigen je-

doch sauberes Arbeiten und haben eine lange Aushärtezeit von drei bis vier Tagen. EPDM-Folien sind elastisch und lösemittelfrei, aber empfindlich gegenüber Ölen und mechanischen Beschädigungen. Flüssigkunststoff ist eine moderne, flexible Lösung für Risse und Spalten, die schnell verarbeitet werden kann, jedoch eine präzise Anwendung durch Fachleute erfordert, da er schnell aushärtet.^{10.11}

FAZIT

Wichtig für die Entscheidung über eine passende Abdichtung ist die Umsetzbarkeit. Aufgrund der kleinen Fläche der Balkonplatte kommen die erforderlichen Geräte zum Verschweißen der Bitumenbahnen nicht infrage. Zudem sticht die Flüssigabdichtung hervor, die sich ideal für Sanierungszwecke eignet. In diesem Fall wurde die TriflexProDrain Abdichtung gewählt.^{10.12} Triflex ProDrain (Abb. 10.11) ist eine flexible Abdichtungslösung für Balkone, Terrassen und Laubengänge, die zuverlässigen Feuchtigkeitsschutz und Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse bietet. Es ist dynamisch rissüberbrückend und mechanisch belastbar. Das System besteht aus mehreren Komponenten: Zuerst wird der Triflex ProDrain Primer als Tiefengrund verwendet, gefolgt vom Triflex ProDrain Fix+ Kleber zur Verklebung der Drainageschicht. Die Triflex Entkopplungsbahn DC-Mat sorgt für Entkopplung und Stabilität, während der Cryl Primer 276 die Druckfestigkeit gewährleistet. Abgerundet wird das System durch das Triflex BTS-P Balkon Abdichtungssystem.^{10.13} Die Abdichtung wird oberseitig und an den Seiten der Balkonplatte aufgetragen und schließt an der Balkonunterseite mit einem Tropfkantenprofil ab.^{10.14}

Anschließend wird das Triflex ProDetail-System (Abb. 10.12) angewendet, das eine naht- und fugenlose Detailabdichtung bietet. Dabei wird die Detailabdichtung in einem überlappenden System mit der Flächenabdichtung, die Geländerfüße und die Wandanschlüsse 15 cm hochgezogen. Die Detailabdichtungen sind von großer Bedeutung, da bereits eine Schwachstelle wie die Durchbrechung der Abdichtung für die Betonanker die gesamte Funktionalität des Schichtenaufbaus gefährden kann.^{10.15}

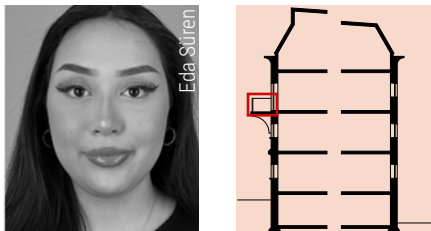


Abb. 10.8: Bodenanker Edelstahl Pfosten Adapter zum Einbetonieren

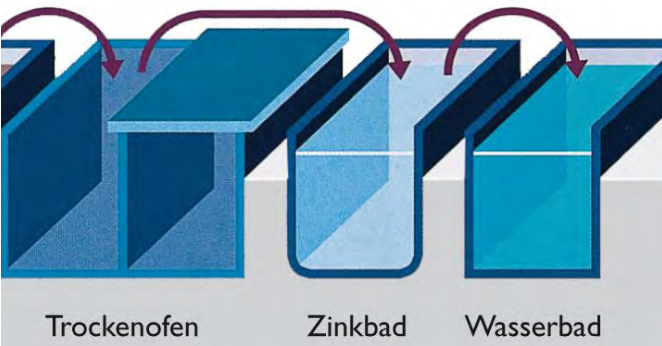


Abb. 10.9: Verfahrnsablauf beim Feuerverzinken nach DIN EN ISO 1461

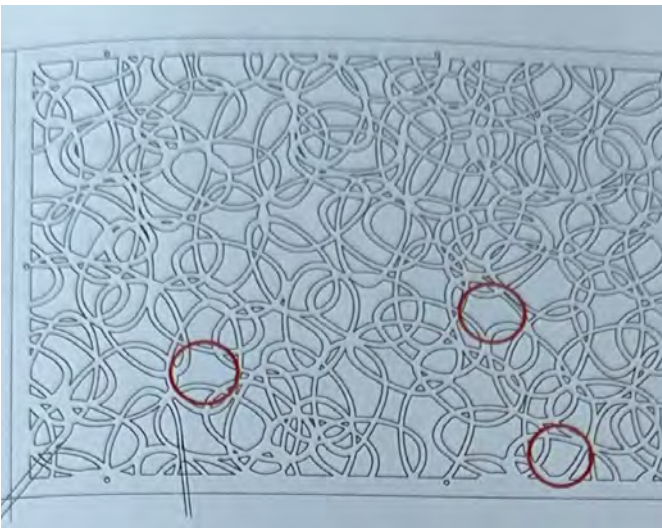


Abb. 10.10: Zeichnung Rankengeländer mit unregelmäßigen Öffnungen

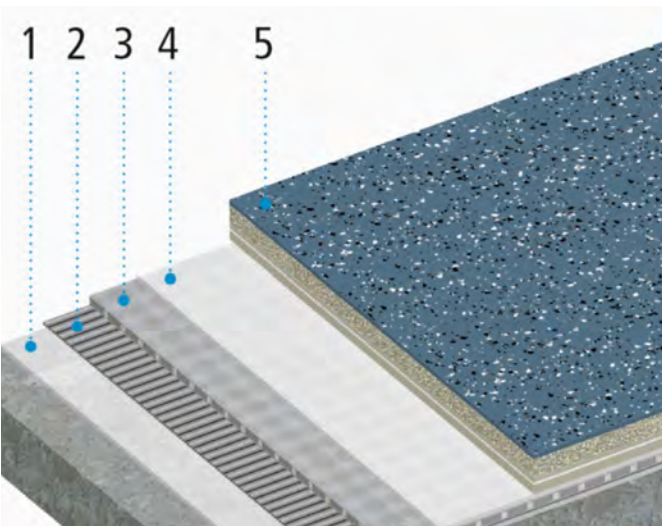


Abb. 10.11: Triflex ProDrain Schichtaufbau

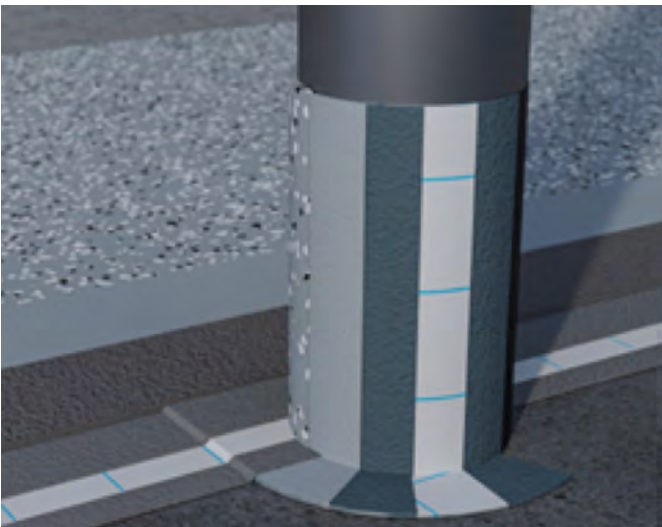


Abb. 10.12: Detailabdichtung mit Triflex ProDetail

QUELLEN

- 10.8 Projekt-altbau.de „WELCHE TYPISCHEN PROBLEME TRETEN BEI DER SANIERUNG VON HISTORISCHEN VERANDEN UND BALKONEN AUF?“ (o.A.).
- 10.9 Hoerr-edelstahl.de „BODENANKER EDELSTAHL PFOSTEN ADAPTER ZUM EINBETONIEREN IM BODEN BETON BETONANKER V4A“ (o.A.).
- 10.10 Feuerverzinken.com „A.2 VERFAHRENSABLAUF BEIM FEUERVERZINKEN NACH DIN EN ISO 1461“ (o.A.).
- 10.11 Icotec.de „Balkon- & Terrassenabdichtung: Wie und warum Balkon abdichten?“ (o.A.).
- 10.12 Dahlgrün, Bernd (Dezember 2024): Korrektur im Rahmen des Seminars „Konstruktion II: Kreislaufgerechtes Sanieren“ an der HafenCity Universität Hamburg.
- 10.13 Triflex „Triflex ProDrain,Triflex (Juni 2024). S.4.
- 10.14 Korte.de „TROPFKANTENPROFILE“ (o.A.).
- 10.15 Triflex „Dachsysteme,Triflex (November 2022). S.8

[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

BALKONBRÜSTUNG

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

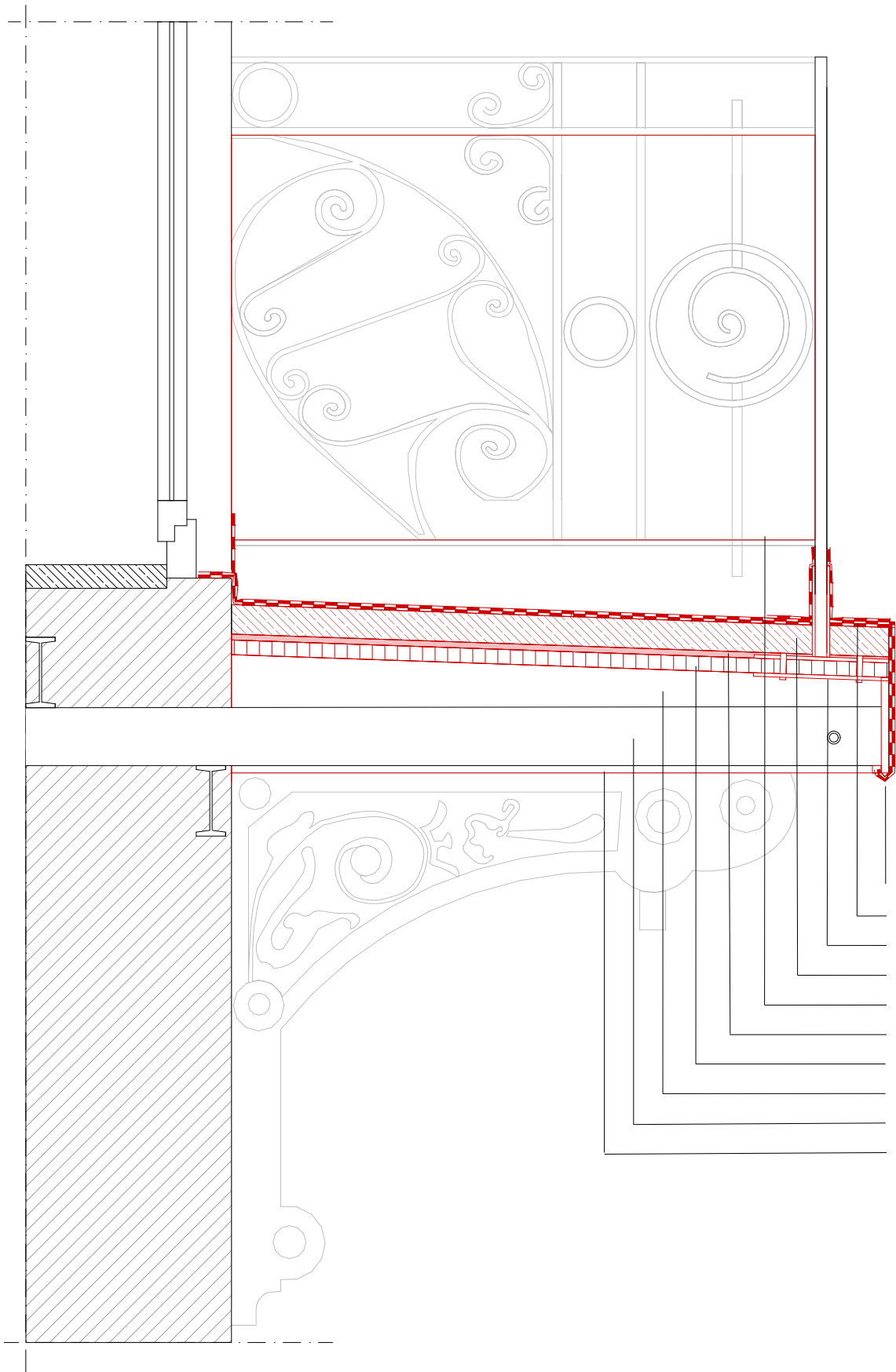


Abb. 10.13: Detail Balkon kreislaufgerechte Sanierung

ANALYSE DER KONVENTIONELLEN SANIERUNG

In Kapitel 9 wird anhand einer kritischen Analyse der bei der konventionellen Sanierung genutzten Materialien ein neuer, kreislaufgerechter Vorschlag für den Bodenaufbau unterbreitet. Da dieser einen wesentlichen Einfluss auf die Geländerbefestigung hat, soll dieser neue Aufbau nun zusammengefasst werden. Das neue Tragwerk besteht aus einer wiederhergestellten Stahlkonstruktion, bei der die Anzahl der auskragenden Stahlträger je nach statischer Notwendigkeit erhöht wird. Eine 2,5 cm starke OSB3-Bauplatte übernimmt die lastverteilende Funktion (Abb. 10.14) und wird auf zugeschnittene Holzkeile montiert, die auf den Stahlträgern angebracht sind (Siehe Kapitel 9).

Da der Stahlbeton aus der konventionellen Sanierung nun durch eine OSB3-Bauplatte ersetzt wird, kann der vorher verwendete Betonanker nun nicht mehr so wieder in den Boden einbetoniert werden, um das Geländer zu befestigen.

NEUES VERANKERUNGSSYSTEM

Eine neue Lösung wird vorgeschlagen, indem der untere Teil des Adapters mit quer eingesteckten Verankerungseisen durch eine Hülse ersetzt wird, die am unteren Ende eine 20 cm breite Flansche angeschweißt hat (Abb. 10.13). Dies muss ebenfalls im selben Winkel wie das Gefälle der OSB3-Platte geschehen, damit das Geländer oberhalb des Bodenaufbaus im 90-Grad-Winkel steht. Die Hülse bleibt weiterhin hohl, sodass die Geländerfüße hineingesteckt und befestigt werden können.

FEUERVERZINKEN

Die Sanierungsmethode des Feuerverzinkens für Geländer stellt bereits eine nachhaltige und zirkuläre Lösung dar. Wenn der Zinküberzug (Abb. 10.15) von feuerverzinkten Stahlbauteilen aufgrund einer langen Nutzungsdauer nicht mehr ausreichend korrosionsschützend wirkt, kann das Neuverzinken durchgeführt werden. In diesem Prozess werden die Stahlbauteile in der Verzinkerei zunächst entzinkt und anschließend neu verzinkt, was in jeder Verzinkerei möglich ist. Durch das Neuverzinken erhalten die Bauteile erneut einen Korrosionsschutz von 50 Jahren oder mehr, ohne dass es zu einem Qualitätsverlust kommt. Diese Methode trägt erheblich zur Einsparung von Ressourcen, Energie

und CO2 bei und leistet somit einen wertvollen Beitrag zur Nachhaltigkeit.^{10.16}

DIE ABDICHTUNG

Wie bei der konventionellen Sanierung erwähnt, gibt es verschiedene Abdichtungsvarianten für eine kreislaufgerechte Abdichtung, darunter die Verwendung von EPDM-Folien (Abb. 10.16). EPDM erfüllt sämtliche Kriterien der Kreislaufwirtschaft. Aufgrund seiner Langlebigkeit und dauerhaften Dehnbarkeit lässt sich das Material problemlos wiederverwenden und kann sogar recycelt werden. Nach der Abnutzung kann es entfernt und dem Materialkreislauf erneut zugeführt werden.^{10.17}

In diesem speziellen Fall muss jedoch die Größe der Balkonplatte berücksichtigt werden. Aufgrund der begrenzten Fläche ist die Verarbeitung von Folien nicht optimal, da die erforderlichen Geräte nicht ausreichend Platz (Abb. 10.17) auf dem Balkon finden, um die überlappenden Folienabschnitte zusammenzuschweißen.^{10.12} Daher empfiehlt es sich, eine Flüssigabdichtung zu verwenden, die in diesem Kontext wesentlich einfacher zu handhaben ist und einen zuverlässigen Schutz vor Feuchtigkeit gewährleistet. In diesem Fall wurde erneut die Flüssigabdichtung Triflex ProDrain eingesetzt.

FLÜSSIGABDICHTUNG TRIFLEX PRODRAIN

Die Sanierung bestehender Balkone erweist sich als wirtschaftlicher im Vergleich zu einem Neubau. Das innovative System von Triflex ProDrain (Abb. 10.18) ermöglicht eine zügige Installation auf unterschiedlichen Untergründen, wodurch sowohl Zeit- als auch Kostenaufwand signifikant reduziert werden. Zudem trägt es zur Nachhaltigkeit bei, indem es die Lebensdauer des Balkons verlängert. Dank seiner Entkopplungs-, Abdichtungs- und Drainagefunktionen bietet Triflex ProDrain eine umfassende Lösung für die Herausforderungen im Balkonbau. Es gewährleistet nicht nur Effizienz und Haltbarkeit, sondern auch eine benutzerfreundliche Handhabung für Fachleute in der Bauindustrie.^{10.18}



Abb. 10.14: OSB3 - Bauplatte



Abb. 10.15: Feuerverzinktes Bauteil im Zinkbad



Abb. 10.16: EPDM-Folie



Abb. 10.17: Heißluftverschweißung

Systemaufbau – Detail A

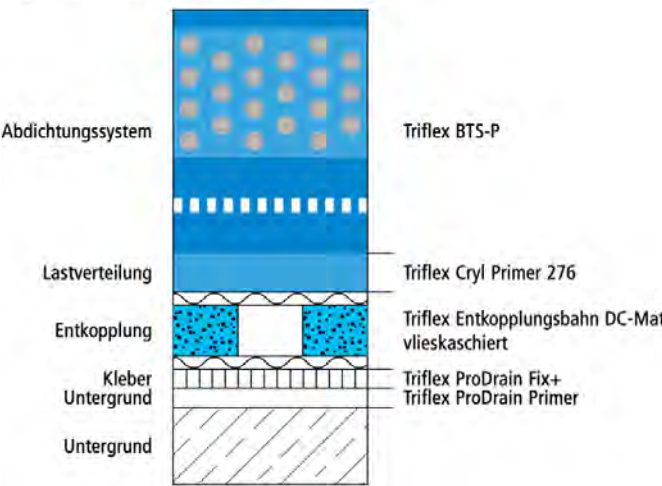


Abb. 10.18: Triflex ProDrain Schichtaufbau

QUELLEN

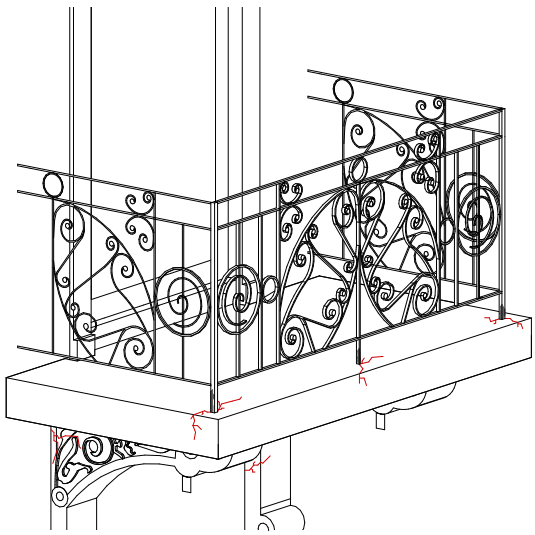
- 10.16 Feuerverzinken.com „FEUERVERZINKTER STAHL IN DER NACHHALTIGEN KREISLAUFWIRTSCHAFT. Hidden Champion der Zirkularität“ (o.A.). Zugriff 15.01.2025. <https://www.feuverzinken.com/feuerzinken/nachhaltigkeit>
- 10.17 Holcimelevate.com „Was bringt Ihnen EPDM für ihre Projekte?“ (o.A.). Zugriff 15.01.2025. <https://www.holcimelevate.com/dach-de/dachabdichtung/epdm/vorteile#:~:text=EPDM%20erfüllt%20samtliche%20Kriterien%20der%20Kreislaufwirtschaft.&text=Dank%20seiner%20Langlebigkeit%20und%20dauerhaften,es%20kann%20sogar%20recycelt%20werden>
- 10.18 triflex.com „Balkon Entkopplungssystem Triflex ProDrain“ (o.A.). Zugriff 07.12.2024. https://www.triflex.com/de/triflex_prodrain

BALKONBRÜSTUNG

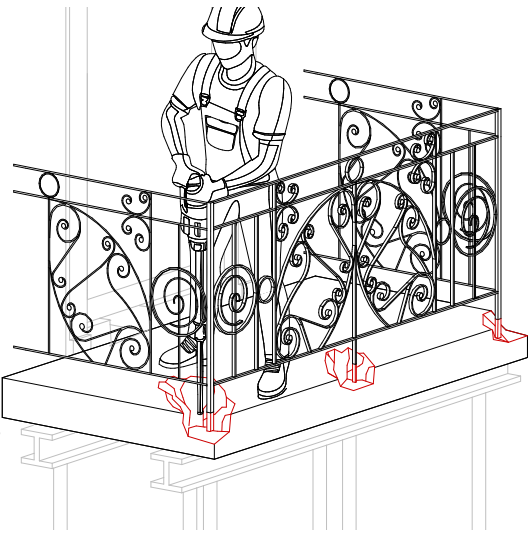
ARBEITSSCHRITTE



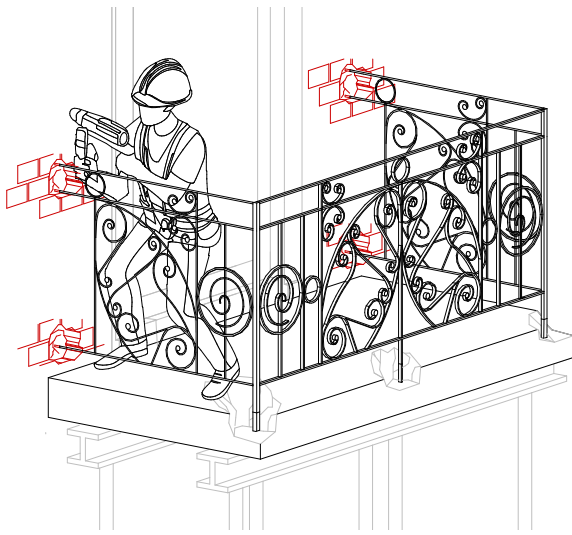
1. Bestand



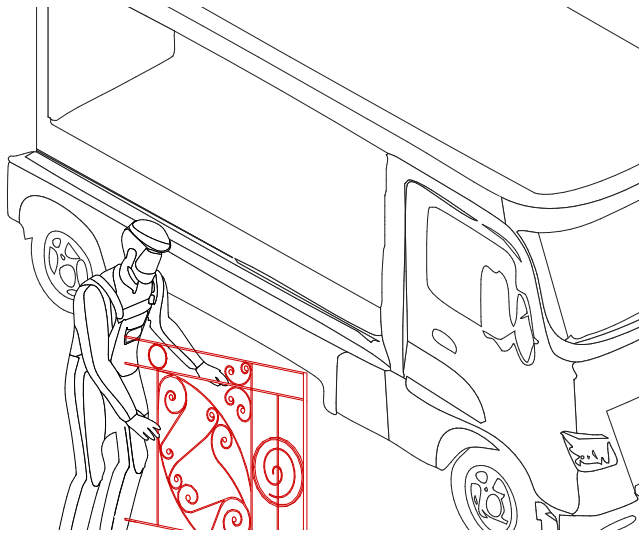
2. Geländerfüße mit einem Bohrhämmer freilegen



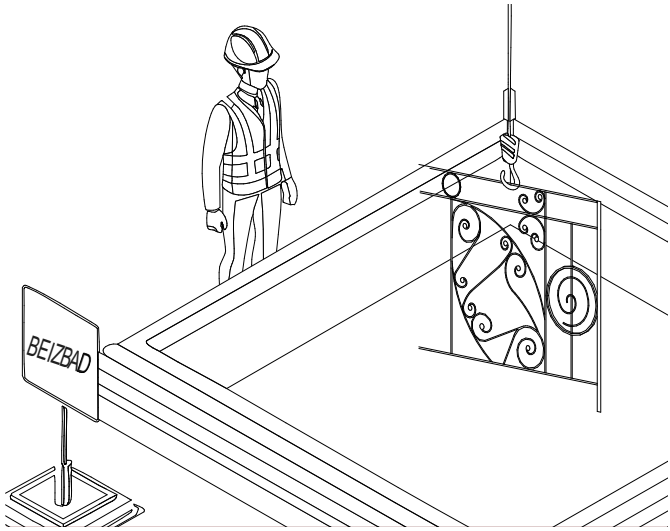
3. Geländerbefestigung am Mauerwerk freilegen



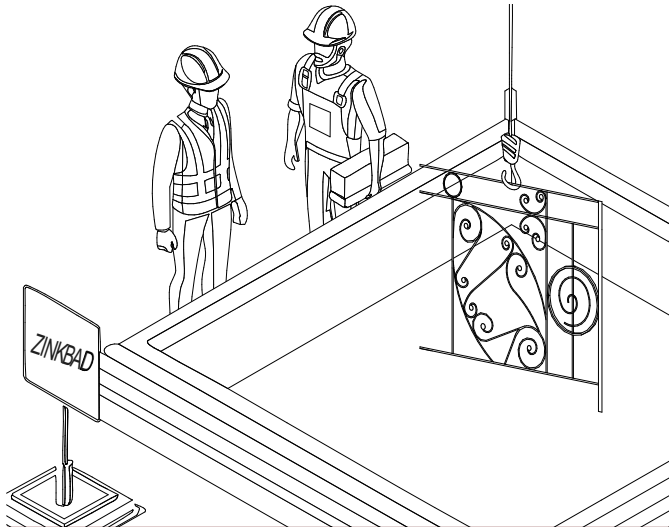
4. Abtransport Geländer



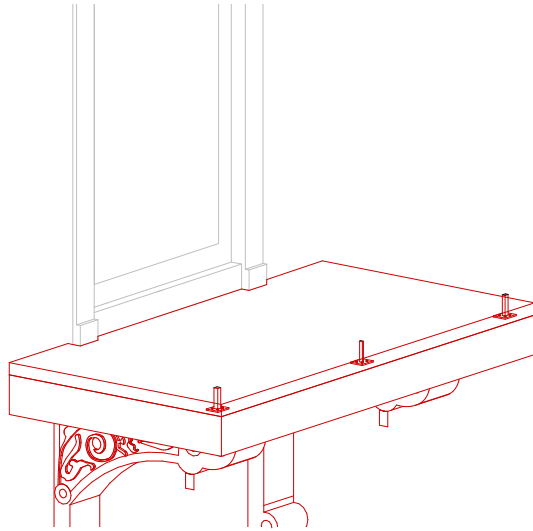
5. Feuerverzinken: Beizbehandlung mittels verdünnter Salzsäure



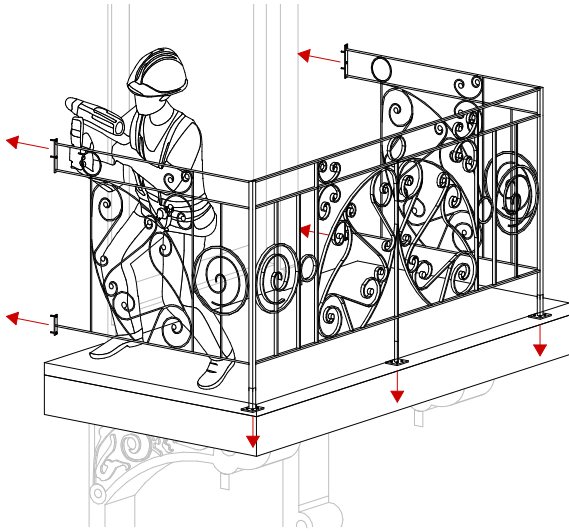
6. Feuerverzinken: Eintauchen in flüssige Zinkschmelze zur Legierungsbildung



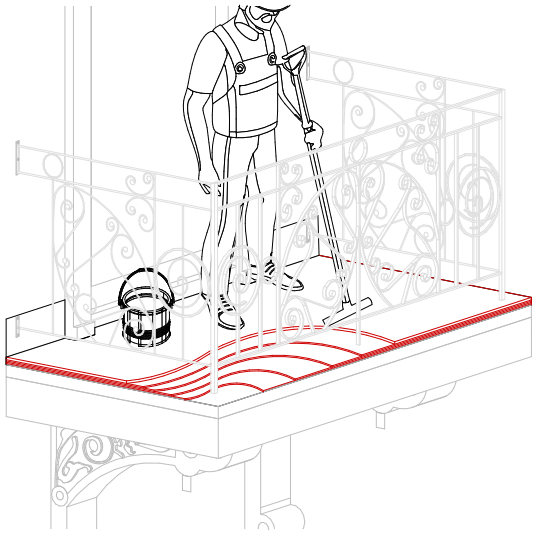
7. Montage der Geländeranker im sanierten Bodenaufbau



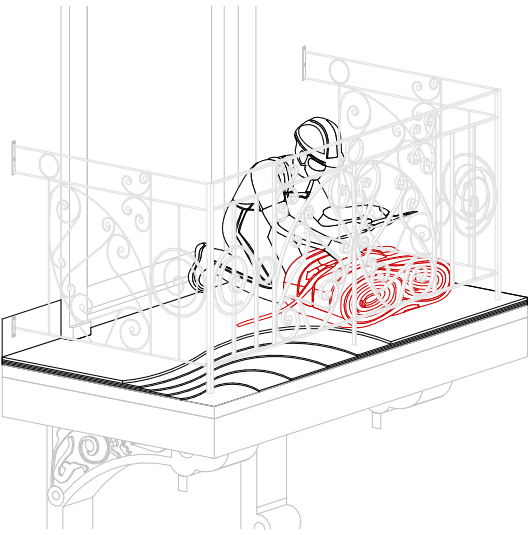
8. Montage der Befestigungspunkte für das Geländer



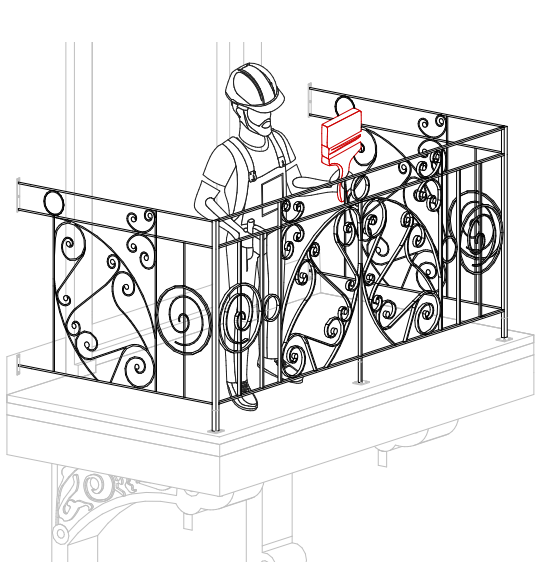
9. Abdichtung: Aufbringen des Triflex ProDrain-Systems



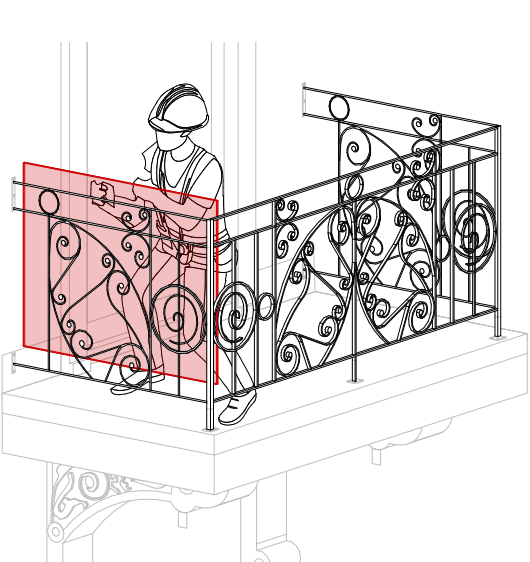
10. Abdichtung: Entkopplungsbahn aufbringen und Primer auftragen



11. Anstrich Brüstung



12. Glasplatte/ Kletterschutz anbringen



13. Endzustand

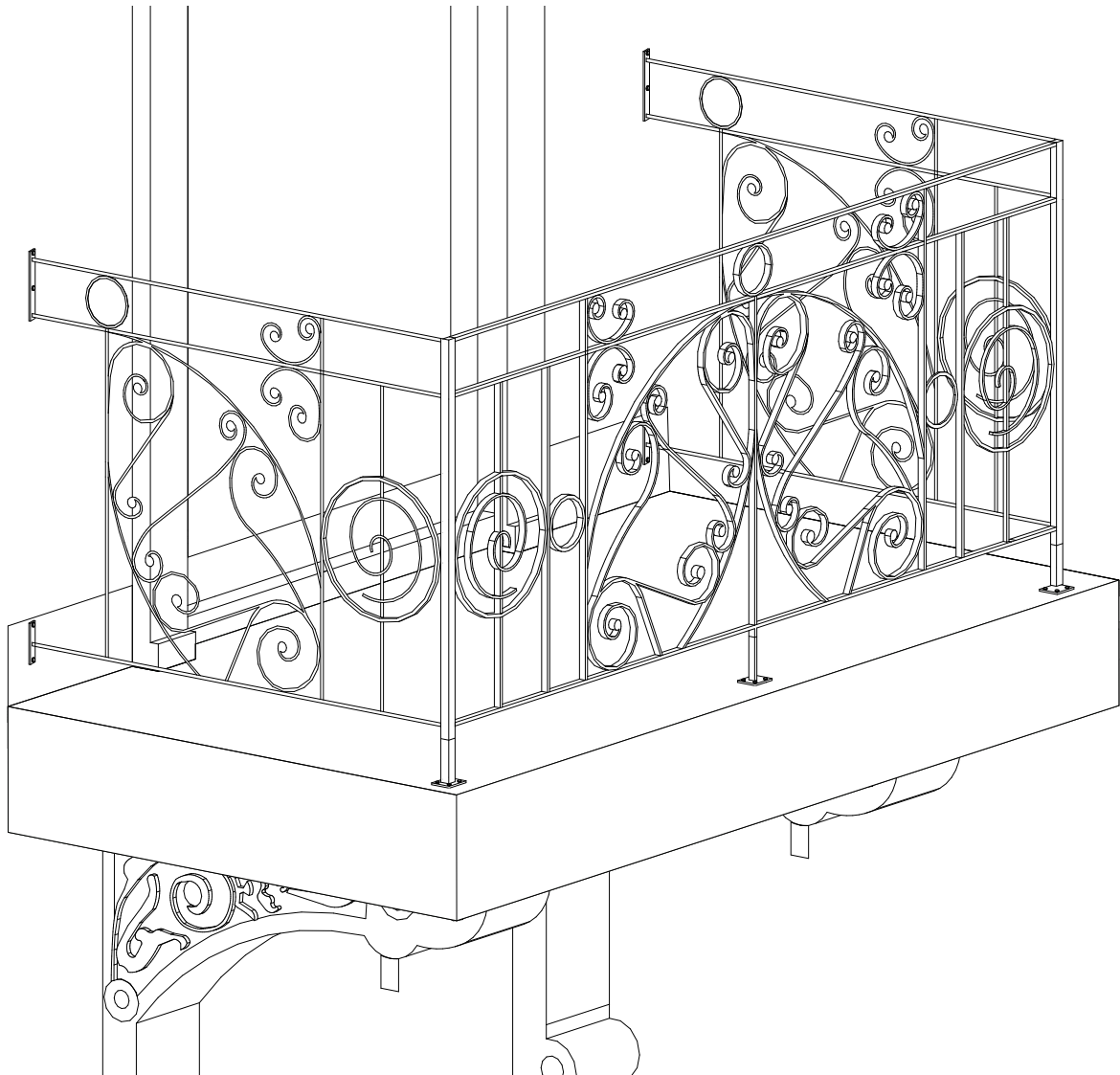


Abb. 10.19: Arbeitsschritte Kreislaufgerechte Sanierung Balkonbrüstung und Abdichtung

Der Balkon am Stellingeweg 36 basiert auf einer Doppel-T-Träger-Konstruktion, welche erhebliche Korrosionsschäden aufweist, die eine Absturzgefahr darstellen. Diese Schäden sind teilweise auf fehlende Abdichtungen zurückzuführen. Im folgenden werden die einzelnen Arbeitsschritte für die kreislaufgerechte Sanierung geschrieben.

(1) BESTAND

Das Geländer weist Korrosionsschäden auf, die eine Demontage erforderlich macht.

(2,3) GELÄNDER FREILEGEN

Um die Balkongeländerfüße freizulegen, wird ein Bohrhämmer eingesetzt. Dieser leistungsstarke Elektrowerkzeug ermöglicht es, Beton (Bild 2) oder Mauerwerk (Bild 3) effizient zu durchdringen und die umgebenden Materialien zu entfernen. Mit dem Bohrhämmer wird vorsichtig in den Beton gebohrt, wobei darauf geachtet werden muss, die Struktur nicht zu beschädigen. Durch diese Methode können die Geländerfüße freigelegt werden, was eine gründliche Inspektion auf Korrosionsschäden oder andere Mängel ermöglicht.^{10.19}

(4,5,6) GELÄNDER FEUERVERZINKEN

Feuerverzinken schützt Stahl über viele Jahrzehnte vor Korrosion. Bei diesem Tauchverfahren werden die Bauteile zunächst in eine Schlosserei abtransportiert (Bild 4). Dort werden sie gereinigt und dann in geschmolzenes Zink eingetaucht, wobei eine

Legierungsbildung zwischen Zink und Stahl erfolgt. Das Ergebnis ist ein langlebiger, haftfester Zinküberzug, der stoßfest und resistent gegen Schlagbeanspruchung ist. Die Feuerverzinkung zeichnet sich durch Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit aus, da sie Ressourcen schont und eine Wartungsfreiheit von mehreren Jahrzehnten ermöglicht. Feuerverzinkereien arbeiten kreislaufwirtschaftlich, indem sie Nebenprodukte recyceln und Verbrauchsstoffe wie Salzsäure wieder aufbereiten.^{10.20} Insgesamt bietet die Feuerverzinkung hervorragende Korrosionsschutzeigenschaften mit einer typischen Schutzdauer von über 50 Jahren ohne Wartungszwang. Der Prozess beginnt mit der Entfettung der Werkstücke, gefolgt von einer Beizbehandlung (Bild 5) mit verdünnter Salzsäure zur Entfernung von Rost und Verunreinigungen. Nach dem Beizen werden die Teile in einem Wasserbad gespült, bevor sie in das Zinkbad (Bild 6) eingetaucht werden, dessen Temperatur zwischen 440 °C und 460 °C liegt. Während des Verzinkens diffundiert das flüssige Zink mit dem Eisen im Stahl und bildet eine schützende Legierungsschicht. Nach dem Herausziehen aus dem Zinkbad kühlen die Teile ab, bevor sie gewogen und auf die Qualität der Verzinkung kontrolliert werden.^{10.21}

(7) SANIERTER BODENAUFBAU

Im Zuge der Sanierungsarbeiten wird die Montage der Geländeranker an der OBS-3-Bauplatte im neu sanierten Bodenaufbau (s. Kapitel 9) durchgeführt.

(8) GELÄNDER BEFESTIGEN

Anschließend erfolgt die Installation der Befestigungspunkte für das Geländer, wobei vier Punkte am Mauerwerk und drei weiterer in der Balkonplatte angebracht werden. Diese Schritte sind entscheidend für die Stabilität und Sicherheit des Geländers.

(9,10) ABDICHTUNG AUFTRAGEN

Zur Abdichtung wird zunächst der Untergrund vorbereitet, indem lose Teile entfernt, Unebenheiten ausgeglichen und ein ausreichendes Gefälle sichergestellt wird. Mineralische Untergründe werden mit Triflex ProDrain Primer grundiert (Bild 9) oder matt-feucht vornass. Anschließend wird Triflex ProDrain Fix+ mit Wasser angemischt und 2-lagig aufgetragen. Die Entkopplungsbahn DC-Mat (Bild 10) wird passgenau verlegt und mit einer Andrückwalze eingedrückt. Nach einer Aushärtungszeit von ca. 2 Std. wird die Fläche mit Triflex Ceryl Primer 276 grundiert. Schließlich werden Wandanschlüsse mit Triflex ProDetail abgedichtet, bevor das Balkon-Abdichtungssystem Triflex BTS-P aufgebracht wird.^{10.22}

(11,12) ANSTRICH + GLASPLATTE ANBRINGEN

Um die ursprüngliche Farboptik zu erhalten, wird das Geländer angestrichen. Um den Denkmalschutz zu berücksichtigen und die Optik des Bestands zu bewahren sowie Vorschriften wie die Vermeidung von Klettergefahr am Geländer zu erfüllen, wird eine Glasfassade auf der Innenseite der Geländerornamente montiert.

QUELLEN

- 10.19 Umbauheld, „Balkonsanierung (Teil 1)“ (08.04.2021). Zugriff 10.12.2024. <https://www.youtube.com/watch?v=KCqgErJbeXY>
- 10.20 zaeune-gelaender.de, „Sanierung“ (o.A.). Zugriff 05.01.2025. <https://www.zaeune-gelaender.de/sanierung>
- 10.21 Feuerverzinken.com, „A. KORROSIONSSCHUTZ FEUERVERZINKEN A.2 VERFAHRENSABLAUF BEIM FEUERVERZINKEN NACH DIN EN ISO 1461“ (o.A.). Zugriff 10.12.2024. <https://www.feuverzinken.com/wissen/arbeitsblaetter/a-korrosionsschutz-feuverzinken/a2-verfahrensablauf-beim-stueckverzinken>
- 10.22 triflex.com, „Triflex ProDrain richtig verarbeiten“ (08.2023). Zugriff 20.11.2024. <https://www.triflex.com/it/download/19128/Triflex-Pro-Drain-Verarbeitungsanleitung-1a7770.pdf>

BALKENKOPF

BESTAND

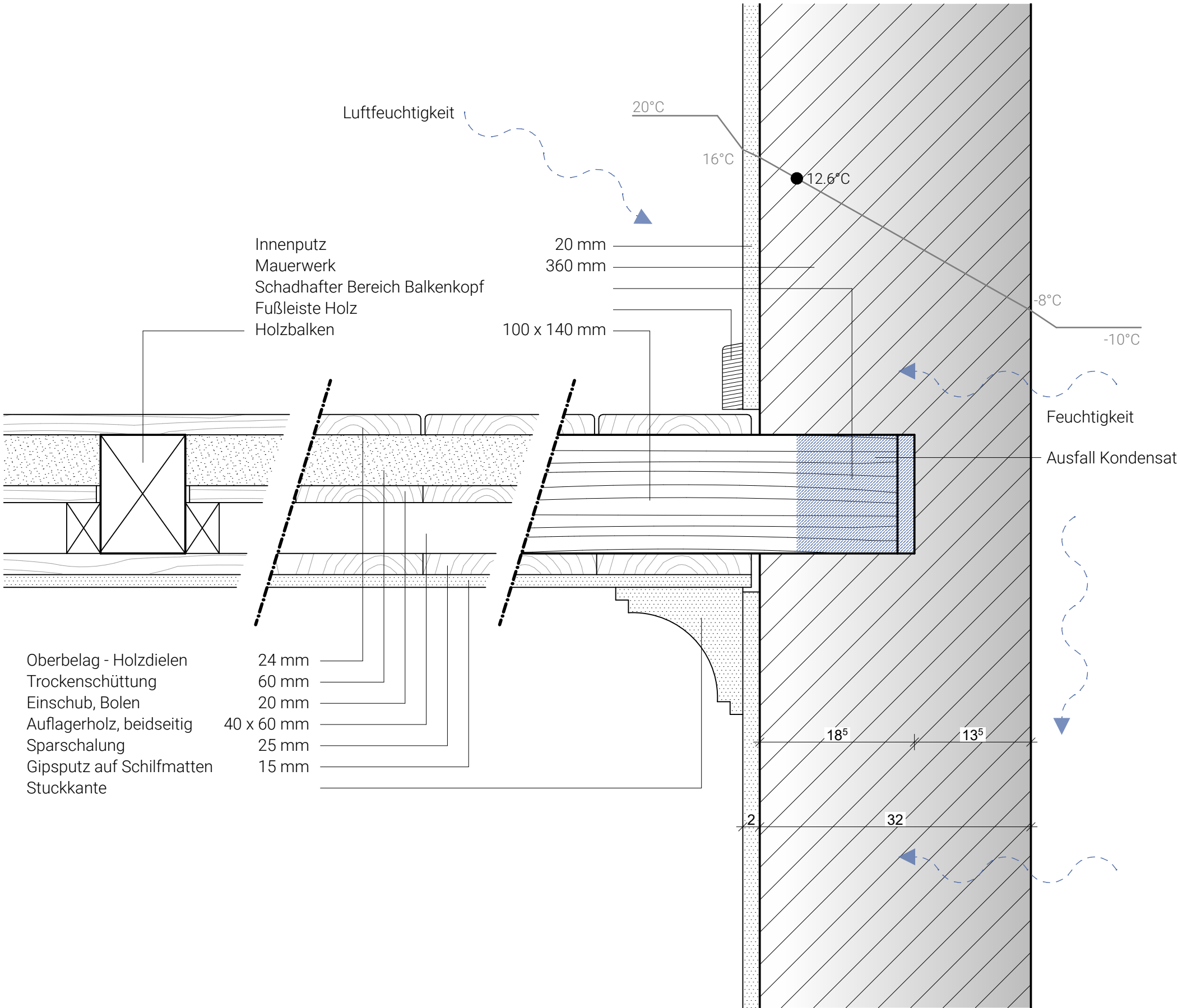


Abb. 11.1: Balkendecke Bestand im Schnitt M1:5

EINLEITUNG:

Die Geschossdecken eines Gebäudes fungieren als räumliche Trennung zwischen einzelnen Wohneinheiten und erfüllen je nach Konstruktionsweise unterschiedliche Anforderungen an den Schall- und Brandschutz. Diese Deckenkonstruktionen in Gebäuden der Gründerzeit bestehen überwiegend aus einer Holzkonstruktion, deren tragende Elemente die Deckenbalken sind. Diese Balken spannen meist von der Außenwand bis zur Innenwand und übernehmen die Lastabtragung.^{11.1} Die Enden der Deckenbalken, als Balkenköpfe bezeichnet, werden auf den tragenden Außen- und Innenwänden gelagert. Zur Aufnahme der Balkenköpfe werden im Mauerwerk sogenannte Faschen hergestellt. Diese baulichen Aussparungen dienen als Auflager für die Balkenköpfe innerhalb der Wandkonstruktion.^{11.2} Holzbalkendecken fanden bis in die 1950er Jahre im Wohnungsbau breite Anwendung, wobei Kellerdecken hiervon ausgenommen waren. Holz war aufgrund seiner leichten Verfügbarkeit und seiner Kosteneffizienz ein bevorzugtes Baumaterial.^{11.1} Die Errichtung der Deckenkonstruktionen in Gründerzeitgebäuden erfolgte typischerweise etagenweise. Nach Fertigstellung der Wände eines Geschosses wurden die Balken als Tragkonstruktion für die Geschossdecken eingebaut. Hierzu wurden die vorbereiteten Faschen im Mauerwerk genutzt, um die Balkenköpfe exakt an den vorgesehenen Positionen einzumauern.^[11.2]

RISIKEN UND SCHADENSPOTENZIALE BEI BALKENKÖPFEN

Die Balkenköpfe sind ein besonders kritischer Bestandteil der Deckenkonstruktion, da sie in den Auflagerbereichen häufig Feuchtigkeitseinflüssen ausgesetzt sind. Vor allem das freie Hirnholz, also die quer zur Faserrichtung geschnittenen Stirnflächen des Holzes, weist bei Balkenköpfen eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Feuchtigkeit auf, da die Kapillarwirkung des Holzes das Eindringen von Wasser begünstigt. Dies führt zu einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber holzerstörenden Schädlingen wie Pilzen oder Insekten.^{11.3} Die Hauptursache für Schäden an Balkenköpfen ist die Aufnahme von Feuchtigkeit, die durch mehrere bauphysikalische und konstruktive

Faktoren begünstigt wird. In vielen historischen Gebäuden besteht das Mauerwerk aus einer zweischaligen Konstruktion, bei der ein Luftspalt zwischen dem tragenden Hintermauerwerk und dem Verblendmauerwerk als Schutz vor eindringendem Regenwasser dient. Ist jedoch nur eine einschalige Konstruktion vorhanden und das Tragmauerwerk lediglich verputzt, können Risse in der Wandkonstruktion das Eindringen von Feuchtigkeit begünstigen. Diese Feuchtigkeit sammelt sich häufig an den Auflagerstellen der Balkenköpfe und dringt dort in das Holz ein.^{11.2} Ein weiterer kritischer Faktor ist die Tiefe, mit der die Balkenköpfe in das Mauerwerk eingebunden sind. In historischen Gebäuden beträgt diese Tiefe häufig bis zur Hälfte der Wandstärke. Der Taupunkt, also der Bereich, in dem die Temperatur unter die Kondensationstemperatur fällt, liegt bei ungedämmten Wänden näher an der Innenwandkante, etwa bei einem Fünftel der Einbindetiefe. Diese Stelle bildet eine potenzielle Wärmebrücke. Sinkt die Temperatur unter den Taupunkt, kann es zu Kondensation und damit zur Durchfeuchtung der Balkenköpfe kommen.^{11.2} Zusätzlich können Veränderungen im Feuchtehaushalt des Gebäudes Schäden an den Balkenköpfen fördern. Dazu zählen Maßnahmen wie das Anbringen neuer Wärmedämmungen, geänderte Nutzungskonzepte, Veränderungen im Lüftungsverhalten oder auch Wasserschäden durch defekte Leitungen oder unzureichenden Schlagregenschutz.^{11.2}

FOLGEN VON FEUCHTIGKEITSSCHÄDEN

Die kontinuierliche Durchfeuchtung begünstigt das Wachstum holzerstörender Pilze wie den Echten Hausschwamm. Dieser Pilz zersetzt das Holz und verringert seine Tragfähigkeit erheblich. Bereits geschädigtes Holz ist zudem anfälliger für Schädlingsbefall, beispielsweise durch den Hausbockkäfer, der das Material weiter zerstören kann. Die Auswirkungen dieser Schäden sind gravierend: Die Tragfähigkeit der Balkenköpfe nimmt sukzessive ab, wodurch die Stabilität der gesamten Decken- und Gebäudestruktur gefährdet wird.^{11.4 11.5}

EINFLUSS MODERNER WOHNSTANDARDS

Moderne Wohnstandards und Heiztechniken tra-

gen ebenfalls zur Problematik bei. Traditionelle Heizmethoden, wie Holz- oder Kohleöfen, führten feuchte Luft durch Kamine regelmäßig aus dem Innenraum ab. Demgegenüber bewirken Zentralheizungen eine gleichmäßige Wärmeverteilung, ohne die Luftfeuchtigkeit signifikant zu reduzieren. Dies führt insbesondere in den Wintermonaten zu einer höheren relativen Luftfeuchtigkeit, wenn zusätzlich seltener gelüftet wird. Die absolute Luftfeuchtigkeit kann durch alltägliche Aktivitäten wie Kochen, Duschen oder Wäschetrocknen weiter ansteigen. Dies erhöht das Risiko von Kondensationsfeuchtigkeit an den kritischen Stellen der Balkenköpfe und begünstigt die Entstehung von Schäden.

FAZIT

Feuchtigkeitsschäden an Balkenköpfen stellen eine erhebliche Bedrohung für die Tragfähigkeit und den langfristigen Erhalt historischer Bauwerke dar. Um die Stabilität und Langlebigkeit dieser Gebäude zu sichern, sind eine frühzeitige Erkennung der Schäden und eine fachgerechte Sanierung unerlässlich.



Abb. 11.2: Feuchteschaden an Holzbalken im Mauerwerk



Abb. 11.3: Balkendecke mit Feuchteschaden



Abb. 11.4: Balkenkopfanschluss an Mauerwerk



Abb. 11.5: Mangelhafter Balkenkopf



Abb. 11.6: Balkenkopf mit Hausschwamm-Befall

QUELLEN

- 11.1 Baunetzwissen. „Schadhafte Balkenköpfe von Holzbalkendecken“. Zugriff am 17.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/decke-konstruktion>
- 11.2 Giebler, Georg u.A. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“. (Birkhäuser, 2008). 124 ff.
- 11.3 Baunetzwissen. „Balkenköpfe“. Zugriff am 17.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/glossar/b/balkenkoepfe-49537>
- 11.4 Baunetzwissen. „Schadhafte Balkenköpfe von Holzbalkendecken“. Zugriff am 17.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/decke-konstruktion/schadhafte-balkenkoepfe-von-holz-balken-decken-148338>
- 11.5 energie-fachberater.de. „Holzschädlinge: Pilze und Insekten gefährden Standsicherheit“ (11.07.24). Zugriff am 17.11.2024. <https://www.energie-fachberater.de/ratgeber/schadstoffsanierung/holz-schaedlinge-pilze-und-insekten-gefaehrden-standsicherheit.php>

BALKENKOPF

KONVENTIONELLE SANIERUNG

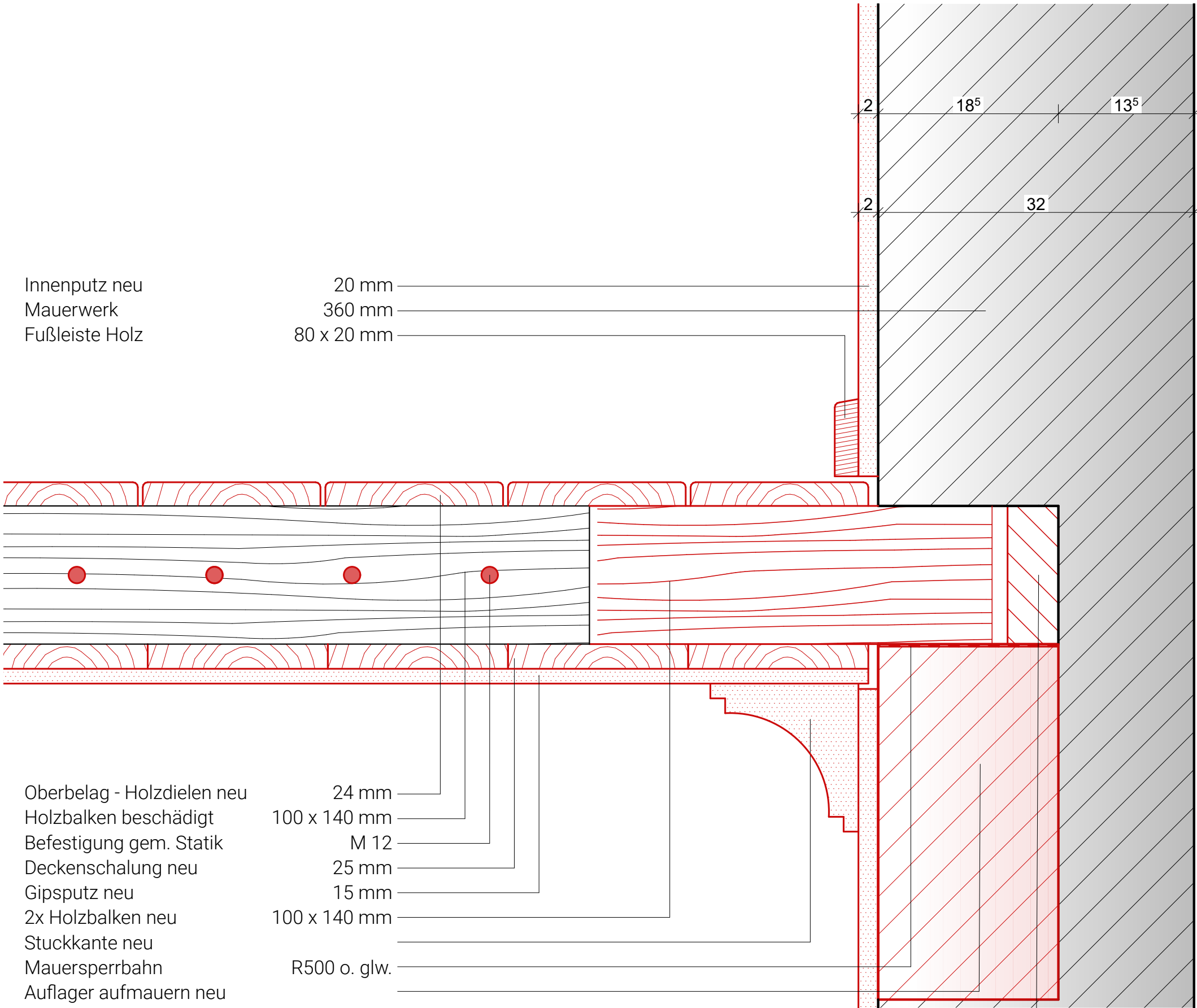


Abb. 11.7: Konventionelle Sanierungstechniken von Holzbalkenköpfen M1:5

VORBEREITUNG DER SANIERUNG

Zur Sanierung von Holzbalkendecken im Fall von schadhaften Balkenköpfen, müssen die Balkenköpfe erneuert werden. Dies kann erreicht werden, ohne den gesamten Balken auszutauschen, wodurch eine vollständige Dekonstruktion der Decken notwendig wäre.

Stattdessen kann der Lastabtrag der Deckenlasten temporär über Baustützen gewährleistet werden, welche vor Beginn der Sanierungsmaßnahmen in regelmäßigen Abständen unter den Hauptträgern der Decke platziert werden. Es ist dabei darauf zu achten, dass der Lastabtrag in möglichst gerader Linie durch alle Geschosse bis zur Gründung erfolgen muss, um die darunterliegenden Decken nicht mit dem Gewicht der zu sanierenden Decke zu überlasten. Daher müssen die Decken aller darunter liegenden Geschosse bis zur Grundplatte auf dieselbe Art und Weise gestützt werden.^{11,2}

Ist ein alternativer Lastabtrag hergestellt, können die fehlerhaften Balkenköpfe vom Balken getrennt werden. Um den Balken und das Auflager zu erreichen, müssen Deckenaufbau und etwaige Verkleidungen an Decke und Wand im betroffenen Bereich entfernt werden. Der Schnitt am Deckenbalken sollte in einem großzügigen Abstand von etwa einem Meter zum erkennbar schadhaften Abschnitt gesetzt werden.^{11,2}

Während die Decke von der Wand entkoppelt ist, können arbeiten an den Auflagern in der Wand vorgenommen werden. Das gründerzeitliche Mauerwerk entspricht meist nicht den statischen Anforderungen der heutigen Zeit und kann Unsauberkeiten oder Schäden aufweisen. Daher empfiehlt es sich, das Mauerwerk unterhalb des Auflagers kegelförmig zu ersetzen.

Anschließend muss mithilfe von Mauersperrbahnen gewährleistet werden, dass am Kontaktpunkt von Mauerwerk und Balkenkopf keine erneute Feuchtigkeitsübergabe stattfinden kann.^{11,2} Zusätzlich sollte die Mauerwerksfasche nach außen hin so gut es geht gedämmt werden, um dem erneuten Ausfall von Tauwasser vorzubeugen.^{11,9} Dafür kommen etwa Porotonziegel mit einem niedrigen Wärmeübergangskoeffizienten, das heißt gut isolierenden Eigenschaften infrage.

Sind die Mauerwerksauflager entsprechend vorbereitet, können die Deckenbalken wieder durch neue Endstücke ergänzt werden. Folgende Methoden kommen in der Praxis zum Einsatz:

SANIERUNG DURCH ANBRINGEN VON HOLZLASCHEN (ABB. 11.7)

Der gekürzte Balken wird wieder mit Holz desselben Querschnitts ergänzt. Die Verbindung geschieht am einfachsten durch seitliche Holzlaschen, die mittels Einpressdübeln und Stabankern mit altem und neuem Balken verbunden werden. Alternativ kann auch je nach Auflagersituation auf einen neuen Balkenkopf verzichtet werden. Stattdessen können die seitlichen Laschen direkt ins Mauerwerk geführt werden.^{11,2}

Eine kontroverse Diskussion wird darüber geführt, wie man mit den Balkenköpfen im Mauerwerk umzugehen hat. Hier sollen beide Meinungen vorgestellt werden:

1. Es wird verhindert dass Innenraumluft mit hohem Feuchtegehalt an die Balkenköpfe gelangt. Das kann etwa durch einmauern oder Einwickeln in Mauersperrbahnen erreicht werden. Wenn allerdings aufgrund von fehlerhafter Ausführung trotzdem Wasser an den Balken gelangt, kann das gefangene Wasser erneut zu erheblichen Schäden führen.
2. Es wird sichergestellt, dass um die Balkenköpfe herum Luftspalte vorhanden sind, damit eventuell auftretende Feuchtigkeit wieder austrocknen kann. Diese Bauart gilt bis in die Nachkriegszeit als die gängige Praxis.^{11,2}

In beiden Fällen bleibt ein Restrisiko für ein Wiederauftreten des Schadensbildes bestehen, da die Balkenköpfe wieder an einer theoretischen Schwachstelle im Mauerwerk eingebracht werden und daher gegebenenfalls weiterhin Feuchtigkeit ausgesetzt sind. Die Verwendung von anderen Materialien als Holz sollte daher in Betracht gezogen werden.

SANIERUNG DURCH ANBRINGEN VON STAHLPROFILIEN (ABB. 11.12)

Alternativ können an Stelle der Holzbalken auch U-Profile aus korrosionsresistentem Stahl an die gekürzten Holzbalken angebracht werden. Diese sind nicht nur besser geeignet, heutigen statischen

Anforderungen zu genügen, sondern versprechen auch aufgrund ihrer Korrosionsresistenz eine größere Langlebigkeit vor allem in feuchtem Milieu.^{11,10}

BETA-VERFAHREN (ABB. 11.11)

Das BETA-Verfahren stellt eine weitere Alternative dar. Hierbei wird der Balkenkopf unter Einsatz von Stäben aus Glasfaserverstärktem Kunststoff mit einer Kunstharzprothese verbunden.^{11,7} Mit diesem Verfahren kann somit ein Formgerechter und Korrosionsresistenter Balkenkopf wiederhergestellt werden. Aufgrund des hohen Aufwands an Bohr- und Schalungsarbeiten und der Tatsache, dass das BETA-Verfahren noch nicht die gängige Praxis ist, sollte die Wirtschaftlichkeit dieser Methode im Einzelfall aber sorgfältig geprüft werden.^{11,6}

EINBAU VON WECHSELN

Bei nur punktuell auftretendem Schadensbild, bei dem nur vereinzelte Balkenköpfe einer Holzbalkendecke ausgetauscht werden müssen, kann der Lastabtrag auch über einen Wechsel auf die benachbarten Holzbalken umgeleitet werden. Als Wechsel bezeichnet man die Unterbrechung eines Balkens zur Umleitung der Kräfte auf andere Bauteile. Dafür wird am Kopf des gekürzten Balkens ein sogenannter Wechselbalken rechtwinklig angesetzt und mit den benachbarten Balken verbunden. Dieses Verfahren kommt in Balkendecken häufig zur Herstellung von Deckenöffnungen zur Anwendung.^{11,8}

Grund für ein punktuelles Auftreten von Feuchtigkeit könnte beispielsweise eine defekte Leitung oder eine Undichtigkeit in der Außenhülle sein. Meist treten Feuchteschäden in gründerzeitlichen Bauten allerdings aufgrund der exponierten Lage der Balkenköpfe in der Außenwand auf und begrenzen sich daher nicht auf einzelne Balken. Der Einsatz eines Wechsels löst dieses Problem nicht, daher muss bei dieser Methode sichergestellt sein, dass die nebenliegenden Balken nicht durch Feuchteschäden gefährdet sind.^{11,8}



Abb. 11.8: durch Anlaschungen sanierte Holzbalkendecke



Abb. 11.9: denkmalgerechte Ausführung von Anlaschungen



Abb. 11.10: Holzlaschen an gekürztem Balken

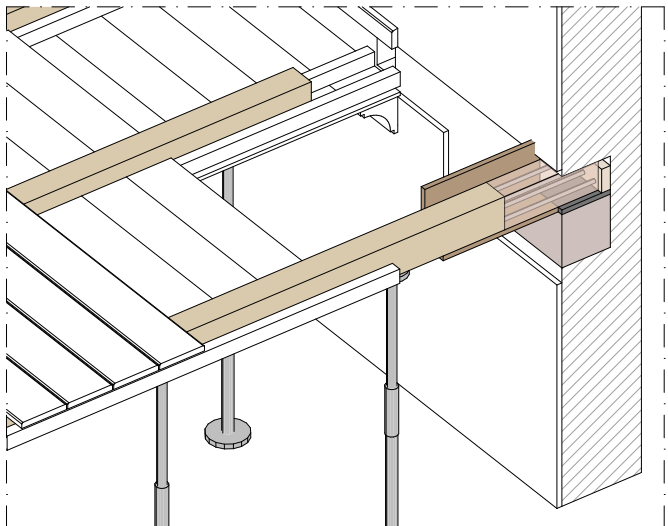


Abb. 11.11: Balkenkopf aus Kunstharzprothese (BETA-Verfahren)

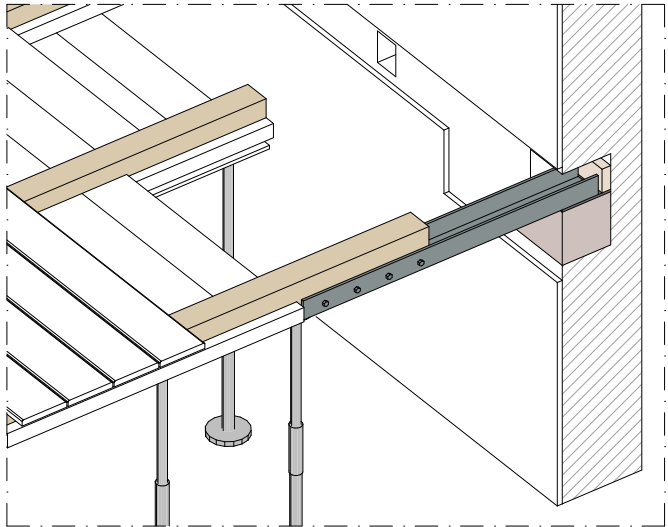


Abb. 11.12: Ersetzen des Balkenkopfes durch Stahlprofil

QUELLEN

- 11.6 Büse Bauwerksanierung, „Beta-Verfahren“. Zugriff am 18.11.2024. <https://buese-bauwerksanierung.de/beta-verfahren/>
- 11.7 Baunetzwissen, „Reparatur durch Kunstharzprothese“. Zugriff am 03.12.2024. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/decke-konstruktion/reparatur-durch-kunstharzprothese-148348>
- 11.8 Baunetzwissen, „Wechsel“. Zugriff am 25.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/decke-konstruktion/einbau-von-wechseln-148346>
- 11.9 Ruisinger, Ulrich u. A. Mauerwerk Kalender 2016: Baustoffe Sanierung Eurocode-Praxis (Wilhelm Ernst & Sohn 2016). 351 ff.
- 11.10 Baunetzwissen, „Einbau von Stahlschuhen“. Zugriff am 17.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/decke-konstruktion/einbau-von-stahlschuhen-148344>

BALKENKOPF

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

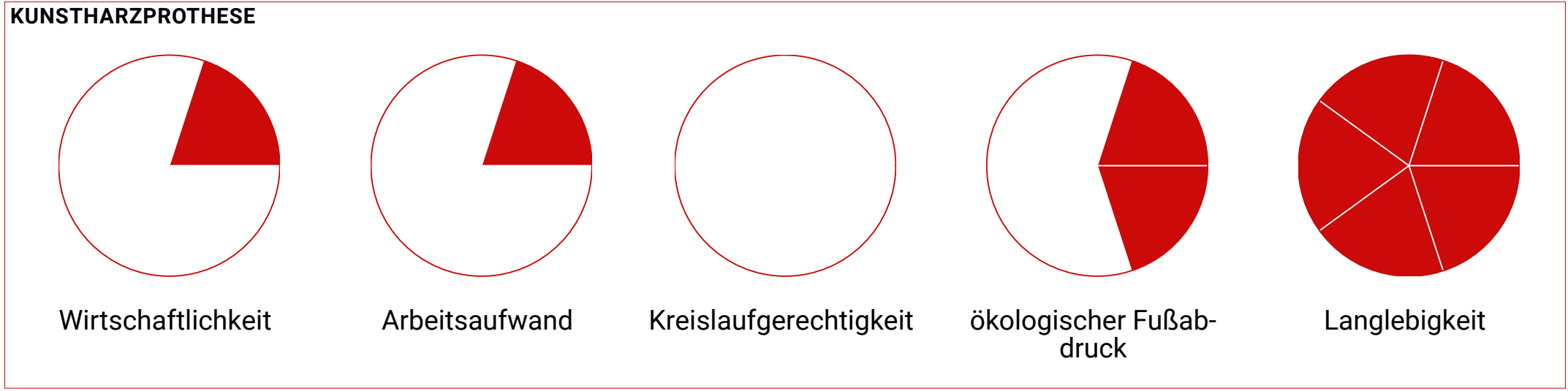
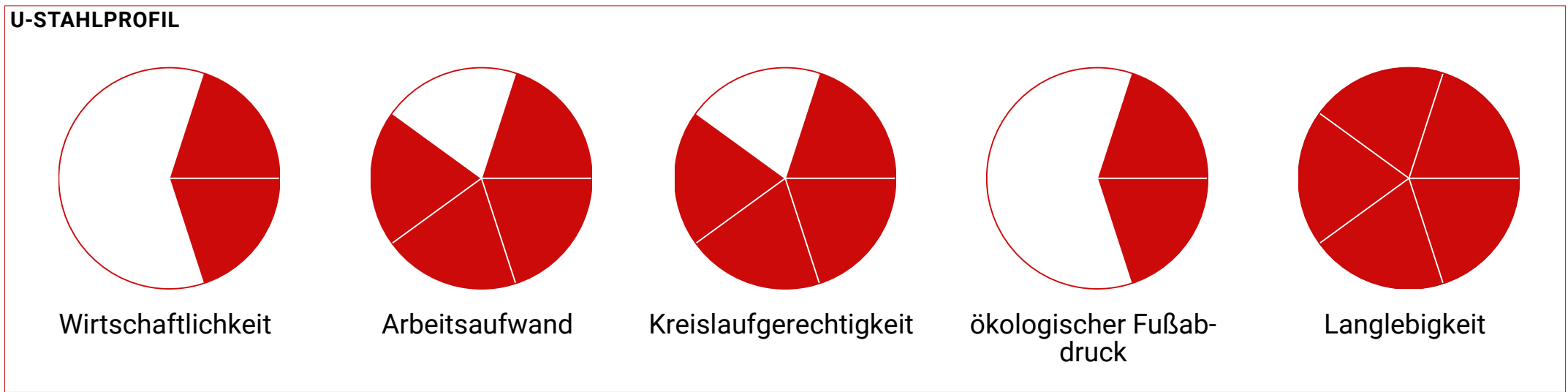
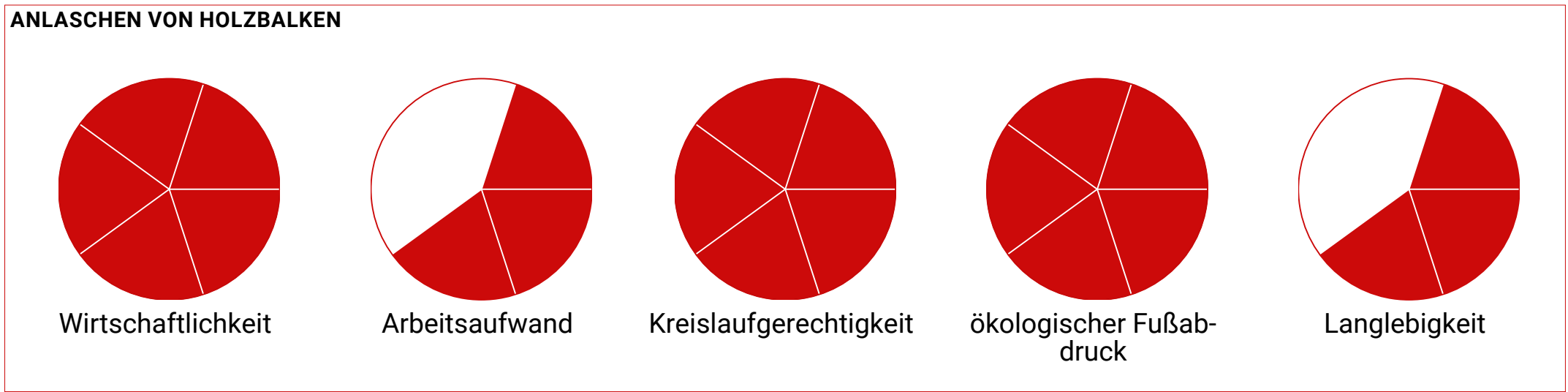


Abb. 11.13: Bewertung verschiedener Sanierungsmethoden

BEWERTUNG

Um eine fundierte Einschätzung zu treffen, welche Maßnahme aus kreislaufgerechter Sicht am sinnvollsten ist, ist es entscheidend, die verschiedenen Herangehensweisen umfassend zu analysieren. Dabei berücksichtigen wir neben der kreislaufgerechten Herstellung auch die Wirtschaftlichkeit, den erforderlichen Aufwand, den CO²-Fußabdruck sowie die Langlebigkeit der jeweiligen Sanierungsmaßnahme. Ziel ist es, eine nachhaltige Bewertung der Konstruktion in einem erweiterten Kontext zu ermöglichen.

