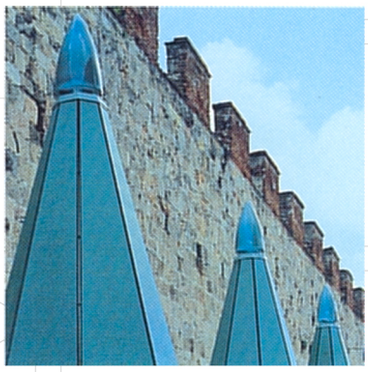
KUPFER IM HOCHBAU



Deutsches Kupfer-Institut

Impressum

1. Auflage 1999
Herausgeber: Deutsches Kupfer-Institut e.V.
Am Bonneshof 5, 40474 Düsseldorf
Telefon: (02 11) 4 79 63 00
Auskunfts- und Beratungsstelle für die Verwendung von Kupfer und Kupferlegierungen.
Geschäftsführer: Dr. Werner Seitz
Verfasser: Prof. Hermann Kleine-Allekotte, Thomas Gressmann

© Copyright 1999 by Deutsches Kupfer-Institut e.V.
Alle Rechte, auch die der Übersetzung, vorbehalten.

Die in diesem Buch zusammengestellten Vorschriften, Regeln und Konstruktionsdetails entsprechen nach bestem Wissen und Gewissen dem heutigen Stand der Technik.

Gestaltung: I.D. Werbeagentur, Rheda-Wiedenbrück

Druck: Graphische Betriebe E. Holterdorf, Oelde
Printed in Germany.
ISBN 3-87357-006-8

Wir danken der ICA (International Copper Association), New York, für die besondere Unterstützung zur Herausgabe dieses Bildbandes.
Für zusätzliches Bildmaterial danken wir der Firma KM Europa Metal AG, Osnabrück.

Vorwort

In der Bundesrepublik Deutschland hat Kupfer als Bauwerkstoff seit etwa 25 Jahren wieder zunehmend an Bedeutung gewonnen. Kupfer ist nicht nur durch seine unbestrittenen technischen Vorzüge, sondern auch durch seine Wirtschaftlichkeit heute ein von Architekten und Bauherren gern und vielfach verwendetes Material sowohl für Repräsentationsbauten wie auch für Zweckbauten im Wohn-, Geschäfts- und Industriebereich.

Das DKI-Fachbuch **Kupfer im Hochbau** richtet sich als Lehrhilfe in erster Linie an Studierende im Fachbereich Architektur, aber auch an Lernende an gewerblichen Fachschulen für Klempner und/oder Dachdecker. Es soll dem Kupfer in der Architektur zu noch breiterer Anwendung verhelfen und Kenntnisse für eine sach- und fachgerechte Verarbeitung vermitteln.

Das Fachbuch ist in drei Teile gegliedert:

Im ersten Teil wird mit historischen Objekten aus der Vergangenheit ein Rückblick gegeben und vor allem die Dauerhaftigkeit des Materials, ein wesentliches Qualitätsmerkmal von Kupfer, aufgezeigt.

Der zweite Teil des Fachbuches ist der klassische Lehrbuchteil. Er berücksichtigt alle baustoffkundlichen und umweltrelevanten Aspekte. Es werden die dem heutigen Stand der Technik entsprechenden Kenntnisse und Erfahrungen in der Kupfer-Dachdeckung und Kupfer-Außenwandbekleidung sowie in der Kupfer-Klempnertechnik und im Metallbau vermittelt und durch zahlreiche Detailzeichnungen veranschaulicht.

Damit dient das Buch dem Lernenden als eine Art **Lexikon** für Baukonstruktionen, d. h. als Nachschlagewerk zu allen Fragen des Umgangs mit metallischen Deckungen und Verkleidungen.

Der ausführliche Fassadenteil geht nahtlos über in den dritten Teil, die Objektdokumentation von zeitgemäßen Beispielen, mit denen der Studierende wertvolle Anregungen für die Gestaltung neuer Projekte erhält.

Ganz besonderer Dank gilt den Autoren Prof. Hermann Kleine-Allekotte und Thomas Gressmann, die sich mit außerordentlichem Engagement eingesetzt haben. Mit seiner praktischen Erfahrung als Professor an der Fachhochschule Bochum im Fachbereich Architektur hat Herr Prof. Hermann Kleine-Allekotte das Gesamtkonzept des Buches entwickelt und die Arbeiten bis zur Fertigstellung aktiv begleitet. Die textliche und bildliche Umsetzung des Konzeptes verdanken wir Herrn Thomas Gressmann.

Der weitere Dank gilt allen, die uns bei der Redaktion und Herausgabe des Buches geholfen und unterstützt haben.

Düsseldorf, im Oktober 1999

Dr. Werner Seitz
Deutsches Kupfer-Institut e.V.

Gesamtinhaltsverzeichnis

Kupfer, ein Werkstoff mit Geschichte

Hildesheimer Dom 2
Kirche St. Leopold am Steinhof, Wien 4
Haus Steiner, Wien 6
Waldfriedhof Enskede, Stockholm 8
St. Rochus Kirche, Düsseldorf 9
Haus der Kultur, Helsinki 10
Technische Hochschule Otaniemi, Helsinki 11
Boa Nova Restaurant, Leca de Pameira 12
Stadtquartier Calwer Straße, Stuttgart 13

Kupfer / Inhalt 15
Materialeigenschaften und Anwendung 16
Farbe und Farbveränderungen 18
Kupfer und Umwelt 20
Kupfer im Überblick 21

Dachkonstruktion / Inhalt 22
Bauphysikalische Zusammenhänge 24
Erklärung der Konstruktionsschichten 26
Konstruktionsprinzipien 36
Aufbau von Dachkonstruktionen im Überblick 39
Dachkonstruktionen 40
Verarbeitungstechnik 58
Einflussfaktoren bei der Verarbeitung 63
Anschlüsse, Abschlüsse, Übergänge, Durchdringungen 69

Dachentwässerung / Inhalt 77
Bauphysikalische Anforderungen 78
Erklärung des Konstruktionsaufbaus 79
Dachrinnenformen im Überblick 83
Dachrinnenkonstruktionen 84
Verarbeitungstechnik 90
Begriffe und Berechnungsgrundlagen 92

Fassadenkonstruktionen / Inhalt 95
Bauphysikalische Aufgaben 96
Erklärung der Konstruktionsschichten 97
Fassadenbekleidungen im Überblick 100
Konstruktionsaufbau 102
Einflussfaktoren bei der Verarbeitung 109

Objektbeispiele

Bundesdruckerei in Berlin 112
SSB Stellwerk in Basel 116
Höhere Technische Lehranstalt in Chur 120
Vorarlberger Kraftwerk in Klösterle 124
Wohnhaus bei Hamburg 126
Sparkassen- und Verwaltungsgebäude in Seeheim-Jugenheim 130
Oberstes Gericht in Reykjavik 134
Stadtbücherei in Gerlingen 136
Rembrandthaus in Amsterdam 140
newMetropolis in Amsterdam 142
Gewerbepark Achbrücke in Lauterach 144
Verkaufsstände in Pisa 146

Stichwortverzeichnis 148

Quellenverzeichnis 150

Bildnachweis 154

Kupfer in der Architektur – eine zeitlose Entwicklung

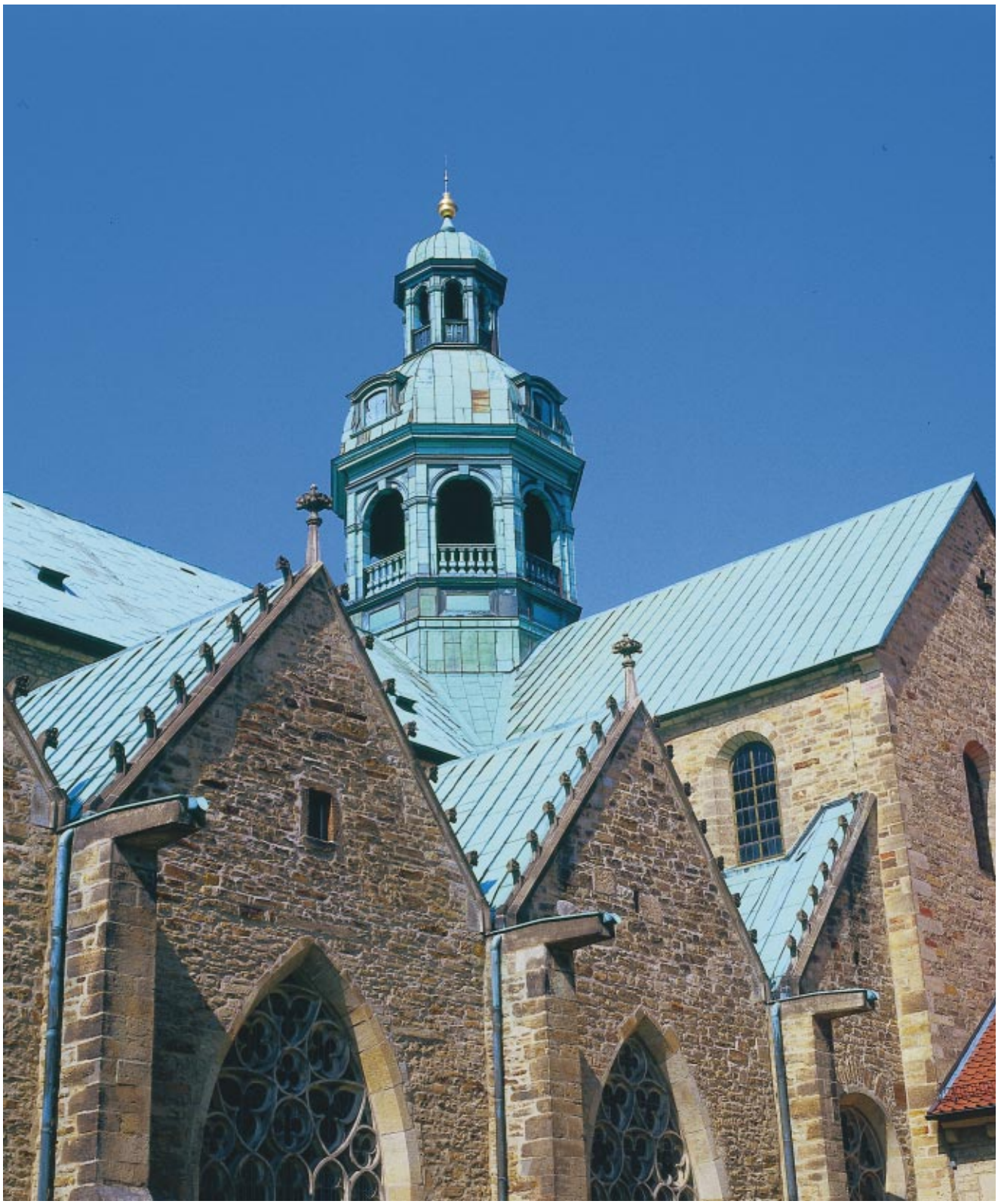
Sehr wenige Baustoffe behalten über einen langen Zeitraum ihre technische Funktion und ihre Gestaltwirksamkeit. Zu ihnen gehört Kupfer. Ein Baustoff, der seine eigene Schutzschicht bildet und mit seiner Patina erst während des Alterungsprozesses seine gestalterische Qualität voll zur Entfaltung bringt.

Qualität, Langlebigkeit und Schönheit sind Attribute, mit denen das Material seit Jahrhunderten überzeugt. Es sind diese Eigenschaften, an die sich eine Gesellschaft an der Wende zum 21. Jahrhundert wieder bewußt erinnert. Darüber hinaus hatte Kupfer als Werkstoff immer etwas Kostbares, denkt man an die Kirchtürme und Kuppeln, die eine besondere Zeichenhaltigkeit innehaben.

Hildesheimer Dom um 1000

Das Dach des Hildesheimer Doms stammt in Teilen aus dem Jahre 1280. Fast 700 Jahre bildete es eine wetterfeste Hülle, bis es im letzten Krieg zerstört wurde. Die damals verwendete Falzdeckung ist bis heute die Grundlage für den Umgang mit Kupferblechen geblieben.

Der Hildesheimer Dom gilt als eine der herausragenden Kathedralen romanischen Stils. Sie wirkte in den beiden Jahrhunderten nach ihrer Entstehung beispielhaft auf die deutsche Sakralarchitektur.



Kirche St. Leopold am Steinhof, Wien 1905 - 1907

Architekt: Otto Wagner

Otto Wagner wurde 1902 mit der Planung einer psychiatrischen Heilanstalt beauftragt. Realisiert wurde von ihm jedoch nur die Anstaltskirche, die als dominierender Zentralbau byzantinischen Einfluß aufweist.

Neben den weißen Marmorplatten wirkt die grüne Farbe der Kupferpatina besonders gestaltprägend. Durch die Materialwahl entsteht eine Einheit zwischen dem Vordach des Portals, den darüberstehenden Figuren, der Zwillingstürme und der Kuppel. Die Wandbekleidung ist sichtbar mit Kupfernägeln befestigt und thematisiert auf diese Art und Weise den vorgehängten Charakter des Natursteins.

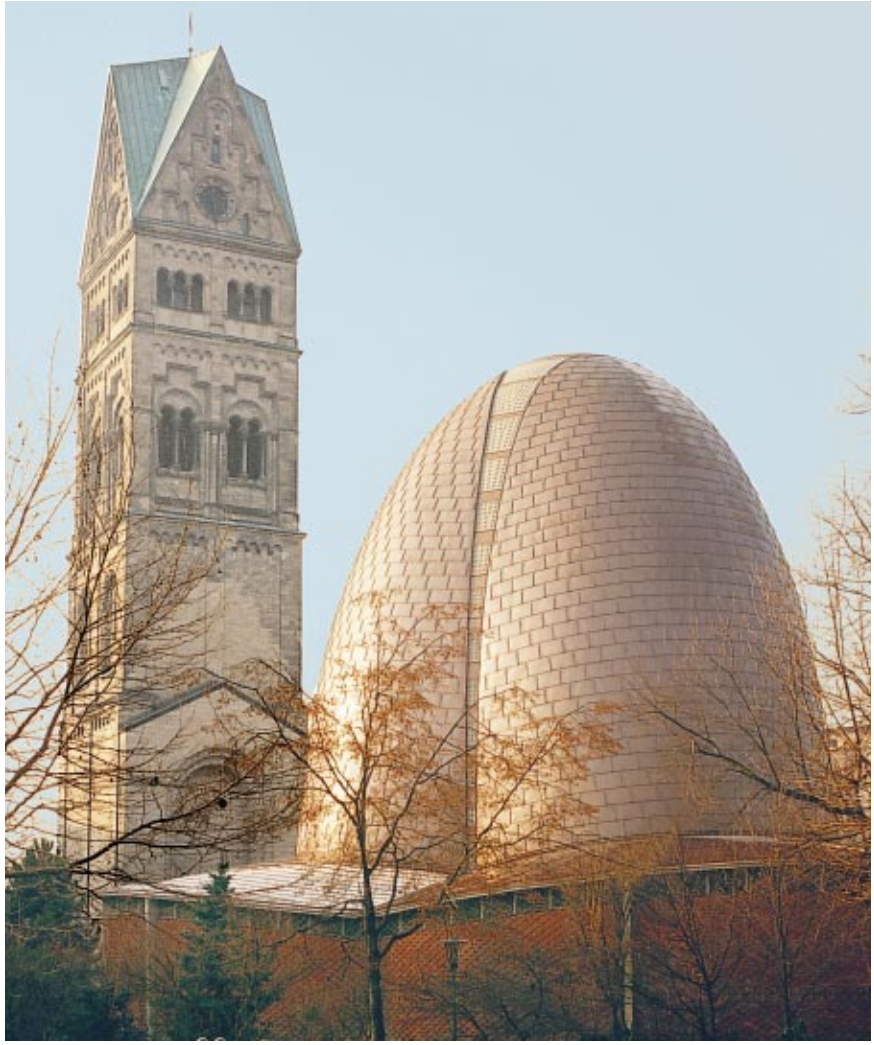
Haus Steiner, Wien 1910

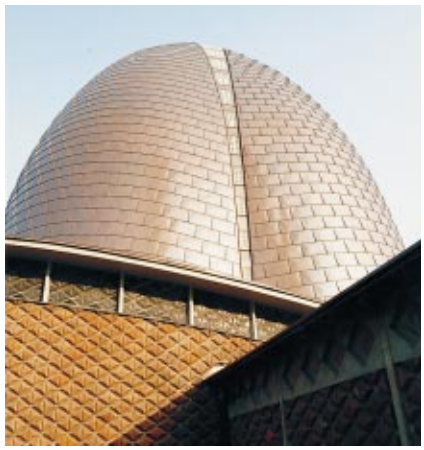
Architekt: Adolf Loos

Das Haus Steiner lebt von der Kuriosität zweier „Gesichter“: zur Straßenseite wirkt es eingeschossig, zur Gartenseite kann man jedoch drei Geschosse erkennen. Mit der Halbtonne gelingt es Loos, die baurechtlich vorgeschriebene Eingeschossigkeit plus ausgebauter Mansarde einzuhalten. Zum Garten geht das Kupferdach in ein flaches Holzzementdach über. Das halbtonnenförmige Kupferdach wirkt gestaltprägend für das Gebäude und steht in einem besonderen Spannungsverhältnis zur Rückfassade mit moderner Formensprache.

Waldfriedhof Enskede,
Stockholm 1915 - 61
Architekten:
Gunnar Asplund, Sigurd Lewerentz
Die im Werk der Architekten gelungenste Symbiose von Landschaft und Architektur findet man beim Waldfriedhof in Enskede, Stockholm. Die ästhetische und symbolische Dimension, die schon immer zentraler Gedanke von Landschaftsarchitektur war, unterstützt hier im besonderen die geistige Dimension des Ortes, die Beziehung zwischen Himmel und Erde.
Der leicht ansteigende Weg zum Krematorium, an dessen Seite das große Kreuz positioniert ist, gleicht einer römischen Straße. Begleitet wird er auf der einen Seite von einer Mauer, die eines der Grabfelder des Waldfriedhofs einfasst. Diese trägt auf der zu den Gräbern ausgerichteten Seite die Namenstafeln der Verstorbenen und erhält durch die dreiecksförmige Kupferverwahrung ihren unverwechselbaren, eigenständigen Ausdruck.

St. Rochus Kirche, Düsseldorf
1954 - 55
Architekt:
Paul Schneider von Esleben
1943 wurde die von Joseph Kleesattel errichtete neuromanische Kirche zerstört, nur der Turm wurde wieder hergestellt. Paul Schneider von Esleben errichtete auf den Apsis-Fundamenten einen 23 m hohen Kirchenraum, der sich aus 3 Paraboloid-Schalen zusammensetzt. Verbunden wurden diese Schalen durch Stahlbetonstege, deren Zwischenräume als Oberlicht dienen und den Innenraum erhellen. Die dreigeteilte Kuppel symbolisiert die Dreifaltigkeit, die 12 Stützen des umlaufenden Umgangs die 12 Apostel. Die Außenhaut der Kuppel sowie die flachgeneigten Dächer des Umgangs sind aus Kupfer.





„Haus der Kultur“, Helsinki 1955 - 58
Architekt: Alvar Aalto
Das Gebäude für die kommunistische Partei beherbergt neben dem Verwaltungstrakt vor allem ein Auditorium, das sowohl für Konzerte als auch für Vorträge und Kongresse geeignet ist. Der Versammlungssaal bildet den Mittelpunkt des Konzepts, seine asymmetrische Ausbildung kennzeichnet auch die äußere Gebäudekontur. Die unregelmäßige Grundrissgeometrie wird durch ein Dach in Kupferstehfalzdeckung abgeschlossen. Die grüne Patina im Kontrast zum rotbraunen Ziegel setzt einen besonderen gestalterischen Akzent und läßt das Dach leicht wirken. Das langgestreckte Kupfervordach entlang der Straße verbindet die beiden Baukörper und definiert räumlich den Eingangshof.

Technische Hochschule,
Otaniemi, Helsinki 1955 - 64
Architekt: Alvar Aalto
Das Politechnikum von Otaniemi liegt auf einer großen Waldlichtung. Das Hörsaalgebäude gibt der Gesamtanlage eine ausgesprochene Dominanz und ist das visuelle und symbolische Zentrum des Campus. Das Amphitheater bildet den Hintergrund des Versammlungsplatzes der Studenten. Die Dachkonstruktion ist den ansteigenden Sitzplätzen der Auditorien angepaßt, die kupferne Dachfläche wird zur Fassade und trägt wesentlich zum architektonischen Ausdruck bei.

Boa Nova Restaurant,
Leca de Pameira 1958 - 63
Architekt: Alvaro Siza
Das Restaurant ist eines der frühen Werke Alvaro Sizas, es wurde in einem Wettbewerbsverfahren ausgewählt. Charakteristisch für Portugals Norden ist die Felsenküste, die dem Gebäude einen Rahmen gibt zwischen Küstenlandschaft und Atlantik. Durch die Wahl der Materialien gelingt es dem Architekten eine besondere Spannung zu dieser Landschaft aufzubauen. Der Dialog zeigt sich bis ins Detail: die großen Wasserspeier als offene Enden der kupfernen Regenrinne führen das Regenwasser wieder ins Meer zurück.

Stadtquartier Calwer Straße,
Stuttgart 1974 - 78
Architekten:
Kammerer + Belz und Partner
Als Teil des Stadtquartiers bildet das kupferbekleidete Gebäude an der Calwer Straße einen der Zugänge zur quartiersinternen Passage. Beispielhaft ist der Umgang mit dem historischen Kontext. Die gewählte Kupferfassade entspricht nicht denkmalpflegerischen Lösungen im klassischen Stil, nämlich der Rekonstruktion. Aufbauend auf die mittelalterliche Baustruktur der Nachbarhäuser mit den geschossweisen Vorsprüngen in den Straßenraum wurde hier eine ganzheitliche Kupferhülle gewählt. Die handwerkliche Verarbeitung und die vorzüglichen technischen Anschlüsse beweisen die Eignung des Materials für derartige Bauaufgaben. Mit den rückwärtigen Kupferfassaden des Neubaus zeigt das Gebäude die Zeit seiner Entstehung und darüber hinaus, dass es Teil eines neuen Gesamten geworden ist.

Kupfer als Baustoff
1.0 Haltbarkeit
1.1 Wirtschaftlichkeit

Kupfer als Werkstoff
2.0 Mechanische Eigenschaften
2.1 Bearbeitung
2.2 Kennzeichnung
2.3 Brandschutz
2.4 Verhalten an der Atmosphäre
2.5 Korrosionsverhalten
2.6 Zusammenbau mit anderen Metallen

Farbe und Farbveränderung
3.0 Braunfärbung
3.1 Grüne Patina
3.2 Vorpatiniertes Kupfer

Kupfer und Umwelt
4.0 Kupfer als Spurenelement
4.1 Kupfereintrag in den Naturkreislauf
4.2 Ökobilanz

Kupfer im Überblick

1.0 Haltbarkeit

Die Beständigkeit von Kupfer ist seit Jahrhunderten bekannt und für jedermann an zahlreichen historischen Bauten sichtbar. Sie beruht auf der Fähigkeit von Kupfer, unter Einfluss der atmosphärischen Bewitterung, eine eigene natürliche, festhaftende Schutzschicht zu bilden. Sie schützt Kupfer auch unter heutigen Umweltbedingungen und verhilft dem Werkstoff zu seiner Langlebigkeit. Die Patina ist in sich selbst stabil und bildet sich nach einer mechanischen Beschädigung wieder neu.

1.1 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit von Kupfer hängt ursächlich mit seiner Haltbarkeit zusammen. Diese begründet sich auf seiner Beständigkeit gegen alkalische Baustoffe wie z.B. Kalk und Zement sowie gegen Tauwasser oder in die Konstruktion eingedrungene Feuchte. Darüber hinaus ist Kupfer bei allen Temperaturen problemlos zu verarbeiten und verursacht keinerlei Unterhaltungs- oder Pflegekosten.

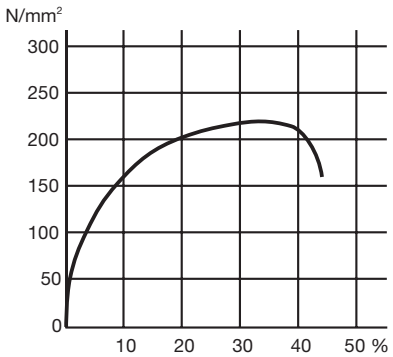
2.0 Mechanische Eigenschaften

Im Bauwesen wird nach DIN EN 1172 (Bleche und Bänder für das Bauwesen) ausschließlich Kupfer mit der Bezeichnung Cu-DHP, ein sauerstofffreies, phosphordesoxidiertes Kupfer mit einem Reinheitsgrad von 99,9 % oder aber CuZn 0,5, ein Werkstoff mit geringem Zinkzusatz verwendet. Diese Kupfersorten sind sehr gut verformbar, haben eine hohe Bruchdehnung und sind schweiß- sowie hart- und weichlötgeeignet. Bei einer Temperaturdifferenz von 100 K beträgt die Wärmedehnung von Kupfer 1,7 mm/m. Kupfer hat die höchste Bruchdehnung aller Baumetalle und ist daher besonders für komplizierte Anschlüsse, bei denen starke Verformungen notwendig sind, bestens geeignet. Üblicherweise wird in diesen Bereichen weiches Kupfer mit der Bezeichnung R 220 eingesetzt, während bei flächiger Verarbeitung und der Dachentwässerung halbharte Kupferprodukte mit der Bezeichnung R 240 verwandt werden. Kupfer hat ein Eigengewicht von 8,93 kg/dm³. Dies ist aber wegen der üblichen geringen Metalldicken von 0,6 bzw. 0,7 mm für die statische Belastung von Gebäuden von untergeordneter Bedeutung.

Die Festigkeitseigenschaften für Bänder und Bleche sind in der DIN EN 1172 wie folgt festgelegt:

Kurzzeichen	Nummer	Zugfestigkeit R_m N/mm²	0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$ N/mm²	Bruchdehnung A_{50mm}, %min.	Vickershärte HV
Cu-DHP	CW024A				
CuZn 0,5	CW119C				
R 220		220 bis 260	max. 140	33	–
H 040		–		–	40 – 65
R 240		240 bis 300	min. 180	8	–
H 070		–		–	65 – 95
R 290		mind. 290	min. 250	–	–
H 090		–		–	mind. 90

Zwischen Zugfestigkeit und Bruchdehnung besteht ein direkter Zusammenhang: Je geringer die Zugfestigkeit, desto größer die Bruchdehnung und je größer die Bruchdehnung, desto besser das Formänderungsvermögen. Bei höherer Zugfestigkeit nimmt die Dehnungsfähigkeit ab. Die Zugfestigkeit kann durch Kaltumformung erhöht und durch Erwärmung (Weichglühen) wieder verringert werden.



Bruchdehnung von Cu-DHP bei Raumtemperatur

2.1 Bearbeitung

Die gute Formbarkeit von Kupfer macht es für alle Anwendungsbereiche im Hochbau geeignet. Die hervorragende Verarbeitbarkeit wird durch niedrige Temperaturen nicht beeinträchtigt. Aufgrund der hohen Schmelztemperaturen sind alle Verbindungstechniken einschließlich Hartlöten und Schweißen anwendbar.

2.2 Kennzeichnung

Bleche und Bänder nach DIN EN 1172, geliefert in Breiten von 500 , 600 , 670, 700, 800, 1000 und 1250 mm müssen fortlaufend mit folgenden Angaben gekennzeichnet sein:

a) Dicke (Nennmaß);
b) Nummer der Europäischen Norm;
c) Werkstoffkurzbezeichnung oder Werkstoffnummer;
d) Zustandsbezeichnung;
e) Name oder Kennzeichen des Herstellers;
f) Name oder Symbol des Ursprungslandes.

2.3 Brandschutz

Kupfer besitzt einen Schmelzpunkt von 1083° C. Dieser relativ hohe Schmelzpunkt bedeutet, dass z.B. ein Kupferdach sehr widerstandsfähig gegen Feuer ist.

2.4 Verhalten an der Atmosphäre

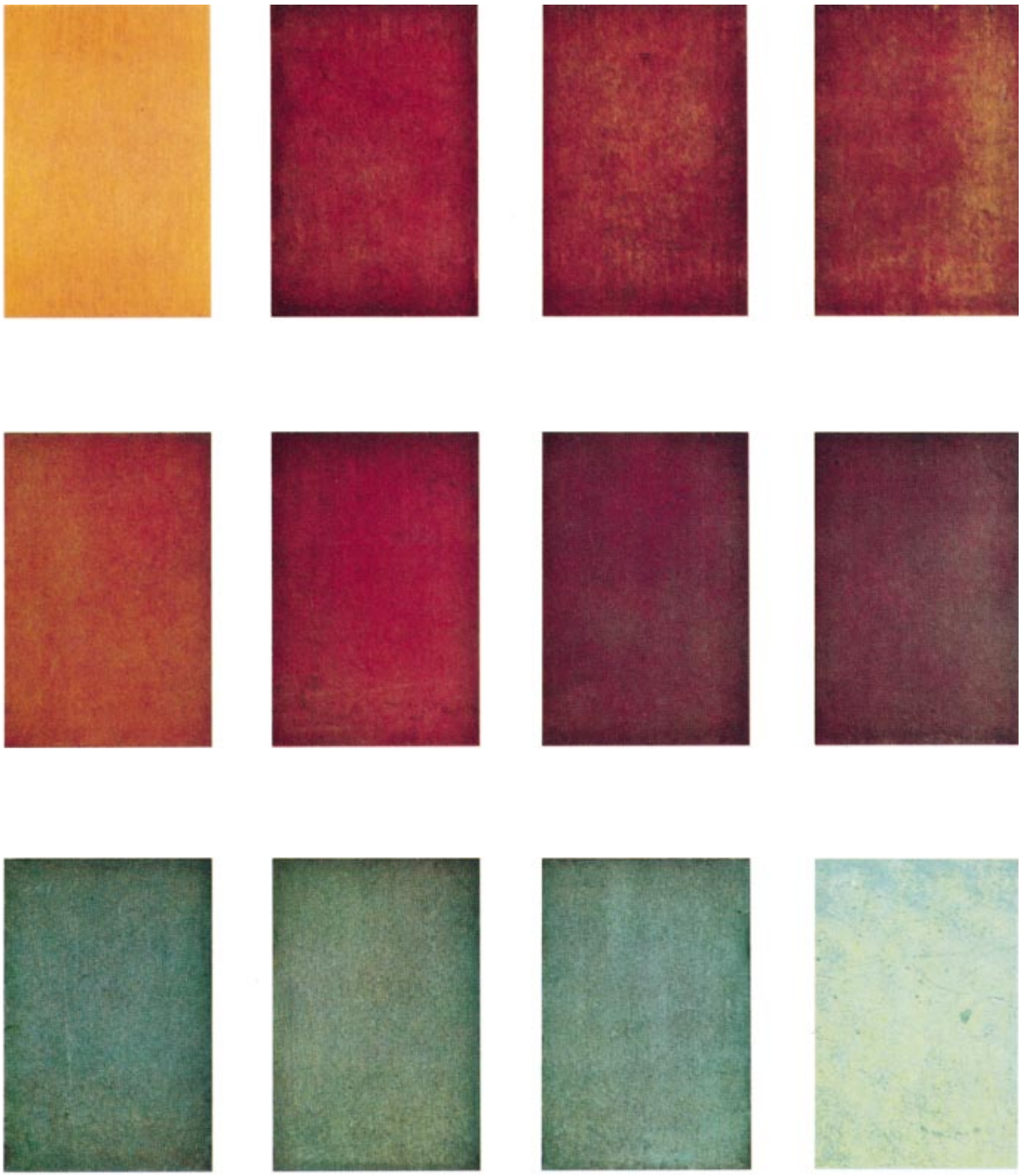
Das metallblanke Kupfer bildet an der Luft innerhalb weniger Stunden einen Oxidfilm. Dieser Film stabilisiert die Oberfläche bereits merklich gegen die wechselnden Einwirkungen der Atmosphäre. Die weitere Bildung der Oxidschichten, infolge Reaktion des Kupfers mit Feuchtigkeit, Luftsauerstoffen und Luftinhaltsstoffen, führt allmählich zu einer gleichmäßigen Braunfärbung. Die Funktion der Oxidschichten ist der zuverlässige Korrosionschutz für den Werkstoff. Wesentlich für die Oxidationsgeschwindigkeit ist die Häufigkeit und Dauer von Wasserfilmen auf der Kupferoberfläche. Flachgeneigte Flächen haben eine deutlich höhere Oxidationsgeschwindigkeit, als steile oder senkrechte Flächen wie z.B. Fassadenbekleidungen (siehe auch Farbe und Farbveränderungen, 3.0, 3.1 und 3.2).

2.5 Korrosionsverhalten

Kupfer ist beständig gegen die sogenannte „Rückseitenkorrosion“, die bei einigen anderen Metallen zu Problemen führen kann. Weder Tauwasser an der Unterseite der Deckung noch in die Konstruktion eingedrungene Feuchte greifen Kupfer an. Bei dauernder Beanspruchung bildet sich auch hier, wie an der der Witterung ausgesetzten Seite, eine schützende Oxidschicht.

2.6 Zusammenbau mit anderen Metallen

Kupfer ist durch seine Stellung auf der positiven Seite der elektrochemischen Spannungsreihe selbst durch andere Metalle nicht gefährdet. Kupfer kann unbedenklich mit Blei und Edelstahl kombiniert werden. Ein Zusammenbau von Kupfer mit Aluminium ist dann unproblematisch, wenn das Aluminium durch Beschichtung oder Anodisierung eine elektrisch nicht leitende Oberfläche besitzt. Die im Wasser enthaltenen Kupferionen können dann kein elektrochemisches Element mit dem Aluminium bilden. Eine direkte Berührung der Metalle sollte aber durch Anordnen einer Fuge oder Zwischenlage von nicht leitenden Stoffen verhindert werden. Die Anordnung von Kupfer oberhalb von Titanzink oder verzinktem Stahl ist zu vermeiden, da durch abfließendes Wasser mitgeführte Kupferionen zur Elementbildung auf dem Titanzink oder verzinktem Stahl und zu dessen Zerstörung führen können. Oberhalb von Bauteilen aus Kupfer sollten keine Elemente aus Eisen oder verzinktem Eisen angeordnet werden. Diese neigen im Verlauf der weiteren Bewitterung zum Rostansatz. Abspülungen dieses Eisenoxides können auf der sich bildenden Kupferschutzschicht braune Ablaufspuren bilden, die als optische Störungen des Gesamtbildes wahrgenommen werden. Eine Gefährdung des Kupferwerkstoffes ist aber auch in diesen Fällen nicht zu befürchten.



Natürliche Veränderung der Kupferfarbtöne an der Atmosphäre (Quelle: BAUMETALL 5/92; Foto: CDA, New York).

3.0 Braune Oxidschicht

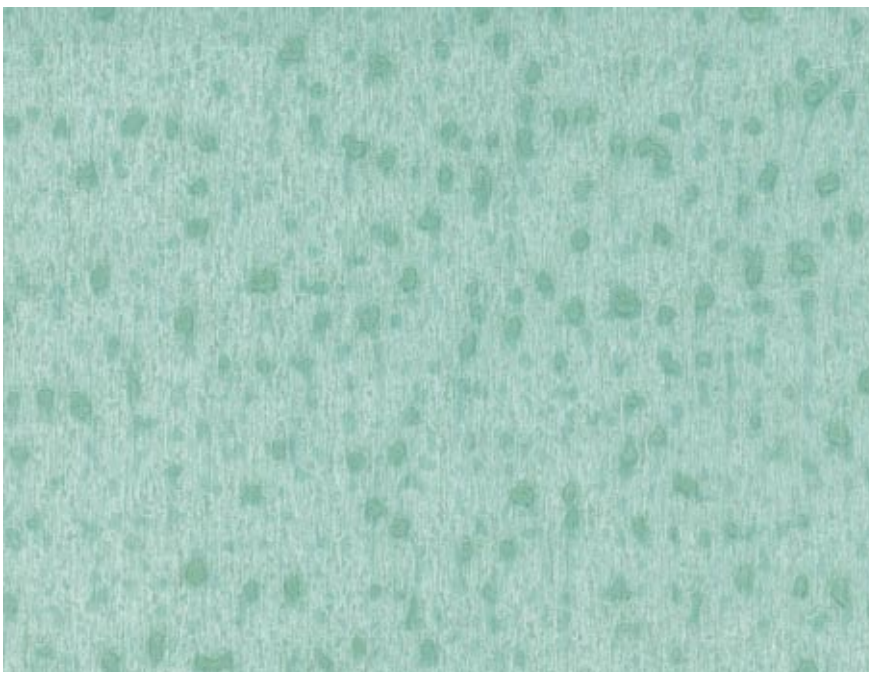
Die durch Oxidation entstehende braune Schutzschicht verändert sich über einen längeren Zeitraum kaum. Es tritt nach und nach eine allmähliche Farbvertiefung bis braunschwarz oder anthrazit auf. Chemisch bildet sich dabei eine dickere und dichtere Oxidschicht. Auf senkrechten oder geschützt liegenden Kupferflächen entwickelt sich die Oxidschicht farblich sehr viel langsamer. Hieraus resultiert die landläufige Meinung, Kupfer würde heutzutage nicht mehr grün patinieren.

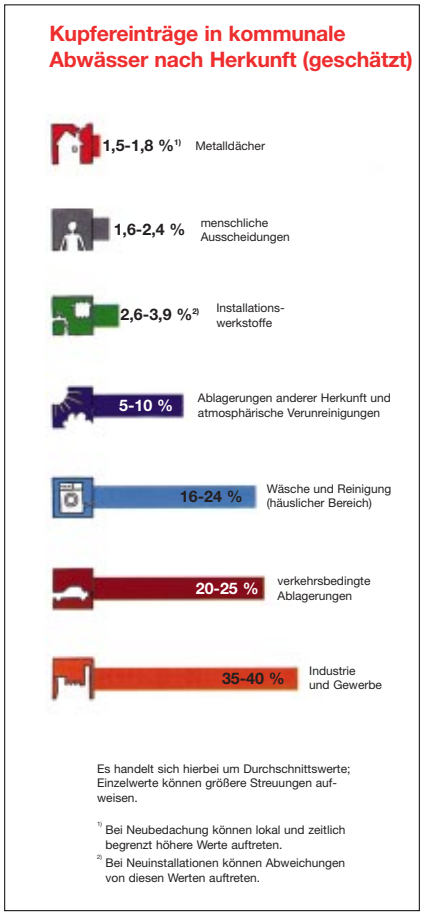
3.1 Grüne Patina

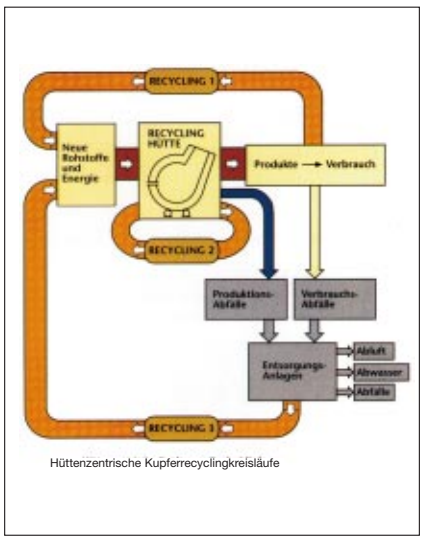
Bei geneigten Dächern verändert sich die bestehende Schutzschicht weiter. Zunächst wird ein leichter Grünschimmer sichtbar, der sich im weiteren Verlauf zu dem kupfertypischen Patina-Grün entwickelt. Ursache ist die längere Verweildauer von Wasserfilmen auf geneigten Flächen und die damit verbundene verstärkte Bildung basischer Kupferverbindungen. Eine exakte Bestimmung des Zeitablaufs ist nicht möglich. Die Grünfärbung ist abhängig von der Dachneigung und den örtlichen Witterungsverhältnissen. Es muss je nach Lage mit einem Zeitraum von 8 – 15 Jahren gerechnet werden. In See- oder Stadtatmosphäre sowie bei flachen Dachneigungen verläuft dabei die Grünfärbung schneller, als bei steilen Neigungen oder in ländlicher Atmosphäre.
Die Schutzwirkung von Oxidschicht und Patina ist unabhängig von der Farbentwicklung.

3.2 Vorpatiniertes Kupfer

Die Gestaltungsmöglichkeiten in der Architektur werden durch vorpatinierte Kupfertafeln erweitert. Es handelt sich bei diesen Produkten um Kupfertafeln die in einem industriellen Verfahren vorpatiniert werden. Sie verleihen Dächern und Fassaden von Anfang an das typische Patina-Grün. Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass nun auch senkrechte Flächen mit dem kupfertypischen Grün bekleidet werden können. Vorpatinierte Kupfertafeln entwickeln sich, ebenso wie walzblankes Kupfer, den Witterungsverhältnissen entsprechend farblich weiter. Dabei kann sich die Farbe von gelbgrün zu blaugrün verändern. Dies ist die Auswirkung des Stabilisierungsprozesses, der zu einer weiteren Verfestigung der Patina führt. Die Oberfläche von vorpatinierten TECU®-Kupfertafeln ist hinsichtlich Farbton und Beständigkeit der an der Atmosphäre entstehenden grünen Patina vergleichbar.







Hüttenzentrische Kupferrecyclingkreisläufe

4.0 Kupfer als Spurenelement

Kupfer ist für alle Menschen, Tiere und Pflanzen ein lebensnotwendiges Spurenelement. Es ist z.B. bei Menschen und Tieren unter anderem für die Synthese des Blutstoffes Hämoglobin unentbehrlich. Ein gesunder erwachsener Mensch benötigt etwa 100 mg Kupfer im Körper. Das notwendige Kupfer nimmt der Mensch mit der Nahrung auf. Da durch Ausscheidung ständig Kupfer verloren geht, müssen dem Körper zur Erhaltung des Kupferniveaus ca. 2,4 bis 2,9 mg Kupfer täglich zugeführt werden. Kupfer ist nicht nur deshalb unerläßlich für das Leben auf der Erde.

4.1 Kupfereintrag in den Naturkreislauf

Neben den natürlichen Vorkommnissen gelangt Kupfer durch verschiedene menschliche Tätigkeiten in den Naturkreislauf, so z.B. durch Gewerbe- und Industrieaktivitäten, durch Waschprozesse, den motorisierten Verkehr, aus den Wasserleitungen und von Bedachungen. Der Kupfereintrag von Kupfer aus dem Hochbau liegt daher mit einem Prozentsatz von unter 3 % sehr niedrig. Der Eintrag aus Neuinstallationen ist geringfügig höher, nimmt aber im Laufe der Zeit durch die Schutzschichtbildung ab.

4.2 Ökobilanz

Als Bewertungsmaßstäbe für die Umweltverträglichkeit eines Werkstoffes werden sparsamer Umgang mit Ressourcen und Energie sowie minimale Beeinträchtigung der Umwelt herangezogen.

- Kupfer ist als Naturprodukt zu 100 % recyclebar. Es kann ohne Beeinträchtigung der Qualität beliebig oft aus Altmaterialien zurückgewonnen werden. Es gibt keinen Qualitätsunterschied zwischen Primär- und Sekundärkupfer. Durch Recycling werden Ressourcen geschont und Energieeinsparungen erzielt. Da sich diese Einsparungen wirtschaftlich rechnen, werden heute nahezu alle Rücklaufmaterialien aufbereitet und in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt. Der Anteil von Kupferprodukten aus dem Recycling liegt seit Jahren über 40 %. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Kupfer überwiegend in langlebigen Gütern eingesetzt wird und erst nach einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 35 Jahren, bei der Anwendung von Kupfer im Hochbau sogar über 100 Jahren, wieder in den Kreislauf gelangt.
- Der Energiebedarf bei der primären Kupfererzeugung konnte in den letzten Jahren deutlich verringert werden. Der Gesamtenergiebedarf der Produktion von Sekundärkupfer liegt sogar nur bei 35 bis 40 % des Bedarfs für die Primärproduktion.
- Kupfergewinnung und -raffination, sowohl aus primären wie aus sekundären Rohstoffen, sind als nahezu abfallfrei zu bezeichnen.
- Aufgrund der ständigen Bemühungen der Industrie und der strengen deutschen Umweltschutzauflagen fallen in Deutschland nur sehr geringe Mengen an Restemissionen an.

Kupfer	Kupfer ist ein in der Natur vorkommendes, nicht toxisches Grundelement. Es steht im periodischen System der Elemente in der ersten Nebengruppe über Silber und Gold.
Spurenelement	Kupfer ist ein essentielles Spurenelement und ist dadurch für gesundes Wachstum und Fortpflanzung aller Lebewesen unbedingt notwendig.
Vorkommen	Die wichtigsten Kupferbergbaugebiete liegen an der Westküste Südamerikas, in den Seengebieten und dem Südwesten Nordamerikas, in Mexiko, Kanada, den GUS-Staaten, Australien, China, Indonesien, Papua-Neuguinea und in Afrika.
Verfügbarkeit	Die potentiell nutzbaren Kupferressourcen setzen sich aus der Gewinnung aus Erzen und der Kupferrückgewinnung sowie weiteren Reserven in maritimen Manganknollen und Kupferschieferlagen zusammen. Zur Zeit werden etwa 2 % der verfügbaren Reserven jährlich genutzt. Durch die Erschließung neuer Kupfervorkommen haben sich die Ressourcen in den letzten Jahren ständig vergrößert, so dass auch für die Zukunft ausreichende Reserven vorhanden sind.
Oxidschicht/Patina	Die Oxidschicht ist die Schutzschicht, die durch Oxidation an der Atmosphäre entsteht. Sie sichert dem Kupfer eine lange Lebensdauer. Patina ist die Weiterentwicklung der Oxidschicht, meist durch einen satten Grünton gekennzeichnet.
Kupferabtrag	Kupferabtrag ist Masseverlust des metallischen Kupfers, der während des Aufbaus der Oxidschicht entsteht. Dieser Abtrag verringert sich kontinuierlich, bis die Patina ihre endgültige Dicke erreicht. Der Kupfereintrag in den Naturkreislauf durch Kupferabtrag von Dächern und Fassaden liegt bei ca. 3 % des Gesamtkupfereintrags.
Schwermetall	Alle Metalle, die eine größere Dichte als 4500 kg/m^3 aufweisen, werden als Schwermetalle bezeichnet.
Recycling	Der Anteil von Produkten aus recyceltem Kupfer in Deutschland liegt zur Zeit bei etwa 45 %. Kupferprodukte werden vorwiegend in Produkten mit langen Lebenszyklen eingesetzt (im Hochbau über 100 Jahre).
Grünspan	Grünspan ist ein wasserlösliches Salz der Essigsäure in Verbindung mit Kupfer und wird aufgrund seiner Farbe oft mit der Patina verwechselt. Er kann jedoch wegen seiner wasserlöslichkeit niemals die schützende Funktion übernehmen. In Ermangelung der Essigsäure kommt er am Bau nicht vor.

Bauphysikalische Zusammenhänge

1.0 Feuchte
1.1 Feuchteanfall
2.0 Wärme
3.0 Schall

Erklärung der Konstruktionsschichten

4.0 Sparren
4.1 Dampfbremse
4.2 Dampfsperre
4.3 Wärmedämmung
4.3.1 Faser-Dämmstoffe
4.3.2 Hartschaum-Dämmstoffe
4.3.3 Schaumglas-Dämmstoffe
4.4 Unterspannbahn/Notdeckung
4.5 Luftschicht
4.5.1 Strömungsgeschwindigkeit und Dachneigung
4.5.2 Volumen des Belüftungsraumes
4.6.0 Brettschalung
4.6.1 Spanplatten
4.6.2 Mineralisch gebundene Spanplatten
4.6.3 Baufurniersperrholz
4.6.4 Bitumierte Holzfaserplatten
4.6.5 Sonderformen der Schalung
4.7 Trennschichten
4.7.1 Verstärkte Bitumendachbahnen
4.7.2 Schweißbahnen
4.8 Befestigungsmittel
4.8.1 Festhafte
4.8.2 Schiebehafte
4.9 Kupferdeckung
4.9.1 Banddeckung
4.9.2 Tafeldeckung
4.9.3 Profilbahndeckung
4.9.4 Rauten- oder Wabendeckung

Konstruktionsprinzipien
5.0 Belüftete Konstruktion
5.0.1 Einflussfaktoren
5.0.2 Besonderheiten der belüfteten Konstruktion
6.0 Nicht belüftete Konstruktion
6.0.1 Einflussfaktoren
6.0.2 Besonderheiten der nicht belüfteten Konstruktion

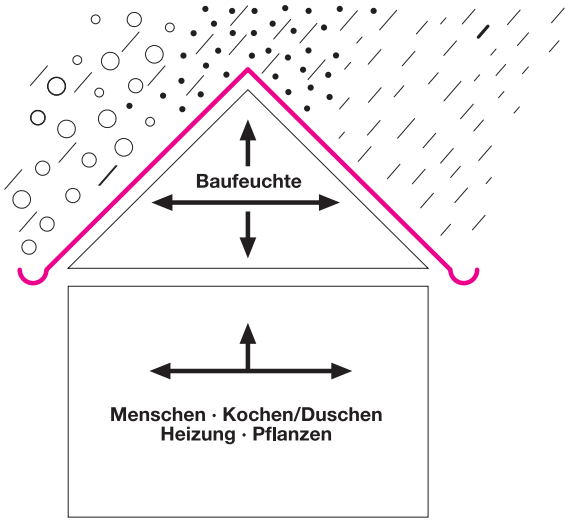
Aufbau belüfteter Konstruktionen
7.0 Vollsparrendämmung
7.1 Vollsparren- und Aufsparrendämmung
7.2 Zwischensparren- und Untersparrendämmung
7.3 Aufsparrendämmung
7.4 Dämmung auf Beton
7.5 Be- und Entlüften von Teilflächen
7.6 Be- und Entlüften von Türmen und Kuppeln

Aufbau nicht belüfteter Konstruktionen
8.0 Zwischensparren- und Aufsparrendämmung
8.1 Aufsparrendämmung
8.2 Vollsparrendämmung zwischen Holzstegträgern
8.3 Dämmplatten auf Beton
8.4 Dämmplatten auf Trapezblechkonstruktion

Verarbeitungstechniken
9.0 Falztechniken
9.1 Doppelstehfalz
9.2 Winkelstehfalz
9.3 Leistendeckung
9.3.1 Deutsche Leistendeckung
9.3.2 Belgische Leistendeckung
10.0 Querverbindungen
10.1 Einfacher Querfalz
10.2 Doppelter Querfalz
10.3 Doppelter Querfalz mit Dichteinlage

Einflussfaktoren bei der Verarbeitung
11.0 Windsoglasten
11.1 Windsoglasten nach DIN 1055
12.0 Befestigung der Hafte
12.1 Anzahl und Abstände der Hafte
13.0 Temperaturbedingte Längenänderung
13.0.1 Schiebenaht
13.0.2 Gefällesprung
13.0.3 Dehnungsausgleich im Traufbereich
13.0.4 Dehnungsausgleich bei Kehlen

Anschlüsse, Abschlüsse, Übergänge und Durchdringungen
14.0 Traufe
14.0.1 Falzabschlüsse an der Traufe
15.0 Übergänge verschiedener Dachneigungen
16.0 Firstanschlüsse
16.0.1 Satteldachfirst mit Entlüftung
16.0.2 Pultdachfirst mit Entlüftung
16.0.3 Wandanschluss mit Entlüftung
16.0.4 Satteldachfirst ohne Entlüftung
16.0.5 Pultdachfirst ohne Entlüftung
16.0.6 Wandanschluss ohne Entlüftung
16.0.7 Grat
17.0 Kehle
18.0 Ortgang
19.0 Durchdringung



Feuchte durch innere und äußere Einflüsse

1.0 Feuchte

Alle Formen auftretender Feuchte am Dach stellen wesentliche Beanspruchungen für das Bauwerk dar und gefährden seine Funktion. Die genaue Kenntnis aller Probleme des Feuchteschutzes ist daher eine der Grundlagen der Konstruktion von Dachaufbauten.