Als Variante 1 wird das Anlaschen neuer Holzbalken an die vorhandenen Bestandsbalken untersucht. Variante 2 betrachtet die Ertüchtigung mittels eines korrosionsbeständigen Stahl-U-Profils. Variante 3 sieht die Verwendung einer Kunstharzprothese vor. Für alle drei Varianten ist die Ertüchtigung des Auflagers sowie die luftumspülte Ausführung der Konstruktion entscheidend.^{10,2} Nach den aktuell geltenden DIN-Normen ist es nicht erforderlich, eine Trennschicht zwischen Auflager und Konstruktion in diesem Bereich herzustellen. Dennoch wird dies in der Praxis nahezu immer durchgeführt. Daher empfehlen wir, eine Trennschicht (z.B. Mauerperrbahn/ MSB) zwischen dem Mauerwerksauflager und den Deckenbalken einzuplanen.

Diese Maßnahmen werden jedoch in der Bewertung der Varianten außer Acht gelassen, da sie in allen drei Fällen gleichermaßen umgesetzt wird.

KUNSTHARZPROTHESE (ABB. 11.16)

Der Aufwand für die Herstellung einer Kunstharzprothese ist erheblich, da mehrere Arbeitsschritte erforderlich sind. Zunächst wird der Balken eingeschlacht, die notwendigen Löcher in den Bestandskopf gebohrt und die GFK-Bewehrung (glasfaserverstärkte Kunststoffbewehrung) eingebracht. Anschließend wird das Kunstharzgemisch angemischt, wobei die Umgebungstemperatur die Abbindezeit erheblich beeinflusst. Diese kann je nach Bedingungen von mehreren Stunden bis zu mehreren Tagen variieren. Durch den hohen Arbeitsaufwand entstehen erhebliche Kosten, was zu einer geringen Wirtschaftlichkeit dieser Methode führt. Aus der Perspektive der kreislaufgerechten Herstellung ist die Variante negativ zu bewerten, da der Bestandsbalken durch

das Kunstharz dauerhaft mithilfe einer GFK-Bewehrung verbunden wird. Eine sortenreine Trennung der Materialien ist dadurch nicht möglich. Kunstharz ist ein synthetisch hergestelltes Produkt, das nach dem Aushärtungsprozess zu einem duroplastischen Kunststoff wird. Dies führt in der Regel zu einem hohen CO²-Fußabdruck, insbesondere bei herkömmlichen Kunstharzen. Eine Alternative könnten jedoch neuartige Bio-Kunstharze sein, die den ökologischen Aspekt verbessern könnten. Ein positiver Aspekt dieser Variante ist die hohe Feuchteresistenz des verwendeten Kunststoffs, was zu einer langen Haltbarkeit und großen Widerstandsfähigkeit der Konstruktion führt. Dies stellt einen bedeutenden Vorteil gegenüber anderen Optionen dar.^{11,7 10,11}

U-STAHLPROFIL (ABB. 11.15)

Die Variante mit dem Befestigen eines U-Profils aus Stahl stellt im Vergleich eine nachhaltigere und kreislaufgerechtere Lösung dar. Das U-Profil wird mechanisch mittels Schraubverbindungen mit dem Bestandsbalken verbunden. Diese Verbindung ermöglicht eine spätere sortenreine Trennung der Materialien, wodurch das U-Profil problemlos recycelt werden kann. Diese Eigenschaft macht die Variante besonders attraktiv aus einer nachhaltigen Perspektive.

Der Aufwand für die Umsetzung ist gering, da das U-Profil als vorgefertigtes Produkt direkt auf die Baustelle geliefert wird. Gegebenenfalls müssen vor Ort noch Bohrlöcher eingebracht werden, bevor das Profil gemäß den statischen Vorgaben verschraubt wird. Die Kosten für diese Methode bleiben dadurch überschaubar.

Das Stahlprofil ist mit einer korrosionsbeständigen Beschichtung versehen. Dies stellt zwar einen Nachteil für die sortenreine Trennung dar, trägt jedoch erheblich zur Langlebigkeit der Konstruktion bei. Die Beschichtung macht das Profil unempfindlich gegenüber Feuchtigkeit, wodurch eine hohe Beständigkeit und Haltbarkeit sichergestellt wird. In Bezug auf den CO²-Fußabdruck ist Stahl aufgrund seines energieintensiven Herstellungsprozesses zunächst mit einem relativ hohen CO²-Ausstoß verbunden. Allerdings gleicht die nahezu vollständige

Recyclingfähigkeit des Materials diesen Nachteil über den Lebenszyklus hinweg aus. Zudem trägt die lange Lebensdauer des korrosionsgeschützten Profils zu einer positiven Nachhaltigkeitsbewertung bei.^{11,12}

ANLASCHEN VON HOLZBALKEN (ABB. 11.15)

Das Anlaschen von Holzbalken stellt die nachhaltigste Möglichkeit dar. Holz ist ein nachwachsender Rohstoff, der bei entsprechender Herkunft aus nachhaltiger Forstwirtschaft einen deutlich geringeren CO²-Fußabdruck aufweist als Stahl oder Kunstharz. Darüber hinaus ist Holz biologisch abbaubar, was die ökologische Bilanz bei der Entsorgung zusätzlich verbessert.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode ist die gute Bearbeitbarkeit von Holz. Im Vergleich zu alternativen Materialien wie Stahl oder Kunstharz ist der Bearbeitungsaufwand deutlich geringer. Die Befestigung erfolgt mechanisch, beispielsweise durch Schrauben oder Bolzen, wodurch die Konstruktion sortenrein demontierbar und kreislaufgerecht entsorgbar ist. Aufgrund seiner weiten Verfügbarkeit und vergleichsweise geringen Kosten ist Holz zudem eine ökonomisch vorteilhafte Materialwahl. Jedoch weist diese Methode auch Schwächen auf. Holz ist anfällig für Feuchtigkeitseinwirkungen. Durch die Herstellung eines luftumspülten Balkenkopfes kann dieses Risiko jedoch weitestgehend minimiert werden. Dennoch bleibt die Lebensdauer der Holzkonstruktion im Vergleich zu einem korrosionsgeschützten U-Stahlprofil oder einer Kunstharzprothese möglicherweise eingeschränkt.

Trotz dieser Limitationen überzeugt das Anlaschen von Holzbalken durch eine Kombination aus hoher Nachhaltigkeit, niedrigen Kosten und einfacher Umsetzbarkeit.^{11,2}

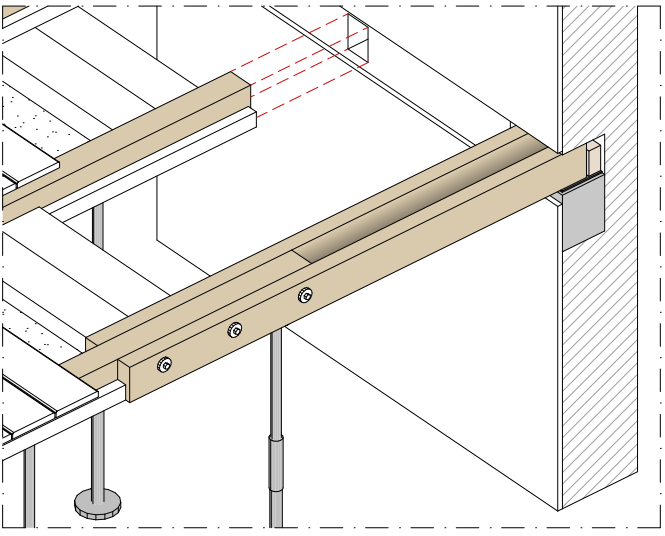


Abb. 11.14: Sanierung mithilfe von Holzbalken

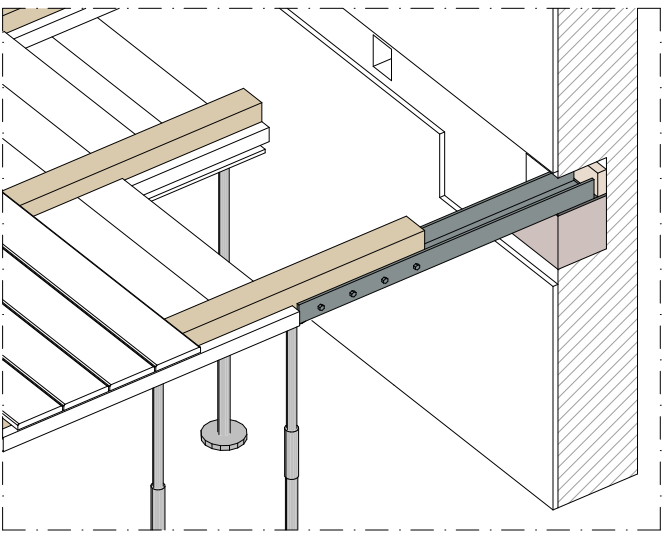


Abb. 11.15: Sanierung mithilfe von Stahlprofil

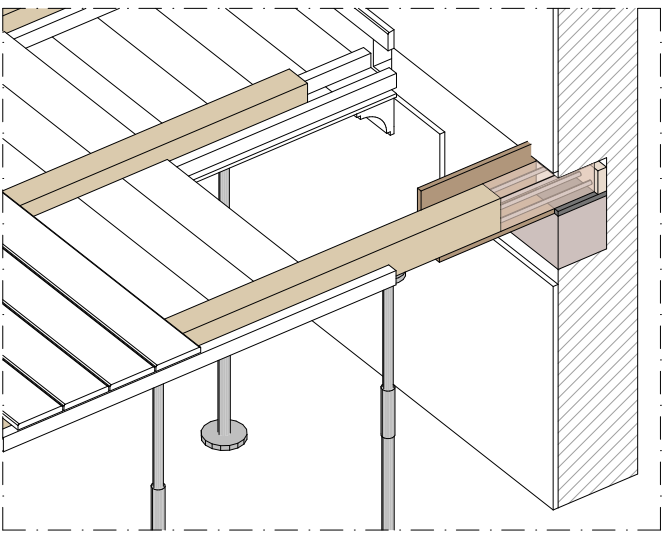


Abb. 11.16: Sanierung durch BETA-Verfahren

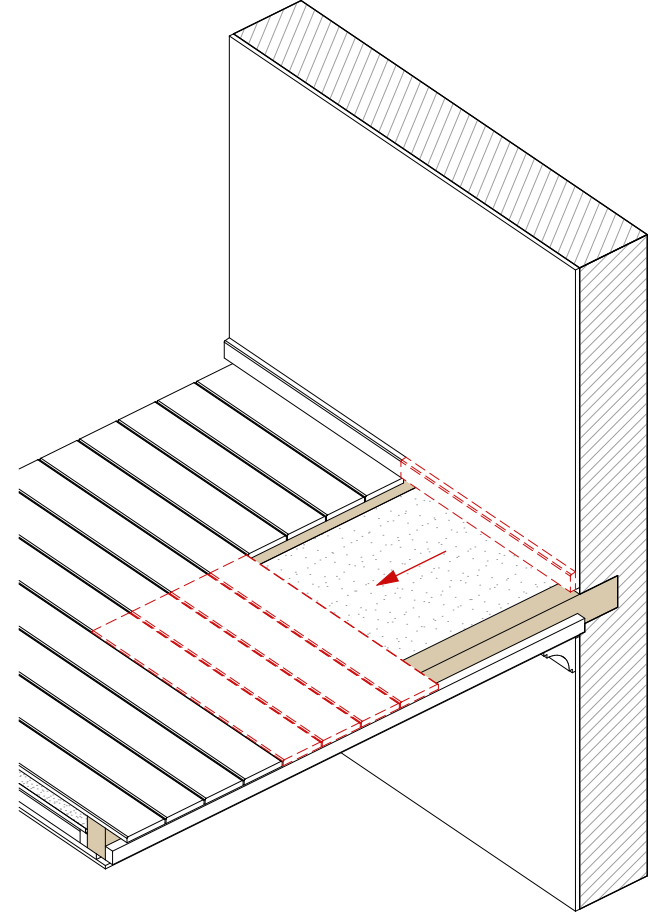
QUELLEN

- 11.11 Jodlowska, Adriana. utopia.de. „Kunstharz: Was ist das genau?“. Zugriff am 07.01.2025. https://utopia.de/ratgeber/kunstharz-was-ist-das-genau_393154/#google_vignette
- 11.12 Studie „CO₂-Bilanz Stahl. Ein Beitrag zum Klimaschutz“. Zugriff am 07.01.2025. https://www.salzgitter-ag.com/fileadmin/mediadb/szag/corporate_responsibility/umwelt_und_energie/studie_co2_bilanz_stahl.pdf

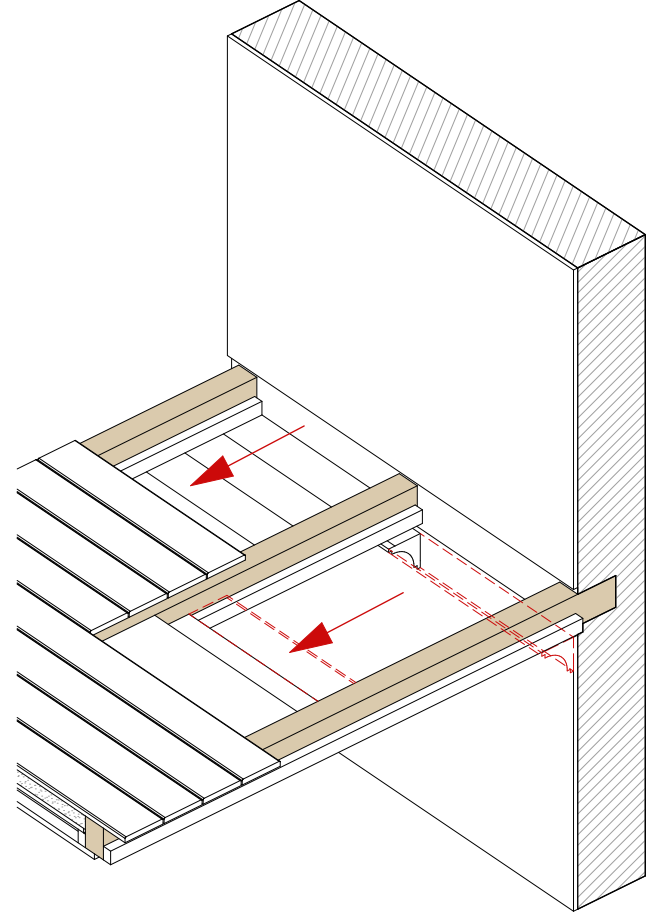
BALKENKOPF

ARBEITSSCHRITTE

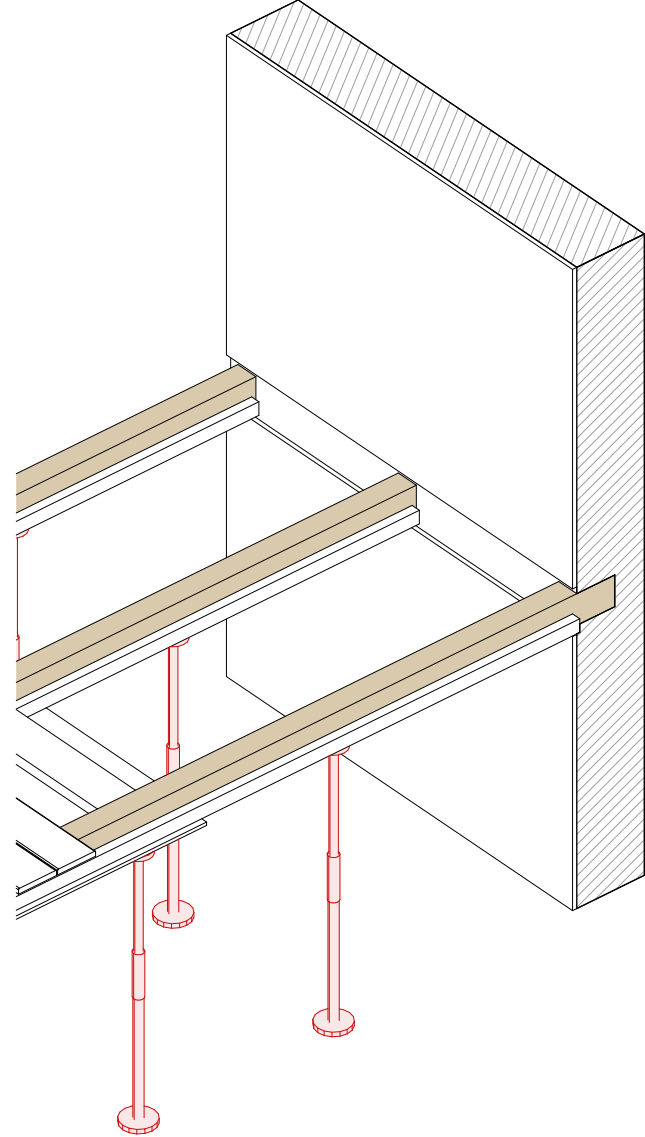
1. Erkennung und Schadensanalyse



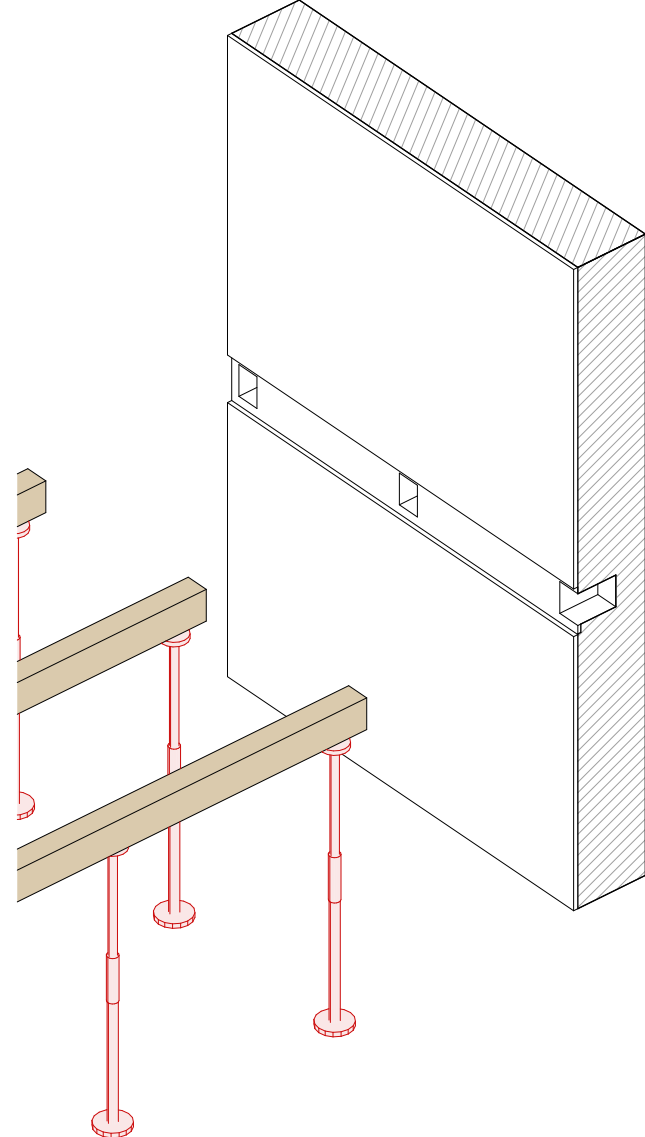
2. Öffnen der Deckenlage



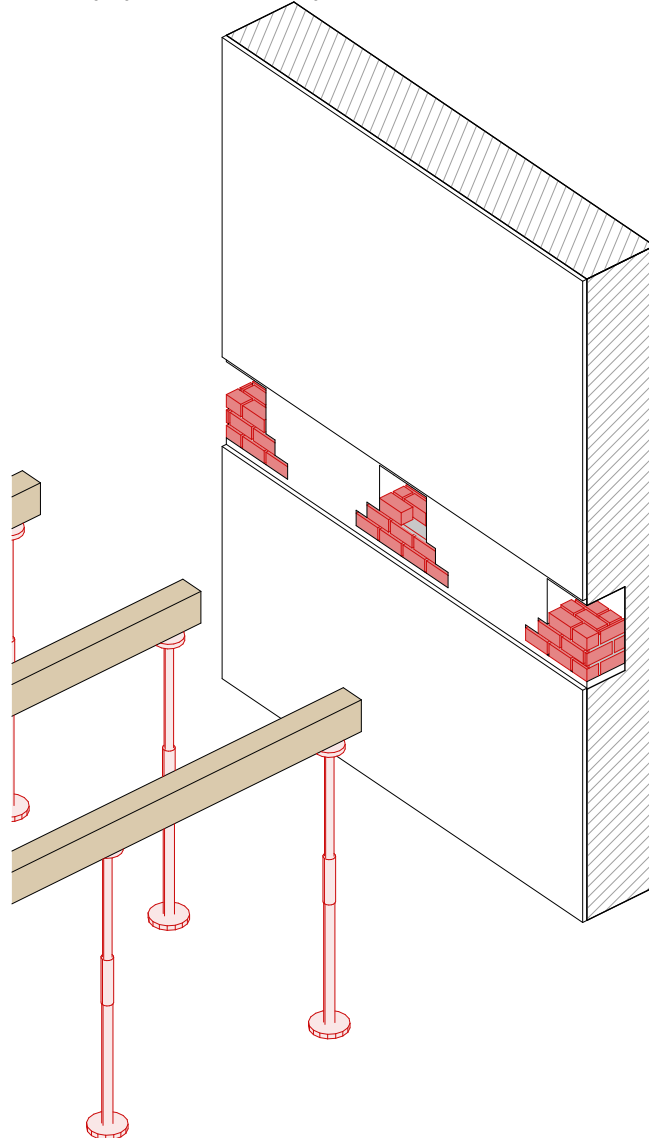
3. Absteifen der Deckenbalken



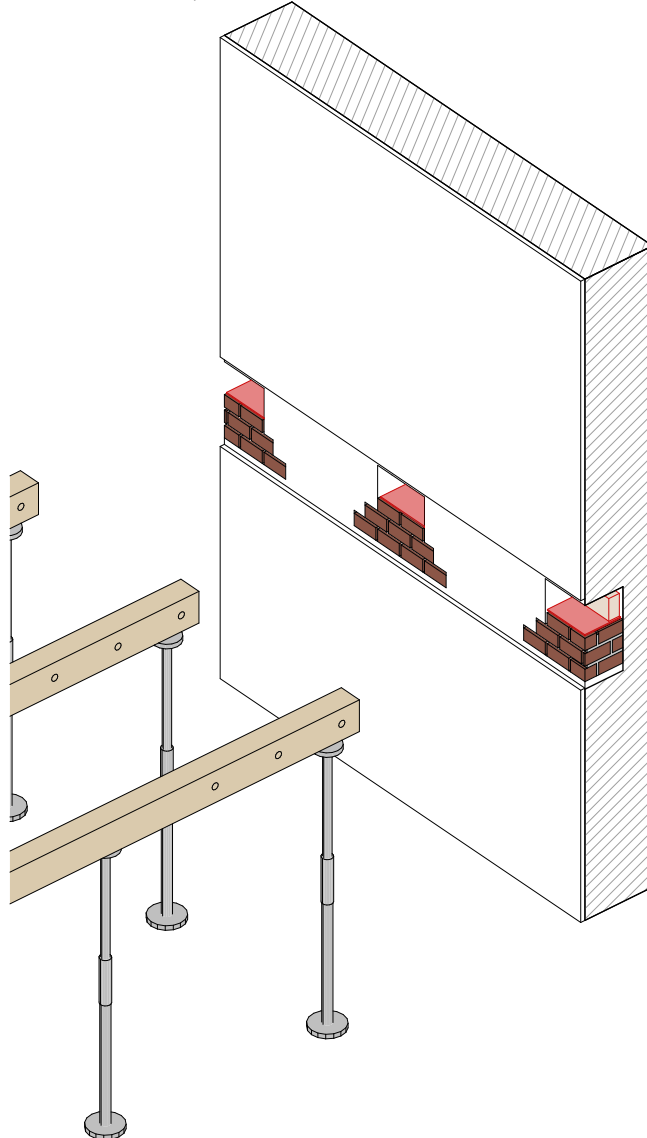
4. Kürzen der beschädigten Balken



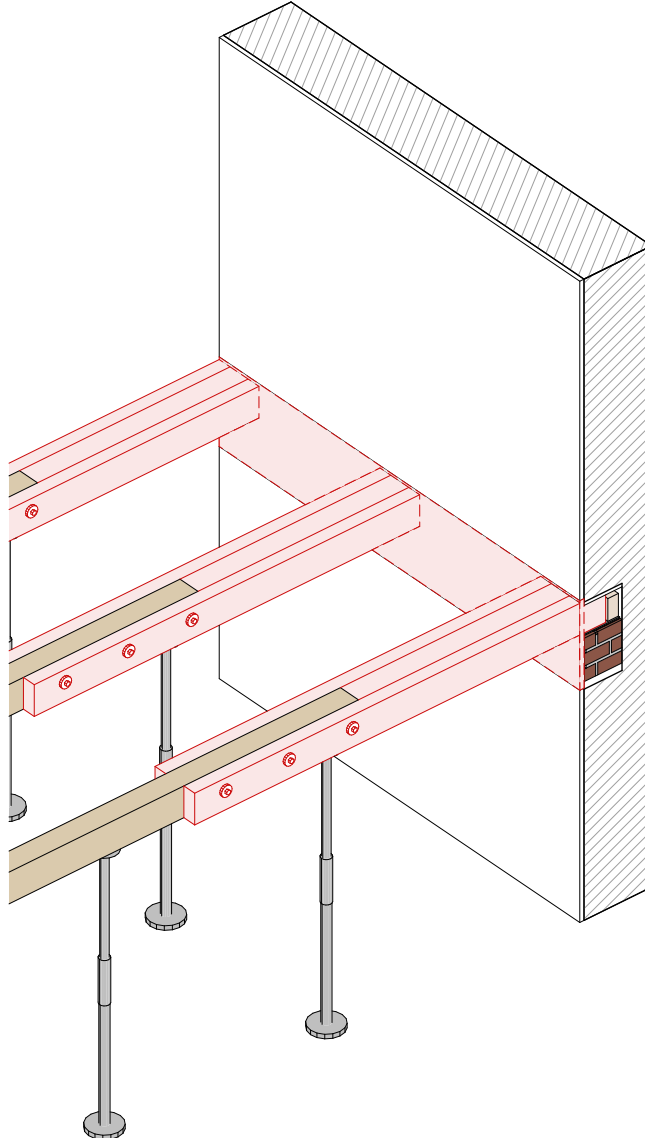
5. Ertüchtigung der Mauerwerksauflager



6. Einbau einer Mauersperrbahn



7. Anlaschen neuer Holzbalken



8. Wiederherstellung der Deckenunterlage

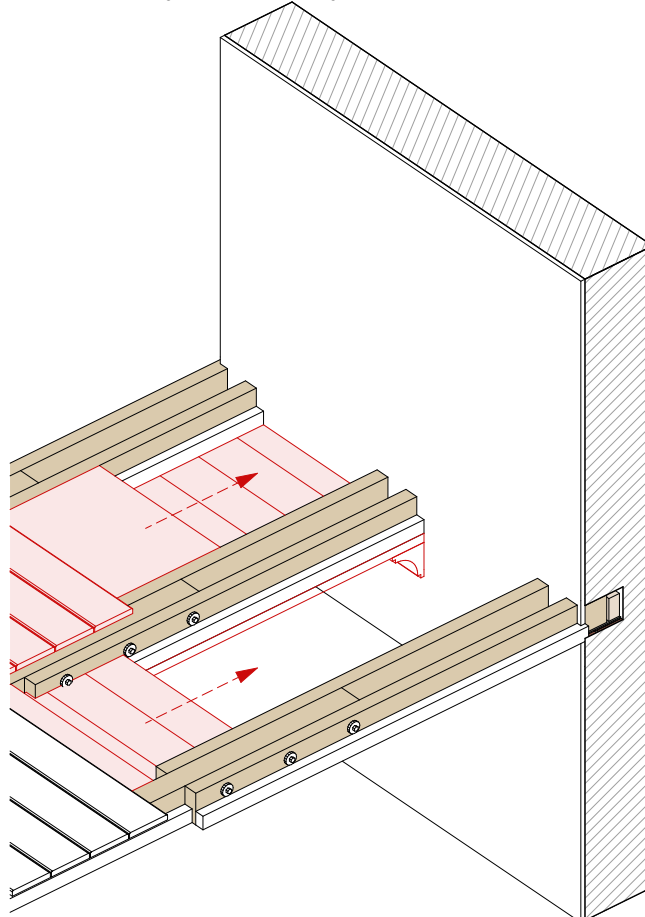


Abb. 11.17: Arbeitsschritte der Balkenkopfsanierung

SCHRITT 1: ERKENNUNG UND SCHADENSANALYSE

Im Rahmen einer Deckenertüchtigung oder einer Bestandsaufnahme der Bausubstanz ist der Zustand der Balkenköpfe der Deckenkonstruktion zu überprüfen. Hierfür ist die Decke punktuell zu öffnen, um die Balkenköpfe zu begutachten. Dabei wird festgestellt, ob Schäden vorliegen und welche Art von Schadensbild gegebenenfalls vorhanden ist. Es muss festgestellt werden, ob die Schäden durch Feuchtigkeit verursacht wurden und ob ein Befall durch Holzwurm oder Holzbock vorliegt. Zusätzlich wird das Ausmaß des Schadens analysiert, um die Tiefe und die betroffenen Bereiche des Balkens zu bestimmen.

SCHRITT 2: ÖFFNEN DER DECKENLAGE

Anschließend wird die Deckenlage geöffnet, um die Balken freizulegen. Die Konstruktion wird von oben geöffnet, sodass nicht nur die beschädigten Stellen, sondern auch angrenzende Bereiche sichtbar werden. Dies ermöglicht eine präzise Feststellung, wie weit der Schaden in den Balken eingetreten ist.

SCHRITT 3: ABSTEIFEN DER DECKENBALKEN

Die betroffenen Deckenbalken werden über alle Geschosse hinweg abgesteift. Dies erfolgt in der Regel mittels Drehsteifen. Absteifungen werden bis ins Erdgeschoss oder gegebenenfalls bis ins Kellergeschoss durchgeführt, um die Tragfähigkeit der Decken während der Arbeiten zu sichern. Dieser

Schritt ist besonders wichtig, da Schäden häufig in der obersten Geschossdecke auftreten.

SCHRITT 4: KÜRZEN DER BESCHÄDIGTEN BALKEN

Die beschädigten Balkenköpfe werden mittels Motorsäge gekürzt, um die defekten Bereiche vollständig zu entfernen. Dabei wird der Balken in einem Abstand von circa einem Meter über die letzte erkennbare Schadstelle hinaus gekürzt. Dadurch wird sichergestellt, dass keine geschädigten Holzteile zurückbleiben.

SCHRITT 5: ERTÜCHTIGUNG DER MAUERWERKSAUFLAGER

Die Mauerwerksauflager, auf denen die Balkenköpfe ursprünglich auflagen, werden statisch ertüchtigt. Hierzu werden beschädigte Steine entfernt und durch neue Steine ersetzt. Dabei wird bevorzugt Material aus dem Bestandsmauerwerk verwendet. Alternativ können Kalksandsteine oder andere geeignete Ziegelsteine genutzt werden. Das Auflager wird nach unten hin kegelförmig bzw. breiter ausgeführt, um die Lasten optimal aufzunehmen. Dies aus dem Grund, da die Vertikallasten in einem 45°-Winkel nach unten wirken.

SCHRITT 6: EINBAU EINER MAUERSPERRBAHN

Auf das neu ertüchtigte Mauerwerksauflager wird eine Mauersperrbahn (MSB) oder ein gleichwertiges Material gelegt. Diese Sperrschicht dient als

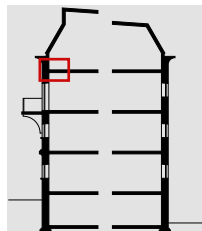
Schutz gegen aufsteigende Feuchtigkeit. Der neue Balkenkopf wird so positioniert, dass er von Luft umspült wird, um Feuchtigkeitsansammlungen zu vermeiden. Falls erforderlich, wird der Holzbalkenkopf temporär mit einer Holzweichfaserplatte ummantelt, die nach dem Einbau wieder entfernt wird, um eine Luftumspülung zu gewährleisten. Alternativ kann ein Porotonstein als Wärmepuffer zwischen Holzbalkenkopf und Mauerwerk eingesetzt werden.

SCHRITT 7: ANLASCHUNG NEUER BALKEN

Neue Balken werden links und rechts neben dem bestehenden Balken angesetzt. Diese Balken haben dieselbe Höhe wie der Bestandsbalken, während der Querschnitt gemäß den statischen Vorgaben bemessen wird. Die neuen Balken werden mittels Gewindeschrauben, Unterlegscheiben und Muttern mit dem Bestandsbalken verbunden. Das Anzugsmoment der Schrauben wird entsprechend den Vorgaben des Statikers eingestellt. Die neuen Balkenköpfe werden auf die ertüchtigten Auflager gelegt.

SCHRITT 8: WIEDERHERSTELLUNG DER DECKENUNTERLAGE

Im letzten Schritt wird die Deckenunterlage wieder aufgebaut. Die Wandflächen werden abschließend verputzt. Nach der Demontage der Absteifungen ist die Balkenkopfsanierung abgeschlossen.



DECKE

BESTAND

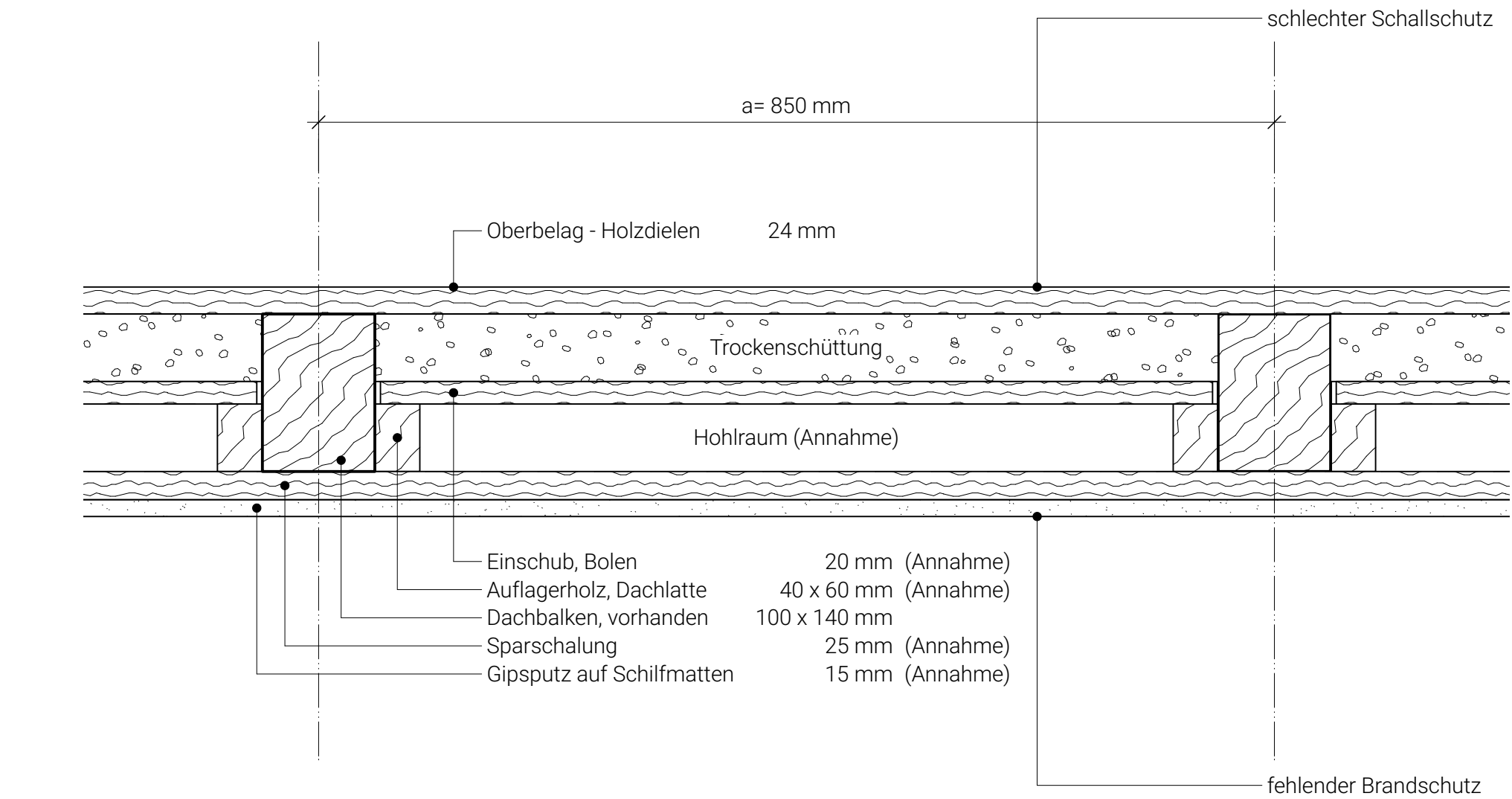


Abb. 12.1: Detail Deckenaufbau Bestand, Maßstab 1:5

KONSTRUKTION UND FUNKTION

Im bestehenden Gründerzeithaus wurde eine Holzbalkendecke verbaut, die in ihrer konstruktiven Funktion primär der Lastabtragung dient. Darüberhinaus dient die Decke als raumseitiger Abschluss einer Wohnung / Nutzungseinheit und bildet bau-physikalische Eigenschaften im baulichen Schall- und Brandschutz. Sie ist wie folgt konstruiert.

Hölzerne Deckenbalken wurden gemäß eigenem Aufmaß im Stellingler Weg in einem Achs-Abstand von 85 cm verlegt. Die Deckenbalken liegen auf den Wandscheiben auf und bilden dort ein Balkenauflager aus. Oberhalb auf den Deckenbalken werden orthogonal Dielen verlegt, die eine vermutete Stärke von 24 mm aufweisen. Sie sind mit den Holzbalken vernagelt und bilden einen Verbund aus. Hinsichtlich des Lastabtrags lässt sich feststellen, dass eingeleitete Lasten über die Holzdielen auf die Holzbalken übertragen werden. Dadurch, dass die Balken auf den Wandscheiben aufliegen, werden eingehende Kräfte über die Wandscheiben in das Fundament und letztendlich ins Erdreich übertragen. Dies wird näher im Kapitel „11 - Balkenköpfe“ erläutert.

An der Unterkante der Deckenbalken sind wahrscheinlich Auflagerhölzer mit dem Querschnitt 40/60 mm vernagelt, die wiederum die Unterkonstruktion für die Einschub-Bohlen mit einer Stärke von wahrscheinlich 20 mm ausbilden. Die Konstruktionsart bezeichnet man als Einschubdecke^{12.1}. In dem sich ausbildenden Gefach findet man eine Trockenschüttung vor, die man in der Begehung als eine Mischung aus Bauschutt und Sand vorgefunden hat (Abb. 12.3 Schüttung). Unterseitig wurde wahrscheinlich eine Sparschalung von 25 mm angebracht inklusive einer Schilfmatte als Putzträger, auf der wiederum der Gipsputz mit einer Stärke von 15 mm haftet.

Die Holzbalkendecke dient zudem dem baulichen Schall- und Brandschutz, auch wenn diese beiderseits nicht den heutigen Ansprüchen genügen. Auf den Einschub-Bohlen zwischen den Balken, welche man Fehlboden nennt, wurde eine schwere Schüttung mit Hilfe von trockenem Sand, Schlacke oder ähnlichem Material eingebracht (Abb. 12.1 Detail Deckenaufbau Bestand). Diese Schüttung über-

nimmt die Eigenschaft der schall- und wärmedämmenden Schicht. Die Beschwerung des Fehlbodens (durch die Schüttung) absorbiert den Trittschall, da Bauteile durch die erhöhte Massenträgheit nicht so schnell zum Schwingen gebracht werden können.^{12.2}

Die unterseitig angebrachte Sparschalung schafft die Grundlage für den Gipsputz, welcher den unteren Raum abschließt und die innenseitige Oberfläche ausbildet. Die zu den Holzbalken orthogonal angeordneten Holzdielen bilden den oberen Raumabschluss. Durch die plattenartige Struktur der Dielen werden die anfallenden Lasten gleichmäßig in die Balkenebene geführt. Ohne die Holzdielen würden Lasten punktuell in das Gefach, bzw. in den Fehlboden geleitet werden und der Lastabtrag über die Holzbalken in die Wandscheiben funktioniert nicht mehr.

MÄNGEL DER KONSTRUKTION

Die vorgefundene Bestandskonstruktion genügt nicht den aktuellen bautechnischen Anforderungen und weist in ihrer Ausführung erhebliche Mängel im Brandschutz und Schallschutz auf. Vor allem die geringe Masse des Deckenaufbaus führt zu einem geringen Schalldämmmaß R'_w einzelner Bauteile. Aufgrund der zu geringen Trägheit des Deckenaufbaus kommt es zum Schwingen der Decke. Daraus resultiert ein zu hoher Norm-Trittschallpegel L'_w und in der Folge für den Nutzer eine störende Lärmwahrnehmung.^{12.3} Wie unter Abbildung 12.6 "Messung Norm-Trittschallpegel L'_w" zu sehen ist, wurde eine Holzbalkenkonstruktion hinsichtlich der Qualität der Trittschalldämmung untersucht. Bei dieser Untersuchung wurde eine Deckenkonstruktion, mit selben Aufbau wie unter Abb. 12.1 dargestellt, vorgenommen. Wir nehmen in der vorgefundenen Konstruktion eine mittelschwere Schüttung von etwa 20kg/m³ an, die hinsichtlich der Schalluntersuchung den wesentlichen Unterschied ausmacht. In der Grafik wird der resultierende Norm-Trittschallpegel L'_w (db) unterschiedlichen Frequenzbereichen gegenübergestellt. Dabei wird zwischen einer Konstruktion ohne Beschwerung durch Schüttung und einer Konstruktion mit Beschwerung durch Schüttung von einer Masse von 20kg/m³ unterschieden. In der Gegenüberstellung mindert

sich der Trittschallpegel L'_w bei einer Beschwerung im niedrig frequenten Bereich um etwa 5-7 dB. Im hochfrequenten Bereich lassen sich kaum Unterschiede durch die Beschwerung feststellen. Dies liegt daran, dass im niedrigfrequenten Bereich (0-200 Hz) Bauteile durch ihre Massenträgheit einfacher zum Schwingen gebracht werden können, als im hochfrequenten Bereich. Folglich kommt es bei niedriger Frequenz zu einer Bewegung der Holzbalkendecke und in Folge dessen zu einer Lärmwahrnehmung der Nutzer.^{12.4}

Ein weiterer Mangel der Deckenkonstruktion ist der geringe Schutz gegenüber Feuchtigkeit im Bauteil. Gerade in Nassräumen wurden die Bauteile nicht entsprechend abgedichtet bzw. belüftet, sodass es zu einer Schwammbildung der Bauteile kommen kann. Vor allem die unterseitige Schalung wird als erstes befallen und muss ggf. ersetzt werden. Etwaige Problemstellen findet man in Küchen unterhalb der Kochstelle vor oder in Bädern. Ein weiterer Mangel lässt sich hinsichtlich der fehlenden Brandschutzeigenschaften der Decke feststellen. Aufgrund der einfachen Gipsputzschicht, die auf den Schilfrohrmatten haften, ist kaum bis gar kein baulicher Brandschutz nachgewiesen. Im Brandfall würde somit ein Feuerüberschlag in das darüberliegende Geschoss kaum verhindert werden.

ALTERNATIVKONSTRUKTION

Eine Alternative zur Holzbalkendecke in Gründerzeitgebäuden sind Deckenkonstruktionen mit Windelböden. Der Einschub wird hier nicht durch Auflagerhölzer und Bohlen, sondern durch ein Nut- und Federsystem realisiert. Holzbalken erhalten Einschnitte, in denen Wellerhölzer eingespannt werden. Um diese wird ein Strohwickel geflochten, der durch Lehm haftet. Auf den trockenen Wickel folgt ein Lehm Schlag, der die Schall- und Wärmedämmung der Konstruktion verbessert. Diese Bauweise war in ländlichen Gebieten stärker verbreitet, da Materialien wie Stroh und Lehm günstiger und leichter verfügbar waren als Holz^{12.5}.



Abb. 12.2: Dielenlage



Abb. 12.3: Schüttung



Abb. 12.4: Balkenabstand



Abb. 12.5: Balkenstärke

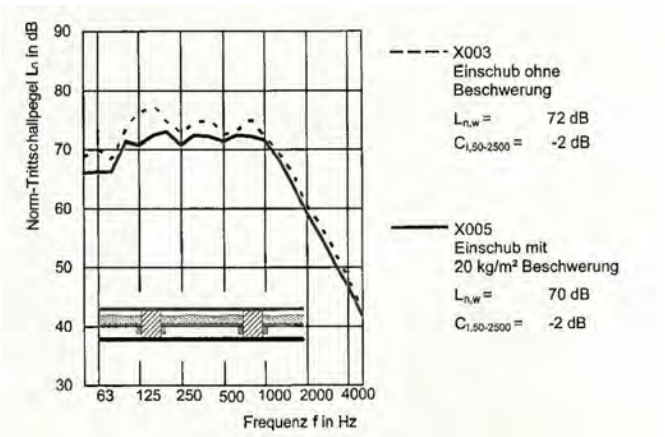


Abb. 12.6: Messung Norm-Trittschallpegel L'_w

QUELLEN

- 12.1 Weller, Bernhard; Fahrion, Marc-Steffen; Jakubetz, Sven. "Decken und Energie" (2012, Vieweg+Teubner Verlag). S. 157-159.
- 12.2 König, Holger; Pietrya, Franziska; Lückmann, Rudolf. "Baudetail-Atlas Hochbau Altbau" (2021, WEKA MEDIA GmbH & Co. KG). S. 154-155.
- 12.3 Häupl, Peter; Willems, Wolfgang. Lehrbuch der Bauphysik: Schall - Wärme - Feuchte - Licht - Band - Klima. (2013, Springer Verlag). S. 509.
- 12.4 Rabold, A. et al. "Holzbalkendecken in der Altbauanierung". Ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH, 2008. S.14
- 12.5 Lißner, Karin; Rug, Wolfgang. "Holzbauanierung bei Bauen und Bestand" (2018, Springer Verlag). S. 560-564.

DECKE

KONVENTIONELLE SANIERUNG

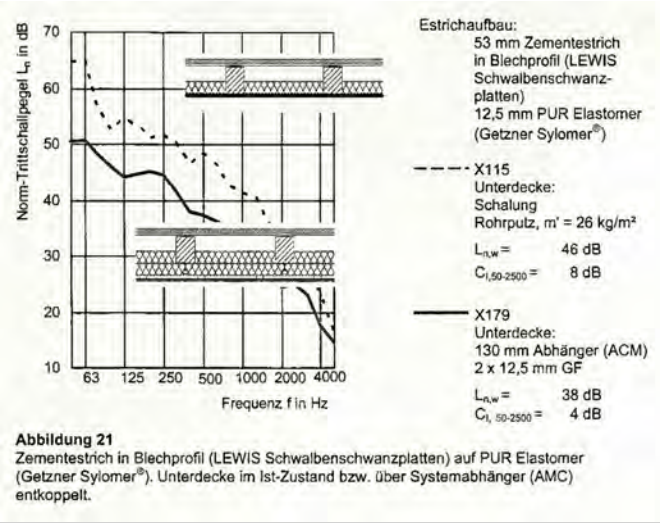


Abb. 12.8: Messung Norm-Trittschallpegel Lw

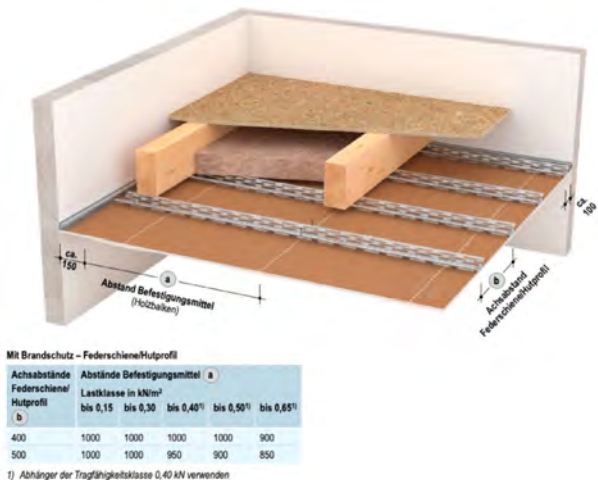


Abb. 12.9: Knauf Federschienenensystem

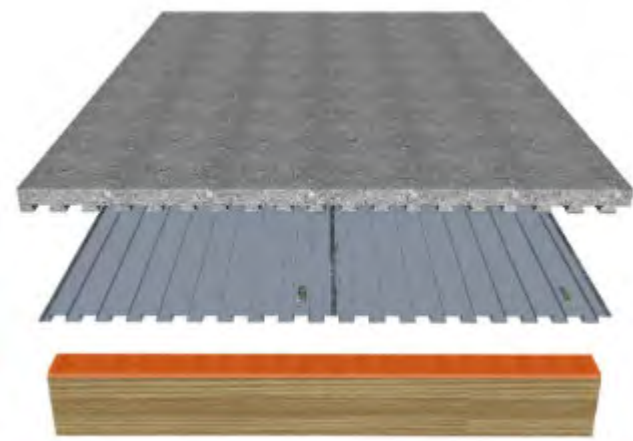


Abb. 12.10: Schwälbenschwanzplatten

ZIELE DER SANIERUNG

Sanierungsmaßnahmen einer Holzbalkendecke variieren je nach schallschutztechnischem Anspruch, die der Bauherr* im Objekt umsetzen möchte, und müssen gegenüber den bautechnischen Vorkommnissen abgewogen werden. Daraus folgt eine Vielzahl an Sanierungsmöglichkeiten, die in einem gründerzeitlichen Gebäude darstellbar sind.

Bezogen auf Schallschutz-Kennwerte wird zwischen den Mindestanforderungen gemäß DIN 4109-1 und den erhöhten Schallschutzanforderungen der DIN 4109-5 unterschieden. Die Mindestanforderungen sind bindend bezogen auf die von den Planer*innen und den ausführenden Firmen anzustrebenden Schallschutzkennwerte. Der erhöhte Schallschutz bildet einen zusätzlichen Komfort für die Nutzer*innen ab.

Regelhaft gelten die vertraglichen Vereinbarungen bezogen auf den zu erreichenden Schallschutzwert. Sollten diese jedoch vertraglich nicht vereinbart worden sein, ist im Regelfall ein erhöhter Schallschutz geschuldet, sollte es zu einem juristischen Streitfall kommen. Dies ist insbesondere der Fall, sobald exklusiver Wohnraum versprochen wird. Doch auch bei Umbauten wird gemäß eines Gerichtsurteils (Urteil des Oberlandesgerichts Karlsruhe vom 29. Mai 2012 (Az. 8 U 173/10)) ein erhöhter Schallschutz geschuldet, auf den sich Bauherr*innen berufen können. Empfehlenswert ist daher eine vertragliche Einigung bezogen auf die Schallschutz-Ziele zwischen Planer*innen und Bauherr*innen, um nach Fertigstellung der Umbauarbeiten keine negativen Überraschungen zu riskieren, die in einem Klageverfahren seitens der Nutzer*innen resultieren können.^{12.6}

In unserem Vorhaben streben wir Mindestschallschutzwerte der Deckenkonstruktion an. Durch den geschuldeten Mindest-Schallschutz, der bei Änderungsmaßnahmen nach DIN 4109-1 eingehalten werden muss, darf bei konventionellen Sanierung zwischen Wohnungstrenndecken der Norm-Trittschallpegel L_n von 50 dB nicht überschritten werden.^{12.7} Vor allem in den Frequenzbereichen von 0-250 Hz ist auf entsprechende Unterschreitung zu achten.

Zum Vergleich fordert der erhöhte Schallschutz einen Trittschallpegel L_n von ≤ 46 dB.^{12.7} Beim Benutzen der Böden, bzw. Decken, durch Möbel rücken oder Betreten der Böden, werden Frequenzen im Bereich von 0-250 Hz ausgelöst. In diesem Frequenzbereich muss daher unbedingt der Trittschallpegel von 50 dB unterschritten werden.

Die Schallschutzqualität der Sanierung soll den Anforderungen der DIN 4109-1 gerecht werden, weswegen wir auf Grundlage der Forschungsergebnisse vom "Insitut für Fenster und Fassaden, Türen und Tore, Glas und Baustoffe" eine Sanierungsvariante gewählt haben, die die Schwelle von 50 dB Norm-Trittschallpegel L_n im Bereich von 0-250 Hz einer Wohnungstrenndecke nicht überschreitet (Abb. 12.8: Messung Norm-Trittschallpegel L_w).^{12.8}

KONSTRUKTION DER SANIERUNG

Die Sanierungsvariante sieht folgende Änderungen vor. Zunächst muss der Dielenbelag oberseitig abgetragen werden und der Fehlboden, samt Trockenschüttung, entnommen werden (Arbeitsschritte 2. bis 4.). Unterseitig wird der Gipsputz samt Sparschalung, zzgl. der Auflagerhölzer, abgetragen, sodass nur noch die Holzbalken freigelegt vorliegen (Arbeitsschritte 5. bis 7.).

Daraufhin werden unterseitig an den Holzbalken Federschienen montiert, an denen wiederum Gipskartonplatten doppelt beplankt montiert werden, die daraufhin verspachtelt und gestrichen werden (Abb. 12.9 Knauf Federschienenensystem und Arbeitsschritte 8. bis 10.). Die doppelte Beplankung dient dem baulichen Brandschutz, da durch die Aufdoppelung einer Gipskartonplatte eine Feuerwiderstandsklasse von F90 (feuerbeständig) erreicht wird, die gemäß LBO umzusetzen ist.^{12.9} Sind die Federschienen vollflächig an der Unterseite der Holzbalken verschraubt, können die Gipskartonplatten an dem Schienenraster montiert werden. Die Federschiene wird dabei mit einem Abstand von ca. 2 mm an den Holzbalken verschraubt. Durch den Abstand und der Federung der Schiene kann die abgehängte Decke frei schwingen, sodass der

unterseitige Deckenaufbau vom Tragwerk entkoppelt vorliegt und Schallübertragungen absorbiert werden können. Auf den Gipskartonplatten werden oberseitig Mineralwollplatten eingebracht, sodass eine Dämmstärke von 130 mm erreicht wird (Arbeitsschritt 11.).

Auf den bestehenden Holzbalkenträgern werden 12,5 mm starke Schallschutzstreifen aufgebracht, die den darüberliegenden Schichtaufbau von der Holzbalkendecke entkoppeln. Auf diesem Elastomer-Lager werden vollflächig Schwalbenschwanzplatten kraftschlüssig verschraubt, die durch eine Schüttung von 53 mm Zementestrich beschwert werden und einen Verbund herstellen (Abb. 12.10 Schwalbenschwanzplatten SSB Spillner). Nach der Trocknung des Estriches können die zunächst abgetragenen Holzdielen wieder oberseitig verklebt werden (Arbeitsschritte 12. bis 15.).

FOLGEN DER SANIERUNG

Die Konsequenzen der baulichen Umbaumaßnahme gehen über den Umfang der eigentlichen Decke hinaus. Denn im Vergleich zu dem Bestand hat sich die Decke nun oberseitig um 80,5 mm, und unterseitig um 14 mm, erhöht.

Daraus folgen zunächst unterseitig Erfordernisse bezogen auf etwaige Stuckarbeiten an der Decke. Diese müssten zunächst vom Stuckateur aufgenommen und abgebaut werden. Sollten die alten Gipsornamente bei der Demontage nicht mehr erhalten bleiben können, kann ein Negativ von der Ornamentik aufgenommen werden, sodass ein Wiederaufbau der Stuckarbeiten möglich ist. Ebenfalls ist auf die Verringerung der Deckenhöhe zu achten.

Oberseitig sind die Konsequenzen aufwändiger. Durch die bauliche Erhöhung von 80,5 mm gegenüber des Bestandes, müssen jegliche Anschlüsse an allen weiteren Bauteilen angebracht werden. Das betrifft vor allem Türen, Fenster, Sanitärobjekte, Küchenobjekte, Treppenhäuszugänge oder Erschließungen auf Balkone oder Terrassen. Aus der Erhöhung des Bodenaufbaus kann zusätzlich die Höhe der alten Fensterbrüstung zu niedrig sein, sodass eine Erhöhung der alten Absturzsicherung umgesetzt werden muss.

Abb. 12.7: Detail Sanierungsmaßnahme einer Holzbalkendecke unter Berücksichtigung des Schallschutzes und des Brandschutzes, Maßstab 1:5

DECKE

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG



Abb. 12.13: Knauf Gigafloor Presto 32



Abb. 12.14: Trittschalldämmung steicoundersfloor

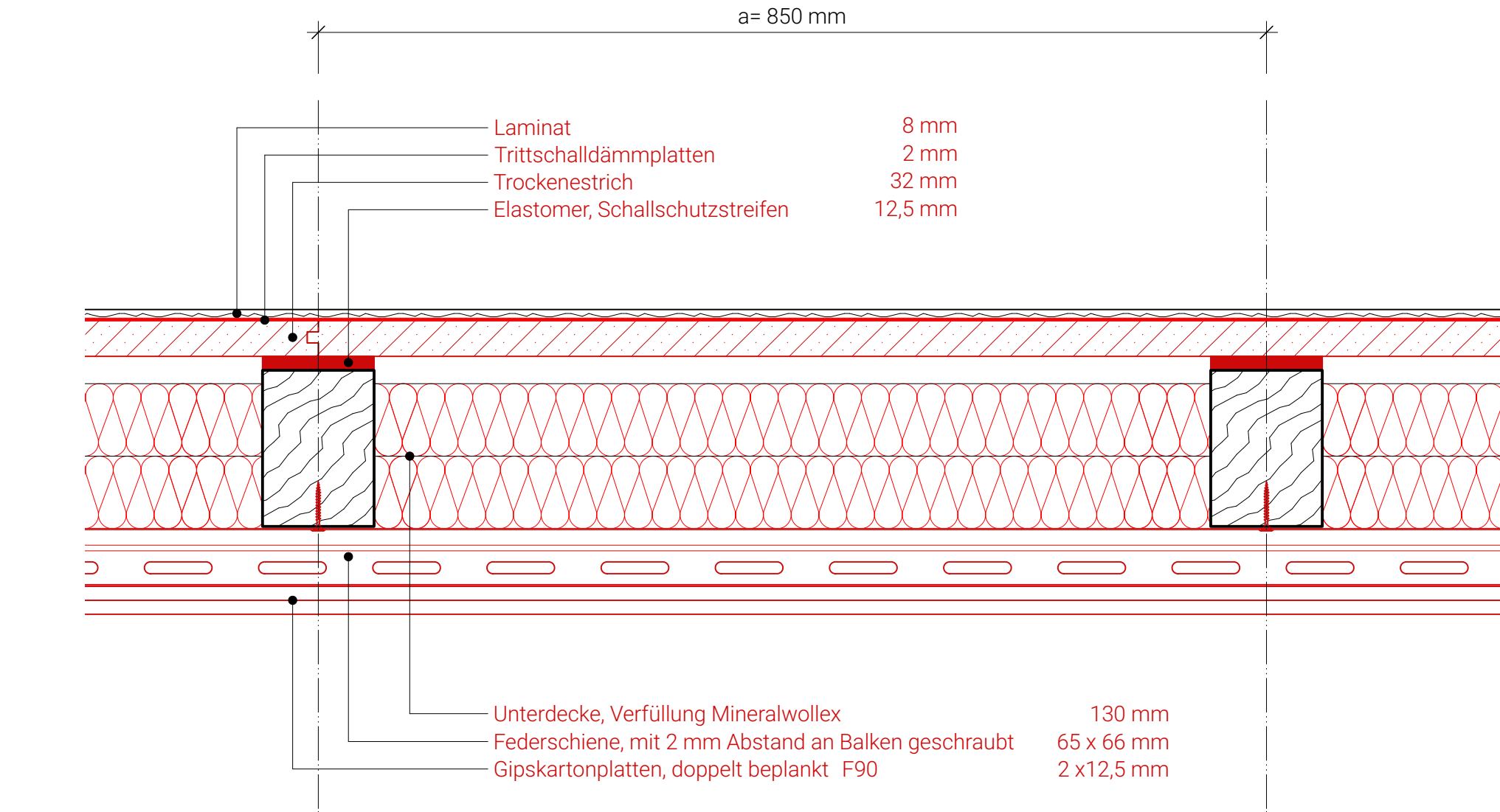


Abb. 12.12: Detail kreislaufgerechte Sanierungsmaßnahme einer Holzbalkendecke unter Berücksichtigung des Schallschutzes und des Brandschutzes, Maßstab 1:5

KREISLAUFGERECHTIGKEIT

Durch eine sortenreine Trennung verbauter Bauteile in einem Demontage-Prozess können die eingebauten Werkstoffe weiterverwendet werden. Dabei kann es zwar dazu kommen, dass vereinzelt Materialien nicht in gleicher Qualität wiederverwendet werden können, jedoch können sie grundsätzlich im Kreislauf der Bauindustrie weiterverwendet werden.

Bei der konventionellen Sanierung ist positiv hervorzuheben, dass viele Anschlusspunkte bereits einfach demontierbar, und daher sortenrein trennbar, vorliegen. Probleme in der sortenreinen Trennung einzelner Bauteile lassen sich in der Verwendung der Schwalbenschwanzplatten mit eingebrachtem Zementestrich vorfinden.

Der Verbund beider Baustoffe lässt sich schwierig voneinander trennen, auch wenn dies grundsätzlich möglich ist. Um jedoch die Demontage schneller und einfacher, und daher wirtschaftlicher, umzusetzen, lohnt es sich nach vergleichbaren Konstruktionen zu forschen. Zusätzlich werden bei der konventionellen Sanierung die alten Holzdielen mit dem Estrich verklebt. Diese Verklebung führt zu einer deutlich aufwändigeren Trennung der Holzdielen vom dem Estrich.

Womöglich ließen sich die Holzdielen im Nachhinein nicht mehr für den Wiedereinbau eignen und könnten nur noch eine Nutzung in Form der Energiegewinnung, durch Verbrennung, wiederfinden.

Die unterseitige Montage durch die verschraubten Federschiene, auf denen die doppelbeplankten Gipskartonplatten montiert sind, lassen sich einfach voneinander trennen. Ebenfalls lassen sich die oberseitig eingebrachten Dämmplatten einfach entnehmen, sodass sie wieder neu verbaut werden können. Die Elastomer-Schallschutzstreifen lassen sich ebenfalls einfach von den Holzbalken entfernen.

OPTIMIERUNGSBEDARF

Die somit einzigen optimierungsbedürftigen Bauteile sind der Zementestrich im Verbund mit den Schwalbenschwanzplatten und die Verklebung der Holzdielen. Zeitgleich sollen die Anforderung an

den Schallschutz und den baulichen Brandschutz weiterhin Beachtung finden.

Wir schlagen folgende Konstruktion vor, die sowohl den Brandschutz, als auch den erforderlichen Schallschutz bestmöglich erreicht.

KONSTRUKTION

Unterseitig verändert sich an der Konstruktion gegenüber der konventionellen Variante nichts. Es wird weiterhin eine Federschiene an den Holzbalken verschraubt (mit 2 mm Abstand, sodass diese frei an dem Balken hängen können), auf der wiederum doppelseitig Gipskartonplatten montiert werden. Oberseitig wird ebenfalls das Gefach zwischen den Holzbalken mit Dämmung verfüllt und ein Schallschutzstreifen auf die Balken verklebt, jedoch werden nun Trockenestrichplatten mit den Maßen (1500/600/ 32 mm) verbaut. Die Stöße der einzelnen Platten werden kraftschlüssig verklebt, bilden allerdings durch ein Nut- und Federsystem eine einfache Konstruktion der Demontage (Abb. 12.13 Knauf Gigafloor Presto 32). Das Gewicht der Trockenestrichplatten bei einer Stärke von 32mm beträgt 40 kg/m².^{12.10}

Die Schwalbenschwanzplatten zzgl. des eingebrachten Zementestrichs hingegen 90 kg/m².^{12.11} Aus diesem Masseunterschied wird der Trittschallpegel erheblich erhöht. Empfehlenswert wäre innerhalb der Planung ein Versuchsmodell zu errichten, dass den Norm-Trittschallpegel L'w der kreislaufgerechten Variante untersucht, um eine genaue Beurteilung, bezogen auf den Trittschallpegel L'w, vornehmen zu können.

Weiterhin werden auf den montierten Trockenestrichplatten Trittschalldämmplatten mit einer Stärke von lediglich 2 mm schwimmend verlegt (Abb. 12.14 Trittschalldämmung steicoundersfloor). Auf dieser Trittschalldämmung lassen sich nun ohne Klebmaßnahmen Laminatplatten verlegen. Diese sind durch ein Nut- und Federsystem einfach zu verbauen und benötigen keine Verklebung miteinander oder mit der darunterliegenden Trittschalldämmplatte. Der Laminatboden hat nur eine Aufbauhöhe von 8 mm. Somit liegt der Schichtaufbau der Konstruktion be-

stehend aus Laminat, Trittschalldämmplatten und Trockenestrichplatten bei 52 mm. Im Vergleich hat der Schichtaufbau bei der konventionellen Sanierung bestehend aus Schwalbenschwanzplatte als Verbund mit Zementestrich und den verklebten Holzdielen einen Schichtaufbau von 73 mm.

Der Höhenunterschied von immerhin knapp 2 cm ist positiv zu bewerten, da die Anarbeitung an umliegende Bauteile (Türen, Fenster, Terrassen- und Balkonaustritte, sowie Treppenhauszugänge etc.) weniger aufwändig, und daher wirtschaftlich sind. Bezogen auf den baulichen Brandschutz sind ebenfalls die doppelbeplankten Gipskartonplatten ausschlaggebend für die Eigenschaft der Feuerwiderstandsklasse F90 (feuerbeständig).

Bezogen auf den Schallschutz lassen sich Unterschiede in der Masse des eingebrachten Estriches ausfindig machen. Dieser Masseunterschied, führt gemäß der Massewirkung und dem Schwingungsverhalten der Bauteile zu einer Erhöhung des Trittschallpegels L'w von vermutlich 5-10 dB.^{12.12} Somit wäre der Trittschallpegel L'w bei der kreislaufgerechten Sanierung in den Frequenzbereichen 0-250 Hz bei vermutlich 55-60 dB. Somit blieben die Mindestanforderungen der Wohnungstrenndecken gemäß DIN 4109-1 deutlich unerfüllt.

HINWEISE UND EMPFEHLUNG

Eine vertragliche Einigung zwischen Planer*innen und Bauherr*innen und Bauherr*innen und Mieter*innen sollte unbedingt erfolgen, um Klagen abzuwenden. Ebenfalls muss der Planer* den Bauherren* über die Konsequenzen aufklären. Grundsätzlich ließe sich nach unserem Beispiel eine kreislaufgerechte Sanierungsmaßnahme konstruieren. Welchen genauen Einfluss diese wiederum auf den Trittschallpegel L'w hat, und inwieweit die Mindestanforderungen unerfüllt bleiben, ließe sich nur durch eine Simulation bewerten.

Doch aufgrund der vermutlich starken Verschlechterung des baulichen Schallschutzes und der wenig charmanten Anwendung von Laminatböden gegenüber der Holzdielen in gründerzeitlichen Bauten ra-

ten wir von der Anwendung der kreislaufgerechten Variante ab.

Die positiven Konsequenzen der konventionellen Sanierungsmaßnahme überwiegen den Vorteilen, die man bei einer kreislaufgerechten Variante erreicht.

QUELLEN

12.10 KNAUF, "Gigafloor Presto 32". Zugriff 12.12.2024. https://knauf.com/de-DE/p/produkt/gigafloor-presto-32-18596_0015

12.11 SPILLNER, "LEWIS Schwalbenschwanzplatten". Zugriff 16.12.2024. <https://www.spillner-ssb.de/lewis/schwalbenschwanzplatten.html>

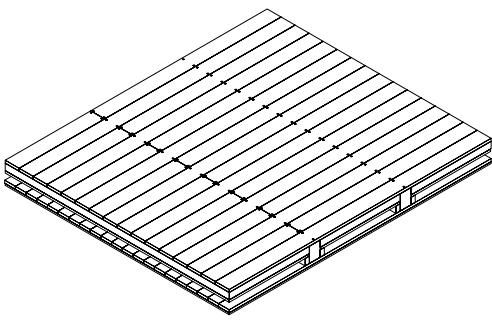
12.12 Cremer, L.; Heckl, M.; Petersson, B.A.T. "Structure-Borne Sound". (2005, Springer). S. 449 ff.

DECKE

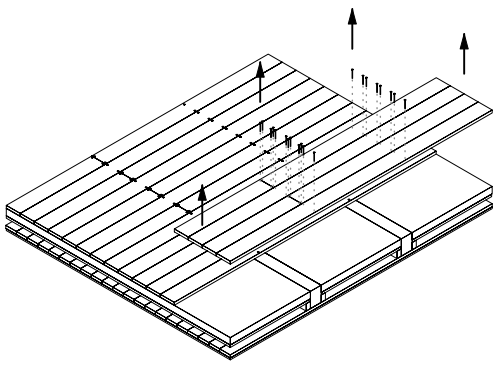
ARBEITSSCHRITTE



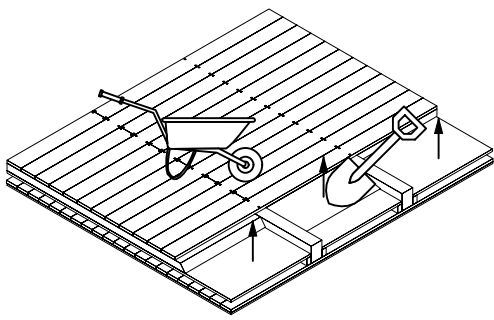
1. Ausgangssituation



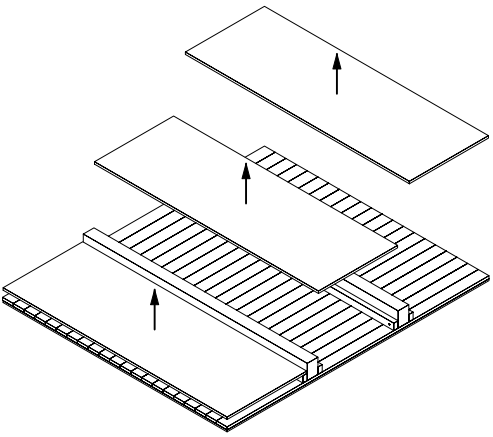
2. Teilweise Entfernung der Dielen



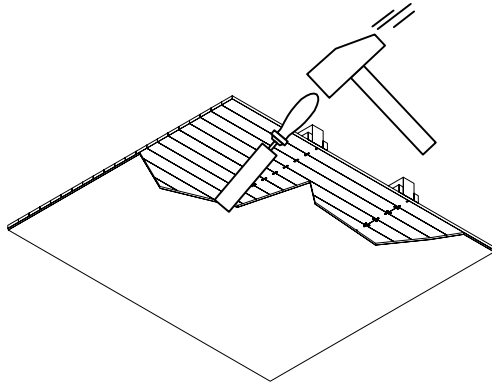
3. Entnahme der Trockenschüttung



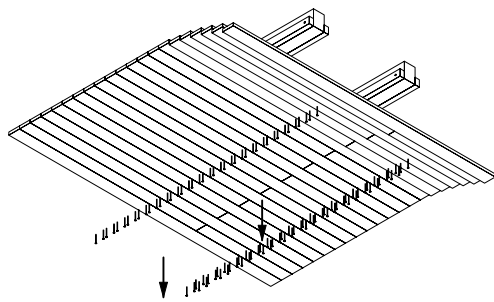
4. Entnahme des Einschubbodens



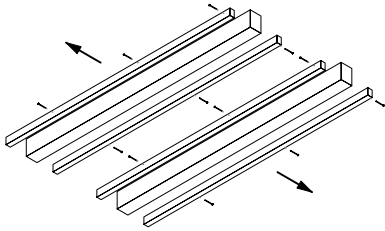
5. Abklopfen des Gipsputzes mit der Schilfmatte an der Decke



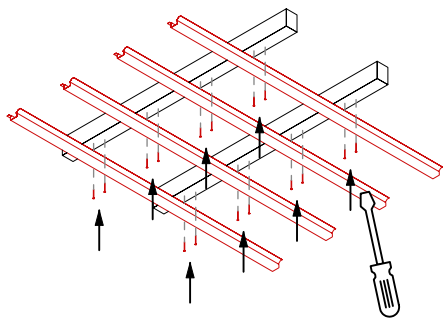
6. Entfernung der Sparschalung



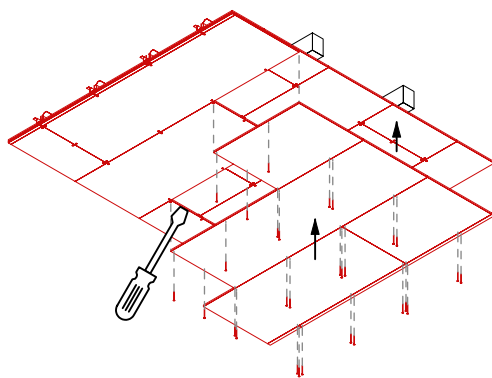
7. Entfernung der Auflagerhölzer



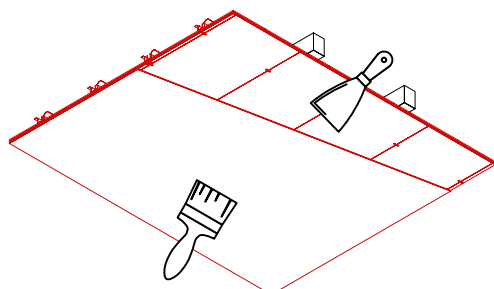
8. Anbringen der Federschielen mit Schrauben



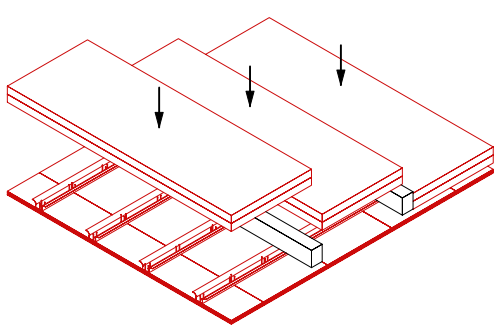
9. Anbringen einer doppelt beplankten Gipskartondecke



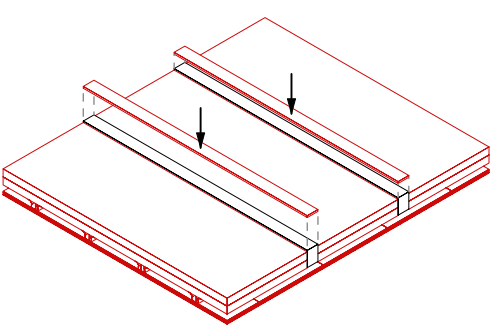
10. Spachteln der Fugen und Streichen der Gipskartonplatten



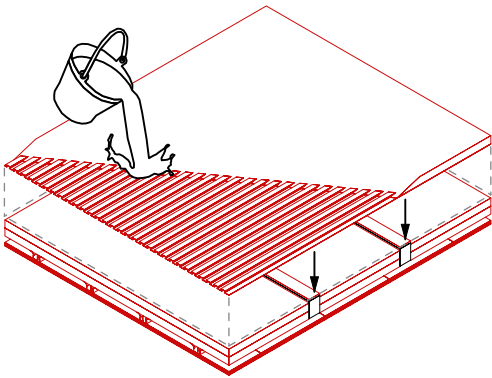
11. Einlegen der Dämmung



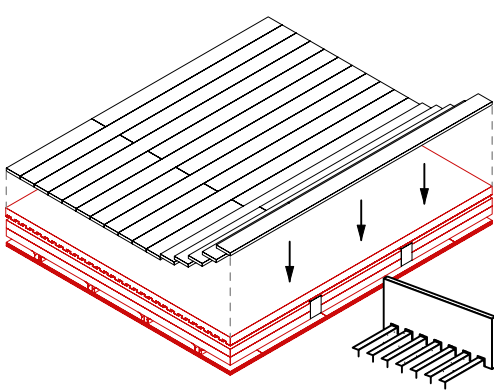
12. Legen des Elastomers auf die Deckenbalken



13. Ablegen der Schwalbenschwanzplatten und auffüllen mit Estrich



14. Kleben der restaurierten Dielen auf den Estrich



15. Fertigstellung

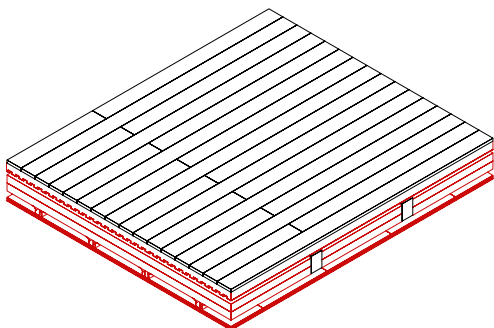


Abb. 12.11: Arbeitsschritte einer konventionellen Sanierung (Eigene Abbildung, 2024)

1. AUSGANGSSITUATION

Die bestehende Holzbalkendecke liegt wie die dargestellte Bestands-Konstruktion vor.