1.1 Feuchteanfall

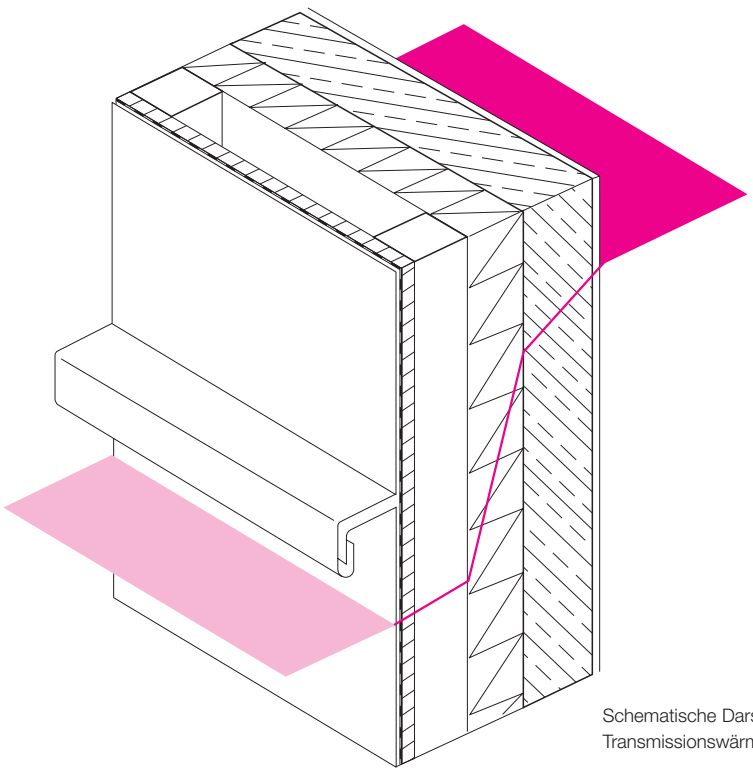
Bei der Bewertung des Feuchteanfalls unterscheidet man zwischen äußeren Einflüssen wie Regen, Schnee, stehendem Schmelzwasser durch Eisschanzenbildung und Hagel, also nicht beeinflussbaren Faktoren, und beeinflussbaren Faktoren wie Baufeuchte, eingebaute Restfeuchte, Tauwasser sowie der aus dem Wohn- und Nutzungsprozess entstehenden Feuchte. Die Baufeuchte muss während der Bauphase sicher abgeleitet werden und stellt nach ordnungsgemäßer Fertigung der Unterkonstruktion und Kupferdeckung kein Problem dar. Die Restbaufeuchte, auch als eingebaute Feuchte z.B. in Holz, Beton oder Gipsplatten bezeichnet, sollte durch die Ausführung des Konstruktionsaufbaus möglichst schnell auf einen Normalwert von < 20 Masse-% zurücktrocknen.

2.0 Wärme

Die wärmetechnischen Konstruktionsmaßnahmen ergeben sich aus der Notwendigkeit eines behaglichen Innenklimas, der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und den ökologischen Aspekten des Umweltschutzes durch Energiesparmaßnahmen. Bei einem Temperaturgefälle von innen nach außen treten Wärmeverluste ein. Dabei wird die Wärme in Richtung der niedrigeren Temperatur abgeleitet. Entscheidend für den Wärmeverlust ist der Wärmedurchlasskoeffizient (k-Wert) eines Bauteils. Dieses ist der Quotient aus der Wärmeleitfähigkeit und der Dicke eines Baustoffes. Nach der seit Januar 1999 geltenden ESVO wird das Niedrigenergiehaus (NEH) zum Standard erhoben. Das bedeutet, dass die Heizenergiebedarfswerte gegenüber der alten WSVO ’95 um 30 % reduziert werden. Ausschlaggebende Größe ist dabei der konkret abrechenbare Heizenergiebedarf. Vom gesamten Einsparungspotential sind dabei rund 2/3 über den Einsatz effizienter Heizsysteme und ca. 1/3 über den baulichen Wärmeschutz zu realisieren. Anstelle des bisherigen k-Wertes gilt nach der DIN EN 832 der sogenannte u-Wert, der jedoch inhaltlich dem k-Wert entspricht. Die k- bzw. u-Zahl bezeichnet die Transmissionswärmeverluste durch Außenbauteile. Der Wärmedurchgangskoeffizient oder k-Wert hat die Einheit W/m^2K, er gibt an, welche Wärmemenge durch $1m^2$ eines Bauteiles durch Wärmeleitung hindurchgeht, wenn der Temperaturunterschied zwischen den beiderseits angrenzenden Luftschichten 1 Kelvin (K) bzw. 1°Celsius beträgt; d.h. je kleiner der k-Wert, desto besser der Wärmeschutz.

3.0 Schall

Die Befürchtung, dass durch Niederschläge Trommelgeräusche auf Kupferdachdeckungen entstehen ist unbegründet. Kupferdeckungen werden grundsätzlich schwingungsfrei auf vollflächiger Schalung befestigt. Unabhängig davon verteilt sich der Regen in einer Vielzahl von Tropfen, so dass es keine Schwerpunkte gibt, die ein Trommeln oder Klopfen hervorrufen könnten. Vielmehr entsteht ein gleichmäßiges, verhältnismäßig leises Rauschen, welches durch den schnell entstehenden Wasserfilm auf der Fläche zusätzlich gedämpft wird. Außerdem dämpft die schallabsorbierende Wärmedämmung den entstehenden Luftschall. Kupferdeckungen ergaben im Vergleich zu anderen Deckungsformen keine gravierenden Abweichungen des Schalldruckpegels.



Schematische Darstellung des Transmissionswärmeverlustes

4.0 Sparren

Sparren sind als tragende Holzteile wirksam gegen Insekten oder Pilze zu schützen. Dies geschieht in der Praxis meist durch Holzschutzmittel der Gefährdungsklasse GK 2. Die wünschenswerte Verwendung der GK O (ohne chemische Holzschutzmittel) setzt eine diffusionsoffene ($s_d \leq 0{,}2$ m) Unterspannbahn oberhalb der Sparren voraus. Laut VOB sind Metalle gegen schädigende Einflüsse angrenzender Stoffe, u.a. Holzschutzmittel, zu schützen. Hierfür ist eine Trennschicht z.B. Glasvlies-Bitumen-Dachbahnen, feinbesandet, einzubauen. Kupfer ist, auch in Verbindung mit Feuchtigkeit, unempfindlich gegen Holzinhaltsstoffe und gegen salzhaltige oder ölige Imprägnierungsmittel mit denen Sparren und Schalung eventuell behandelt wurden. Deshalb kann gegebenenfalls nach Vereinbarung mit dem Bauherren auf eine Trennschicht verzichtet werden.

4.1 Dampfbremse

Als Dampfbremse werden Stoffschichten mit s_d- Richtwert ≥ 2 m bezeichnet. Dieser beschreibt den Widerstand einer Stoffschicht gegen diffundierende Wasserdampfmoleküle. Eine Dampfbremse muss immer unterhalb der Dämmung aufgebracht werden. Dabei ist besonders auf sorgfältige, luftdichte Ausführung der Fugen und Ränder zu achten, um Wasserdampfkonvektion zu vermeiden. Die Abführung der eventuell diffundierenden Feuchte ist durch den Belüftungsraum gewährleistet.

4.2 Dampfsperre

Dampfsperren haben einen s_d-Wert ≥ 100 m. Bei nicht belüfteten Konstruktionen ist eine Dampfsperre unterhalb der Dämmung vorgeschrieben. Diese ist notwendig, da bei einer nicht belüfteten Konstruktion diffundierende Feuchtigkeit nur unzureichend durch Konvektion über die Falze der Kupferdeckung abgeführt werden kann. Bei belüfteten Konstruktionen reicht zwar eine Dampfbremse aus, es wird jedoch auch hier eine Dampfsperre empfohlen. Dampfsperren sind wind-, luft- und wasserdampfdicht, auf sorgfältige Abdichtung von Fugen und Rändern ist zu achten.

4.3 Wärmedämmung

Die Wärmedämmung erfolgt normalerweise zwischen den Sparren, aber auch eine Dämmung oberhalb oder, z.B. beim Ausbau eines bisher nicht für Wohnzwecke genutzten Dachgeschosses, unterhalb der Sparren ist möglich. Die konventionelle Form der Wärmedämmung zwischen den Sparren beansprucht zwar die geringste Höhe, es können sich aber, bei ungeeigneten Dämmaterialien, zwischen Sparren und Dämmung Fugen bilden, die den Wärmedurchgangskoeffizienten ungünstig beeinflussen. Bei einer Aufsparren- oder Untersparrendämmung reduziert sich der Anteil der konstruktionsbedingten Wärmebrücken. Verwendet werden bahnen- und plattenförmige organische oder anorganische Werkstoffe, z.B. mineralische Faser-Dämmstoffe nach DIN 18 165, Hartschaum-Dämmstoffe aus Polyurethan oder Polystyrol in den unterschiedlichsten Ausführungen sowie Schaumglas-Dämmstoffe.

4.3.1 Faser-Dämmstoffe

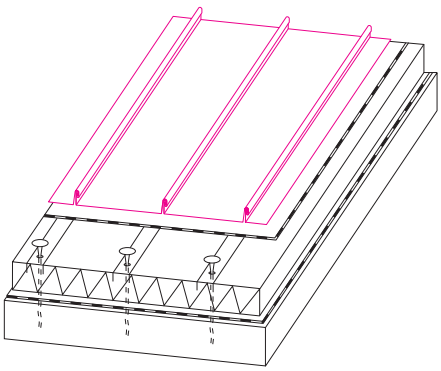
Verwendete Faser-Dämmstoffe müssen raumbeständig sein, um ein Aufquellen der Dämmung zu vermeiden, da dies bei belüfteten Dachkonstruktionen zur Querschnittsverringerung des Luftraumes führen könnte.

4.3.2 Hartschaum-Dämmstoffe

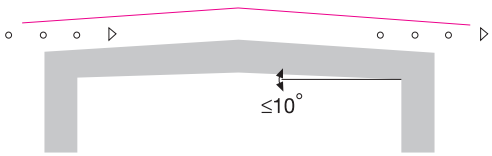
Hartschaum-Dämmstoffe aus Polyurethan (PUR) und Polystyrol (PS) werden oft als Aufdachdämmungen eingesetzt. Polyurethan ist wegen seiner hohen Druckbelastbarkeit besonders auch für Flachdächer geeignet. Hartschaum-Dämmstoffe werden auch mit integrierten Befestigungsmöglichkeiten auf der Unterkonstruktion und für die Hafte der Kupferdeckung angeboten.

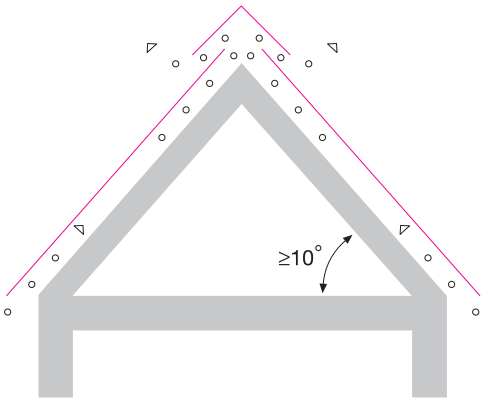
4.3.3 Schaumglas-Dämmstoffe

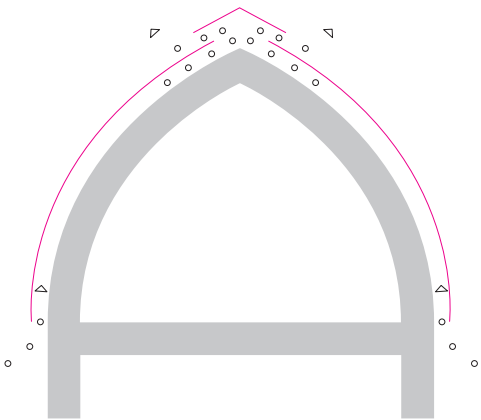
Schaumglas-Dämmstoffe nehmen keine Feuchtigkeit auf und sind mechanisch stark belastbar. Sie sind darum besonders gut für begehbare Dächer geeignet. Schaumglas-Dämmstoffe werden ebenfalls mit integrierten Befestigungsmöglichkeiten angeboten.



Die Befestigung der U-Profile in der Dämmung erfolgt durch Krallen, die gleichzeitig der Befestigung der Dämmung auf der Tragkonstrukton dienen.







4.4 Unterspannbahn / Notdeckung

Unterspannbahnen werden oberhalb der Dämmung aufgebracht und haben die Aufgabe, eventuell unter die Dachhaut gelangtes Wasser von der Tragkonstruktion und Wärmedämmung fernzuhalten. Sie dienen während der Bauphase gleichzeitig als Notdeckung. Weiterhin dient die Unterspannbahn als insektenundurchlässige Abdeckung der Dachkonstruktion, so dass, entsprechend der Forderungen der DIN 68 800-2 auf den chemischen Holzschutz verzichtet werden kann. Um ein schnelles Austrocknen baufeuchter Teile zu gewährleisten, müssen Unterspannbahnen diffusionsoffen sein. Der s_d-Wert der Unterspannbahn muss ≤ dem s_d-Wert der Dampfbremse sein.

4.5 Luftschicht

Bei belüfteten Konstruktionen erfüllt die Luftschicht oberhalb der Dämmung folgende Funktionen:

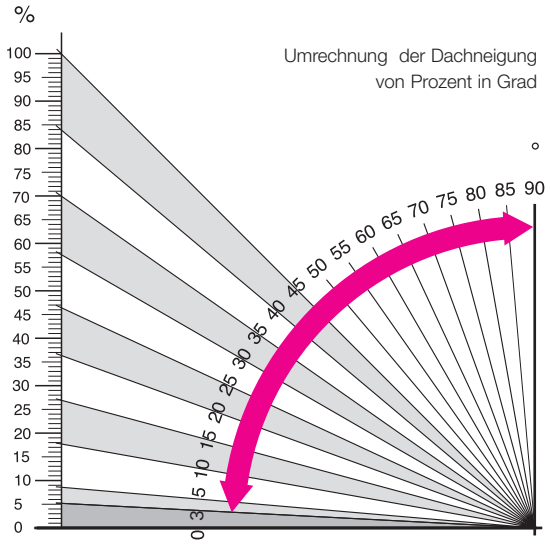
- Abführen von Diffusionsfeuchte
- Abbau eines eventuellen Wärmestaus unter der Dachhaut
- Abführen von außen eingedrungener Feuchte
- Druckausgleich bei Sturm (Sog und Druck)
- zusätzlicher Temperaturpuffer zwischen innen und außen
  - zur Verhinderung von Kondensat
  - Beschleunigung des Austrocknungsvorganges der gesamten Dachkonstruktion.

4.5.1 Strömungsgeschwindigkeit und Dachneigung

Die Strömungsgeschwindigkeit ist für die feuchtetechnische Funktionssicherheit des Daches die entscheidende Einflussgröße. Ein falsch dimensionierter Belüftungsraum birgt die Gefahr, dass die laminare Strömung abreißt. Es käme zu einer Verlangsamung oder sogar Unterbrechung des Luftstromes. Die Sättigung der Luft mit Wasserdampf führt dann zu Tauwasser.

4.5.2 Volumen des Belüftungsraumes

Die beste Thermik wird bei senkrecht geführten Luftwegen erreicht. Bei abnehmender Dachneigung wird die Bedingung für den aufsteigenden Luftstrom ungünstiger. Die DIN 4108 formuliert die Mindestanforderungen an die Ausführung und Abmessung von hinterlüfteten Konstruktionen. Bei Neigungen ≤10° kann auf eine Firstentlüftung verzichtet werden. Bei Dachneigungen >10° erfolgt die Be- und Entlüftung über Einlässe an der Traufe und Luftauslässe am First. Bei Belüftungsraumlängen von ≥15 m ist davon auszugehen, dass der Belüftungsstrom durch den Reibungsverlust an den angrenzenden Oberflächen zum Stillstand kommt. Daher sind bei größeren Belüftungslängen konstruktive Maßnahmen erforderlich, um die Entlüftung zu gewährleisten.



Dies können z.B. Gefällesprünge mit Lüftungsschlitzen sein. Allgemein gilt, die Belüftungsöffnungen am tiefsten Punkt der zu bekleidenden Fläche und die Entlüftungsöffnungen am höchsten Punkt zu platzieren.

Folgende Regelwerte nennen die Fachregeln des Klempnerhandwerkes:			
Dachneigungen	Freie Zuluftöffnung	Freie Abluftöffnung	Mindesthöhe des Luftraumes
3–20° Bei Dachneigungen von 3 - 8° sollten die Lüftungsschlitze möglichst durchgehend angeordnet sein	1/500 (2,0 ‰) der zugehörigen Dachfläche	1/400 (2,5 ‰) der zugehörigen Dachfläche	10 cm
Über 20°	1/500 (2,0 ‰)	1/400 (2,5 ‰)	5 cm
Dies bedeutet: Das Verhältnis zwischen Zu- und Abluftöffnung beträgt 2,0 ‰ zu 2,5 ‰ der zugehörigen Dachfläche.			

4.6.0 Brettschalung

Bei einer Deckung in klempnertechnischer Ausführung übernimmt die Unterkonstruktion die statischen Funktionen. Die Falzdeckung ist nicht selbsttragend und muss daher flächig unterstützt werden. Verarbeitungstechnisch ist eine Schalung aus Holz dafür am besten geeignet. Die Mindestdicke beträgt 24 mm, bei bestimmten Anwendungsbereichen auch 30 mm, und die Breite 80 bis 160 mm. Verwendet wird nach DIN 68365 luftgetrocknetes Fichtenholz der Güteklasse 1, parallel gesäumt und ungehobelt. Die Verlegung erfolgt im allgemeinen parallel zur Traufe. Liegen die Auflager parallel zur Traufe, sollte die Schalung diagonal ausgeführt werden. In keinem Fall sollte die Brettschalung parallel zur Schar liegen.

4.6.1 Spanplatten

Spanplatten nach DIN 68 763 sind nicht für Metalldeckungen geeignet, da eine Anfeuchtung der Platten während der Bauphase zum Aufquellen der Ränder und damit zu Unebenheiten in der Dachfläche führen kann. Zudem ist von der Befestigung der Deckung mit Nägeln abzuraten, da die Gefahr besteht, dass die unteren Schichten nicht durchdrungen sondern abgesprengt werden. In Sonderfällen kann es notwendig sein, komplizierte und kleinteilige Dachgeometrien ohne Hilfskonstruktion herzustellen. Dann finden Spanplatten nach oben genannter Norm Verwendung.

4.6.2 Mineralisch gebundene Spanplatten

Wichtigste Eigenschaft der mit Zement oder anderen mineralischen Stoffen gebundenen Platten ist ihre Schwerentflammbarkeit bzw. sogar Nichtbrennbarkeit. Auf nicht brennbare Unterkonstruktionssysteme montiert, genügen mineralisch gebundene Spanplatten auch erhöhten Brandschutzanforderungen.

4.6.3 Baufurniersperrholz

Speziell im Dachbereich lassen sich durch die Verarbeitung von Baufurniersperrholz nach DIN 68 705 mit Nut und Feder besondere statische Eigenschaften erzielen. Dünnere Sperrholzplatten (4–6 mm) eignen sich wegen ihrer Biegbarkeit gut für eng gerundete Bauteile. Dabei ist allerdings ein mehrschichtiger Aufbau erforderlich, um die Nenndicke von mindestens 22 mm für die notwendige Einbindetiefe der Befestigungsmittel der Hafte zu gewährleisten.

4.6.4 Sonderformen der Schalung

Als Sonderform der Schalung gibt es, bei erhöhten Anforderungen an den Brandschutz, Trapezbleche aus Aluminium oder verzinktem Stahl mit zusätzlichem, werkseitig aufgebrachtem Korrosionsschutz. Diese Bleche sind, mit einer Trennlage versehen, vollflächige Schalungen, die unabhängig von der Dachneigung eingesetzt werden können.

4.7 Trennschichten

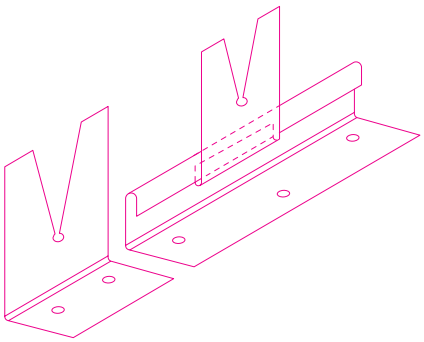
Die VOB fordert Trennschichten, die nach ihrer Aufbringung die Unterkonstruktion vor Niederschlagsfeuchte schützen und zugleich die Metalldeckung vor dem Kontakt mit Holzschutzmitteln bewahren. Da für den Werkstoff Kupfer das Problem der Rückseitenkorrosion unbekannt ist, kann nach Absprache bei Kupferdeckungen auf eine Trennlage verzichtet werden. (Siehe hierzu auch 4.0 Sparren und Kapitel „Materialeigenschaften“ 2.5 Korrosionsverhalten.)

4.7.1 Verstärkte Bitumen-Dachbahnen

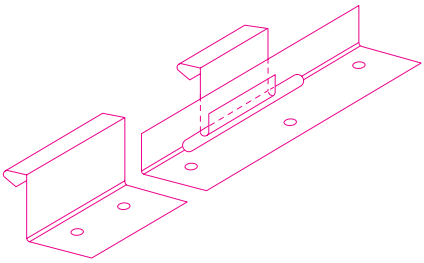
Während der Bauphase müssen witterungsempfindliche Oberflächen wie Holzschalung und Dämmung sowie das Gebäude vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Dies geschieht in der Regel mit glasvliesverstärkten Bitumen-Dachbahnen, die vereinzelt auch fadenverstärkt werden. Die Oberfläche ist meist leicht gesandet oder talkumiert.

4.7.2 Schweißbahnen

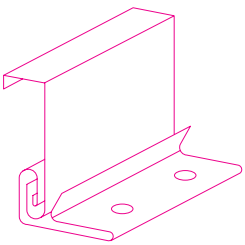
Schweißbahnen werden hauptsächlich in der Flachdachabdichtung eingesetzt. Die mit Glasvlies, Polyestervlies oder Aluminiumfolie verstärkten Bitumendachbahnen werden oft auch als strapazierfähige Montageabdeckung eingesetzt, wenn mit einem längeren Baustillstand gerechnet werden muss (Wintermonate). Die Schweißbahnen werden bei der Eindeckung mit Kupfer üblicherweise als Trennlage auf dem Dach belassen.



Festhaft und Schiebehaft



Vorprofilierte Fest- und Schiebehaft



Vorprofilierte Schiebehaft

4.8 Befestigungsmittel

Die Befestigung der Deckung auf der Schalung erfolgt durch Hafte. Verwendet werden Hafte aus dem gleichen Werkstoff wie die Deckung oder aus Edelstahl. Die Hafte werden auf der Schalung befestigt und fixieren zunächst die aufgelegte Schare in der Montagelage. Beim Schließen des Falzes werden sie dann formschlüssig mit eingefalzt und ermöglichen damit die unsichtbare Befestigung der Dachhaut. In einem von der Dachneigung abhängigen Bereich werden einteilige Festhafte und in der übrigen Fläche zweiteilige Schiebehafte verwendet.

4.8.1 Festhafte

Einteilige Festhafte gibt es für Handfalzung und vorprofilierte Schare. Bei Scharlängen bis zu 3 m ist die alleinige Befestigung mit Festhaften möglich. Die relativ geringen Dehnungsbewegungen können dann noch von den Festhaften aufgenommen werden (siehe auch 13.0 Temperaturbedingte Dehnungsbewegungen). Der Bereich, in dem Festhafte eingesetzt werden, sollte bei flachen Dachneigungen ≤10° mittig der Dachfläche angeordnet werden, um die Dehnungswege kurz zu halten und ein mögliches Aufwölben der Deckung zu vermeiden. Bei Dachneigungen >10° ist der Fixpunkt näher dem First anzuordnen. (Siehe hierzu auch 12.1 Anzahl und Abstände der Hafte.)

4.8.2 Schiebehafte

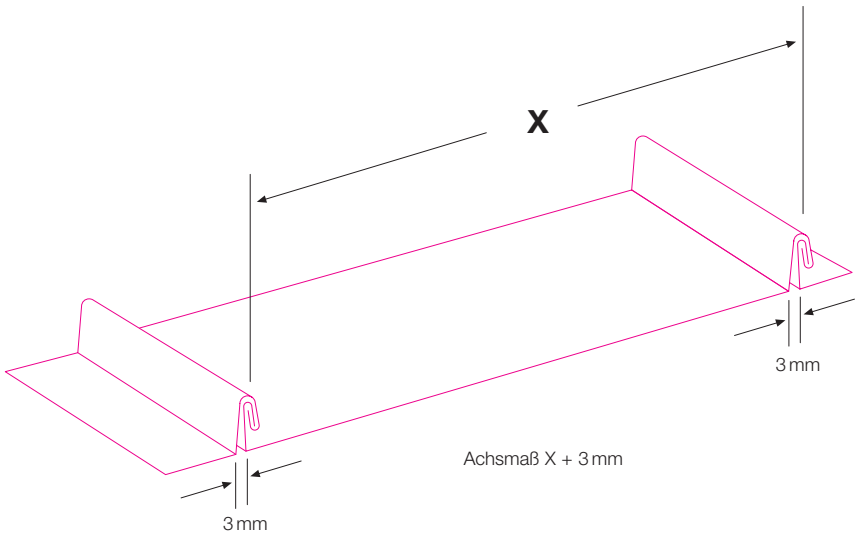
Zweiteilige Schiebehafte bestehen aus einem unterem Winkel, der auf der Schalung befestigt wird, und einem oberen Teil, der eingehängt wird und so, durch Gleiten nach vorne oder hinten, die größeren Dehnungsbewegungen aufnimmt.

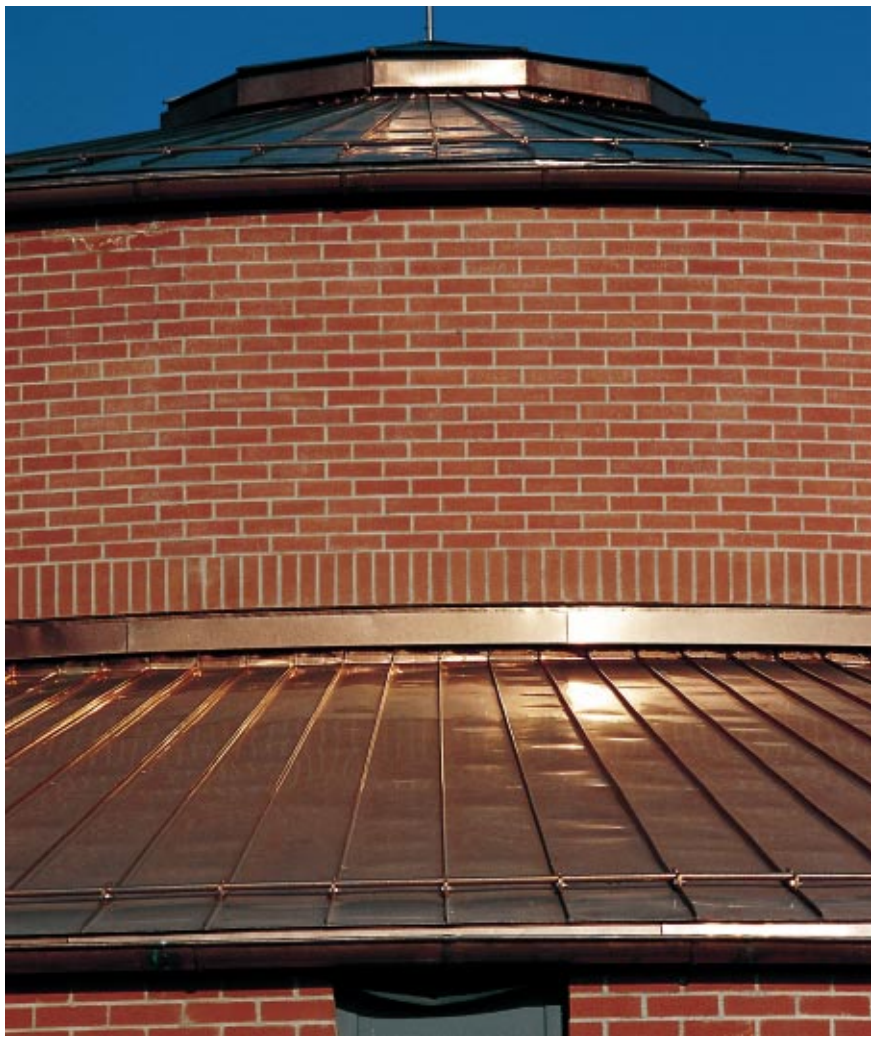
4.9 Kupferdeckung

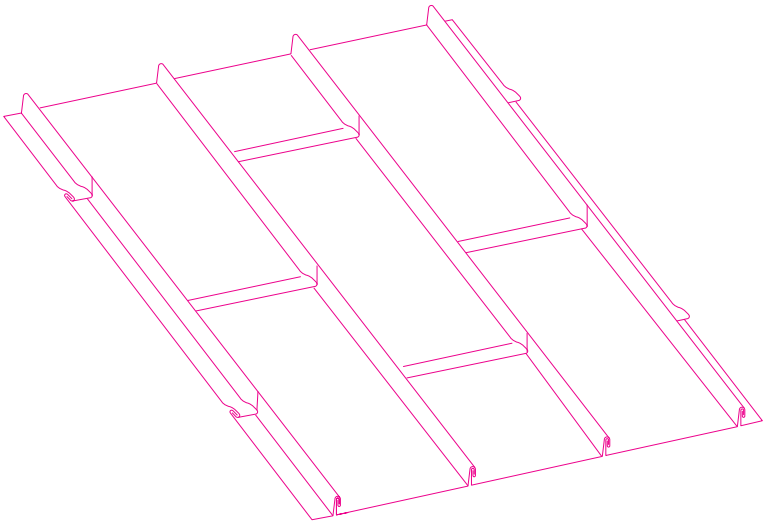
Man unterscheidet bei der Deckung mit Kupfer zwischen Banddeckung, Tafeldeckung, Profilbahndeckung und Rautendeckung.

4.9.1 Banddeckung

Aus wirtschaftlichen Gründen wird heute meist die Banddeckung eingesetzt. Hierbei werden die Schare aus Bändern, sogenannten Coils, in verschiedenen Längen und Breiten gefertigt. Die Werkstoffdicke für Dacheindeckungen beträgt vorzugsweise 0,6 oder 0,7 mm. Durch die seitliche Aufkantung für die Falzverbindung entsteht ein Falzverlust von 70 mm bei Falz- bzw. Profiliermaschinen und bis ca. 80 mm bei Handfalzung. Dabei wird von einer Aufkantung zwischen 35 und 40 mm ausgegangen. Bei einer Bandbreite von 600 mm entsteht so eine Scharbreite von 520 bis 530 mm. Die Aufkantung wird nicht ganz senkrecht gestellt. Der so entstehende Zwischenraum zwischen zwei Scharen von ca. 3–4 mm nimmt die thermisch bedingte Querdehnung auf. Die Standardscharbreite von 520/530 mm ist für alle Gebäudehöhen verwendbar und ergibt eine gute optische Aufteilung der Dachflächen. (Für breitere Scharen ist unbedingt die unter 12.1 gezeigte Tabelle für Anzahl und Abstand der Hafte bezüglich der Windsogkräfte zu beachten.) Die Längsverbindung der Scharen erfolgt durch Doppelstehfalz, Winkelstehfalz oder Leistenfalz. Querverbindungen werden als einfacher oder doppelter Querfalz ausgeführt (Siehe hierzu auch Verarbeitungstechniken 9.0 bis 10.4)

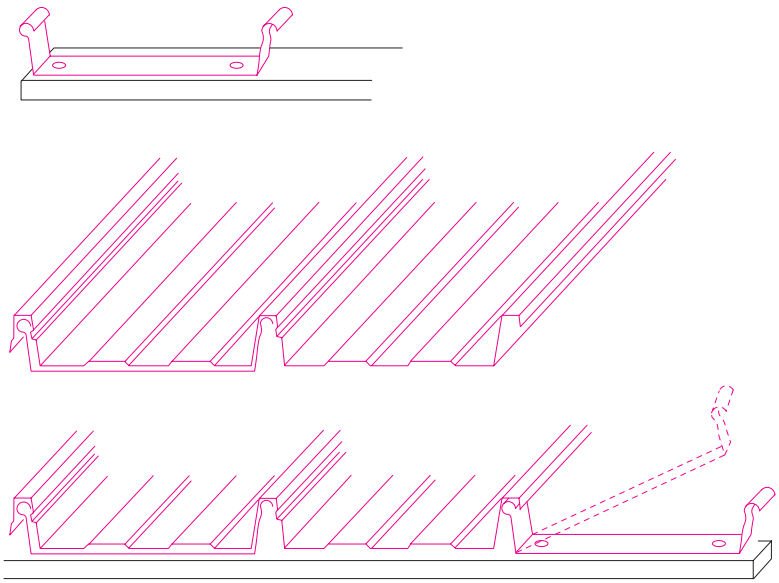






4.9.2 Tafeldeckung

Die Tafeldeckung entstammt der Zeit, in der es noch kein Bandmaterial gab. Damals standen nur Bleche mit der maximalen Abmessung 1000 mm x 2000 mm zur Verfügung, die in Streifen von 666 mm bzw. 500 mm geteilt wurden. Durch die Vielzahl der erforderlichen Querfalze ist diese Art der Verarbeitung sehr aufwendig. Sie wird heute vor allem bei Restaurationsarbeiten an historischen Gebäuden oder aus besonderen ästhetischen Gründen eingesetzt. Verbindungstechnisch ist die Tafeldeckung wie die Banddeckung zu behandeln. Es ist darauf zu achten, dass die Querfalze versetzt angeordnet werden, um Knotenbildung zu vermeiden.

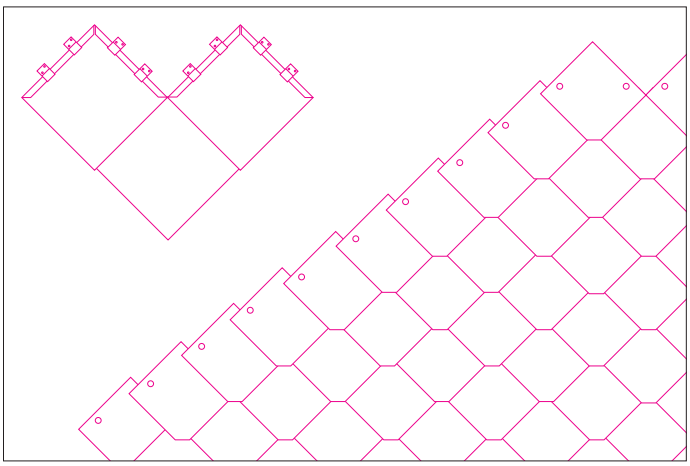


4.9.3 Profilbahndeckung

Schare aus profiloptimierten Kupferbahnen ergänzen die Möglichkeiten der Dachdeckung mit Kupfer durch eine Deckung mit tragender Funktion. Die Verlegung erfolgt auf Dachlatten, Holz- oder Metallprofilen. Eine Unterschalung ist nicht erforderlich. Die Befestigung auf Haltebügeln erlaubt eine unsichtbare Montage bei gleichzeitiger ungehinderter Längendehnung. Für Profilbahnen gibt es deshalb keine Längenbegrenzung wie bei der Banddeckung. Durch das geringe Mindestgefälle von 1,8° sind Profilbahnen gut für sehr flach geneigte Dächer geeignet.

4.9.4 Rauten- oder Wabendeckung

Diese Form der Deckung besteht aus kleinformatigen Kupferplatten, die mit Haften oder gerauhten Kupfernägeln auf Lattenrost oder Schalung aufgebracht werden. Man unterscheidet Spitz- oder Quadratrauten, die je nach Anwendung und Abmessung sehr unterschiedliche Optiken ergeben. Ursprünglich wurde diese Eindeckung insbesondere im ländlichen Raum als Wetterbekleidung eingesetzt. Ihr Einsatz sollte jedoch auf Dachneigungen von ≥ 30° beschränkt bleiben. Ihre hauptsächliche Anwendung findet die Rautendeckung in der Bekleidung von Dachgauben, Kaminköpfen und Attiken.



5.0 Belüftete Konstruktion

Belüftete Dächer werden als zweischalige Konstruktionen bezeichnet. Kupferdeckung, Trennschicht und Schalung bilden dabei die äußere Schale. Die tragende Konstruktion, inklusive Dämmung und Dampfbremse bzw. Dampfsperre, bildet die innere Schale. Zwischen beiden liegt die Belüftungsebene, die über Zu- und Abluftöffnung mit der Außenluft in Verbindung steht, so dass ein Luftaustausch erfolgen kann. Über diesen wird eindiffundierende oder von außen eindringende Feuchte abgeführt. (Siehe hierzu auch 4.5 bis 4.5.2 Luftschicht, Strömungsgeschwindigkeit und Volumen.)

5.0.1 Einflussfaktoren

Die Abführung der Feuchte ist abhängig von:

- der Strömungsgeschwindigkeit im Belüftungsraum, die wiederum abhängig ist von:
  - dem Volumen des Belüftungsraumes,
  - der Dachneigung,
  - der Druckdifferenz zwischen Ein- und Auslassöffnung,
  - den Reibungwiderständen der begrenzenden Oberflächen,
  - den Querschnitten der Ein- und Auslassöffnungen,
  - der Wärmedämmung
  - der Erwärmung der durchströmenden Außenluft.
- der Feuchteaufnahmefähigkeit der Luft im Belüftungsraum die wiederum abhängig ist von:
  - der relativen Luftfeuchte der Eingangsluft,
  - der Erwärmung der Luft von außen
  - oder dem Temperaturausgleich von innen nach außen.

5.0.2 Besonderheiten der belüfteten Konstruktion

- Restbaufeuchte und eindiffundierende Feuchte werden schnell abgeführt.
- Eventuell von außen eingedrungenes Wasser verursacht kaum Schäden, da die Belüftung ein schnelles Austrocknen sicherstellt.
- Der sommerliche Wärmeschutz wird durch die Belüftung unterstützt.
- Die Luftschicht entkoppelt die innere Schale von größeren Temperaturschwankungen.

5.1 Be- und Entlüften von Teilflächen

In Problembereichen wie Gauben, Dachflächenfenstern, Kehlen oder Graten, aber auch bei Walm-, Zelt- oder Tonnendächern kann es zur Unterbrechung des Lüftungsstromes kommen. Hier ist eine Umlenkung des Lüftungsstromes notwendig. In jedem Fall jedoch sollten so wenig Umlenkungen wie möglich eingesetzt werden. Die Lösungsansätze für diese Probleme sind vielfältig und beinahe immer Einzellösungen. Generell sollte für Konstruktionen, bei denen eine einwandfreie Funktion der Belüftung nicht sichergestellt ist eine nicht belüftete Konstruktion eingesetzt werden.

Wenn Kuppeln und Türme als unterschiedlich geneigte, durchlüftete Konstruktionen ausgeführt werden, erfolgt die Be- und Entlüftung über die Traufe und den höchsten Punkt der Konstruktion.

6.0 Nicht belüftete Konstruktion

Bei nicht belüfteten Konstruktionen bilden Kupferdeckung, Trennlage, Schalung, Tragwerk und Dämmung eine kompakte, einschalige Gebäudedeckung ohne Belüftungsschicht. Bei Erwärmung der Dachhaut wandelt sich eingebaute oder eingedrungene Feuchte in Wasserdampf um. Die gleichzeitige Ausdehnung führt zum Ausströmen einer Teilmenge durch die Falze. Kühlt die Konstruktion wieder ab, verringert sich das Luftvolumen und der Wasserdampfpartialdruck nimmt ab. Unter der Deckung entsteht ein Unterdruck und kühlere, nicht gesättigte Luft fließt zurück. Dieser Pumpeffekt begünstigt den einzig möglichen Transport von Feuchte über die Falze nach außen.

6.0.1 Einflussfaktoren

Bei nicht belüfteten Konstruktionen sind folgende Faktoren besonders zu berücksichtigen:

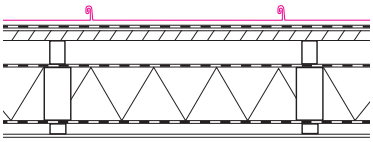
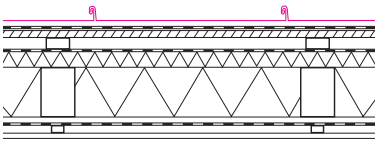
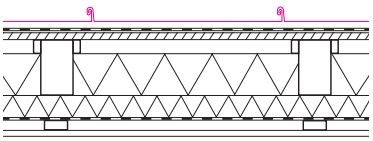
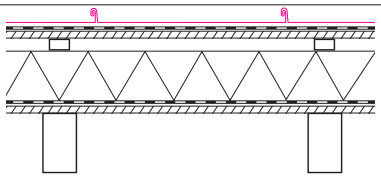
– der Einsatz einer Dampfsperre ist zwingend vorgeschrieben,
– die verwendeten Baustoffe müssen möglichst wenig Restfeuchte enthalten,
– bei Dachneigungen ≤ 7° müssen Falze mit Dichtband ausgeführt werden.

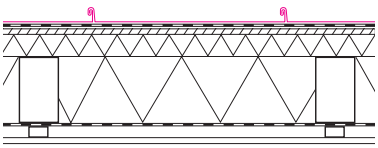
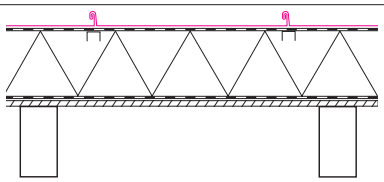
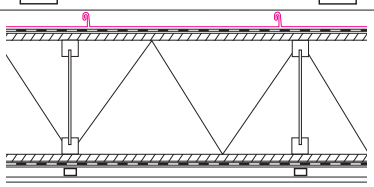
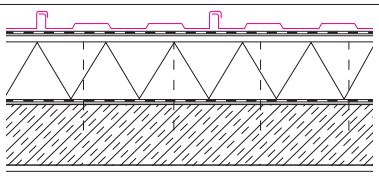
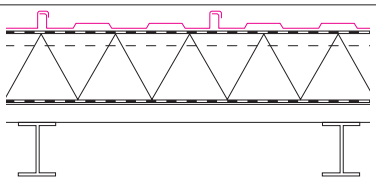
6.0.2 Besonderheiten der nicht belüfteten Konstruktion

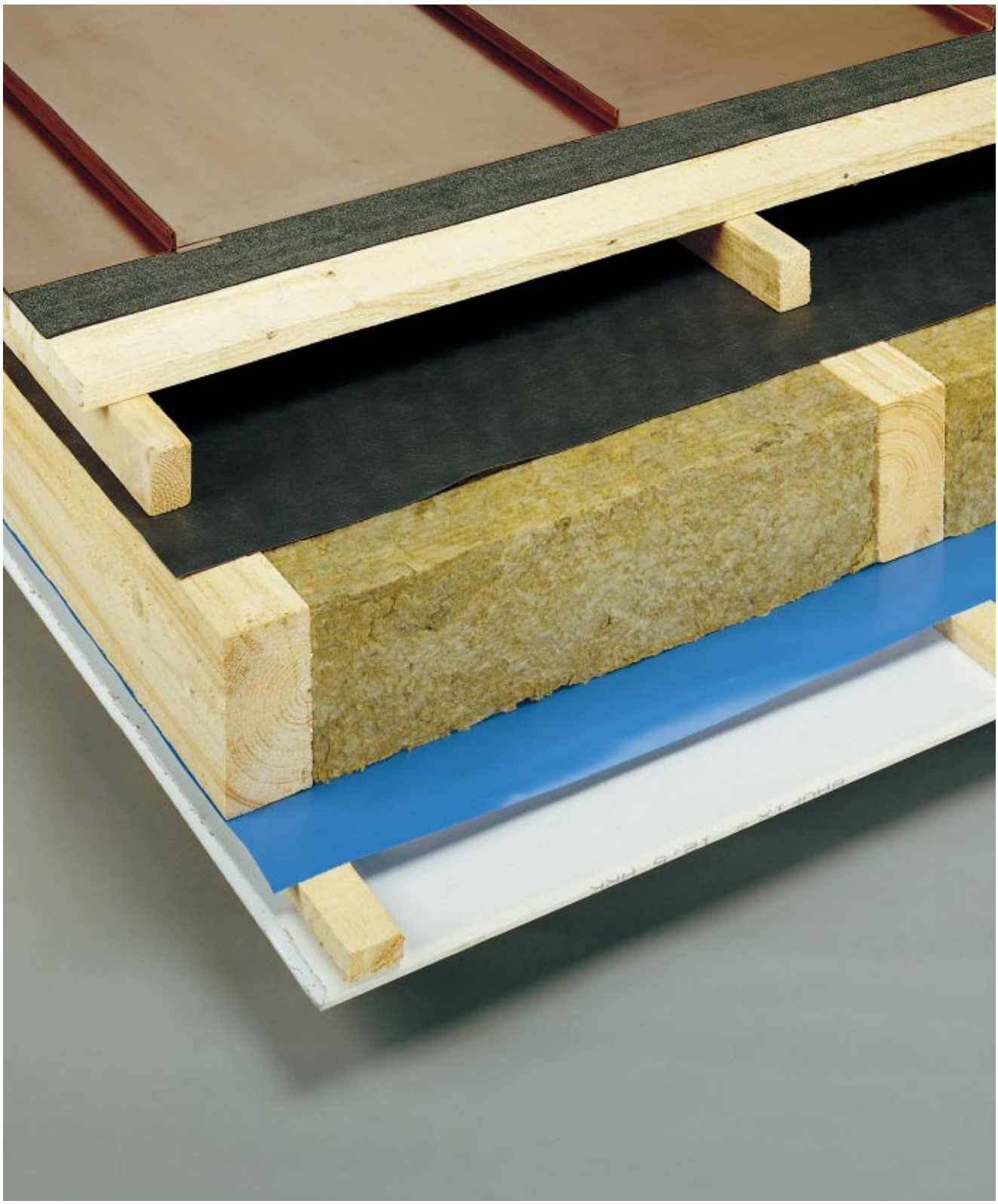
– Der Konstruktionsaufbau ist einfach,
– komplizierte Dachgeometrien sind problemlos auszuführen.

Zusammenfassung

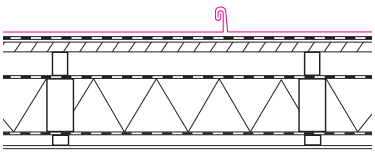
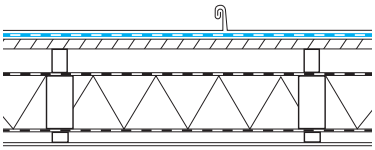
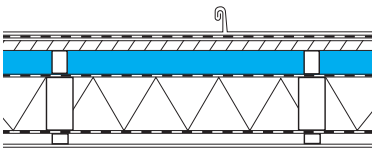
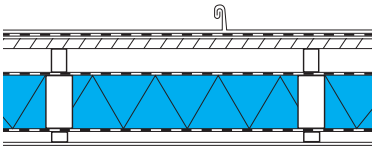
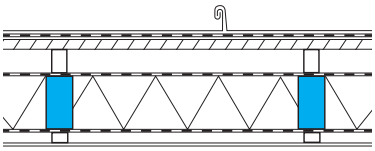
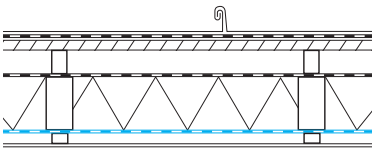
Es muss, je nach baulichen Voraussetzungen, im Einzelfall entschieden werden, ob die belüftete oder die nicht belüftete Konstruktion eingesetzt werden soll. Für die Kupferdeckung ist eventuell eingedrungene oder eingebaute Feuchte in keinem Fall ein Problem. (Siehe auch Kapitel Materialeigenschaften, 2.5 Korrosionsverhalten).

	7.0 Belüfteter Dachaufbau mit Vollsparrendämmung und Belüftungsraum über den Sparren	**Seite 40/41**
	7.1 Belüfteter Dachaufbau mit Vollsparren- und Aufsparrendämmung	**Seite 42/43**
	7.2 Belüfteter Dachaufbau mit Zwischensparren- und Untersparrendämmung	**Seite 44/45**
	7.3 Belüfteter Dachaufbau mit Aufsparrendämmung	**Seite 46/47**

	8.0 Unbelüfteter Dachaufbau mit Zwischensparren-und Aufsparrendämmung	**Seite 48/49**
	8.1 Unbelüfteter Dachaufbau mit Aufsparrendämmung	**Seite 50/51**
	8.2 Unbelüfteter Dachaufbau mit Volldämmung zwischen Holzstegträgern	**Seite 52/53**
	8.3 Unbelüfteter Dachaufbau mit Dämmplatten auf Stahlbeton	**Seite 54/55**
	8.4 Unbelüfteter Dachaufbau mit Dämmplatten auf Trapezblechkonstruktion	**Seite 56/57**

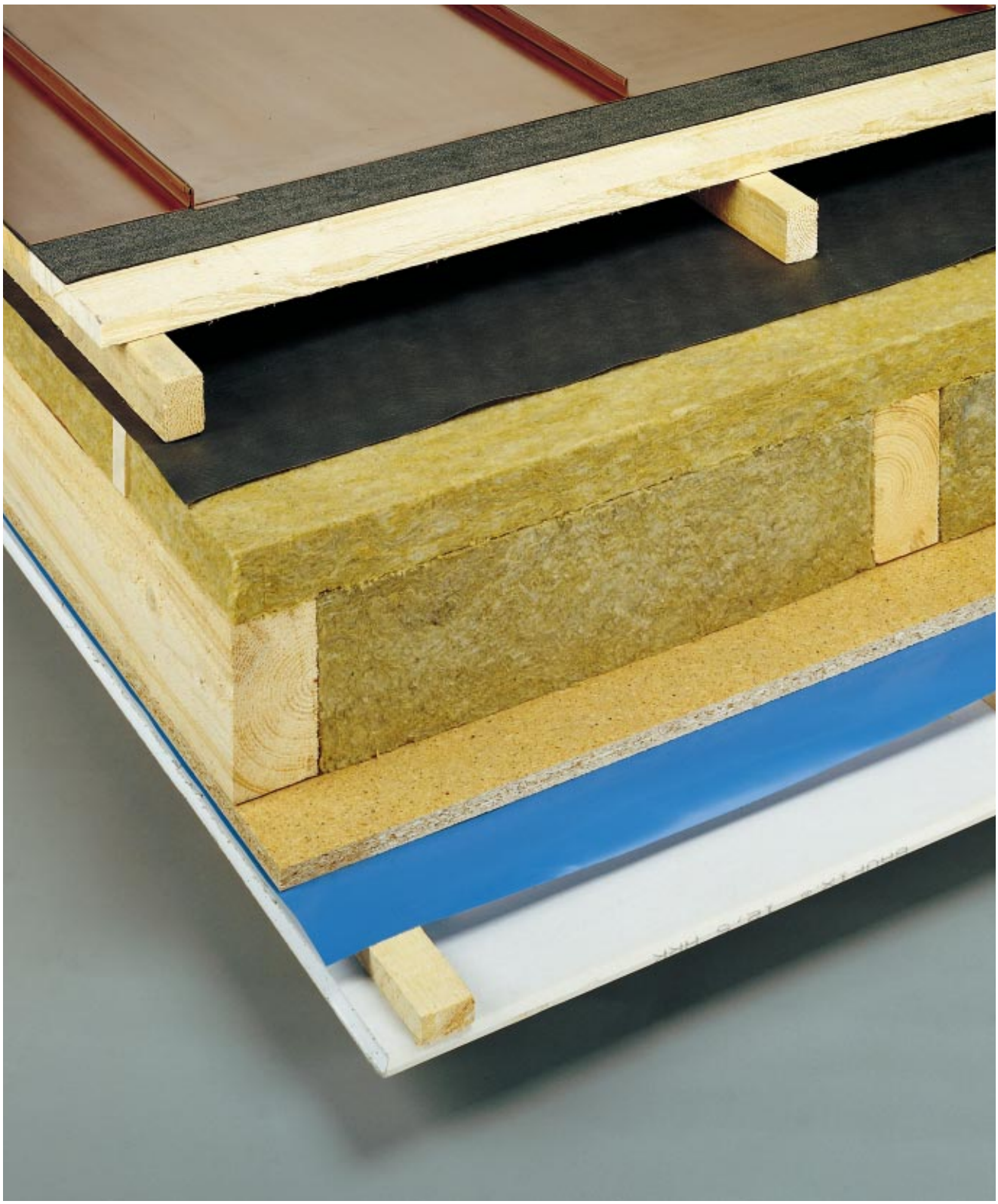


7.0 Dachaufbau mit Vollsparrendämmung und Belüftungsraum über den Sparren	• Kupferstehfalzdeckung • Trennlage • Schalung • Konterlattung	• Luftraum ≥ 50mm • Unterspannbahn • Dämmung • Sparren • Dampfsperre	• Lattung • Innenverkleidung

Schicht		**Erläuterung**
	Deckung	- Stehfalzdeckung mit Haften auf der Schalung befestigt
	Trennlage / Schalung	- Trennlage als Notdeckung oberhalb der Schalung während der Bauphase
	Belüftungsraum Unterspannbahn $s_d \leq 0{,}2$m	- Belüftungsraum durch Auflattung auf den Sparren hergestellt, somit Vollsparrendämmung möglich - unterer Abschluß des Belüftungsraumes durch Unterspannbahn
	Dämmung	- Vollsparrendämmung - Dämmstoffdicke abhängig von der Sparrenhöhe
	Tragkonstruktion	- kein chemischer Holzschutz der Tragkonstruktion erforderlich, da durch die Unterspannbahn/ Dampfsperre geschützt
	Dampfsperre	- luftdichte Anschlüsse erforderlich - Innenbekleidung mit Abstand für Elektroinstallation

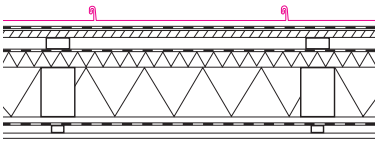
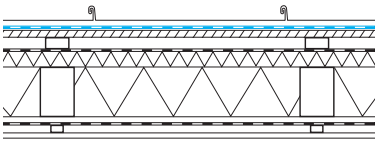
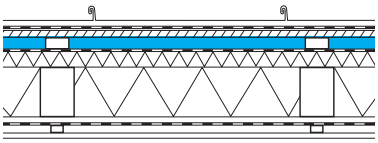
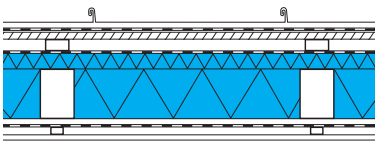
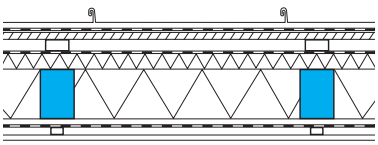
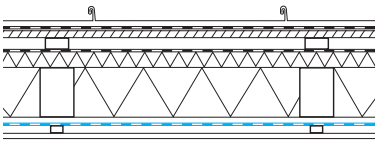
Bewertung