2. ENTFERNUNG DER DIELEN

Dielen werden mittels eines Stemm-Eisens nacheinander abgetragen.

3. ENTNAHME DE TROCKENSCHÜTTUNG

Die Trockenschüttung wird ausgehoben und durch eine Schubkarre nach außen transportiert. Gegebenenfalls kann eine Schutt-Rutsche über Fassadenöffnungen sinnvoll sein.

4. ENTNAHME DES EINSCHUBBODENS

Der Einschubboden wird einzeln demontiert und abgetragen.

5. ABKLOPFENDES GIPSPUTZES MIT DER SCHILF-MATTE VON DER DECKE

Mithilfe von Hammer und Meisel, ggf. Abschleifen der Unterdecke, wird der bestehende Gipsputz samt Schilfrohrmatte entfernt.

6. ENTFERNUNG DER SPARSCHALUNG

Angenagelte Sparschalungen werden mittels Stemm-Eisen abgestemmt und entsorgt.

7. ENTFERNEN DER AUFLAGERHÖLZER

Auflagerhölzer werden mittels Stemm-Eisen entfernt und entsorgt.

8. ANBRINGEN DER FEDERSCHIENEN MIT SCHRAUBEN

Das Federschiensystem wird unterseitig an den Holzbalken montiert. Ein Mindestabstand von 2mm (ganze Schraubendrehung) muss zwischen Oberkante Federschiene und Holzbalkendecke vorhanden sein, sodass die Federn frei schwingen können.

9. ANBRINGEN EINER DOPPELT BEPLANKTEN GIPSKARTONDECKE

Zweifach beplankte Gipskartonplatten werden an den Federschielen montiert und bilden die Feuerwiderstandsklasse F90 (feuerbeständig) aus.

10. SPACHTELN DER FUGEN UND ANSTREICHEN DER GIPSKARTONPLATTEN

Unterseitig werden die Stöße der Gipskartonplatten verfugt und anschließend vollflächig verspachtelt und angestrichen. Ggf. kann nun Stuckornamentik angearbeitet werden.

11. EINLEGEN DER DÄMMUNG

Oberseitig wird die Mineralwolle auf die Konstruktion der Federschielen und Gipskartonplatten gelegt.

12. LEGEN DES ELASTOMERS AUF DIE DECKEN-BALKEN

Auf den Holzbalken werden der Länge nach Schallschutzstreifen in Form von Elastomeren verlegt.

13. MONTAGE DER SCHWALBENSCHWANZPLATTEN UND AUFFÜLLEN MIT ESTRICH

Die stählernen Schwalbenschwanzplatten werden auf den Holzbalken verschraubt und anschließend mit Zementestrich verfüllt.

14. KLEBEN DER RESTAURIERTEN DIELEN AUF DEN ESTRICH

Nach Trocknung des Zementestrichs werden die restaurierten Oberbelagsdielen auf dem Zementestrich verklebt.

15. FERTIGSTELLUNG

Die Sanierung ist fertiggestellt und die Brand- und Schallschutz-Anforderungen wurden berücksichtigt.

INNENDÄMMUNG

BESTAND

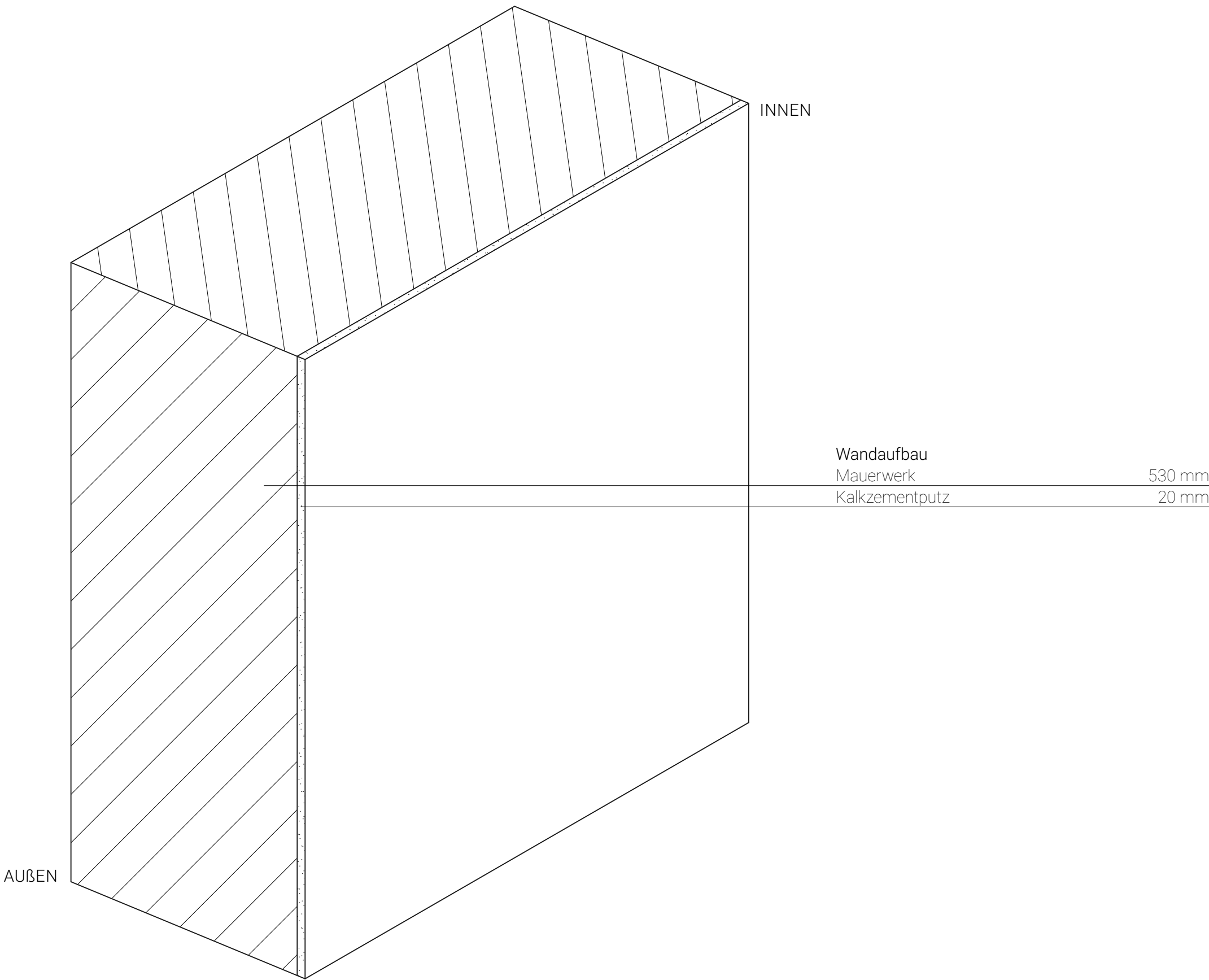


Abb. 13.1: Detail Wandaufbau Bestand, M 1:10

Die folgenden Kapitel behandeln Chancen und Herausforderungen der Innendämmung bei der energetischen Sanierung von Altbauten.

BESTANDSAUFNAHME

Grundlage dieser Arbeit ist ein 1899 erbautes Mehrfamilienhaus in Hamburg-Eimsbüttel, Stelling Weg 36. Der Schwerpunkt liegt auf der Analyse der Rückfassade des Gebäudes (Abb. 13.2), mit Blick auf mögliche Sanierungsmaßnahmen mittels Innendämmung. Da die Rückfassade bei der Besichtigung des Bestands von innen nicht zugänglich war, basiert die Analyse teilweise auf Annahmen und den vorliegenden Informationen: Die Außenwände bestehen aus einem einschaligem Ziegelmauerwerk mit einer Wandstärke von etwa 530 mm. Im Zuge späterer energetischer Sanierungsmaßnahmen wurde eine 100 mm starke Außendämmung als Wärmedämmverbundsystem (WDVS) angebracht. Eine Innendämmung ist dementsprechend nicht vorhanden. Grundlage der Betrachtung ist der ursprüngliche Zustand vor der Installation des WDVS. (Abb. 13.1)

WARUM INNENDÄMMUNG?

Zur Zeit der Gründerzeitbauten hatte die Integration von Dämmschichten nicht die zentrale Bedeutung, die sie heutzutage einnimmt. Erste Regelungen gab es ab den 60er Jahren,^{13.1} doch erst nach der Ölkrise 1973, bedingt durch Ressourcenknappheit und gestiegene Energiekosten,^{13.2} wurde die erste Wärmeschutzverordnung eingeführt. Daher besitzen viele vor 1960 erbaute Gebäude keine wärmedämmende Hülle.^{13.1} Die Dämmwirkung von Baustoffen hängt von der Rohdichte in Abhängigkeit der Schichtdicke des Materials ab.^{13.3} Das kalte Mauerwerk, des betrachteten Gründerzeitgebäude, hat trotz der massiven Schichtdicke keine gute Dämmwirkung, sodass vor allem in Kälteperioden die Heizwärme nicht in der Gebäudehülle gehalten werden kann.^{13.4} Um für ein angenehmes Wohnklima zu sorgen, muss der Wärmeverlust durch stärkeres Heizen ausgeglichen werden. Bei zu kalten Raumtemperaturen, kann sich an der ausgekühlten Oberfläche der Außenwand Feuchtigkeit ansammeln und zu Schimmelbildung führen.^{13.5} Erst mit der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) im Jahr 2002 wurden Planer zunehmend dazu verpflichtet, auch

in Altbauten den energetischen Standard zu verbessern.^{13.4} Seit 2020 hat das Gebäudeenergiegesetz (GEG) die EnEV abgelöst^{13.6} und regelt seitdem energetische Sanierungs- sowie Nachrüstungs Pflichten im Altbau.^{13.7} Gründe für die Verwendung von Innendämmung können einerseits der Erhalt denkmalgeschützter Fassaden sein, sowie die Unterschreitung von Abstandsflächen zur Grundstücksgrenze durch eine energetische Sanierung mit Außendämmung. Außerdem findet das Prinzip auch für Wohnungseigentümergeinschaften Anwendung, wenn keine gemeinsame energetische Sanierung beschlossen wird und Einzelne die Wärmedämmung ihrer Wohnung verbessern möchten. Letzteres kann durch das unsachgemäße Anbringen von Innendämmung und der dadurch entstehenden Wärmebrücken, zu Schäden am Gemeinschaftseigentum führen.^{13.8}

VOR- & NACHTEILE

Neben der Innendämmung stehen grundsätzlich zwei weitere Varianten zur Verfügung: die Außendämmung und die Kerndämmung. Jede dieser Systeme zeichnet sich durch spezifische Vorteile und Herausforderungen aus. Die Innendämmung wird insbesondere aufgrund ihrer vergleichsweise geringeren Kosten sowie der einfachen und unkomplizierten Anbringung eingesetzt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Räume schnell aufgeheizt werden, da die Außenwand die Wärme nicht speichert, sondern im Innenraum hält. Allerdings können die Außenwände bei diesem System nicht als Speichermasse genutzt werden. Aus diesem Grund tragen die Außenwände in Kombination mit einer Innendämmung nicht zum sommerlichen Wärmeschutz bei.^{13.9} Es ist zudem entscheidend, auf einen bauphysikalischen korrekten Wandaufbau zu achten, um die Bildung von Wasseransammlungen im Bauteil, auch Tauwasser genannt, und den daraus resultierenden Schimmel zu vermeiden (Abb. 13.3). In dem Fall der zuvor beschriebenen Wohnungseigentümergeinschaften ist beispielsweise zu berücksichtigen, dass sich durch die unterschiedlichen Schichtaufbauten in der Außenfassade der Temperaturverlauf (Abb. 13.4) an den Schichtgrenzen des Bauteils verändert, dies kann zu einer Verschiebung des Taupunkts führen.^{13.10} Tauwasser bildet sich, wenn die Luftfeuchtigkeit die Sättigungsgrenze erreicht und kondensiert.

Warme Luft kann mehr Wasserdampf aufnehmen als kalte. Insbesondere im Winter führen Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenraum zu starken Unterschieden in der Luftfeuchtigkeit. Das Dampfdruckgefälle zwischen Innen- und Außenbereich sorgt dafür, dass Wasserdampf-moleküle von einem Bereich durch ein Medium (beispielsweise eine Außenwand) in einen anderen diffundieren^{13.11} (Diffusionsstrom: Ausgleich eines Konzentrationsgefälles.^{13.12} Hierbei kann es beim Abkühlen des warmen Wasserdampfs aus dem Innenraum zu Tauwasseransammlungen im Baukörper kommen.^{13.11} Während sich im Bestandsmauerwerk Tauwasser auf der Außenseite ansammelt, da die Außenwand während der Heizperioden Wärme aufnimmt, tritt nach einer Sanierung mit Innendämmung eine Ansammlung von Tauwasser auf der Innenseite zwischen der Bestandswand und der Innendämmung auf. Ursache hierfür ist der Wegfall der aus dem Innenraum abstrahlenden Wärme, welche durch die neu eingebrachte Innendämmung blockiert wird.^{13.10} Durch eine nicht diffusionsoffene Dämmung kann die Feuchtigkeit schwer abtrocknen, weshalb Schimmelbildung begünstigt wird (Abb.13.5).^{13.9}

U-WERT BERECHNUNG, IST & SOLL

Das GEG schreibt für modernisierte Außenwände einen maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von 0,24 W/(m²K) vor.^{13.13} Zur Einschätzung notwendiger Sanierungsmaßnahmen ist der Ist-Zustand des Gebäudes durch bauphysikalische Berechnungen wie die U-Wert-Berechnung (DIN 6946)^{13.13} und die Feuchteschutzberechnung nach dem Glaser Verfahren (DIN 4108-3)^{13.14} zu ermitteln. Im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen mit Innendämmung ist zu berücksichtigen, dass das Glaser-Verfahren nicht angewendet werden kann, da es entscheidende feuchtephysikalische Eigenschaften unberücksichtigt lässt.^{13.15} Der angenommene Schichtaufbau (Abb. 13.6) (innen nach außen): 20 mm Kalkzementputz und 530 mm Vollziegelmauerwerk (Rohdichte 1400 kg/m³) ergibt einen U-Wert von 0,904 W/(m²K). Dieser liegt deutlich über dem GEG-Grenzwert von 0,24 W/(m²K). und entspricht daher nicht den heutigen energetischen Standards, die von Planern bei der Sanierung des Gebäudes eingehalten werden müssen.^{13.13}



Abb. 13.2: Rückfassade Stelling Weg 36



Abb. 13.3: Beispielbild Feuchteschäden

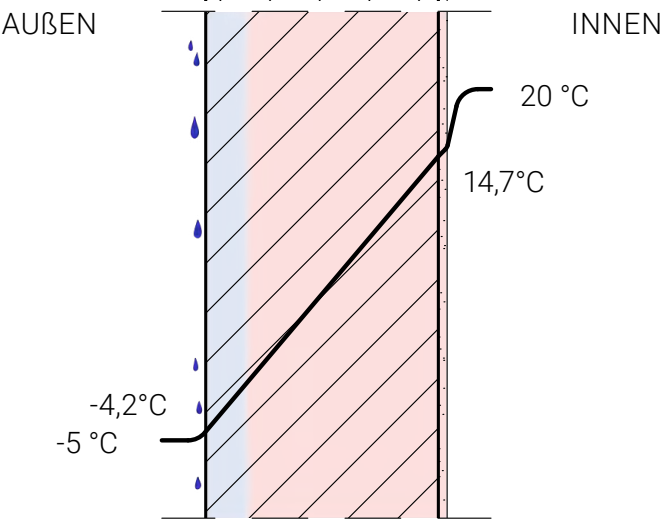


Abb. 13.4: Temperaturverlauf Bestand Außenwand



Abb. 13.5: Feuchteschäden an abmontierten Dämmplatten



Abb. 13.6: Beispielbild Bestandsituation

QUELLEN

- 13.1 Drusche, V./ Weller, B. (Hrsg.)/ Horn, S. (Hrsg.). „Denkmal und Energie 2018“. S.152
- 13.2 Volk, R. swr.de. „Die Ölkrisen 1973-Als Energie knapp und politisch wurde“ (2023).
- 13.3 Willems, W.M./ Schild, K./ Stricker, D. „Formeln und Tabellen Bauphysik“. S.52
- 13.4 Drusche, V./ Weller, B. (Hrsg.)/ Horn, S. (Hrsg.). „Denkmal und Energie 2018“. S.153
- 13.5 Rosenkranz, A. „Heizen im Altbau: Tipps für Komfort und sinkende Kosten“
- 13.6 Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. „Gebäudeenergiegesetz 2020
- 13.7 Bundesamt für Justiz. „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG) §48“
- 13.8 Isotec GmbH. „Wärmedämmung innen für ein besseres Klima“
- 13.9 Krus, M./ Sedlbauer, K./ Künzel, H. Krubitzer.de. „Innendämmung aus bauphysikalischer Sicht“
- 13.10 Stahr, M. (Hrsg.). „Sanierung von Fassaden, Putzen, Fugen“ S.375
- 13.11 BauNetz Wissen: baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Gebäudetechnik/Tauwasserbildung“
- 13.12 Spektrum der Wissenschaft. „Diffusion“
- 13.13 GEG-Info. „GEG 2024 §48“
- 13.14 Worch, A./ Fouad N.A. (Hrsg.). „Bauphysik Kalender 2017“. S.465
- 13.15 Worch, A./ Fouad N.A. (Hrsg.). „Bauphysik Kalender 2017“ S.492

[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

INNENDÄMMUNG

KONVENTIONELLE SANIERUNG

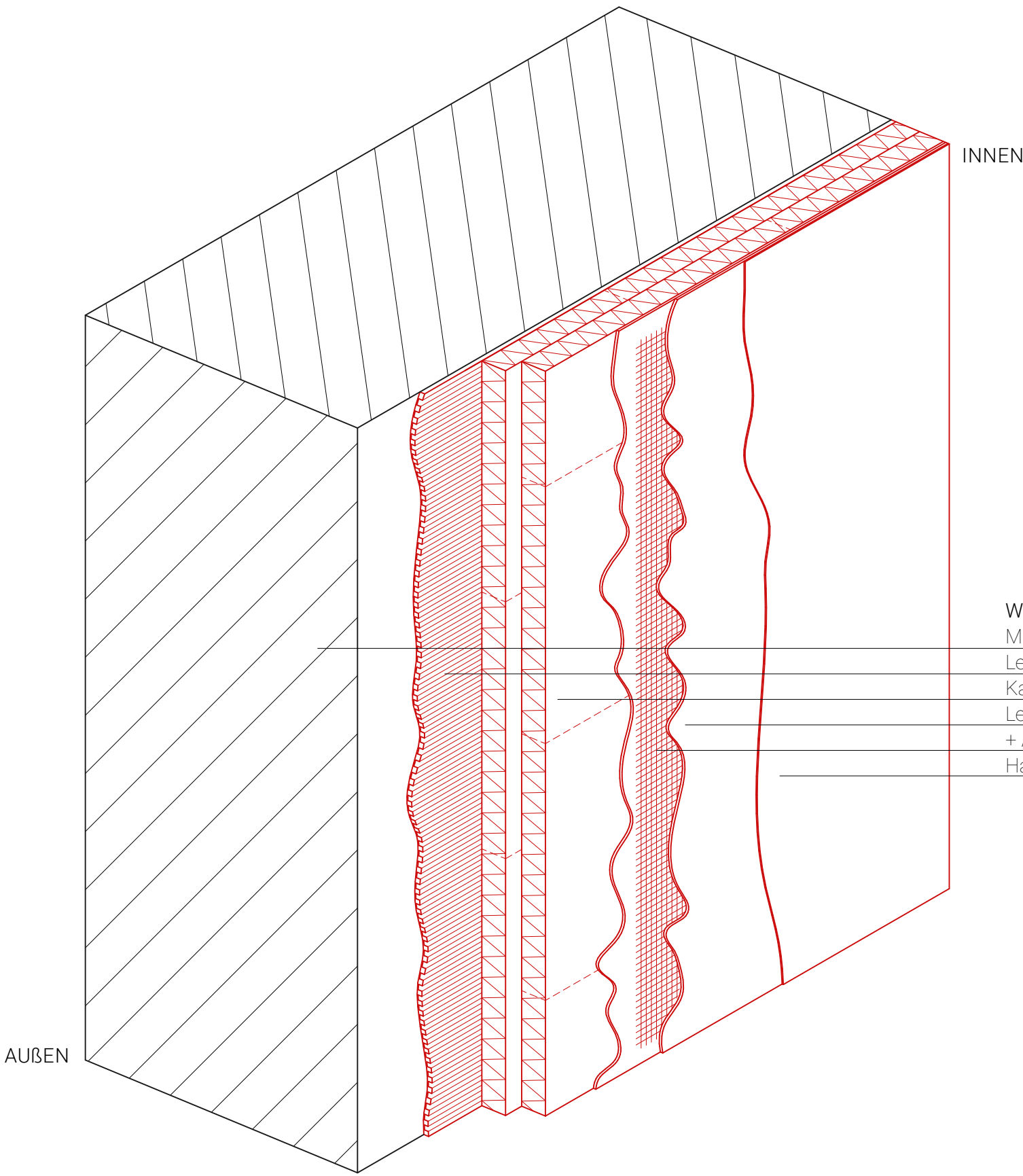


Abb. 13.7: Detail Wandaufbau konventionelle Sanierung, M 1:10

AUSWAHLKRITERIEN

Die Auswahl einer Außenwandkonstruktion ist an die spezifischen Anforderungen^{13.16} bezüglich der Wärmedämmung, des Schallschutzes und des Brandschutzes anzupassen. Bei massiven oder monolithischen Wandkonstruktionen (vgl. Kapitel Bestand: Bestandsaufnahme), müssen diese Anforderungen von einem Material erfüllt werden.^{13.17} Ein nachträglich angebrachtes Innendämm-System wird zur Verbesserung der oben genannten Anforderungen, auf Grundlage gesetzlicher Vorgaben,^{13.13} eingesetzt. Bauphysikalisch ist zu beachten, dass die Anbringung einer Innendämmung auf der warmen Wand-Innenseite die Temperatur des übrigen Bauteils absinken lässt. Die nachträglich angebrachte Dämmschicht wirkt sich demnach systemverändernd^{13.18} auf die gesamte Außenwand aus (Abb.13.8).

Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Innendämm-Systemvarianten, wobei die Systemkomponenten optimal auf die individuellen Anforderungen und die vorhandene Bausubstanz abgestimmt^{13.19} werden müssen. Die Dämmschicht ist ein Bestandteil des Bauteilsystems "Außenwand". Die objektspezifischen Besonderheiten des Gebäudes sind zu berücksichtigen und in das Gesamt-Bauteil "Außenwand" einzubeziehen.^{13.18}

Die Norm DIN 4108-10: "Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 10"^{13.20} legt anwendungsbezogene und produktspezifische Anforderungen an Wärmedämmstoffe fest und ordnet diesen, Anwendungsbereiche am Gebäude zu. Die Norm differenziert zwischen Produkteigenschaften, wie beispielsweise der Wasseraufnahmefähigkeit, Druckbelastbarkeit, schalltechnischen Eigenschaften, der Zugfestigkeit sowie der Verformung und zeigt Beispiele für Einsatzgebiete und Anwendungen auf.^{13.20}

Die Wahl der Materialien bildet die Basis für die spezifischen Produkteigenschaften und ihre Eignung für die jeweiligen Anwendungsbereiche. Häufig verwendete Innendämmungen sind unter anderem erdölbasierte Kunststoffe wie Polyurethan (PU),^{13.21} expandiertes Polystyrol (EPS) (auch bekannt unter: Styropor) und extrudiertes Polystyrol (XPS),^{13.22} oder mineralische Baustoffe wie aus Kalziumsilikat,^{13.23} Mineralwolle (Glas- und Steinwolle),^{13.24} Schaumglas^{13.25} und Holzfasern.^{13.26, 13.20}

INNENDÄMM-SYSTEME

Wie im vorherigen Kapitel (vgl. Kapitel Bestand: Vor- und Nachteile) erklärt, enthält die Luft im Inneren in der Regel^{13.27} eine höhere Menge an Wasserdampf. Der daraus resultierende Diffusionsstrom muss entweder von dem Innendämmsystem aufgenommen oder unterbrochen^{13.28} werden, um Feuchteschäden am Bauteil zu verhindern. Innendämm-Systeme unterscheiden sich insbesondere stark darin, wie sie mit dem Diffusionsstrom umgehen.^{13.19}

Ein diffusions-bremsender Systemaufbau verhindert das Eindringen von Wasserdampf durch eine zusätzliche Schicht im Bauteilsystem. Dadurch wird die Feuchtediffusion durch die Außenwände vollständig unterbunden, sodass sie keinen Einfluss mehr auf das Feuchtegleichgewicht der Raumluft haben. Innendämmungen mit sogenannten Dampfbremsen^{13.29} bieten dennoch ausgezeichnete Dämmeigenschaften. Die Dampfbremse kann entweder das Dämmmaterial selbst sein, wie zum Beispiel bei Hartschaumplatten (EPS- oder XPS-Platten), oder es werden mineralische Dämmstoffe (Kalziumsilikat oder Mineralwolle) mit einer Dampfbremse kombiniert. Für diese Kombination werden Folien, wie beispielsweise PE-Folien (PE = Polyethylen) eingesetzt. Eine Alternative dazu bilden Verbundwerkstoffe (Abb.13.9), bei denen die diffusionsdichte Schicht bereits integriert ist. Verbundwerkstoffe, auch Composite genannt, bestehen aus zwei oder mehr Grundwerkstoffen. Ihr Vorteil liegt darin, die positiven Eigenschaften der Ausgangsmaterialien zu kombinieren und so das Komposit optimal an die spezifischen Anforderungen anzupassen.^{13.30} Allerdings lassen sich die Bestandteile der Dämmplatten nur schwer oder mit erheblichem Aufwand voneinander trennen, was das Recycling deutlich erschwert.^{13.31}

Diffusions-bremsende Innendämmsysteme bestehen in der Regel aus einer Tragkonstruktion, Dämmstoff, Dampfbremse und abschließenden Beschichtungen (Abb. 13.10). Wenn die Dämmung die Funktion der Dampfbremse übernimmt, entfällt die PE-Folie. Je nach Dämmmaterial und Bausubstanz muss die Notwendigkeit einer Tragkonstruktion im Einzelfall geprüft werden. Innendämmung wird oft als problematisch angesehen,^{13.28} da sie das Risiko von Feuchtigkeitsproblemen mit sich bringt. Aufgrund des schlechteren Trocknungspotentials

durch diffusions-bremsende Schichten im Bauteil, ist es notwendig, dass die Außenwand einen Schlagregenschutz^{13.32} aufweist. Falls dies nicht sichergestellt werden kann, sollten diffusionsoffene Dämmsysteme verwendet werden, die eine Trocknung in Richtung des Innenraums ermöglichen. Innendämmsysteme besitzen drei wichtige bauphysikalische Eigenschaften: Wärmeisolierung, Diffusionsoffenheit und die Fähigkeit, Feuchtigkeit zu transportieren. Die Kapillaraktivität^{13.33} (Saugfähigkeit) ist der entscheidende Mechanismus für das Funktionieren des Dämmsystems, da sie den Feuchtetransport gewährleistet und unterstützt. Kleine Kanäle im Dämmstoff nehmen die auftretende Feuchtigkeit auf und transportieren sie wieder ab. Hier bieten sich Dämmstoffe wie beispielsweise Kalziumsilikatplatten an, die aufgrund ihrer Materialeigenschaften eine hohe kapillare Saugfähigkeit besitzen.^{13.34} Bei Gründerzeit-Gebäuden sind die Wände aufgrund ihres Alters meist uneben, wodurch Lufträume zwischen Dämmschicht und Außenwand entstehen können. Dies erhöht das Risiko der Tauwasser- und Schimmelbildung (Abb. 13.11) durch das Hinterströmen von Raumluft in die Dämmung. Dieses Problem kann in der Regel durch das Aufbringen einer Ausgleichsschicht^{13.35} behoben werden. Bei diffusions-bremsenden Dämmsystemen wird die innere Schicht des Bauteils luftdicht gestaltet, um Luftkonvektion^{13.36} zu verhindern, da selbst kleine Risse oder Undichtigkeiten Feuchteschäden verursachen können. Eine unbeschädigte Abdichtung ist daher sowohl während der Installation als auch im späteren Betrieb entscheidend. Alternativ eignen sich flexible Dämmstoffe, die sich an den Untergrund anpassen.

KALZIUMSILIKAT-INNENDÄMM-SYSTEM

Kalziumsilikatplatten bestehen aus Siliziumdioxid, Kalziumoxid, Wasserglas und etwa fünf Prozent Zellulose.(Abb.13.12)^{13.34} Sie sind diffusionsoffen, kapillaraktiv, druckfest, nicht brennbar und können bis zu einem Dreifachen ihres Eigengewichts an Feuchtigkeit aufnehmen, zwischenspeichern und gleichmäßig wieder abgeben.^{13.34} Kalziumsilikat-Dämmungen eignen sich aufgrund ihrer feuchteregeulierenden Eigenschaften und der höheren Fehlertoleranz beim Einbau besonders für ältere Bestandsgebäude (Abb.13.7).

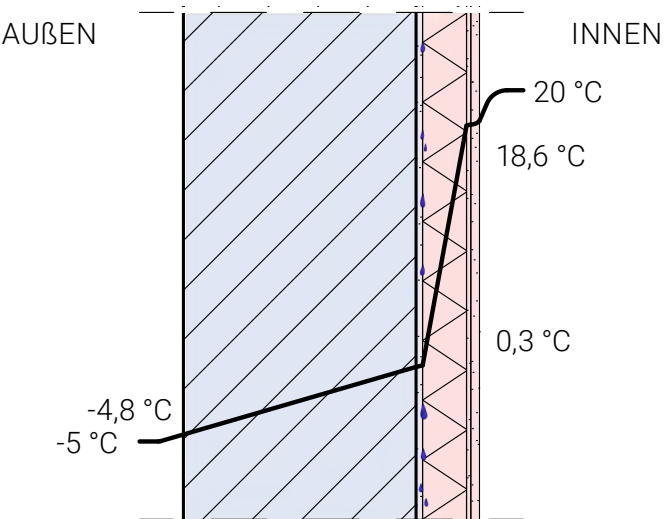


Abb. 13.8: Temperaturverlauf Bestand+Innendämmung Außenwand



Abb. 13.9: Polyurethan-Kalziumsilikat-Verbundplatte

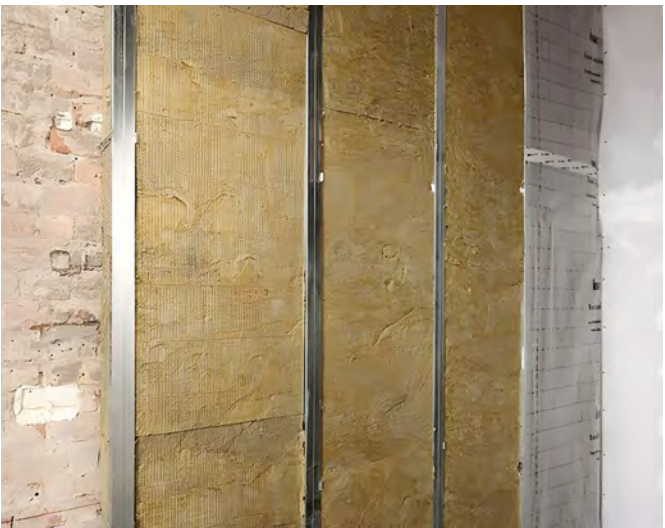


Abb. 13.10: Innendämmsystem mit Ständerwerk und Dampfbremse



Abb. 13.11: Schimmel zwischen Außenwand und Dämmschicht



Abb. 13.12: Kalziumsilikatplatte

QUELLEN

- 13.16 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. „DIN 4108-10“
- 13.17 BauNetz Wissen. „Einschalige Wandkonstruktionen“
- 13.18 Arbeiter, K./ Lang, P. „Innendämmung“
- 13.19 Deutsche BauZeitschrift. „Leitfaden Innendämmung“
- 13.20 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. „DIN 4108-10“
- 13.21 BauNetz Wissen. „Polyurethan-Hartschaum (PU)“
- 13.22 BauNetz Wissen. „Extrudiertes Polystyrol (XPS)“
- 13.23 BauNetz Wissen. „Kalziumsilikat“
- 13.24 BauNetz Wissen. „Mineralwolle“
- 13.25 BauNetz Wissen. „Schaumglas“
- 13.26 BauNetz Wissen. „Holzfaserdämmungen: Übersicht“
- 13.27 BauNetz Wissen. „Feuchteschutz - Dampfdiffusion“
- 13.28 Scheffler, G./ Schoch, T./ Lehnin, K. „Energetische Innenwandsanierung“
- 13.29 BauNetz Wissen. „Funktion und Eigenschaften der Dampfbremse“
- 13.30 Glasmacher, B./ Müller, M. „Verbundwerkstoffe“
- 13.31 BauNetz Wissen. „Studie: Wiederverwendbarkeit von Dämmstoffen“
- 13.32 Zirkelbach, D. „Innendämmung - worauf ist zu achten?“
- 13.33 Spektrum der Wissenschaft. „Kapillarität“
- 13.34 BauNetz Wissen. „Innendämmplatten aus Kalziumsilikat“
- 13.35 ClayTec. „Arbeitsblatt: Innendämmung“
- 13.36 Spektrum der Wissenschaft. „Konvektion“

INNENDÄMMUNG

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

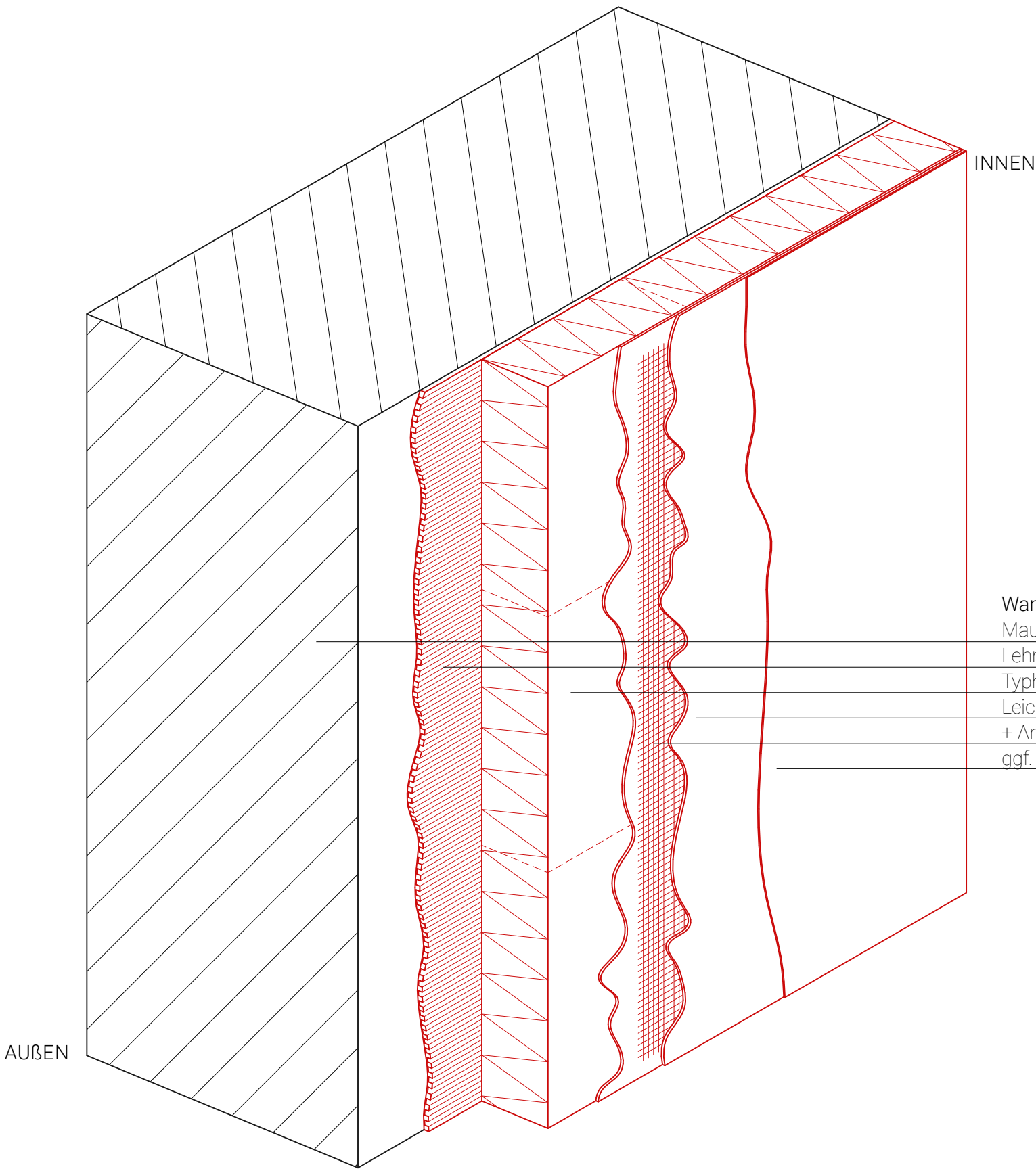


Abb. 13.13: Detail Wandaufbau kreislaufgerechte Sanierung, M 1:10

KREISLAUFGERECHTE DÄMMATERIALIEN
Dämmstoffe besitzen ein erhebliches Potenzial für die Förderung der Kreislaufwirtschaft, da sie einen signifikanten Anteil der anfallenden Bauabfälle darstellen. Um eine ökologisch effiziente Kreislaufwirtschaft zu fördern, sollte der Einsatz von nachwachsenden, wiederverwendbaren und regional verfügbaren Baustoffen priorisiert werden. Auf diese Weise kann die Baubranche aktiv zum Klimaschutz beitragen. Der Bedarf an Dämmmaterialien wird aufgrund strenger werdender Effizienzvorgaben in der Zukunft deutlich steigen. Aktuell wird jedoch noch ein Großteil der Materialien aus dem Rückbau deponiert oder verbrannt,^{13.37} wodurch mehr CO₂ freigesetzt wird. Laut Umweltbundesamt sind in Deutschland im Jahr 2024 rund 40% der CO₂-Emissionen auf den "Bauen und Wohnen" Sektor zurückzuführen.^{13.38} Für eine kreislaufgerechte Innendämmung eignen sich unter anderem Materialien wie Hanfplatten, Holzfaserplatten, Kork, Zellulose, Schafwolle, Stroh, Mycel, mineralische Dämmputze (Perlit, Aerogel), Seegras oder Recycling-Granulate. Ein erfolgreiches Recycling setzt weiterhin voraus, dass die Aufbauschichten der Dämmung leicht voneinander trennbar sind und das Dämmmaterial frei von Verunreinigungen durch Fremdstoffe bleibt. Verbundwerkstoffe, wie im Kapitel zur konventionellen Sanierung beschrieben, kommen daher grundsätzlich nicht infrage. Dagegen finden Holzfaserdämmplatten im Rahmen kreislaufgerechter Sanierungen vermehrt Anwendung. In Kombination mit einem Lehmputz wird dieses Innendämm-System (Abb. 13.14) von manchen Experten gerade für Altbauten empfohlen.^{13.39} Beide Materialien können Feuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben, was ein ausgewogenes Raumklima fördert.^{13.40}

Doch wie kreislaufgerecht sind Holzfaserplatten tatsächlich?

HOLZFASERDÄMMPLATTEN

Je nach den spezifischen Anforderungen an die Anwendung im Gebäude kann das Dämmmaterial aus Holzfasern in Form von druckfesten Platten, flexiblen Matten oder als Einblasdämmung genutzt werden. Bis heute existiert noch keine wirtschaftlich tragfähige Lösung für das Recycling von Holz-

faserplatten in den Mengen, in denen sie branchenübergreifend genutzt werden. In der Produktion der Platten werden derzeit oft frische Holzfasern verwendet, während Holzabfälle verbrannt werden.^{13.41} Eine mögliche kreislaufgerechte Alternative stellt Wärmedämmung aus Rohrkolben dar.

Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile von Rohrkolben (lat. Typha) untersucht und anschließend mit den Eigenschaften von Holzfaserdämmplatten verglichen, um einen realistischen Eindruck von dieser Alternative als Dämmstoff zu gewinnen.

ALTERNATIVE: ROHRKOLBEN (LAT. TYPHA)

Das schnell wachsende Süßgras ist global verbreitet und zeichnet sich durch einen bis zu fünfmal höheren Ertrag im Vergleich zu einem Nadelwald auf gleicher Fläche aus,^{13.42} der üblicherweise als Rohstoff für konventionelle Holzfaserdämmplatten dient. Die Pflanze zeichnet sich durch ihre Blätter aus, die aus faserverstärktem Stützgewebe bestehen und mit weichem Schwammgewebe gefüllt sind. (Abb.13.15) Diese Struktur sorgt für eine ideale Kombination aus Stabilität und Leichtigkeit. Mit Mineralkleber versetzt und heiß gepresst (Abb. 13.16), werden aus den Rohrkolben-Stangen Typha-Wärmedämmplatten.^{13.43}

Bisher werden Rohrkolben (lat. Typha) in Deutschland nicht kommerziell angebaut und die größten Vorkommen befinden sich in Osteuropa. Ein Anbau könnte jedoch wesentlich zur Regeneration der Moore beitragen, ohne rentable landwirtschaftliche Flächen zu verlieren, während gleichzeitig mehr CO₂ gebunden wird.^{13.42}

TYPHA-BOARD-INNENDÄMM-SYSTEM

Der Schichtaufbau unserer beispielhaften kreislaufgerechten Innendämmung (Abb.13.13) setzt sich folgendermaßen zusammen: Unter der Annahme, dass die Bestandswand leichte Unebenheiten aufweist, wird Lehmputz als Ausgleichsmasse aufgetragen. Vor der Montage der sogenannten Typha-Boards muss diese Schicht austrocknen, um Feuchtebelastungen zu verhindern. Die Dämmplatten müssen eine Schichtdicke von insgesamt 140 mm aufweisen, um einen U-Wert von 0,220 W/(m²K) zu erreichen und damit die Vorgaben des GEG zu erfüllen. Die Platten werden daraufhin fest

Wandaufbau	
Mauerwerk	530 mm
Lehmputz /ggf. Ausgleichsputz	3-5 mm
Typhaplatte	140 mm
Leichtputz	je ~ 3 mm
+ Armierungsgewebe	-
ggf. diffusionsoffener Anstrich	~ 3 mm

in das Mörtelbett eingedrückt und die Fläche anschließend mit einem Lehmklebe- /Armiermörtel überzogen. In die noch nasse Oberfläche wird ein Flachsgewebe eingearbeitet und sobald der Mörtel etwas angezogen hat, wird die Fläche noch einmal dünn mit Lehm überzogen. Bei einem Rückbau können die einzelnen Schichten leicht voneinander gelöst werden. Der Lehmputz des Herstellers Claytec kommt beispielsweise ohne Zusätze wie Bindemittel, Pigmente oder Farbstoffe aus. Er kann unter Zugabe von Wasser rückstandslos von anderen Materialien entfernt werden und ist zudem vollständig kompostierbar.^{13.40}

Der Hersteller Naporo stellt zum Beispiel Dämmplatten (Abb. 13.17) her, welche aus Rohrkolbenfasern mit einem Zusatz von Bindefasern aus Maisstärkebasis bestehen.^{13.44}

VERGLEICH: HOLZFASERDÄMMPLATTE / TYPHA-BOARD

Die technischen Eigenschaften des Rohrkolbens als Baustoff sind vielversprechend: Aufgrund des hohen Anteil an Polyphenolen, ist die Moorpflanze von Natur aus Feuchtigkeits- und Schimmelresistent^{13.42} Die Dämmplatte besitzt sowohl einen guten Wärmeschutz, als auch schallabsorbierende Eigenschaften und kann mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,040 W/mK mit Holzdämmplatten mithalten (Abb. 13.18).^{13.45} Dennoch weisen Holzfaserdämmplatten, die eine Wärmeleitfähigkeit von 0,036 bis 0,052 W/mK aufweisen,^{13.46} eine höhere Dämmwirkung auf.

Das Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP), der Dämmstoffhersteller Saint Gobain Isover und der Materialspezialist Typha Technik Naturbaustoffe testeten vom 01.10.2017 bis zum 30.06.2020 im Rahmen des Forschungsprojektes RokoDaMi^{13.43} Variationen in der Zusammensetzung von sogenannten Typha-Boards im Vergleich mit Holzfaserplatten. (Abb. 13.19)

Ziel ist es, eine kreislaufgerechte Alternative zu den in der Herstellung sehr energieintensiven Holzfaserplatten zu entwickeln, die in Bezug auf Preis und Leistung mithalten kann. Im Ergebnis eignet sich die Typha-Aufdachdämmung genauso gut für die Sanierung wie eine vergleichbare Holzfaserdämmung und verbraucht verhältnismäßig weniger Energie in der Produktion.^{13.42}



Abb. 13.14: Innendämmung mit Holzweichfaserplatten und Lehm



Abb. 13.15: Anschnitt einer Typha-Blatts Spitze unter dem Mikroskop



Abb. 13.16: Herstellung Typha-board - Rohrkolben in einer Spanplattenanlage



Abb. 13.17: Dämmplatten aus Rohrkolben-Schilf-Fasern

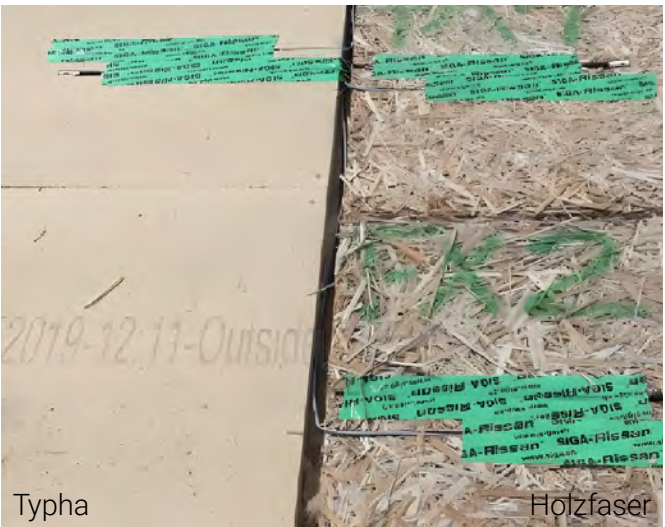


Abb. 13.18: Versuchsdach Vergleich Typha-Dämmstoff mit Holzfaser

QUELLEN

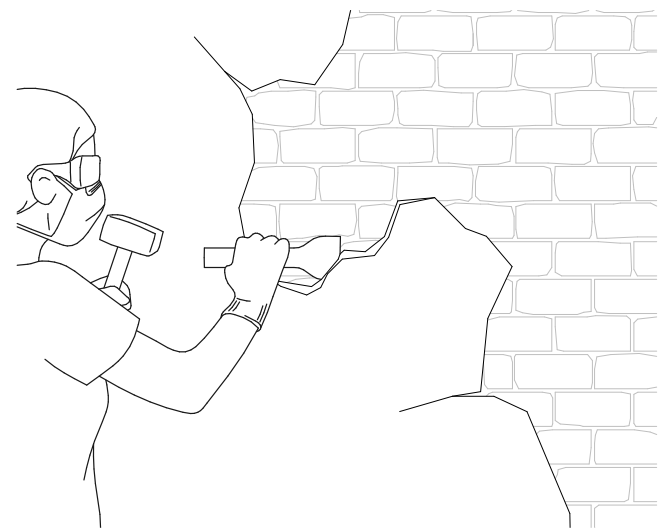
- 13.37 Miruchna, V. „Innovationen im Recycling von Dämmstoffen“
- 13.38 Natureplus e.V. „UmBauwende - Mit nachhaltigen Baustoffen zur Bauwende im Bestand“
- 13.39 Plag, R. „Innendämmung mit Holzfaserdämmplatten und Lehm: Tauwasser!“
- 13.40 BauNetz Wissen. „Lehm und Holz kombinieren“
- 13.41 Steinbeis Europa Zentrum. „Recycling von Holzfaserplatten für eine nachhaltigere Holzindustrie in Europa (Ecorefibire)“
- 13.42 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. „Mit Rohrkolben nachhaltig und effektiv dämmen“
- 13.43 BauNetz Wissen. „Rohrkolben“
- 13.44 BauNetz Wissen. „Dämmplatten aus Rohrkolben-Schilf-Fasern“
- 13.45 Naporo. „Flexible Naporo Typha-Dämmplatte für 100% ökologisches und nachhaltiges Bauen“
- 13.46 BauNetz Wissen. „Holzfaserdämmungen: Übersicht“

[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

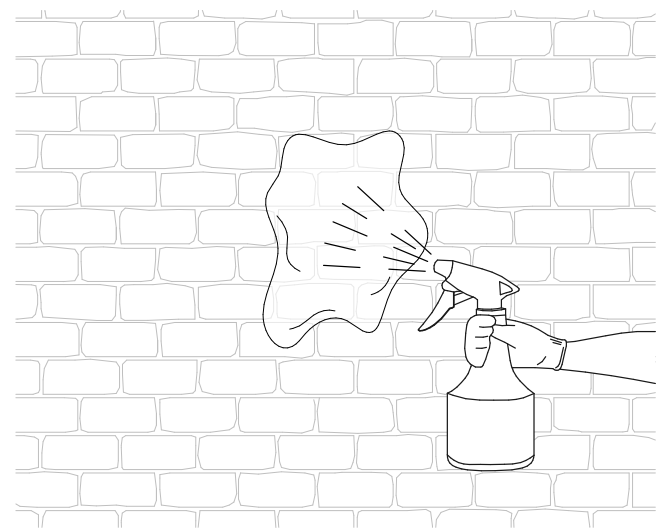
INNENDÄMMUNG

ARBEITSSCHRITTE

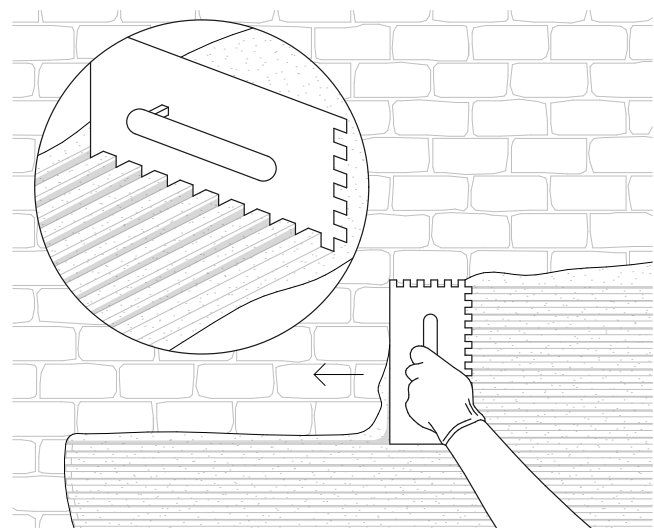
1. Entfernen vorhandener Beschichtungen



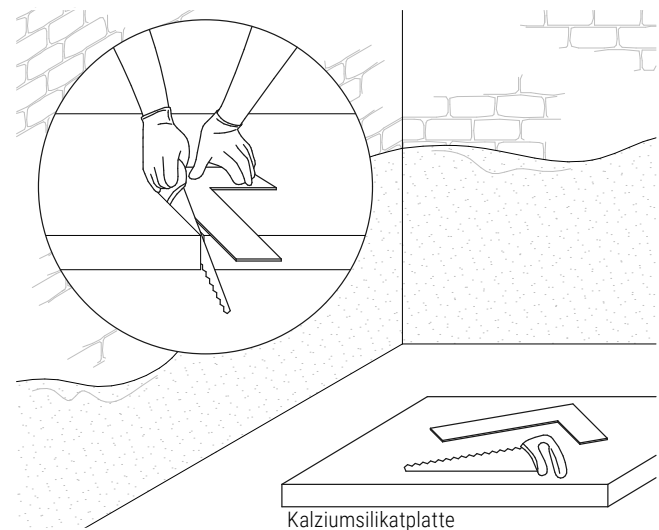
2. Untergrundprüfung: Benetzungsprüfung durchführen



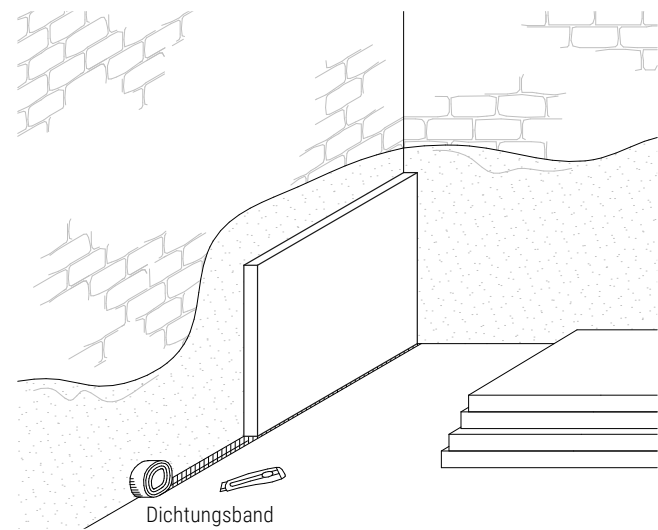
3. Silikatkleber/ ggf. Ausgleichsputz auftragen (Zahnkelle, horizontal)



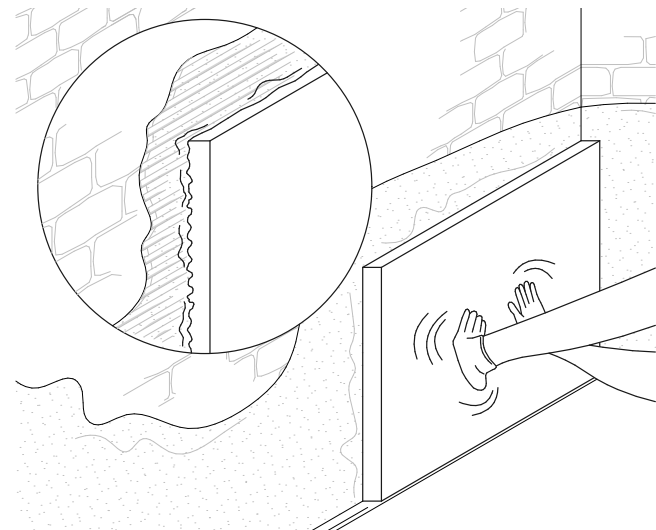
4. Kalziumpulikatplatte zuschneiden



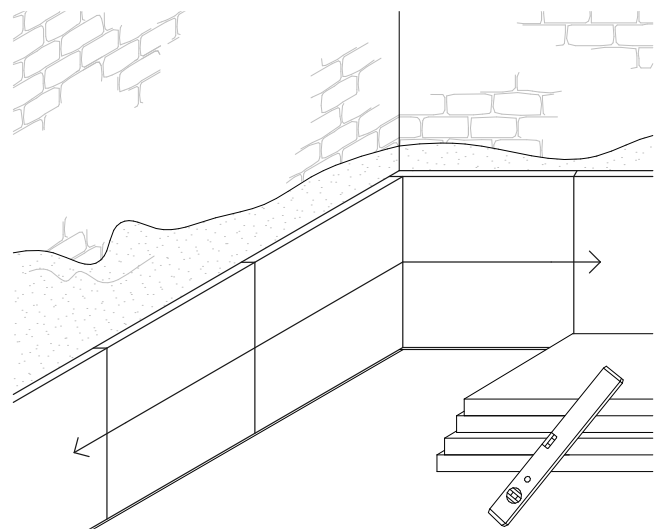
5. Kalziumpulikatplatte ansetzen



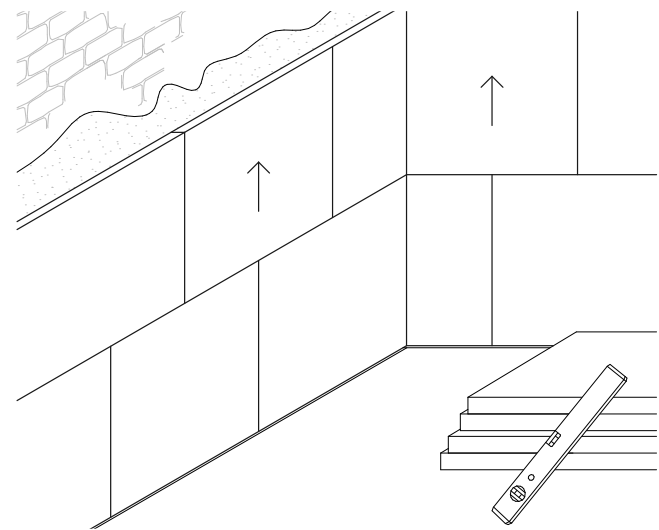
6. Vollflächig andrücken, Luftschlüsse verhindern!



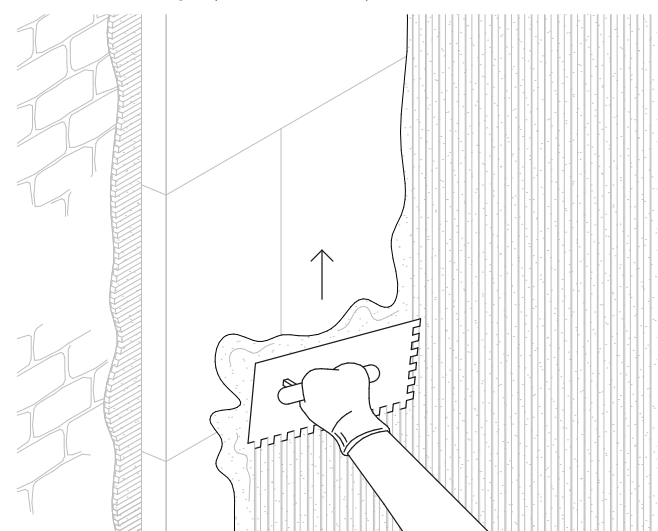
7. Untere Plattenreihe ausrichten



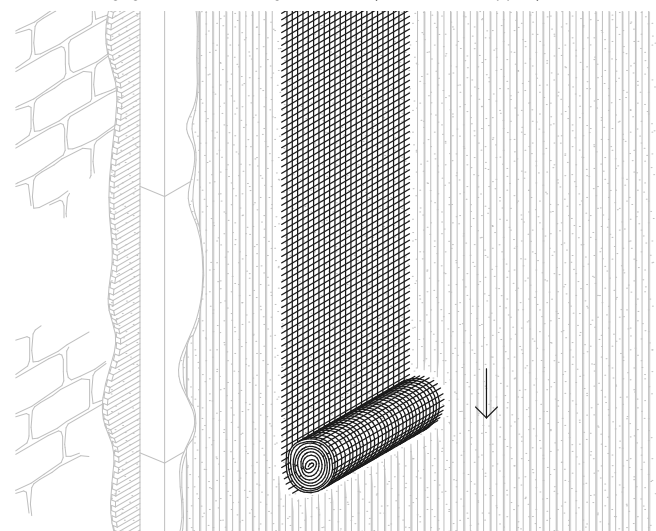
8. Weitere Platten ansetzen



9. Silikatkleber auftragen (Zahnkelle, vertikal)



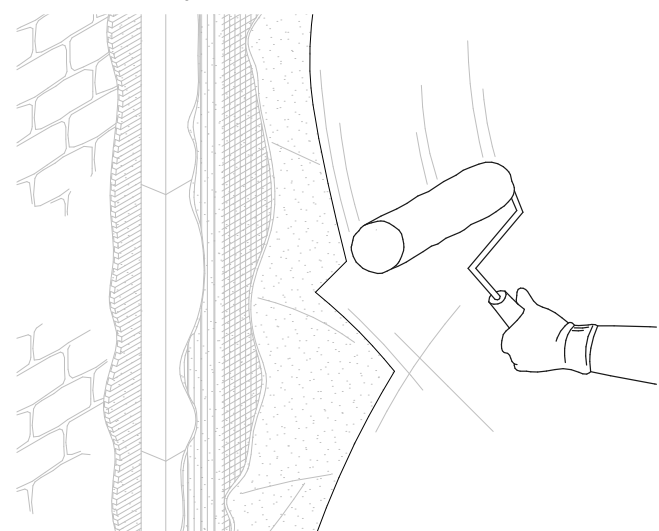
10. Armierungsgewebe vollflächig einsetzen (Bahnen überlappen)



11. Kalkzementputz auftragen (Glättkelle)



12. Silikatfarbe auftragen



5.1 Fensterlaibung dämmen

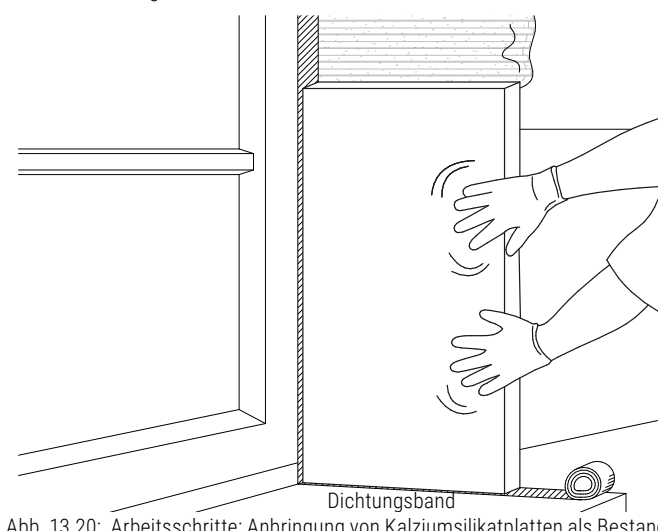
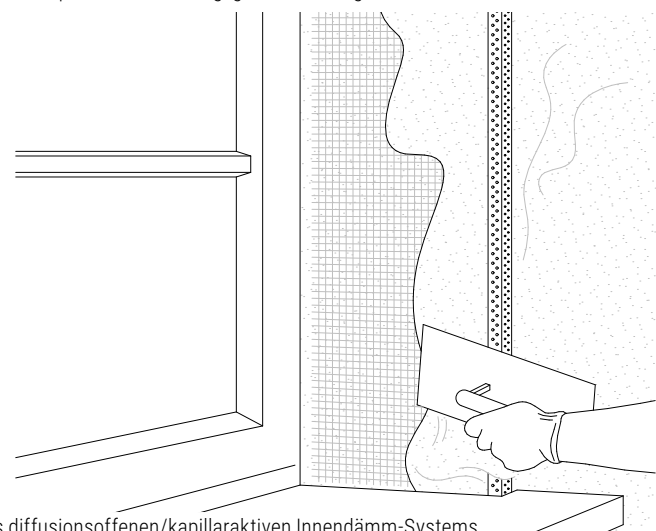
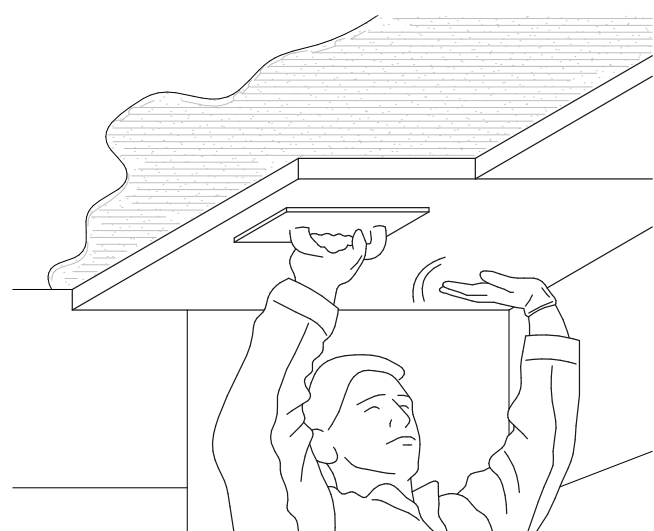


Abb. 13.20: Arbeitsschritte: Anbringung von Kalziumpulikatplatten als Bestandteil eines diffusionsoffenen/kapillaraktiven Innendämm-Systems

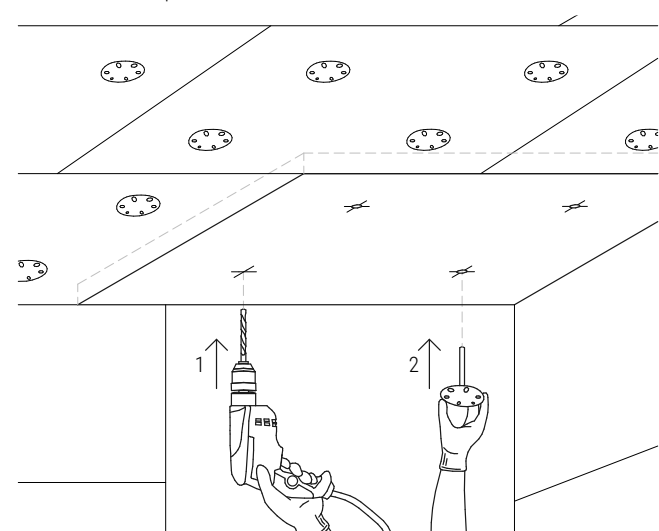
Winkelprofil mit Armierungsgewebe anbringen



5.2 Decken dämmen



Senkloch in Deckenplatten fräsen, Loch bohren, Dämmstoffdübel einsetzen



1.-2. VORBEREITUNG DES UNTERGRUNDS

Zunächst wird der Untergrund vorbereitet: Er muss tragfähig, trocken, formstabil, hinreichend eben sowie staub- und frostfrei sein. Um dies zu gewährleisten, werden Tapeten, Anstriche, gipshaltige Spachtellagen und lose Bestandteile entfernt. Das Entfernen gipshaltiger Schichten ist notwendig, da diese leicht Feuchtigkeit aufnehmen können. Bei zuvor dauerhaft feuchtigkeitsbelastetem Mauerwerk verliert die Kristallstruktur des Gipses an Festigkeit.^{13.47} Um die kapillare Saugfähigkeit des Untergrunds zu prüfen, wird eine sogenannte Benetzungsprüfung durchgeführt: Beim Aufspritzen von Wasser auf den Untergrund ist darauf zu achten, dass das Wasser langsam und gleichmäßig aufgesogen wird. So kann sich der Klebemörtel problemlos mit dem Mauerwerk verbinden. Stark saugfähige Flächen werden vorab vorgesenst. Eine weitere Grundvoraussetzung ist die Behebung von Baumängeln, die beispielsweise zu eindringender Feuchtigkeit führen könnten. Dies sollte vor Beginn der Sanierungsmaßnahme geschehen, um die Funktionalität und Langlebigkeit der Dämmung sicherzustellen. Liegt bereits ein Schimmelbefall vor, werden die betroffenen Wände nach dem Entfernen des Schimmels vorbeugend mit Isopropyl-Alkohol desinfiziert.^{13.48}

3. SILIKATKLEBER /GGF. AUSGLEICHSPUTZ AUFTRAGEN

Um Luftschlüsse zwischen der Bestandsaußenwand und der Dämmschicht zu verhindern, werden größere Unebenheiten der Wand mit einem Ausgleichsputz vorgearbeitet. Der Silikatkleber dient als haftende Grundlage für die Kalziumpulikatplatten. Die Masse wird mit einer Zahnkelle (10 mm Zählung) horizontal aufgetragen, um eine gleichmäßige Verteilung sicherzustellen.^{13.48}

4. KALZIUMSILIKATPLATTEN ZUSCHNEIDEN
Im nächsten Schritt werden die Kalziumpulikatplatten mit einer Fuchsschwanzsäge, einer Pendelhubssäge oder einer Handkreissäge zugeschnitten. Dünnere Platten (bis zu 30 mm) können mit einer scharfen Klinge angeritzt und gekantet werden. Dabei ist darauf zu achten, die Schnittkanten zu glätten und geeignete Staubschutzmaßnahmen zu treffen.^{13.49}

5.-8. KALZIUMSILIKATPLATTEN ANSETZEN, ANDRÜCKEN, AUSRICHTEN
Von unten beginnend werden die Platten mit der strukturierten Seite zur Wand hin verklebt. Der Anschluss zwischen der Innendämmung und anderen, insbesondere schwingenden Bauteilen wird mit einem diffusionsoffenen Dichtungsband versehen. Dies verhindert Luftschlüsse und schafft eine thermische Trennung, die den Wärmefluss durch die Bauteile minimiert und somit die Effektivität der

Dämmung erhöht. Es ist wichtig, die untere Plattenreihe lot- und waagrecht auszurichten, damit die angrenzenden Platten sauber gestoßen werden können. Nach der Positionierung wird jede Platte fest angedrückt und leicht von oben nach unten in den horizontal aufgetragenen Silikatkleber geschoben. Dies verhindert, wie bereits in der Vorbereitung des Untergrunds beschrieben, das Entstehen von Luftschlüssen hinter der Dämmplatte. Für das Anbringen weiterer Platten gibt es zwei Varianten: stumpfes Anstoßen oder die Stoßkanten mit Kleber zu versehen. Die Fugenbreite darf nicht größer als 3 mm sein, und überschüssiger Kleber ist sorgfältig zu entfernen. Kreuzfugen sind unbedingt zu vermeiden.^{13.48}

9.-12. ARMIERUNGSGEWEBE & OBERFLÄCHENBESCHICHTUNG AUFTRAGEN
Um eine rissfreie Oberfläche herzustellen, wird ein Armierungsgewebe verwendet. Zunächst wird Silikatkleber vertikal mit einer Zahnkelle aufgetragen. Das Gewebe wird in überlappenden Bahnen abgerollt und leicht in den Kleber eingedrückt. Anschließend wird eine dünne Kalkzement-Putzschicht aufgetragen. Es ist darauf zu achten, dass die Putzschicht erst nach vollständigem Abbinden des Klebers aufgebracht wird. Abschließend kann eine Silikatfarbe aufgetragen werden.^{13.48}

5.1-5.2 FENSTERLAIBUNG/ DECKENDÄMMUNG
Für Laibungs-, Wand- und Deckenanschlüsse werden Kalziumpulikat-Dämmplatten mit abweichenden Abmessungen verwendet. Besondere Aufmerksamkeit ist auf folgende Punkte zu richten: Nach außen gerichtete, konkave Ecken werden mit Winkelprofilen versehen. Im Bereich der Decken sorgen Tellerdübel für zusätzlichen Halt. Dazu wird ein Senkloch in die Dämmplatten gefräst, ein Loch gebohrt und anschließend ein passender Deckendübel eingesetzt.^{13.48}

QUELLEN
13.47 Deutsche BauZeitschrift, „Gipsputze in Küche und Bad: Zum Verhalten von Gipsputz unter Nassbelastung“ (2010).
13.48 Calsitherm Silikatbaustoffe GmbH, „Systeminformationen: CALSITHERM Klimaplatzen“ (2019).
13.49 BauNetz Wissen, „Tragende Wärmedämmelemente zur Reduzierung von Wärmebrücken/ Thermische Trennung für Wände und Stützen“ (o.J.).
13.50 Calsitherm Silikatbaustoffe GmbH, „Die Klimaplatte - das Original von Calsitherm“ (2023).