- Dämmstoffdicke begrenzt auf statisch erforderliche Sparrenhöhe
- Wärmebrücken im Sparrenbereich
- Luftschicht unterstützt den sommerlichen Wärmeschutz



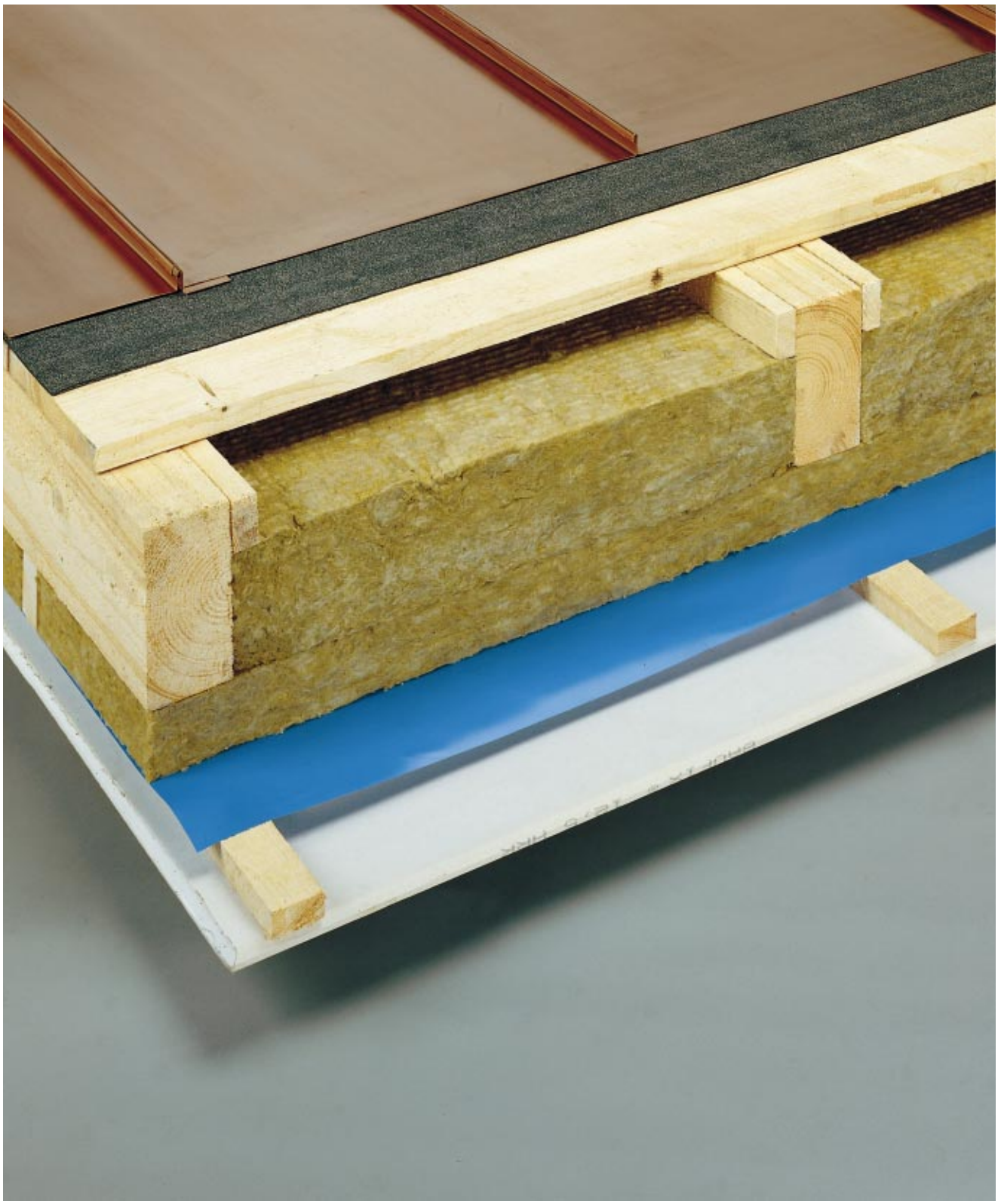
7.1 Belüfteter Dachaufbau mit Vollsparren- und Aufsparrendämmung

- Kupferstehfalzdeckung
- Trennlage
- Schalung
- Konterlattung
- Luftraum ≥ 50mm
- Unterspannbahn
- Dämmung/Lattung
- Sparren
- Dämmung
- Holzwerkstoffplatte
- Dampfsperre
- Lattung
- Innenverkleidung

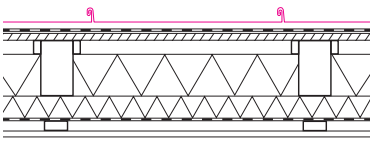
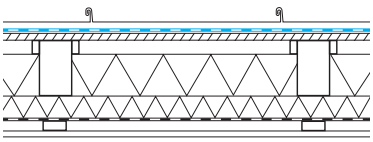
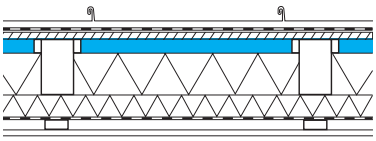
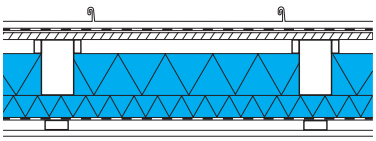
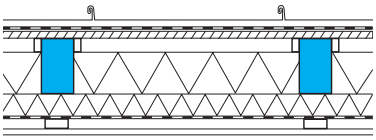
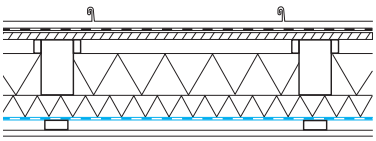
Schicht		Erläuterung
	Deckung	- Stehfalzdeckung mit Haften auf der Schalung befestigt
	Trennlage / Schalung	- Trennlage als Notdeckung oberhalb der Schalung während der Bauphase
	Belüftungsraum Unterspannbahn $s_d \leq 0{,}2$m	- Belüftungsraum durch kreuzweise verlegte Auflattung auf den Sparren hergestellt - unterer Abschluß des Belüftungsraumes durch Unterspannbahn
	Dämmung	- Vollsparrendämmung + Aufsparrendämmung - Dämmstoffdicke unabhängig von der Sparrenhöhe
	Tragkonstruktion	- kein chemischer Holzschutz der Tragkonstruktion erforderlich, da durch die Unterspannbahn geschützt
	Dampfbremse / -sperre	- Holzwerkstoffplatte als Montageschicht der Dampfsperre - Dampfsperre s_d-Wert ≥ 100 m - Innenbekleidung mit Abstand für Elektroinstallation

Bewertung

- aufwendigerer Aufbau
- nahezu wärmebrückenfrei durch zweite Dämmebene
- Holzwerkstoffplatte
  - erhöhter Schallschutz durch flächenbezogene Masse,
  - Wärmespeicherfunktion
  - thermostabiles Innenraumklima
- Dämmstoffdicke problemlos regulierbar
- Tragkonstruktion auf statisch notwendigen Querschnitt reduzierbar



7.2 Belüfteter Dachaufbau mit Zwischensparren- und Untersparrendämmung	• Kupferstehfalzdeckung • Trennlage • Schalung • Sparren • Distanzleisten	• Luftraum ≥ 50mm • Dämmung • Dämmung mit Konterlattung unter dem Sparren	• Dampfsperre • Lattung • Innenverkleidung

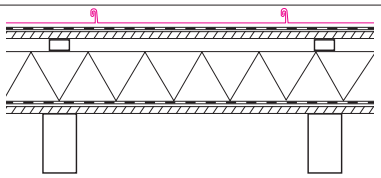
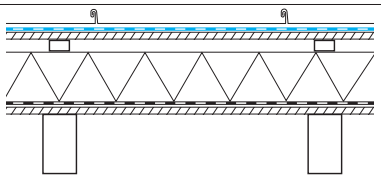
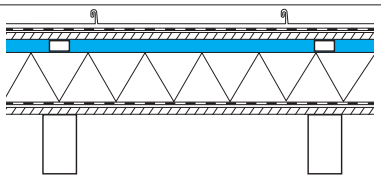
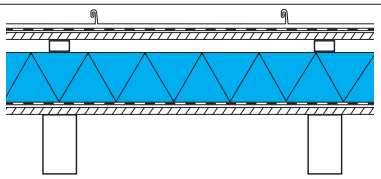
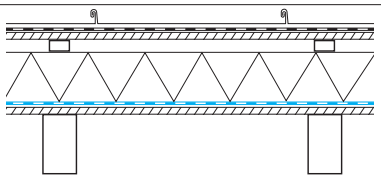
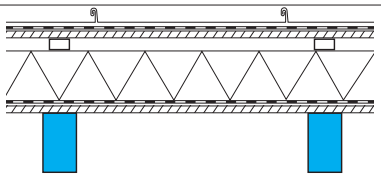
Schicht		**Erläuterung**
	Deckung	- Stehfalzdeckung mit Haften auf der Schalung befestigt
	Trennlage / Schalung	- Trennlage als Notdeckung oberhalb der Schalung während der Bauphase
	Belüftungsraum	- Belüftungsraum durch Distanzleisten sichergestellt
	Dämmung	- gesamte Dämmstoffdicke unabhängig von der Sparrenhöhe, da unterteilt in Zwischen- und Untersparrendämmung
	Tragkonstruktion	- chemischer Holzschutz der Sparren erforderlich
	Dampfsperre	- Dampfsperre s_d-Wert ≥100 m - Innenbekleidung mit Abstand für Elektroinstallation

Bewertung

- Dachaufbau für nachträgliche Dämm-Maßnahmen bei Altbauten
- DIN 68 800-2, Holzschutz – Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau – empfiehlt grundsätzlich Konstruktionen, bei denen chemischer Holzschutz entbehrlich ist.
- nahezu wärmebrückenfrei durch zweite Dämmebene (kreuzweise Lattenanordnung)
- Raumverlust durch zusätzliche innenseitige Dämmlage
- anfallende Feuchte, insbesondere Tauwasser, wird problemlos in einem fachgerecht ausgeführten Luftraum abgeführt

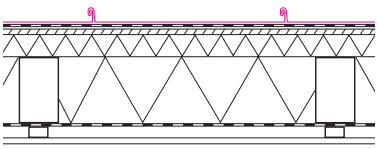
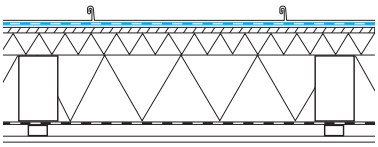
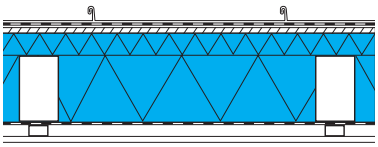
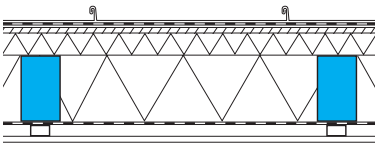
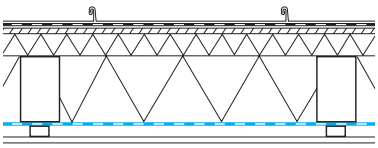
7.3 Belüfteter Dachaufbau mit Aufsparrendämmung

- Kupferstehfalzdeckung
- Trennlage
- Schalung
- Lattung
- Luftraum ≥ 50mm
- Dämmung
- Dampfsperre
- Mehrschichtholzplatte
- Sparren

Schicht		Erläuterung
	Deckung	- Stehfalzdeckung mit Haften auf der Schalung befestigt
	Trennlage / Schalung	- Trennlage als Notdeckung oberhalb der Schalung während der Bauphase
	Belüftungsraum	- Belüftungsraum durch Lattung oberhalb der Dämmung
	Dämmung	- Aufsparrendämmung zwischen kreuzweisen Kanthölzern
	Dampfsperre	- Dampfsperre s_d-Wert ≥100 m - Mehrschichtholzplatte als Montage-schicht der Dampfsperre
	Tragkonstruktion	- kein chemischer Holzschutz der Sparren erforderlich, da dreiseitig sichtbar

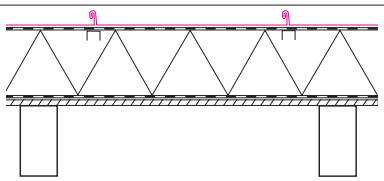
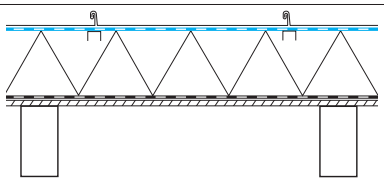
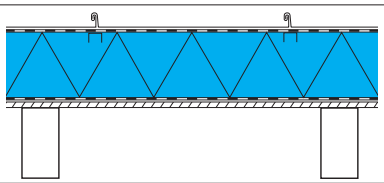
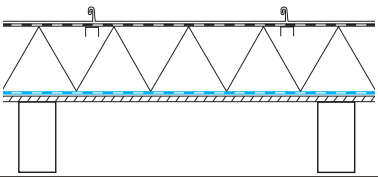
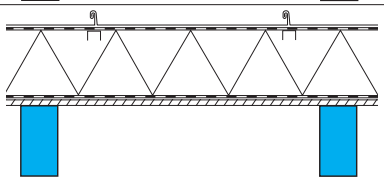
Bewertung

- keine Wärmebrücken
- Mehrschichtholzplatte: Schallschutz (Erhöhung flächenbezogener Masse)
- Tragkonstruktion wird zum Gestaltungselement

8.0 Unbelüfteter Dachaufbau mit Zwischensparren-und Aufsparrendämmung	• Kupferstehfalzdeckung • Trennlage • Schalung • Aufsparrendämmung • Sparren	• Zwischensparrendämmung • Dampfsperre • Lattung • Innenverkleidung
Schicht		**Erläuterung**
	Deckung	- Stehfalzdeckung mit Haften auf der Schalung befestigt
	Trennlage / Schalung	- Trennlage als Notdeckung oberhalb der Schalung während der Bauphase
	Dämmung	- Vollsparren- und Aufsparrendämmung - Dämmstoffdicke unabhängig von der Sparrenhöhe frei wählbar
	Tragkonstruktion	- kein chemischer Holzschutz erforderlich, da Tragkonstruktion nicht mit der Außenluft in Verbindung steht
	Dampfsperre	- Dampfsperre s_d-Wert ≥100 m - sorgfältige, luftdichte Verlegung notwendig - Innenbekleidung mit Abstand für Elektroinstallation

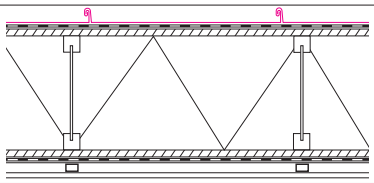
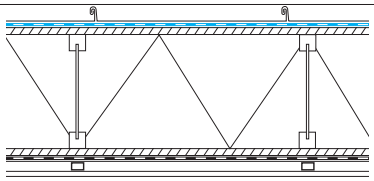
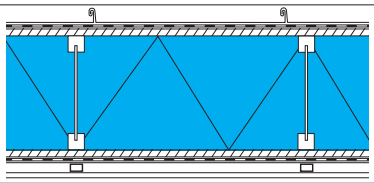
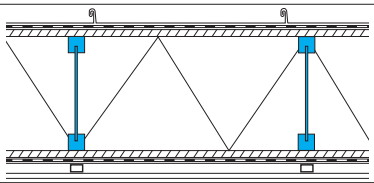
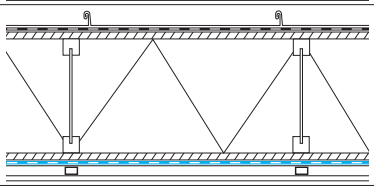
Bewertung

- nahezu wärmebrückenfrei durch die zweite Dämmschicht
- geeignet auch für Kuppel- und Tonnendachkonstruktionen

8.1 Unbelüfteter Dachaufbau mit Aufsparrendämmung	• Kupferstehfalzdeckung • Trennlage • Dämmung mit eingelassenen Befestigungsstreifen	• Dampfsperre • Mehrschichtholzplatte • Sparren
Schicht		**Erläuterung**
	Deckung	- Stehfalzdeckung - Hafte auf U-Profilen
	Trennlage	- Trennlage als Notdeckung während der Bauphase
	Dämmung	- Dämmplatten (max. 18 cm)
	Dampfsperre	- Dampfsperre s_d-Wert ≥100 m - Mehrschichtholzplatte als Montageschicht der Dampfsperre
	Tragkonstruktion	- kein chemischer Holzschutz erforderlich, da dreiseitig sichtbarer Sparren

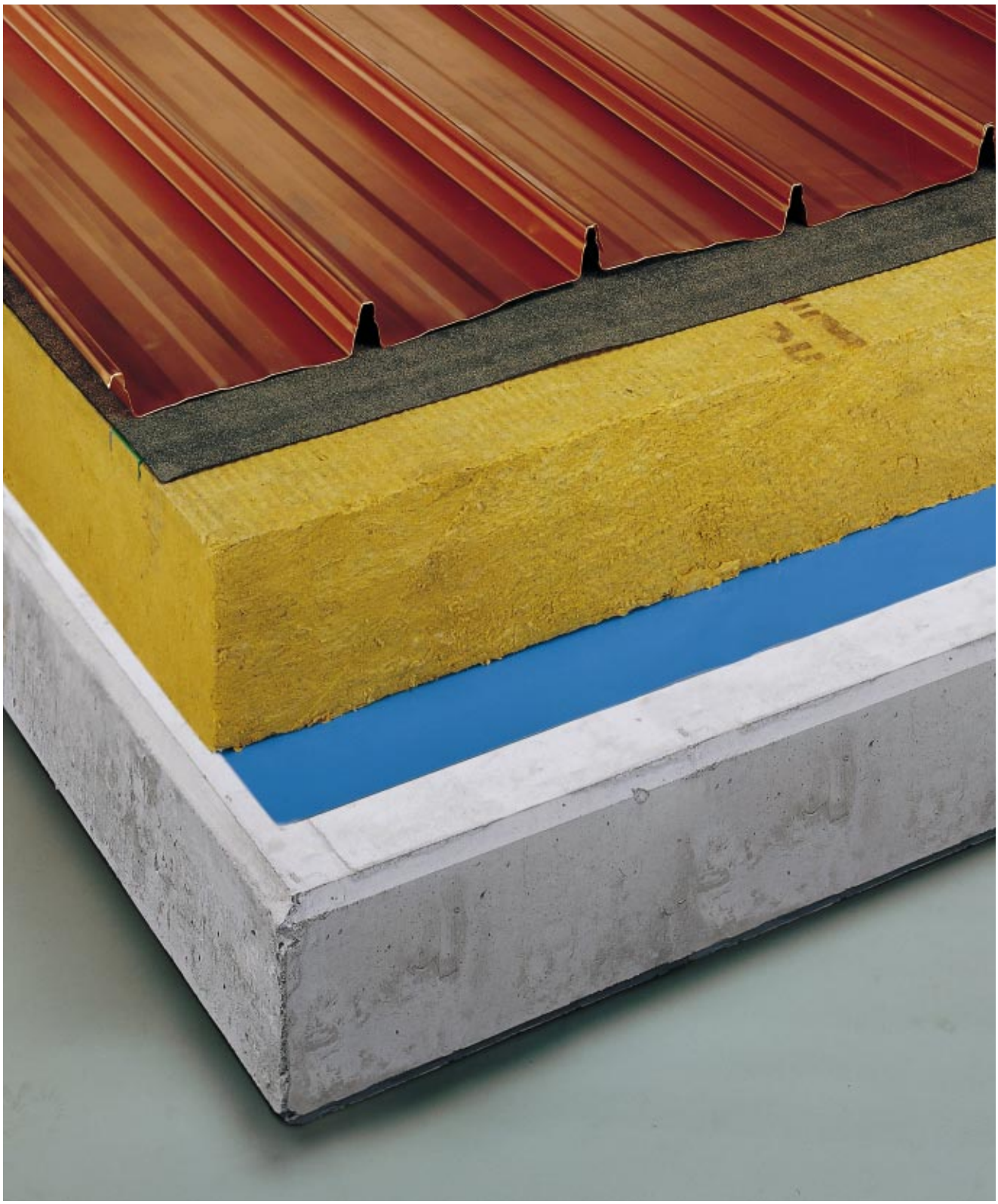
Bewertung

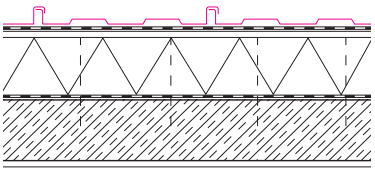
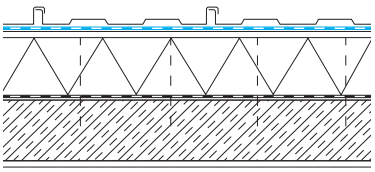
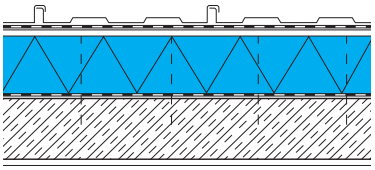
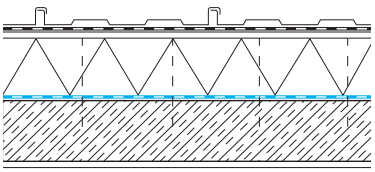
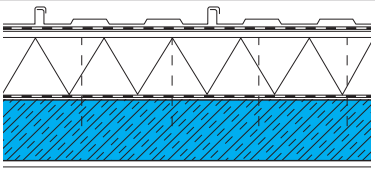
- Konstruktion ist wärmebrückenfrei
- eignet sich vorzugsweise für leichte Dachkonstruktionen und Industriebauprojekte
- Kostenreduzierung und kürzere Bauzeit durch Verzicht auf Schalung

8.2 Unbelüfteter Dachaufbau mit Volldämmung zwischen Holzstegträgern	• Kupferstehfalzdeckung • Trennlage • Schalung • Holzstegträger • Dämmung	• Holzwerkstoffplatte • Dampfsperre • Innenverkleidung • Lattung
Schicht		**Erläuterung**
	Deckung	- Stehfalzdeckung mit Haften auf der Schalung befestigt
	Trennlage / Schalung	- Trennlage als Notdeckung oberhalb der Schalung während der Bauphase
	Dämmung	- Vollsparrendämmung - Dämmstoffdicke abhängig von der Höhe der Holzstegträger
	Tragkonstruktion	- Holzstegträger
	Dampfsperre	- Holzwerkstoffplatte als Montageschicht der Dampfsperre - Dampfsperre s_d-Wert ≥100 m - Innenraumbekleidung mit Abstand für Elektroinstallation

Bewertung

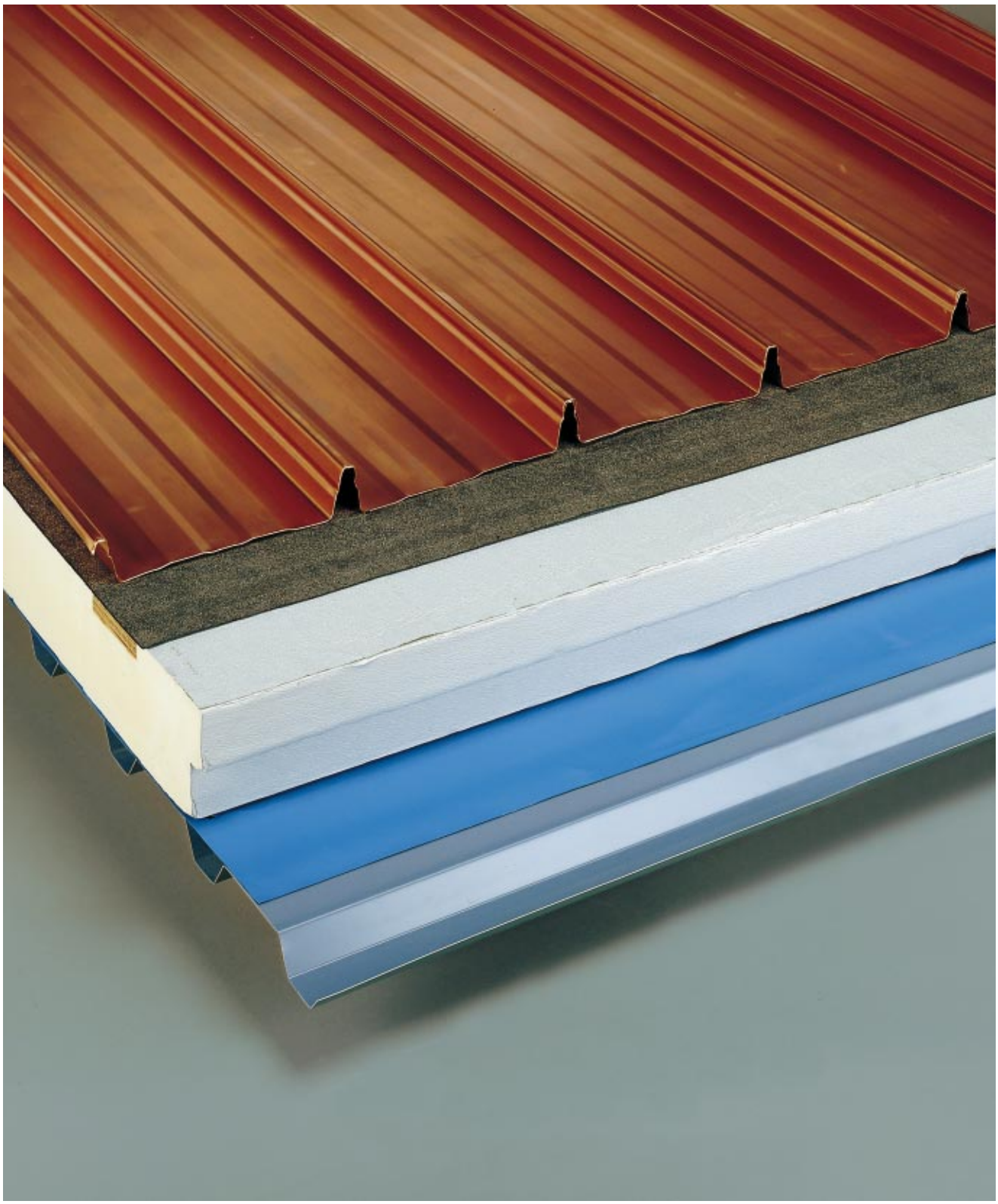
- Möglichkeit der Kostenreduzierung durch vorgefertigte Holzstegträger
- geringes Eigengewicht der Träger
- nahezu wärmebrückenfrei durch dünne Stege
- sehr große Dämmstoffhöhen möglich



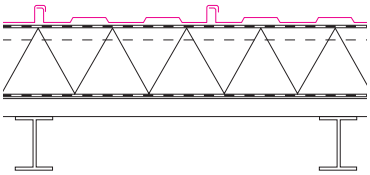
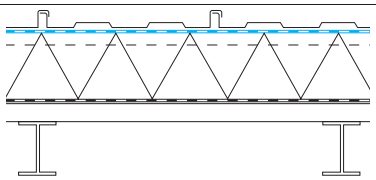
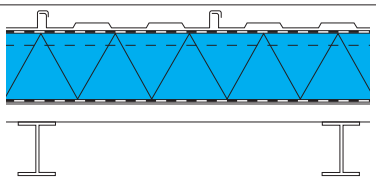
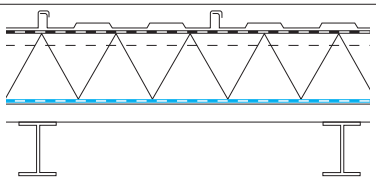
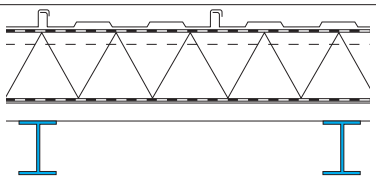
8.3 Unbelüfteter Dachaufbau mit Dämmplatten auf Stahlbeton	• Kupferprofilbahnen auf Befestigungsbügeln • Trennlage • Dämmung mit U-Profil und Spezialkrallen	• Dampfsperre • Betondecke • Innenputz
Schicht		**Erläuterung**
	Deckung	- Kupferprofilbahnen auf Haltebügeln die auf U-Profilen befestigt werden, welche in die Dämmung eingelassen werden
	Trennlage	- Trennlage als Notdeckung während der Bauphase
	Dämmung	- Vollflächige Dämmung, - wegen der Windsoglasten werden die U-Profile mit Spezialkrallen direkt in der Tragkonstruktion verankert
	Dampfsperre	- Dampfsperre s_d-Wert ≥100 m, empfohlen wegen der meist vorhandenen Baufeuchte
	Tragkonstruktion	- Stahlbetondecke

Bewertung

- einfacher Aufbau
- schnelle Verlegung der Deckschicht durch Clipbefestigung der Profilbahnen
- Masse der Betondecke wirkt sich positiv auf den sommerlichen Wärmeschutz aus, verhindert Überhitzung
- geeignet für große, zusammenhängende Dachflächen (Industriebauten)

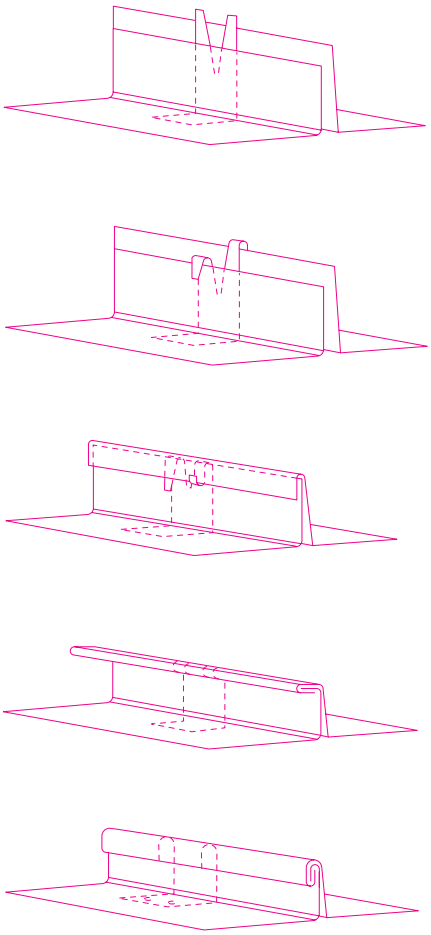


8.4 Unbelüfteter Dachaufbau mit Dämmplatten auf Trapezblechkonstruktion	• Kupferprofilbahnen auf Befestigungsbügeln • Trennlage • Dämmplatten mit eingelassenen U-Profilen/Schiene	• Dampfsperre • Trapezblech • Stahlträger

Schicht		Erläuterung
	Deckung	- Kupferprofilbahnen (Achsmaß 46,5 cm) auf Haltebügel aufgesteckt
	Trennlage	- Trennlage als Notdeckung während der Bauphase
	Dämmung	- Dämmplatten mit eingelassenen Befestigungsstreifen
	Dampfsperre	- Dampfsperre s_d-Wert ≥ 100 m trotz Trapezblech, um Konvektion an den Blechstößen zu vermeiden
	Tragkonstruktion	- Trapezbleche auf Stahlträger

Bewertung

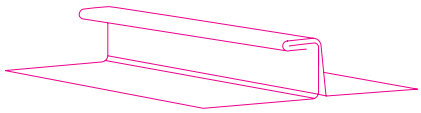
- einfacher Aufbau, Dämmstoffdicken jedoch auf max. Plattenhöhe begrenzt
- schnelle Verlegung der Deckschicht durch Clipbefestigung der Profilbahnen
- geeignet für große, zusammenhängende Dachflächen (Industriebauten)



9.0 Falztechniken

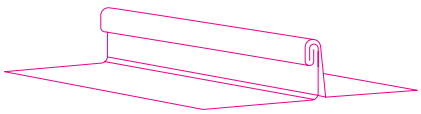
Die Verbindung von Scharen und Tafeln erfolgt durch Zusammenfalzen. Diese Falzverbindungen werden heute meist unter Verwendung von Profiliermaschinen und Falzschließmaschinen ausgeführt. Nur bei Detailarbeiten oder bei komplizierten Deckungen (z.B. Restaurierungen) wird noch in traditioneller Weise handwerklich mit Falzeisen und Hammer gearbeitet. Die optische und technische Qualität der heutigen Klempnertechnik ist sehr gut und wirtschaftlich. Im Allgemeinen werden bei der Dachdeckung in Klempnertechnik der Doppelstehfalz, der Winkelstehfalz oder die Leistendeckung verwandt.

9.1 Winkelstehfalz



Der Winkelstehfalz ist eine vereinfachte Form des Doppelstehfalzes. Dabei wird der letzte Falzvorgang statt um 180° nur bis 90° ausgeführt. Durch die breitere Ansichtsfläche als beim Doppelstehfalz bewirkt der Winkelstehfalz eine stärkere Strukturierung der Deckung. Zudem erzeugt die einfache Falzschließung kaum Querspannung auf die Schar. Dadurch lassen sich vorgekantete oder vorprofilierte Schare zu besonders glatten Flächen verarbeiten. Aufgrund des nicht ganz geschlossenen Falzes hat der Winkelstehfalz jedoch eine geringere Dichtigkeit gegen auftreibendes Wasser. Daher ist sein Einsatz in der Dachdeckung auf eine Mindestdachneigung von 25° (in schneereichen Gebieten 35°) begrenzt.

9.2 Doppelstehfalz



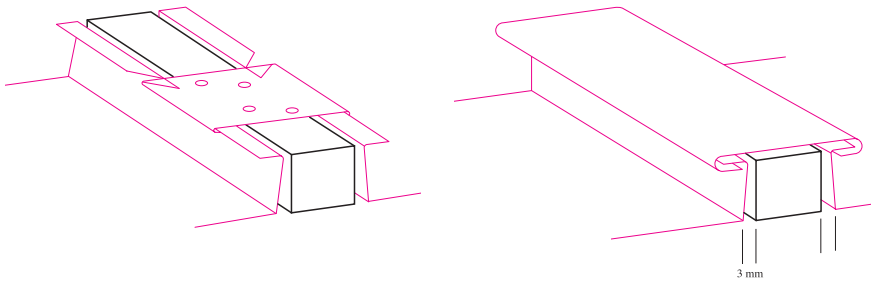
Der Doppelstehfalz ist die allgemein übliche und häufigste Ausführung. Hierbei entsteht aus der seitlichen Aufkantung der Schare oder Tafeln mit 45 und 35 mm eine Falzhöhe von mindestens 23 mm. Der Doppelstehfalz kann als regendicht bezeichnet werden, ist aber nicht wasserdicht (z.B. gegen Stauwasser). Deshalb sieht DIN 18 339 eine Mindestdachneigung von 3° vor. Dieses Mindestgefälle darf auch im Bereich von Traufbohlen, Aufschiebungen, Gauben, Kehlen usw. nicht unterschritten werden.

9.3 Leistendeckung

Relativ selten wird für die Kupferdachdeckung die Leistendeckung verwendet. Bei dieser Deckungsart wird zwischen den Scharen eine Holzleiste von mindestens 40 x 40 mm auf der Schalung befestigt, an die die aufgekanteten Scharen seitlich anschließen. Da die Leisten die Windsoglasten aufnehmen, müssen sie sicher auf der Schalung befestigt werden. Wie bei Stehfalzen werden auch bei der Leistendeckung die Aufkantungen der Scharen nicht ganz senkrecht gestellt, so dass am Leistenfuß ein ca. 3 mm breiter Zwischenraum für die Aufnahme der Querdehnung verbleibt. Aufgeschobene Leistenkappen oder Leistendeckel decken die Holzleiste ab. Durch die sehr breite Leistendeckung entsteht eine besonders kräftige Struktur der Dachfläche. Für die Ausführung gelten technisch die gleichen Regeln bezüglich Mindestgefälle, Scharbreite und Scharlänge wie bei der Doppelstehfalzausführung. Dies gilt auch für die Querfalzausführung und die Anzahl der Hafte. Bei der Leistendeckung unterscheidet man die deutsche und die belgische Leistendeckung.

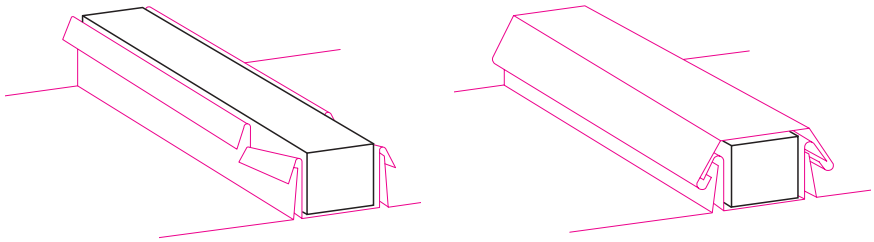
9.3.1 Deutsche Leistendeckung

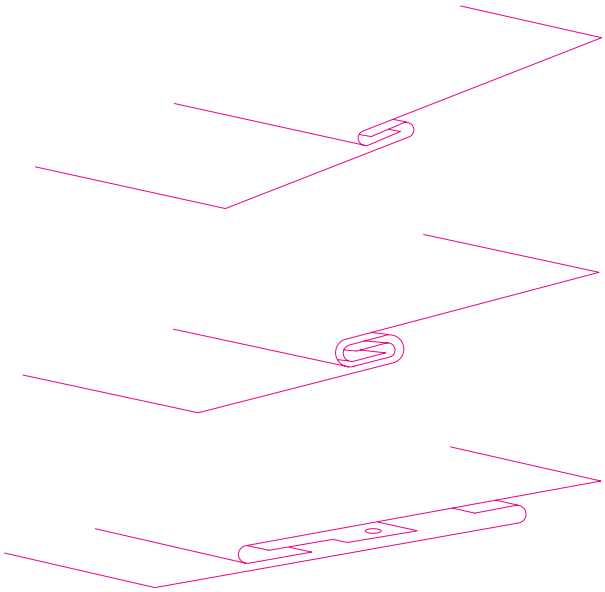
Bei der deutschen Leistendeckung werden die mindestens 100 mm breiten Hafte oben auf der Leiste mit mindestens 4 Kupfernägeln befestigt. Die Hafte wirken als Schiebehafte, deshalb müssen die Schare durch Fixierung gegen Abrutschen gesichert werden. Dies geschieht durch Einschnitte oberhalb der Hafte.



9.3.2 Belgische Leistendeckung

Bei der belgischen Leistendeckung werden die Hafte unter der Leiste hindurchgeführt und durch diese gehalten. Auch hier wirken die Hafte als Schiebehafte. Die Sicherung der Schare erfolgt wie bei der deutschen Leistendeckung. Bei beiden Formen der Leistendeckung werden die Leistenkappen oder -deckel entsprechend der gewählten Form vorgefertigt und in die Hafte bzw. die Umkantung eingehängt oder eingeschoben. Stöße werden mit mindestens 50 mm Überlappung überdeckt und in diesem Bereich mit einem Kupfernagel gegen Abrutschen gesichert.





10.0 Querverbindung

Querverbindungen werden als einfacher Falz, doppelter Falz oder doppelter Falz mit Dichtung hergestellt. In Querfalzen dürfen, bei Scharlängen ≥ 3 m keine Zusatzhafte angebracht werden, um eine einwandfreie Ausdehnung über die gesamte Länge zu gewährleisten.

10.1 Einfacher Querfalz

Bei Dachneigungen ≥ 25° werden Querfalze als einfacher Falz ausgeführt.

10.2 Doppelter Querfalz

Bei Dachneigungen ≥ 7° werden Querfalze als doppelter Falz ausgeführt.

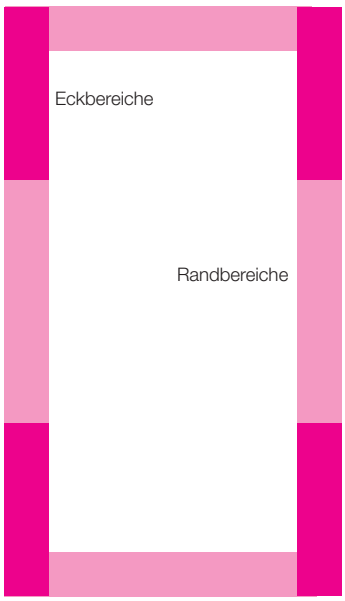
10.3 Querfalz mit Einhangstreifen

Bei Dachneigungen ≤ 7° werden Querfalze mit Einhangstreifen ausgeführt.

11.0 Windsoglasten

In der DIN 1055 Teil 4 ist festgelegt, dass sämtliche in der Konstruktion durch die Windbeanspruchung entstehenden Kräfte vom Entstehungsort (der Dachhaut) sicher in die Verankerungsbauteile zu leiten sind.

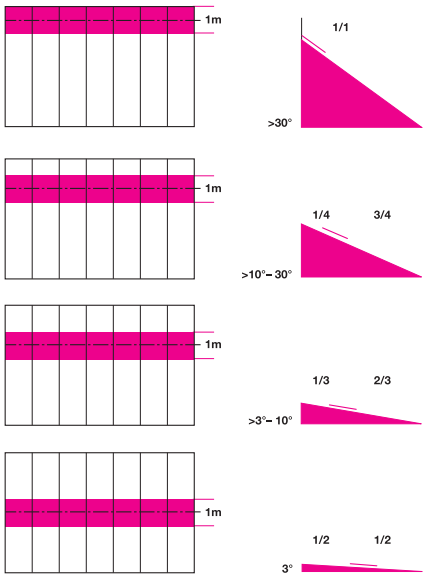
Die größten Sogspitzen treten an den Rändern und ganz besonders an den Ecken von windbelasteten Flächen auf, wie an der vereinfacht dargestellten Flächenaufteilung zu erkennen ist.



11.1 Windsoglasten bei Dächern nach DIN 1055 in N/m²

Dachneigung	Gebäudehöhe (m)	Eckbereich (N/m²)	Randbereich (N/m²)	Normalbereich (N/m²)
0°-25°	0-8	1600	900	300
	8-20	2560	1440	480
	20-100	3520	1980	660
26°-35°	0-8	900	550	300
	8-20	1440	880	480
	20-100	1980	1210	660

Lage der Festhafte in Abhängigkeit von der Dachneigung



12.0 Befestigung der Hafte

Die Hafte werden auf der Schalung entweder mit gerauhten Nägeln aus Kupfer oder NRS oder mit Senkkopfschrauben aus NRS befestigt. Dabei ist eine Einbindetiefe von mindestens 20 mm zwingend vorgeschrieben. Bei der Befestigung der Hafte mit zwei gerauhten Kupferdeckstiften 2,8 x 25 mm wird eine Auszugsfestigkeit von 500 N/Haft erreicht, die für alle Dachbereiche ausreichend ist.

12.1 Anzahl und Abstände der Hafte

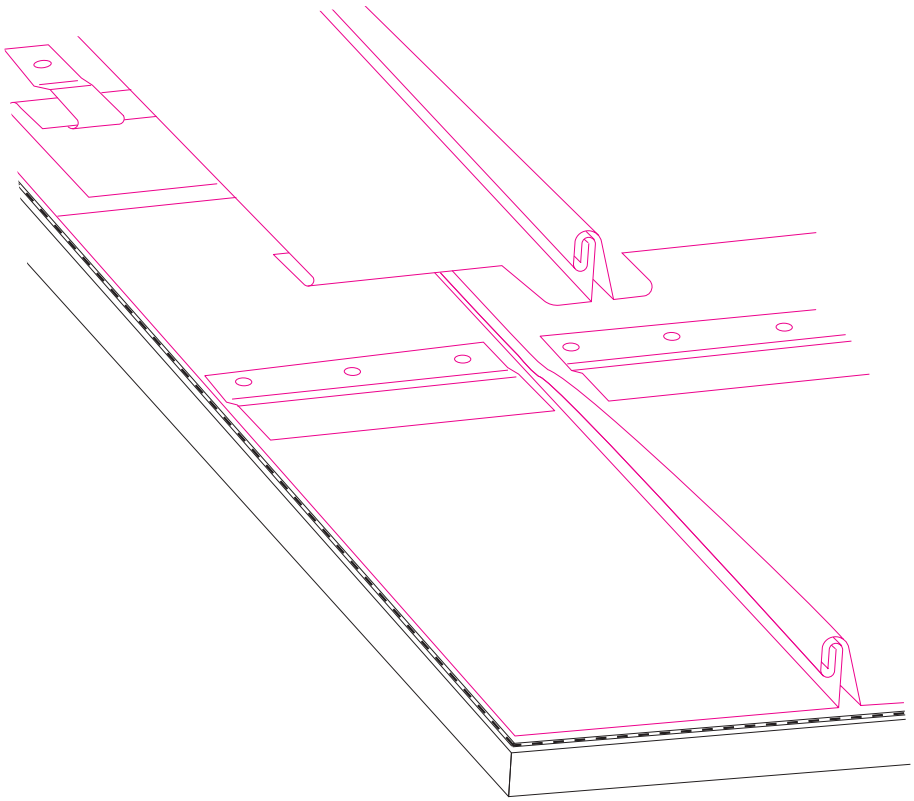
Als Standard für die Anzahl und Abstände der Hafte für die Aufnahme der Windsogkräfte gelten die Werte der Tabelle auf Seite 65. Dabei wurden berücksichtigt: die Gebäudehöhe, die in Bezug auf die Windsogkräfte ungünstigste Neigung der Dachfläche (entsprechend DIN 1055, siehe auch 11.1 Windsoglasten bei Dächern) und eine maximale Scharlänge von 10 m bei der Verwendung gerauhter Kupferdeckstifte. Für andere Befestigungsarten sind die Fachregeln des Klempnerhandwerkes zu beachten, die im Wesentlichen die Einholung der Herstellergewährleistung empfehlen.

Hafte			Befestigungsmittel			
			Gerauhte Nägel [1,2]		Senkkopfschrauben	
Werkstoff der Deckung	Werkstoff der Hafte	mind. Dicke in mm	Werkstoff	mind. Maße ø x Länge	Werkstoff	mind. Maße ø x Länge
Kupfer	Kupfer	0,6	Kupfer	2,8 x 25 mm		
	NRS	0,4	NRS		NRS	4 x 25 mm

1) Je Haft mindestens zwei Stück mit einer Einbindetiefe von mindestens 20 mm
2) Flachkopf mit >7 mm, gleichwertig zu gerauhten Deckstiften, gerillte Nägel aus Edelstahl und Kupfer mit mind. 9 Rillen.

Haftabstände und Scharenbreiten/Metalldicken in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe

Gebäudehöhe		bis 8 m				Über 8 m bis 20 m			Über 20 m bis 100 m	
Scharbreite mm		520	590	620	720	520	590	620	520	590
Werkstoffdicke (mind.) mm		0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Mittlere Dachbereiche	Hafte Stck. pro m²	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Haftabstand (max.) mm	500	500	400	400	500	500	400	500	500
Randbereiche	Hafte Stck. pro m²	4	4	4	4	6	6	6	8	9
	Haftabstand (max.) mm	500	500	400	400	350	350	300	250	200
Eckbereiche	Hafte Stck. pro m²	7	7	7	7	10	10	10	13	13
	Haftabstand (max.) mm	300	300	250	250	200	200	150	150	150



13.0 Temperaturbedingte Längenänderung

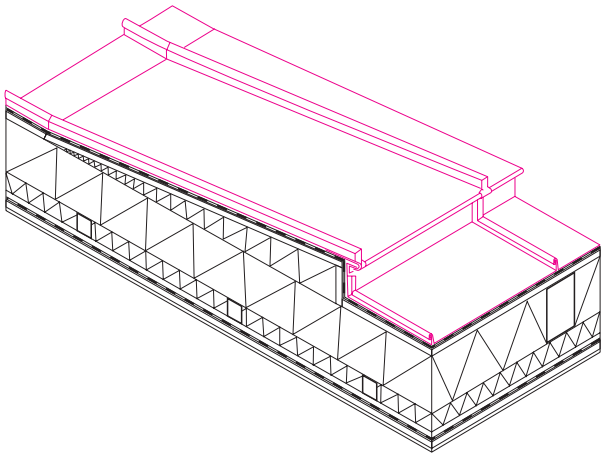
Durch jahreszeitlich bedingte Temperaturdifferenzen von +80 °C bei starker Sonneneinstrahlung bis zu -20 °C Kälte unterliegt jeder Werkstoff Längenveränderungen. So entsteht beim Werkstoff Kupfer eine Längenänderung von 1,7 mm/m bei 100K Temperaturunterschied (Wärmeausdehnungkoeffizient: 16,8 x 10^{-6} 1/K). Entsprechend der DIN 18 339 und den Fachregeln des Klempnerhandwerks ist für Dächer mit Metalleindeckung zu gewährleisten, dass temperaturbedingte Längenänderungen ungehindert aufgenommen werden, ohne Undichtigkeiten hervorzurufen oder die Befestigung der Deckung zu beeinträchtigen. Dies geschieht durch längsverschiebbare Befestigungen auf der Unterkonstruktion. In der VOB ist die maximale Scharlänge für Kupferdeckungen mit 10 m festgelegt. Wird diese Länge überschritten, muss die Aufnahme der temperaturbedingten Längenänderung durch Schiebenaht oder Gefällesprung sichergestellt werden.

13.0.1 Schiebenaht

Die Ausführung mit Schiebenaht bei Dachneigungen ≥10° erfordert keine Eingriffe in die Unterkonstruktion. Für die Schiebenaht mit Zusatzfalz wird auf die Schar, welche auf dem unteren Teil der Dachfläche verlegt ist, ein Haftstreifen aufgenietet. In diesen wird der Falz der oberen Schar eingehängt. Dabei ist darauf zu achten, dass ausreichend Spielraum für die Aufnahme der Dehnungsbewegung der oberen Schar gelassen wird.

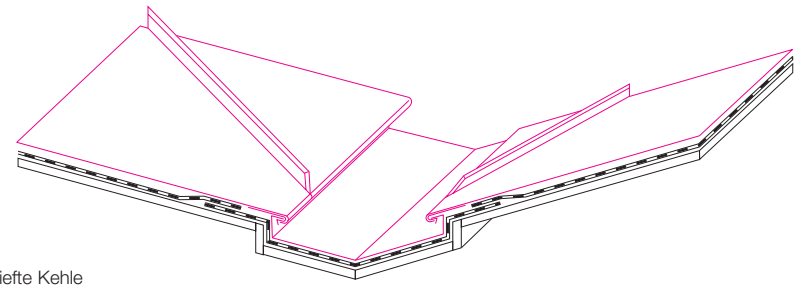
13.0.2 Gefällesprung

Der Gefällesprung als Dehnungsausgleich ist relativ selten, da er eine vertikale Parallelverschiebung der Dachhaut um mindestens 60 mm bedeutet und damit ein wesentliches Gestaltungsmerkmal darstellt. Er wird meist nur bei Dachneigungen <10° eingesetzt. Bei der Ausführung des Gefällesprunges wird der obere Anschluß der unteren Schar nicht ganz rechtwinklig aufgestellt, um Dehnungsspielraum zum Stufenbrett zu erhalten. Die obere Schar wird so in das Haftblech eingehängt, dass Dehnungsbewegungen problemlos aufgenommen werden können.

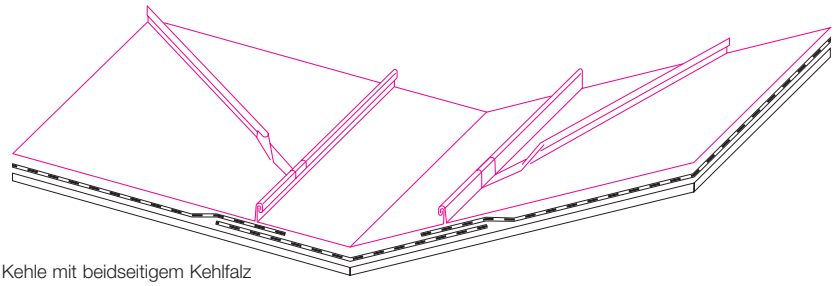


13.0.3 Dehnungsausgleich im Traufbereich

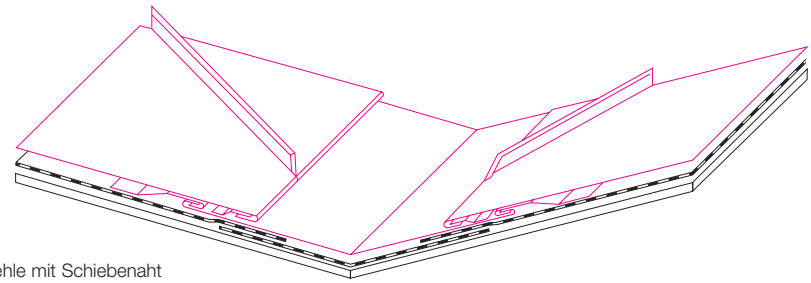
Um die Querdehnung der Schare im Traufbereich nicht zu behindern, empfiehlt es sich, auf das Umlegen des Doppelstehfalzes an der Traufkante zu verzichten. Um thermisch bedingte Längendehnungen des Traufstreifens zu ermöglichen, ist an den Stößen mindestens 3 mm Abstand zu lassen oder eine lose Überdeckung von 20 bis 30 mm vorzusehen.