[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

WDVS RÜCKFASSADE

BESTAND

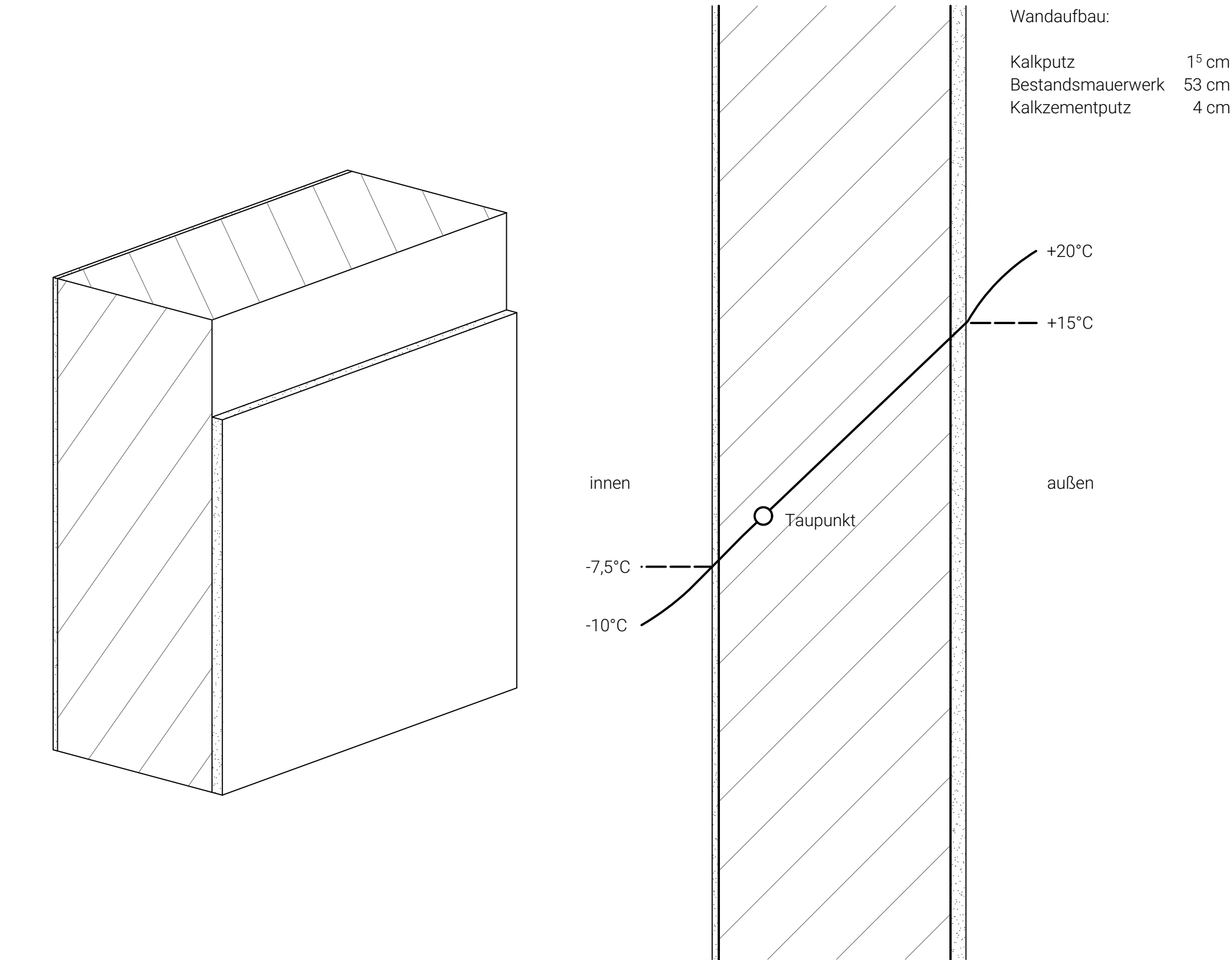


Abb. 14.1: Einschaliges Mauerwerk

BAUWEISE

Von etwa 1880 bis in die 1950er Jahre wurden Außenwände in Gebäuden meist als einschaliges Mauerwerk ausgeführt, also aus einer einzigen Materialschicht bestehend (Abb. 14.1). Dabei kamen häufig Vollziegel (gebrannten Tonziegeln) zum Einsatz. Mit dieser Bauweise konnte zu dieser Zeit materialsparend und wirtschaftlich gebaut werden. Die Wände wurden in mehreren Mauerwerksschichten mit Mörtel verputzt, wobei die Wanddicke des behandelten Gründerzeitgebäudes 53 cm betrug aber je nach statischen Anforderungen variiert. So reduziert sich in den oberen Geschossen die Wandstärke, da die Traglast dort geringer wird. Dies sparte Baumaterial und senkte das Gesamtgewicht der Konstruktion, ohne die Statik zu gefährden. Diese Bauweise vereint Tragfähigkeit, Schallschutz und Wärmedämmung in einem durchgehenden Baukörper. Der Schallschutz ist hierbei direkt von der Dicke und Masse der Ziegelwand abhängig: Je massiver die Wand, desto besser ist die Schalldämmung.^{14.1} Die Wärmedämmung basiert ausschließlich auf den Materialeigenschaften der Vollziegel und der Wandstärke. Zwar gewährleisteten die massiven Wände eine hohe Wärmespeichereigenschaft, die für relativ konstante Raumtemperaturen sorgte,^{14.1} doch erfüllen sie die heutigen energetischen Standards nicht, da diese zur Bauzeit noch nicht definiert waren. Moderne Wärmedämmung zielt darauf ab, die Wärmeverluste eines Gebäudes effektiv zu minimieren, indem die Wärmeleitfähigkeit der Gebäudehülle reduziert wird.

GEBÄUDEENERGIEGESETZ

Im Bereich der AltbauSanierung ist das Gebäudeenergiegesetz (GEG) besonders von Bedeutung, da es unter anderem die Anforderungen an den energetischen Wärmeschutz von Bestandsgebäuden regelt. Nach §79 Absatz 4 des GEG sind Gebäude, die unter Denkmalschutz stehen, jedoch von der Energieausweis-Pflicht ausgenommen.^{14.2} Da sich die folgenden Seiten allerdings mit den Sanierungsmaßnahmen von Außenwänden durch ein WDVS befassen, soll kurz dargestellt werden, wie es sich im allgemeinen mit den energetischen Anforderungen diesbezüglich verhält. Der technische Stand der Bauweise sowie die Baumaterialien haben sich seit der Entstehungszeit

eines Gebäudes in den meisten Fällen stark verändert und erfüllen meist nicht mehr die heutigen Mindestanforderungen an die heutige Planung und den Wärmeschutz. Das Gebäudeenergiegesetz regelt in solchen Fällen die nötigen Anforderungen, um den vorgeschriebenen Mindestwärmeschutz nach heutigem Standard einzuhalten. Sobald die baulichen Änderungen an einem Gebäude 10% der gesamten Fläche einer Bauteilgruppe am Gebäude übertreffen, müssen die Sanierungsmaßnahmen so ausgeführt werden, dass der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) des jeweiligen Bauteils den im GEG festgelegten Mindestwert nicht übersteigt. Der U-Wert gibt an, wie viel Wärme durch ein Bauteil geleitet wird, damit auf diese Weise die Dämmeigenschaft eines Baumaterials ermittelt werden kann. Je höher der angegebene Wert ist, desto mehr Wärme kann durch das Bauteil nach außen hin transportiert werden. Für die Bauteilgruppe der Außenwände darf nach dem GEG der Wärmedurchgangskoeffizient von $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nicht überschritten werden.^{14.3}

ENERGIEVERLUSTE UND RAUMKLIMA

Mit einem Alter von etwa 100 bis 120 Jahren führt die unzureichende Wärmedämmung von Gründerzeitgebäuden zu erheblichen Energieverlusten über Keller, Außenwände und Dach.^{14.4} Die Außenwände dieser Gebäude besitzen aufgrund des schlechten U-Wertes eine geringe Wärmedämmleistung, wodurch hohe Heizkosten und eine ineffiziente Energienutzung entstehen. Zusätzlich kühlen die Innenwandflächen bei niedrigen Außentemperaturen spürbar ab, da die massiven Außenwände zwar Wärme speichern können, diese aber aufgrund der fehlenden Dämmung im Winter auch wieder nach außen hin ableiten. Dies wirkt sich sowohl negativ auf das Raumklima aus und schränkt ebenso die Behaglichkeit ein.^{14.5}

FEUCHTIGKEIT UND TAUPUNKT

Ein weiteres Problem der massiven Bauweise ohne zusätzliche Dämmschicht ist die Lage des Taupunkts innerhalb des Wandquerschnitts. Der Taupunkt (Abb. 14.1) markiert den Bereich, in dem Wasserdampf aus der Raumluft kondensieren kann. Unter ungünstigen Bedingungen führt dies zu Feuchtigkeitsansammlungen im Mauerwerk, die

langfristig die Bausubstanz schädigen und die Haltbarkeit der Wand beeinträchtigen können.^{14.1}

WÄRMEBRÜCKEN UND SCHIMMELBILDUNG

Wenn warme, feuchte Raumluft auf eine kalte Oberfläche trifft, kühlt sie ab und kann weniger Feuchtigkeit halten. Sobald die Temperatur der Oberfläche den Taupunkt unterschreitet, kondensiert der überschüssige Wasserdampf aus der Luft in Form von Feuchtigkeit auf der Oberfläche.^{14.6} Dies führt zu einer erhöhten Feuchtigkeit an kalten Wandflächen, wodurch das Risiko von Schimmelbildung und Feuchteschäden erheblich steigt.^{14.4} Wärmebrücken, etwa an Außenecken, Fensterlaibungen und Fensterstürzen, sind besonders anfällig für Schimmelbildung und Feuchtigkeitsschäden. Dies gilt auch für Innenwandflächen, die durch Möbel wie Schränke oder Regale verdeckt werden.^{14.5}

WITTERUNGSEINFLÜSSE

Zusätzlich beschleunigen Witterungseinflüsse die Abnutzung der Fassade. Regen, Frost und UV-Strahlung lassen den Putz über die Jahre erodieren und schwächen so den äußeren Schutz der Fassade. Risse und Abplatzungen im Putz erleichtern das Eindringen von Feuchtigkeit in das Mauerwerk und beeinträchtigen die strukturelle Stabilität der Rückfassade.^{14.7}

All diese Faktoren machen deutlich, dass die Rückfassaden von Gründerzeitgebäuden im Bestand anfällig für strukturelle und energetische Probleme sind, die sich langfristig negativ auf die Bausubstanz, die Energieeffizienz und das Raumklima auswirken. Eine nachhaltige Sanierung, die die Fassade energetisch und bauphysikalisch modernisiert, ist daher essenziell, um die Schäden zu beheben und das Gebäude zukunftsfähig zu machen.



Abb. 14.2: Rückfassade Ost



Abb. 14.3: Rückfassade Nord



Abb. 14.4: Rückfassade West



Abb. 14.5: Rückfassade Putzschäden



Abb. 14.6: Putzschäden Detail

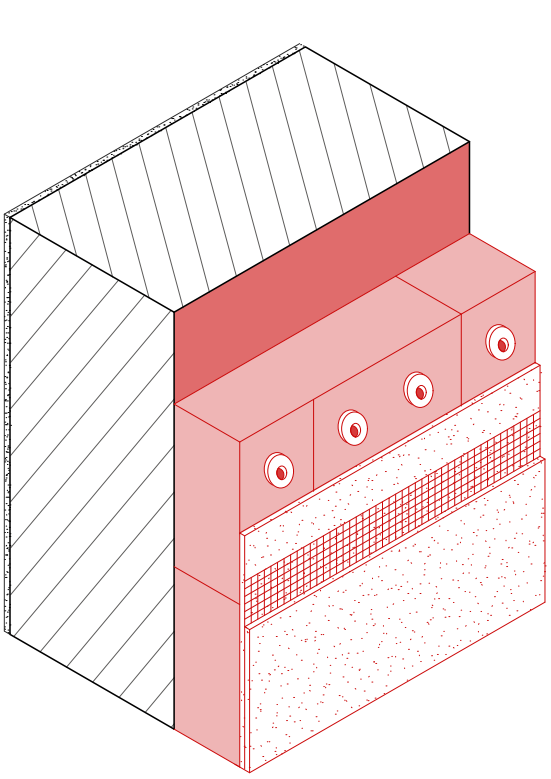
QUELLEN

- 14.1 Robert Graefe, „AltbauSanierung - Ratgeber für die Praxis, 2. Auflage“ (Rudolf Müller, 2020), S.31
- 14.2 Bundesministerium der Justiz und Bundesamt für Justiz (Hrsg.), „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG)“ (2023). Zugriff 25.01.2025.
- 14.3 Stahr, Michael (Hrsg.), „BauSanierung: Erkennen und Beheben von Bauschäden, 7. Auflage“ (Springer Vieweg, 2022), S.83 ff.
- 14.4 Bade, Michael et al., „Wärmedämmung - Fragen und Antworten“ (Umweltbundesamt, März 2016), S.5
- 14.5 Amend, Holger. 2024. Energetische Verbesserungsmaßnahmen Argumente. Gastvortrag, Konstruktion II: Kreislaufgerechtes Sanieren, HafenCity Universität Hamburg, 28.10.2024.
- 14.6 Maile, Wolfgang (Hrsg.), „Handbuch der Bauphysik“ (Springer Vieweg, 2023), S.365 ff.
- 14.7 Stahr, Michael (Hrsg.), „BauSanierung: Erkennen und Beheben von Bauschäden, 7. Auflage“ (Springer Vieweg, 2022), S.531 ff.

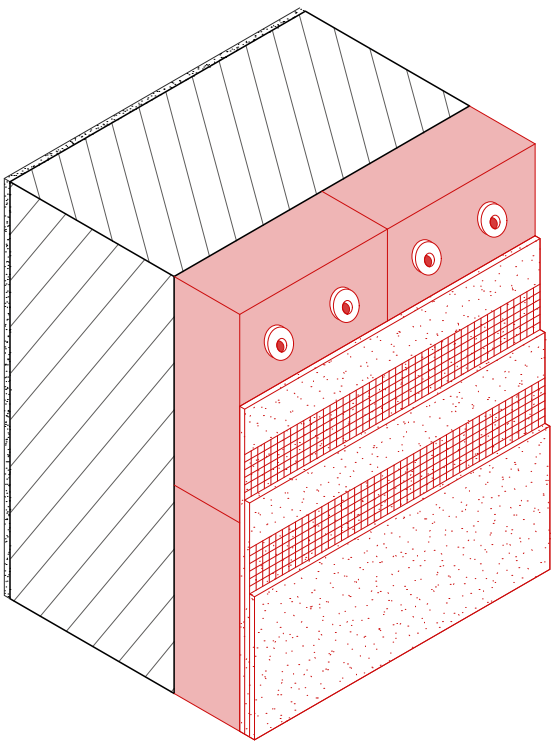
[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

WDVS RÜCKFASSADE

KONVENTIONELLE SANIERUNG

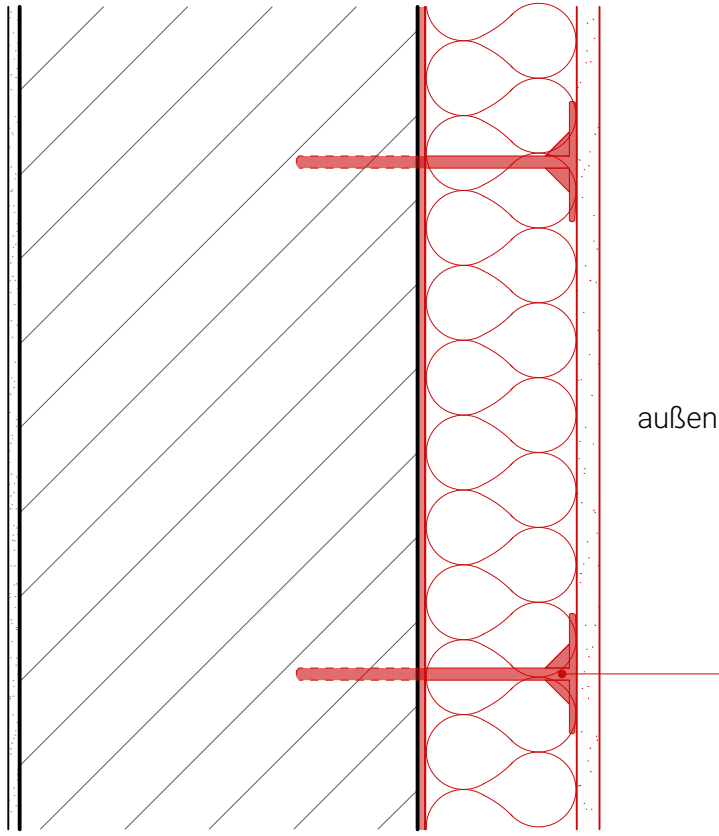


Variante 1: Konventionelles WDVS



Variante 2: weber.therm circle

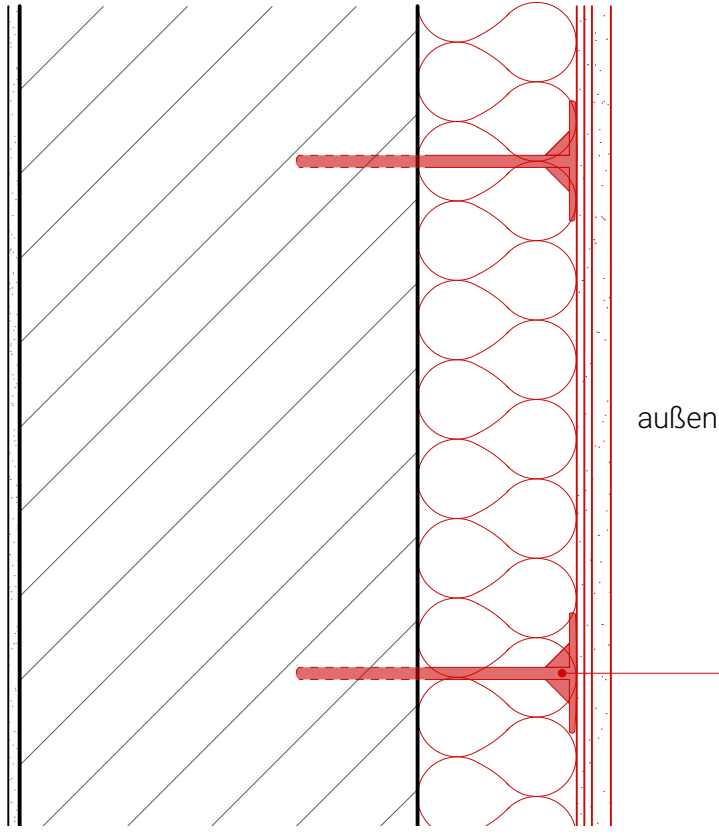
Abb. 14.7: Sanierung mit konventionellem WDVS / weber.therm circle



Wandaufbau:

Kalkputz	1 ⁵ cm
Bestandsmauerwerk	53 cm
Klebemörtel	0 ⁵ cm
mineralische Dämmplatte	20 cm
Außenputz aus armiertem Dünnputz und Deckputz	3 cm

Dämmstoffdübel, gem. Statik



Wandaufbau:

Kalkputz	1 ⁵ cm
Bestandsmauerwerk	53 cm
Dämmplatte weber.therm	20 cm
Grundputz mit Separationsgewebe	1 cm
Armierungsgrundputz und Armierungsmörtel mit Armierungsgewebe	1 cm
Mineralischer Oberputz	2 ⁵ cm

Schraubdübel weber.therm
mit Dübelteller, gem. Statik



Abb. 14.8: Fassade mit WDVS (gedübelt)



Abb. 14.9: Armierungsschicht

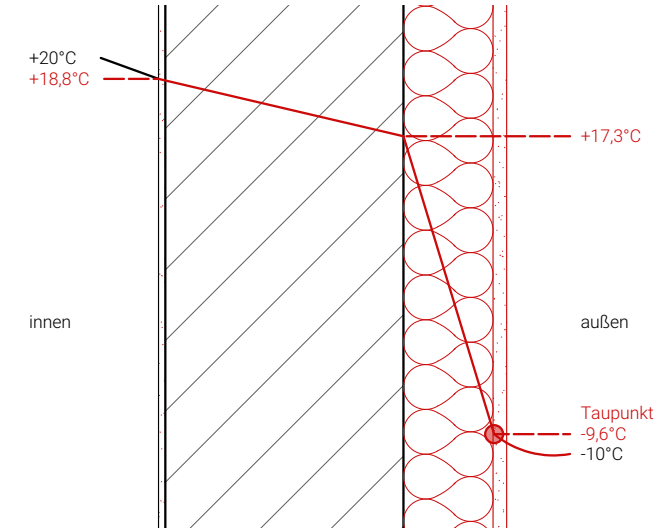


Abb. 14.10: Verschiebung Taupunkt nach außen

Ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) als Sanierungsmaßnahme bietet eine Möglichkeit, die energetische Effizienz zu verbessern und den heutigen Bauanforderungen an Witterungs-, Wärme-, Brand- und Schallschutz gerecht zu werden.^{14.8} Ein WDVS ist eine mehrschichtige Konstruktion, die auf der Außenwand eines Gebäudes angebracht wird und aus einer Dämmung sowie einer Putzschicht besteht. Das System reduziert die Wärmeverluste über die Fassade und schützt die Bausubstanz vor den zuvor genannten Witterungseinflüssen und den Schäden durch Temperaturschwankungen. Gerade in Bereichen mit einer schmucklosen Rückwand eines Gründerzeitgebäudes bietet es sich an ein WDVS einzusetzen, um die energetischen Vorteile zu nutzen. Die Dämmleistung wird verbessert und erhöht die Oberflächentemperatur der Innenseite, was das Raumklima stabilisiert und den Heizbedarf deutlich senkt. Dadurch werden die Wärmebrücken an Fenstern und Fensterlaibungen entschärft und das Risiko von Feuchtigkeitsproblemen und Schimmelbildung reduziert.^{14.9}

AUFBAU KONVENTIONELLES WDVS

Das konventionelle WDVS setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen, die in einer festen Reihenfolge verarbeitet werden. Der Untergrund, also die Oberfläche der Außenwand, bildet die Basis. Er beeinflusst maßgeblich die Stabilität und Funktion des Systems.^{14.10} Die Fixierung des Dämmstoffs erfolgt entweder durch Klebmaterialien wie Dispersionskleber, mineralische Klebmassen oder Klebeschäum. Zusätzlich können Dübel und Schienen verwendet werden, um den Dämmstoff zu sichern. Häufig verwendete Dämmstoffe sind Polystyrol-Hartschaumplatten und Mineralwolle.^{14.11} Auf die Dämmplatten wird eine Armierungsschicht aufgebracht, die aus Armierungsmasse und einem mittig eingebetteten Glasgittergewebe besteht. Die Armierungsschicht ist essenziell für die Stabilität und Funktion des WDVS, denn Putze benötigen stets einen stabilen Untergrund, der bei traditionellem Mauerwerk durch die feste Maueroberfläche gegeben ist. Beim WDVS liegt jedoch ein weicher Untergrund aus Dämmmaterial vor, wodurch die Gefahr von Rissen steigt. Ohne die Armierung könnten Risse entstehen, die den Putz und seine Witterungsschutzfunktion beeinträchtigen.

Eindringende Feuchtigkeit würde die Dämmung schädigen und langfristig zu erheblichen Schäden führen. Die abschließende Außenputzschicht muss einerseits stabil sein, um mechanische Belastungen standzuhalten, und andererseits diffusionsoffen, damit Wasserdampf entweichen kann. Eine unzureichende Diffusionsfähigkeit könnte Tauwasser an der inneren Grenzschicht zwischen Dämmung und Putz erzeugen, was zu einem nicht funktionierenden System führen würde.^{14.8} Alternativ können Verkleidungen aus Materialien wie Keramik, Klinker oder Naturstein angebracht werden. Optional kann ein farbiger Anstrich zur optischen Gestaltung dienen.^{14.12}

AUFBAU WEBER.THERM CIRCLE

Um Ressourcen zu schonen hat der Hersteller Saint-Gobain Weber mit dem weber.therm circle ein vollständig recycelbares Wärmedämmverbundsystem entwickelt. Alle Bestandteile wie Dämmstoffe, Dübel, Gewebe und mineralische Putzmörtel können nach dem Rückbau sortenrein getrennt und wiederverwendet oder recycelt werden, wodurch Ressourcen geschont und Abfall vermieden werden.^{14.13} Das System ist in zwei Varianten erhältlich, die unterschiedliche Anforderungen abdecken. Eine auf Mineralwolle basierende Lösung sorgt für höchsten Brandschutz, da sie nicht brennbar ist und keine zusätzlichen Brandschutzmaßnahmen wie Brandriegel erfordert. Die zweite Variante ist mit Holzfaser-Dämmplatten erhältlich, die durch die Nutzung eines nachwachsenden Rohstoffs noch ressourcenschonender ist. Beide Varianten verfügen über eine vergleichsweise hohe Rohdichte, die nicht nur die Wärmespeicherkapazität erhöht, sondern auch Temperaturschwankungen besser abpuffert.^{14.13} Ein besonderes Merkmal von weber.therm circle ist die mechanische Befestigung der Dämmplatten mit Schraubdübeln, wodurch auf Klebemörtel verzichtet wird (Abb.14.19: Schritt 2). Die Dübel werden versenkt eingebaut und mit Rondellen abgedeckt (Abb.14.19: Schritt 3), bevor ein Grundputz mit egalisierender und versteifender Funktion aufgebracht wird (Abb.14.19: Schritt 4). In der Putzschicht wird ein Separationsgewebe eingelegt (Abb.14.19: Schritt 5), das für den späteren Rückbau essenziell ist, da es eine saubere Trennung von Dämmung und Putz ermöglicht.^{14.13} Das dreila-

gige Putzsystem wird mit einer Armierungsschicht (Abb.14.19: Schritt 6) und abschließendem Oberputz ergänzt (Abb.14.19: Schritt 8), wodurch eine Gesamtschichtdicke von über 25 mm erreicht wird. Zugleich trägt das System, welches mit dem Blauen Engel zertifiziert ist, dazu bei, umweltfreundliches und nachhaltiges Bauen zu fördern, indem es ökologische und technische Anforderungen erfüllt.^{14.14} Der Blaue Engel zeichnet Produkte und Dienstleistungen aus, die besonders umweltfreundlich sind und gleichzeitig hohe Anforderungen an Gesundheitsverträglichkeit und Ressourcenschonung erfüllen.^{14.15}

VOR- UND NACHTEILE WDVS

Die Installation eines WDVS erfordert keine vorherige Putzsanierung und bietet eine hohe Budgetsicherheit mit einem geringen Risiko für unerwartete Kostensteigerungen. Gleichzeitig führen die Systeme zu einer Angleichung der Temperatur im tragenden Mauerwerk, wodurch thermische Spannungen und potenzielle Rissbildungen vermieden werden.^{14.9} Durch eine hohe Wasserdampfdurchlässigkeit verschiebt sich der Taupunkt bei Wänden mit WDVS nach außen (Abb. 14.10), wodurch das Risiko einer Durchfeuchtung des Mauerwerks verringert wird.^{14.16} Die Kosten für ein Wärmedämmverbundsystem variieren je nach Dämmstärke und Material zwischen 90 und 130 Euro pro Quadratmeter.^{14.12} Expandiertes Polystyrol (EPS) ist der kostengünstigste Dämmstoff, weist jedoch einige Nachteile auf. Obwohl es als schwer entflammbar gilt, ist EPS brennbar, weshalb strengere Vorschriften den Einbau von Brandriegeln erfordern.^{14.17} Darüber hinaus ist die Entsorgung problematisch, da EPS als Sondermüll gilt und unter ökologischen Gesichtspunkten schwer zu recyceln ist. Zudem wird das Trennen der Einzelkomponenten bei geklebten und gedübelten WDVS aus wirtschaftlichen Gründen häufig nicht durchgeführt.^{14.18} Mineralische Dämmplatten bieten eine Alternative mit verbesserten Eigenschaften, sind jedoch deutlich teurer. Während eine EPS-Dämmplatte mit 15 cm Stärke und einem U-Wert von 0,035 W/(m²·K) etwa 25 €/m² kostet, liegt der Preis für eine vergleichbare mineralische Dämmplatte mit 18 cm Stärke und U-Wert von 0,042 W/(m²·K) bei rund 45 €/m².^{14.17}



Abb. 14.11: Befestigung Mineralwollplatten auf Untergrund



Abb. 14.12: Aufbringung Separationsschicht gefolgt von der Armierungsschicht

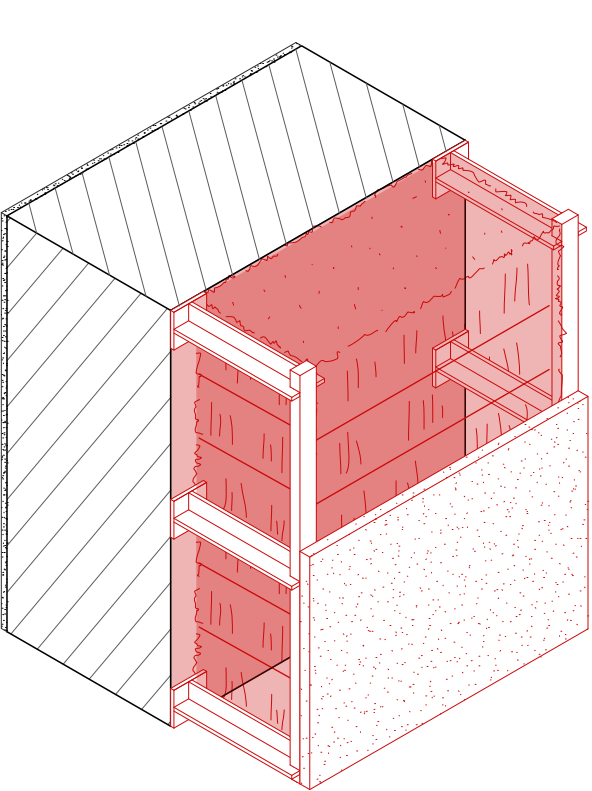
QUELLEN

- 14.8 Moro, José Luis et al., „Baukonstruktion – vom Prinzip zum Detail. Band 1: Grundlagen“ (2009), S. 264 f.
- 14.9 Amend, Holger. Energetische Verbesserungsmaßnahmen Argumente Gastvortrag, Konstruktion II: Kreislaufgerechtes Sanieren, 28.10.24.
- 14.10 Wienecke, Maximilian. „WDVS – Gestalt, Form und Habitus“ (2019), S. 62.
- 14.11 Riedel, Werner. „Wärmedämm-Verbundsysteme: von der Thermohaut bis zur transparenten Wärmedämmung“ (2007), S.74 ff. www.wdvs.enbausea.de. „Kosten Wärmedämmverbundsystem.“.
- 14.12 Saint-Gobain Weber. „Circle Kombibroschüre“ (2024).
- 14.13 Saint-Gobain Weber. „Baustoffe für Wärmedämmung“.
- 14.14 Umweltbundesamt. „Weiterentwicklung des Umweltzeichens Blauer Engel für Wärmedämmverbundsysteme: Abschlussbericht“.
- 14.15 Robert Graefe. „Altbauanierung - Ratgeber für die Praxis, 2. Auflage“ (2020). S.31
- 14.16 Robert Graefe. „Altbauanierung - Ratgeber für die Praxis, 2. Auflage“ (2020). S.140 f
- 14.17 Riedel, Werner. „Wärmedämm-Verbundsysteme: von der Thermohaut bis zur transparenten Wärmedämmung“ (2007), S. 361.

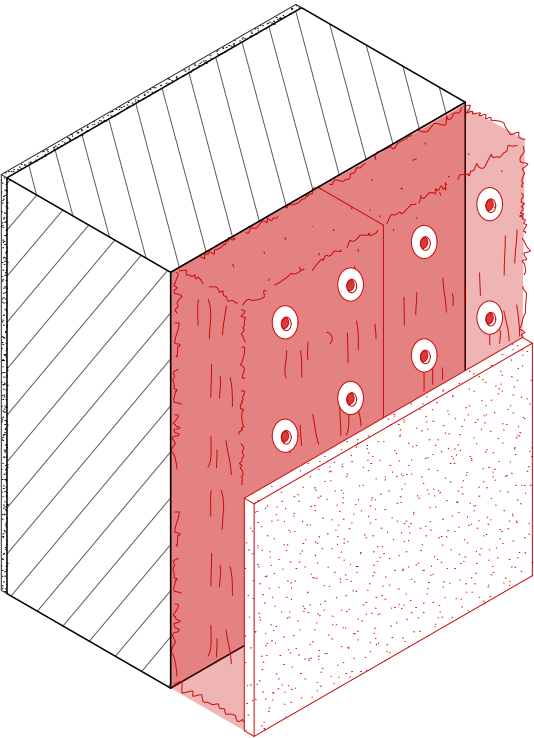
[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

WDVS RÜCKFASSADE

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG



Variante 1: Baustrohballen



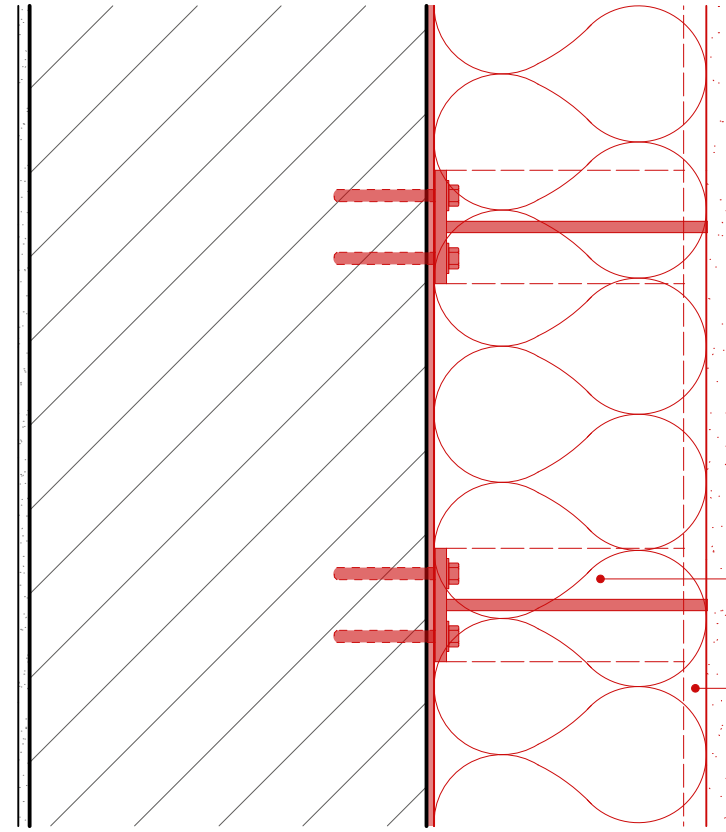
Variante 2: Baustrohplatten

Abb. 14.13: Sanierung mit Baustrohballen / Baustrohplatten

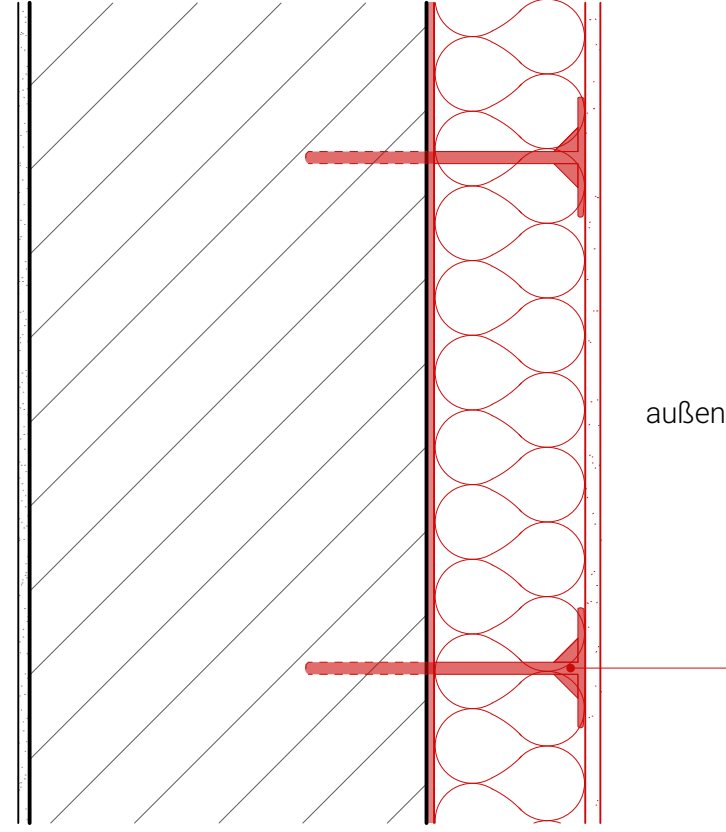
Konventionelle WDVS schneiden gegenüber anderen Konstruktionen, z.B. verputzten Außenwänden oder massiven Außenwänden mit hinterlüfteter Fassade, im Allgemeinen derzeit nicht vorteilhaft ab. Das gilt insbesondere für das Trennen der Einzelkomponenten, das bei geklebten und gedübelten WDVS aus wirtschaftlichen Gründen unterbleibt.^{14.19} Die begrenzte Lebensdauer und die problematische Trennbarkeit der Materialien bei konventionellen WDVS stellen ihre Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit infrage.

BAUSTROHBALLEN

Baustroh ist ein ökologischer Dämmstoff, der aus reinem Getreidestroh, einem Nebenprodukt der Landwirtschaft, hergestellt wird. Er wird ohne chemische Zusätze wie Flammschutz- oder Schädlingsbekämpfungsmittel verarbeitet, wodurch keine synthetischen Fasern notwendig sind. Baustroh muss, insbesondere wenn es in der Fassade eingebaut wird, bestimmte Brandschutzanforderungen erfüllen. In dicht gepresster Form erfüllt Baustroh die Anforderungen der Baustoffklasse B2 (normal entflammbar) gemäß DIN 4102-1. Mit einer Putzschicht von etwa 10 mm Dicke kann es auf schwer entflammbar (B-s1, d0 nach DIN EN 13501-1) aufgerüstet werden. Solche Konstruktionen erreichen die Feuerwiderstandsklasse F30 (feuerhemmend) und sind daher auch für den Bau mehrgeschossiger Gebäude geeignet.^{14.20} Ein entscheidender Vorteil des Materials ist seine ökologische und gesundheitliche Unbedenklichkeit. Es ist vollständig kompostierbar und besitzt gute bauphysikalische Eigenschaften, die es zu einer geeigneten Alternative zu konventionellen Dämmstoffen macht. Die fachgerechte Verarbeitung ist dabei von zentraler Bedeutung. Baustroh muss dicht gepresst, lückenlos eingebaut und durch widerstandsfähige Verkleidungen geschützt werden, um eine langfristige Funktionalität zu gewährleisten.^{14.21} Richtig eingebaut, wird es so auch für Nagetiere und Insekten unattraktiv. Da das Material jedoch trocken verarbeitet werden muss, ist eine geschützte Lagerung und ausreichend Platz für die Vorfertigung von Bauelementen erforderlich. Ein weiterer Vorteil von Baustroh liegt in seiner höheren Rohdichte von mindestens 90 kg/m³ im Vergleich zu expandiertem Polystyrol (EPS), das nur 11–30 kg/m³ aufweist.^{14.22} Diese Eigen-



M 1:10



M 1:10

schaft verleiht Baustroh eine höhere Wärmespeicherfähigkeit, wodurch die nächtliche Abkühlung der Fassadenoberfläche reduziert wird. Dies senkt das Risiko von Algen- und Pilzbildung, die häufig bei thermisch entkoppelten Fassaden mit geringer Wärmespeicherfähigkeit auftreten. Gleichzeitig verbessert Baustroh den sommerlichen Wärmeschutz, indem es Temperaturspitzen besser abpuffert.^{14.21}

Eine wesentliche Schutzmaßnahme für eine dauerhafte und effektive Dämmung ist ein diffusions-offener Wandaufbau. Dieser ermöglicht den kontrollierten Feuchtigkeitsaustausch und verhindert, dass sich Feuchtigkeit in der Konstruktion staut. Ergänzend sorgt eine witterungsbeständige Außenwandbekleidung für den Schutz vor äußeren Einflüssen, während eine luftdichte Innenverkleidung das Eindringen feuchter Raumluft in die Dämmung verhindert.^{14.20} Diese Maßnahmen gewährleisten nicht nur die Funktionalität, sondern auch die langfristige Stabilität und Effizienz der Dämmung. Beim Neubau wird Baustroh bevorzugt in Holzrahmenkonstruktionen eingebaut. Dieses Prinzip lässt sich auch auf die Altbauanierung übertragen, erfordert jedoch häufig erheblichen baulichen Aufwand. Ein innovatives Beispiel liefert das Projekt „Alte Brauerei“ in Schwerin. Hier wurden 66.000 Strohballen zur Dämmung von Fassaden und Dachflächen auf einer Fläche von insgesamt 25.000 Quadratmetern eingesetzt. Um die Montage effizienter zu gestalten, entwickelten die Verantwortlichen spezielle Halter aus Recycling-Kunststoff, die auf bestehende Wände geschraubt werden. Die Ballen wurden dazwischen gepresst, was die Verdichtung erleichterte und den Arbeitsaufwand vergleichbar mit dem eines klassischen WDVS machte.^{14.20} Dieses Beispiel zeigt, wie Stroh als regional verfügbarer Dämmstoff wirtschaftlich und nachhaltig eingesetzt werden kann.

BAUSTROHPLATTEN

Ursprünglich als ganze Ballen verwendet, wird Stroh inzwischen auch gehäckselt und eingeblasen, um die Anforderungen an moderne Dämmungssysteme zu erfüllen. Eine neue Entwicklung im Bereich der Baustroh-Nutzung sind Strohplatten, die derzeit von Unternehmen wie Maxit und Vestaeco entwickelt werden und voraussichtlich 2026 erhältlich sein sollen.^{14.23} Die ca. 20 Zentimeter dicken Stroh-

Wandaufbau:

Kalkputz	1 ⁵ cm
Bestandsmauerwerk	53 cm
Haftputz auf Kalkbasis	
Baustrohballen als Dämmung	36 cm
Lehmputz	3 ⁵ cm

mechanische Befestigung durch Halter aus Recycling-Kunststoff, gem. Statik
Holzlattung zur Aufnahme von Lasten 3/5 cm

Wandaufbau:

Kalkputz	1 ⁵ cm
Bestandsmauerwerk	53 cm
Haftputz auf Kalkbasis	
Fassadendämmplatte aus Stroh	20 cm
Kalkarmierungsputz	1 ⁵ cm
Filzputz als Oberputz	0 ² cm
diffusionsoffene Silikatfarbe	

Dämmstoffdübel, gem. Statik



Abb. 14.14: Strohdammmung in Holzrahmen-Konstruktion mit Kalkputz



Abb. 14.15: Strohdammmung auf Dach



Abb. 14.16: Halter aus Recycling-Kunststoff



Abb. 14.17: Befestigung Strohdämmplatte



Abb. 14.18: Strohdämmplatte von Maxit

QUELLEN

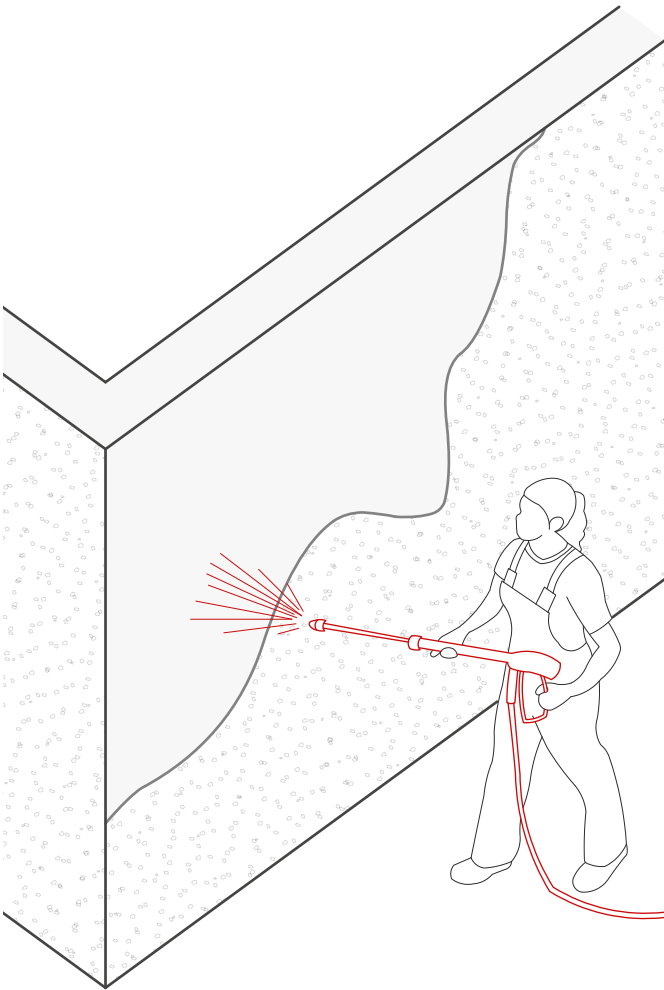
- 14.19 Riedel, Werner „Wärmedämm-Verbundsysteme: von der Thermohaut bis zur transparenten Wärmedämmung“ (Baulino, Waldshut-Tiengen; Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2007), S. 361.
- 14.20 Galinski, Annette, und Paul, Nicole. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. <https://www.fnr.de>, „WOHNUNGSBAU Strohdämmung“. Zugriff 27.11.2024.
- 14.21 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. <https://www.fnr.de>, „Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen: Informationsbrochure“ (2023). Zugriff 30.11.2024.
- 14.22 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. <https://www.fnr.de>, „Altbauanierung: Nachhaltige Lösungen und Materialien“ (2024). Zugriff 06.12.2024.
- 14.23 GH „Wärmedämmverbundsystem aus Stroh“. Energiekompakt, Nr. 4 (August 2024). S.20.
- 14.24 GH „Wärmedämmverbundsystem aus Stroh“. Energiekompakt, Nr. 4 (August 2024). S.22.

[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

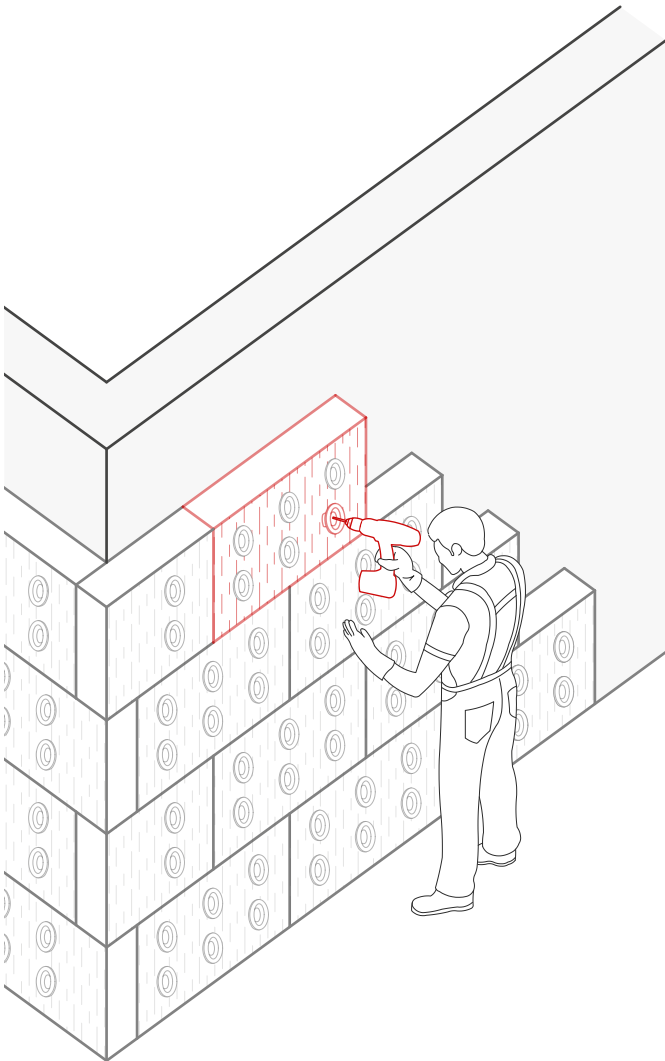
WDVS RÜCKFASSADE

ARBEITSSCHRITTE

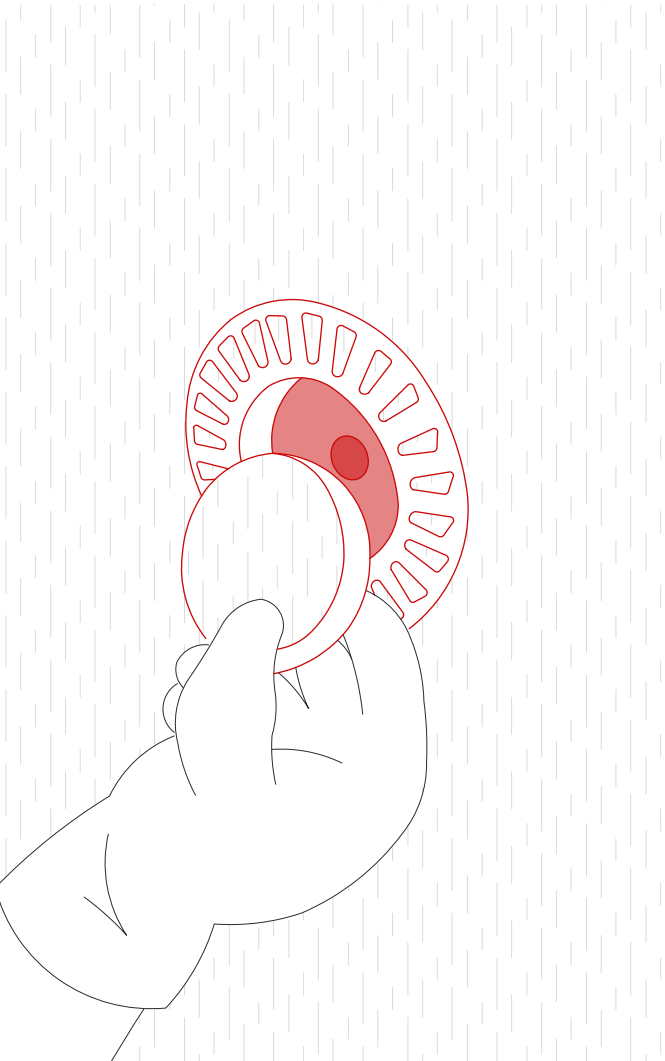
Schritt 1: Vorbereitung der Fassade



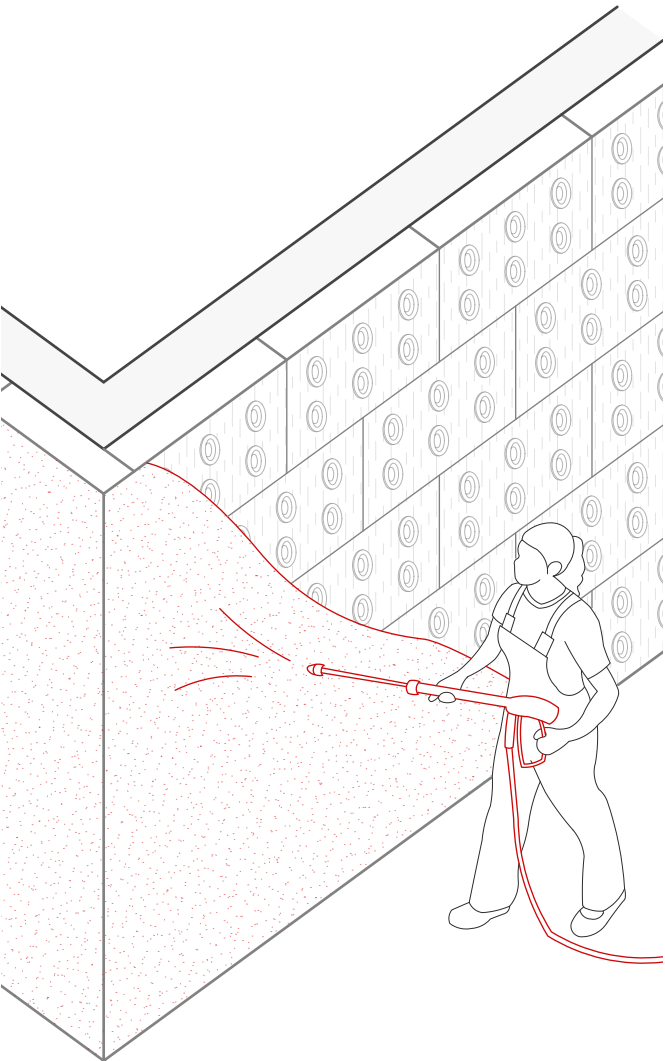
Schritt 2: Befestigung der Dämmplatten



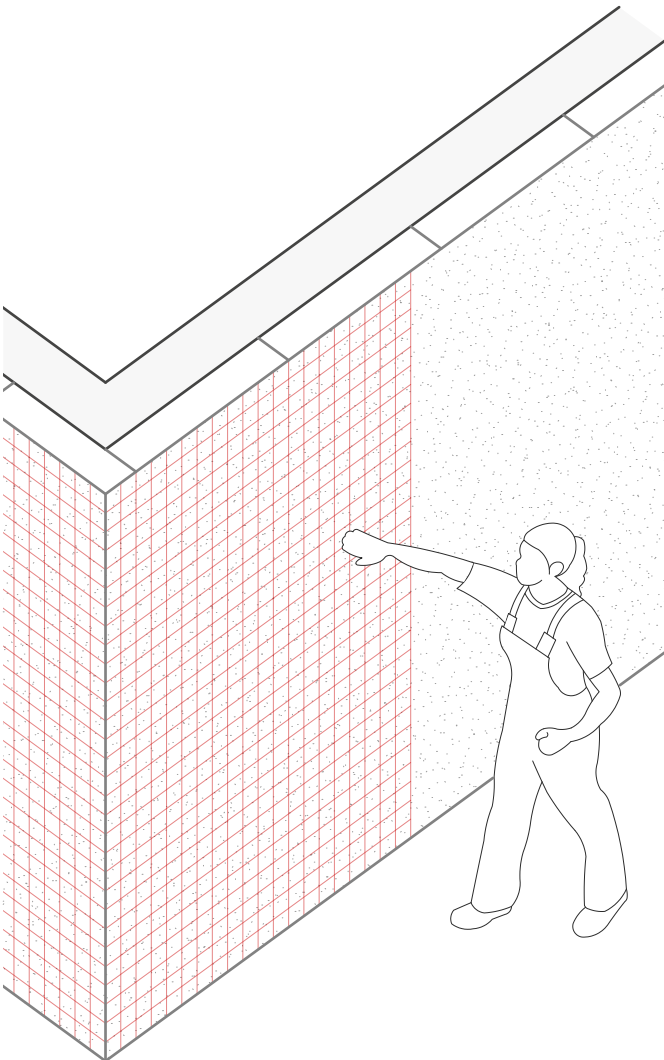
Schritt 3: Rondelle einsetzen



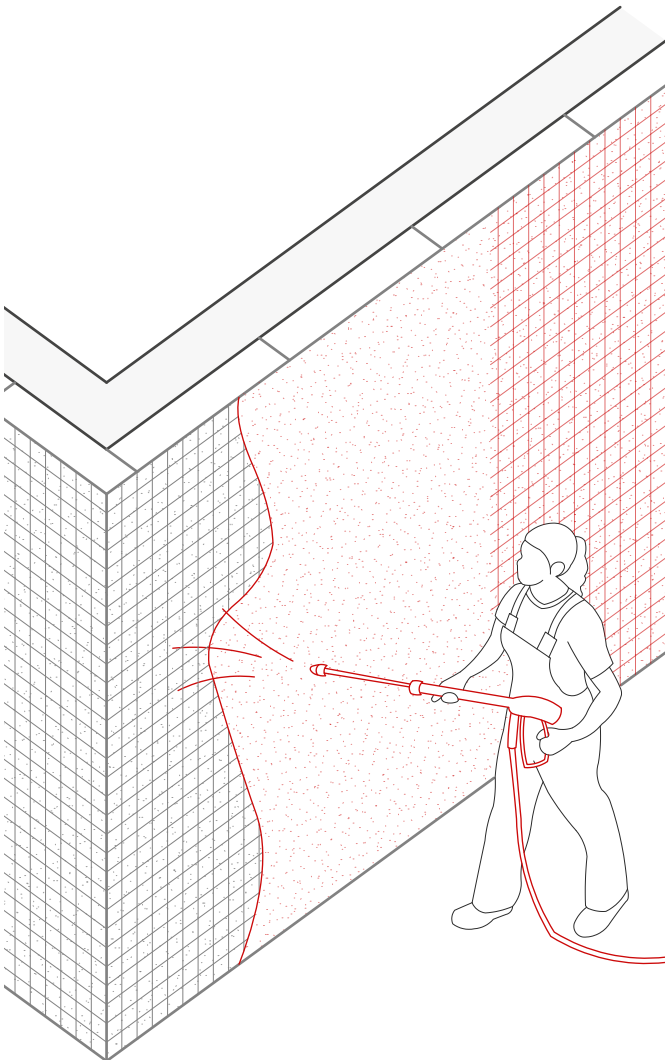
Schritt 4: Grundputz auftragen



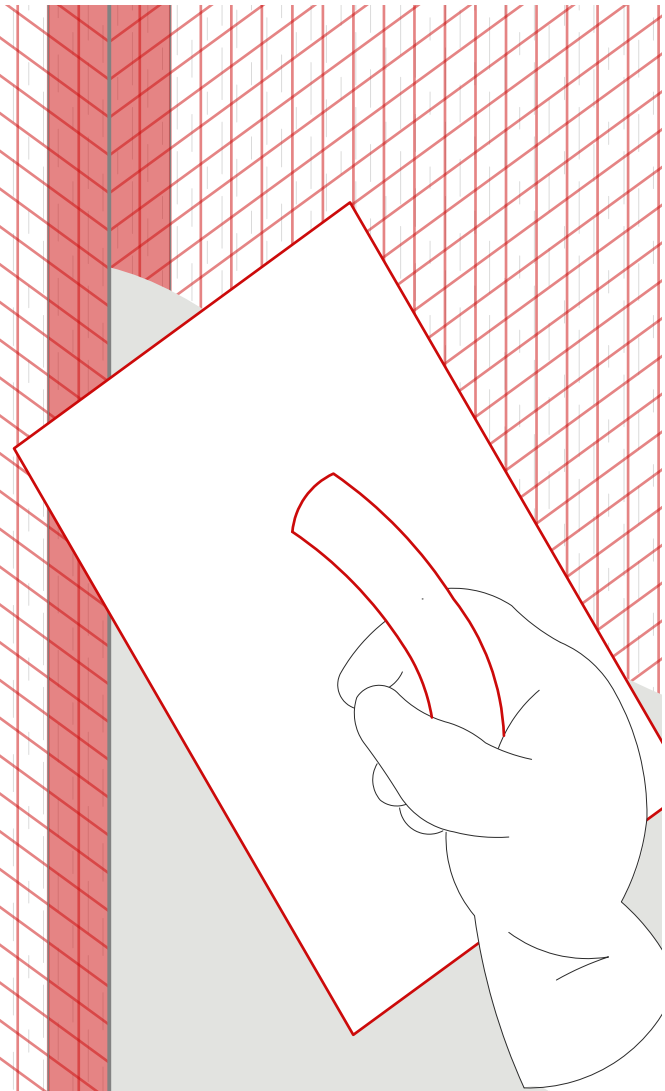
Schritt 5: Separationsgewebe in Grundputz einarbeiten



Schritt 6: Armierungsputz und Armierungsgewebe auftragen



Schritt 7: Eckschutzschienen in Armierungsschicht einbetten



Schritt 8: Oberputz auftragen

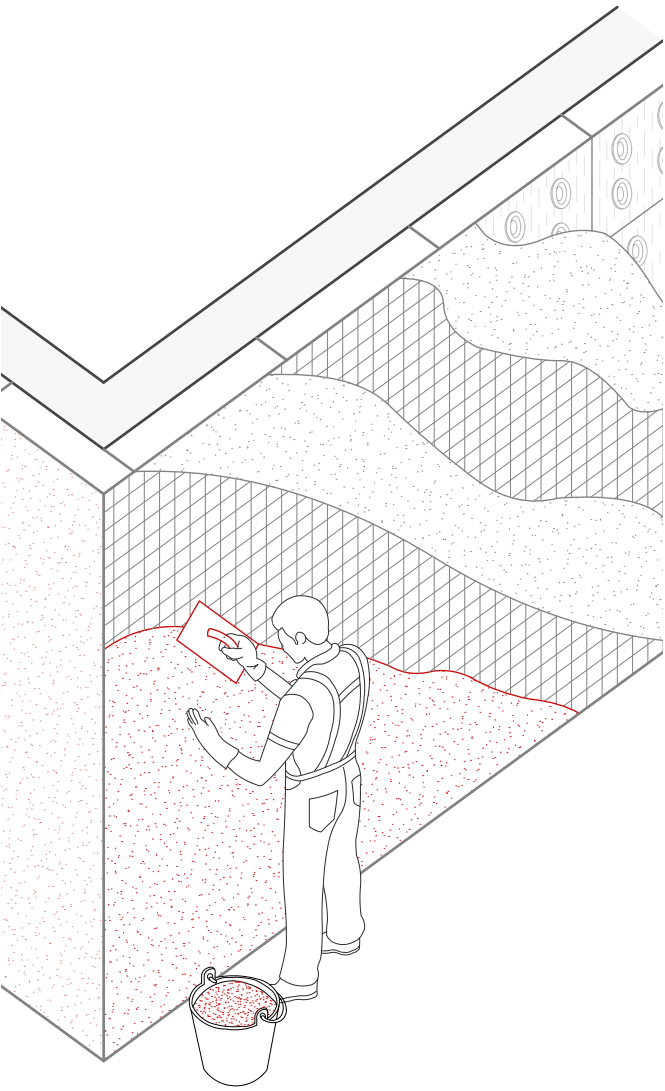


Abb. 19: Arbeitsschritte weber.therm circle WDV

SCHRITT 1: VORBEREITUNG DER FASSADE

Die Sanierung eines Gebäudes mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) beginnt mit einer gründlichen Bestandsaufnahme der Fassade. Dabei wird die Tragfähigkeit des Untergrunds geprüft, Instabilitäten identifiziert und Schäden dokumentiert. Dies bildet die Basis für eine langlebige und stabile Dämmlösung. Nach der Bestandsaufnahme wird die Fassade gereinigt. Verschmutzungen sowie alte, nicht tragfähige Putz- oder Farbschichten werden vollständig entfernt. Bei biologischen Verunreinigungen wie Algen oder Schimmel kommen spezielle Desinfektionsmittel zum Einsatz, um die Oberfläche hygienisch sauber und widerstandsfähig gegen erneuten Befall zu machen.

SCHRITT 2+3: BEFESTIGUNG UND RONDELLE

Die Dämmplatten werden lückenlos mit Schraubdübeln mechanisch an der Wand befestigt, wodurch auf Klebemörtel verzichtet wird. Diese mechanische Fixierung bietet eine nachhaltige Lösung, da sie sowohl eine einfache Demontage als auch die Wiederverwertung der Materialien unterstützt. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten und zur Erleichterung eines späteren Rückbaus werden die Dübel mit Rondellen abgedeckt, die thermische Brücken minimieren. Im Sockelbereich kommen die weber.therm Sockel standard Dämmplatten zum Einsatz, die als nichtbrennbare Dämmung zugelassen sind. Diese werden mit Systemkleber und Schraubdübeln befestigt. Zur Vermeidung von Ris-

sen müssen die Platten an Fenster- und Türecke so ausgeklinkt werden, dass keine Dämmstoffugen entstehen.

SCHRITT 4+5: GRUNDPUTZ UND SEPARATIONS-GEWEBE

Auf die montierten Dämmplatten wird direkt ein massiver Grundputz aufgetragen. Mit einer Schichtdicke von 8 bis 12 mm stabilisiert dieser die Konstruktion und gleicht Unebenheiten aus. In dieser Schicht wird ein Separationsgewebe eingebracht, welches nah am Dämmstoff platziert wird. Diese Komponente spielt eine entscheidende Rolle für den späteren Rückbau, da es die Putzschicht stabilisiert und eine saubere Trennung zwischen Dämmstoff und Putz ermöglicht.

SCHRITT 6+7: ARMIERUNG UND ECKSCHUTZ-SCHIENE

Im nächsten Schritt wird die Armierungsschicht aufgetragen. Hierbei wird ein leichter Armierungsputz in einer Dicke von 5 bis 8 mm verarbeitet, in dem ein Armierungsgewebe eingebettet wird. Diese Schicht sorgt für zusätzliche Stabilität und schützt die Fassade vor Rissen und äußeren Einflüssen. Die Ausbildung der Ecken und Anschlüsse erfolgt nach den Standards herkömmlicher Wärmedämm-Verbundsysteme. Eckschutzschienen werden in die Armierungsschicht eingebettet, um eine präzise Kantenführung zu ermöglichen und dem Oberputz eine feste Basis zu bieten.

SCHRITT 8: OBERPUTZ

Abschließend wird der Oberputz aufgetragen, der als dritte Schicht die Fassade schützt und optisch gestaltet. Mit einer Gesamtstärke von über 25 mm sorgt das Putzsystem für Robustheit und Langlebigkeit. Je nach gewünschtem Erscheinungsbild kann der Oberputz strukturiert oder gekratzt werden. Die Verwendung mineralischer Oberputze ermöglicht zudem ein sortenreines Recycling der gesamten Putzschicht.

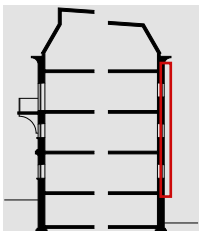
RÜCKBAU

Der Rückbau beginnt mit der Segmentierung der Putzschichten, die mithilfe einer Trennscheibe in handliche Teile unterteilt werden. Danach werden die Putzsegmente mit einem hydraulischen Greifer oder einer Baggerschaufel abgeschält und vom Separationsgewebe getrennt. Der Putz wird zermahlen und als Zuschlagstoff in neuen Baustoffen verwendet, während das Glasfasergewebe als Verstärkungsmaterial in Kunststoff-Bauteilen recycelt wird. Die Stahlschrauben werden eingeschmolzen und für neue Produkte genutzt, während die Kunststoffbestandteile der Dübel als Druckunterlagen wiederverwendet werden. Die Dämmplatten aus Mineralwolle oder Holzfaser werden im Ganzen entnommen und für Dämmzwecke erneut eingesetzt. Alle Komponenten des Systems – Putz, Gewebe, Dämmstoffe und Metalle – werden sortenrein recycelt oder wiederverwendet, wodurch ein geschlossener Materialkreislauf entsteht.^{14,25}

QUELLEN

14.25 Saint-Gobain Weber. https://www.de.weber_therm_circle Das erste kreislauffähige WDV-System“ (2024). Zugriff 06.12.2024.

[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]



FENSTER RÜCKFASSADE

BESTAND

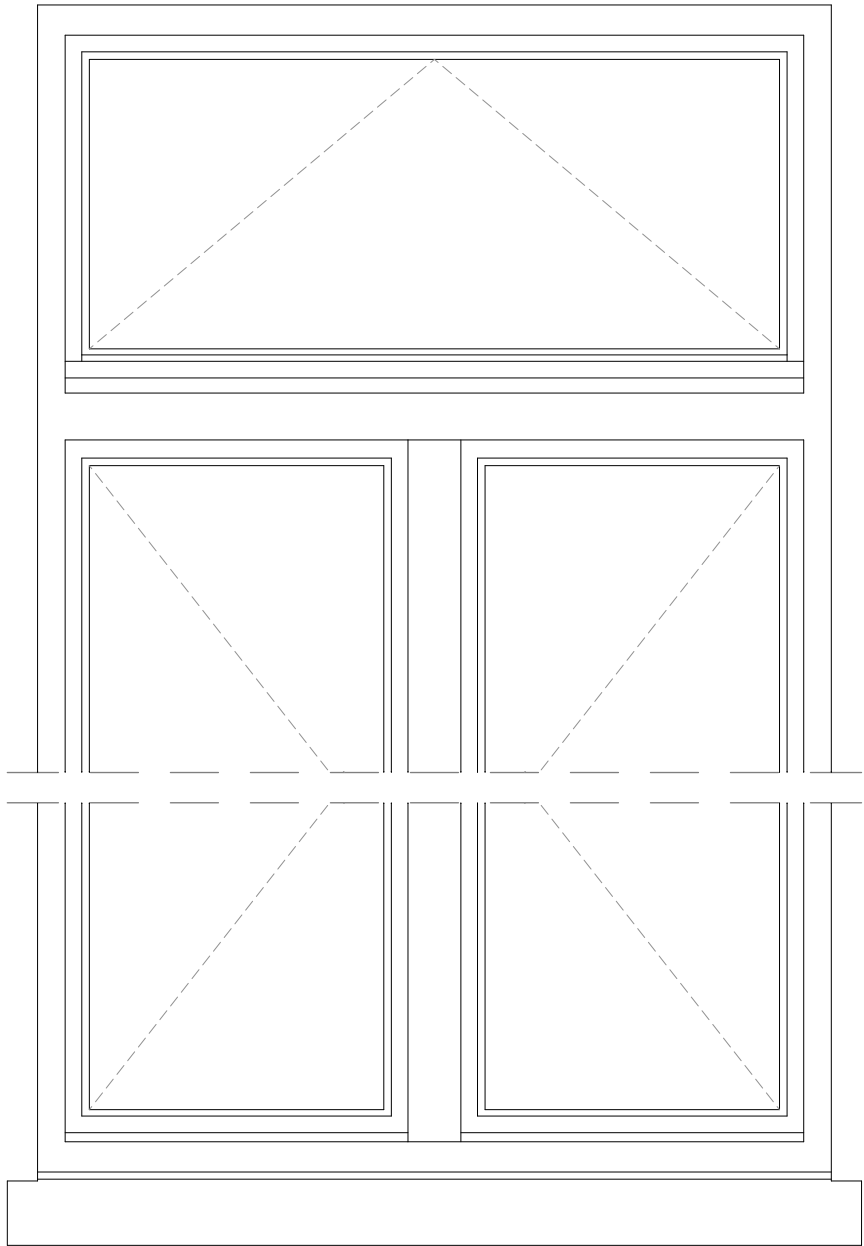


Abb. 15.1: Bestandsfenster Zeichnung M 1:10

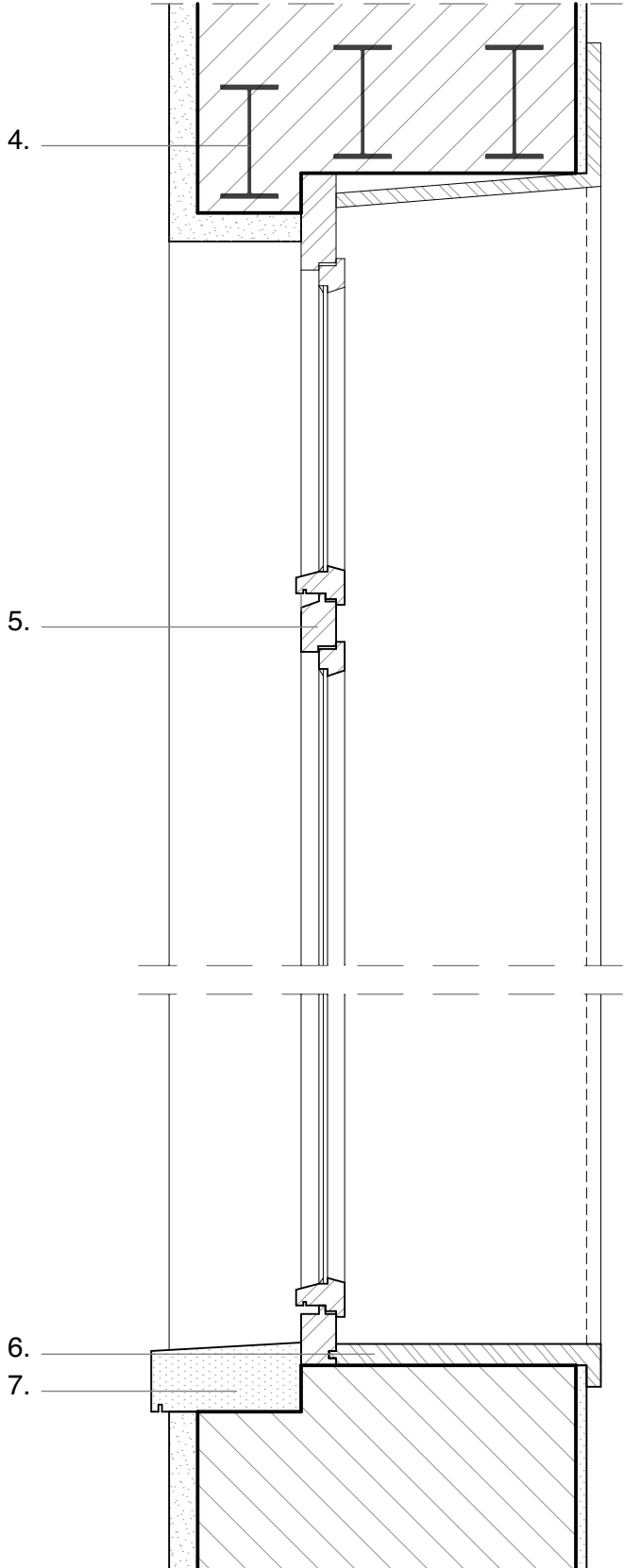
Die Fenster von Wohngebäuden aus der Gründerzeit sind in der Regel handwerklich gefertigte Holzfenster, wie die Zeichnung Abb. 15.1, die üblicherweise aus Kiefer bestehen. Die Fenster werden vor Ort mit einer Grundierung aus Ölfarbe und im Anschluss mit einer Lackierung versehen^{15.1}. Aufgrund ihrer exponierten Position zwischen beheiztem Innenraum und bewitterter Außenwand stellen sie besonders hohe Ansprüche an das Bauteil. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Fenster in Einfachverglasung gefertigt. Die Fensteröffnungen unterscheiden sich in der Form der Öffnung, der Konstruktion der Überdeckung, der Größe des Anschlages und der Form der Leibung. Es existieren keine präzisen Angaben zur Größe und Lage der Fenster- und Türöffnungen aus dieser Zeit.^{15.2}

Im 19. Jahrhundert erfolgte die Bestimmung der erforderlichen Wanddicken für das monolithische Ziegelmauerwerk von Wohnhäusern auf Basis von Erfahrungswerten. Diese Werte galten für den Regelfall, da sie mit dem Abstand der aussteifenden Wände, der Geschosshöhe und der Raumtiefe verknüpft sind. Die Konstruktion der Fenster ist dahingehend zu gestalten, dass eine Trennung in eine Feucht- und eine Trockenzone erfolgt. Die Fensterkonstruktion, einschließlich der Verbindungselemente, muss alle planmäßig auf sie einwirkenden Kräfte aufnehmen und an die Tragwerke des Baukörpers abgeben können (Abb. 15.5).^{15.1}

Die Funktion des Fensters lässt sich auf drei Ebenen differenzieren: Erstens erfüllt es die Aufgabe, das Raumklima vom Außenklima zu trennen. Zweitens gewährleistet es Wärme- und Schallschutz, und drittens dient es dem Wetterschutz (Abb. 15.6).^{15.3}

Die Öffnungen wurden vor allem durch gemauerte Konstruktionen überdeckt. Maueröffnungen für Fenster, Türen und größere Wandaussparungen werden durch Stürze (Abb. 15.4) überdeckt, die aus Profilstahlträgern oder aus gemauerten Bögen bestehen können. In der Regel werden Stürze darüber hinaus durch Deckenaufleger, zumeist auch durch Sturz- bzw. Unterzugaufleger, zusätzlich belastet. In den Außenwänden wurden die Öffnungen oft mit waagerechten Stürzen und Außenanschlag eingebaut. Der Außenanschlag ist auch an der Überdeckung der Öffnung in Stürzen vorhanden. Der Sturz präsentiert sich in der Regel als einteiliges Konstrukt, das gegebenenfalls durch Elemente wie Friese oder Ziergiebel ergänzt werden kann. Die Überdeckungen mussten stets tragfähig sein. Die Abmessungen der Fertigteilstürze wurden so gewählt, dass es möglich war, die einzelnen Sturzbalken noch manuell, d. h. ohne Kraneinsatz, zu verlegen.^{15.4}

Ein wesentlicher Bestandteil des Fensters ist die Sohlbank (Abb. 15.2). Ihre Funktion umfasst die Begrenzung des Fensters nach unten sowie die Aufnahme von Regenwasser, das unmittelbar auf



- Wandaufbau
s. Gruppe 14 - WDVS Rückfassade
- | | | |
|----|-------------------|-------|
| 1. | Kalkputz | 15 mm |
| 2. | Bestandsmauerwerk | 53 mm |
| 3. | Kalkzementputz | 4 mm |
4. Stahlträger IPE 160
5. Kieferholzfenster Einfachverglasung
6. Innenliegende Holzverkleidung inkl. Fensterbank
7. Monolithische Sohlbank

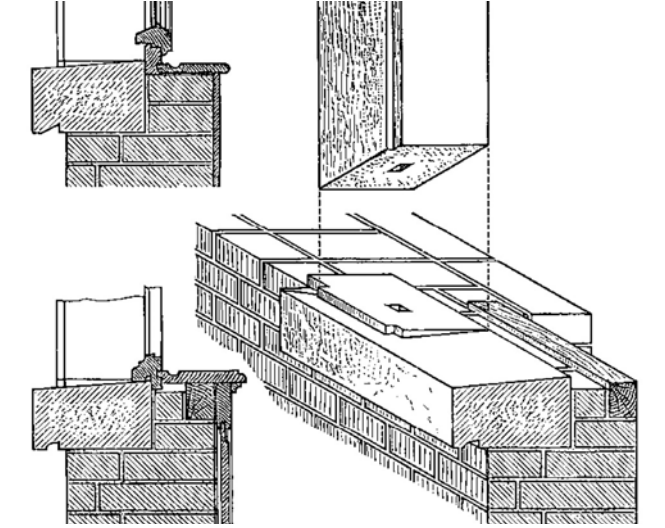


Abb. 15.2: Sohlbankprinzip des Fensters

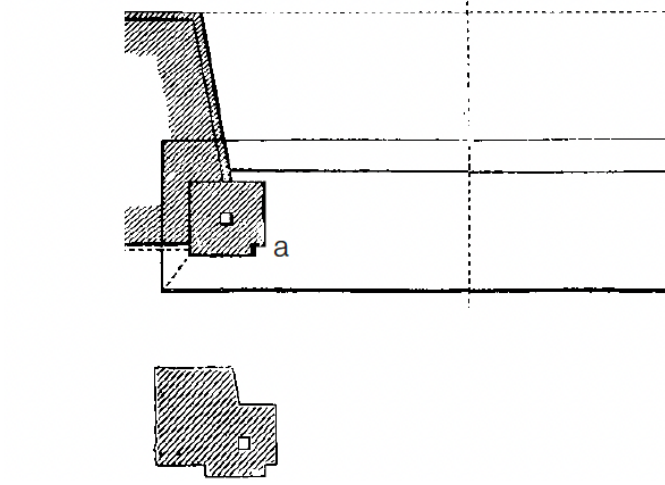


Abb. 15.3: Schräge Leibung und Außenanschlag

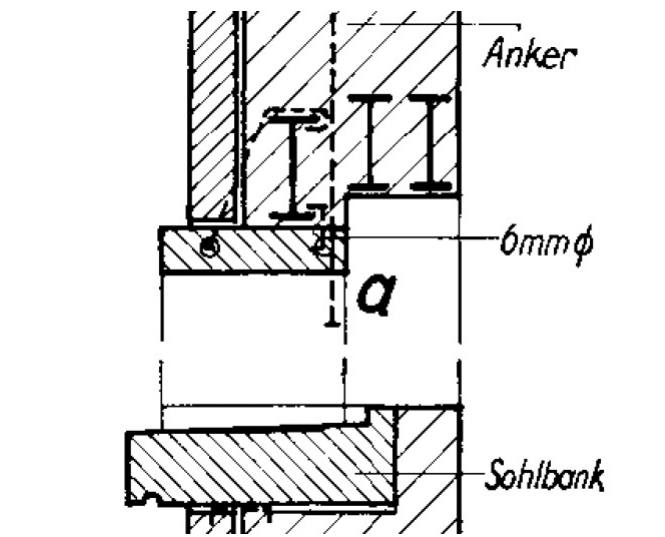


Abb. 15.4: Sturzprinzip

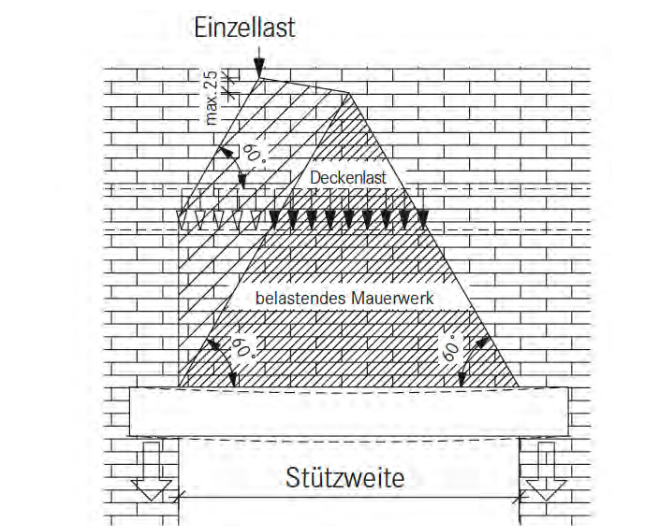


Abb. 15.5: Wandlasten

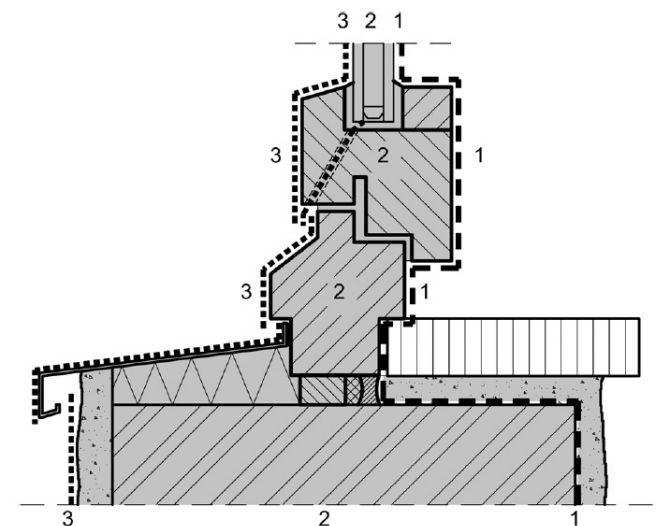


Abb. 15.6: Ebenenmodell entsprechend der bauphysikalischen Funktionen

- QUELLEN
- | | |
|-------|---|
| 15.1 | Ahnert, Krause. „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 - zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz“ (HUSS, 2009). |
| 15.2 | Giebler, Fisch, Krause u. A. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008). |
| 15.3 | Cremer, „Gebäudeöffnungen Atlas - Fenster, Lüftungselemente, Aussentüren“ (DETAIL München, 2015). |
| 15.4 | Moro, „Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail“ (Springer, 2009). |
| 15.5 | Breymann, „Baukonstruktionslehre I - Stein“ (Gebhardt, 1896). |
| 15.6 | Kummer, „BASICS Mauerwerksbau“ (Birkhäuser, 2021). |
| 15.7 | Pech, „Baukonstruktionen Fenster“ (Birkhäuser, 2005). |
| 15.8 | Baunetz Wissen. „Baualterstufe Gründerzeit/Jahrhundertwende“. Zugriff 18.11.24. https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/baualterstufen/baualterstufe-gruenderzeit-jahrhundertwende . |
| 15.9 | Amend, Holger. „Putzfassaden, Sichtmauerwerk, WDVS, Argumente für Gebäudedämmung“ (Vorlesung, 2024). |
| 15.10 | Beinhauer. „Standard Detail Sammlung - Bauen im Bestand“ (Müller Köln, 2006). |

FENSTER RÜCKFASSADE

KONVENTIONELLE SANIERUNG

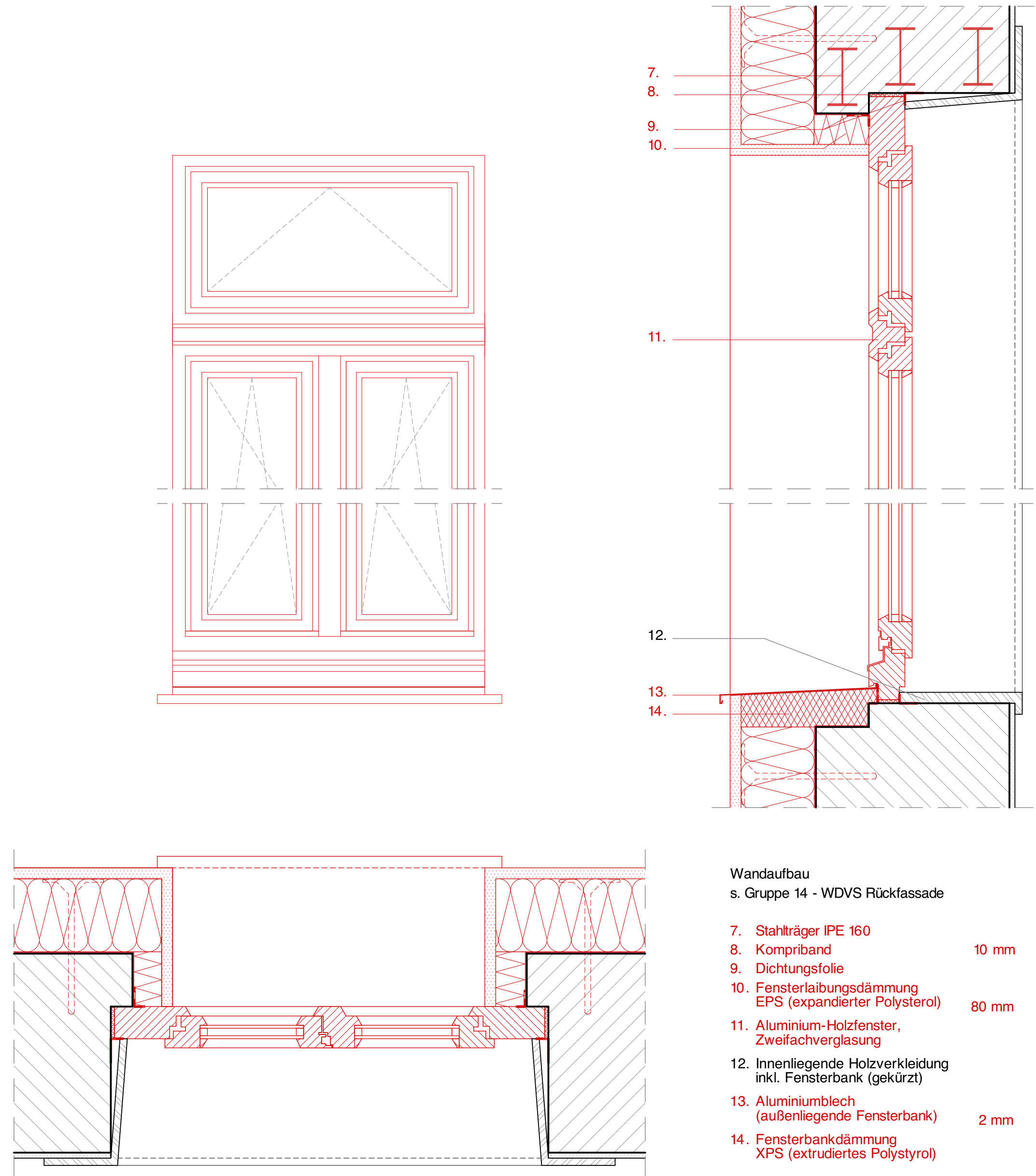


Abb. 15.7: Konventionelle Sanierung Zeichnung M 1:10

Langfristige Witterungseinflüsse wie Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen und UV-Strahlung können insbesondere Holzrahmen in Mitleidenschaft ziehen. Die daraus resultierenden Schäden manifestieren sich oftmals in Form von Fäulnis, Rissen, Abplatzungen des Schutzanstrichs oder einer generellen Schwächung der Materialstruktur. Fenster mit veralteter Einfachverglasung bieten keinen ausreichenden Schutz vor Schallübertragungen und keine effiziente Wärmedämmung. Dies resultiert in einem erhöhten Energieverlust und einem beeinträchtigten Wohnkomfort, insbesondere in Bereichen mit hohem Geräuschpegel.^{15.12} Eine unzureichende oder beschädigte Abdichtung der Fensterbank kann Regenwasser in die Konstruktion eindringen lassen. Dies kann wiederum die Ursache für Feuchtigkeitsschäden an angrenzenden Bauteilen wie dem Mauerwerk (Abb. 15.8) oder dem Fensterrahmen sein und das Risiko der Bildung von Schimmel erhöhen (Abb. 15.9).^{15.14}

Im Rahmen der Sanierung ist es essenziell, dass zunächst eine exakte Schadens- und Funktionsanalyse durch einen Fachmann am Bestand durchgeführt wird. Nur so kann exakt festgestellt werden, mit welchem Aufwand ein Fenster noch repariert werden kann und auf welche Weise eine Anpassung an zeitgemäße Ansprüche wie Dichtheit und Wärmeschutz erreicht werden kann.^{15.11}

Bei der Erneuerung von Gründerzeitfenstern verbleiben jedoch zwei Probleme: Einerseits entsprechen die Fenster in Bezug auf Dichtheit und Wärmeschutz nicht den heutigen Anforderungen. Ein Austausch der Einfachverglasung der Innenflügel gegen Isolierglas würde das Problem beheben, jedoch sind die schwach dimensionierten Rahmen nicht dauerhaft in der Lage, das zusätzliche Gewicht zu tragen. Ein Austausch des gesamten inneren Fensterflügels ist hingegen je nach Blendrahmenstärke möglich. Um zwei zusätzliche Isolierverglasungen aufnehmen zu können, müssen die Profile entsprechend stärker dimensioniert sein.^{15.11}

Der Wärmeschutz der Außenwände nimmt signifikanten Einfluss auf den Heizenergieverbrauch eines Gebäudes. Die Implementierung adäquater Dämmstoffe kann eine signifikante Reduktion der Wärmeverluste bewirken. Im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen im Bestand umfasst dies neben der Fassadendämmung auch den Austausch der Fenster. Eine solche Sanierung kann einen Beitrag von 20 % zur Energieeffizienz und zur Reduktion der CO₂-Emissionen leisten.^{15.16}

Es wird empfohlen, die Wärmedämmung möglichst stoßversetzt überlappend zu installieren (Abb. 15.12). Diese Methode reduziert die Gefahr der Bildung geometrischer Wärmebrücken und verhindert gleichzeitig das Eindringen von Feuchtigkeit über die Stöße bis zum Mauerwerk (Abb. 15.11).^{15.13}

Tauwasser kann an Wärmebrücken entstehen, wenn die lokale Oberflächentemperatur unter die Taupunkttemperatur des jeweiligen Wasserdampfdrucks sinkt. Die Verwendung von Mauersteinen mit unterschiedlichen Wärmedämmeigenschaften begünstigt die Entstehung von Wärmebrücken.^{15.16}

Die bauphysikalischen Einwirkungen durch das Raumklima und das Außenklima sind zu berücksichtigen. Die Anschlüsse zum Baukörper müssen den Anforderungen der Brand-, Wärme-, Schall- und Feuchteschutzbestimmungen sowie den gültigen DIN-Normen entsprechen (Abb. 15.7). Die Fenster müssen im fertig eingebauten Zustand einen Schalldämmwert von mindestens 32 dB erreichen.^{15.16}

Nach dem Austausch der bestehenden Fenster erfolgt die Sanierung der Stürze. Zu diesem Zweck wird der Quellmörtel zwischen dem Stahlsturz und dem Mauerwerk eingebracht. Diese Maßnahme wird in der Regel nach dem Einsetzen des Sturzes durchgeführt. Im Anschluss wird das neue Fenster in die Fensteröffnung auf die unteren Tragklötze eingestellt und flucht- und lotgerecht ausgerichtet. Die Anordnung der Tragklötze ist so zu gestalten, dass das Gewicht des Fensters ohne Beschädigung in den Baukörper eingeleitet werden kann.^{15.14}



Abb. 15.8: Fenster nach Sanierungsmaßnahmen



Abb. 15.9: Wasserschaden an der Putzfassade aufgrund der Fensterbank

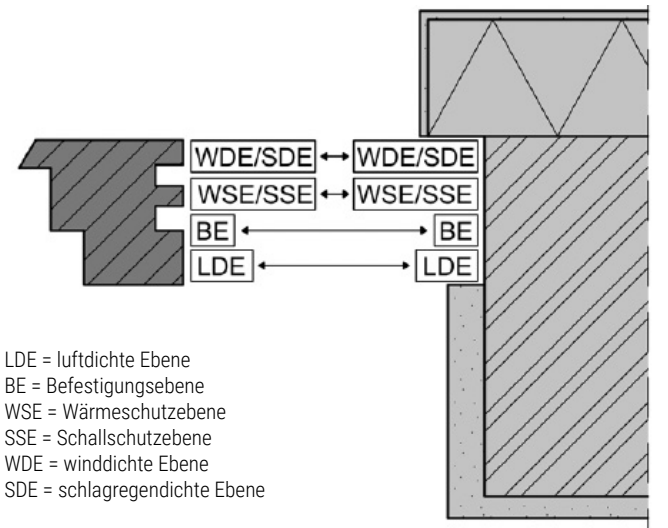


Abb. 15.10: Massivbau mit Vollwärmeschutz WDVS

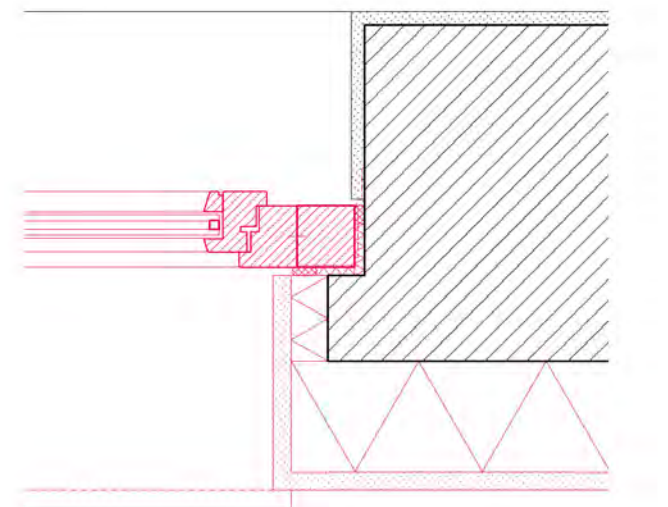


Abb. 15.11: Nachträgliche Wärmedämmung mit aufgedoppeltem Rahmen

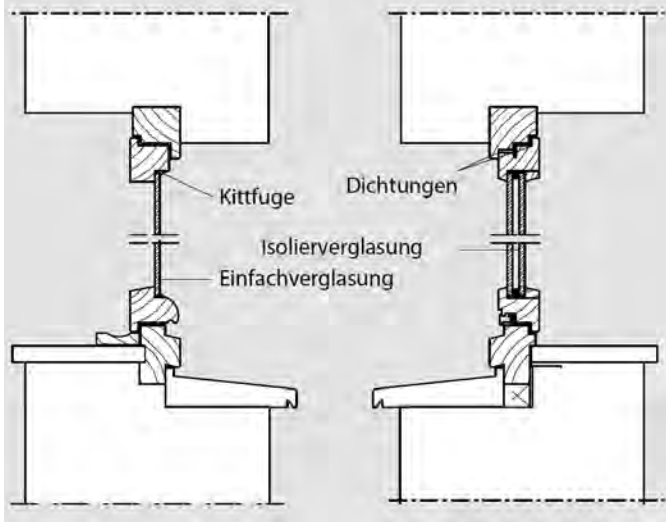


Abb. 15.12: Vergleich von Holzfenstern in alter und neuer Bauweise

QUELLEN

- 15.11 Graefe, „Altbausanierung - Ratgeber für die Praxis - Richtig planen und ausführen“ (Müller, 2020).
- 15.12 Baunetz Wissen, „Energetische Sanierung von Fenstern“. Zugriff 30.11.24. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/energieeinsparung/energetische-sanierung-von-fenstern-2445203>
- 15.13 Baunetz Wissen, „Luftdichte Sanierung der Gebäudehülle“. Zugriff 30.11.24. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/energieeinsparung/luftdichte-sanierung-der-gebäudehülle>
- 15.14 Stiell, „Fenster erneuern - Planung, Ausführung, Fehlervermeidung“ (Fraunhofer, 2022).
- 15.15 Beinhauer, „Standard Detail Sammlung - Bauen im Bestand“ (Müller, 2014).
- 15.16 Frick, Knöll, „Baukonstruktionslehre 1“ (Springer, 2015).
- 15.17 Rathmann, Schmieder, „Atbau Sanierung - Gebäude richtig und nachhaltig revitalisieren“ (Stocker, 2011).

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

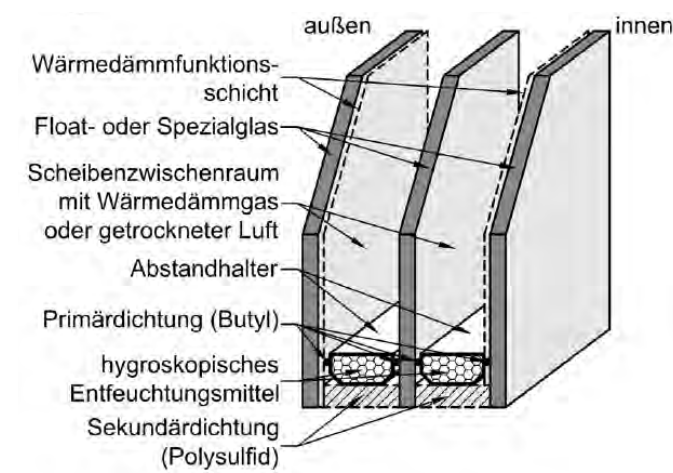
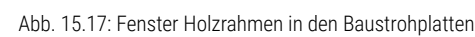
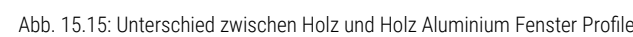


Abb. 15.14: Dreifach-Isolierverglasung



QUELLEN

- 15.18 Maxit Stroh-dämmplatten. „maxit strohpanel für Trockenbau und
Dämmung“. Zugriff 13.01.25. [https://www.maxit-strohpanel.de/Bundesbaublatt_Dämmen_mit_Baustroh_-_Option_mit_vielen_Vor\(ur\)_teilen_](https://www.maxit-strohpanel.de/Bundesbaublatt_Dämmen_mit_Baustroh_-_Option_mit_vielen_Vor(ur)_teilen_). Zugriff 29.11.24.
- 15.19 https://www.bundesbaublatt.de/artikel/bbb_Daemmen_mit_Baustroh_Option_mit_vielen_Vor_ur_teilen_2265123.html
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe „Stroh, ein nachhaltiger
Dämmstoff“. Zugriff 02.12.24. https://www.fnr.de/fileadmin/news/fnr/2014/Saniern_mit_Stroh.pdf
- 15.20 Schelfbauhütte „Alte Brauerei Schwerin - Sudhaus“. Zugriff
02.12.24. <https://mil.mil.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Forum%20202%20-%20Alte%20Brauerei%20Schwerin.pdf>
Baustoffe FNR „Leitfaden Strohba - Nachhaltig Bauen und
Dämmen mit Stroh“. Zugriff 13.01.25. https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/FNR_Brosch_Leitfaden_Strohbaue_2024.pdf
- 15.21 IFT Rosenheim „Klima sicher bauen“. Zugriff 30.11.24.
<https://www.ift-rosenheim.de/fensterbau-frontale-2024>
- 15.22 ARBOR „Holz Fenster Serie FLAT“. Zugriff 19.12.24.
<https://holzfensterstueren.de/serie-flat/>



Fenster sind Bauteile der Gebäudehülle, deren primäre Aufgabe die natürliche Belichtung bzw. Belüftung eines Raumes ist. Aus bauphysikalischer Sicht stellen sie aufgrund ihrer besonderen Aufgabe Schwachstellen in der Gebäudehülle dar. Moderne Fensterkonstruktionen mit Mehrfachverglasung sind in der Lage, die teilweise gegensätzlichen Forderungen nach großer Belichtungsfläche und hohem Schall- und Wärmeschutz weitgehend zu erfüllen. Sie stellen damit ein wesentliches Element im bauphysikalisch optimierten Neubau und bei der Revitalisierung der Altbausubstanz dar. Heutige Fensterkonstruktionen mit hohen bauphysikalischen Anforderungen an den Wärme- und Schallschutz sehen bis zu drei Dichtungsebenen vor. Zur Vermeidung von Schallbrücken müssen Dreifachverglasungen mit asymmetrischen Scheibenstärken ausgeführt werden (Abb. 15.14).^{15.14}

Als besonders gefährdet sind Bereiche mit möglichen Wärmebrücken anzusehen. Dies sind die Fensterlaibungen. Hier muss zumindest eine Mindestdämmung durch Umlaufen der Dämmung erreicht werden. Dies erfordert in der Regel ein Abschlagen des Putzes an den Fensterlaibungen. Meist ist systembedingt eine staubfreie Oberfläche durch Abkehren und entsprechende Grundierung erforderlich, um eine Verklebung der Dämmung bzw. eine sichere Verklebung der Dampfsperre zu ermöglichen.^{15,31}

Wird ein Wärmedämmverbundsystem geplant, ist fast immer ein Austausch der vorhandenen Fenster erforderlich, um die Fenster auf eine Ebene mit dem Fassadenmauerwerk zu bringen. Werden die Fenster ausgetauscht, so schreibt die EnEV eine Mindestanforderung an die Dämmqualität der neuen Fenster von $1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ vor (Abb. 15.13).^{15.29}

Ein nachhaltiges Bauen basiert auf der Kombination von drei wesentlichen Prinzipien. Zum einen ist die Verlängerung der Lebensdauer von Gebäuden, Bauteilen und Baustoffen durch deren Wiederverwendung von entscheidender Bedeutung, um Ressourcen effizient zu nutzen. Ergänzend dazu ist die Auswahl von Materialien mit möglichst geringen Umweltauswirkungen entscheidend, um den ökologischen Fußabdruck zu minimieren. Darüber hinaus ist eine sorgfältige Montage der Bauteile entscheidend, um Rückbaubarkeit und Wiederverwendung bzw. Recycling zu gewährleisten. Eine ganzheitliche Planung und Nutzung, die auf die Wertschätzung von Gebäuden und ihren Bauteilen als Ressourcen ausgerichtet ist, führt somit zu einer deutlichen Annäherung an nachhaltiges Bauen.^{15,20}

Den Vorteilen von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) stehen auch Nachteile gegenüber, die insbesondere die herkömmlichen Plattendämmstoffe aus expandiertem Polystyrol (EPS) betreffen. Obwohl EPS-Dämmstoffe kostengünstig und einfach zu verarbeiten sind, stehen sie aufgrund ihrer Um-

weltauswirkungen, begrenzten Recyclingfähigkeit, Brandprobleme und kurzen Lebensdauer im Widerspruch zu den Anforderungen an nachhaltiges und zukunftsfähiges Bauen. Als Alternative bieten sich mineralische Dämmplatten an. Allerdings haben diese alternativen Materialien auch ihren Preis (Abb. 15.17).^{15,17}

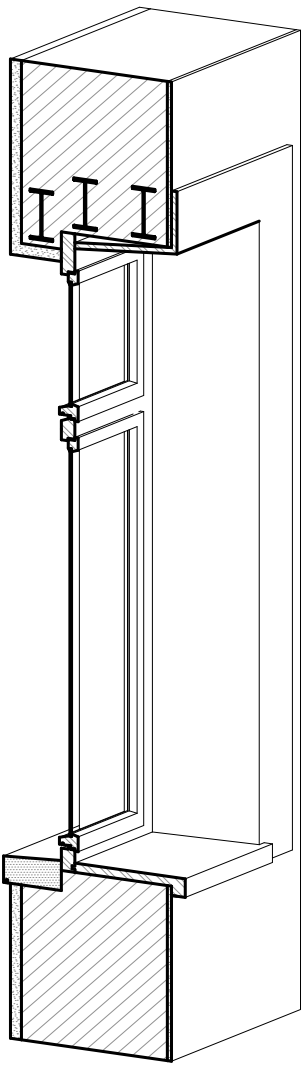
Stroh, die getrockneten Halme von Getreidearten, werden seit vorgeschichtlicher Zeit als Baustoff verwendet.^{15,19} Bis zur Entwicklung der Strohhallenpresse um 1870 wurde Stroh hauptsächlich als Zusatz zu mineralischen Baustoffen wie Lehm oder Kalk verwendet. Stroh ist aufgrund seiner hohen spezifischen Festigkeit und der vielen Lufträume im gepressten Stroh ein idealer Bau- und Dämmstoff. Im Hinblick auf den Brandschutz können Strohplatten durch Verkleidungen wie Lehmputz die Brandschutzklasse B1 (schwer entflammbar) erreichen.^{15,19}

Holz als organischer Werkstoff erfordert eine kontinuierliche und regelmäßige Oberflächenpflege. Gleichzeitig sind die Fensterprofile so auszuführen, dass ein beschichtungsfriendlicher Untergrund vorhanden ist.^{15,24} Die Kombination von Holzfenstern und Strohdämmung ist eine nachhaltige und ökologische Lösung für die Sanierung von Gebäuden. Beide Materialien ergänzen sich gut und tragen zu einem energieeffizienten und umweltfreundlichen Gebäude bei.^{15,24}

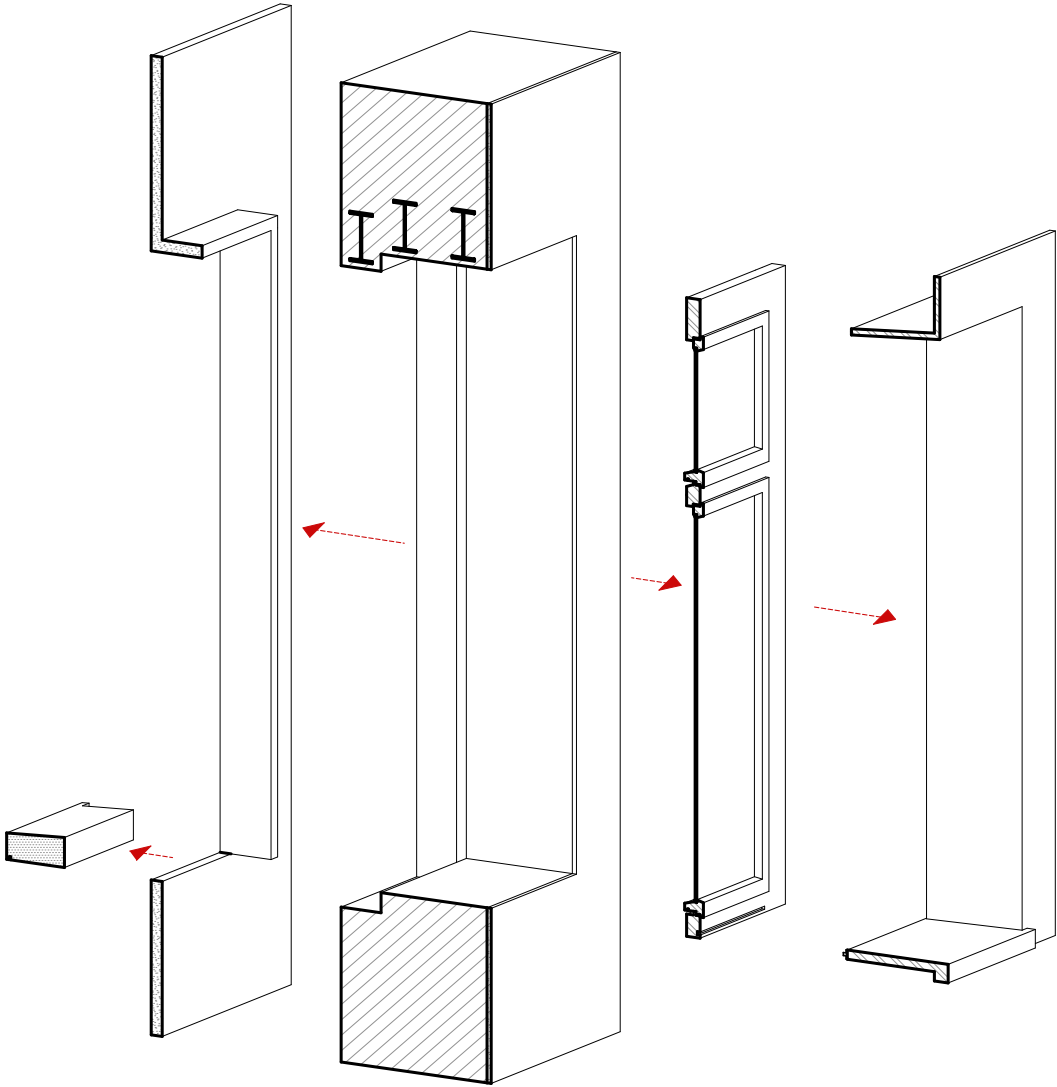
FENSTER RÜCKFASSADE

ARBEITSSCHRITTE

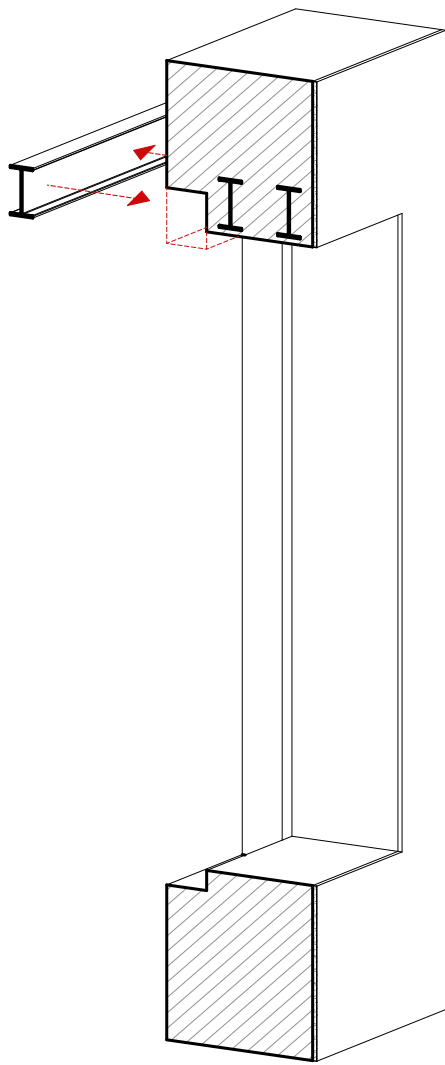
1. Fenster Gründerzeit



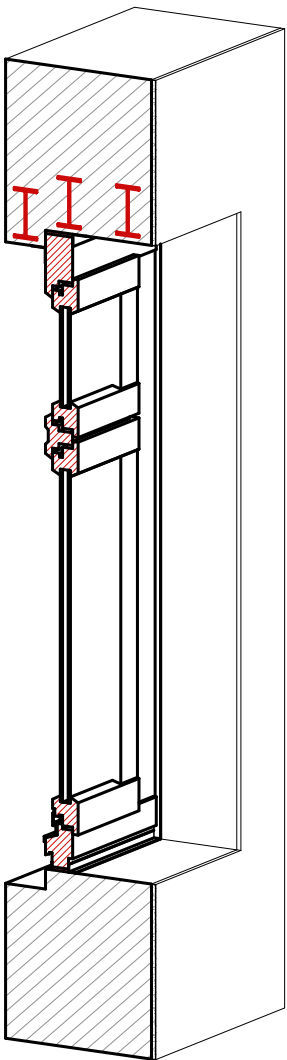
2. Rückbau bis auf das monolithische Mauerwerk



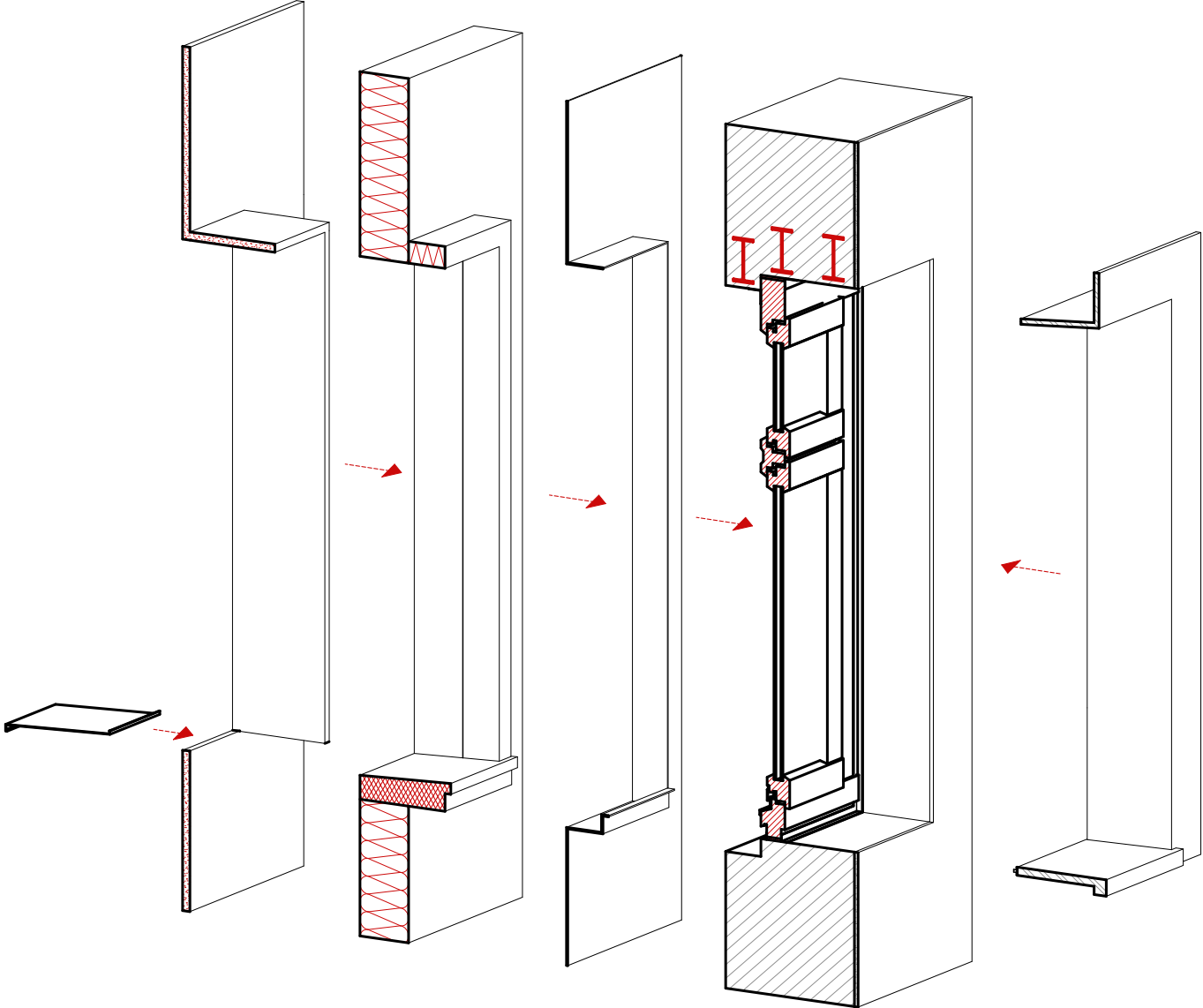
3. Tauschen der Stahlträger



4. Einbau und Abdichtung des neuen Fensters



5. Montage der Dämm- und Verkleidungselementen



6. Sanierung der Fassade und Fenster

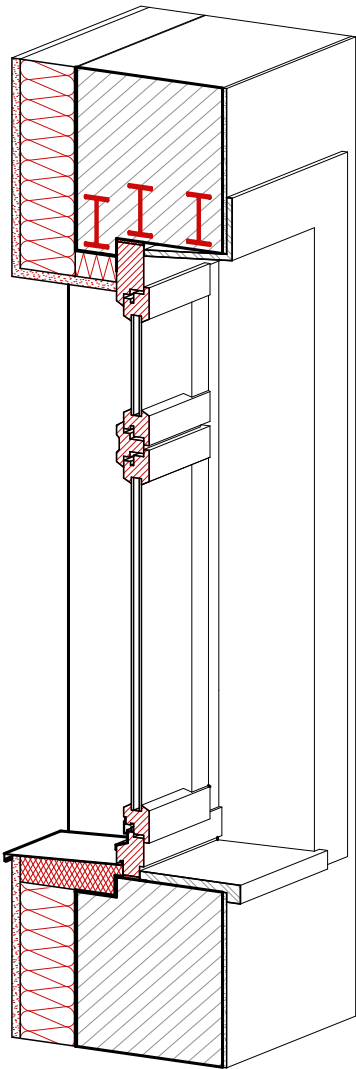


Abb. 15.19: Arbeitsschritte Zeichnung ohne Maßstab

Um das Holzfenster fachgerecht ausbauen zu können, muss zunächst der Arbeitsbereich abgesichert werden, um die umliegenden Bauteile und den Innenraum vor Beschädigungen und Verschmutzungen zu schützen. Außerhalb des Gebäudes wird bauseits ein Fassadengerüst als Arbeits- und Schutzgerüst errichtet und für die Dauer der Arbeiten vorgehalten. Im Innenbereich können empfindliche Oberflächen und Möbel durch Abdeckfolien oder Schutzplanen geschützt werden, um Verschmutzungen und Beschädigungen zu vermeiden. Darüber hinaus ist zu prüfen, ob weitere Maßnahmen wie Staubschutzwände oder das Abdecken angrenzender Fenster erforderlich sind, um den gesamten Arbeitsbereich sorgfältig abzusichern.^{15.14}

Der Ausbau ist mit höchster Präzision auszuführen, damit Putzausbrüche vermieden werden und die Schmutzbelastung im Wohnraum gering bleibt. Zunächst werden die Fensterflügel vorsichtig aus der Beschlagslage entfernt, um einen ungehinderten Zugang zum Holzblendrahmen zu gewährleisten. Anschließend wird der Holzblendrahmen^{15.33} mit einer Säbelsäge vollständig entfernt, wobei darauf zu achten ist, dass die angrenzende Laibung nicht beschädigt wird. Vor dem Ausbau werden die Fensterbank und eine eventuell vorhandene Dichtstofffuge abgetrennt, indem diese in den raumseitigen Fugen mit einer Fenstertrennsäge umlaufend ausgefräst wird.^{15.27}

Die Befestigung von Altfenstern erfolgte in der Gründerzeit häufig mit so genannten Metallspangen, die unter der raumseitigen Putzschicht verborgen waren. Um diese unsichtbaren Befestigungselemente zu durchtrennen, wird mit der Fenstertrennsäge ein Schlitz zwischen Blendrahmen und Putzschicht erzeugt. Dieser Vorgang kann bei Bedarf auch auf der Außenseite durchgeführt werden. Ist der Schlitzvorgang abgeschlossen und die Fuge zwischen Blendrahmen und Putz vollständig ausgefräst, wird der Blendrahmen mit der Säbelsäge vorsichtig quer durchtrennt. Beim anschließenden Heraushebeln der Blendrahmentteile ist besondere Vorsicht geboten, um ein Verkanten oder Herausbrechen aus der ursprünglichen Lage zu vermeiden. Dadurch wird eine Beschädigung der Putzkanten vermieden und eine saubere und schonende Entfernung des Altfensters gewährleistet.^{15.7}

Der Austausch eines Stahlträgers vor dem Einbau eines neuen Fensters ist in vielen Fällen sinnvoll, um die Standsicherheit und Tragfähigkeit der Konstruktion zu gewährleisten, ohne das neue Fenster zu beschädigen. Die vom Stahlträger aufgenommenen Lasten müssen durch Baustützen oder ein Rahmengerüst sicher abgefangen werden. Die Stützen sind seitlich der Öffnung so anzuordnen, dass der Träger vor Beginn der Demontage entlastet ist.^{15.31} Die Auflagerpunkte des neuen Stahlträgers sind für eine gleichmäßige Lastübertragung vorzubereiten. Dies kann durch Auftragen von Quellschutt erfolgen.

Nach dem vollständigen Einbau des Stahlträgers und Abschluss der Umgebungsarbeiten erfolgt der Einbau des neuen Fensters.^{15.16}

Bei der Ermittlung der Fenstergröße^{15.28} für das neue Fenster ist beim Einbau die vorliegende Öffnung zu beachten, damit die außenseitige Fensterbank auf das neue Fenster den wertigen Eindruck vermittelt. Nach der Demontage des Altfensters wird das neue Fensterelement in die Öffnung eingesetzt. Es wird dabei zunächst auf unteren Tragklötzen positioniert und anschließend flucht- sowie lotgerecht ausgerichtet. Um den heutigen Anforderungen an Wärmedämmung gerecht zu werden, werden standardmäßig hochdämmende Dreischeiben-Isoliergläser^{15.27} verwendet, die sowohl den Energieverbrauch reduzieren als auch den Schallschutz verbessern. Der Einbau des neuen Fensters erfolgt gemäß den anerkannten Regeln der Technik, wobei vor allem die aktuellen Montagevorgaben und Richtlinien eingehalten werden. Der Einbau eines Fensterfutters erfordert Präzision, um funktional langlebige Ergebnisse zu erzielen.^{15.15}

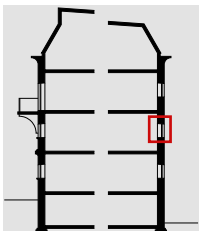
Die Abdichtung^{15.25} zwischen Fensterrahmen und Bauanschluss wird fachgerecht ausgeführt. Mineralwolle wird zur Dämmung eingesetzt, der innere Anschluss erfolgt mithilfe von Mauerwerksanschlussfolien, während die äußere Abdichtung durch vorkomprimierte Dichtbänder gewährleistet wird.^{15.33}

Diese sorgfältige Ausführung der Abdichtungen trägt zur Luftdichtheit, Wärmeisolierung und Witterungsbeständigkeit des Fensters bei.^{15.32}

Der Ausbau eines alten Fensters aus der Gründerzeit und der Einbau eines sanierten Holzfensters erfordert Präzisionsarbeit, um die historische Bausubstanz zu erhalten und gleichzeitig den modernen Anforderungen an Wärmeschutz^{15.29}, Schallschutz und Langlebigkeit^{15.30} gerecht zu werden. Sorgfältige Planung, exakte Montage und hochwertige Materialien sind entscheidend für ein dauerhaftes und optisch ansprechendes Ergebnis.^{15.24}

QUELLEN

- 15.25 IGP Chemie, „Mineralhartschaum“, Zugriff 30.11.24. https://www.igp-duelmen.de/fileadmin/user_upload/FireFoe_m...TDB_Vers_14.06.2024.pdf
- 15.26 E DIN EN 673:2023-01 - Glas im Bauwesen
Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert)
- 15.27 DIN 68 121 Teil 2 - Holzprofile für Fenster
- 15.28 DIN 5034-4 : 1994-09 - Tageslicht in Innenräumen
Vereinfachte Bestimmung von Mindestfenstergrößen
- 15.29 DIN EN ISO 6946:2018-03 - Wärmedämmstoffe für das Bauwesen
Bestimmung der Abreißfestigkeit von außenseitigen (WDVS)
- 15.30 DIN EN ISO 6946:2018-03 - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient
- 15.31 DIN 4108 Bbl 2:2019-06 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Wärmebrücken
- 15.32 DIN EN ISO 10077-1:2020-10 - Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern
- 15.33 VELFAC, „Montage eines VELFAC 200 Energy Fenster in WDVS“, Zugriff: 15.12.24. <https://velfac.de>



GENEIGTES DACH

BESTAND

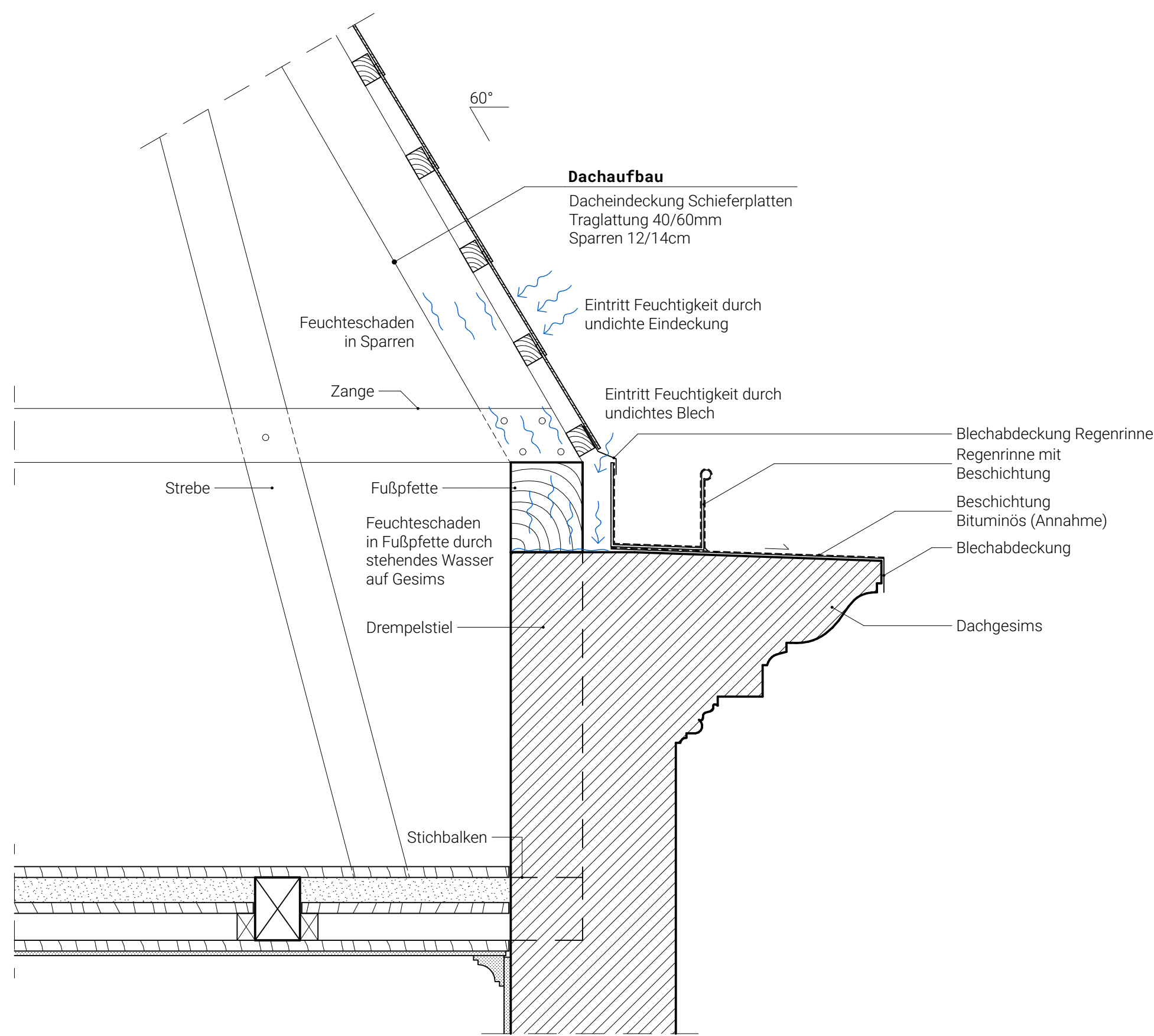


Abb. 16.1: Detail Bestandsaufnahme, M 1:10

Ein geneigtes Dach ist eine Dachform, die sich durch eine Schrägstellung oder eine spezifische Neigung auszeichnet. Die Funktion dieser Dachform besteht primär in der effizienten Ableitung von Niederschlägen, wie Regenwasser und Schnee. Dies gewährleistet, dass die Dachfläche trocken bleibt, was wiederum das Risiko von Wasseransammlungen oder Undichtigkeiten reduziert. Die Regenrinnen an den Dachkanten dienen der Aufnahme und kontrollierten Ableitung des Wassers.^{16.1}

KONSTRUKTION

Ein signifikantes Merkmal der Gründerzeit ist die Kombination geneigter und flacher Dachflächen, die durch einen vertikalen Übergang miteinander verbunden sind. Die Konstruktion wird durch einen Drempel ergänzt, eine niedrige Wand zwischen Dachschräge und Boden im Dachgeschoss, die die nutzbare Raumhöhe erhöht. Der Drempel wird auf der gemauerten Außenwand errichtet, auf der der hölzerne Dachstuhl, traditionell von einem Zimmermann, mit einer Dachneigung von 60° konstruiert wird.

Die Konstruktion des geneigten Daches basiert auf Sparren mit einem Querschnitt von 12/14 cm, die in Abständen von 80 bis 120 cm zueinander angebracht sind. Gemäß der damals vorherrschenden Bauweise ruhen die Sparren auf Fußpfetten. Hierbei handelt es sich um Balken, die parallel zum Dachfirst verlaufen und auf denen die Sparren aufliegen. Eine Besonderheit dieser Konstruktion ist die Ausführung des Drempelstiels, der in einer Aussparung im Mauerwerk bündig mit diesem abschließt (Abb. 16.2). Diese Ausführung weicht von der sonst typischen Bauweise ab, bei der der Drempelstiel und das zugehörige Holztragwerk vor dem Mauerwerksdrempel stehen. (Abb. 16.6).

Auf den Sparren ist eine Traglattung mit einer Breite von 40/60 mm montiert, die als Unterkonstruktion für die Installation der Dachdeckung aus Schieferplatten dient. Die Schieferplatten sind überlappend angeordnet und miteinander durch Vernagelung verbunden, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern. Unterhalb der untersten Schieferplatte befindet sich ein Blech, das das Regenwasser gezielt in die Regenrinne leitet. Diese ist direkt unter der Dachschräge am flachen Dachgesims angebracht und beschichtet. Der restliche Teil des

Dachgesimses ist mit einer bituminösen Schicht abgedichtet und an den Rändern durch eine Blecheindeckung geschützt.^{16.2}

Die Bauweise jener Epoche, wie zuvor beschrieben, war durch eine sparsame Dimensionierung von Tragwerken gekennzeichnet. Dachstühle wurden häufig auf Grundlage von Erfahrungswerten und nicht auf Basis präziser statischer Berechnungen konstruiert. Das Ziel bestand in einer Minimierung der Kosten durch ein sparsames Bauen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass das Dachgeschoss ursprünglich als reiner Funktionsraum konzipiert war, beispielsweise für Lagerungszwecke. Eine Dämmung des Dachstuhls war daher nicht erforderlich.^{16.3}

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts erreichte die Schieferrnutzung in Europa ihren Höhepunkt. Dies ist auf die wesentlich detailliertere Ausarbeitung von Brandvorschriften zurückzuführen, die im Vergleich zum Mittelalter wesentlich umfassender waren. Brennbare Dachmaterialien wie Stroh, Schilf und Holzschindeln wurden verboten, während widerstandsfähige Materialien wie Ziegel und Schiefer vorgeschrieben wurden, was zu einer erheblichen Steigerung des Marktanteils dieser Materialien führte.^{16.4}

MÄNGEL UND SCHÄDEN

Die bauzeittypische Konstruktion des Daches weist typische Schadensbilder auf, die insbesondere im Übergang vom Dach zur Regenrinne erkennbar sind.

Die mangelhafte Abdichtung der Schiefereindeckung sowie der bituminösen Abdichtung führt zu eindringender Feuchtigkeit, die ein zentrales Problem darstellt. Das Blech, das das Regenwasser vom Dach in die Regenrinne leiten soll, ist dabei besonders empfindlich. Eine fehlerhafte Ausführung oder Alterung des Blechs kann zum Eindringen von Feuchtigkeit in die Konstruktion führen, weil das Wasser nicht richtig abgeleitet werden kann. Dies wiederum kann zu Feuchteschäden an der Fußpfette durch stehendes Wasser auf dem Gesims führen. Der Sparren, der mit seiner Hirnholzseite auf der Fußpfette aufliegt, kann Feuchtigkeit aufnehmen und dadurch faulen. Dies wiederum kann die Tragfähigkeit der Dachkonstruktion langfristig schwächen.

chen. Darüber hinaus wurde an einigen Stellen festgestellt, dass die normalerweise überlappenden Schieferplatten verrutscht sind. (Abb. 16.4) In Kombination mit unzureichender Abdichtung erhöht sich das Risiko, dass Feuchtigkeit in die darunterliegenden Sparren eindringt und weitere Schäden verursacht.

Hierbei sollte einmal erklärt werden das Holz vor allem durch übermäßige Feuchtigkeitsaufnahme geschädigt wird, was häufig auf konstruktive oder bauphysikalische Schwächen sowie unzureichende Instandhaltung zurückzuführen ist. Eine unzureichende Dimensionierung kann zu Durchbiegungen und Verformungen führen. Des Weiteren wird die Langlebigkeit von Holz und Holzwerkstoffen zudem durch schädliche Pflanzen, wie Pilze, und tierische Schädlinge, wie Insekten, gefährdet. Ein solcher Befall kann die Form, die Funktionsfähigkeit und die Tragfähigkeit von Holzkonstruktionen erheblich beeinträchtigen und im schlimmsten Fall zur vollständigen Zerstörung führen. Bei einer dauerhaften Holzfeuchte von über 20 % und einer Temperatur zwischen +3 und +40 °C kann es zu einem Pilzbefall kommen, sofern kein chemischer Holzschutz vorgenommen wurde. Holzzerstörende Pilze zersetzen organisches Material, insbesondere in luftdichten Bereichen. Ein Beispiel für einen solchen Pilzbefall ist der Hausschwamm, der dem Holz Zellulose entzieht und braunes Lignin hinterlässt. Neben Nadelholz kann auch Mauerwerk betroffen sein. Weitere Pilze wie Kellerschwamm oder Porlinge zersetzen Holz, während verfärbende Pilze wie Schimmel das Holz nicht zerstören, aber Beschichtungen schädigen und Feuchtigkeitsschäden begünstigen. Insekten wie der Hausbock, gemeine Nagekäfer und Splintholzkäfer nutzen Nadelholz als Nahrung und Larvenquartier, wodurch Lochfraß entsteht. Der Befall mit diesen Insekten kann bereits bei einer Holzfeuchte von über 10 % beginnen und betrifft auch trocken verbautes Holz.^{16.5}



Abb. 16.2: Drempel



Abb. 16.3: Regenrinne auf Dachgesims



Abb. 16.4: Schieferplatten Dacheindeckung



Abb. 16.5: Sparrenlage Dachstuhl

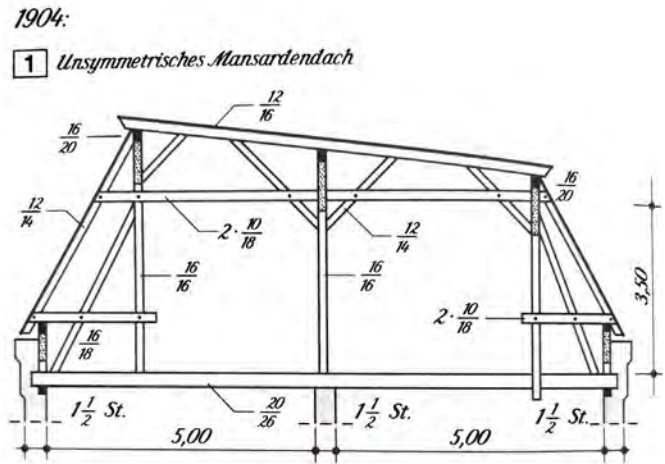


Abb. 16.6: Unsymmetrisches Mansardendach um 1904

QUELLEN

- 16.1 Barthel, Rainer u. A. „Dach Atlas Geneigete Dächer“ (Institut für internationale Architektur-Dokumentation München, 2002). 10.
- 16.2 Ahnert, Rudolf, Krause, Karl-Heinz. „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960“. (Beuth, 2009). 172.
- 16.3 Giebler, Georg u. A. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008). 151ff.
- 16.4 Veröffentlichungen des Netzwerkes „Steine in der Stadt“, „Dach- und Wandschiefer – ein traditioneller Baustoff in Mitteleuropa“, Wagner, H. Wolfgang. 4.
- 16.5 Giebler, Georg u. A. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008). 86ff.

GENEIGTES DACH

KONVENTIONELLE SANIERUNG

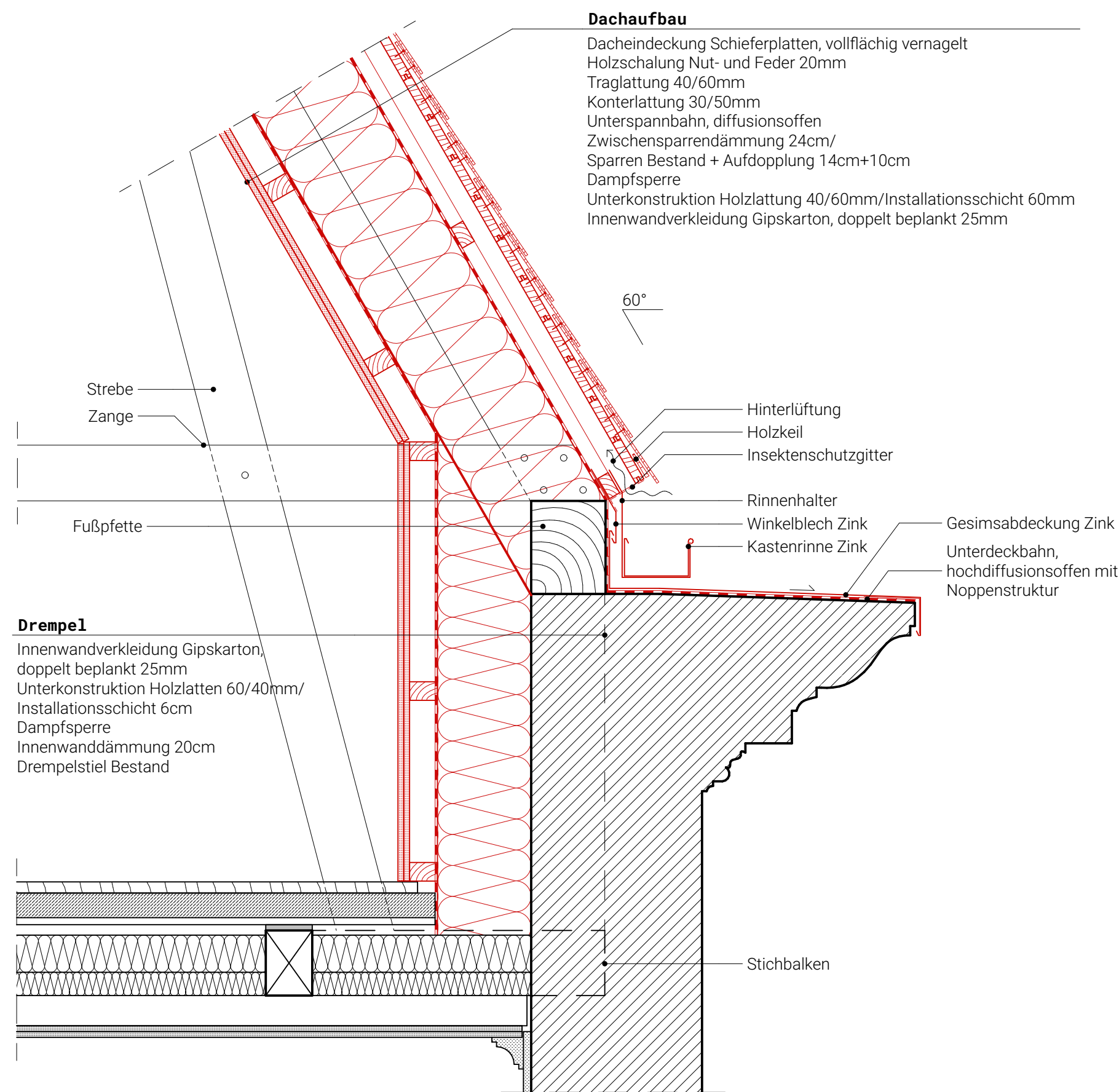


Abb. 16.7: Detail Sanierungsmaßnahme: Dach hinterlüftet, M 1:10

Da das Gebäude im Stelling Weg 38 unter Denkmalschutz steht, gibt es bei der Sanierung ein paar Rahmenbedingungen, die beachtet werden müssen.^{16.6} Bei Dächern sind Dachkonstruktionen, Dacheindeckungen und Elemente wie Schornsteine oder Gauben nach Möglichkeit zu erhalten oder in der gleichen Art wieder her zu stellen. Bei einem Dachausbau ist außerdem darauf zu achten, dass die Denkmalsubstanz nicht gravierend gemindert wird, zum Beispiel durch eine erforderliche Dachdämmung. Diese könnte nämlich Einfluss auf Traufe, Ortgang oder Gauben haben.^{16.7}

METHODEN

Nach dem Rückbau der Dacheindeckung, können die Feuchteschäden im tragenden Dachstuhl behoben werden. So muss jeder Sparren, die Zangen sowie die Fußpfetten auf Schäden überprüft und individuell ausgewechselt oder verstärkt werden.^{16.8} Da in dem Dachgeschoss eine Umnutzung stattfinden soll, muss das Dach ausreichend gedämmt und abgedichtet werden.

Hier gibt es zwei Konstruktionsmöglichkeiten.

1. Hinterlüftete Konstruktion:

Bei der hinterlüfteten Konstruktion gibt es die Möglichkeit die Dämmung unter und zwischen den Sparren an zu bringen, jedoch nicht über die komplette Sparrentiefe. Eine andere Ausführungsart ist, die Dämmung nur zwischen den Sparren an zu ordnen, aber auch hier nicht über die komplette Tiefe. Auf den Sparren wird dann eine Dampfbremse befestigt, um die darunterliegende Dämmung vor eindringender Feuchtigkeit zu schützen. Es entsteht so ein Luftraum zwischen Dachbahn und Dämmung in welchem die Luft zirkulieren kann. (Abb. 16.9)

2. Nicht hinterlüftete Konstruktion:

Bei dem nicht hinterlüfteten Dach wird die Dämmung zwischen den Sparren als Vollsparrendämmung oder oberhalb der Sparren angebracht. Die Dampfbremse wird direkt auf die Dämmung aufgebracht. (Abb. 16.10)

Bei beiden Konstruktionen liegt die Dacheindeckung auf einer hinterlüfteten Konstruktion aus Trag- und Konterlattung.^{16.9}

VOR- UND NACHTEILE

Die Vorteile einer belüfteten Konstruktion liegen vor allem in der zusätzlichen Luftschicht, welche zwi-

schen Dachbahn und Dämmung entsteht. So kann im Sommer die erwärmte Luft besser ablüften und angefallene Feuchte leichter abtransportiert werden. Dieser Dachaufbau bringt jedoch auch einige Nachteile mit sich. Durch den Luftstrom über einer openporigen Dämmung kann es zu Wärmeverlusten kommen, sodass eine größere Dämmstoffdicke notwendig wird. Bei einer Zwischensparrendämmung kann außerdem die Abhängigkeit von Sparrenhöhe zu der Summe aus Luftschicht und Dämmstärke zu überdimensionierten Sparren führen. Ein weiterer Nachteil ist, dass der Luftzwischenraum als feucht gilt, somit muss das Holz chemisch behandelt werden. Hinzu kommt, dass die Ein- und Ausströmöffnungen für die Belüftung einen größeren Aufwand verursachen. Ein besonders großer Nachteil ist allerdings, dass bei klimatisch unterschiedlich beanspruchten Dächern von der erwärmten Seite feucht-warme Luft in die sonnenabgewandte Seite des Dachs gelangt und dort Feuchtigkeit abgibt. Die Dämmung wird in diesem Bereich durchnässt, da hier wenig Feuchte aufgenommen werden kann. Ein letzter Nachteil ist, dass bei einer hinterlüfteten Konstruktion mit Zwischensparrendämmung und innenliegender Dämmung ein Flächenverlust für die Umnutzung stattfindet.^{16.10}

Auch die nicht hinterlüftete Konstruktion bringt einige Vorteile mit sich. Bei der Variante der Aufsparrendämmung ist das Tragwerk nach innen sichtbar, was zum einen gestalterisch vorteilhaft sein kann und keinen Wohnflächenverlust darstellt, zum anderen ist das Holz nur geringen Feuchte- und Temperaturschwankungen ausgesetzt. Die Dämmung kann außerdem durchgängig auf dem Sparren platziert und unabhängig vom Tragwerk dimensioniert werden. Auch die Unterspannbahn kann ohne Unterbrechung aufgebracht werden. Bei einer Zwischensparrendämmung liegt der Vorteil vor allem in dem geringen Gesamtaufbau und das der gesamte Sparrenquerschnitt für Dämmung genutzt werden kann. Die Konstruktion hat aber noch andere Vorteile. Da es keine Luftschicht über der Dämmebene gibt, kann auch kein Wärmetransport über den Luftstrom stattfinden. Auch kann auf den chemischen Holzschutz verzichtet werden, da kein Feuchteintrag von außen stattfindet und der Aufwand für Ein- und Ausströmöffnungen entfällt.