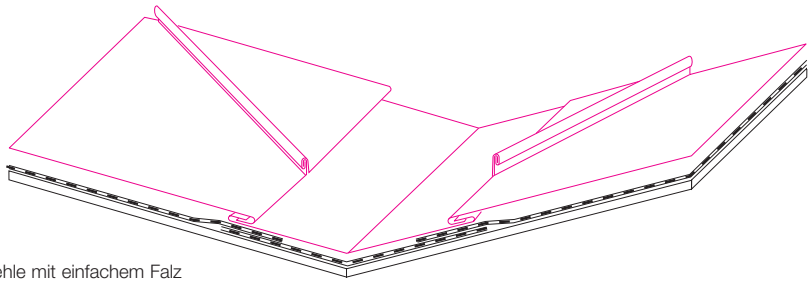
Vertiefte Kehle



Kehle mit beidseitigem Kehlfalz



Kehle mit Schiebenaht



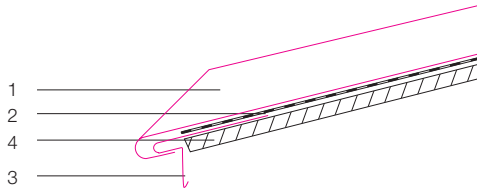
Kehle mit einfachem Falz

13.0.4 Dehnungsausgleich bei Kehlen

Die Ausführung von Kehlen zwischen winkelförmig aneinanderstoßenden Dachflächen ist abhängig von Länge und Gefälle und richtet sich nach der Neigung der angrenzenden Dachflächen. Da die Kehlen den Längendehnungsbewegungen der einlaufenden Scharen ausgesetzt sind, müssen die Anschlüsse entsprechend ausgebildet sein. Dies ist bei vertieften Kehlen mit Einhangfalz gegeben. Eine Kehle mit beidseitig eingefalzter Dachschar kann nur begrenzt Dehnung aufnehmen und ist daher nur für kurze Scharlängen bis 3 m geeignet. (Siehe hierzu auch Kapitel Dachentwässerung 3.6 Querfalze in Kehlen, Anschlüsse, Abschlüsse, Übergänge und Durchdringungen.)

14.0 Traufe

Der Ausbildung der Traufen ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, da ablaufendes Niederschlagswasser vom Dach immer über diesen Bereich geleitet wird. Im Allgemeinen, insbesondere bei Holzschalungen, ist die Verwendung einer um ca. 5 mm abgesenkten Traufbohle üblich. Diese verhindert eine Aufdopplung der Deckung durch das Traufblech und erlaubt die Befestigung der Rinnenhalter unabhängig von der Lage der Sparren. (Siehe auch 13.0.3 Dehnungsausgleich im Traufbereich)



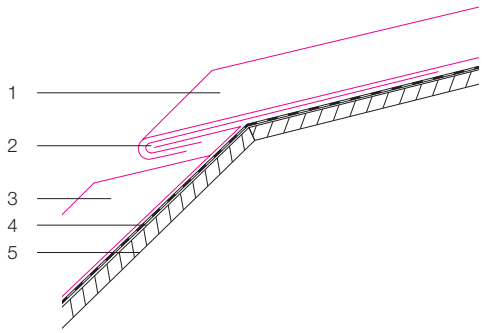
1 Stehfalzdeckung
2 Trennlage
3 Traufblech
4 Schalung

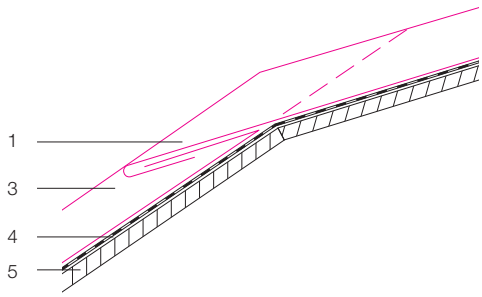
14.0.1 Falzabschlüsse an der Traufe

Nach Möglichkeit sollte der Falzabschluss des Doppelstehfalzes an der Traufe stehend ausgeführt werden. Diese einfache Ausführung ermöglicht die ungehinderte Querdehnung der Schare. Auch eine stehend runde bzw. schräge Ausführung ist anwendbar. Wegen der Behinderung der Querdehnung der Schar ist der umgelegte Falzabschluss im Traufbereich zu vermeiden.

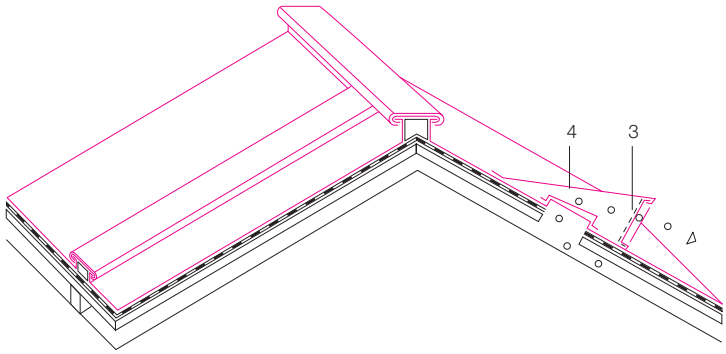
15.0 Übergänge verschiedener Dachneigungen

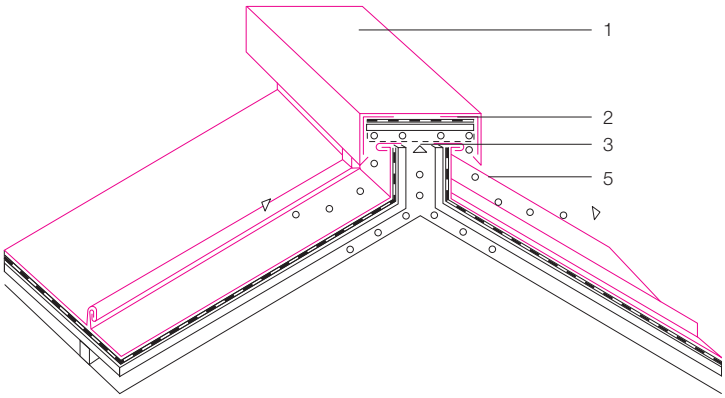
Bei Übergängen verschieden geneigter Dachflächen können die temperaturbedingten Längenänderungen nicht umgelenkt werden. Daher ist bei steiler, nach innen abknickender Neigungsveränderung entweder der unterbrochene Falz oder der durchlaufende Falz auszuführen. Die letztere Variante empfiehlt sich jedoch maximal für Scharlängen ≤ 3 m, da die Dehnungsbewegung am Knickpunkt unterbrochen wird. Bei flacher, nach außen abknickender Neigungsveränderung ist ein Quetschfalz möglich.





1 Obere Stehfalzdeckung
2 Haft
3 Untere Stehfalzdeckung
4 Trennlage
5 Schalung





1 Firstabdeckung
2 Haft
3 Insektengitter
4 Entlüftungshaube
5 Stehfalzdeckung

16.0 Firstabschlüsse

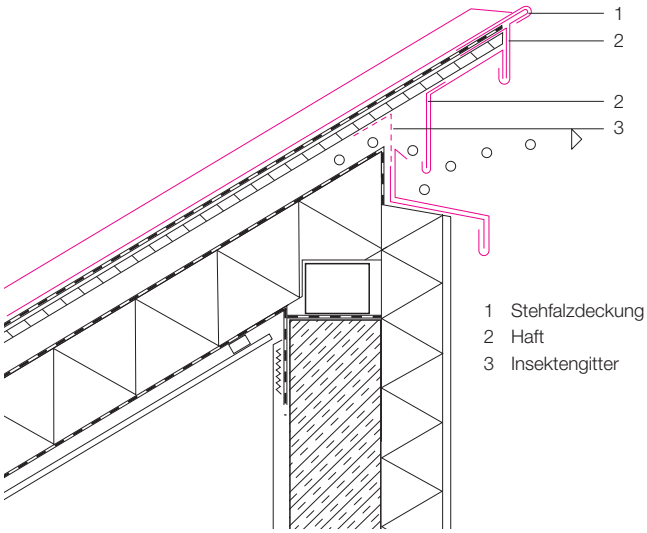
Bei der Form der Firstabschlüsse ist entscheidend, ob es sich um eine zweischalige belüftete oder eine einschalige nicht belüftete Konstruktion handelt.

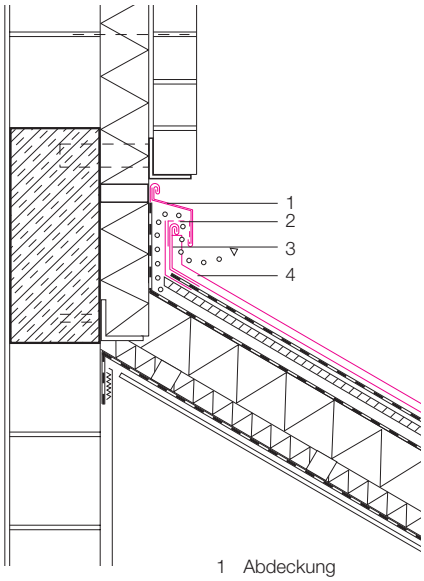
16.0.1 Satteldachfirst mit Entlüftung

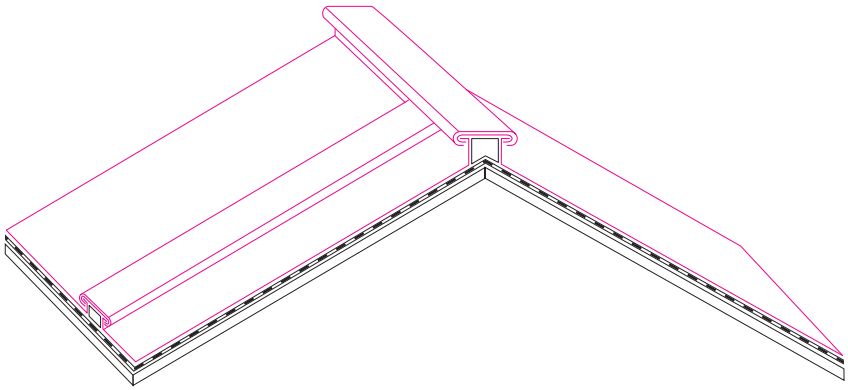
Die Ausführung des Entlüftungsfirstes hat, durch die Mindestaufstellhöhe von 120 mm, starken gestalterischen Einfluss auf den Dachabschluss. Sie setzt eine Unterkonstruktion für die Entlüftungsleiste voraus, die möglichst aus Holz sein sollte. Eine rein metallische Konstruktion könnte zu plötzlichem Abkühlen des entweichenden Luftstroms mit relativ hoher Luftfeuchte führen. Es käme zu unerwünschtem Tauwasserausfall. Doppel- oder Winkelfalz können stehend oder mit Quetschfalte in den First einlaufen. Die Deckung des Firstes soll grundsätzlich als dachartig gekantete Form oder mit einseitiger Neigung ausgeführt werden, um zu vermeiden, dass Niederschlagswasser auf dem First stehenbleibt.

16.0.2 Pultdachfirst mit Entlüftung
Der Konstruktionsaufbau des Pultdachfirstes mit Entlüftung entspricht dem Entlüftungsfirst. Der Anschluss zwischen Dachfläche und Wand wird als Lüftungsleiste ausgebildet.

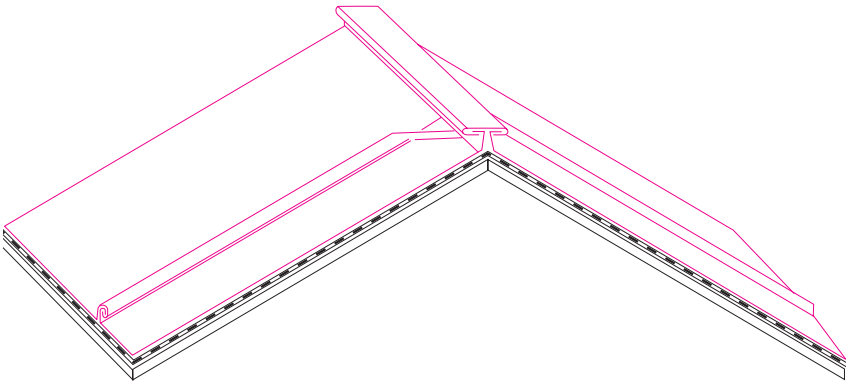
16.0.3 Wandanschluss mit Entlüftung
Der Wandanschluss mit Entlüftung stellt im Prinzip einen halbierten Entlüftungsfirst dar. Dabei wird die Abdeckleiste mit einer Wandanschlussschiene an das Mauerwerk angeschlossen.



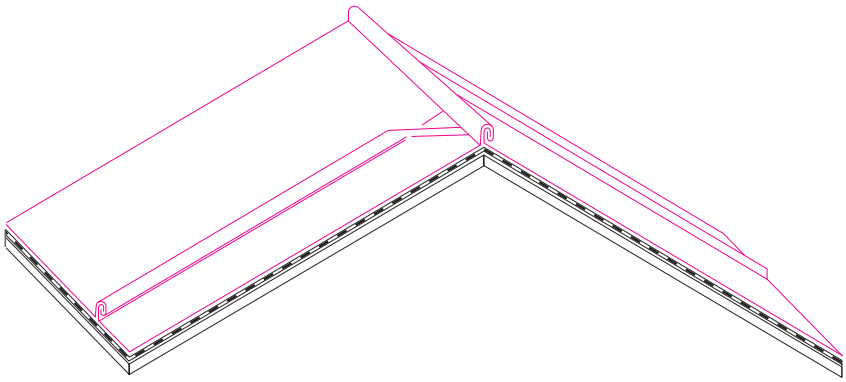




First mit Leistendeckung



First mit Doppelwinkelfalz



First mit Doppelstehfalzdeckung

16.0.4 Satteldachfirst ohne Entlüftung

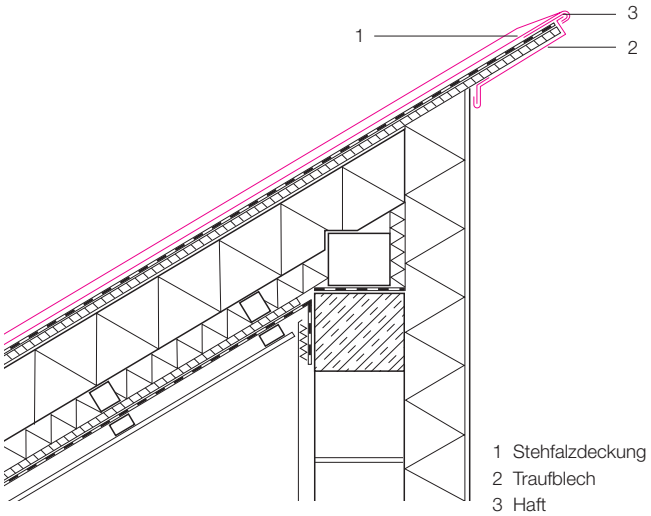
Der Satteldachfirst ohne Entlüftung kann durch eine Leiste betont werden. Die Schare werden wie bei der Leistendeckung mit einem Dehnungsabstand von ca. 3 mm gegen die Leiste aufgestellt. Bei dieser Ausführung können Stehfalz- und Leistendeckung stehend einlaufen und ohne Versatz einander zugeführt werden. Eine nur wenig schmalere Variante ist der Doppelwinkelfalz. Die Ausbildung des Firstes als Doppelstehfalz ist mit stehend einlaufenden oder umgelegten Längsfalzen möglich. In beiden Fällen müssen die Falze versetzt angeordnet werden, um Knotenbildung zu vermeiden. Diese Varianten haben jedoch den Nachteil, dass Querdehnungsbewegungen der Schar nicht zwängefrei aufgenommen werden können. Diese Ausführung sollte grundsätzlich auf nur kurze First- und Scharlängen beschränkt werden.

16.0.5 Pultdachfirst ohne Entlüftung

Das Pultdach ohne Wandanschluss ist der Traufausbildung ähnlich und auch so zu behandeln. (Siehe hierzu auch Kapitel Dachentwässerung, 2.3 Traufstreifen)

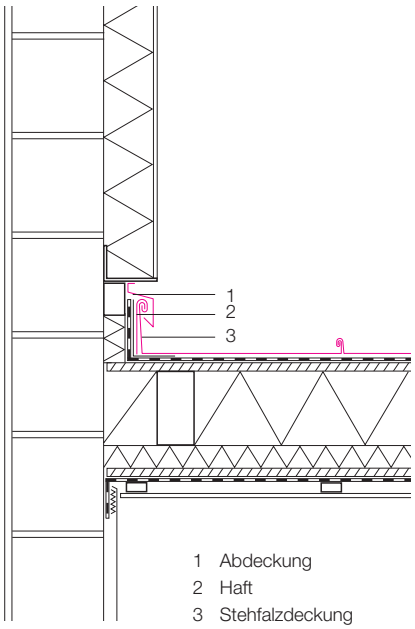
16.0.6 Wandanschluss ohne Entlüftung

Anschlüsse an höher geführte Bauwerke werden bei einschaligen nicht belüfteten Konstruktionen mit Wandanschlussschienen ausgeführt. Dabei sind sie mindestens 150 mm über die Dachfläche zu führen und regensicher zu verwahren.



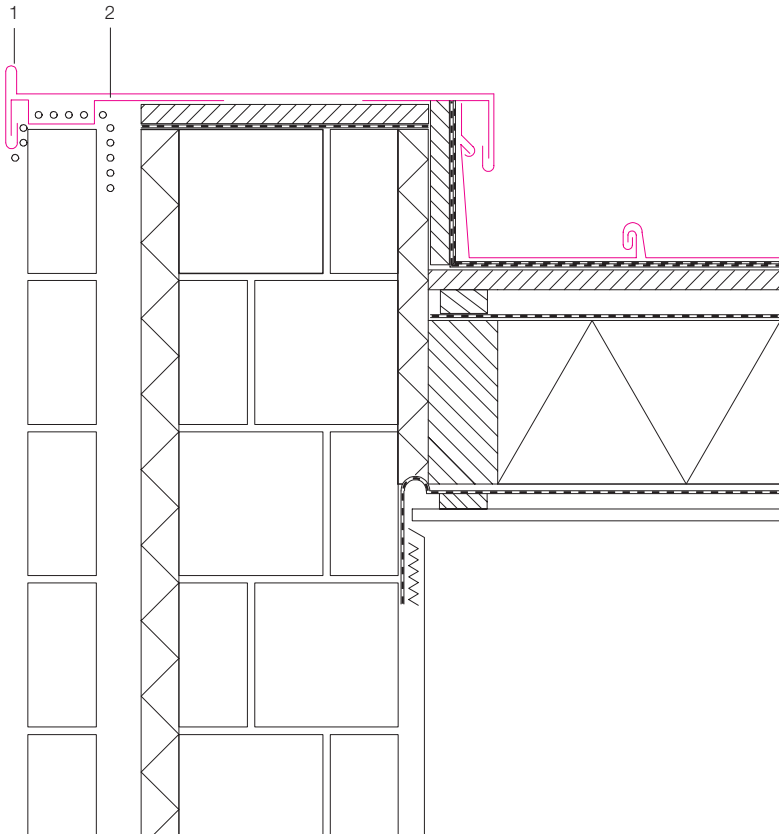
16.0.7 Grat

Wie auch der First stellt der Grat ein oberes Scharende dar. Die Ausführung ist ebenso mit Leistenfalz, Doppelstehfalz oder Doppelwinkelfalz möglich, wie unter 10.1 bis 10.3.2 bereits beschrieben. Die erforderlichen Schräganschnitte der einlaufenden Scharen und Falze machen den Grat jedoch handwerklich aufwendiger als den First.



17.0 Kehlen

Die unterschiedlichen Ausformungen von Kehlen werden unter 13.0 Temperaturbedingte Längenänderung und 13.0.4 Dehnungsausgleich bei Kehlen beschrieben.



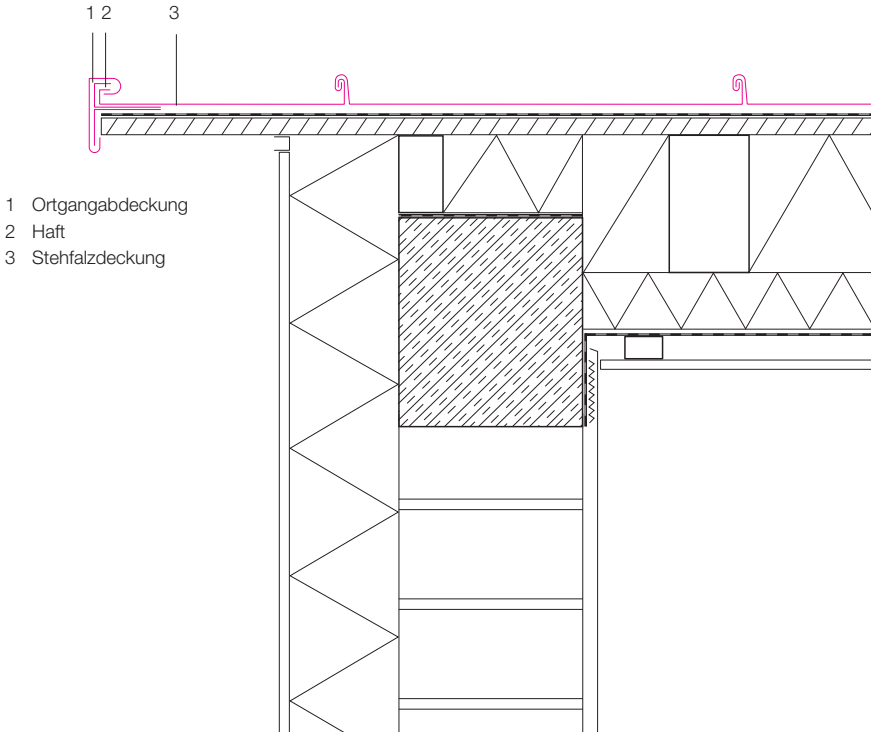
1 Ortgangabdeckung
2 Haft

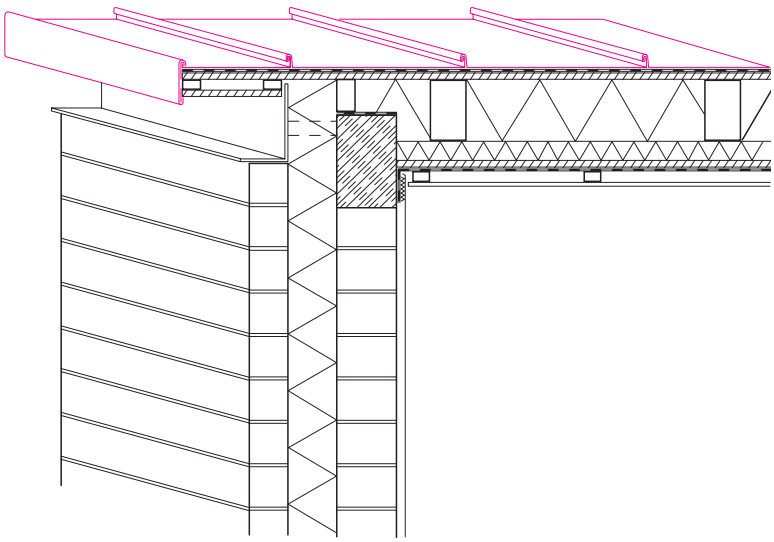
18.0 Ortgang

Die Höhe der Aufkantung ist abhängig von Wind- und Regenbeanspruchung sowie der Ausführung von Form und Höhe des Daches. Eine Aufkantung von 40 bis 60 mm ist sinnvoll. Um Ablaufspuren zu vermeiden, sollte der Dachüberstand ebenfalls mindestens 40 bis 60 mm betragen. Bei der Auswahl eines Ortgangdetails muss die Ausbildung an First und Traufe stets mit berücksichtigt werden.

19.0 Durchdringungen

Schornsteine, Entlüftungsrohre und -hauben, Oberlichter usw. werden durch Einfalzen, Nieten, Weich- oder Hartlöten bzw. Schweißen regendicht eingebunden. Die jeweilige Ausführung ist abhängig von der Dachneigung. Hier gelten dieselben Regeln wie bei Querfalzen. Dabei gilt für Dachdurchdringungen, dass sie die thermische Längenänderung der Schare nicht beeinträchtigen dürfen. Entsprechend sind Dehnungsabstände einzuplanen. Bei eckigen Dachdurchdringungen ist darauf zu achten, dass die allseitige Scharaufkantung 100 bis 150 mm aus der Wasserebene herausragt. Bei runden Durchdringungen wird ein Kragen von mindestens 150 mm Höhe aufgelötet.





Bauphysikalische Anforderungen
1.0 Allgemeines

Erklärung des Konstruktionsaufbaus
2.0 Trennbahnen/Dichtungsbahnen
2.1 Schalung
2.2 Traufbohle
2.3 Traufstreifen
2.4 Rinnenhalter
2.5 Dachrinnen
2.6 Fallrohre
2.6.1 Fallrohrdämmung
2.7 Rohrschellen
2.8 Einläufe
2.9 Rinnensiebe und -schutzkörbe
2.10 Sicherheitsüberlauf
2.11 Rinnenheizung

Formen der Dachentwässerung
3.0 Dachrinnenformen im Überblick
4.0 Halbrunde Dachrinnen
4.1 Kastenförmige Dachrinnen
4.2 Gesimsrinnen
4.3 Verdeckte Gesimsrinnen
4.4 Innenliegende Rinnen
4.5 Sheddachrinnen
4.6 Aufdachrinnen

Verarbeitungstechniken
5.0 Rinnenlage
5.1 Rinnengefälle
5.2 Rinnenhalterbefestigung
5.3 Rinneneinhang
6.0 Verbindungstechniken
7.0 Dehnungsausgleich
8.0 Einhangstutzen
9.0 Berechnungsgrundlagen
9.1 Bemessungsgrundlagen
9.2 Bemessungstabelle

1.0 Allgemeines

Um Schädigungen an der Bausubstanz zu vermeiden, ist Niederschlagswasser und Schmelzwasser schnell und sicher von Gebäuden abzuleiten. Der verwendete Werkstoff sollte weitgehend resistent gegen aggressive Einflüsse sein. Ebenso sind Fassaden vor zusätzlicher Belastung durch eventuell überlaufendes Wasser zu schützen, um Verschmutzung oder Schädigung zu vermeiden. Grundlage für die Dachentwässerung sind die seit Mai 1996 gültige DIN EN 612 „Hängedachrinnen und Regenfallrohre aus Metallblech" sowie die Fachregeln des Klempnerhandwerkes.

2.0 Dichtungsbahnen

Die Trennlage der Dachkonstruktion muss bei innenliegenden Rinnen unterhalb der Rinne durchgeführt und als Sicherheitsrinne flächig verklebt werden. Diese hat die Aufgabe, eventuell eindringendes Wasser von der Dachkonstruktion fernzuhalten.