Die Nachteile des nicht hinterlüfteten Daches ergeben sich aus den Vorteilen des hinterlüfteten Dachs. So wird durch die fehlende Luftschicht der sommerliche Wärmeschutz vermindert. Es kann außerdem dazu kommen, dass die Dachbahn durch Verschmutzung, Tauwasser- und Eisschichten im Laufe der Zeit immer diffusionsdichter wird und anfällig für Beschädigungen. Es kann also zu Undichtigkeiten kommen und somit zu einer Durchfeuchtung der Dämmung. Bei der Aufsparrendämmung kommt hinzu, dass die Steifigkeit der Dämmung meist nicht für die Befestigung der Tragkonstruktion für die Dacheindeckung ausreicht, sodass in der Ebene der Dämmung eine Pfettenlage vorgesehen werden muss. Diese unterbricht dann wieder die Dämmebene und muss zudem aus wenig wärmeleitendem Material bestehen. Insgesamt hat diese Konstruktion auch eine sehr große Aufbauhöhe, welche in einem Sanierungsprojekt den Bestand erheblich verändert und oft nicht mit dem Denkmalschutz vereinbar ist.^{16.10} In der Sanierung besteht auch der Nachteil, dass der Sparren mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgedoppelt werden muss, sodass auch hier ein Raumverlust auf der Innenseite stattfindet. Bei allen Methoden ist es zu dem nicht vermeidbar, dass die vorhandene Dacheindeckung zurückgebaut und erneuert werden muss.^{16.11}

FAZIT

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass alle Konstruktionen recht ausgeglichen Vor- und Nachteile mitbringen. Lange Zeit wurde das belüftete Dach standardmäßig verbaut. Da es bei ihnen aber immer wieder zu erheblichen Schäden kam, ist man immer mehr auf das nicht hinterlüftete Dach umgestiegen.^{16.12}

In der Sanierung findet vor allem die Zwischensparrendämmung Anwendung, da sie die einfachste Lösung darstellt. Zwar hat man durch eine Aufdopplung nach innen einen Raumverlust, welchen man in Kauf nehmen muss, jedoch muss man gerade bei denkmalgeschützten Gebäuden darauf achten das äußere Bild zu bewahren. Das ist der Grund, warum eine Aufsparrendämmung bei einer Sanierung nicht in Frage kommt, da so die ursprünglichen Dachkanten bei weitem nicht mehr eingehalten werden können.^{16.13}



Abb. 16.8: Aufdopplung Sparren und Auflager Fußpfette

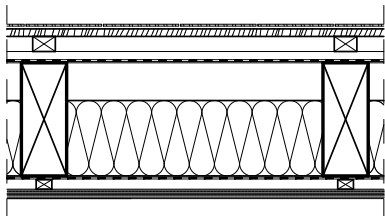
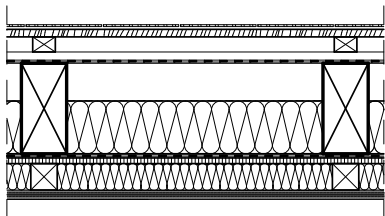


Abb. 16.9: Hinterlüftete Dachkonstruktion, o.M.

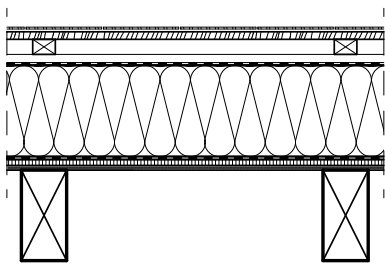
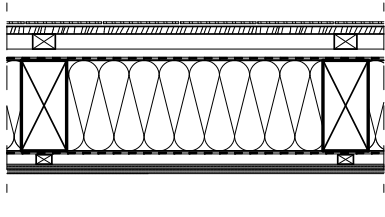


Abb. 16.10: Nicht-hinterlüftete Dachkonstruktion, o.M.

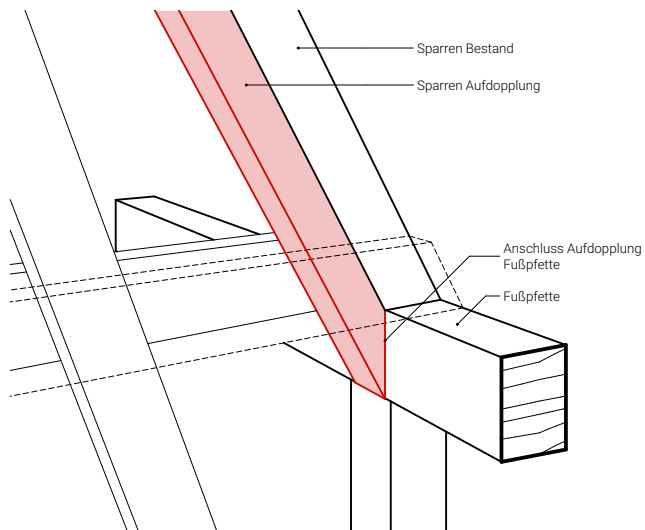


Abb. 16.11: Konstruktionsschema Aufdopplung Sparren, o.M.

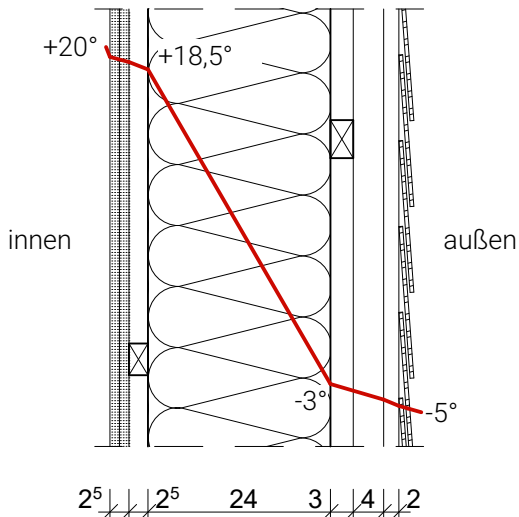


Abb. 16.12: Taupunkt-Diagramm nach Sanierung, o.M.

QUELLEN

- 16.6 Hamburg Behörde für Kultur und Medien, „Denkmaliste - Auszug für den Bezirk Eimsbüttel“
- 16.7 Hamburg Behörde für Kultur und Medien „Praxisilfe Denkmalpflege“
- 16.8 Lißner, Karin und Rug, Wolfgang, „Holzbauanierung beim Bauen im Bestand“ (Springer Vieweg, 2018), 377
- 16.9 Hestermann, Ulf und Rongen, Ludwig, „Baukonstruktionslehre 2“ (Springer Vieweg, 2018), 246ff
- 16.10 Barthel, Rainer u.A. „Dach Atlas Geneigte Dächer“ (Institut für internationale Architektur-Dokumentation München, 2002), 97ff
- 16.11 Giebler, Georg u. A. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008), 129
- 16.12 Hestermann, Ulf und Rongen, Ludwig, „Baukonstruktionslehre 2“ (Springer Vieweg, 2018), 251
- 16.13 Hamburg Behörde für Kultur und Medien „Praxisilfe Denkmalpflege“

[Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

GENEIGTES DACH

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

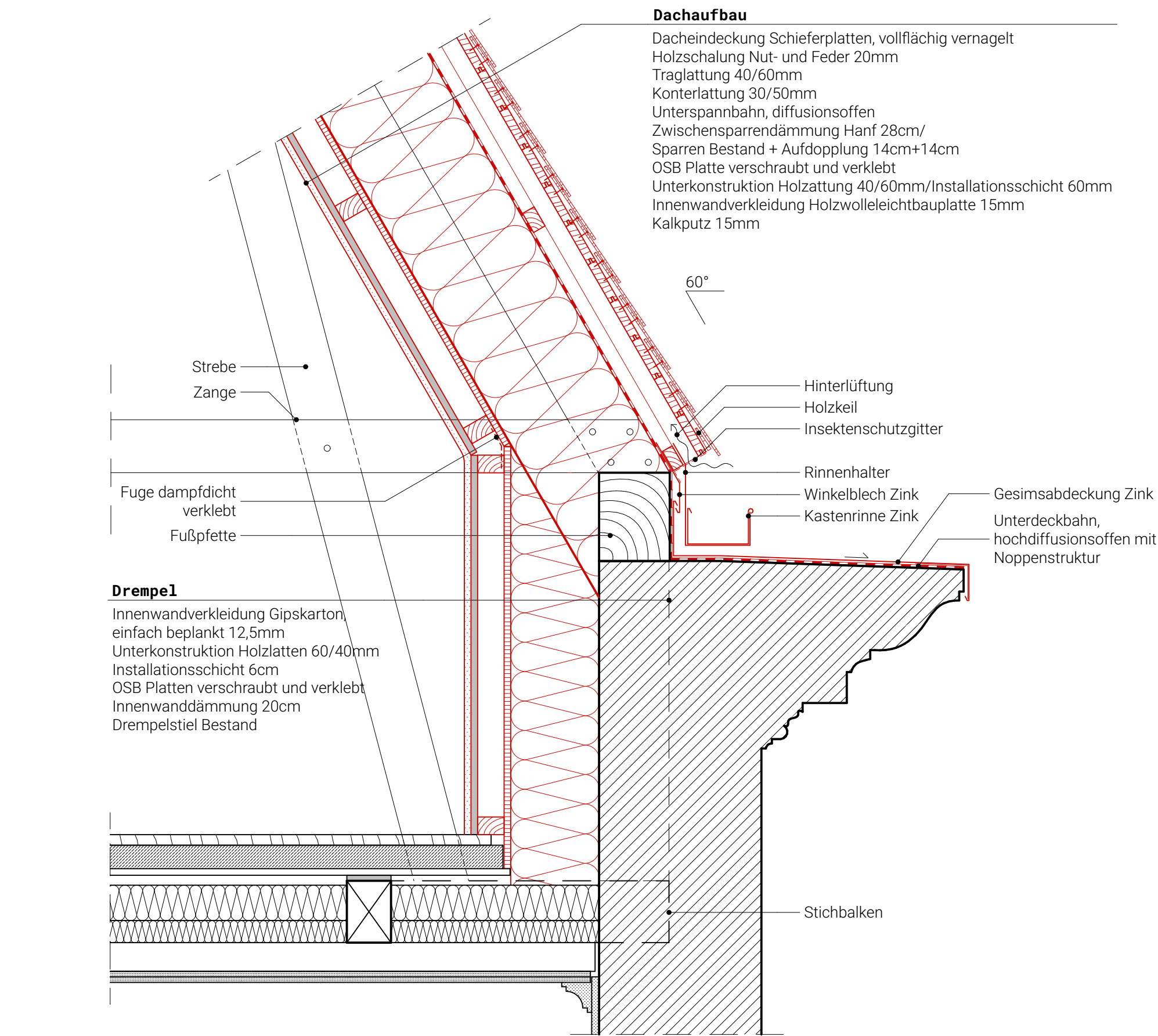


Abb. 16.13: Detail Kreislaufgerechte Sanierung, M 1:10

Das Dach als solches ist in großen Teilen schon sehr kreislaufgerecht aufgebaut. Das Haupttragwerk sowie die Unterkonstruktionen nach innen und außen bestehen aus Holz, es handelt sich also um eine sortenreine Konstruktion. Mit Holz hat man außerdem einen nachwachsenden Rohstoff. Hinzu kommt, dass die Bauteile aus Holz alle durch Verschraubung oder Vernagelung miteinander verbunden sind, also mit lösbaren Verbindungstechniken. So lassen sie sich bei einem Rückbau sauber voneinander trennen und wiederverwenden.^{15,14} Auch bei der Dämmung hat man den Vorteil, dass auch diese zwischen die Sparren ohne weitere Befestigungsmittel eingeklemmt wird und so auch schnell wieder entfernt, werden kann. Hier ist im Blick auf die kreislaufgerechtigkeit vor allem auf das Material zu achten.^{16,15}

METHODEN

Der Einbau der Unterspannbahn ist zum einen kritisch zu betrachten, da diese meist aus einer Gitter-Kunststoffolie besteht, welche diffusionsoffen sein muss.^{16,16} Die Folie kann nach einem Rückbau nicht so einfach wiederverwendet werden und ist recht aufwendig in der Entsorgung. Jedoch ist auch hier der Einbau mit lösbaren Verbindungen positiv zu bewerten, sodass diese einfach zurückgebaut werden kann und angrenzende Bauteile nicht verunreinigt.^{16,17} Auch die Dampfbremse ist kritisch zu betrachten. Da diese komplett dicht sein muss, wird in den meisten Fällen auf den Sparren ein abdichtendes Tackerband geklebt, auf welches dann die Folie befestigt wird. An Übergängen zu anderen Bauteilen wird noch einmal zusätzlich mit einem Dichtband gearbeitet. Durch die Verwendung des Tackerbandes und des Dichtbands werden die angrenzenden Bauteile verunreinigt. Das macht einen kreislaufgerechten Rückbau und eine Wiederverwendung unmöglich.^{16,18} Zum Schluss sollte man auch einen Blick auf den Innenausbau aus Gipskartonplatten werfen. Trockenbauplatten werden nicht nur aus Naturgips hergestellt, sondern auch aus REA Gips. Das ist ein Abfallprodukt aus der Kohleindustrie. Somit sollte in baubiologischer Hinsicht die Verwendung von Gipskarton kritisch betrachtet werden, da man somit indirekt die Kohleindustrie unterstützt, welche wiederum sehr schädlich für die Umwelt ist.^{16,19} Außerdem sind Naturgips sowie

REA Gips Produkte, welche nur noch begrenzt vorhanden sind.^{16,20}

LÖSUNGEN UND ALTERNATIVEN

Es bedarf nun also Lösungen und Alternativen für die Dachbahn, die Dampfsperre, die Trockenbauplatten und den Dämmstoff. Die Dachbahn ist in den Baunormen vorgeschrieben und damit unverzichtbar. Wie schon erwähnt liegt der Vorteil bei der Dachbahn darin, dass sie nur getackert ist und somit sehr leicht zurückgebaut werden kann, ohne das darunterliegende Holz zu beschädigen. Das ermöglicht einen leichten Abbau, um das Material zu recyceln.^{16,21} Jedoch gibt es für die Dampfsperre eine Alternative. Auf diese kann verzichtet werden und stattdessen eine OSB Platte von innen an die Sparren montiert werden. OSB Platten weisen dafür die statisch notwendigen Eigenschaften auf und steifen gleichzeitig noch den Dachstuhl mit aus. Die Fugen müssen luftdicht verklebt werden (Abb. 16.14). Somit hat man zwar immer noch Kunststoff in der Konstruktion, der Anteil ist jedoch stark minimiert. Außerdem ist eine Beschädigung der Dampfsperre sehr unwahrscheinlich, da OSB Platten sehr robust sind. Sie eignen sich daher auch sehr gut als Untergrund um problemlos den Innenausbau daran anzubringen.^{16,22} Auch für den Trockenbau gibt es kreislaufgerechte Alternativen aus Naturprodukten. So zum Beispiel Holzwolle Leichtbauplatten, auch bekannt als Sauerkrautplatten (Abb. 16.15). Die Platten bieten Wärmeschutz, Wärmespeicher, Schallschutz und wenn sie als mineralisch gebundene Varianten benutzt werden auch Brandschutztechnische Eigenschaften. Auf die Platten kann dann ohne zusätzliche Grundierung Kalk- oder Lehmputze aufgetragen werden (Abb. 16.16).^{16,23} Bei der Dämmung gibt auch noch das Potential kreislaufgerechter zu werden. In Konventionellen Sanierungen wird meist auf mineralische Dämmstoffe zurückgegriffen.^{16,24} Hier gibt es inzwischen die verschiedensten Alternativen, wie zum Beispiel Hanf, was besonders für eine Dachsanierung von Vorteil sein kann (Abb. 16.17). Hanf wird aus den Stängeln der Hanfpflanze hergestellt und durch Zusatz von Borsalzen erreicht der Dämmstoff die Brandschutzklasse B2. Für die Stabilität der Dämm-

matten werden pflanzliche Stützfasern hinzugefügt. Hanf weist gute Eigenschaften hinsichtlich Wärmedämmung und Schallschutz auf. Die Wärmeleitfähigkeit der Dämmplatten beträgt 0,04-0,045 W/mk. Hinzu kommt, dass Hanffasern durch einen hohen Gehalt an eingelagerter Kieselsäure sehr feuchtebeständig sind und somit auch fäulnisresistent. Das sorgt wiederum auch für ein gutes Raumklima. Insgesamt sind die Dämmplatten aus Hanf sehr flexibel und eignen sich sehr gut für Zwischensparrendämmung.^{16,25}

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit lässt sich sagen, dass OSB Platten sehr gut abschneiden. Sie sind sehr preiswert im Kauf und einfach zu montieren. Sie stellen daher eine gute Alternative zur ganzflächigen Dampfsperre dar.^{16,26} Holzwolle Leichtbauplatten sind einfach zu montieren, jedoch sehr kostspielig. Die Herstellung ist außerdem sehr energieaufwendig. Es wird zuerst Holzwolle aus Nadelholz hergestellt und mit Magnesit und Zement vermischt. Die Platten werden dann in einem mehrstufigen Prozess gepresst und getrocknet.^{16,27} Hier muss abgewogen werden, ob man den höheren Preis in Kauf nimmt oder doch wieder auf die Gipskartonplatte zurückfällt. Zieht man jedoch in Betracht was genau alles hinter einer Gipskartonplatte steckt, empfiehlt es sich in eine Holzwolle Leichtbauplatte zu investieren, da man so zum einen auf ein schwindenden Rohstoff wie Gips verzichtet und nicht weiter indirekt die Kohleindustrie unterstützt, wie anfangs erwähnt. Auch bei der Dämmung spielen hauptsächlich die Kosten eine Rolle. Hanfdämmung liegt insgesamt im mittleren Preissegment der Dämmstoffe, jedoch über Mineraldämmung.^{16,28} Da die Wärmeleitfähigkeit der Hanfdämmung etwas schlechter ist als von Mineralwolle, muss das Dämmpaket und die Aufdopplung der Sparren im Vergleich zur konventionellen Sanierung auch noch etwas stärker ausgeführt werden, um den gleichen U-Wert zu erreichen. (siehe Abb. 16.18) Daher heißt es auch hier wieder abzuwägen wie viel man in seine Dämmung investieren möchte. Wenn die Raumhöhe es zulässt, sollte man jedoch auch hier die vielen guten Eigenschaften der Hanfdämmung beachten und in ein gesundes Raumklima investieren.



Abb. 16.14: Dampfsperre OSB Platten



Abb. 16.15: Holzwolle-Leichtbauplatte



Abb. 16.16: Holzwolle-Leichtbauplatte verputzt



Abb. 16.17: Hanfdämmung

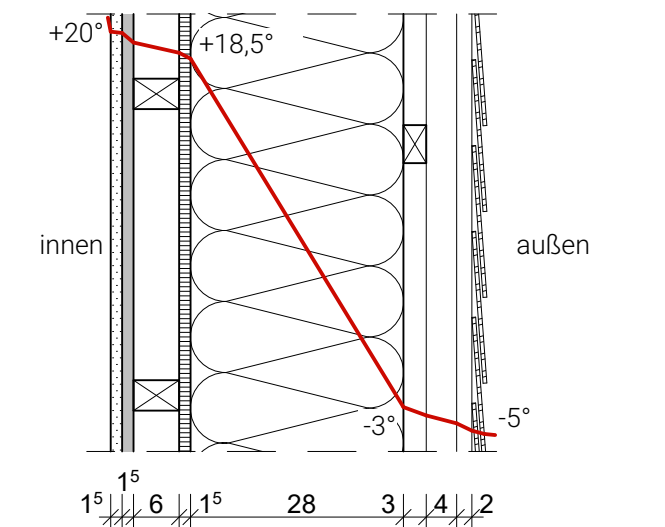


Abb. 16.18: Taupunkt-Diagramm

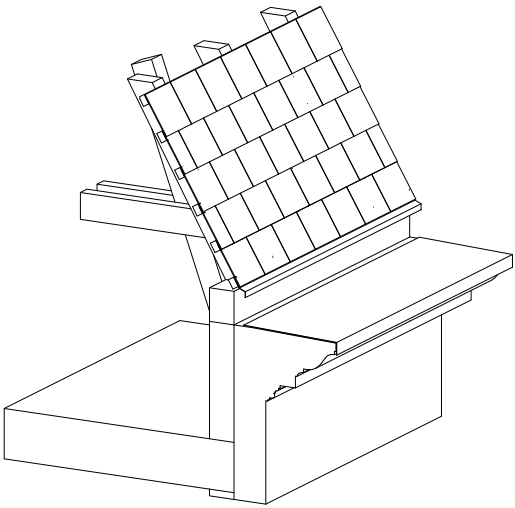
QUELLEN

- 16.14 <https://www.baunetzwissen.de>, „Urban Mining“
- 16.15 Hestermann, Ulf und Rongen, Ludwig, „Baukonstruktionslehre 2“ (Springer Vieweg, 2018), 246
- 16.16 Hestermann, Ulf und Rongen, Ludwig, „Baukonstruktionslehre 2“ (Springer Vieweg, 2018), 253
- 16.17 www.baunetzwissen.de, „Recycling von Kunststoffdachbahnen“
- 16.18 www.bauen.de, „Dampfsperre richtig anbringen“
- 16.19 <http://blog.baunativ.de>, „Gips da nicht noch was anderes? – Ökologische Alternativen im Trockenbau“
- 16.20 www.oekologisch-bauen.info, „Hanf-Dämmung“
- 16.21 www.baunetzwissen.de, „Recycling von Kunststoffdachbahnen“
- 16.22 baukobox.de, „Dampfbremse aus OSB-Platten“
- 16.23 Hestermann, Ulf und Rongen, Ludwig, „Baukonstruktionslehre 2“ (Springer Vieweg, 2018), 248
- 16.24 www.oekologisch-bauen.info, „Hanf-Dämmung“
- 16.25 www.haus.de, „OSB-Platten: Verwendung und Einsatzgebiete“
- 16.26 materialarchiv.ch, „Holzwolle-Leichtbauplatten“
- 16.27 www.haus.de, „OSB-Platten: Verwendung und Einsatzgebiete“
- 16.28 www.haus.de, „Hanfdämmung: Eine natürliche Dämmalternative“ [Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

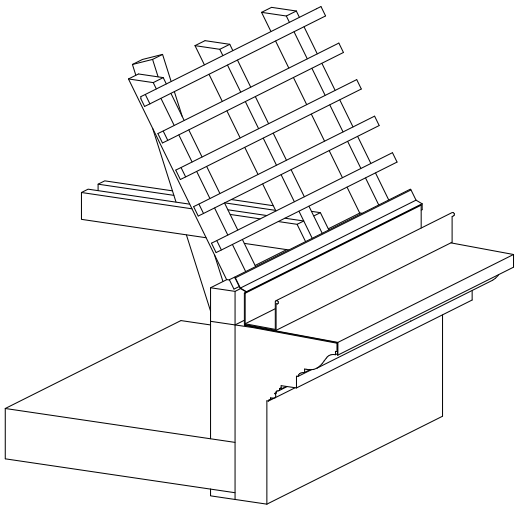
GENEIGTES DACH

ARBEITSSCHRITTE

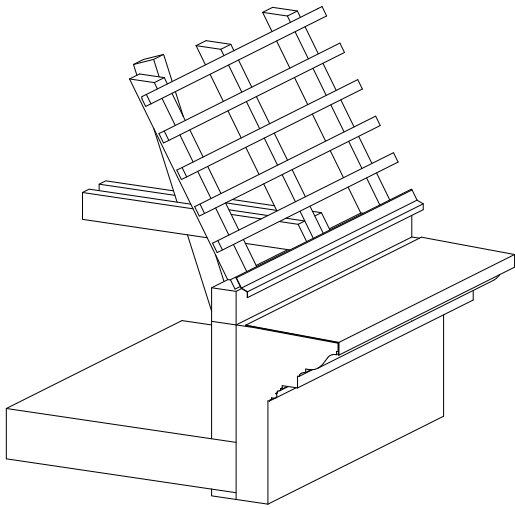
1. Rückbau Schieferplatten



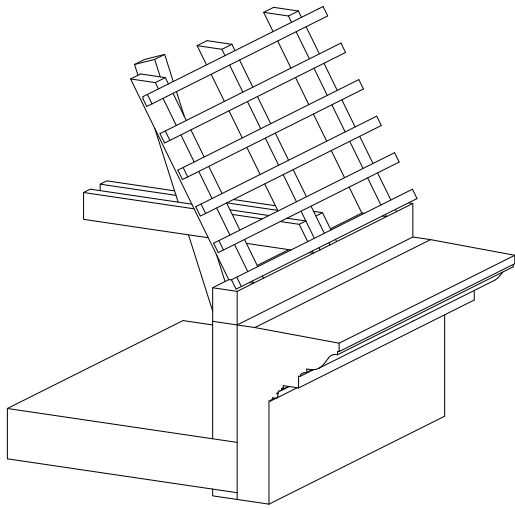
2. Rückbau Regenrinne



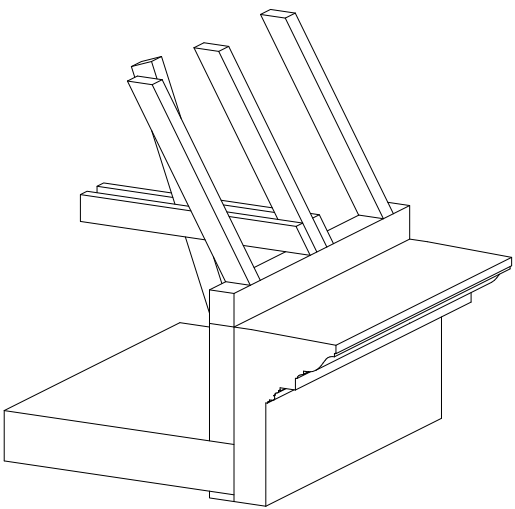
2. Rückbau Abdeckungen



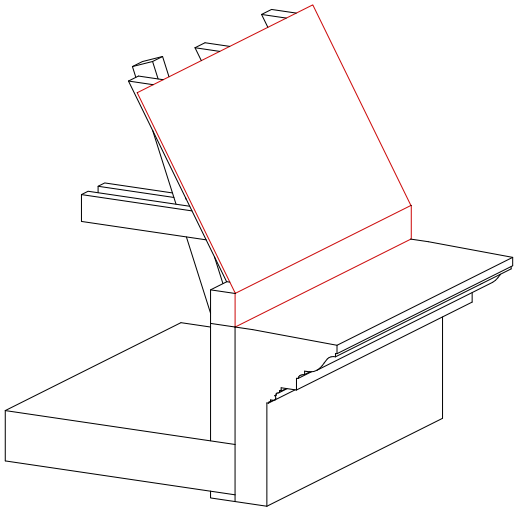
2. Rückbau Traglattung



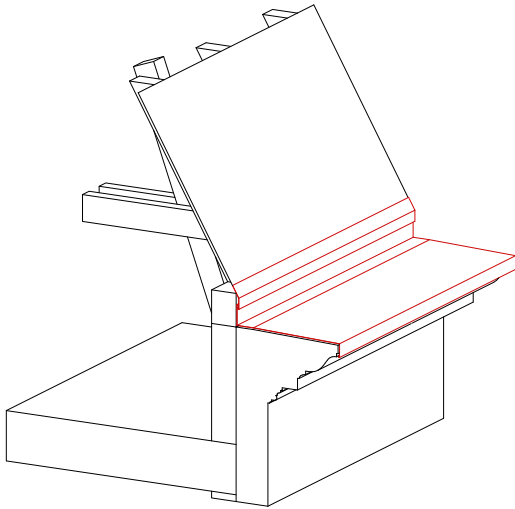
3. Freilegung er Grundstruktur



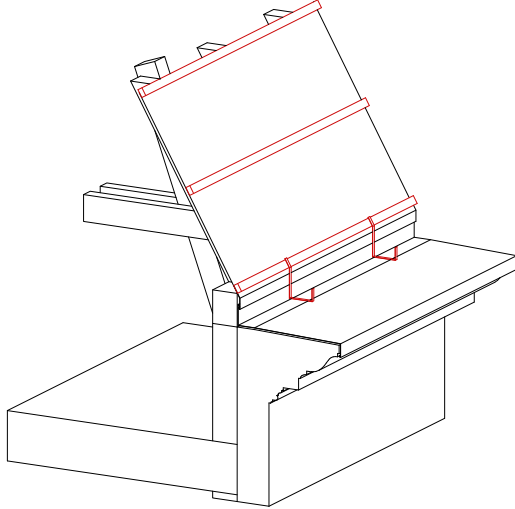
6. Unterspannbahn anbringen



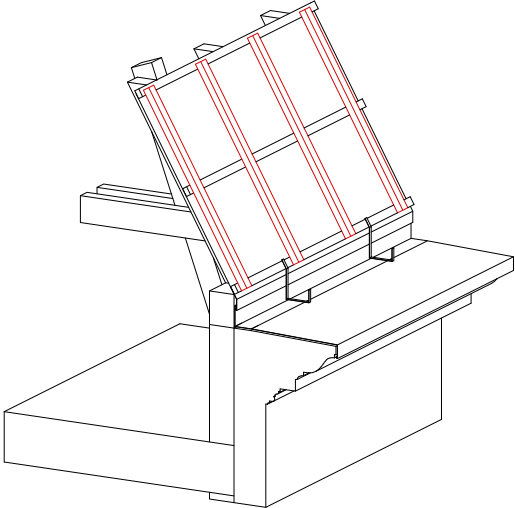
7. Abdeckung Fußpfette und Gesims anbringen



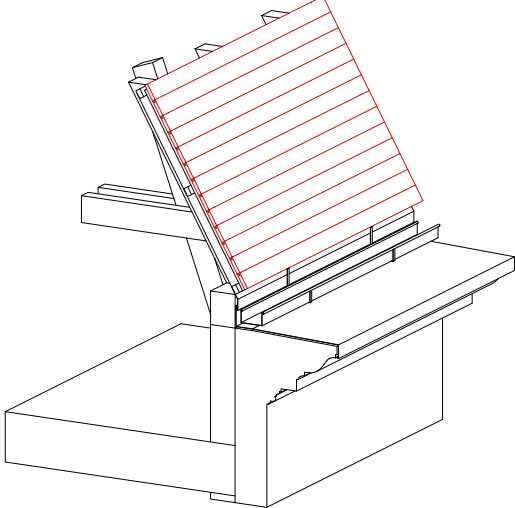
8. Konterlattung und Regenrinnenhalterung anbringen



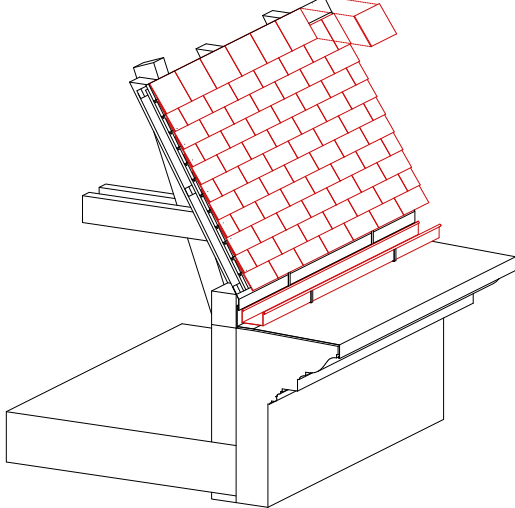
9. Traglattung anbringen



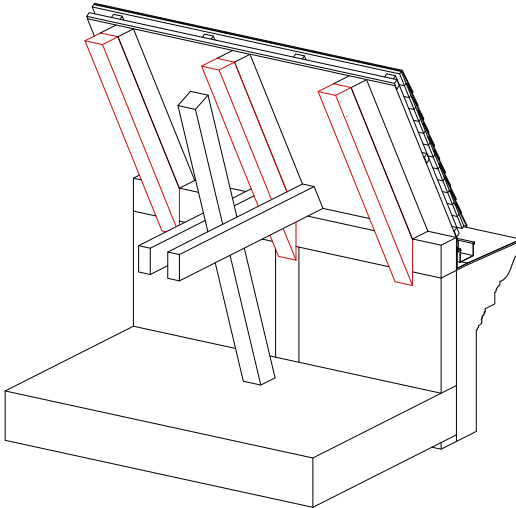
10. Nut- und Federschaltung anbringen



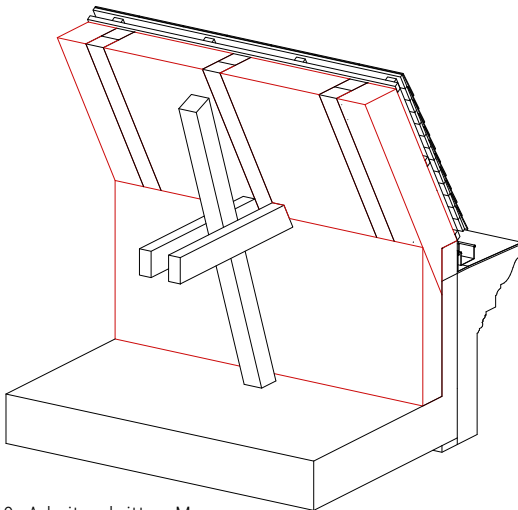
11. Schieferplatten vernageln



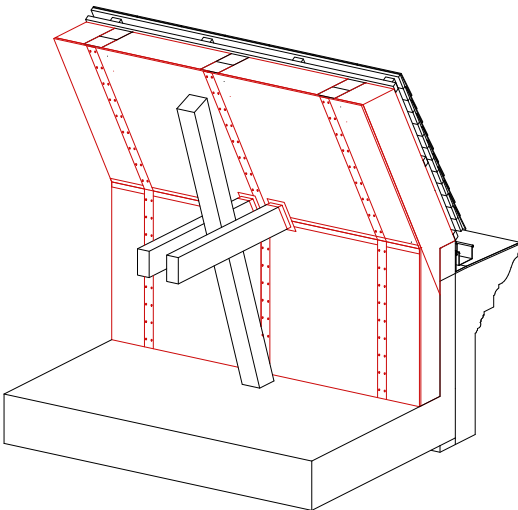
12. Sparren aufdoppeln



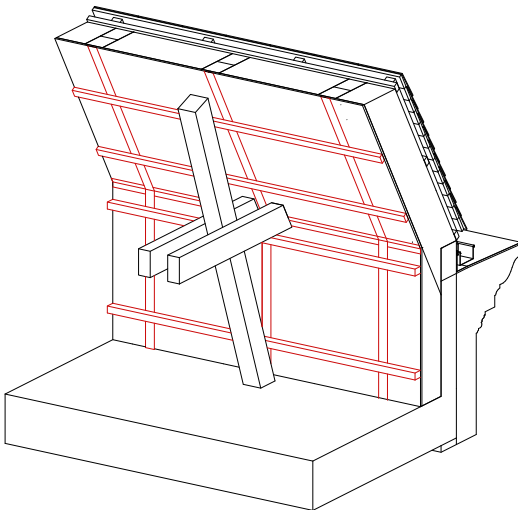
13. Dämmung



14. OSB Platten verschrauben und verkleben



15. Trockenbauunterkonstruktion aus Holz



16. Sauerkrautplatten und Putz

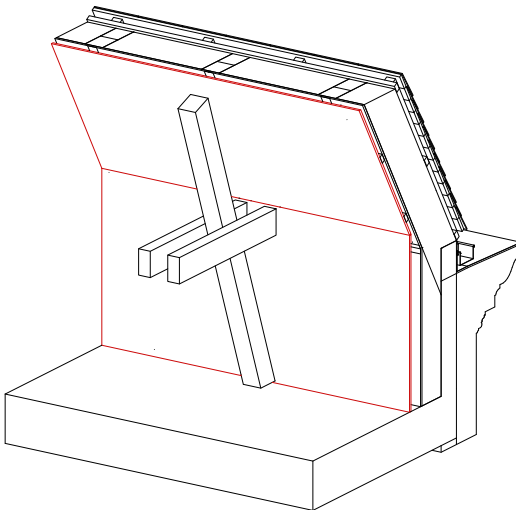


Abb. 16.19 : Arbeitsschritte o.M.

Die einzelnen Arbeitsschritte für die Kreislaufge- rechte Sanierung geneigter Dächer von Gründer- zeitgebäuden werden im Folgenden beschrieben: In den ersten vier Arbeitsschritten wird die beste- hende Konstruktion zurückgebaut:

1.Rückbau der Schieferplatten
Der Rückbau der Schieferplatten erfolgt durch das sorgfältige Entfernen der Vernagelungen. Dabei werden die Nägel, die die Platten fixieren, mithilfe eines Nageleisens oder einer Zange gelöst. ^{16.28}

2. Demontage der Regenrinne
Als nächstes wird die Regenrinne, die auf dem Gesims befestigt ist entfernt.

3. Rückbau Abdeckungen
Darauf folgt der Abriss der bituminösen Beläge und der Abdeckungen aus Blech.

4. Demontage der Traglattung
Um die Nägel oder Schrauben, die die Traglattung mit den Sparren verbinden, zu lösen, können ein Brecheisen, eine Zange oder ein Schraubendreher verwendet werden. Dabei ist es wichtig, darauf zu achten, dass keine Beschädigungen an den Sparren oder anderen Bauteilen entstehen.

5. Freilegung der Grundstruktur
Die zu sanierende Grundkonstruktion ist nun frei- gelegt. Als nächstes wird der Bestand untersucht,

gegebenenfalls müssen Sparren ausgetauscht wer- den. ^{16.29}

Nun wird die neue Konstruktion angebracht:
6. Unterspannbahn anbringen
Die Unterspannbahn wird auf den Sparren verlegt und auf die Sparren getackert. Die einzelnen Bah- nen werden überlappend verlegt und an diesen Stel- len miteinander verklebt. ^{16.30}

7. Abdeckung Fußpfette und Gesims anbringen
Die Fußpfette sowie das Gesims werden mit einer Blecheindeckung abgedeckt. Darunter wird eine Noppenbahn als Unterdeckbahn geklebt.

8. Konterlattung und Regenrinnenhalterung anbrin- gen
Die horizontale Konterlattung wird auf der Unter- spannbahn verlegt und auf den Sparren befestigt. Dadurch wird die Unterspannbahn von der Lattung zusätzlich eingeklemmt. Auf der Konterlattung wird die Halterung für die später einzuhängende Dach- rinne nach Herstellervorgaben befestigt.

9. Traglattung anbringen
Die Traglattung wird orthogonal zur Konterlattung auf dieser mit Nägeln montiert.

10. Nut- und Federschaltung anbringen
Auf der Traglattung wird eine Nut- und Federsch- alung für die Dacheindeckung befestigt.

11. Schieferplatten vernageln
Zum Abschluss werden die Schieferplatten mit großzügiger Überlappung mit Schiefernägeln auf der Nut- und Federschaltung sicher befestigt. ^{16.31}

12. Sparren aufdoppeln
Von Innen werden die Sparren mit einer weiteren Lage Sparren an der Unterseite aufgedoppelt. ^{16.29}

13. Dämmung
Als nächstes wird zwischen die Sparren die Däm- mung aus Hanf eingesetzt.

14. OSB Platten verschrauben und verkleben
Als dampfsperrende Ebene werden OSB-Platten vor die Dämmung montiert, miteinander verschraubt und die Fugen anschließend mit einem Dichtband verklebt.

15. Trockenbauunterkonstruktion aus Holz
Für die spätere Installationsebene wird eine Unter- konstruktion aus Holzlatten auf den OSB Platten befestigt. Dort können später die Kabel verlaufen und gleichzeitig wird eine Beschädigung der dampf- sperrenden Ebene durch Bohrungen für Installatio- nen verhindert.

16. Sauerkrautplatten und Putz
Im letzten Schritt werden die Sauerkrautplatten auf der Unterkonstruktion verschraubt und mit Kalk- putz verputzt.

QUELLEN

- 16.29 Baunetz Wissen. „Befestigungselemente“. Zugriff 10.01.25. <https://www.baunetzwissen.de/schiefer/fachwissen/zubehoer- wartung/befestigungselemente-1576653>
- 16.30 Giebel, Georg u. A. "Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Er- gänzung" (Birkhäuser, 2008), 151ff.
- 16.31 Hestermann, Ulf und Rongen, Ludwig. „Baukonstruktionslehre 2“ (Springer Vieweg, 2018), 246ff

FLACHDACH

BESTAND

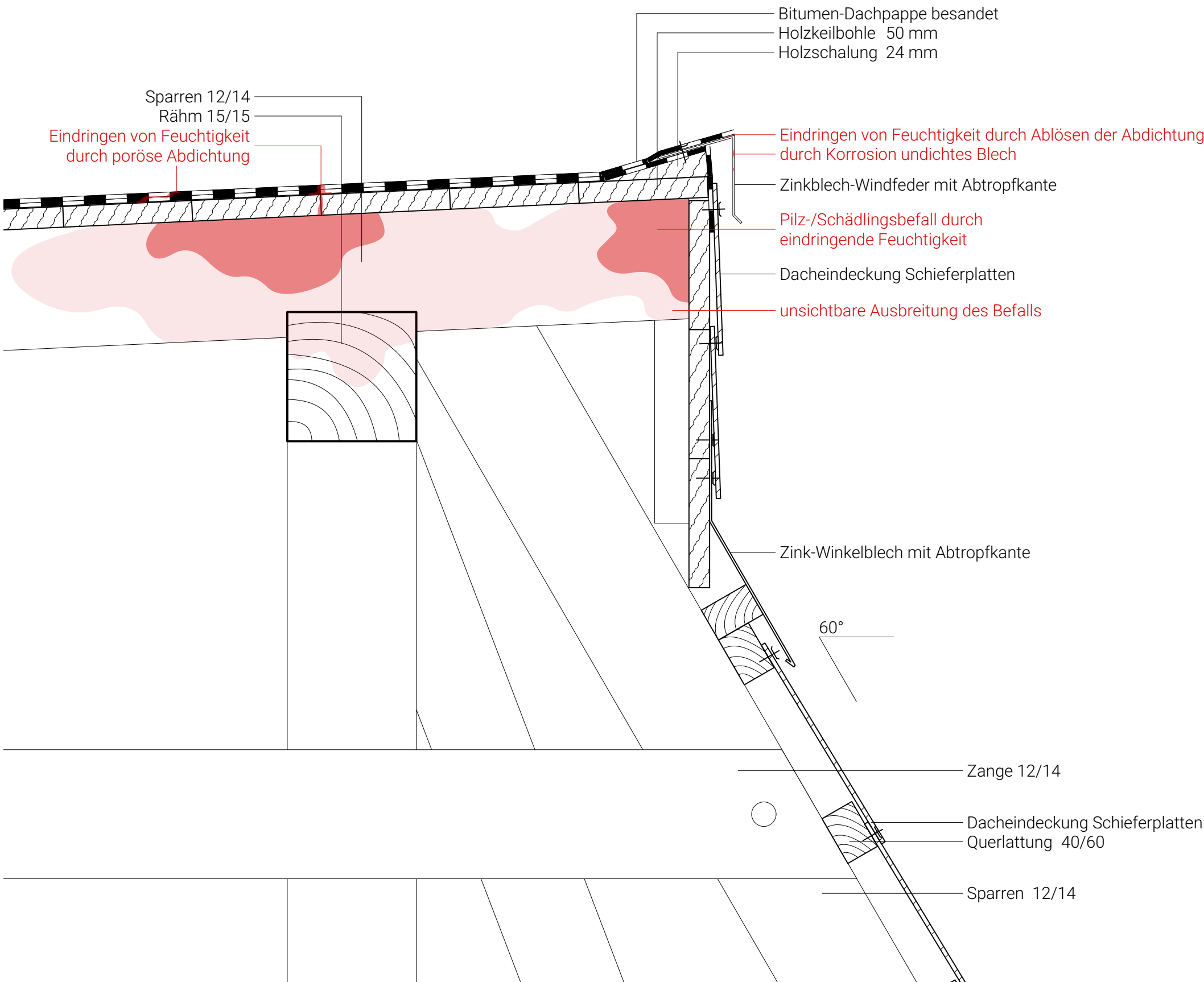


Abb. 17.1: Zeichnung Bestand - Flachdach mit Übergang zum geneigten Dach - M1:5

BESTAND

Dächer gründerzeitlicher Gebäude sind i. d. R. als unsymmetrisches Mansarddach ausgebildet, bestehen also aus einem Flachdachteil, einem geneigten Teil und einem senkrechten Dachübergang.^{17.1} Auf das Mauerwerk der Außenwände wird hierfür ein hölzerner Dachstuhl aufgesetzt, welcher nach dem Drempel zunächst eine geneigte Dachfläche ausbildet, woran dann nach einem senkrechten Versprung das Flachdach anschließt (Abb. 17.2-17.4). Der Dachstuhl besteht hier aus Holzbalken, die in zwei Ebenen orthogonal zueinander verlaufen, und der zur oberen Balkenlage quer verlaufenden aufgeschraubten Holzschalung mit einer Stärke von etwa 24 mm (Abb. 17.5 und 17.6). An den Rändern des Flachdachs wird darauf noch eine Holzkeilbohle als Aufkantung aufgeschraubt. Die oberste Ebene besteht aus einer zweilagigen, verschweißten bituminösen Abdichtung, welche als wasserführende Schicht dient. Diese wird am Rand senkrecht nach unten weitergeführt. Zusätzlich wird an den Kanten eine Zinkblech-Windfeder angebracht, welche von oben mit der Holzkeilbohle verschraubt wird. Die Windfeder überlappt mit der Schieferdeckung des senkrechten Teils und verhindert damit das Eindringen von Feuchtigkeit. Sie kann oberhalb der Abdichtungen angebracht werden, oder, wie in diesem Fall, zwischen den beiden Abdichtungsebenen liegen.^{17.2} Der Übergang zum geneigten Dach wird durch ein Zink-Winkelblech gebildet, welches oben hinter den Schieferplatten verschraubt wird, und unten auf einer auf der Konterlattung angebrachten Holzbohle aufliegt und damit die Schieferplatten überlappt, um so ein Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern.^{17.3}

Neben dem hier dargestellten Teerpappendach (Abb. 17.1) stellt das Holzzementdach eine weitere in der Gründerzeit übliche Form der Dachabdichtung dar. Für diese werden auf der Holzschalung vier Pappbahnen mit einem Bindemittel aus Schwefel, Pech und Teer vollflächig miteinander verklebt. Unterhalb der Abdichtung ist als Ausgleich von Unebenheiten und zur Vermeidung des Kraftübertrags auf die Abdichtung eine Gleitschicht aus Sand notwendig, oberhalb eine Kiesschicht als Schutz vor der Sonnenstrahlung. Die Windfedern werden zwischen den obersten beiden Schichten eingeklebt.^{17.4}

MÄNGEL UND SCHÄDEN

Bei Flachdächern gründerzeitlicher Gebäude sind die Mängel und Schäden den zwei unterschiedlichen Teilen des Dachaufbaus zuzuordnen: Auf der einen Seite dem Dachstuhl selbst, und auf der anderen Seite der darüberliegenden Abdichtungsebene.

Der Dachstuhl kann diverse Schäden des Holzes aufweisen, ausgelöst durch den Befall mit tierischen Schädlingen oder Pilzen, welche die Tragfähigkeit beeinträchtigen können. Insekten finden ab einer dauerhaften Holzfeuchte von ca. 10 % optimale Bedingungen für die Einnistung vor und nutzen das Holz als Nahrung und als Behausung für ihre Larven.^{17.5}

Ab einer dauerhaften Holzfeuchte von etwa 20 % und Temperaturen zwischen +3 °C und +40 °C kann es auch zum Pilzbefall kommen. Dabei sind holzerstörende und holzverfärbende Pilze zu unterscheiden. Erstere zersetzen die beiden Holzbestandteile Lignin und Zellulose, wodurch es beim Holz zu Zerfallerscheinungen kommt, welche die Tragfähigkeit des Holzes beeinträchtigen können.^{17.5} Hierbei werden die sogenannte Braun- und Weißfäule unterschieden. Braunfäule entsteht durch den vorrangigen Abbau von Zellulose, dieser äußert sich in Form von Würfelbruch und einer dunklen Verfärbung des Holzes. Weißfäule ist zunächst als weiße, punktförmige Flecken auf der Oberfläche des Holzes erkennbar, bevor das Holz dann insgesamt leichter, heller und schließlich schwammig wird. Sie entsteht durch den zeitgleichen Abbau von Zellulose und Lignin.^{17.6}

Einer der bekanntesten der holzersetzenden Pilze ist der echte Hausschwamm, welcher neben dem Befall von Nadelholz auch auf Mauerwerk übergreifen kann. Holzverfärbende Pilze wie beispielsweise Schimmelpilze dagegen lösen keine Zersetzung des Holzes aus, können aber durch die Zerstörung von Beschichtungen ggf. dennoch das Eindringen von Feuchtigkeit begünstigen.^{17.5}

Die Abdichtungsebene kann insofern schadhaft sein, als dass Bitumen durch ständige Bewitterung und UV-Strahlung zunehmend versprödet bis hin zu einer dadurch bedingten möglichen Rissbildung. Auch Nahtbrüche, Dachhautfalten und daraus

resultierende Dachhautbrüche können das Eindringen von Feuchtigkeit ermöglichen. Vor allem im Fall einer bereits erfolgten Sanierung kann es auch durch nicht vollständig entfernten Schmutz und die damit einhergehende zwischen den Ebenen eingeschlossene Feuchtigkeit zur Blasenbildung und damit weiteren Beschädigungen kommen.^{17.7}

Flachdächer sollten auch immer auf stehendes Wasser überprüft werden, da dieses sowohl den Abbau des Bitumens beschleunigt als auch durch Frostbildung zur Beschädigung der Abdichtung beitragen kann.^{17.7} Flachdächer aus der Gründerzeit weisen i. d. R. aber eine ausreichend große Neigung von mindestens 4 % auf, um stehendes Wasser auf der Dachfläche zu verhindern.^{17.4} Dennoch kann es zur Bewachsung in Form von Moosen und Algen kommen (Abb. 17.4). Dies ist insbesondere im Winter kritisch, da die Pflanzen das Regenwasser speichern, welches dann gefriert und so zu Beschädigungen der Dachhaut führen kann.^{17.6}

Weitere Schäden können allgemein durch das Eindringen von Feuchtigkeit an kritischen Stellen ausgelöst werden. Dazu gehören insbesondere Dachrinnen und Fallrohre, aber auch die Durchdringungen der Dachhaut für Leitungen, Oberlichter etc. Die Anschlüsse an Durchdringungen sollten stets aus der wasserführenden Ebene herausgeführt werden, und auch die vorgegebenen Anschlusshöhen an Dachanschlüssen müssen eingehalten werden.^{17.8}

Das durch die beschädigte Dachhaut eindringende Wasser kann dann im Innenraum wiederum weiterführende Schäden auslösen, wie beispielsweise die bereits beschriebenen Schäden am Dachstuhl.

Des Weiteren können die Zinkbleche und ggf. auch die Schrauben von Korrosion betroffen sein und somit ihren Zweck nicht mehr erfüllen, sodass sie ausgetauscht werden müssen.

Zu beachten ist außerdem, dass das Dachgeschoss i. d. R. nicht gedämmt ist. In Abhängigkeit von der zukünftigen Nutzung muss hier also ggf. noch eine Wärmedämmung ergänzt werden.



Abb. 17.2: Blick auf Flachdach und Übergang zu geneigtem Dach



Abb. 17.3: Übergang zu geneigtem Dach



Abb. 17.4: Flachdach neben erhöhtem Gebäudeteil

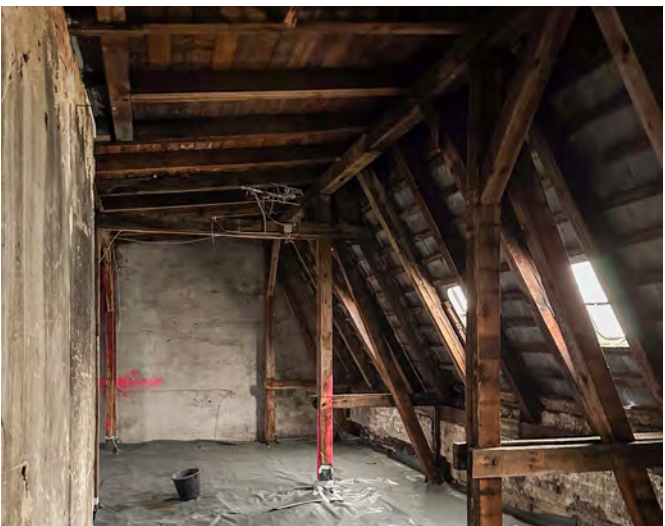


Abb. 17.5: Dachgeschoss mit Dachstuhl



Abb. 17.6: Dachstuhl mit Übergang von Flachdach zu geneigtem Dach

QUELLEN

- 17.1 Ahnert, Krause. „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 - zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz“ (Huss, 2009). 172.
- 17.2 eigene Bestandsanalyse des Referenzgebäudes
- 17.3 Armend, Holger. „Historische Bauten, Dächer, Instandsetzung“ (Vorlesung, 2024).
- 17.4 Giebel, Georg et al. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008). 152.
- 17.5 Giebel, Georg et al. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008). 86 ff.
- 17.6 Maier, Josef. „Schadhafte Dachstühle und Dächer“. dach+holzbau, 01 (2011). Zugriff 09.11.2024. https://www.dach-holzbau.de/artikel/bhw_Schadhafte_Dachstuehle_und_Daecher-3041067.html
- 17.7 Baunetz Wissen. „Schäden an Bitumenbahnen und deren Ursachen“. Zugriff 09.11.24. <https://www.baunetzwissen.de/flachdach/fachwissen/bitumendachbahnen/schaeden-an-bitumenbahnen-und-deren-ursachen-156021>
- 17.8 Baunetz Wissen. „Einführung: Sanierung und Schäden beim Flachdach“. Zugriff 09.11.24. <https://www.baunetzwissen.de/flachdach/fachwissen/schaeden-sanierung/einfuehrung-sanierung-und-schaeden-beim-flachdach-1325939>

FLACHDACH

KONVENTIONELLE SANIERUNG

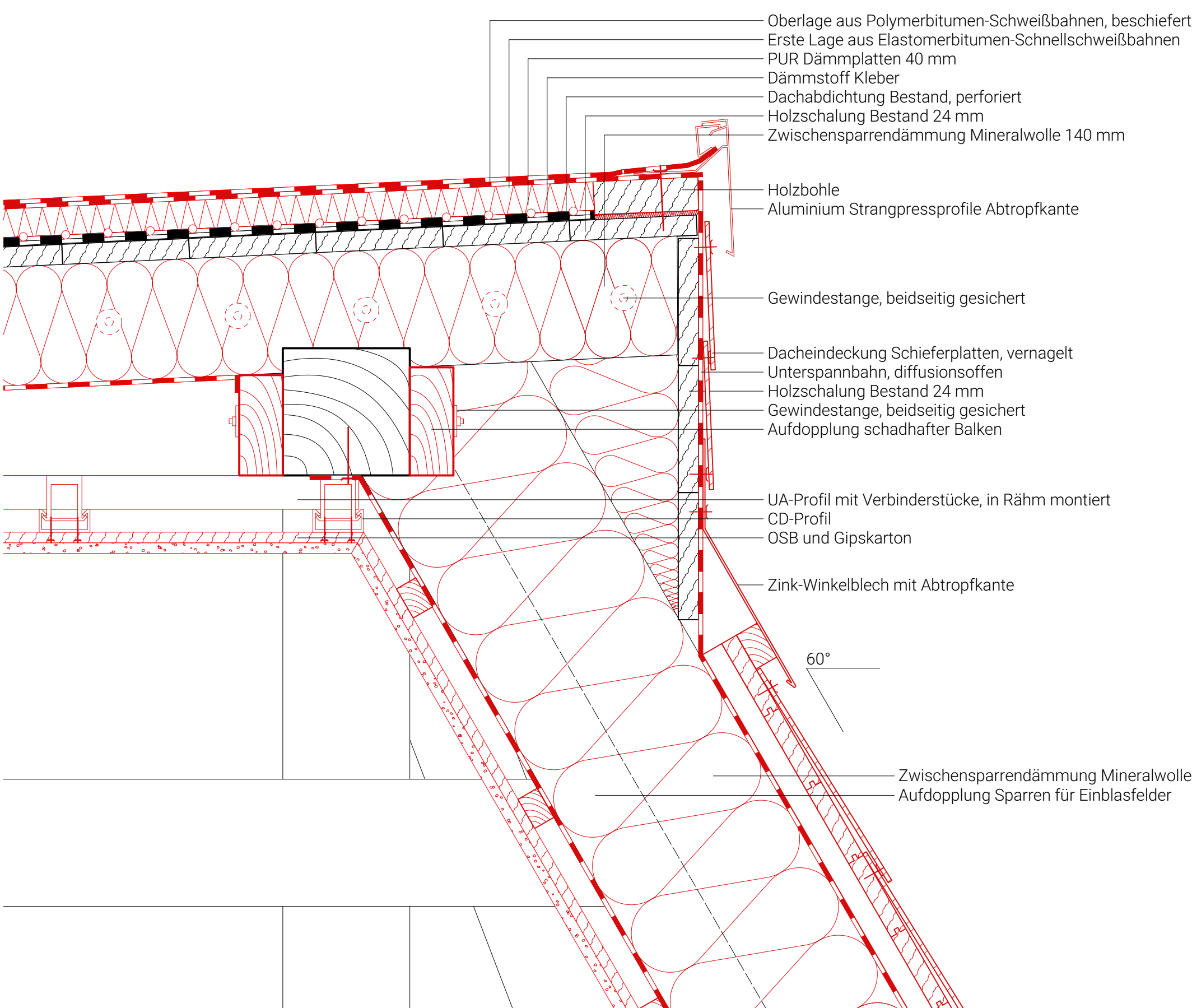


Abb. 17.7: Zeichnung Vorschlag für eine konventionelle Sanierung - Flachdach mit Übergang zum geneigten Dach - M1:5

SANIERUNGSMASSNAHMEN DACHSTUHL

Wird ein Schädlingsbefall des Dachstuhls festgestellt (Abb. 17.8), kann es ausreichen, die betroffenen Stellen großzügig zu entfernen, vorausgesetzt der verbleibende Restquerschnitt weist noch eine ausreichende Tragfähigkeit auf.^{17.5} Andernfalls können die Schädlinge auch mittels Heißluft-, Begasungs- oder Hochfrequenzverfahren behandelt werden. Für die ersten beiden Verfahren muss der Dachstuhl vollständig luftdicht in Folie eingepackt werden. Beim Heißluftverfahren wird dann mindestens 60 °C heiße Luft eingebracht, welche die Insekten mit- samt ihrer Larven und Eier abtötet.^{17.6} Dabei gilt es aus Brandschutzgründen allerdings darauf zu achten, dass die Oberflächentemperatur des Holzes 120 °C nicht überschreitet.^{17.5} Beim Begasungsverfahren wird anstelle der heißen Luft Gas eingefüllt, welches drei bis fünf Tage in der Folie verbleibt und in dieser Zeit die Schädlinge abtötet. Für die dritte Methode, das Hochfrequenzverfahren, werden die betroffenen Hölzer mit einem sogenannten Hochfrequenzgenerator abgefahren, welcher in einer Tiefe von bis zu 50 cm die Schädlinge abtötet. Da das Verfahren auf die H₂O-Moleküle einwirkt und die Schädlinge dadurch innerhalb von Sekundenbruchteilen abgetötet werden sind allerdings hohe Sicherheitsvorkehrungen und Erfahrung im Umgang mit Hochfrequenzen notwendig.^{17.6}

Liegt ein holzerstörender Pilzbefall vor, kann eine Sanierung nur durch den vollständigen Austausch der betroffenen Bauteile erfolgen.^{17.5} Hierfür müssen diese großzügig entfernt werden, da das Pilzmycel bereits unsichtbar noch weit in den scheinbar gesunden Teil der Konstruktion vorgedrungen sein kann.^{17.6} Im Anschluss können die Balken dann entweder durch Laschen oder Holzbalken des gleichen Querschnitts, welche mittels Verblattung (Abb. 17.8) mit den restlichen Bestandsbalken verbunden werden, ersetzt werden. Kleinteiligere Bauteile können zur Verbindung auch mit speziellen Zapfen versehen werden. Zusätzlich sollte im Nachgang in allen Fällen ein chemischer Holzschutz aufgetragen werden, um einem erneuten Befall vorzubeugen. Im Fall des echten Hausschwamms sollte auch das angrenzende Mauerwerk ausgetauscht werden.^{17.5}

SANIERUNGSMASSNAHMEN ABDICHTUNG

Dringt die Feuchtigkeit nur an einzelnen, genau zu lokalisierenden Stellen ein, und ist das Dach insgesamt noch in einem guten Zustand, reicht es aus, die entsprechenden Stellen erneut abzudichten. Dazu kann beispielsweise ein Flicker aus dem gleichen Material, also z. B. der gleichen bituminösen Abdichtung, aufgebracht und allseitig verschweißt werden. Alternativen sind flüssige Dichtstoffe und sogenannte Dach-Reparaturbänder.^{17.9}

Ist die Abdichtungsebene infolge von UV-Strahlung und Bewitterung schadhaft, oder der Punkt, an dem die Feuchtigkeit eindringt, nicht genau zu lokalisieren, reicht das stellenweise Ausbessern nicht mehr aus und die Abdichtung sollte stattdessen vollflächig erneuert werden. Liegt eine bituminöse Abdichtung vor, kann i. d. R. direkt auf der alten Abdichtung eine weitere Abdichtungsebene aufgebracht werden. Insbesondere bei einer neuen bituminösen Abdichtung ist allerdings darauf zu achten, dass vorhandener Schmutz vollständig entfernt wird, damit keine Blasenbildung durch eingeschlossene Feuchtigkeit stattfinden kann, da diese zu einem schnelleren Verschleiß des Daches führen würde. Um wirklich sicher zu sein, dass ein geeigneter Untergrund vorliegt kann die alte Abdichtung entfernt werden, oder eine Ausgleichsschicht vorgesehen werden.^{17.7} Alternativ kann eine neue EPDM-Abdichtung aufgebracht werden. Diese wird meist verklebt, auch über alte Bitumen-Abdichtungen^{17.10}, ist weniger UV-anfällig und hat damit eine höhere Lebensdauer^{17.3}.

Da in dem hier betrachteten Fall eine Umnutzung des Dachraumes erfolgen soll, wird auf die alte Abdichtung zunächst eine Dämmschicht aus Polyurethan-Hartschaum aufgebracht. Diese verhindert die Blasenbildung durch Unebenheiten. Hierauf wird anschließend eine neue, zweilagige bituminöse Abdichtung verlegt.

Bei einer Erneuerung der Abdichtung können die korrodierten Bleche und Schrauben ausgetauscht werden. Die Windfedern sollten durch Strangpressprofile ausgetauscht werden, um das Zurückziehen der Abdichtung (Abb. 17.9) zu verhindern.^{17.11}

SANIERUNGSMASSNAHMEN BEI UMNUTZUNG

Soll das Dachgeschoss zu Wohnungen ausgebaut werden muss der Umbau und die damit verbundene Umnutzung zunächst genehmigt werden. Hierfür ist es u. a. erforderlich, die Regelungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) einzuhalten. Laut § 16 GEG ist für Dächer von Wohngebäuden ein Transmissionswärmeverlust von maximal 0,20 W/m²K einzuhalten. Gemäß § 51 GEG gilt für die Erweiterung und den Ausbau bereits bestehender Gebäude, dass der Transmissionswärmeverlust das 1,2-fache des zuvor genannten Wertes nicht überschreiten darf.^{17.12} In Abb. 17.7 ist ein Dachaufbau dargestellt, der den angegebenen U-Wert für Neubauten einhält (s. auch Abb. 17.12). Durch die neu eingebaute Wärmedämmung und die Verkleidung der Decke muss der Dachstuhl neue Lasten aufnehmen, für welche die Querschnitte der tragenden Holzbalken ursprünglich nicht dimensioniert wurden. Sofern notwendig können die bestehenden Holzbauteile hierfür mithilfe von sogenannten Laschen oder Profilen aus Holz oder Stahl verstärkt werden (Abb. 17.10).^{17.7}

Im betrachteten Beispiel (Abb. 17.7) wird eine Zwischensparrendämmung aus Mineralwolle eingebracht. Unterseitig ist eine Dampfsperre notwendig, um das Eindringen von raumseitiger Feuchtigkeit in die Dämmebene zu verhindern. An der unteren Balkenlage werden mittels Direktabhängern UA 50- und CD-Profile abgehängt (Abb. 17.11), um die mögliche Spannweite zu erhöhen und das Durchstoßen der Dampfbremse zu vermeiden. Die Profile dienen als Unterkonstruktion für die Deckenbekleidung.^{17.13}

Soll das Dachgeschoss in mehrere Wohnungen aufgeteilt werden, ist eine Betrachtung des Brandschutzes vonnöten. Da Wohnungstrennwände nicht bis unter die Dachhaut geführt werden können, müssen die Wohnungstrennwände und Decken gemäß Musterbauordnung und Hamburgische Bauordnung mindestens feuerhemmend ausgeführt werden, um einen Brandüberschlag von einer Wohneinheit in die nächste zu verhindern.^{17.14+15} Aus diesem Grund wird die Beplankung der Decke aus Gipsvliesplatten, die die Brandschutzanforderungen erfüllen, hergestellt.^{17.16}

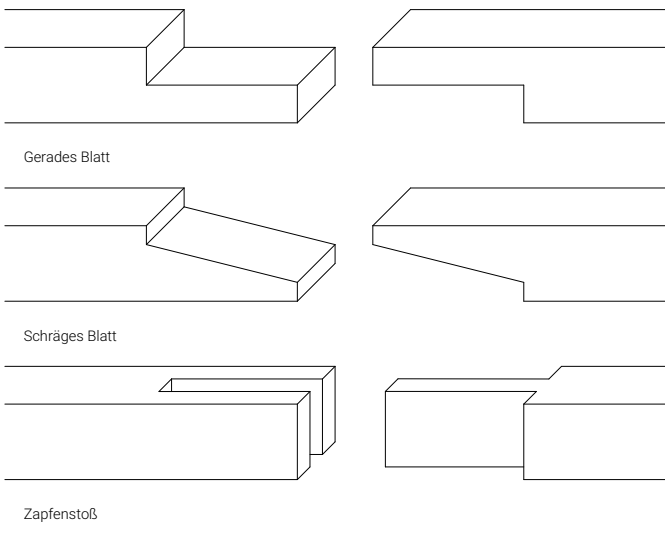


Abb. 17.8: zimmermannsmäßige Verbindungen



Abb. 17.9: Anschluss ohne Strangpressprofil wird undicht



Abb. 17.10: seitliches Verstärken der Dachpfetten

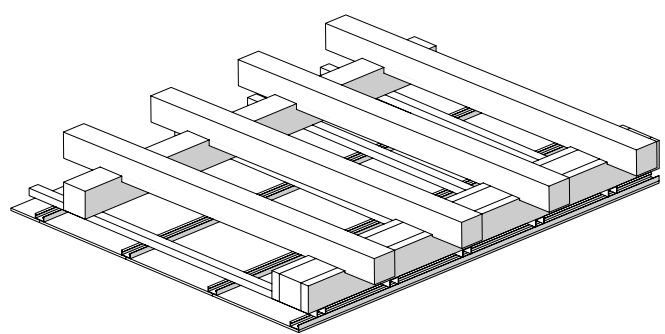


Abb. 17.11: Aufbau Konstruktion Abhängendecke

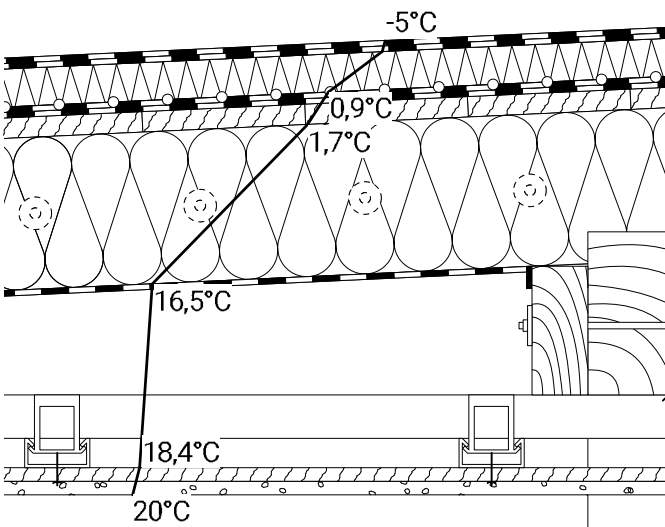


Abb. 17.12: Temperaturverteilung im Deckenaufbau

QUELLEN

- 17.9 Hanse Syntec Systems. „Bitumen & Dachpappe reparieren - so geht's!“. Zugriff 08.01.2025. <https://dachreparaturshop.de/pages/bitumen>
- 17.10 EPDM XL. „Bitumen Dachabdichtung ersetzen“. Zugriff 24.11.2024. <https://www.epdmxl.de/blog/bitumen-dachabdichtung-ersetzen/>
- 17.11 Hillebrandt, Riegler-Floors u. A. „Atlas Recycling - Gebäude als Materialressource“ (Edition Detail, 2021). 51.
- 17.12 §§ 16, 51 und Anlage 1 GEG (2020, letzte Änderung 16.10.2023)
- 17.13 Knauf. „Detailblatt - Knauf Gipsplattendecken“. 13. Zugriff 24.11.2024. https://s7g10.scene7.com/is/content/knauf/D11_AT_KNAUF_GIPSPLATTENDECKEN_2018-09.pdf
- 17.14 §§ 27 und 29 MBO (2002, letzte Änderung 23./24.11.2023)
- 17.15 §§ 27 und 29 HBauO (2005, letzte Änderung 13.12.2023)
- 17.16 Knauf. „Brandschutz mit Knauf Fireboard-Systemen“. Zugriff 24.11.2024. <https://knauf.com/de-DE/knauf-gips-loesungen/fachkompetenzen/brandschutz/brandschutz-im-trockenbau/brandschutz-fireboard-systeme>

FLACHDACH

KREISLAUFGERECHTE SANIERUNG

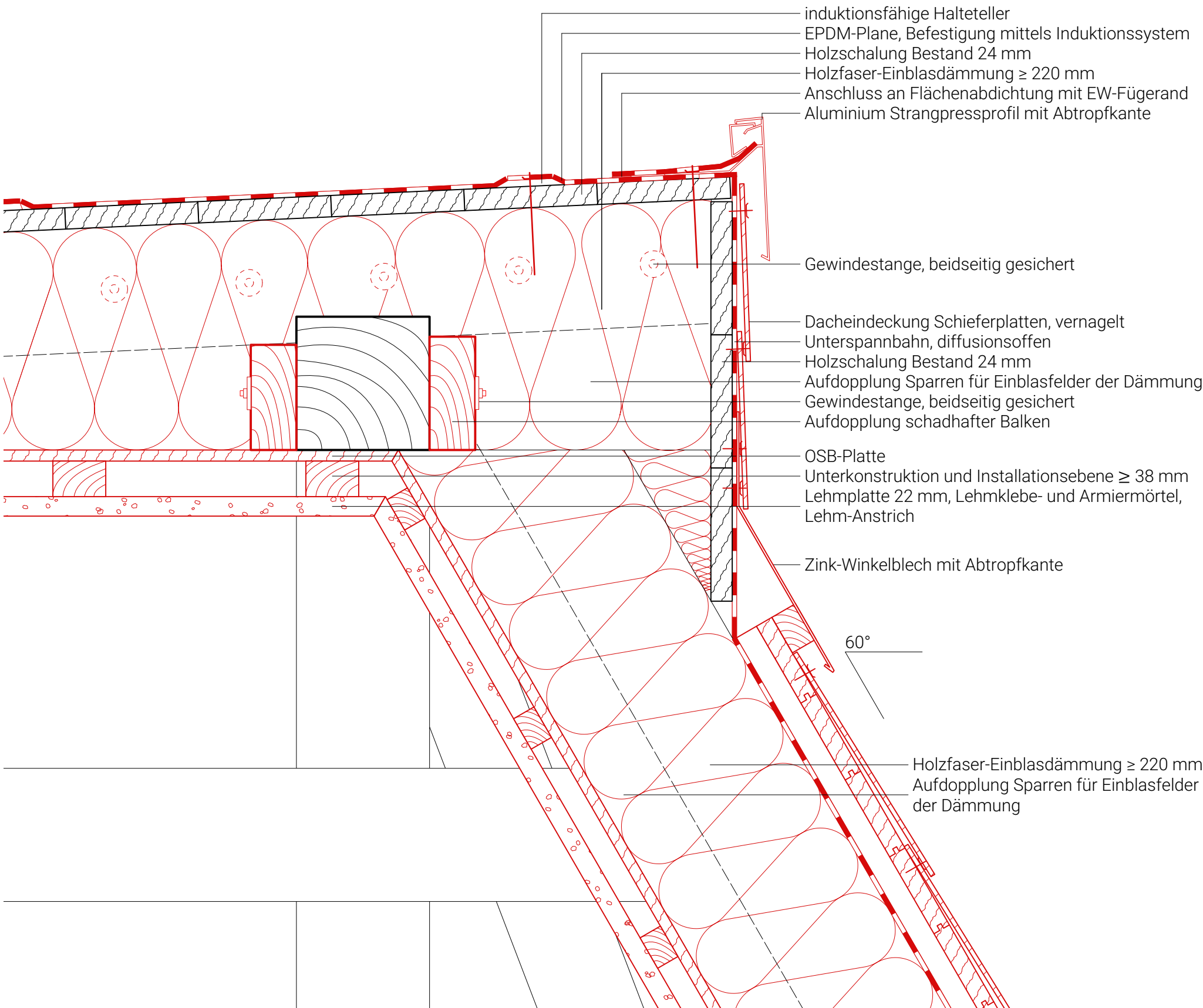


Abb. 17.13: Zeichnung Vorschlag für eine kreislaufgerechte Sanierung - Flachdach mit Übergang zum geneigten Dach - M1:5

SANIERUNGSMASSNAHMEN DACHSTUHL

Die den Dachstuhl betreffenden Sanierungsmaßnahmen sind im Fall einer kreislaufgerechten Sanierung grundsätzlich ähnlich zu den konventionellen Methoden. Auch hier müssen bei einem Schädlings- oder Pilzbefall die betroffenen Stellen großzügig entfernt und ggf. ausgetauscht werden. Das Anbringen neuer Laschen oder Holzbalken darf allerdings nur rein mechanisch, also z. B. mittels Verblattung oder speziellen Zapfenverbindungen (Abb. 17.8), erfolgen, damit die Verbindungen später wieder lösbar und die Konstruktion damit rückbaubar ist. Auch die auf der vorherigen Seite beschriebenen Verfahren zur Schädlingsbekämpfung mithilfe des Heißluft-, des Begasungs- und des Hochfrequenzverfahrens sind auch bei einer kreislaufgerechten Sanierung anwendbar.

Damit das Holz bei einem späteren Rückbau noch wiederverwendet oder recycelt werden kann und nicht zu Sondermüll wird, ist es sinnvoll, einen vorbeugenden chemischen Holzschutz zu vermeiden.^{17.17} Dies gilt auch dann, wenn nicht bekannt ist, womit der Bestands-Dachstuhl zuvor behandelt wurde, um keine Chemikalien zu vermischen. Das Aufbringen eines chemischen Holzschutzes kann nur vermieden werden, wenn die Konstruktion nach DIN 68800 in Gebrauchsklasse 0 einzustufen ist.^{17.18} Dies ist der Fall, wenn sie sich im Innenraum befindet, damit keiner Bewitterung ausgesetzt ist, und die Gefahr eines Pilz- und Insektenbefalls auszuschließen ist. Ein Pilzbefall ist bereits durch die Einbausituation bzw. die Expositionsklasse nahezu ausgeschlossen.^{17.19} Die Gefahr von Bauschäden durch Insekten kann durch den offenen Einbau, den Einbau „in Räumen mit üblichem Wohnklima“^{17.20}, durch eine allseitige insektenundurchlässige Bekleidung oder durch den Einsatz von technisch getrocknetem Bauholz verhindert werden.^{17.20} Da das Holz innerhalb bzw. teilweise oberhalb der Dämmschicht liegt, ist vermutlich nicht von einem üblichen Wohnklima auszugehen, d. h. dass vorgetrocknetes Holz genutzt werden sollte. Auch die Bestandskonstruktion sollte i. d. R. bei einer Holzfeuchte von maximal 18 % liegen^{17.21} und damit unter dem Grenzwert von 20 % für technisch vorgetrocknetes Holz^{17.20}.

SANIERUNGSMASSNAHMEN ABDICHTUNG

Soll eine vollständige Erneuerung der Dachabdichtung vorgenommen werden, bieten sich als kreislaufgerechte Alternative mechanisch befestigte Dachbahnen aus einem homogenen, recyclingfähigen Material an. Beim Entfernen bleibt die Folie dennoch nicht voll funktionsfähig, da die Befestigung die Folie i. d. R. durchdringt und beschädigt.^{17.22} Eine Ausnahme gibt es: Der Hersteller Carlisle bietet mit seinem Induktionssystem die Möglichkeit einer durchdringungsfreien und rückbaubaren Abdichtung an. Hierfür werden speziell beschichtete Halteteller auf der gesamten Dachfläche aufgeschraubt (Abb. 17.14). Die im Werk vorkonfektionierte EPDM-Plane wird dann auf dem Dach ausgelegt. Mithilfe des Induktionsgeräts werden Plane und Halteteller miteinander verschweißt (Abb. 17.15 und 17.17).^{17.23} Lediglich im Bereich des Dachrands muss die Plane zusätzlich verklebt werden.^{17.24} Der Rückbau der Abdichtung erfolgt mittels umgekehrter Induktion, wodurch sich die Beschichtung der Halteteller wieder löst und die Plane abgelöst werden kann. Bei einer Aufstockung könnte die Plane dann genauso wiederverwendet werden, lediglich die Halteteller müssten ausgetauscht werden. Die Plane kann auch auf andere Dachgrößen angepasst werden, oder nach dem Ende ihrer Nutzungsdauer sortenrein recycelt werden.^{17.22} Laut Hersteller ist die Plane UV- und ozonbeständig. Ihre Gebrauchsdauer beträgt über 50 Jahre.^{17.25} Das Verlegen ist auf diversen Untergründen möglich, darunter auch auf bituminösen Altdächern oder direkt auf einer Holzschalung.^{17.23} Da das genaue Material der Bestands-Abdichtung nicht unbedingt bekannt ist bzw. zwischenzeitlich erneuerte Abdichtungen ggf. Asbestfasern enthalten können^{17.26}, ist es sinnvoll und im letzten Fall sogar zwingend erforderlich^{17.27} die alte Abdichtung fachgerecht zu entfernen, um einen sauberen Untergrund für die neue Abdichtungsebene zu schaffen. Laut Herstellerangaben werden für diese Dachabdichtung „bis zu 30 % weniger Befestigungspunkte benötigt als bei herkömmlichen Systemen“^{17.22}. Das Dach sei schon vor dem Induktionsvorgang vor Witterung geschützt und die Verschweißung könne auch bei Regen und Minusgraden erfolgen. Insgesamt könne so Zeit und Geld gespart werden.^{17.22}

SANIERUNGSMASSNAHMEN BEI UMNUTZUNG

Bei der Umnutzung sind grundsätzlich dieselben Bedingungen zu beachten wie bei der konventionellen Sanierung. Für den Umbau des Dachgeschoss ist dementsprechend eine Wärmedämmung, die die Vorgaben des GEG erfüllt, notwendig. Als Dämmmaterial bietet sich beispielsweise eine Holzfaser-Einblasdämmung (Abb. 17.16) an, da diese auch nach vielen Jahren noch abgesaugt und wiederverwendet werden kann. Beim Einbau fällt kein Verschnitt an, da das Material passgenau die vorhandenen Hohlräume ausfüllt. Zudem kann der Dämmstoff beim Recycling laut dem Hersteller Steico wie natürliches Holz behandelt werden.^{17.28} In einer Studie zur Bewertung verschiedener Dämmstoffalternativen schneiden die Einblas- und Mattendämmstoffe aus erneuerbaren Rohstoffen am besten ab.^{17.29} Die Methode ist auch in kleinen Innenräumen anwendbar, da die Maschine und das Dämmmaterial im Außenraum gelagert werden können.^{17.28} Als Dampfbremse bieten sich OSB-Platten an, deren Stöße und Anschlüsse an andere Bauteile dampfdicht abgeklebt werden. Um die Luftdichtigkeit der OSB-Platten zu gewährleisten und sie nicht zu durchbohren, muss unterhalb noch eine Installationsebene eingeplant werden. Dies ermöglicht den Einbau von Elektroinstallationen wie Leuchten. Die Beplankung wird dazu auf einer Unterkonstruktion angebracht. Lehmplatten können die Brandschutzgipskartonplatten der konventionellen Sanierung ersetzen. Letztere sind faserverstärkte Gipsplatten mit Vliesarmierung und damit kaum zu recyceln.^{17.30} Die Lehmplatten des Herstellers Lemix sind der Brandverhaltensklasse A1 zuzuordnen, im Gegensatz zu Gipskartonplatten allerdings vollständig recyclingfähig und kompostierbar. Weitere Vorteile sind die feucheregulierenden Eigenschaften, die hohe Speichermasse und der damit verbundene zusätzliche Schutz vor sommerlicher Hitze.^{17.31} Auf den Lehmplatten wird ein Lehmklebe- und Armiermörtel mit einem Jutegewebe aufgetragen, die Oberfläche wird mit einem Lehm-Anstrich, Lehmfarbe oder Lehmstreichputz versehen.^{17.32}

Es wird also deutlich, dass eine weitestgehend kreislaufgerechte Sanierung eines gründerzeitlichen Flachdachs möglich ist.



Abb. 17.14: Aufschrauben der Halteteller für die EPDM-Plane



Abb. 17.15: Befestigung der EPDM-Plane mittels Induktionssystem



Abb. 17.16: Einbringen der Holzfaser-Einblasdämmung

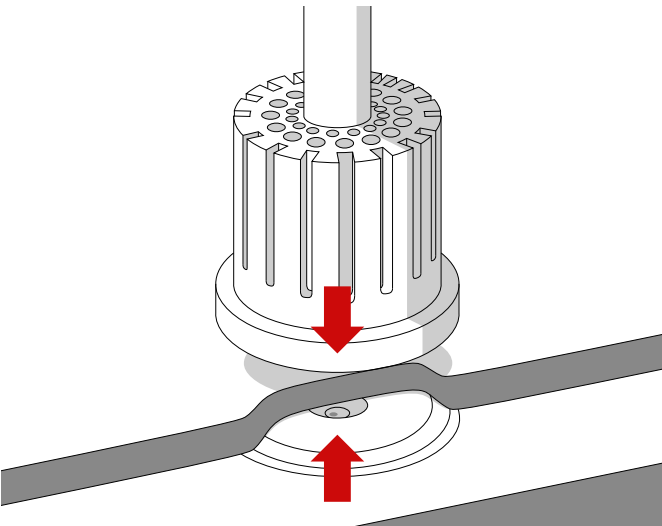


Abb. 17.17: Aufsetzen der magnetischen Kühlstangen nach Schweißvorgang

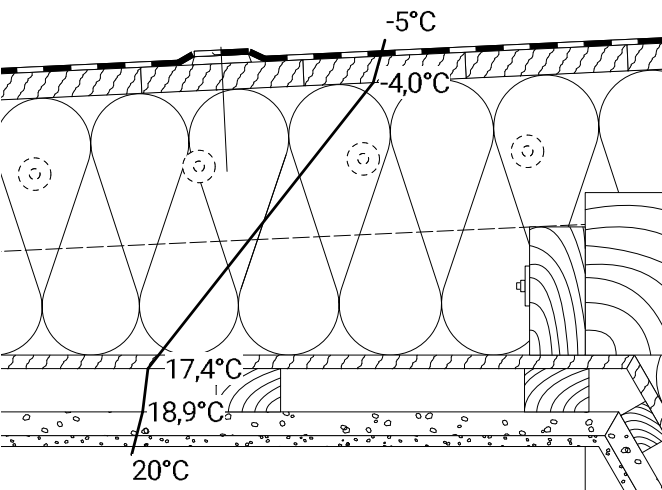


Abb. 17.18: Temperaturverteilung im Deckenaufbau

QUELLEN

17.17 Umweltbundesamt. „Altholz“.

17.18 DIN 68800-3:2020-03. Abschnitt 5.3.4, 13.

17.19 DIN 68800-1:2019-06. Abschnitt 5, 11-14.

17.20 DIN 68800-2:2022-02. Abschnitt 6.3, 14 f.

17.21 Baunetz Wissen. „Feuchtetechnische Eigenschaften von Holz“.

17.22 Carlisle. „CARLISLE® Induktionssystem für HERTALAN® Planen“.

17.23 Carlisle. „HERTALAN® Verlegeanleitung“. 44-55.

17.24 Carlisle. „HERTALAN® Verlegeanleitung“. 70.

17.25 Carlisle. „HERTALAN® Verlegeanleitung“. 12-15.

17.26 Redecker, Bernd. DD/H. „In Abdichtungen auch Asbest“ (08.08.2018).

17.27 KomNet/LIA. „Darf bei einem Flachdach eine alte asbesthaltige Bitumenabdichtung mit neuen Bitumenbahnen überdeckt werden?“ (18.03.2023).

17.28 Steico. „Produktblatt STEICOzell“.

17.29 Ifeu. „Ganzheitliche Bewertung von verschiedenen Dämmstoffalternativen“ (Endbericht zur Studie). 149 f.

17.30 Knauf. „Produkt-Datenblatt Fireboard“.

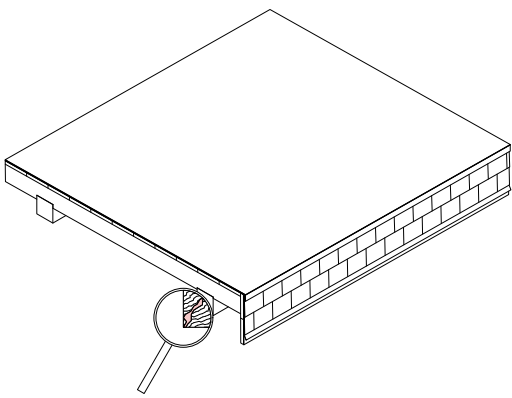
17.31 Lemix. „Lemix Lehmplatte“.

17.32 Claytec. „Leitfaden. Ökologische Trockenbauwände im System“. 50 f. [Langform der Quellenangaben s. Literaturverzeichnis]

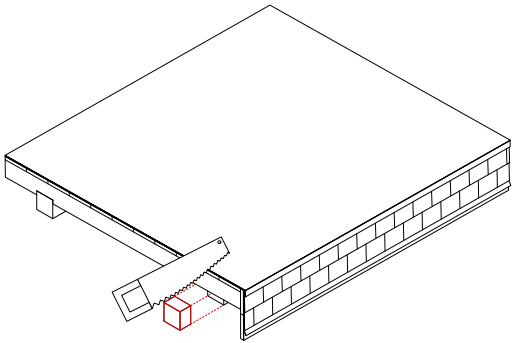
FLACHDACH

ARBEITSSCHRITTE

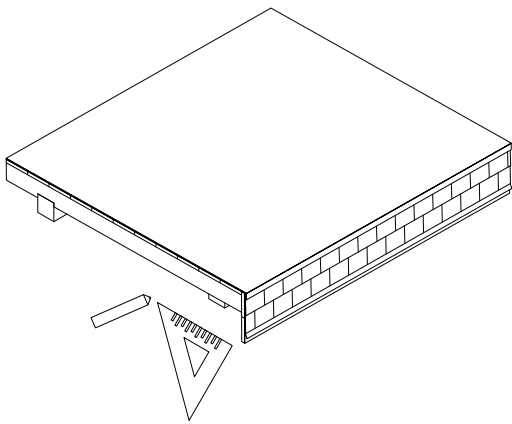
1. Untersuchung des Bestands-Dachs



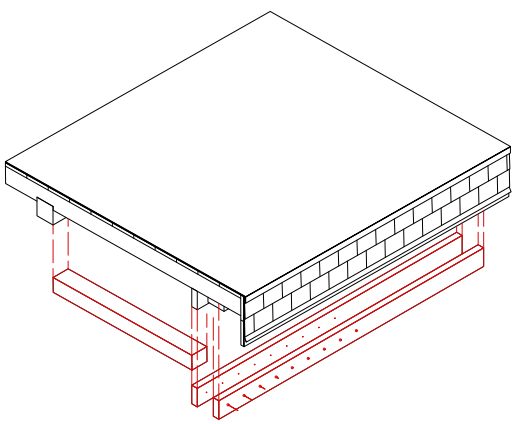
2. Entfernen beschädigter Balken



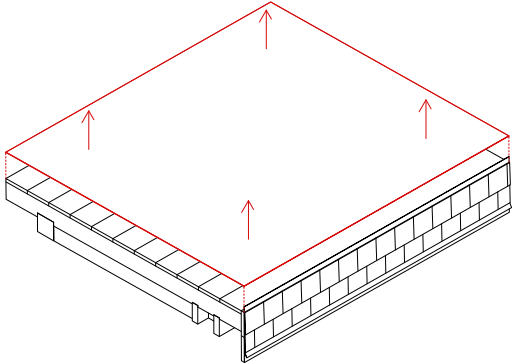
3. Aufmaß für Ersatz



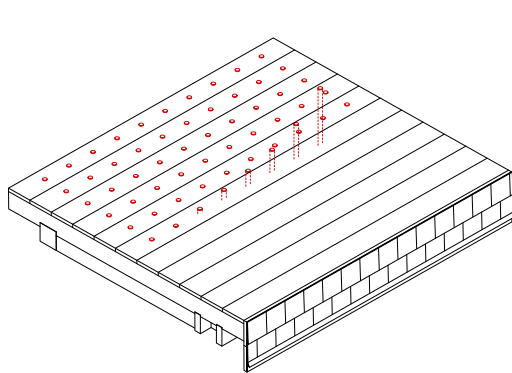
4. Einbringen der neuen Balken und Verstärkungen



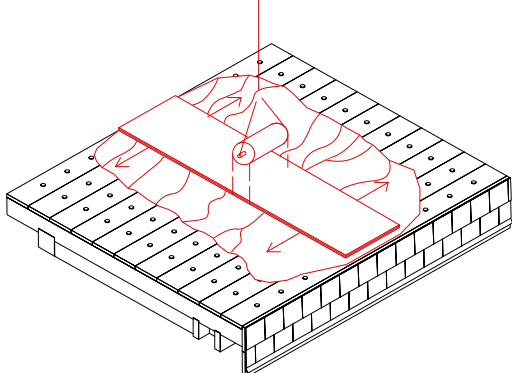
5. Entfernen der alten Abdichtung



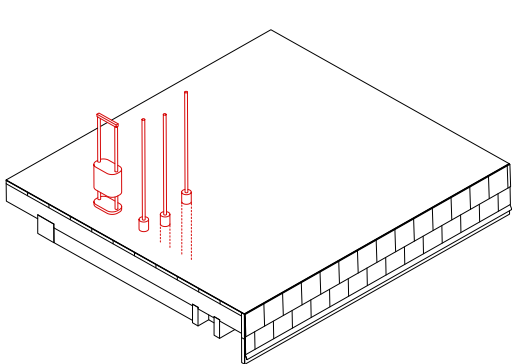
6. Montieren der Halteteller



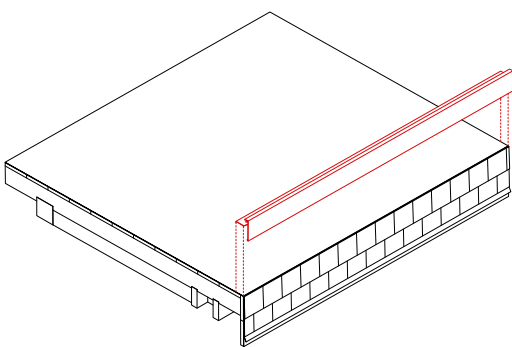
7. Aufbringen der neuen Abdichtungsplane



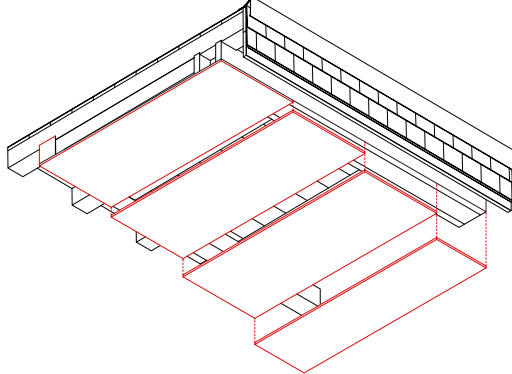
8. Induktionsschweißverfahren



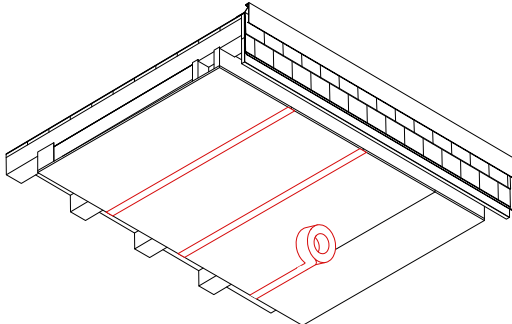
9. Kleben und Klemmen der Randstellen in Aluminium Strangpressprofilen



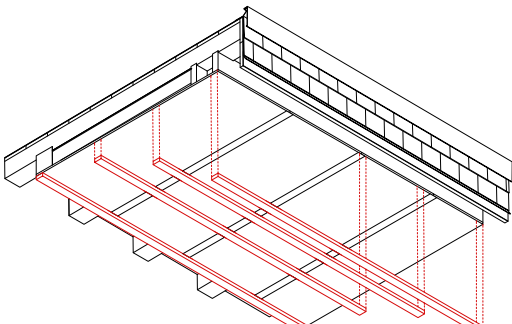
10. Anbringen der OSB-Platten an der Unterseite



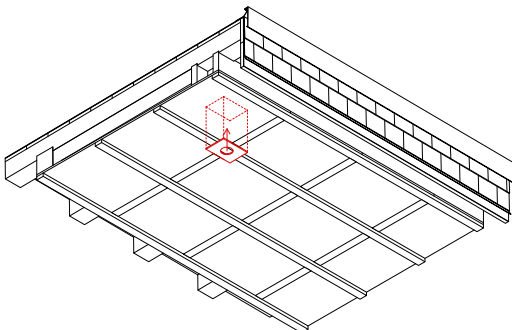
11. Abkleben aller Stöße und Fugen in der Dampfsperrebene



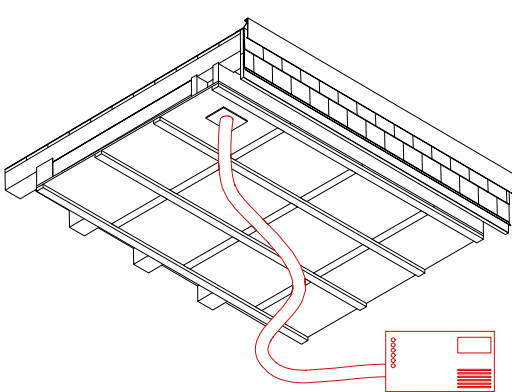
12. Anbringen einer Unterkonstruktion als Installationsebene



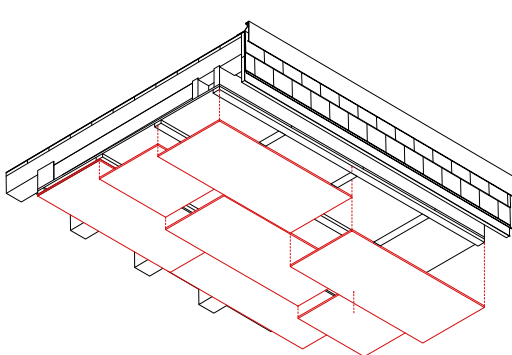
13. Bohren und Verstärkung der Einblasöffnungen



14. Einbringen der Einblasdämmung



15. Befestigung der Lehmplatten



16. Spachteln der Fugen und Streichen mit Lehmfarbe

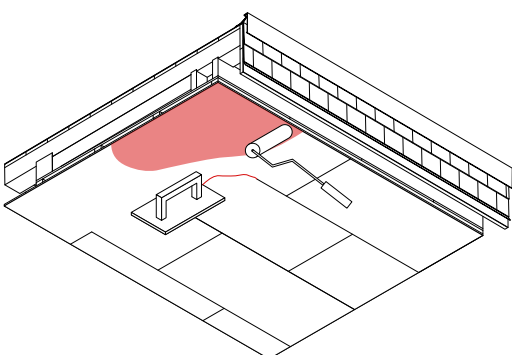


Abb. 17.19: Arbeitsschritte der kreislaufgerechten Sanierungsvariante

- 1. Untersuchung des Bestands-Dachs**
Die vorhandene Dachkonstruktion muss auf ihre Beschaffenheit untersucht werden. Dabei sollte auf Beschädigungen geachtet werden, die unmittelbar oder über die Zeit den Zustand, sowie die Tragfähigkeit des Dachstuhls beeinträchtigen.^{17.5}
- 2. Entfernen beschädigter Balken**
Nach erfolgter Untersuchung sollten die schadhaften Stellen entfernt werden.^{17.5} Alternativ oder unterstützend ist es in manchen Fällen möglich Begasungs-, Heißluft-, oder Hochfrequenzverfahren anzuwenden.^{17.6}
- 3. Aufmaß für Ersatz**
Für das Einbringen der neuen Balken, sowie Verstärkungen, ist es nötig, die Stellen zu bemessen und zu entscheiden ob betreffende Balkenlagen verstärkt oder gänzlich ersetzt werden.
- 4. Einbringen der neuen Balken und Verstärkungen**
Die neuen Balken und Verstärkungen werden nun in die Konstruktion eingebracht. Hierfür werden entweder zimmermannsmäßige Verbindungen oder moderne Verbinder, wie Gewindestangen oder Schrauben genutzt. Auf permanente Verbindungen mithilfe von Klebstoffen sollte im Hinblick auf die Kreislaufgerechtigkeit verzichtet werden.^{17.33}
- 5. Entfernen der alten Abdichtung**
Die schadhafte Abdichtung wird sorgfältig von der

- Dachhaut getrennt um die Oberfläche für die neue Abdichtung vorzubereiten.
- 6. Montieren der Halteteller**
Für die später ausgelegte Dachabdichtung, werden Halteteller, nach den Herstellervorgaben, mit der Dachhaut verschraubt.^{17.23}
 - 7. Aufbringen der neuen Abdichtungsplane**
Die neue Abdichtungsplane wird -für Ihren kreislaufgerechten Einsatz - von dem Hersteller auf das zu sanierende Dach vorkonfektioniert. Die Anlieferung erfolgt im aufgerollten Zustand mittels Kran. Auf dem Dach wird die Plane ausgerollt und mit ausreichend Personal auf dem Dach ausgebreitet.^{17.23}
 - 8. Induktionsschweißverfahren**
Um einen Verbund zwischen Dachabdichtung und Dachhaut herzustellen, wird die Plane mittels Induktion mit den einzelnen Haltetellern verbunden. Dabei kommt ein Induktionsschweißgerät zum Einsatz sowie Kühlstangen mit integrierten Magneten. Das Gerät wird über die einzelnen Halteteller gestellt und aktiviert. Nachdem der Schweißvorgang abgeschlossen ist wird das Gerät weiter bewegt und eine Kühlstange auf die zuletzt geschweißte Stelle gestellt. Die Kühlstange und der Halteteller ziehen sich durch die magnetische Wirkung an (Abb. 17.17), und durch den Druck wird zwischen Plane und Halteteller eine ausreichend starke Verbindung hergestellt während das Material erkaltet.^{17.23}

- 9. Kleben und Klemmen der Randstellen in Aluminium Strangpressprofilen**
Die fertig geschweißte Plane wird an den Dachrändern nach Herstellervorgabe verklebt.^{17.24} Da sich die Plane durch Temperaturunterschiede sowie Witterung bewegt, ist es erforderlich die Planenenden in Profile einzulegen und fest zu klemmen.^{17.11}
- 10. Anbringen der OSB-Platten an der Unterseite**
Als dampfsperrende Ebene werden OSB-Platten in die Dachkonstruktion geschraubt. Die OSB-Platten bilden ebenfalls die Zwischenräume aus, in die später die Einblasdämmung eingebracht wird.
- 11. Abkleben aller Stöße und Fugen in der Dampfsperrebene**
Für die abschließende Dichtigkeit gegenüber des Wasserdampfes, werden die Fugen sowie Stöße zwischen den OSB-Platten abgeklebt.
- 12. Anbringen einer Unterkonstruktion als Installationsebene**
Für spätere Installationen werden Holzlatten auf den OSB-Platten befestigt. Hier können später Kabel verlaufen. Die Ebene dient zusätzlich als Puffer, um die Dampfsperre vor einer Beschädigung durch Bohrungen für Installationen zu schützen.
- 13. Bohren und Verstärkung der Einblasöffnungen**
In die OSB-Platten werden nun die Öffnungen für das Einblasen der Dämmung geschaffen.^{17.34}

- 14. Einbringen der Einblasdämmung**
Mithilfe von Schläuchen werden die Dämmflocken in die Kammern eingeblasen. Das Material wird hierfür in den Trichter der Maschine gefüllt und mit Luftdruck durch den Schlauch getrieben.^{17.28} Sobald die Kammern vollständig mit dem Material gefüllt sind, können die Öffnungen verschlossen und abgedichtet werden.^{17.34}
 - 15. Befestigung der Lehmplatten**
Die Lehmplatten werden auf der Unterkonstruktion im Verband montiert. Für die Montage sind die Richtlinien der Hersteller heranzuziehen. Als Montagemittel werden Schrauben mit Haltetellern oder Breit Rückenklammern genutzt.^{17.35}
 - 16. Spachteln der Fugen / Streichen mit Lehmfarbe**
Die Fugen der Lehmplatten werden abschließend gespachtelt. Je nach gewünschter Oberflächenqualität wird erneut gespachtelt sowie geschliffen. Nach den Spachtelarbeiten wird die Fläche mit Lehmfarbe gestrichen.^{17.32}
- QUELLEN**
- 17.33 Hillebrandt, Riegler-Floors et al. „Atlas Recycling - Gebäude als Materialressource“ (Edition Detail, 2021), 118.
- 17.34 Steico, „STEICO Einblasdämmung Verarbeitungsanleitung“. Zugriff 11.01.2025. https://www.steico.com/fileadmin/user_upload/importer/downloads/4028b6097384810e017496c6dcf14d6f/STEICO_Verarbeitung_Einblasdaemmung_DEU_de_i.pdf
- 17.35 Lemix, „Verarbeitung“. Zugriff 11.01.2025. <https://lehmbauplatte.de/Verarbeitung>



ANHANG

LITERATURVERZEICHNIS

VORWORT

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. „Deutschland bei Klimazielen 2030 erstmals auf Kurs“, Pressemitteilung (15.03.24). <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/03/20240315-deutschland-bei-klimazielen-2030-erstmals-auf-kurs.html>.

FUNDAMENT

Ahnert, Rudolf; Krause, Karl Heinz. „Typische Baukonstruktionen von 1860-1960“, Band 1, 7. Auflage (huss Verlag, 2009). S. 14-17; S. 21; S. 47-48

Altnöder, Alexander. Grundrichtig.de. „Unterfangung von Gebäuden nach DIN 4123“. Zugriff 01.12.2024. <https://grundrichtig.de/unterfangung-von-gebaeuden-nach-din-4123/>

BAUER Spezialtiefbau. bauer-schweiz.ch. „Injektionen“. Zugriff 01.12.2024. [https://www.bauer-schweiz.ch/de/bauverfahren/injektionen/#:~:text=Das%20Hochdruckinjektionsverfahren%20\(HDI\)%20ist%20ein,Bohrgestänge%20in%20den%20Boden%20gebohrt.](https://www.bauer-schweiz.ch/de/bauverfahren/injektionen/#:~:text=Das%20Hochdruckinjektionsverfahren%20(HDI)%20ist%20ein,Bohrgestänge%20in%20den%20Boden%20gebohrt.)

BauNetz Wissen. Baunetzwissen.de. „Beton“. Zugriff 10.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/baustoffe-teile/beton-1291381>

BauNetz Wissen. Baunetzwissen.de. „Recyclingbeton“. Zugriff 20.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/beton/fachwissen/betonarten/recyclingbeton-930267>

Bundesarbeitskreis Altbaumerneuerung e. V.; Institut für Bauforschung e. V.. „Bauen im Bestand – Katalog für die Altbaumerneuerung“, 3. Auflage (Rudolf Müller Mediengruppe, 2015). S. 161-165

Dahlgrün, Bernd. „Innerstädtische Gebäudeaufstockungen in Hamburg – konstruktive, rechtliche und gestalterische Rahmenbedingunen“ (Dissertation, 2016). S. 35-38; S. 62-63. urn:nbn:de:gbv:1373-opus-3172

Dahlgrün, Bernd (2024): Vorlesung im Rahmen des Kurses „Konstruktion II: Kreislaufgerechtes Sanieren“ an der HafenCity Universität Hamburg.

DMI. d-m-i.net. „Bodenverfestigungen“. Zugriff 01.12.2024 <https://d-m-i.net/bodenverfestigungen/>

Giebeler, Georg et al. „Atlas Sanierungen – Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser Verlag, 2008). S. 120; S.133-134

Graefe, Robert. „Altbausanierung – Ratgeber für die Praxis“, 2. Auflage (Rudolf Müller Mediengruppe, 2020). S. 47-56

Implenia Deutschland. Implenia.com. „Düsenstrahlverfahren“. Zugriff 01.12.2024. <https://implenia.com/de-de/spezialtiefbau/verfahren/duesenstrahlverfahren/>

Kunststoffe. Kunststoffe.de. „Kunstharz“. Zugriff 10.01.2025. <https://www.kunststoffe.de/werkstoffe/kunstharz>

Novatek. novatek.de. „Eingepresste Druckmikropfähle MP/60“. Zugriff 01.12.2024. <https://www.novatek.de/technologie/mikropfahle/>

Schmidt, Eduard et al. „Die Hochbau-Constructionen des Handbuches der Architektur – Dritter Theil“ (Verlag von Arnold Bergsträsser, 1886). S. 235

Siegele, Claudia. uretek.de. „Was tun, wenn der Baugrund nicht mehr trägt?“. Zugriff 01.12.2024 <https://www.uretek.de/blog/setzungsschaeden-an-gebaeuden-was-tun-wenn-der-baugrund-nicht-mehr-traegt/>

Stadt Hamburg. hamburg.de. Bohrdatenportal. Zugriff 06.01.2025. <https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/boden-und-geologie/geologie/geologie-in-hamburg/bohrdaten>

Stahr, Michael. „Bausanierung – Erkennen und Beheben von Bauschäden“, 7. Auflage (Springer Vieweg, 2022). S. 450-454

TU Wien. „Kapitel 01 – Statische Elemente von Gründerzeithäusern“. Zugriff 10.11.2024. https://denkmalpflege.tuwien.ac.at/wp-content/uploads/2015/03/01_Statische-Elemente.pdf

URETEK Deutschland. uretek.de. „DeepInjection Methode“. Zugriff 10.01.2025. https://www.uretek.de/site/assets/files/3035/uretek_methoden_broschueren_deepinjection-2018.pdf

URETEK Deutschland. uretek.de. „Expansionsharz“. Zugriff 20.01.2025. <https://www.uretek.de/uretek-verfahren/expansionsharz/>

URETEK Deutschland. uretek.de. „HybridInjection Methode“. Zugriff 10.01.2025. https://www.uretek.de/site/assets/files/3037/uretek_methoden_broschueren_hybridinjection-2018.pdf

Von Liebe, Sylvaine; Gutknecht, Bernd-Uwe. ardalpha.de. „Beton – Wege zu einer besseren Klimabilanz“ (2023). Zugriff 20.01.2025. <https://www.ardalpha.de/wissen/umwelt/klima/klimawandel/beton-emissionen-klimafreundlich-bauen-umwelt-loesungen-klimakrise-100.html>

wip. wip-kunststoffe.de. „Duroplaste recyceln“ (2020). Zugriff 10.01.2025. <https://wip-kunststoffe.de/duroplaste-recyceln/>

WWF Deutschland. wwf.de. „Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie“ (2019). Zugriff 20.01.2025. https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf

BODENPLATTE

Anton Pech, Walter Müller, Franz Zach. “Fußböden” (Birkhäuser Verlag AG, 2016). S. 61-62.

BauchemieWissen. „Richtlinie für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit mineralischen Dichtungsschlämmen (MDS)“. Zugriff 11.01.2025. https://wissen.deutsche-bauchemie.de/knowledge-base/richtlinie-fuer-die-planung-und-ausfuehrung-von-abdichtungen-mit-mineralischen-dichtungsschlaemmen/?utm_source=chatgpt.com.

Carlisle. „Premium Abdichtungssysteme für die Bauwerksabdichtung“. Zugriff 11.01.2025. <https://www.ccm-europe.com/de/bauwerksabdichtung>.

Daibau Magazin. daibau.de. „Bodenplatte: Abdichtung und Dämmung unterhalb und oberhalb der Platte“. Zugriff 01.12.2024. https://www.daibau.de/artikel/290/bodenplatte_abdichtung_und_dammung_unterhalb_und_oberhalb_der_platte.

Energie-experten.org. „Perimeterdämmung unter der Bodenplatte“ (06.08.2024). Zugriff 01.12.2024. <https://www.energie-experten.org/bauen-und-sanieren/daemmung/perimeterdaemmung/bodenplatte#c5997>.

Fraunhofer Umsicht. „BauCycle: Recycling von Baustoffen“. Zugriff 11.01.2025. https://www.umsicht.fraunhofer.de/de/projekte/baucycle-recycling-baustoffe.html?utm_source=chatgpt.com.

Georg Giebeler, Rainer Fisch, Harald Krause, Florian Musso, Karl-Heinz Petzinka, Alexander Rudolphi. „Atlas Sanierung - Instandhaltung. Umbau. Ergänzung“ (Birkhäuser Verlag AG, 2008). S. 39, 101, 125, 133-134.

Glapor. „Glapor Schaumglasplatten“. Zugriff 11.01.2025. <https://www.glapor.de/produkte/schaumglasplatten>.

Holcim Deutschland. „Betonrecycling - die nachhaltige Baustoffrevolution“. Zugriff 11.01.2025. <https://www.holcim.de/nachhaltigkeit/kreislaufwirtschaft/beton-recycling>.

Holger Amend. „20 Erdberührende Bauteile Instandsetzung, Vorlesung“ (2024).

Micheal Bonk (Hrsg.). „Lufsky Bauwerksabdichtung“ (Vieweg + Teubner Verlag, 2010). S. 89, 108, 521, 530, 571-572, 575-582.

Micheal Stahr. „Bausanierung. Erkennen und Beheben von Bauschäden“ (2011). S.291.

Naturstein Sanierung. „Terrazzo-Reparatur: Der umfassende Leitfaden“. Zugriff 11.01.2025. https://naturstein-am.de/blog/terrazzo-reparatur-der-umfassende-leitfaden/?utm_source=chatgpt.com.

Norit. „Norit-Trockenestrich“. Zugriff 11.01.2025. <https://www.lindner-norit.com/produkte/trockenestrich/>.

Norit. „Norit-Trockenschüttung“. Zugriff 11.01.2025. <https://www.lindner-norit.com/produkte/trockenschuettung/>.

Robert Graefe. „Kellersanierung. Ratgeber für die Praxis – Schäden erkennen, bewerten, sanieren“ (RM Rudolf Müller, 2020). S. 40-41.

Roland Grimm. baustoffwissen.de. „Was ist WU-Beton?“ (08.09.2020). Zugriff 01.12.2024. <https://www.baustoffwissen.de/was-ist-wu-beton-31102023>.

Rudolf Ahnert, Karl Heinz Krause. „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960: zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz“ (Huss, 2000). S. 53, 58.

Swisspor. „EPS/XPS recyceln & wiederverwenden“. Zugriff 11.01.2025. <https://www.swisspor.com/ch-de/fuer-die-umwelt-1/eps-xps-recycling>.

§ 7 Novelle vom 28. April 1893, BauPG (1882).

ERDBERÜHRTE AUSSENWAND

Dahlgrün Bernd, Vorlesungsfolie Historische Bautypologien und Bauweisen vom 14.10.2024

Remmers GmbH: Sanierputz (2024), <https://www.remmers.com/de/bauten-bodenschutz/sanierung/kellersanierung/sanierputze/c/c33139>, Zugriff am 20.01.2025

Remmers GmbH: Dauerhafte Kelleraußenabdichtung (2024), <https://www.remmers.com/de/kelleraussenabdichtung>, Zugriff am 01.12.24

Rietz, Andreas: Feuchte im Bauwerk (2007). Jäger Medienzentrum: Berlin.

Stahl, Thomas und Wolfram Selter „Hat ein Bau «nasse Füße», braucht es viel Sorgfalt“ in: applica 7-2024.

MAUERWERKSFUGE

Adolph, Thomas. „Fugensanierung im Ziegelmauerwerk“. Zugriff 30.11.2024. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Fugensanierung_in_Ziegelmauerwerk-968411.html

Amend, Holger. „Historische Fassaden Sichtmauerwerk Instandsetzung“ (Vorlesung, 2024)

Bauhandwerk. „Typische Bauschäden an Außenwänden aus Mauerwerk“. Zugriff 24.01.2025. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Wasser_und_Salz_Typische_Bauschaeden_an_Aussenwaenden_aus_Mauerwerk-162043.html

Baunetz Wissen.„Reichsformat“. Zugriff 08.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/glossar/r/reichsformat-726000>

Baunetz Wissen. „Strangpressziegel“. Zugriff 10.12.2024. <https://www.baunetzwissen.de/mauerwerk/fachwissen/glossar-a-z/strangpressziegel-2586239>

Bender, Willi. „Vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker- Geschichte der Ziegelherstellung von den Anfängen bis heute“. Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V (1.Auflage, 2004). 25-30

Building Limes Forum. „Recyclingwoche – Gründe für die Verwendung von Kalkmörtel“. Zugriff 10.01.2025. <https://www.buildinglimesforum.org.uk/recycle-week/>

Das Haus. „Hydrophobierung“. Zugriff 10.01.2025. <https://www.haus.de/bauen/hydrophobierung>

Deckert, Sabrina. Das Haus. „Alles über Kalkmörtel: Eigenschaften, Herstellung und Anwendung“. Zugriff 08.11.2024. <https://www.haus.de/bauen/kalkmoertel-38042>

DIN EN 1996-2/NA

Eurocode. „Eurocode 6: Mauerwerksbau“. Zugriff 10.01.2025. <https://www.eurocode-online.de/de/euro-code-inhalte/eurocode-6>

Fassadengruen.„Eigenschaften des Mauerwerks“. Zugriff 08.11.2024. <https://www.fassadengruen.de/mauerwerk/vollziegel>

Franke, Lutz. „Schadensatlas - Klassifikation und Analyse von Schäden an Ziegelmauerwerk“ (Frauenhofer IRB Verlag, 1998)

Haus der Geschichte. „Leben in Trümmern“. Zugriff 20.12.2024. <https://www.hdg.de/lemo/kapitel/nachkriegsjahre/alltag/leben-in-truemmern.html>.

Hestermann, Ulf ; Rongen, Ludwig. „Frick/Knöll Baukonstruktionslehre 1“ (Springer Vieweg, 36. Auflage, 2015). 132-142

Maier, Josef. „Handbuch Historisches Mauerwerk - Untersuchungsmethoden und Instandsetzungsverfahren“ (Springer Vieweg, 2. Auflage, 2012)

Neuwald-Burg, Claudia; Henkel, Jonny. „Bausubstanz-Zeitschrift für nachhaltiges Bauen, Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege“. Heft 6(Dezember 2020). Zugriff 30.11.2024. <https://www.irbnet.de/daten/rswb/20129005343.pdf>

Pfeifer, Günter u.A. „Mauerwerk Atlas“ (Detail, 2001). 140-152

Sakret „Fugensanierung“. Zugriff 30.11.2024. <https://www.sakret.de/de/kompetenz/verarbeitungshinweise/altbausanierung/fugensanierung>

Scheibengraf, Martin; Reisinger, Hubert. „ABFALLVER MEIDUNG UND -VERWERTUNG: BAURESTMASSEN“. Zugriff 24.01.2025. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0009.pdf>. 43-46

Stahr, Michael (Hrsg) „Sanierung von Fassaden, Putzen, Fugen - Verfahren und rechtliche Aspekte“ (Springer Vieweg Wiesbaden, 2017). 546-565

Stiftung Baukulturerbe. „Was ist graue Energie? Nachhaltigkeit bei Gebäuden“. Zugriff 10.01.2025. <https://stiftung-baukulturerbe.de/was-ist-graue-energie-nachhaltigkeit-bei-gebaeuden>

WTA International. „Ermittlung der Druckfestigkeit von Bestandsmauerwerk aus künstlichen kleinformatigen Steinen.“ (WTA, 2021) Merkblatt 7-4:2021-11

RISSE IM MAUERWERK

Amend und Hinrichs. „Sichtmauerwerk Instandsetzung“ (2024)

Amend und Hinrichs. „gestrichene Putzfassade Instandsetzung“ (2024)

Christian Dialer. „Risschäden an Mauerwerkskonstruktionen“ (Frauenhofer IRB Verlag, 2016). Seite: 116-412)

© citizensustainable.com. „Ist Epoxidharz umweltfreundlich? Wichtige Fakten (+2 Alternativen)“. Zugriff am 12.01.2025. <https://citizensustainable.com/de/epoxidharz-umweltfreundlich/#:~:text=Kunst%2D%20und%20Bas-telbereich.,Ist%20Epoxidharz%20ein%20Kunststoff%3F,von%20synthetischen%20Komponenten%20hergestellt%20werden>

DESOI GmbH. „Rissinstandsetzung mit dem DESOI SPIRALANKERSYSTEM“. Zugriff am 08.12.2024. <https://www.desoi.de/catalog/de/prospekt-rissinstandsetzung-mit-dem-p6160/?search=1>

© Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e. V.. „1.3.2 Mauerwerksverband und Überbindemaß“. Zugriff am 12.01.2025. <https://www.mauerwerksbau-lehre.de/vorlesungen/1-grundlagen-und-baustoffe-des-mauerwerksbaus/13-wandkonstruktionen/132-mauerwerksverband-und-ueberbindemass>

© Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e. V.. „3.1.2 Einwirkungen und Widerstände sowie ihre Unsicherheiten“. Zugriff am 12.01.2025. <https://www.mauerwerksbau-lehre.de/vorlesungen/3-sicherheitskonzept-und-einwirkungen/31-sicherheitskonzept/312-einwirkungen-und-widerstaende-sowie-ihre-unsicherheiten>

Kramer Albrecht. „Schadensbericht Speicher Block V - Haus 11 bis 16“ (2023)

Projektbeteiligte Architekten vom Büro DFZ Architekten (2024)

© SAKRET Trockenbaustoffe Europa GmbH & Co. KG. „Rissverpressung im Altbau - Die Verarbeitung“. Zugriff am 12.01.2025. <https://www.sakret.de/de/kompetenz/verarbeitungshinweise/rissverpressung>

PUTZ & BESCHICHTUNG

Baumit-selbermachen.de. „Sanierputz richtig verarbeiten“ (o.D.). Zugriff 06.12.2024. https://www.baumit-selbermachen.de/mauer-sanieren/anleitungen/sanieren-von-feuchtem-und-versalztem-mauerwerk/sanierputz-richtig-verarbeiten_aid_923.html

bauhandwerk. „Historische Putztechniken“ (o.D.). Zugriff 14.11.2024. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Historische_Putztechniken-1458056.html

Fraunhofer IBP. „Außenputze im Wandel der Zeit“. Zugriff 14.11.2024. <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/projekte-referenzen/aussenputze-im-wandel-der-zeit.html>

Georg Giebeler, et al. „Sanierungsatlas: Instandhaltung, Umbau, Ergänzung.“ (Birkhäuser Verlag, 2008)

Hornbach. „Putzarten“. (o.D.). Zugriff 10.01.2024. <https://www.hornbach.de/projekte/putzarten/>

Künzel, Helmut. „Außenputze - früher und heute: Wissenschaftliche Erkenntnisse, Praxis und Normung“ (Fraunhofer IRB Verlag, 2015)

sanier.de. „Abbeizen: Farbe und Lack entfernen“ (o.D.). Zugriff 06.12.2024. <https://www.sanier.de/malerarbeiten/farbe/abbeizen-farbe-und-lack-entfernen>

vdpm.info. „Kreislaufwirtschaft und Recycling“ (o.D.). Zugriff 06.12.2024. <https://www.vdpm.info/umwelt/kreislaufwirtschaft-und-recycling/>

Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft (WTA). Merkblatt 2-7-01/D: Kalkputze in der Denkmalpflege (Fraunhofer IRB Verlag, Deutsche Fassung von September 2002)

Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft (WTA). Merkblatt 2-4 Beurteilung und Instandsetzung gerissener Putze an Fassaden. (Fraunhofer IRB Verlag, Ausgabe: 08.2014/D, Deutsche Fassung vom August 2008)

Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft (WTA). Merkblatt E-2-9: Sanierputzsysteme (Fraunhofer IRB Verlag, Ausgabe: 06.2018/D, Deutsche Fassung vom Juni 2018)

Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft (WTA). Merkblatt 2-10-06/D: Opferputze (Fraunhofer IRB Verlag, Ausgabe: 06.2018/D, Deutsche Fassung von März 2006)

GESIMS

Amend, Holger: Putzfassaden (Folienvortrag)

Amend + Hinrichs Ingenieurgesellschaft mbH: Vorort-Begehung und Erläuterungen zu konventionellen Sanierungsmethoden

Becker, Wilhelm „Maurer- und Steinhauerarbeiten: Teil 3 Fußböden, Putz- und Stuckarbeiten, Wandbekleidungen und Steingesimse“ (De Gruyter, 1925). S. 133-134.

Breymann, G. H. „Baukonstruktionslehre Band 1: Die Konstruktionen in Stein“ (Gebhardt´s Verlag, 1896). S. 88-90.

ENKE-WERK Johannes Enke GmbH & Co.KG. www.enke-werk.de. „Verlegeanleitung für Klebearbeiten mit Enkolit®“. Zugriff 10.01.2025. https://www.enke-werk.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Produkte/Blechklebung/Enkolit/VA_ENKOLIT.pdf

Gierlinger, Erwin und Kaiser, Ingrid „Instandsetzung von Innen- und Außenputz – Schadensbild erfassen und beurteilen – Ursachen des vorliegenden Schadens feststellen – Innen- und Außenputz dauerhaft instand setzen“ (Forum Verlag Herkert GmbH, 2018). S. 324 f.

HASIT Trockenmörtel GmbH. www.hasit.de. „UMWELT-PRODUKTDEKLARATION nach ISO 14025 und EN 15804+A2 für Mauermörtel-Dünnbettmörtel/Mörtel mit besonderen Eigenschaften (HASIT 960,920, 950, 970, 971, 974 HS)“. Zugriff 10.01.2025. <https://cdn.dam.fixit-holding.com/assets/api/3d681280-4216-4678-b8d2-f5d675ee277d/original/EPD-HASIT-970-M%C3%84RKER-Trasskalkm%C3%B6rtel-de.pdf>

Leixner, Siegfried und Raddatz, Adolf „Putz, Stuck, Trockenbau: Materialien, Techniken, Schadensbildung und Sanierung Handbuch für den Stuckateur“ (Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, 2004). S. 138 f.

Maier, Josef „Putz und Stuck: Materialien, Anwendungstechniken, Restaurierung“ (Fraunhofer IRB Verlag, 2007). S. 300-315.

RHEINZINK GmbH & Co. KG. www.rheinzink.de. „ABDECKUNGEN UND ANSCHLÜSSE - Optimaler Schutz für Mauern, Dachränder, Gesimse und Fensterbänke“. Zugriff 10.01.2025. https://www.rheinzink.de/fileadmin/redaktion/RHEINZINK_DE/Downloads/Technische-Unterlagen/planung-anwendung-abdeckungen-anschluesse-105608-v009-01-de-de.pdf

BALKON

Amend, H. (21.10.2024) Vorlesung von Architekt und Geschäftsführer der Amend + Hinrichs Ingenieurgesellschaft. HafenCity Universität Hamburg, Henning-Voscherau-Platz 1, 20457 Hamburg

Amend, K. (03.11.2024). Persönliches Gespräch mit Architekten der Amend + Hinrichs Ingenieurgesellschaft, Ortsbesichtigung Stellingner Weg 36, Hamburg

BauNetz Wissen. „Recyclingbeton“. Zugriff am 31.12.2024. <https://www.baunetzwissen.de/beton/fachwissen/betonarten/recyclingbeton-930267>

betonkonkret.de. „Ziegelsplitt“ Zugriff am 12.01.2025. https://betonkonkret.de/alle-artikel-von-a-z/artikel-details/news/ziegelsplitt/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=ef7abbc1976b3451ba9995d194f0f7d7

Bundesverband Estrich und Belag. „ Hinweise für Zement-Estriche im Freien“ (2019)

DIN 1045-1:2023-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Planung, Bemessung und Konstruktion, Abs. 13.2, Tab. 10.3

EGGER OSB-Platten, Produktdeklaration. Zugriff am 31.12.2014. https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/618f6b38-aaa9-41b6-9890-b6eaae6af2bd/EGGER_OSB-Platten_9944.pdf?version=00.01.000

Einemann, Axel. Herre, Walter. Siegwart, Michael. Silberhorn, Michael. Storch, Wolfgang. „Balkone, Loggien und Terrassen“ (RM Rudolf Müller Medien GmbH & Co. KG, 2024). 13.

Einemann, Axel. Herre, Walter. Siegwart, Michael. Silberhorn, Michael. Storch, Wolfgang. „Balkone, Loggien und Terrassen“ (RM Rudolf Müller Medien GmbH & Co. KG, 2024). 27.

Institut Feuerverzinken GmbH. „Klimaschonend und energetisch besser - Recycling von feuerverzinktem Stahl“. Zugriff am 31.12.2024. <https://www.feuerverzinken.com/aktuelles/news/klimaschonend-und-energetisch-besser-recycling-von-feuerverzinktem-stahl>

Knauf GmbH „AQUAPANEL® Cement Board Outdoor“ 12,5. Zugriff am 31.12.2024. https://knauf.com/de-DE/p/produkt/aquapanel-r-cement-board-outdoor-12-5-11077_0010

Koch, Elfi. koch-ingenieure-berlin.de. „Tragwerke des Massivbaus, Holz- oder Metallbaus und ihre Schäden“ (04.2012). Zugriff am 10.11.2024. https://www.koch-ingenieure-berlin.de/mediapool/146/1461365/data/Bau_4-12_Tr Tragwerke_des_Masivbaus.pdf. <https://deutsche-schadenshilfe.de/bauschaeden-baumangel/balkon-undicht/>

KORTE Bauteile GmbH. „Rand-Probleme - Tropfkanten(-profile) und Wassernasen schützen Bauteile und deren Unterseiten vor Korrosion“. Zugriff am 29.11.2024. <https://www.korte.de/publikationen/tropfkanten-wassernasen-schuetzen-bauteile-vor-korrosion/>

Lexikon Bauprofessor.de „Baukonstruktion - Verbundestrich“. Zugriff am 29.11.2024. <https://www.bauprofessor.de/verbundestrich/>

sanier.de. „Balkonsanierung Überblick“ (11.10.2024). Zugriff am 10.11.2024. <https://www.sanier.de/balkon/balkonsanierung-ueberblick>

WECOBIS Ökologisches Baustoffinformationssystem. Zugriff am 31.12.2024. <https://www.wecobis.de/bauproduktgruppen/moertel-estriche-pg/estriche-pg/zementestrich-pg.html>

BALKONBRÜSTUNG

Ahmend, Holger. (21.10.2024). Vortrag von Herrn Amend + Hinrichs Ingenieurgesellschaft

architektur-lexikon.de. „Geländer “ (o.A.). Zugriff 22.01.2025. <https://www.architektur-lexikon.de/cms/lexikon/40-lexikon-g/3494-gelaender.html>

baunetzwissen.de. „Schmiedeeisen“ (o.A.). Zugriff 24.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/beschlaege/fachwissen/materialien/schmiedeeisen-150130>

Dahlgrün, Bernd (Dezember 2024): Korrektur im Rahmen des Seminars „Konstruktion II: Kreislaufgerechtes Sanieren“ an der HafenCity Universität Hamburg.

Einemann, Axel + et al. „Balkone, Loggien und Terrassen“ (Rudolf Müller, 2019).

eleo-express.de. „Darum ist Schmiedeeisen die beste Wahl“ (O.a.). Zugriff 22.01.2025. https://www.eleo-express.de/blogs/blog/vorteile-schmiedeeisen?srsId=AfmBOooli_FQGan967Tj5nqSag8fcCc6TYBr78255CSX6ySfTIEWIobo

Feuerverzinken.com. “A.2 VERFAHRENSABLAUF BEIM FEUERVERZINKEN NACH DIN EN ISO 1461” (o.A.). Zugriff 20.11.2024. <https://www.feuerverzinken.com/wissen/arbeitsblaetter/a-korrosionsschutz-feuerverzinken/a2-verfahrensablauf-beim-stueckverzinken>

Feuerverzinken.com. „A. KORROSIONSSCHUTZ FEUERVERZINKEN „A.2 VERFAHRENSABLAUF BEIM FEUERVERZINKEN NACH DIN EN ISO 1461“ (o.A.). Zugriff 10.12.2024. <https://www.feuerverzinken.com/wissen/arbeitsblaetter/a-korrosionsschutz-feuerverzinken/a2-verfahrensablauf-beim-stueckverzinken>

Feuerverzinken.com. „FEUERVERZINKTER STAHL IN DER NACHHALTIGEN KREISLAUFWIRTSCHAFT. Hidden Champion der Zirkularität“ (o.A.). Zugriff 15.01.2025. <https://www.feuerverzinken.com/feuerverzinken/nachhaltigkeit>

Holcimelevate.com. „Was bringt Ihnen EPDM für ihre Projekte?“ (o.A.). Zugriff 15.01.2025. <https://www.holcimelevate.com/dach-de/dachabdichtung/epdm/vorteile#:~:text=EPDM%20erfüllt%20sämtliche%20Kriterien%20der%20Kreislaufwirtschaft.&text=Dank%20seiner%20Langlebigkeit%20und%20dauerhaften,es%20kann%20sogar%20recycelt%20werden>

Hoerr-edelstahl.de, „BODENANKER EDELSTAHL PFOSTEN ADAPTER ZUM EINBETONIEREN IM BODEN BETON BETONANKER V4A“ (o.A.). Zugriff 10.12.2024. <https://www.hoerr-edelstahl.de/Handlaeufe-Pfosten-Zierstaebe/Gelaenderpfosten/fertige-Pfosten-standart-Ware/Bodenanker-Edelstahl-Pfosten-Adapter-zum-einbetonieren-im-Boden-Beton-Betonanker-V4A.html>

Icotec.de. „Balkon- & Terrassenabdichtung: Wie und warum Balkon abdichten?“ (o.A.). Zugriff 22.11.2024. <https://www.isotec.de/ratgeber/balkon/balkonabdichtung-wie-und-warum-abdichten>

Korte.de. “TROPFKANTENPROFILE” (o.A.). Zugriff 6.01.2024. <https://www.korte.de/tropfkantenprofile/>

Projekt-altbau.de. „WELCHE TYPISCHEN PROBLEME TRETEN BEI DER SANIERUNG VON HISTORISCHEN VERANDEN UND BALKONEN AUF?“ (o.A.). Zugriff 20.11.2024. <https://projekt-altbau.de/faq/welche-typischen-probleme-treten-bei-der-sanierung-von-historischen-veranden-und-balkonen-auf/>

Triflex. „Balkon Entkopplungssystem Triflex ProDrain“ (o.A.). Zugriff 07.12.2024. https://www.triflex.com/de/triflex_prodrain

Triflex. „Dachsysteme, Triflex (November 2022). S.8 https://www.triflex.com/de/download/14905/en_Triflex-DA-Segmentbroschure-4972.pdf

Triflex. „Triflex ProDrain richtig verarbeiten“ (08.2023). Zugriff 20.11.2024. <https://www.triflex.com/it/download/19128/Triflex-ProDrain-Verarbeitungsanleitung-1a7770.pdf>

Triflex. „Triflex ProDrain, Triflex (Juni 2024). S.4. <https://www.triflex.com/de/download/17608/Triflex-ProDrain-Planungsunterlagen-7c4752.pdf>

Umbauheld. „Balkonsanierung (Teil 1)“ (08.04.2021). Zugriff 10.12.2024. YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=KCqgErJbeXY>

zaeune-gelaender.de. „Sanierung“ (o.A.). Zugriff 05.01.2025. <https://www.zaeune-gelaender.de/sanierung>

BALKENKOPF

Baunetzwissen. „ Balkenköpfe“. Zugriff am 17.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/glossar/b/balkenkoepfe-49537>

Baunetzwissen. „Einbau von Stahlschuhen“. Zugriff am 17.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/decke-konstruktion/einbau-von-stahlschuhen-148344>

Baunetzwissen. „ Reparatur durch Kunstharzprothese“. Zugriff am 03.12.2024. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/decke-konstruktion/reparatur-durch-kunstharzprothese-148348>

Baunetzwissen. „Schadhafte Balkenköpfe von Holzbalkendecken“. Zugriff am 17.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/decke-konstruktion>

Baunetzwissen. „Schadhafte Balkenköpfe von Holzbalkendecken“. Zugriff am 17.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/decke-konstruktion/schadhafte-balkenkoepfe-von-holzbalken- decken-148338>

Baunetzwissen. „Wechsel“. Zugriff am 25.01.2025.<https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/decke-konstruktion/einbau-von-wechseln-148346>

Büse Bauwerksanierung. „Beta-Verfahren“. Zugriff am 18.11.2024. <https://buese-bauwerksanierung.de/beta-verfahren/>

energie-fachberater.de. „Holzschädlinge: Pilze und Insekten gefährden Standsicherheit“ (11.07.24). Zugriff am 17.11.2024. <https://www.energie-fachberater.de/ratgeber/schadstoffsanierung/holzschaedlinge-pilze- und-insekten-gefaehrden-standsicherheit.php>

Giebler, Georg u.A. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“. (Birkhäuser, 2008). 124 ff.

Jodlowska, Adriana. utopia.de. „Kunstharz: Was ist das genau?“. Zugriff am 07.01.2025. https://utopia.de/ratgeber/kunstharz-was-ist-das-genau_393154/#google_vignette

Ruisinger, Ulrich u.A. Mauerwerk Kalender 2016: Baustoffe Sanierung Eurocode-Praxis (Wilhelm Ernst & Sohn 2016). 351 ff.

Studie: „CO2-Bilanz Stahl. Ein Beitrag zum Klimaschutz“. Zugriff am 07.01.2025. https://www.salzgitter-ag.com/fileadmin/mediadb/szag/coporate_responsibility/umwelt_und_energie/studie_co2_bilanz_stahl.pdf

DECKE

Cremer, L.; Heckl, M.; Petersson, B.A.T. “Structure-Borne Sound”. (2005, Springer).

Deutsche Norm. „DiN 4109-1, Schallschutz im Hochbau - Teil 1: Mindestanforderungen“. (Juli 2016, Beuth Verlag).

Häupl, Peter; Willems, Wolfgang. Lehrbuch der Bauphysik: Schall - Wärme - Feuchte - Licht - Band - Klima. (2013, Springer Verlag).

KNAUF. “Gigaflor Presto 32”. Zugriff 12.12.2024. https://knauf.com/de-DE/p/produkt/gifaflor-presto-32-18596_0015

König, Holger; Pietrya, Franziska; Lückmann, Rudolf. “Baudetail-Atlas Hochbau Altbau” (2021, WEKA MEDIA GmbH & Co. KG).

Lißner, Karin; Rug, Wolfgang. “Holzbausanierung bei Bauen und Bestand” (2018, Springer Verlag).

„Musterbauordnung - §31 Decken“. (Fassung November 2002, Bauministerium).

Rabold, A. et al. „Holzbalkendecken in der Altbausanierung“. Ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbh, 2008.

Schmidt, P; Windhausen, S. „Lohmeyer Praktische Bauphysik“. (2024, Springer Verlag).

SPILLNER. "LEWIS Schwalbenschwanzplatten". Zugriff 16.12.2024. <https://www.spillner-ssb.de/lewis/schwalbenschwanzplatten.html>

Weller, Bernhard; Fahrion, Marc-Steffen; Jakubetz, Sven. "Decken und Energie" (2012, Vieweg+Teubner Verlag).

INNENDÄMMUNG

Arbeiter, K./ Lang, P. „Innendämmung: Auswahl, Konstruktion, Ausführung - ein Handbuch für den Praktiker“ 2. Auflage (Rudolf Müller, 2014). S.16 <https://www.wissenschaft-shop.de/out/media/docs/490555-innendaemmung-leseprobe.pdf>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Dämmstoffe/ Einschalige Wandkonstruktionen“ (o.J.). Zugriff 25.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/fachwissen/wand/einschalige-wandkonstruktionen-1088479>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Dämmstoffe/ Extrudiertes Polystyrol (XPS)“ (o.J.). Zugriff 25.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/fachwissen/daemmstoffe/extrudiertes-polystyrol-xps-152204>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Dämmstoffe/ Innendämmplatten aus Kalziumsilikat“ (o.J.). Zugriff 26.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/tipps/produkte/innendaemmplatten-aus-kalziumsilikat-7242001>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Dämmstoffe/ Kalziumsilikat“ (o.J.). Zugriff 25.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/fachwissen/daemmstoffe/kalziumsilikat-834346>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Dämmstoffe/ Mineralwolle“ (o.J.). Zugriff 25.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/glossar/m/mineralwolle-45043>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Dämmstoffe/ Polyurethan-Hartschaum (PU)“ (o.J.). Zugriff 25.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/fachwissen/daemmstoffe/polyurethan-hartschaum-pu-4929661>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Dämmstoffe/ Rohrkolben“ (o.J.). Zugriff 30.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/fachwissen/daemmstoffe/rohrkolben-4067737>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Dämmstoffe/ Schaumglas“ (o.J.). Zugriff 25.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/fachwissen/daemmstoffe/schaumglas-152164>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Dämmstoffe/ Studie: Wiederverwendbarkeit von Dämmstoffen - Der Reinheitsgrad entscheidet“ (o.J.). Zugriff 26.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/tipps/publikationen/studie-wiederverwendbarkeit-von-daemmstoffen-8370220>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Gebäudetechnik/ Tauwasserbildung“ (o.J.). Zugriff 24.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/glossar/t/tauwasserbildung-2496227>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Gesund Bauen/ Dämmplatten aus Rohrkolben-Schilf-Fasern“ (o.J.). Zugriff 09.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/gesund-bauen/tipps/news-produkte-archiv/daemmplatten-aus-rohrkolben-schilf-fasern-2498301>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Holz/ Lehm und Holz kombinieren“ (o.J.). Zugriff 28.11.2024. <https://www.baunetzwissen.de/holz/tipps/news/lehm-und-holz-kombinieren-7264163>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Fachwissen/ Bauphysik/ Feuchteschutz - Dampfdiffusion“ (o.J.). Zugriff 25.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/mauerwerk/fachwissen/bauphysik/feuchteschutz--dampfdiffusion-7676420?glossar=/glossar/d/dampfdiffusion-7671383>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Fachwissen/ Baustoffe/ Holzfaserdämmungen: Übersicht“ (o.J.). Zugriff 25.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/baustoffe/holzfaserdaemmungen-uebersicht-7690325>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Fachwissen/ Dampfbremse/ Funktion und Eigenschaften der Dampfbremse“ (o.J.). Zugriff 25.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/geneigtes-dach/fachwissen/dampfbremse/funktion-und-eigenschaften-der-dampfbremse-158447>

BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Tragende Wärmedämmelemente zur Reduzierung von Wärmebrücken: Thermische Trennung für Wände und Stützen“ (o.J.). letzter Zugriff 06.12.2024 <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/tipps/produkte/trockenbauplatte-aus-lehm-und-hanf-6894339>

Bundesamt für Justiz. gesetz-im-internet.de. „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG)/ §48“ (2020). Zugriff 24.01.25. Link: <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf>

Bundesinstitut für Bau-,Stadt- und Raumforschung. bbsr-geg.bund.de. „Gebäudeenergiegesetz 2020“ (2020). Zugriff 24.01.2025. <https://www.bbsr-geg.bund.de/GEGPortal/DE/Archiv/GEG/GEG2020/GEG2020-node.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. energieforschung.de. „Klimafreundlich vom Feld bis zur Baustelle/ Mit Rohrkolben nachhaltig und effektiv dämmen“ (2021). Zugriff 28.11.2024. <https://www.energieforschung.de/projekt/de/mit-rohrkolben-nachhaltig-und-effektiv-daemmen>

Calsitherm Silikatbaustoffe GmbH. calsitherm.de. „Die Klimaplatte - das Original von Calsitherm“ (2023). letzter Zugriff 06.12.2024 <https://www.calsitherm.de/anwendungen/innendaemmung/klimaplatte.html#:~:text=CALSITHERM%20Klimaplatten%20bestehen%20aus%20den,Druck%20zu%20winzigen%20Calciumsilikatkristallen%20ausgebildet>

Calsitherm Silikatbaustoffe GmbH. „Systeminformationen: CALSITHERM Klimaplatten“ (2019). letzter Zugriff 07.12.2024 https://www.calsitherm.de/fileadmin/Downloads/Innendaemmung/Calsitherm_Systeminformationen_2019.pdf

ClayTec. „Arbeitsblatt: Innendämmung.“ (ClayTec GmbH & Co. KG, 2024). S.4. https://claytec.de/wp-content/uploads/2024/05/24_002_01_ClayTec_Arbeitsblatt_Innendaemmung_01_2024_DE.pdf

Deutsche BauZeitschrift. „Leitfaden Innendämmung: Planungsgrundlagen, Nachweise und Lösungen, Anwendungsbeispiele“ (Bau Verlag, 2013). S.7. <https://www.dbz.de/download/1243702/leitfaden-innendaemmung.pdf>

Deutsche BauZeitschrift. „Gipsputze in Küche und Bad: Zum Verhalten von Gipsputz unter Nassbelastung“ (erschieden in DBZ 06/2010). letzter Zugriff 06.12.2024 https://www.dbz.de/artikel/dbz-Gipsputz_in_Kueche_und_Bad_Zum_Verhalten_von_Gipsputz_unter_Nassbelastung-931261.html

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. nautos.de. „DIN 4108-10 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe“ (2021). Zugriff 25.01.2025 <https://www.nautos.de/VXV/search/item-detail/DE30091569>

Drusche, V./ Weller, B. (Hrsg.)/ Horn, S. (Hrsg.). „Denkmal und Energie 2018/ Energieeffizienz, Nachhaltigkeit und Nutzerkomfort/ Mindestwärmeschutz vs Denkmalschutz“ (Springer Vieweg, 2017). S.152.

Drusche, V./ Weller, B. (Hrsg.)/ Horn, S. (Hrsg.). „Denkmal und Energie 2018/ Energieeffizienz, Nachhaltigkeit und Nutzerkomfort/ Mindestwärmeschutz vs. Denkmalschutz“ (Springer Vieweg, 2017). S.153 f.

GEG-Info. geg-info.de. „GEG 2024 - Volltext Gebäudeenergiegesetz/ §48“ (2023). Zugriff 28.11.2024. https://geg-info.de/geg_2024/048_%C2%A7_anforderungen_an_baubestand_bei_aenderung.htm

Glasmacher, B./ Müller, M. „Verbundwerkstoffe“ (Berlin Universities Publishing, 2024). S.127. <https://depositonce.tu-berlin.de/items/ae114fa0-60f0-4faa-b6f5-0e087b694b30>

Isotec GmbH. isotec.de. „Wärmedämmung innen für ein besseres Klima“ (o.J.). Zugriff 28.11.2024. <https://www.isotec.de/ratgeber/innendaemmung/waermedaemmung-innen>

Krus, M./ Sedlbauer, K./ Künzel, H. Krubitzer.de. „Innendämmung aus bauphysikalischer Sicht/ Frauenhofer-Institut für Bauphysik“ (o.J.). Zugriff 28.11.2024. <https://www.krubitzer.de/download/Innendaemmung.pdf>

Miruchna, V. bvse.de. „Innovationen im Recycling von Dämmstoffen“ (2021). Zugriff: 30.11.2024 <https://www.bvse.de/gut-informiert-mineralik/nachrichten-mineralik/7576-innovationen-im-recycling-von-daemmstoffen.html>

Naporo. geko-bau.de. „Flexible Naporo Typha-Dämmplatte für 100% ökologisches und nachhaltiges bauen“ (o.J.). Zugriff 24.01.2025. https://geko-bau.de/fileadmin/user_upload/Pdf-Dokumente/Naporo/Naporo-q-flex.pdf

Natureplus e.V. umweltbundesamt.de. „UmBauwende - Mit nachhaltigen Baustoffen zur Bauwende im Bestand“ (2024). Zugriff: 30.11.24. <https://www.umweltbundesamt.de/en/das-uba/was-wir-tun/foerdern-beraten/verbaendefoerderung/projektfoerderungen-projekttraeger/umbauwende-nachhaltigen-baustoffen-zur-bauwende-im>

Plag, R. Ubakus.de „Innendämmung mit Holzfaserdämmplatten und Lehm: Tauwasser!?“ (2023). Zugriff 09.01.2025. <https://www.ubakus.de/innendammung-mit-holzfaserdammlplatten-und-lehm-tauwasser/>

Rosenkranz, A. heizung.de. „Heizen im Altbau: Tipps für Komfort und sinkende Kosten“ (2023). Zugriff 24.01.2025. <https://www.heizung.de/ratgeber/diverses/heizen-im-altbau-tipps-fuer-komfort-und-sinkende-kosten.html>

Scheffler, G./ Schoch, T./ Lehnin, K. dbz.de. „Diffusionsoffen und kapillaraktiv: Energetische Innenwandsanierung“ (2011). Zugriff 25.01.2025. https://www.dbz.de/artikel/dbz_Diffusionsoffen_und_kapillaraktiv_Energetische_Innenwand_sanierung-1067767.html

Spektrum der Wissenschaft. spektrum.de. „Lexikon der Biologie/ Diffusion“ (o.J.). Zugriff 24.01.2025. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/diffusion/18154>

Spektrum der Wissenschaft. spektrum.de. „Lexikon der Biologie/ Kapillarität“ (o.J.). Zugriff 26.01.2025. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/kapillartaet/35377>

Spektrum der Wissenschaft. spektrum.de. „Lexikon der Geographie: Konvektion“ (o.J.). Zugriff 26.01.2025. <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/konvektion/4332>

Stahr, M. (Hrsg.). „Sanierung von Fassaden, Putzen, Fugen/ Verfahren und rechtliche Aspekte/ Sanierung Fassaden“ (Springer Vieweg, 2017). S.375.

Steinbeis Europa Zentrum. steinbeis-europa.de. „ Recycling von Holzfaserplatten für eine nachhaltigere Holzindustrie in Europa (Ecorefibre)“ (o.J.). Zugriff 30.11.2024. <https://www.steinbeis-europa.de/de/projekte/recycling-von-holzfaserplatten-fuer-eine-nachhaltigere-holzindustrie-in-europa-ecorefibre>

Volk, R. swr.de. „Die Ölkrisen 1973-Als Energie knapp und politisch wurde“ (2023). Zugriff 24.01.2025. <https://www.swr.de/swrkultur/wissen/die-oelkrise-1973-als-energie-knapp-und-politisch-wurde-swr2-wissen-2023-11-24-102.html>

Willems, W.M./ Schild, K./ Stricker, D. „Formeln und Tabellen Bauphysik“ (Springer Vieweg, 2024). S.52.

Worch, A./ Fouad N.A. (Hrsg.). „Bauphysik Kalender 2017/ Gebäudehüllen und Fassaden/ Nachweisführung von Innendämmsysteme“ (Wilhelm Ernst & Sohn, 2017). S.465.

Worch, A./ Fouad N.A. (Hrsg.). „Bauphysik Kalender 2017/ Gebäudehüllen und Fassaden/ Nachweisführung von Innendämmsysteme“ (Wilhelm Ernst & Sohn, 2017). S.492.

Zirkelbach, D. publica.fraunhofer.de „Innendämmung - worauf ist zu achten?“ (2012). Zugriff 26.01.2025. <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/fcc6ed1c-44dd-4653-a97f-dcc136b4c0d0>

WDVS

Amend, Holger. 2024. Energetische Verbesserungsmaßnahmen Argumente. Gastvortrag, Konstruktion II: Kreislaufgerechtes Sanieren, HafenCity Universität Hamburg, 28.10.2024.

Bade, Michael et al. „Wärmedämmung – Fragen und Antworten“ (Umweltbundesamt, März 2016). S.5 <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/waermedaemmung>.

Bundesministerium der Justiz und Bundesamt für Justiz (Hrsg.). „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG).“ (2023). Zugriff 25.01.2025. <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf>.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. <https://www.fnr.de>. „Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen: Informationsbroschüre“ (2023). Zugriff 30.11.2024. https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/P20337_FNR_Brosch_Daemmstoffe_2023_v13r08_231208_bf.pdf.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. <https://www.fnr.de>. „Altbausanierung: Nachhaltige Lösungen und Materialien“ (2024). Zugriff 06.12.2024. https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Broschuere_Altbausanierung_2024.pdf.

Galinski, Annette, und Paul, Nicole. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. <https://www.fnr.de>. „WOHNUNGSBAU Strohdämmung“. Zugriff 27.11.2024 https://www.fnr.de/uploads/media/Beleg_BBB-Strohtext.pdf.

GIH. „Wärmedämmverbundsystem aus Stroh“. Energiekompakt, Nr. 4 (August 2024). <https://www.gih.de/energie-kompakt/>.

www.wdvs.enbausa.de. „Kosten Wärmedämmverbundsystem.“. Zugriff 20.11.2024. <https://wdvs.enbausa.de/fakten/wirtschaftlichkeit/kosten-waermedammverbundsystem>.

Maile, Wolfgang (Hrsg.). „Handbuch der Bauphysik“ (Springer Vieweg, 2023). S.365 ff <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-8348-2101-0.pdf>.

Moro, José Luis et al. „Baukonstruktion – vom Prinzip zum Detail. Band 1: Grundlagen“ (Springer Berlin Heidelberg, 2009), S. 264 f.

Riedel, Werner. „Wärmedämm-Verbundsysteme: von der Thermohaut bis zur transparenten Wärmedämmung“ (Baulino, Waldshut-Tiengen; Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2007).

Robert Graefe. „Altbausanierung - Ratgeber für die Praxis, 2. Auflage“ (Rudolf Müller, 2020). https://content-select.com/media/moz_viewer/5fbcfd08-6a28-4166-bf28-35b7b0dd2d03/language:de.

Saint-Gobain Weber. „Baustoffe für Wärmedämmung – webertherm circle WDVS“. Zugriff 06.01.2025. <https://www.de.weber/baustoffe-fuer-waermedaemmung-wdvs/wdv-systemloesungen/webertherm-circle-wdvs>.

Saint-Gobain Weber. <https://www.de.weber> „weber.therm circle Das erste kreislauffähige WDV-System“ (2024). Zugriff 06.12.2024. https://www.de.weber/files/de/2024-07/ANSICHT_2024_Circle_Kombibroschuere_quer.pdf.

Stahr, Michael (Hrsg.). „Bausanierung: Erkennen und Beheben von Bauschäden, 7.Auflage“ (Springer Vieweg, 2022). <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-28148-9>.

Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de>. „Weiterentwicklung des Umweltzeichens Blauer Engel für Wärmedämmverbundsysteme: Abschlussbericht“. Zugriff 01.12.2024.

Wienecke, Maximilian. „WDVS – Gestalt, Form und Habitus: Architektonische Gestaltungspotenziale von außenseitigen Wärmedämm-Verbundsystemen aus expandiertem Polystyrol-Hartschaum mit Putzschicht“ (Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern, 2019), S. 62.

FENSTER RÜCKFASADE

Ahnert, Krause. „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 - zur Beurteilung der vorhandenen Bausubtanz“ (HUSS, 2009).

Amend, Holger. „Putzfassaden, Sichtmauerwerk, WDVS, Argumente für Gebäudedämmung“ (Vorlesung, 2024).

ARBOR. „Holz Fenster Serie FLAT“. Zugriff 19.12.24. <https://holzfenstertueren.de/serie-flat/>

Baunetz Wissen. „Baualterstufe Gründerzeit/Jahrhundertwende“. Zugriff 18.11.24. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/baualterstufen/baualterstufe-gruenderzeit-jahrhundertwende>

Baunetz Wissen. „Energetische Sanierung von Fenstern“. Zugriff 30.11.24. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/energieeinsparung/energetische-sanierung-von-fenstern-2445203>

Baunetz Wissen. „Luftdichte Sanierung der Gebäudehülle“. Zugriff 30.11.24. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/energieeinsparung/luftdichte-sanierung-der-gebaeudehuelle>

Baustoffe FNR. „Leitfaden Strohbau - Nachhaltig Bauen und Dämmen mit Stroh“. Zugriff 13.01.25. https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/FNR_Brosch__Leitfaden_Strohbau_2024

Beinhauer. „Standard Detail Sammlung - Bauen im Bestand“ (Müller Köln, 2006).

Beinhauer. „Standard Detail Sammlung - Bauen im Bestand“ (Müller, 2014).

Breymann. „Baukonstruktionslehre I - Stein“ (Gebhardt, 1896).

Bundesbaublatt. „Dämmen mit Baustroh - Option mit vielen Vor(ur)teilen“. Zugriff 29.11.24. https://www.bundesbaublatt.de/artikel/bbb_Daemmen_mit_Baustroh_Option_mit_vielen_Vor_ur_teilen-2265123.html

Cremers. „Gebäudeöffnungen Atlas - Fenster, Lüftungselemente, Aussentüren“ (DETAIL München, 2015).

DIN 4108 Bbl 2:2019-06 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Wärmebrücken

DIN 5034-4 : 1994-09 - Tageslicht in Innenräumen - Vereinfachte Bestimmung von Mindestfenstergrößen für Wohnräume

DIN 68 121 Teil 2 - Holzprofile für Fenster

DIN EN 13495:2019-11 - Wärmedämmstoffe für das Bauwesen - Bestimmung der Abreißfestigkeit von außenseitigen (WDVS)

DIN EN ISO 10077-1:2020-10 - Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern

DIN EN ISO 6946:2018-03 - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

E DIN EN 673:2023-01 - Glas im Bauwesen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert)

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. „Stroh, ein nachhaltiger Dämmstoff“. Zugriff 02.12.24. https://www.fnr.de/fileadmin/news/fnr/2014/Sanieren_mit_Stroh.pdf

Frick, Knöll. „Baukonstruktionslehre 1“ (Springer, 2015).

Giebeler, Fisch, Krause u. A. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008).

Graefe. „Altbausanierung - Ratgeber für die Praxis - Richtig planen und ausführen“ (Müller, 2020).

IFT Rosenheim. „Klima.sicher.bauen“. Zugriff 30.11.24. <https://www.ift-rosenheim.de/fensterbau-frontale-2024>

IGP Chemie. „Mineralhartschaum“. Zugriff 30.11.24. https://www.igp-duelmen.de/fileadmin/user_upload/FireFoe_m__TDB_Vers._14_06-2024.pdf

Kummer. „BASICS Mauerwerksbau,“ (Birkhäuser, 2021).

Maxit Strohdämmplatten. „maxit strohpanel für Trockenbau und Dämmung“. Zugriff 13.01.25. <https://www.maxit-strohpanel.de>

Moro. „Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail“ (Springer, 2009).

Pech. „Baukonstruktionen Fenster“ (Birkhäuser, 2005).

Rathmanner, Schmiderer. „Atbau Sanierung - Gebäude richtig und nachhaltig revitalisieren“ (Stocker, 2011).

Schelfbauhütte. „Alte Brauerei Schwerin - Sudhaus“. Zugriff 02.12.24. <https://mil.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Forum%20%20-%20Alte%20Brauerei%20Schwerin.pdf>

Stiell. „Fenster erneuern - Planung, Ausführung, Fehlervermeidung“ (Fraunhofer, 2022).

GENEIGTES DACH

Ahnert, Rudolf, Krause, Karl Heinz. „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960“. (Beuth, 2009). S. 172

Barthel, Rainer u.A. „Dach Atlas Geneiget Dächer“ (Institut für internationale Architektur-Dokumentation München, 2002). S. 10, 97

Baunativ Redaktion. „Gips da nicht noch was anderes? – Ökologische Alternativen im Trockenbau“ (13.06.2023). Zugriff 05.01.2025. <http://blog.baunativ.de/gips-da-nicht-noch-was-anderes-oekologische-alternativen-im-trockenbau/>

Baunetz Wissen. „Urban Mining“. Zugriff 12.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/baustoffe-teile/urban-mining-8366471>

Baunetz Wissen. „Recycling von Kunststoffdachbahnen“. Zugriff 12.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/flachdach/fachwissen/kunststoffbahnen/recycling-von-kunststoffdachbahnen-780080>

Baunetz Wissen. „Befestigungselemente“. Zugriff 10.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/schiefer/fachwissen/zubehoer-wartung/befestigungselemente-1576653>

Baukobox. „Dampfbremse aus OSB-Platten“. Zugriff 12.01.2025. <https://baukobox.de/wissen/879-dampfbremse-aus-osb-platten>

ETHZ. „Holzwohle-Leichtbauplatten“ (2020). Zugriff 12.01.2025. https://materialarchiv.ch/de/ma:material_327?type=all&n=Grundlagen

Giebeler, Georg u. A. “Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008). S. 86f, 129, 151ff.

Haag, Isabella. „Dampfsperre richtig anbringen“ (aktualisiert 17.04.2024). Zugriff 12.01.2025. <https://www.bauen.de/a/dampfsperre-richtig-anbringen/>

Hamburg Behörde für Kultur und Medien. „Denkmalliste - Auszug fürden Bezirk Eimsbüttel“ (Stand 17.09.2024). Zugriff 12.01.2025. <https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/behoerde-fuer-kultur-und-medien/themen/denkmalschutz/denkmalliste-104706>

Hamburg Behörde für Kultur und Medien. „Praxishilfe Denkmalpflege“ (Stand 2022). Zugriff 12.01.2025. <https://www.hamburg.de/resource/blob/105272/9a52db657031fc9cd14a014ba54dddde/praxishilfe-denkmalpflege-data.pdf>

Haus.de. „OSB-Platten: Verwendung und Einsatzgebiete“ (11.06.2018). Zugriff 12.01.2025. <https://www.haus.de/bauen/osb-platten-verwendung-und-einsatzgebiete-23781>

Hestermann, Ulf und Rongen, Ludwig. „Baukonstruktionslehre 2“ (Springer Vieweg, 2018). S. 246-253

Heß, Thomas. „Hanfdämmung: Eine natürliche Dämmalternative“ (09.08.2022). Zugriff 12.01.2025. <https://www.haus.de/bauen/hanfdaemmung-29533>

Kolb, Bernhard. „Gipskartonplatten - Ökobilanz“ (2025). Zugriff 23.01.2025. <https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/gipskartonplatten>

Lißner, Karin und Rug, Wolfgang. „Holzbausanierung beim Bauen im Bestand“ (Springer Vieweg, 2018). S. 377

Ökologisch Bauen. „Hanf-Dämmung“. Zugriff 05.01.2025. <https://www.oekologisch-bauen.info/baustoffe/naturdaemmstoffe/hanf-daemmung/>

FLACHDACH

Ahnert, Krause. „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 - zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz“ (Huss, 2009)

Amend, Holger. „Historische Bauten, Dächer, Instandsetzung“ (Vorlesung, 2024).

Baunetz Wissen. „Einführung: Sanierung und Schäden beim Flachdach“. Zugriff 09.11.24. <https://www.baunetzwissen.de/flachdach/fachwissen/schaeden-sanierung/einfuehrung-sanierung-und-schaeden-beim-flachdach-1325939>

Baunetz Wissen. „Feuchtetechnische Eigenschaften von Holz“. Zugriff 10.12.2024. <https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/werkstoff-holz/feuchtetechnische-eigenschaften-von-holz-8620963>

Baunetz Wissen. „Schäden an Bitumenbahnen und deren Ursachen“. Zugriff 09.11.24. <https://www.baunetzwissen.de/flachdach/fachwissen/bitumendachbahnen/schaeden-an-bitumenbahnen-und-deren-ursachen-156021>

Carlisle. „HERTALAN® Verlegeanleitung“. Zugriff 27.11.2024. https://a.storyblok.com/f/164928/x/2a58da4648/hertalan_verlegeanleitung_de.pdf

Carlisle. „CARLISLE® Induktionssystem für HERTALAN® Planen“. Zugriff 27.11.2024. <https://www.ccm-europe.com/de/epdm/hertalan/induktionssystem>

Claytec. „Leitfaden. Ökologische Trockenbauwände im System“. Zugriff 11.12.2024. https://claytec.de/wp-content/uploads/2022/03/24_004_02_Trockenbauleitfaden_Druck-Export_11-2024_web_DE.pdf

DIN 68800-1:2019-06. Holzschutz - Teil 1: Allgemeines.

DIN 68800-2:2022-02. Holzschutz - Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau.

DIN 68800-3:2020-03. Holzschutz - Teil 3: Vorbeugender Schutz von Holz mit Holzschutzmitteln.

EPDM XL. „Bitumen Dachabdichtung ersetzen“. Zugriff 24.11.2024. <https://www.epdmxl.de/blog/bitumen-dachabdichtung-ersetzen/>

Giebler, Georg et al. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008).

Hanse Syntec Systems. „Bitumen & Dachpappe reparieren - so gehts!“. Zugriff 08.01.2025. <https://dachreparaturshop.de/pages/bitumen>

Hillebrandt, Riegler-Floors et al. „Atlas Recycling - Gebäude als Materialressource“ (Edition Detail, 2021).

Ifeu. „Ganzheitliche Bewertung von verschiedenen Dämmstoffalternativen“ (Endbericht zur Studie). Zugriff 27.11.2024. https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Bericht-D%C3%A4mmstoffe_23032020.pdf

Knauf. „Brandschutz mit Knauf Fireboard-Systemen“. Zugriff 24.11.2024. <https://knauf.com/de-DE/knauf-gips/loesungen/fachkompetenzen/brandschutz/brandschutz-im-trockenbau/brandschutz-fireboard-systeme>

Knauf. „Detailblatt - Knauf Gipsplattendecken“. Zugriff 24.11.2024. https://s7g10.scene7.com/is/content/knauf/D11_AT_KNAUF_GIPSPLATTENDECKEN_2018-09pdf

Knauf. „Produkt-Datenblatt Fireboard“. Zugriff 27.11.2024. <https://knauf.com/api/download-center/v1/assets/e8f1eb24-5cbd-4597-89da-2dc0d911f35b?download=true&country=de>

KomNet/LIA. „Darf bei einem Flachdach eine alte asbesthaltige Bitumenabdichtung mit neuen Bitumenbahnen überdeckt werden?“ (18.03.2023). Zugriff 10.12.2024. https://www.komnet.nrw.de/_sitetools/dialog/43790

Lemix. „Lemix Lehmplatte“. Zugriff 27.11.2024. <https://lehmbauplatte.de/produkt/LemixLehmplatte>

Lemix. „Verarbeitung“. Zugriff 11.01.2025. <https://lehmbauplatte.de/Verarbeitung>

Maier, Josef. „Schadhafte Dachstühle und Dächer“. dach+holzbau, 01 (2011). Zugriff 09.11.2024. https://www.dach-holzbau.de/artikel/bhw_Schadhafte_Dachstuehle_und_Daecher-3041067.html

Redecker, Bernd. DD/H. „In Abdichtungen auch Asbest“ (08.08.2018). Zugriff 10.12.2024. <https://www.ddh.de/aktuell/in-abdichtungen-auch-asbest-08082018>

Steico. „Produktblatt STEICOzell“. Zugriff 27.11.2024. https://www.steico.com/fileadmin/user_upload/importer/downloads/produktinformationen_einblasdmmung/STEICOzell_de_i.pdf

Steico. „STEICO Einblasdämmung Verarbeitungsanleitung“. Zugriff 11.01.2025. https://www.steico.com/fileadmin/user_upload/importer/downloads/4028b6097384810e017496c6dcf14d6f/STEICO_Verarbeitung_Einblasdaemmung_DEU_de_i.pdf

Umweltbundesamt. „Altholz“. Zugriff 27.11.2024. <https://www.umweltbundesamt.de/altholz#hinweise-zum-recycling>

§§ 16, 51 und Anlage 1 GEG (2020, letzte Änderung 16.10.2023)

§§ 27 und 29 HBauO (2005, letzte Änderung 13.12.2023)

§§ 27 und 29 MBO (2002, letzte Änderung 23./24.11.2023)

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

TITELSEITE/VORWORT

Abb. 1.1: Systemskizze eines gründerzeitlichen Gebäudes in Hamburg (Bernd Dahlgrün, 2025)

INHALTSVERZEICHNIS

Abb. Icons: Vorwort, Bauteile, Anhang, Impressum (eigene Abbildungen, 2025)
Abb. Bauteile: Bilder aus den einzelnen Kapiteln, s. jeweiliges Kapitel

FUNDAMENT

- Abb. 2.1: Detail Fundamente Bestand M 1:10 (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 2.2: Kellerraum Außenwand Frontfassade (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 2.3: Kellerraum Innenwand (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 2.4: Rückfassade außen (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 2.5: Kellerraum Außenwand Rückfassade (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 2.6: Frontfassade außen (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 2.7: Detail Fundamente Sanierung M1:20 (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 2.8: Injektionsverfahren mit einem Expansionsharz (uretek.at. „Fundamentstabilisierung eines Gründerzeithauses mit Dachausbau in Wien“. Zugriff 01.12.2024. <https://www.uretek.at/projekte/stabilisierung-fundament-gruenderzeithaus-wien-2>)
Abb. 2.9: Zusatzfundament im Pilgerschrittverfahren (ks-bau.eu. „Unterfangungen“. Zugriff 01.12.2024. <https://www.ks-bau.eu/verschiedene-maurerarbeiten/unterfangungen>)
Abb. 2.10: Ablauf Pilgerschrittverfahren (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 2.11: Düsenstrahlverfahren (impenia.com. „Düsenstrahlverfahren“. Zugriff 01.12.2024. <https://impenia.com/de-de/spezialtiefbau/verfahren/duesenstrahlverfahren/>)
Abb. 2.12: Verpresspfahlverstärkung mit Mikropfählen (novatek.de. „Eingepresste Druckmikropfähle MP/60“. Zugriff 01.12.2024. <https://www.novatek.de/technologie/mikropfahle/>)
Abb. 2.13: Detail Fundamente kreislaufgerechte Sanierung M1:10 (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 2.14: Zementfabrik (M. Mitchell Waldrop. Spektrum.de. „Neuerfindung eines alten Baumaterials“.12.07.2023. Zugriff 11.01.2025. <https://www.spektrum.de/magazin/klimaneutrale-industrie-neuerfindung-von-zement/2150676>)
Abb. 2.15: Bohrgerät für Düsenstrahlverfahren (porr.de. „Düsenstrahlverfahren nach DIN EN 12716“. Zugriff 11.01.2025. <https://porr.de/spezialtiefbau-wiki/duesenstrahlverfahren/>)
Abb. 2.16: Kunstharz mit Kies verbunden (uretek.ch. „So verdichtet das URETEK-Kunstharz Geoplus® unterschiedlichsten Untergrund“. Zugriff 11.01.2025. <https://www.uretek.ch/injektionstechnik/verdichtung-des-untergrundes/>)
Abb. 2.17: Kunstharz mit Kies-Sand-Gemisch verbunden (uretek.ch. „So verdichtet das URETEK-Kunstharz Geoplus® unterschiedlichsten Untergrund“. Zugriff 11.01.2025. <https://www.uretek.ch/injektionstechnik/verdichtung-des-untergrundes/>)
Abb. 2.18: Recyclingbeton (Remo Hug, Johannes Tiefenthaler. materialarchiv.ch. „Recyclingbeton, CO₂-angereichert“.2021. Zugriff 11.01.2025. https://materialarchiv.ch/de/ma:material_6d0082e1-f867-4b44-84aa-50fee4e9a52c/?type=all&n=Grundlagen)
Abb. 2.19: Arbeitsschritte für das Erstellen einer Fundamentverstärkung im Injektionsverfahren (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 2.20: Arbeitsschritte für das Erstellen einer Fundamentverstärkung im Pilgerschrittverfahren (eigene Abbildung, 2024)

BODENPLATTE

- Abb. 3.1: Detail Bestand Bodenplatte M 1:5 (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 3.2: Kellerraum als „Hamburger Souterrain“, mit Beton Stufen (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 3.3: Nutzschicht im Bestand: Terrazzo Boden (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 3.4: Bereichsweise Sanierung des Terrazzobodens durch Beton - Wandseite (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 3.5: Sanierung des Terrazzobodens durch Beton, mittig der Bodenplatte (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 3.6: Schadensbild Bodenplatte (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 3.7: Detail V1.1 - Nachträgliche Abdichtung M 1:5 (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 3.8: Detail V.1.2 - Schleierinjektion M 1:5 (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 3.9: Verlegung der Bitumenbahnen in der Praxis (Hausjournal. „Bitumenbahn auf Beton: Tipps zur Verlegung und Pflege“ (26.12.2024). Zugriff 11.01.2025. <https://www.hausjournal.net/bitumenbahn-auf-beton>)
Abb. 3.10: Ausführung der Dichtungsschlämme in der Praxis (Mapei. „Neu:Mapeguard WP 2K Membran - schnell aushärtende Schmiermembran“ (11.10.2022). Zugriff 11.01.2025. <https://www.mapei.com/no/no/nyheter-og-presse/nyhetsarkiv/nyhet/2022/10/10/mapeguard-wp-2k-membrane-hurtigherdende-smoeremembran>)
Abb. 3.11: Ausführung der Dichtungsschlämme in der Praxis (Weber. „Ausführung einer Kellerinnensanierung mit flexibler Dichtungsschlämme“. Zugriff 20.01.2025. <https://www.de.weber/baustoffe-fuer-bautenschutz-moertelsysteme/ausfuehrung-einer-kellerinnensanierung-mit-flexibler-dichtungsschlaemme>)
Abb. 3.12: Schleierinjektionsverfahren in der Praxis (Varioseal. „Vertikalsperre“. Zugriff 11.01.2025. <https://www.varioseal.com/rasterinjektion-schleierinjektion-1.php>)
Abb. 3.13: Injektion zur Rissabdichtung am Kellerboden (Robert Graefe. „Kellersanierung. Ratgeber für die Praxis – Schäden erkennen, bewerten, sanieren“ (RM Rudolf Müller, 2020). S. 41.)
Abb. 3.14: Detail V2.1 - Dämmung auf Betonsohle M 1:5 (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 3.15: Detail V.2.2 - Dämmung unter Betonsohle M 1:5 (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 3.16: Erneuerung der Bodenplatte - Erkennbare Sandschicht (Holger Amend. „20 Erdberührende Bauteile Instandsetzung, Vorlesung“ (2024). S.11.)
Abb. 3.17: Vorbereitung der neuen Sohle - Trennschicht mit Mattenbewehrung (Holger Amend. „20 Erdberührende Bauteile Instandsetzung, Vorlesung“ (2024). S. 14.)
Abb. 3.18: Erneuerung der Bodenplatte - Abdichtungsfolie oberhalb neuer Sohle (Holger Amend. „20 Erdberührende Bauteile Instandsetzung, Vorlesung“ (2024). S. 18.)
Abb. 3.19: XPS-Dämmplatte (Energie-experten.org. „Vorteile einer Perimeterdämmung mit XPS“ (08.08.2024). Zugriff 11.01.2025. <https://www.energie-experten.org/bauen-und-sanieren/daemmung/perimeterdaemmung/xps>)
Abb. 3.20: Schaumglas Dämmung (BauNetz Wissen. „Schaumglas“. Zugriff 11.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/fachwissen/daemmstoffe/schaumglas-152164>)
Abb. 3.21: Detail V1 - Nachträgliche Abdichtung M 1:5 (eigene Abbildung, 2025)
Abb. 3.22: Detail V.2 - Wärmedämmung M 1:5 (eigene Abbildung, 2025)
Abb. 3.23: Detail Schleierinjektion M 1:5 (eigene Abbildung, 2025)
Abb. 3.24: Arbeitsschritte Dichtungsschlämme (eigene Abbildung, 2024)
Abb. 3.25: Arbeitsschritte Schleierinjektion (eigene Abbildung, 2024)

ERDBERÜHRTE AUSSENWAND

- Abb. 4.1: Detailschnitt - Bestand Kellerwand zu Erdreich, Mst. 1:10 (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.2: Erdberührte Aussenwand mit Hausinstallationen (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.3: Vermessung der erdberührten Aussenwand (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.4: Vermessung der Lichtschacht (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.5: Lichtschacht von aussen (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.6: Vermessung des Sockels (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.7: Detailschnitt - Vorschlag für eine konventionelle Sanierung einer Kellerwand zum Erdreich, Mst. 1:10 (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.8: Baugrube (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.9: Rüttelgerät beim Schlitzrüttelverfahren (HW Mauertrockenlegung, https://www.hw-mauertrockenlegung.de/assets/Uploads/7830d55a0c/maschine-edelstahlsperre___ScaleMaxWidthWzYyNF0.jpg, Zugriff am 20.01.2025)
Abb. 4.10: Überlappung der Edelstahlbleche (HW Mauertrockenlegung, Zugriff am 20.01.2025, https://www.hw-mauertrockenlegung.de/assets/Uploads/ec3f0c205f/edelstahlsperre-hw-system-ueberlappung-edelstahlplatten__FocusFillMaxWylwLjAwliwiMC4wMCIsMTkyMCw3NTZd.jpg)
Abb. 4.11: Funktionsweise eines Sanierputzes (Rietz, Andreas: Feuchte im Bauwerk (2007). Jäger Medienzentrum: Berlin)
Abb. 4.12: Salzausblühungen am Mauerwerk (Baugutachten Tebinka, <https://irp.cdn-website.com/2e71f5c5/dms3rep/multi/wand-salpeter-entfernen-salzausbluehungen-beseitigen-keller-368232865.webp>, Zugriff am 20.01.2025)
Abb. 4.13: Einbau der Spundwand bzw. der Böschung (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.14: Einbau der horizontale Abdichtung (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.15: Einbau der vertikale Abdichtung (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.16: Auffüllung der Baugrube (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.17: Bohrungen an Kellerwand durchführen (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.18: Injektion des Wirkstoffes in Bohrung (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.19: Ausbreitung des Wirkstoffes durch Druck (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 4.20: Verschlüss der Bohrlöcher (Eigene Abbildung, 2024)

Abb. 4.21: Horizontale Abdichtung, Mst.1:10 (Eigene Abbildung, 2024)

Abb. 4.22: Injektionsverfahren von aussen, 1:10 (Eigene Abbildung, 2024)

MAUERWERKSFUGE

Abb. 5.1: Sichtfassade Mauerwerk Detail, M 1:5 (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 5.2: Ziegelsonderformate (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 5.3: Vorderfassade (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 5.4: Fugenschäden (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 5.5: Konstruktion des Mauerwerks (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 5.6: Mauerwerksschäden (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 5.7: Endzustand des sanierten Vormauerwerks Detail, M 1:5 (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 5.8: Bestandsanalyse mittels Bohrkernuntersuchung und Druckfestigkeitsprüfung (eigene Abbildung auf Grundlage von WTA International. „Ermittlung der Druckfestigkeit von Bestandsmauerwerk aus künstlichen kleinformatigen Steinen.“ (WTA, 2021) Merkblatt 7-4:2021-11, 2024. S.7)

Abb. 5.9: Uneingeschränkte Probenentnahme („Bausubstanz-Zeitschrift für nachhaltiges Bauen, Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege“. Heft 6(Dezember 2020). Zugriff 30.11.2024. <https://www.irbnet.de/daten/rswb/20129005343.pdf> S.5)

Abb. 5.10: Limitierte Probenentnahme („Bausubstanz-Zeitschrift für nachhaltiges Bauen, Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege“. Heft 6(Dezember 2020). Zugriff 30.11.2024. <https://www.irbnet.de/daten/rswb/20129005343.pdf> S.6)

Abb. 5.11: Ersatzhohlziegel (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 5.12: Ziegelausbesserung mit Reperaturmörtel (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 5.13: Vormauerwerk Neuverfugt (links) und teilentnommene Fugen (rechts) (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 5.14: Endzustand des sanierten Vormauerwerks Detail, M 1:5 (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 5.15: Trümmerfrauen nach dem 2.Weltkrieg („Alles auf Anfang?“. Zugriff 10.12.2024. <https://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/radiowissen/geschichte/wiederaufbau-muenchen-hintergrund-100.html>)

Abb. 5.16: Bohrkerne von Ziegelmauerwerken („Untersuchung der Druckfestigkeit von Bestandsmauerwerk“. Zugriff 10.12.2024. <https://ak-bauwerksdiagnostik.de/mauerwerk/>)

Abb. 5.17: Vormauerwerk ohne Imprägnierung (Rumstein, Mate. Dämmung Nord. „Schutz der Fassade vor Feuchtigkeit durch Hydrophobierung“ Zugriff 24.01.2025. <https://www.daemmung-nord.de/daemmung/hydrophobierung-fassade>)

Abb. 5.18: Vormauerwerk mit Imprägnierung (Rumstein, Mate. Dämmung Nord. „Schutz der Fassade vor Feuchtigkeit durch Hydrophobierung“. Zugriff 24.01.2025. <https://www.daemmung-nord.de/daemmung/hydrophobierung-fassade>)

Abb. 5.19: Arbeitsschritte der Fugensanierung (eigene Abbildung, 2024)

RISSE IM MAUERWERK

Abb. 6.1: Ansicht Risskategorien (Eigene Zeichnung)

Abb. 6.2: Craquelée Risse (DFZ Architekten, 2024)

Abb. 6.3: Vertikale Risse (DFZ Architekten, 2024)

Abb. 6.4: Getreppte Risse (DFZ Architekten, 2023)

Abb. 6.5: Horizontaler Riss (Eigene Zeichnung)

Abb. 6.6: Vertikaler Riss (DFZ Architekten, 2023)

Abb. 6.7: Perspektive Sanierung (Eigene Zeichnung)

Abb. 6.8: Teilsanierte Fassade (Photocase. Zugriff am 02.12.2024. <https://www.photocase.de/fotos/4164684-teil-einer-backsteinwand-mit-angeschnittenem-fenstersims-und-fenster-die-unterschiedlich-gefaerbten-steine-bilden-ein-geheimnisvolles-muster-punkt-photocase-stock-foto/>)

Abb. 6.9: Ankerplatte (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.10: Schweißnaht Zugband (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.11: Spiralanker (WM BAU Mühlfeld GmbH. „Referenzobjekte.“. Zugriff am 02.12.2024. <https://www.wm-bau-gmbh.de/leistungen/fassadensanierung/spiralankersysteme/>)

Abb. 6.12: Injektionspacker (Desoi. „Objektbeispiele“. Zugriff am 02.12.2024. <https://www.desoi.de/catalog/de/12000/>)

Abb. 6.13: Zugbänder (Eigene Zeichnung)

Abb. 6.14: Injektionsverfahren (Eigene Zeichnung)

Abb. 6.15: Spiralanker (Eigene Zeichnung)

Abb. 6.16: Mauerwerksaustausch (Eigene Zeichnung)

Abb. 6.17: Vertikaler Riss (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.18: Getreppter Riss (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.19: Getreppter Riss (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.20: Getreppter Riss (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.21: Craquelée Riss (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.22: Korrosionsschäden (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.23: Horizontaler Riss (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.24: Horizontaler Riss (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.25: Zugband zur temporären Absicherung (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.26: Zugband zur temporären Absicherung (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.27: Zugband zur temporären Absicherung (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.28: Träger und Zugband zur temporären Absicherung (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.29: Ankerplatte (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.30: Zugbandhülse und Gewindestange (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.31: Zugbandhülse und Gewindestange (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.32: Getreppter Riss und Zugband (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.33: Zugband (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.34: Zugband (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.35: Verschweißtes Zugband (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.36: Zugbandhülse (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.37: Korrosionsschäden (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.38: Korrosionsschäden (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.39: Korrosionsschäden (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 6.40: Korrosionsschäden (Eigene Aufnahme, 2024)

PUTZ & BESCHICHTUNG

Abb. 7.1: Schadensbild A: Putzbedingter Riss o.M. (eigene Darstellung, 2024)

Abb. 7.2: Schadensbild B: Putzgrundbedingter Riss o.M. (eigene Darstellung, 2024)

Abb. 7.3: Schadensbild C: Salzausblühungen und Putzabplatzungen o.M. (eigene Darstellung, 2024)

Abb. 7.4: Bellealliancestrasse Gloria: weites Rissbild in der Fassade (eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 7.5: Rissbildung horizontral (eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 7.6: Rissbildung vertikal (eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 7.7: Salzausblühungen im Sockelbereich (eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 7.8: Risse und Putzabplatzungen am Wasserabfluss(eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 7.9: Sanierung A: Putzbedingter Riss o.M. (eigene Darstellung, 2024; basierend auf Vorlesung „gestrichene Putzfassade Instandsetzung“ von Architekt und Geschäftsführer der Amend + Hinrichs Ingenieurgesellschaft. HafenCity Universität Hamburg, am 21.10.2024)

Abb. 7.10: Sanierung B: Putzgrundbedingter Riss o.M. (eigene Darstellung, 2024)

Abb. 7.11: Sanierung C: Salzausblühungen und Putzabplatzungen o.M. (eigene Darstellung, 2024)

Abb. 7.12: Putzschäden durch Salzeinwirkungen (bauhandwerk.de, o.D. „So verarbeitet man Sanierputze-WTA“, Zugriff am 14.11.2024, https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_So_verarbeitet_man_Sanierputze-WTA-2644048.html)

Abb. 7.13: Abbeizen der Altanstrichschichten (yting.com, o.D. Zugriff am 14.11.2024 <https://i.ytimg.com/vi/22Acr73UdJc/maxresdefault.jpg>)

Abb. 7.14: Sanierputz von Hand angeworfen(bauhandwerk.de, o.D. „So verarbeitet man Sanierputze-WTA“, Zugriff am 14.11.2024, https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_So_verarbeitet_man_Sanierputze-WTA-2644048.html)

Abb. 7.15: Auftragen des Sanierputzes (selbst.de, o.D. „Sanierputz: Infos zur Verarbeitung“, Zugriff am 14.11.2024, <https://www.selbst.de/sanierputz-24308.html>)

Abb. 7.16: Funktion Sanierputz (bauredakteur.de, o.D. „Sanierputz gegen feuchte Keller und Fassaden“, Zugriff am 14.11.2024, <https://www.bauredakteur.de/sanierputz-gegen-feuchte-keller-und-fassaden/>)

Abb. 7.17: Sanierung A: Putzbedingter Riss o.M. (eigene Darstellung, 2024)
Abb. 7.18: Sanierung B: Putzgrundbedingter Riss o.M. (eigene Darstellung, 2024)
Abb. 7.19: Sanierung C: Salzausblühungen und Putzabplatzungen o.M. (eigene Darstellung, 2024)
Abb. 7.20: zementbasierter Injektionsstoff (isolbau.de, o.D. „Zement-Reparaturmörtel 1x 300ml dunkelgrau“, Zugriff am 04.01.2025, <https://isolbau.de/zement-reparaturmoertel-/zement-reparaturmoertel-1x-300ml-dunkelgrau.html>)
Abb. 7.21: Flexibler Füller für Dehnungs- und Bewegungsfugen (watco.de, o.D. „Watco RissFix flexibel“, Zugriff am 04.01.2025, <https://www.watco.de/produkte/watco-rissfix-flexibel>)
Abb. 7.22: Sanierputz anmischen (Entfeuchtungsputz, Zugriff am 25.01.2025, https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Entfeuchtungsputz-2466756.html)
Abb. 7.23: Horizontalsperre (Horizontalsperre gegen aufsteigende Feuchtigkeit, Zugriff am 25.01.2015, <https://www.hw-mauertrockenlegung.com/horizontalsperre/>)
Abb. 7.24: Funktion Opferputz (eigene Abbildung, basierend auf WTA Merkblatt 2-10-06/D Opferputze S.7, 2024)
Abb. 7.25: Arbeitsschritte Sanierung Putz (Abbildungen Arbeitsschritte 1-8) (eigene Abbildungen, 2024)

GESIMS

Abb. 8.1: Fassadenschnitt Erker | M 1:10 (Eigene Darstellung, 2024)
Abb. 8.2: Abplatzungen Gesimse und Perlenband, Risse im Gesims (Eigene Darstellung, 2024)
Abb. 8.3: Massive Schäden des Gesimses (Eigene Darstellung, 2024)
Abb. 8.4: Starke Beschädigung des Gesimses und der Konsole (Eigene Darstellung, 2024)
Abb. 8.5: Abgebrochene Teile des Gesimses mit Algenbewuchs (Eigene Darstellung, 2024)
Abb. 8.6: Abgeblätterter Anstrich und Algenbewuchs (Eigene Darstellung, 2024)
Abb. 8.7: Fassadenschnitt Erker | M 1:10 (Eigene Darstellung, 2025)
Abb. 8.8: Gesimse und Stuck werden gestrahlt oder gebeizt (Eigene Darstellung, 2025)
Abb. 8.9: Abgebrochene Teile werden mit Hilfe von Abdrücken nachgebildet (Eigene Darstellung, 2025)
Abb. 8.10: Gesimse erhalten einen Schlitz für die neue Verblechung (Eigene Darstellung, 2025)
Abb. 8.11: Aufwändige Blecharbeiten mit vorgekanteten Stücken (Eigene Darstellung, 2025)
Abb. 8.12: Blech verklebt mit Enkolit; bietet einen Witterungsschutz (Eigene Darstellung, 2025)
Abb. 8.13: Fassadenschnitt Erker | M 1:10 (Eigene Darstellung, 2025)
Abb. 8.14: Detail Gesims | M 1:2 (Eigene Darstellung, 2025)
Abb. 8.15: Haftstreifen und UDS-Verbinder mit Gesimsblech (RHEINZINK GmbH & Co. KG. www.rheinzink.de. „UDS-VERBINDER“. Zugriff 08.01.2025. https://www.rheinzink.de/fileadmin/redaktion/RHEINZINK_DE/Downloads/Broschueren-Produktionformationen/uds-verbinder-100435-rz-d-016-12-23_jb.pdf)
Abb. 8.16: Ausführung Gesimsabdeckung im Neubau (RHEINZINK GmbH & Co. KG. www.rheinzink.de. „ABDECKUNGEN UND ANSCHLÜSSE - Optimaler Schutz für Mauern, Dachränder, Gesimse und Fensterbänke“. Zugriff 10.01.2025. https://www.rheinzink.de/fileadmin/redaktion/RHEINZINK_DE/Downloads/Technische-Unterlagen/planung-anwendung-abdeckungen-anschluesse-105608-v009-01-de-de.pdf)
Abb. 8.17: Ausführung Stoßfuge (RHEINZINK GmbH & Co. KG. www.rheinzink.de. „ABDECKUNGEN UND ANSCHLÜSSE - Optimaler Schutz für Mauern, Dachränder, Gesimse und Fensterbänke“. Zugriff 10.01.2025. https://www.rheinzink.de/fileadmin/redaktion/RHEINZINK_DE/Downloads/Technische-Unterlagen/planung-anwendung-abdeckungen-anschluesse-105608-v009-01-de-de.pdf)
Abb. 8.18: Schallentkopplung mit Antidröhnstreifen (Brillux GmbH & Co. KG. www.brillux.de. „Antidröhn-Beschichtung 3561“. Zugriff 08.01.2025. https://www.brillux.de/produkte/8265_antidroehn-beschichtung-3561)
Abb. 8.19: Fensterbankschraube mit Polyamid Abdichtung (Adolf Würth GmbH & Co. KG. eshop.wuerth.de. „FENSTERBANKSCHRAUBE GROBGEWINDE, EDELSTAHL A2“. Zugriff 08.01.2025 https://eshop.wuerth.de/Produktkategorien/Edelstahl-A2-blank-Grobgewinde/14013508010802.cyid/1401.cgid/de/DE/EUR/pgid=_SyqelfHuAE7AgenBedw0kx10000XwB_YjS4;sid=k07nCmfCJXfVCgC9YYFqAZfL_RGhIAmd1WRm9UPK)
Abb. 8.20: Arbeitsschritte der konventionellen Sanierung (Eigene Darstellungen, 2025)

BALKON

Abb. 9.1: Bestand - Detailzeichnung Balkon Tragwerk, Maßstab 1:10 (eigene Abbildung, 2024/2025)
Abb. 9.2: IPN-Träger, Abstand Längsseite (Amend, Holger. Präsentation des Gastvortrags „Historische Bauten, Balkone - Terrasse“. 5)
Abb. 9.3: Unterlagsträger, Position aufliegender IPN-Träger (Amend, Holger. Präsentation des Gastvortrags „Historische Bauten, Balkone - Terrasse“. 8)
Abb. 9.4: Oberlagsträger unter der Fensterschwelle (Amend, Holger. Präsentation des Gastvortrags „Historische Bauten, Balkone - Terrasse“. 14)
Abb. 9.5: IPN-Träger, Zugband (Rundstahl) (Amend, Holger. Präsentation des Gastvortrags „Historische Bauten, Balkone - Terrasse“. 25)
Abb. 9.6: Unterlagsträger, Korrosion an Steg und Flanschen (Amend, Holger. Präsentation des Gastvortrags „Historische Bauten, Balkone - Terrasse“. 12)
Abb. 9.7: Sanierung Detailzeichnung Balkon Tragwerk, Maßstab 1:10 (eigene Abbildung, 2024/2025)
Abb. 9.8: Abstimmung Estrich und Ziegelsplittbeton (Amend, Holger. Präsentation des Gastvortrags „Historische Bauten, Balkone - Terrasse“. 35)
Abb. 9.9: freigelegte, aufliegende IPN-Träger (Amend, Holger. Präsentation des Gastvortrags „Historische Bauten, Balkone - Terrasse“. 50)
Abb. 9.10: Oberlagsträger mit Korrosionsschutz (Amend, Holger. Präsentation des Gastvortrags „Historische Bauten, Balkone - Terrasse“. 56)
Abb. 9.11: Schalung, abgestützt durch Teleskopstützen (eigene Abbildung, 2024/2025)
Abb. 9.12: Neuer Gefälleestrich, Schnittstelle Vormauerwerk (eigene Abbildung, 2024/2025)
Abb. 9.13: Kreislaufgerechte Sanierung - Detailzeichnung Balkon Tragwerk, Maßstab 1:10 (eigene Abbildung, 2024/2025)
Abb. 9.14: Prinzip Brandschutzverkleidung einer Stahlkonstruktion (knauf.com „K25S.at Knauf Fireboard Stahlträger- und Stahlstützen-Bekleidungen -Brandschutzbekleidungen von Stahlträgern und Stahlstützen“, Zugriff am 31.12.24. <https://knauf.com/de-AT/knauf-gips/produkte-systeme/systeme/fireboard-systeme/knauf-fireboard-stahlstuetzen-und-stahltraeger-bekleidungen-k25-at>)
Abb. 9.15: zugeschnittene Zementfaserplatten (bauhandwerk.de „Einfach montierte Leichtbau-Balkone“. Zugriff am 31.12.24. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Einfach_montierte_Leichtbau-Balkone-1084005.html)
Abb. 9.16: Untersicht Balkon mit abgehängten Putzträgerplatten (bauhandwerk.de „Einfach montierte Leichtbau-Balkone“. Zugriff am 31.12.24. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Einfach_montierte_Leichtbau-Balkone-1084005.html)
Abb. 9.17: Balkonverkleidung in Trockenbauweise (Knauf.pl „Bajeczne Dąbie SEMACO, Kraków“. Zugriff am 31.12.24, <https://strefa-architekta.knauf.pl/obiekt-referencyjny/bajeczne-dabie-semaco-krakow>)
Abb. 9.18: eingelassene Downlight-Leuchte in Trockenbau (prediger.de „p.013 LED Einbau-Downlights R“. Zugriff am 31.12.24 <https://prediger.de/prediger-base-p-013-led-einbau-downlights-r-geringe-einbautiefe-cri-90-250-ma-exklusive-treiber-c74518.html?v=306691>)
Abb. 9.19: Arbeitsschritte 1-12 (eigene Abbildungen, 2024/2025)

BALKONBRÜSTUNG

Abb. 10.1: Detail Balkon Bestand (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 10.2: Balkon Bestandsbau (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 10.3: Korrosionsschäden am Geländer (Holger Amend. Vorlesungsfolien „Balkone Terrassen“, 2024)
Abb. 10.4: Schadhafte Lackierung (Epperlein Malermeister. „Metallflächen / Geländer lackieren / Direkt auf Rost“ (Oktober 2023). Zugriff: 23.01.2025, <https://www.youtube.com/watch?v=HgyZlZtXlnk>)
Abb. 10.5: Korrosionsschäden am Unterlagsträger und Doppel-T-Träger (Holger Amend. Vorlesungsfolien „Balkone Terrassen“, 2024)
Abb. 10.6: Geländer aus Schmiedeeisen (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 10.7: Detail Balkon Sanierung (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 10.8: Bodenanker Edelstahl Pfosten Adapter zum Einbetonieren (Hoerr-edelstahl.de, „Bodenanker Edelstahl Pfosten Adapter zum Einbetonieren im Boden Beton Betonanker V4A“ (o.A.). Zugriff 10.12.2024. <https://www.hoerr-edelstahl.de/Handlaeufe-Pfosten-Zierstaebe/Gelaenderpfosten/fertige-Pfosten-standart-Ware/Bodenanker-Edelstahl-Pfosten-Adapter-zum-einbetonieren-im-Boden-Beton-Betonanker-V4A.html>)
Abb. 10.9: Verfahrensablauf beim Feuerverzinken nach DIN EN ISO 1461 (Feuerverzinken.com. “A.2 VERFAHRENSABLAUF BEIM FEUERVERZINKEN NACH DIN EN ISO 1461“ (o.A.). Zugriff 20.11.2024. <https://www.feuerverzinken.com/wissen/arbeitsblaetter/a-korrosionsschutz-feuerverzinken/a2-verfahrensablauf-beim-stueckverzinken>)
Abb. 10.10: Zeichnung Rankengeländer mit unregelmäßigen Öffnungen (Einemann, Axel + et al. „Balkone, Loggien und Terrassen“ (Rudolf Müller, 2019). S. 139)
Abb. 10.11: Triflex ProDrain Schichtaufbau (Triflex.com. „Triflex ProDrain - Technische Details“ (o.A.). Zugriff: 20.12.2024. <https://www.triflex.com/de/triflex-prodrain-technische-details>)
Abb. 10.12: Detailabdichtung mit Triflex ProDetail (partner-wiki.de „Triflex Detaillösungen zur Bauwerksabdichtung“. (April 2022). S. 115. https://partner-wiki.de/skyco12/XI-EBZa-data/address/pkm_ebz/ics_downloads/0000000486/triflex_detailloesungen_handbuch.pdf)
Abb. 10.13: Detail Balkon kreislaufgerechte Sanierung (Eigene Abbildung, 2024)
Abb. 10.14: OSB3 - Bauplatte (embacher-holz.shop. „OSB-3 Platten 22 mm stumpf & ungeschliffen“ (o.A.). Zugriff: 17.01.2025. <https://www.embacher-holz.shop/platten/osb-platten/956/osb-3-platten-22-mm-stumpf-ungeschliffen>)
Abb. 10.15: Feuerverzinktes Bauteil im Zinkbad (Feuerverzinken.com. “A.2 VERFAHRENSABLAUF BEIM FEUERVERZINKEN NACH DIN EN ISO 1461“ (o.A.). Zugriff 20.11.2024. <https://www.feuerverzinken.com/wissen/arbeitsblaetter/a-korrosionsschutz-feuerverzinken/a2-verfahrensablauf-beim-stueckverzinken>)
Abb. 10.16: EPDM-Folie (sanremo4you.info. „EPDM Folie/Band Stärke 1,20mm - Breite: 750mm / Länge: 25m“ (o.A.). Zugriff 15.01.2025. <https://sanremo4you.info/de/epdm/epdm-folie/epdm-folie-staerke-1-20mm-breite-500mm-laenge-25m1>)
Abb. 10.17: Heißluftverschweißung (Baunetzwissen.de. „Kunststoffdachbahnen mit Heißluft verschweißen Bild 02/03“ (o.A.). Zugriff 17.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/flachdach/fachwissen/kunststoffbahnen/kunststoffdachbahnen-mit-heissluft-verschweissen-156081>)
Abb. 10.18: Triflex ProDrain Schichtaufbau (Triflex.com. „Balkon Entkopplungssystem Triflex ProDrain® (Triflex, Juni 2024). S. 9. <https://www.triflex.com/de/download/17608/Triflex-ProDrain-Planungsunterlagen-7c4752.pdf>)
Abb. 10.19: Arbeitsschritte Kreislaufgerechte Sanierung Balkongbrüstung und Abdichtung (Eigene Abbildung, 2024)

BALKENKOPF

Abb. 11.1: Balkendecke Bestand im Schnitt (eigene Darstellung, 2024)

Abb. 11.2: Feuchteschaden an Holzbalken im Mauerwerk (Fachwerk.de. „Holzbalkenkopf-Bohlen anlaschen“. Zugriff 26.01.2025. <https://www.fachwerk.de/threads/holzbalkenkopf-bohlen-anlaschen.263850/>)

Abb. 11.3: Balkendecke mit Feuchteschaden (rego. „Beispiele von Schadeinwirkungen durch Leitungswasser“ Zugriff 26.01.2025. <https://www.rego-gmbh.de/leistungen/fotogalerien/leitungswasserschaden.html>)

Abb. 11.4: Balkenkopfanschluss an Mauerwerk (Schoenwald GmbH. „Holzdeckensanierung / Holzbalkensanierung“. Zugriff 25.01.2025. <https://www.schoenwaldgmbh.de/content/352/129/dienstleistungen/altbausanierung/holzdeckensanierung>)

Abb. 11.5: Mangelhafter Balkenkopf (Fachwerk.de. „Beurteilung Holzbalkendecke von unten“. Zugriff 26.01.2025. <https://www.fachwerk.de/threads/beurteilung-holzbalkendecke-von-unten.298121/>)

Abb. 11.6: Balkenkopf mit Hausschwamm-Befall (energie-fachberater.de. „Holzschädlinge: Pilze und Insekten gefährden Standsicherheit“. Zugriff 24.01.2025. <https://www.energie-fachberater.de/ratgeber/schadstoffsanierung/holzschaedlinge-pilze-und-insekten-gefahrden-standsicherheit.php>)

Abb. 11.7: Konventionelle Sanierungstechniken von Holzbalkenköpfen (eigene Darstellung, 2024)

Abb. 11.8: durch Anlaschungen sanierte Holzbalkendecke, (Fachwerk.de. „Beurteilung Holzbalkendecke von unten“. Zugriff 26.01.2025. „Sanierung nach echten Hausschwamm“ <https://www.fachwerk.de/threads/sanierung-nach-echten-hausschwamm.264257/>)

Abb. 11.9: denkmalgerechte Ausführung von Anlaschungen, (Kirchbauverein Wernsdorf. „Die Rekonstruktion der Wernsdorfer Kirche in Schrift und Bild“. Zugriff 24.01.2025. <http://www.kirchbauverein-wernsdorf.de/kirche/rekonstruktion/rekonstruktion.htm>)

Abb. 11.10: Holzlaschen an gekürztem Balken, (Albe GmbH. Kein Titel. Zugriff 20.11.2024. https://www.albe-gmbh.eu/s/cc_images/cache_2425279004.jpg)

Abb. 11.11: Balkenkopf aus Kunstharzprothese (BETA-Verfahren) (eigene Darstellung, 2025)

Abb. 11.12: Ersetzen des Balkenkopfes durch Stahlprofil (eigene Darstellung, 2025)

Abb. 11.13: Bewertung verschiedener Sanierungsmethoden (eigene Darstellung, 2025)

Abb. 11.14: Sanierung mithilfe von Holzbalken (eigene Darstellung, 2025)

Abb. 11.15: Sanierung mithilfe von Stahlprofil (eigene Darstellung, 2025)

Abb. 11.16: Sanierung durch BETA-Verfahren (eigene Darstellung, 2025)

Abb. 11.17: Arbeitsschritte der Balkenkopfsanierung (eigene Darstellung, 2025)

DECKE

Abb. 12.1: Detail Deckenaufbau Bestand (Eigene Abbildung, 2024)

Abb. 12.2: Dielenlage (Eigene Abbildung, 2024)

Abb. 12.3: Schüttung (Eigene Abbildung, 2024)

Abb. 12.4: Balkenabstand (Eigene Abbildung, 2024)

Abb. 12.5: Balkenstärke (Eigene Abbildung, 2024)

Abb. 12.6: Messung Norm-Trittschallpegel L'w (Rabold, A. et al. „Holzbalkendecken in der Altbausanierung“. Ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbh, 2008)

Abb. 12.7: Detail Sanierungsmaßnahme einer Holzbalkendecke unter Berücksichtigung des Schallschutzes und des Brandschutzes (Eigene Abbildung, 2024)

Abb. 12.8: Messung Norm-Trittschallpegel L'w (Rabold, A. et al. „Holzbalkendecken in der Altbausanierung“. Ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbh, 2008)

Abb. 12.9: Knauf Federschienensystem (Knauf Federschiene 60/27/06. Zugriff 12.12.2024. https://knauf.com/de-DE/p/produkt/federschiene-60-27-06-10112_0010)

Abb. 12.10: Schwalbenschwanzplatten (SPILLNER. “LEWIS Schwalbenschwanzplatten“. Zugriff 16.12.2024. <https://www.spillner-ssb.de/lewis/schwalbenschwanzplatten.html>)

Abb. 12.11: Arbeitsschritte einer konventionellen Sanierung (Eigene Abbildung, 2024)

Abb. 12.12: Detail kreislaufgerechte Sanierungsmaßnahme einer Holzbalkendecke unter Berücksichtigung des Schallschutzes und des Brandschutzes (Eigene Abbildung, 2024)

Abb. 12.13: Knauf Gigafloor Presto 32 (Knauf Gigafloor Presto 32. Zugriff 12.12.2024. https://knauf.com/de-DE/p/produkt/gigafloor-presto-32-18596_0015)

Abb. 12.14: Trittschalldämmung steicounderfloor (Steico Underfloor 2mm. Zugriff 18.12.2024. https://www.steico.com/fileadmin/user_upload/importer/downloads/4028b6097384810e01749707aede3da3/STEICOunderfloor_de_i.pdf)

INNENDÄMMUNG

Abb. 13.1: Detail Wandaufbau Bestand, M 1:10 (eigene Darstellung, 2024)

Abb. 13.2: Rückfassade Stellingner Weg 36 (eigene Aufnahme, 2025)

Abb. 13.3: Beispielbild Feuchteschäden (H, Kerp. Sanier.de. „Schimmelsanierung, Feuchteschäden, Bautrocknung: Fachbetriebe finden und beauftragen“ (2025). Zugriff 25.01.25. <https://www.sanier.de/feuchtigkeitschaeden/schimmelsanierung-feuchteschaeden-bautrocknung-fachbetriebe>)

Abb. 13.4: Temperaturverlauf Bestand Außenwand (eigene Darstellung, 2025)

Abb. 13.5: Feuchteschäden an abmontierten Dämmplatten (michl. Bauexpertenforum.de „Styropor nass“ (2019). <https://www.bauexpertenforum.de/threads/styropor-nass.111370/>)

Abb. 13.6: Beispielbild Bestandssituation (Praetorius, C. Sanier.de. „Innenwände richtig verputzen“ (2025). Zugriff 18.01.25. <https://www.sanier.de/malerarbeiten/putz/innenwaende-richtig-verputzen>)

Abb. 13.7: Detail Wandaufbau konventionelle Sanierung, M 1:10 (eigene Darstellung, 2024)

Abb. 13.8: Temperaturverlauf Bestand+Innendämmung Außenwand (eigene Darstellung, 2025)

Abb. 13.9: Polyurethan-Kalziumsilikat-Verbundplatte (Dämmstoff.Navi. webspace-energie.de. „Polyurethan-Kalziumsilikat-Verbundplatte“(o.J.). Zugriff 28.11.24. <https://webspace-energie.de/daemmstoff-tool/detail.php?id=2>)

Abb. 13.10: Innendämmsystem mit Ständerwerk und Dampfbremse (knauf. Knauf.com. „Lösungen für die Innendämmung von Außenwänden“(o.J.). Zugriff 28.11.24. <https://knauf.com/de-DE/knaufinsulation/loesungen/anwendungsbereiche/innenwand/aussenwand-innendaemmung>)

Abb. 13.11: Schimmel zwischen Außenwand und Dämmschicht (eigene Aufnahme, 2020)

Abb. 13.12: Kalziumsilikatplatte (Dämmstoff.Navi. webspace-energie.de. „Kalziumsilikatplatte“ (o.J.). Zugriff 28.11.24. <https://webspace-energie.de/daemmstoff-tool/detail.php?id=1>)

Abb. 13.13: Detail Wandaufbau kreislaufgerechte Sanierung, M 1:10 (eigene Darstellung, 2024)

Abb. 13.14: Innendämmung mit Holzweichfaserplatten und Lehm (Natur Point Unger.naturpointunger.de. „Innendämmung mit Holzfaser und Lehm“ (o.J.). Zugriff 28.11.24. <https://www.naturpointunger.de/naturliche-innendaemmung-von-natur-point-unger-chemnitz-der-onlineshop-und-baumarkt-fuer-naturbaustoffe.39b.de.html>)

Abb. 13.15: Anschnitt einer Typha-Blattspitze unter dem Mikroskop (Deutsche Bundesstiftung Umwelt. dbu.de. „Neuer Dämmstoff aus Rohrkolben (Typha)“ (2013). Zugriff 28.11.2024. <https://www.dbu.de/projektbeispiele/neuer-daemmstoff-aus-rohrkolben-typha/>)

Abb. 13.16: Herstellung Typhaboard - Rohrkolben in einer Spanplattenalage (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. energieforschung.de. „Klimafreundlich vom Feld bis zur Baustelle/ Mit Rohrkolben nachhaltig und effektiv dämmen“ (2021). Zugriff 28.11.2024. <https://www.energieforschung.de/projekt/de/mit-rohrkolben-nachhaltig-und-effektiv-daemmen>)

Abb. 13.17: Dämmplatten aus Rohrkolben-Schilf-Fasern (BauNetz Wissen. baunetzwissen.de. „Baunetz_Wissen_Gesund Bauen/ Dämmplatten aus Rohrkolben-Schilf-Fasern“ (o.J.). Zugriff 09.01.2025. <https://www.baunetzwissen.de/gesund-bauen/tipps/news-produkte-archiv/daemmplatten-aus-rohrkolben-schilf-fasern-2498301>)

Abb. 13.18: Versuchsdach Vergleich Typha-Dämstoff mit Holzfaser (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. energieforschung.de. „Klimafreundlich vom Feld bis zur Baustelle/ Mit Rohrkolben nachhaltig und effektiv dämmen“ (2021). Zugriff 28.11.2024. <https://www.energieforschung.de/projekt/de/mit-rohrkolben-nachhaltig-und-effektiv-daemmen>)

Abb. 13.19: Arbeitsschritte: Anbringung von Kalziumsilikatplatten als Bestandteil eines diffusionsoffenen/kapillaraktiven Innendämm-Systems (eigene Darstellung, 2025)

WDVS

Abb. 14.1: Einschaliges Mauerwerk (Eigene Darstellung, 2024)

Abb. 14.2: Rückfassade Ost (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 14.3: Rückfassade Nord (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 14.4: Rückfassade West(Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 14.5: Rückfassade Putzschäden (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 14.6: Putzschäden Detail (Eigene Aufnahme, 2024)

Abb. 14.7: Sanierung mit konventionellem WDVS / weber.therm circle (Eigene Darstellung, 2024)

Abb. 14.8: Fassade mit WDVS (gedübelt) (Amend, Holger. 2024. Historische Fassade Wärmedämmverbundsystem. Gastvortrag, Konstruktion II: Kreislaufgerechtes Sanieren, HafenCity Universität Hamburg, 28.10.2024. [baubiologie.de, „Energetische Sanierung mit Strohdämmung“, 2023](https://www.baubiologie.de/„Energetische Sanierung mit Strohdämmung“))

Abb. 14.9: Armierungsschicht (Amend, Holger. 2024. Historische Fassade Wärmedämmverbundsystem. Gastvortrag, Konstruktion II: Kreislaufgerechtes Sanieren, HafenCity Universität Hamburg, 28.10.2024. [baubiologie.de, „Energetische Sanierung mit Strohdämmung“, 2023](https://www.baubiologie.de/„Energetische Sanierung mit Strohdämmung“))

Abb. 14.10: Verschiebung Taupunkt nach außen (Eigene Darstellung, 2024)

Abb. 14.11: Befestigung Mineralwollplatte auf Untergrund ([https://www.bauhandwerk.de](https://www.bauhandwerk.de/„Energetische Sanierung einer Schule mit dem sortenrein rückbaubaren WDVS.“). „Energetische Sanierung einer Schule mit dem sortenrein rückbaubaren WDVS.“. Zugriff am 30.11.2025. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Energetische_Sanierung_einer_Schule_mit_dem_sortenrein_rueckbaubaren_WDVS-3709869.html)

Abb. 14.12: Aufbringung Separationsschicht gefolgt von der Armierungsschicht ([https://www.bauhandwerk.de](https://www.bauhandwerk.de/„Energetische Sanierung einer Schule mit dem sortenrein rückbaubaren WDVS.“). „Energetische Sanierung einer Schule mit dem sortenrein rückbaubaren WDVS.“. Zugriff am 30.11.2025. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Energetische_Sanierung_einer_Schule_mit_dem_sortenrein_rueckbaubaren_WDVS-3709869.html)

Abb. 14.13: Sanierung mit Baustrohballen /Baustrohplatten (Eigene Darstellung, 2024)

Abb. 14.14: Strohdämmung in Holzrahmen-Konstruktion mit Kalkputz (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. [https://www.fnr.de](https://www.fnr.de/„WOHNUNGSBAU Strohdämmung“). „WOHNUNGSBAU Strohdämmung“ (2015). Zugriff 06.12.2024. https://www.fnr.de/uploads/media/Beleg_BBB_Strohtext.pdf)

Abb. 14.15: Strohdämmung auf Dach (www.schelfbauhuette.de. „Strohanker“ (2024). Zugriff 27.11.2024. <https://www.schelfbauhuette.de/leistungen/strohanker>)

Abb. 14.16 Halter aus Recycling-Kunststoff (www.schelfbauhuetten.de. „Strohanker“ (2024). Zugriff 27.11.2024. <https://www.schelfbauhuetten.de/leistungen/strohanker>)

Abb. 14.17 Befestigung Strohdämmplatte (www.bauhandwerk.de. „Maxit entwickelt vollökologische Strohdämmplatten für WDV-Systeme.“. Zugriff am 30.11.2025. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Maxit_entwickelt_volloekologische_Strohdämmplatten_fuer_WDV-Systeme-3370267.html)

Abb. 14.18 Strohdämmplatte von Maxit (www.bauhandwerk.de. „Maxit entwickelt vollökologische Strohdämmplatten für WDV-Systeme.“. Zugriff am 30.11.2025. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Maxit_entwickelt_volloekologische_Strohdämmplatten_fuer_WDV-Systeme-3370267.html)

Abb. 14.19 Arbeitsschritte weber.therm circle WDV (Eigene Darstellung, 2024)

FENSTER RÜCKFASADE

Abb. 15.1: Bestandsfenster Zeichnung M 1:10 (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 15.2: Sohlbankprinzip des Fensters (Breymann. „Baukonstruktionslehre I - Stein“ (Gebhardt, 1896).)

Abb. 15.3: Schräge Leibung und Außenanschlag (Giebeler, Fisch, Krause u. A. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008).)

Abb. 15.4: Sturzprinzip (Ahnert, Krause. „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 - zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz“ (HUSS, 2009).)

Abb. 15.5: Wandlasten (Giebeler, Fisch, Krause u. A. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008).)

Abb. 15.6: Ebenenmodell entsprechend der bauphysikalischen Funktionen (Ahnert, Krause. „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960 - zur Beurteilung der vorhandenen Bausubstanz“ (HUSS, 2009).)

Abb. 15.7: Konventionelle Sanierung Zeichnung M 1:10 (eigene Abbildung, 2025)

Abb. 15.8: Fenster nach Sanierungsmaßnahmen (eigenes Bild, 2024)

Abb. 15.9: Wasserschaden an der Putzfassade aufgrund der Fenstersbank (eigenes Bild, 2024)

Abb. 15.10: Massivbau mit Vollwärmeschutz WDV (Pech. „Baukonstruktionen Fenster“ (Birkhäuser, 2005).)

Abb. 15.11: Nachträgliche Wärmedämmung mit aufgedoppeltem Rahmen (Giebeler, Fisch, Krause u. A. „Atlas Sanierung - Instandhaltung, Umbau, Ergänzung“ (Birkhäuser, 2008).)

Abb. 15.12: Vergleich von Holzfenstern in alter und neuer Bauweise (Graefe. „Altbausanierung - Ratgeber für die Praxis - Richtig planen und ausführen“ (Müller, 2020).)

Abb. 15.13: Kreislaufgerechte Sanierung Zeichnung M 1:10 (eigene Abbildung, 2025)

Abb. 15.14: Dreifach-Isolierverglasung (Moro. „Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail“ (Springer, 2009).)

Abb. 15.15: Unterschied zwischen Holz und Holz Aluminium Fenster Profile (Moro. „Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail“ (Springer, 2009).)

Abb. 15.16: Holz Aluminium Fenster Profil (Moro. „Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail“ (Springer, 2009).)

Abb. 15.17: Fenster Holzrahmen in den Baustrohplatten (Maxit Strohdämmplatten. „maxit strohpanel für Trockenbau und Dämmung“. Zugriff 13.01.25. <https://www.maxit-strohpanel.de>)

Abb. 15.18: Baustelle Sanierung Baustrohdämmung WDV (FNR. „Stroh, ein nachhaltiger Dämmstoff“. Zugriff 02.12.24. https://www.fnr.de/fileadmin/news/fnr/2014/Sanieren_mit_Stroh.pdf)

Abb. 15.19: Arbeitsschritte Zeichnung ohne Maßstab (eigene Abbildung, 2025)

GENEIGTES DACH

Abb. 16.1: Detail Bestandsaufnahme (Cornelia Backhaus und Carlotta Aust, 2024)

Abb. 16.2: Drempestiel (Carlotta Aust, 2024)

Abb. 16.3: Regenrinne auf Dachgesims (Cornelia Backhaus, 2024)

Abb. 16.4: Schieferplatten Dacheindeckung (Cornelia Backhaus, 2024)

Abb. 16.5: Sparrenlage Dachstuhl (Cornelia Backhaus, 2024)

Abb. 16.6: Unsymmetrisches Mansardendach um 1904 (Ahnert, Rudolf, Krause, Karl Heinz. „Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960“. (Beuth, 2009). 172)

Abb. 16.7: Detail Sanierungsmaßnahme (Cornelia Backhaus und Carlotta Aust, 2024)

Abb. 16.8: Aufdopplung Sparren und Auflager Fußpfette (Christian Aust, 2021)

Abb. 16.9: Hinterlüftete Dachkonstruktion (Cornelia Backhaus und Carlotta Aust, 2025)

Abb. 16.10: Nicht-hinterlüftete Dachkonstruktion (Cornelia Backhaus und Carlotta Aust, 2025)

Abb. 16.11: Konstruktionsschema Aufdopplung Sparren (Cornelia Backhaus und Carlotta Aust, 2024)

Abb. 16.12: Taupunkt-Diagramm nach Sanierung (Cornelia Backhaus und Carlotta Aust, 2024)

Abb. 16.13: Detail kreislaufgerechte Sanierungsmaßnahme (Cornelia Backhaus und Carlotta Aust, 2024)

Abb. 16.14: Dampfsperre OSB Platten (Christian Aust, 2021)

Abb. 16.15: Holzwolle-Leichtbauplatte (Materialarchiv. „Holzwolle-Leichtbauplatten“. Zugriff 19.01.2025. https://materialarchiv.ch/de/ma:material_327?type=all&n=Grundlagen)

Abb. 16.16: Holzwolle-Leichtbauplatte verputzt (Saint-Gobain Weber. „Fachgerechtes Verputzen von Holzwolle-Leichtbauplatten“. Zugriff 23.01.2025. <https://www.de.weber/baustoffe-fuer-fassade-wand/fachgerechtes-verputzen-von-holzwolle-leichtbauplatten>)

Abb. 16.17: Hanfdämmung (Naturanum. „Hanfdämmung - Ökologisch & widerstandsfähig“. Zugriff 19.01.2025. <https://www.naturanum.de/themen/daemmung-aus-hanf/>)

Abb. 16.18: Taupunkt-Diagramm kreislaufgerechte Sanierung (Cornelia Backhaus und Carlotta Aust, 2024)

Abb. 16.19: Arbeitsschritte o.M. (Cornelia Backhaus und Carlotta Aust, 2024)

FLACHDACH

Abb. 17.1: Zeichnung Bestand - Flachdach mit Übergang zum geneigten Dach - M1:5 (eigene Abbildung, 2025)

Abb. 17.2: Blick auf Flachdach und Übergang zu geneigtem Dach (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 17.3: Übergang zu geneigtem Dach (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 17.4: Flachdach neben erhöhtem Gebäudeteil (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 17.5: Dachgeschoss mit Dachstuhl (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 17.6: Dachstuhl mit Übergang von Flachdach zu geneigtem Dach (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 17.7: Zeichnung Vorschlag für eine konventionelle Sanierung - Flachdach mit Übergang zum geneigten Dach - M1:5 (eigene Abbildung, 2025)

Abb. 17.8: zimmermannsmäßige Verbindungen (eigene Abbildung, 2025)

Abb. 17.9: Anschluss ohne Strangpressprofil wird undicht (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 17.10: seitliches Verstärken der Dachpfetten („tatsushi/stock.adobe.com“, über: Schneider, Marius. „Dachpfette verstärken: Methoden & Tipps für mehr Stabilität“ (01.11.2024). Zugriff 26.11.2024. <https://www.hausjournal.net/dachpfette-verstaerken>)

Abb. 17.11: Aufbau Konstruktion Abhängdecke (eigene Abbildung, 2024)

Abb. 17.12: Temperaturverteilung im Deckenaufbau (eigene Abbildung, 2024, auf Grundlage der eigenen Berechnung mit Ubakus, <https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/>)

Abb. 17.13: Zeichnung Vorschlag für eine kreislaufgerechte Sanierung - Flachdach mit Übergang zum geneigten Dach - M1:5 (eigene Abbildung, 2025)

Abb. 17.14: Aufschrauben der Halteteller für die EPDM-Plane (Carlisle. „CARLISLE® Induktionssystem für HERTALAN® Planen“. Zugriff 27.11.2024. <https://www.ccm-europe.com/de/epdm/hertalan/induktionssystem>)

Abb. 17.15: Befestigung der EPDM-Plane mittels Induktionssystem (Carlisle. „CARLISLE® Induktionssystem für HERTALAN® Planen“. Zugriff 27.11.2024. <https://www.ccm-europe.com/de/epdm/hertalan/induktionssystem>)

Abb. 17.16: Einbringen der Holzfaser-Einblasdämmung (Naturanum. „STEICO zell - Holzfasser-Einblasdämmung“. Zugriff 11.12.2024. <https://www.naturanum.de/steico-zell-holzfaser-einblasdaemmung>)

Abb. 17.17: Aufsetzen der magnetischen Kühlstangen nach Schweißvorgang (eigene Abbildung, 2024, auf Grundlage der Verlegeanleitung: Carlisle. „HERTALAN® Verlegeanleitung“. 49. Zugriff 27.11.2024. https://a.storyblok.com/f/164928/x/2a58da4648/hertalan_verlegeanleitung_de.pdf)

Abb. 17.18: Temperaturverteilung im Deckenaufbau (eigene Abbildung, 2024, auf Grundlage der eigenen Berechnung mit Ubakus, <https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/>)

Abb. 17.19: Arbeitsschritte der kreislaufgerechten Sanierungsvariante (eigene Abbildung, 2024)

Alle Porträtfotos sind eigene Aufnahmen der Autor*innen dieser Publikation.

IMPRESSUM

© HafenCity Universität Hamburg, 2025 - M. Sc. Architektur

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:1373-repos-14380>

Herausgeber:
HafenCity Universität Hamburg,
Prof. Dr.-Ing. Bernd Dahlgrün
Baukonstruktion
bernd.dahlgruen@hcu-hamburg.de

Mitherausgeber:
Till Rudolph
till.rudolph@hcu-hamburg.de

Layout und Gestaltung:
Michèle Armbrecht
michele.armbrecht@hcu-hamburg.de

Autor*innen:
Prof. Dr.-Ing. Bernd Dahlgrün
Till Rudolph
Michèle Armbrecht
Carlotta Aust
Fritz Baader
Cornelia Backhaus
Hannah Dräseke
Annkathrin Drews
Joyce Faltass
Skadi Gomoll
Malte Hagemeyer
Franziska Hoppe
Alina Ivanova
Katharina Koch
Marianela Lopez
Moritz Mahr
Jonathan Möller
Mensur Nasufi
Livia van Oven
Anna Plate
Jule Ploen
Viktoria Probst
Luk Schäfer
Juliane Schnock
Nathalie Stüve
Eda Süren
Emre Ücüncü
Anika Wallbrecher
Tobias Walliser
Indra Westmann
Benedikt Wigro
Alina Winterhoff
Lars Zeppenfeld

HafenCity Universität Hamburg
Henning-Voscherau-Platz 1
20457 Hamburg
www.hcu-hamburg.de

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Sie darf ohne vorherige Genehmigung der Autor*innen/Herausgeber nicht vervielfältigt werden.

Bildnachweise: Die Bildrechte aller Fotos, mit Ausnahme anderweitig gekennzeichnete, liegen bei der HCU Hamburg.

Alle Verfasser*innen sind für ihre Texte, Inhalte und Darstellungen verantwortlich.