2.1 Schalung

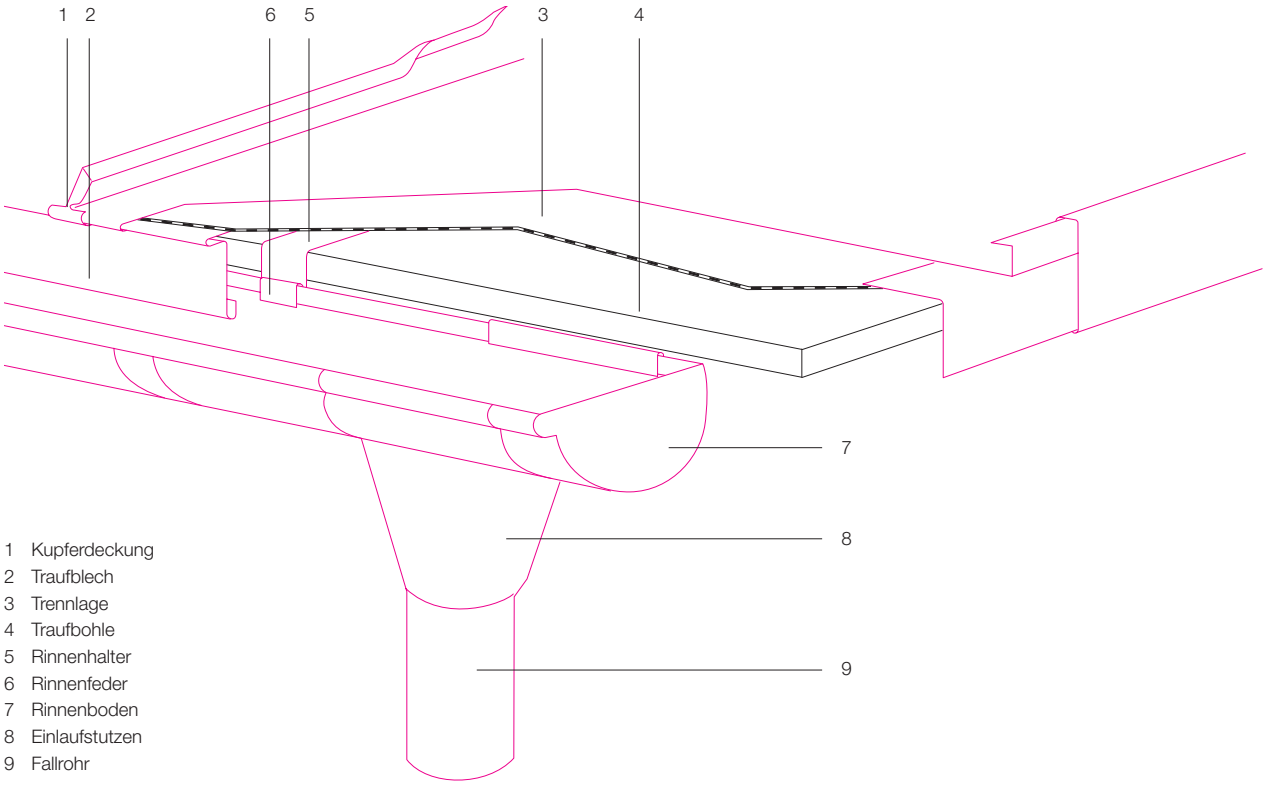
Innenliegende Rinnen, Sheddachrinnen und Kehlen sind wie Kupferdeckungen zu behandeln und bedürfen einer vollflächigen Unterschalung wie unter 4.6.0 „Grundlagen für Dachaufbauten mit Kupferdeckung" beschrieben. Rinnengefälle müssen bereits in der Schalung vorgegeben werden (siehe auch 5.1 Rinnengefälle).

2.2 Traufbohle

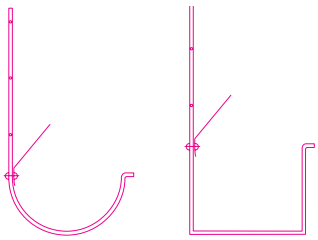
Die Traufbohle dient der Befestigung des Traufbleches sowie der Rinnenhalter bei vorgehängten Rinnen, unabhängig vom Sparrenabstand. Um die sichere Befestigung von Rinnenhalter und Traufstreifen zu gewährleisten, muss die Traufbohle eine Dicke von ≥ 25 mm haben.

2.3 Traufblech

Der Anschluß der Dachrinnen an die Dachfläche erfolgt durch einen Traufstreifen. Dieser reicht mindestens 150 mm in die Dachfläche und wird in die Rückkantung der Rinne eingehängt oder überdeckt mit einer langen senkrechten Abkantung die Rinneninnenseite. Der Traufstreifen ist gleichzeitig Einhangstreifen einer Kupfer-Stehfalzdeckung. Die Befestigung erfolgt durch Nageln mit Kupferdeckstiften auf der Traufbohle. Die Anbringung der einzelnen Traufstreifen erfolgt mit einer Überlappung von mindestens 150 mm.



1 Kupferdeckung
2 Traufblech
3 Trennlage
4 Traufbohle
5 Rinnenhalter
6 Rinnenfeder
7 Rinnenboden
8 Einlaufstutzen
9 Fallrohr



2.4 Rinnenhalter

Außen liegende Rinnen werden mit Rinnenhaltern an der Traufbohle oder dem Sparren befestigt. Die Rinne wird durch die Rinnenfeder und die Nase/Feder des Rinnenhalters in der Wulst gehalten. Rinnenhalter für Kupferdachrinnen bestehen aus Kupfer mit der Festigkeit R 240. Kupfer-Rinnenhalter werden im Dachbereich bündig eingelassen und mit mindestens zwei Kupfernägeln oder Nägeln bzw. Schrauben aus Edelstahl befestigt. Das Rinnengefälle wird durch entsprechendes Abbiegen der Rinnenhalter erzeugt. Der Rinnenhalterabstand liegt je nach Beanspruchung zwischen 700 mm und 900 mm ± 40 mm. Die Rinnenhalter sind in 4 Beanspruchungsreihen gegliedert: Reihe 1 und 2 für normale Beanspruchung, Reihe 3 für normale und hohe Beanspruchung und Reihe 4 für hohe Beanspruchung.

Rinnenhalter gibt es für halbrunde und kastenförmige Rinnen in folgenden Nenngrößen:

Halbrunde Dachrinnen:	200	250	285	333	400	500
Kastenförmige Dachrinnen:	200	250	–	333	400	500

Der Halterabstand richtet sich nach der Beanspruchung und liegt zwischen 700 und 900 mm.
Bei hoher Beanspruchung in schneereichen Gebieten (Reihe 4) ergibt sich immer eine Nenngröße ≥ 250.

2.5 Dachrinnen

Die am meisten verwendeten Dachrinnen sind die in den Fachregeln aufgeführten halbrunden und kastenförmigen Standardausführungen. Die Rinnengeometrie weist an der Vorderseite den gerundeten Wulst und an der Rückseite den gekanteten Wasserfalz auf. Neben den Standardformen gibt es, je nach Einbausituation, Rinnensonderformen, die in den erforderlichen Abmessungen und Geometrien nach Maß gefertigt werden. Bezüglich der Rinnenanordnung wird hauptsächlich zwischen außenliegender und innenliegender Dachrinne unterschieden. Wird die Rinnenmontage als Kriterium herangezogen, unterscheidet man hängende (auch vorgehängte), stehende und liegende Dachrinnen.

Standard-Rinnenform	Nenngrößen	Rinnenwulst Ø mm	Wasserfalz Abkantung mm	Durchmesser ohne Wulst ± 1 mm	Rinnenhöhe Vorderkante mit Wulst ± 2 mm	Nenndicke mm	Standardlänge m*
Halbrunde Dachrinne	200	16	8	80	48	0,60	3,0
	250	18	10	105	61	0,60	3,0
	280	18	11	127	72	0,60	3,0
	333	20	11	153	87	0,60	3,0
	400	22	11	192	97	0,70	3,0
	500	22	21	250	136	0,70	3,0
Kasten-förmige Dachrinne	200	16	8	70	42	0,60	3,0
	250	18	10	85	55	0,60	3,0
	333	20	10	120	75	0,60	3,0
	400	22	10	150	90	0,70	3,0
	500	22	20	200	110	0,70	3,0

* Außer Standardlängen sind auch andere Abmessungen möglich

2.6 Fallrohre

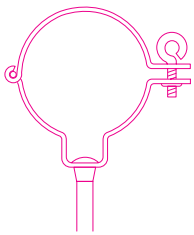
Regenfallrohre sind, in Zuordnung zur jeweiligen Rinnenform, als runde oder quadratische Rohre in verschiedenen Abmessungsreihen erhältlich. Die Standardlängen betragen 2 m bis 6 m. Die Längsnaht kann gelötet, geschweißt oder als Falz ausgeführt sein. Gefalzte und gelötete Rohre sind leicht konisch ausgeführt, damit sich die einzelnen Längen mindestens 50 mm ineinanderstecken lassen. Bei geschweißten Rohren ist eine Muffe angeformt. Im Anschluß an die Grundleitung ist im stoßgefährdeten Bereich nach DIN 1986 ein Standrohr vorzusehen. Innenliegende Dachrinnen müssen mit mindestens zwei Fallrohren entwässert werden, von denen jedes für sich in der Lage sein muss, die gesamte Regenmenge alleine abzuführen.

2.6.1 Fallrohrdämmung

Innenliegende Fallrohre müssen wegen der bestehenden Gefahr der Tauwasserbildung bzw. des Einfrierens eine Wärmedämmung erhalten, die zusätzlich die Aufgabe der Schalldämmung erfüllt.

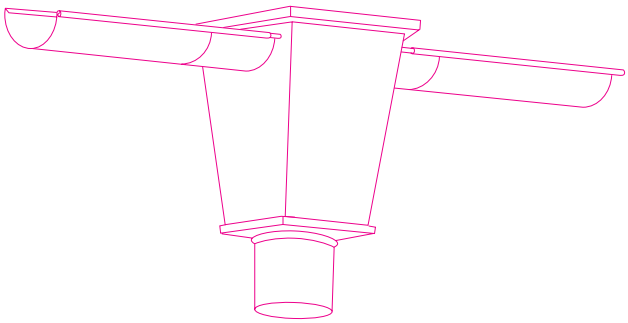
2.7 Rohrschellen

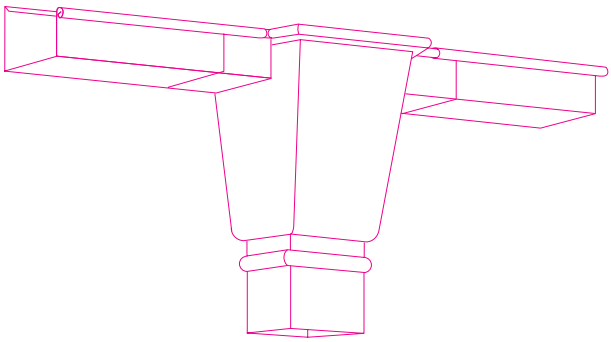
Die Regenfallrohre werden mit Rohrschellen am Baukörper befestigt. Der Abstand der Rohrschellen darf bis zu einem Mindestdurchmesser des Rohres von 100 mm nicht über 3 m, bei größeren Abmessungen nicht über 2 m betragen. Über den Rohrschellen werden als Auflage gegen das Durchrutschen Nasen, Halbwülste oder, bei größeren Durchmessern, Rohrwülste angebracht. Rohrschellen müssen so beschaffen sein, dass Regenfallrohre herausgenommen und wieder eingesetzt werden können, ohne dass die Rohrschellenstifte aus dem Mauerwerk gelöst werden müssen.

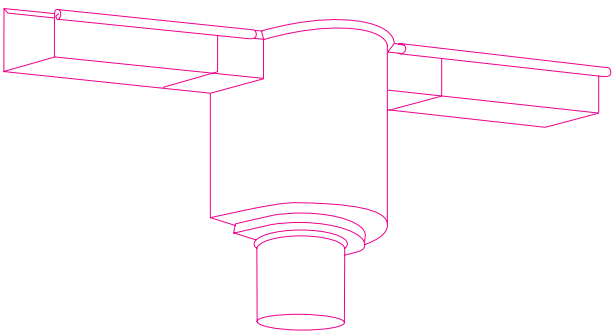


Standard-Fallrohrform	Nenngröße Innenmaß am oberen Rand* mm	Nenndicke mm
Kreisförmige Regenfallrohre	60	0,60
	80	0,60
	100	0,60
	120	0,70
	150	0,70
Quadratische Regenfallrohre	60	0,60
	80	0,60
	100	0,70
	120	0,70

* Kennzeichnung nach Wahl des Herstellers vorgeschrieben







2.8 Einläufe

Der Anschluß an die Dachrinne erfolgt mit trichterförmigem Einhangstutzen, Rinnenkessel oder konischem Schrägrohr mit passendem Rohrbogen.

2.9 Rinnensiebe und -schutzkörbe

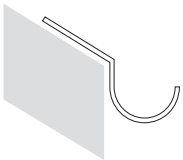
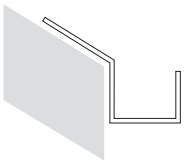
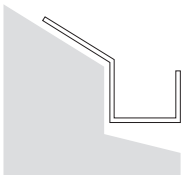
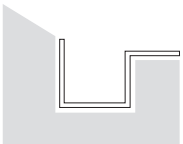
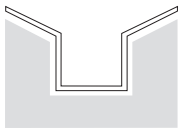
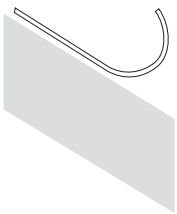
Bei Rinneneinläufen können Rinnensiebe eingesetzt werden. Die Einlauffläche des Siebes sollte ca. 50 % größer sein als der Fallrohrquerschnitt. Bei Verwendung von Schutzsieben empfiehlt es sich, einen Sicherheitsablauf vorzusehen.

2.10 Sicherheitsüberlauf

Bei innenliegenden Rinnen ist ein Sicherheitsüberlauf an der Stirnseite der Rinne vorzusehen, der tiefer liegen muss als der seitliche Rinnenabschluß am Dach. Er sollte so angelegt sein, dass er durch deutlich überlaufendes Wasser eventuelle Störungen des regulären Ablaufes anzeigt.

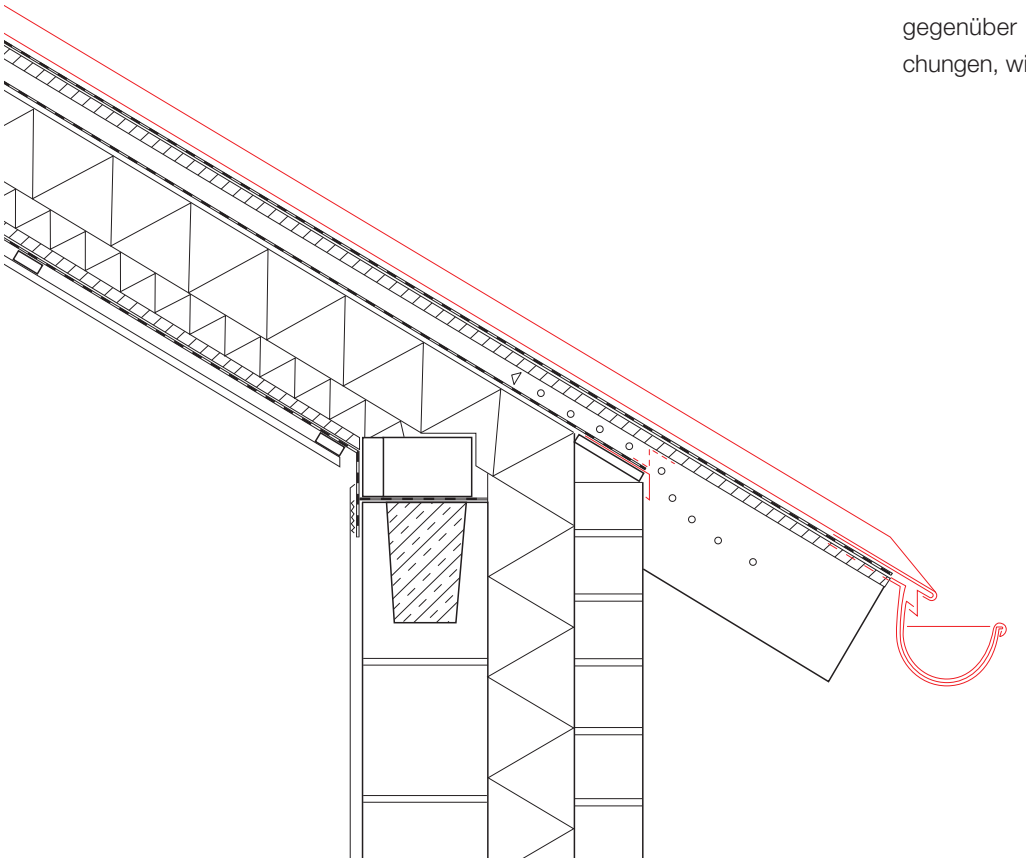
2.11 Rinnenheizung

Um zu verhindern, dass bei Temperaturen um den Gefrierpunkt von erwärmten Dachflächen ablaufendes Schmelzwasser in einer im Schatten liegenden Rinne gefriert und zu Rückstau führt, können temperatur- und feuchtegesteuerte Rinnenheizungen eingeplant werden.

3.0 Dachrinnenformen im Überblick		Aufbau	Erläuterung
Halbrund vorgehängt **Seite 84**		• Traufbohle • Rinnenhalter • Traufblech • Rinne • Fallrohr außen	- Ableitung des Regenwassers mit Abstand zur Fassade - einfache Montage - sichtbares Rinnengefälle - strömungsgünstig
Kastenförmig vorgehängt **Seite 85**		• Traufbohle • Rinnenhalter • Traufblech • Rinne • Fallrohr außen	- Ableitung des Regenwassers mit Abstand zur Fassade - einfache Montage - sichtbares Rinnengefälle
Gesimsrinne **Seite 86**		• Traufbohle • Rinnenhalter • Traufblech • Rinne • Fallrohr außen • Gesimsabdeckung	- Kein Dachüberstand - Gesimsabdeckung muss mind. 40 mm über Fassadenrand hinausgeführt werden - sichtbares Rinnengefälle
Verdeckte Gesimsrinne **Seite 87**		• Schalung • Dichtungsbahn • Rinne • 2 Abläufe • Fallrohr wahlweise innen oder außen • Sicherheitsüberlauf • Traufblech • Abdeckung	- zusätzlicher Sicherheitsüberlauf zwingend vorgeschr. - zwei Abläufe vorsehen, von denen jeder die Rinne allein entwässern kann - zweite Rinnenebene als Sicherheitsrinne zwingend vorgeschrieben - unsichtbares Rinnengefälle
Innenliegende Rinne **Seite 88**		• Schalung • Dichtungsbahn • Rinne • 2 Abläufe • Innenliegende Fallrohre • Sicherheitsüberlauf • Traufblech • Attikaabdeckung	- zusätzlicher Sicherheitsüberlauf zwingend vorgeschrieben - zwei Abläufe vorsehen, von denen jeder die Rinne allein entwässern kann - zweite Rinnenebene als Sicherheitsrinne zwingend vorgeschrieben - unsichtbares Rinnengefälle
Aufdachrinne **Seite 89**		• Hafte • Rinnenhalter • Rinne • Fallrohr außen • Saumabdeckung	- zusätzlicher Schneefang - Gehhilfe bei Wartungsarbeiten - Saumabdeckung mit Tropfkante und Abstand zur Fassade - sichtbares Rinnengefälle

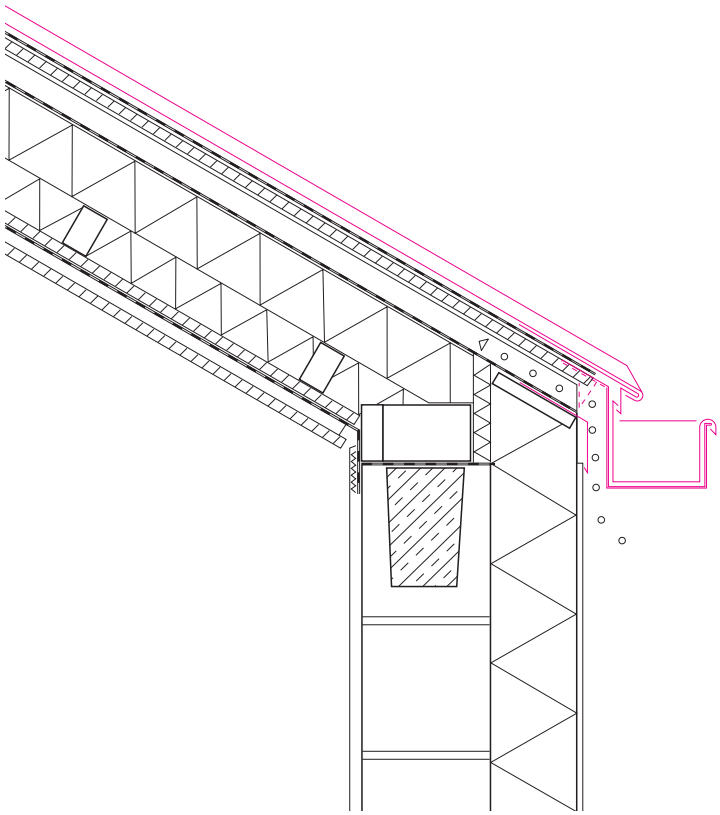
4.0 Halbrunde Dachrinnen

Die halbrunde Rinnenform als vorgehängte Dachrinne bietet strömungstechnisch günstige Voraussetzungen für die schnelle Ableitung des Niederschlagwassers. Der gerundete Rinnenkörper führt das Wasser stets in der Mitte, so dass selbst bei geringer Fließgeschwindigkeit die Ablagerung von Verschmutzungen, wie z.B. Laubresten, weitgehend verhindert wird. Der Halbkreis ist ebenfalls die günstigste Form in Bezug auf Materialausnutzung und Festigkeit gegenüber mechanischen Beanspruchungen, wie z.B. bei Eisbildung.



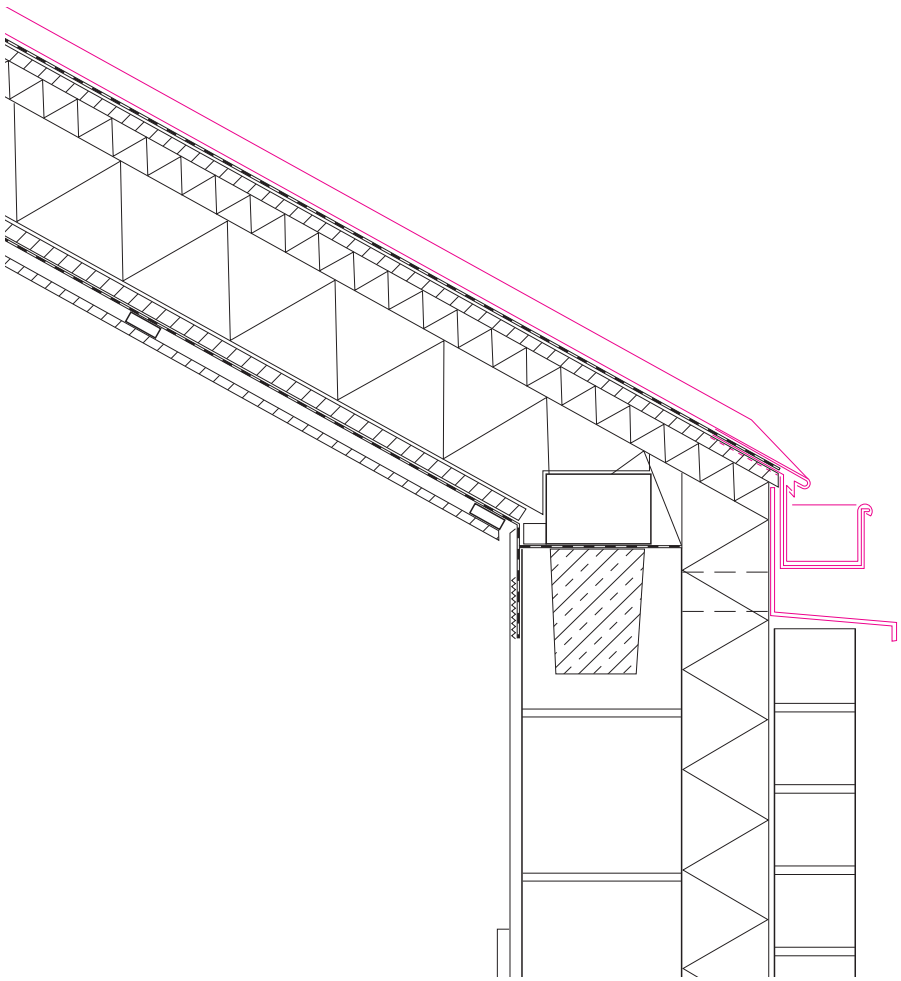
4.1 Kastenförmige Dachrinnen

Die strömungstechnischen Eigenschaften der kastenförmigen Dachrinne sind durch die flache Ausbildung des Rinnenwasserlaufes ungünstiger als die der halbrunden Dachrinne.



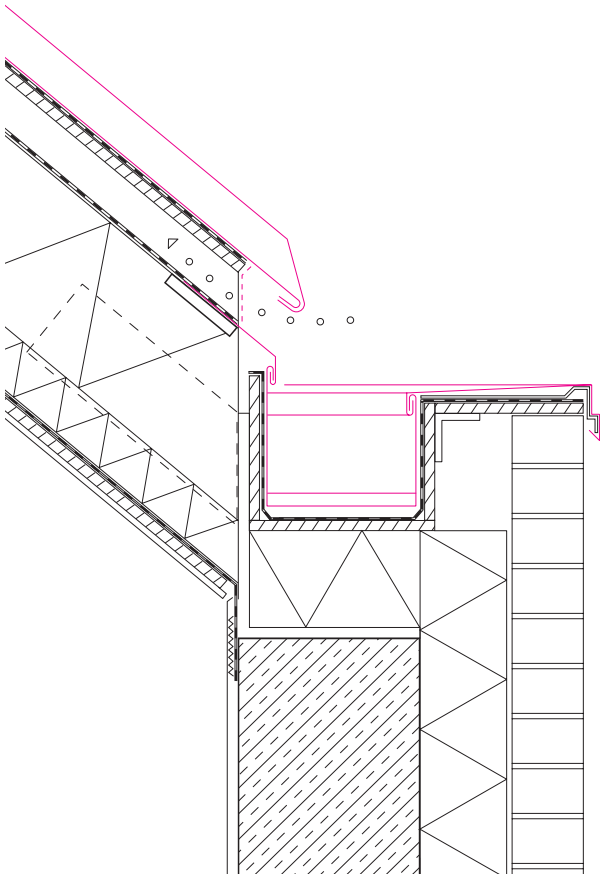
4.2 Gesimsrinne

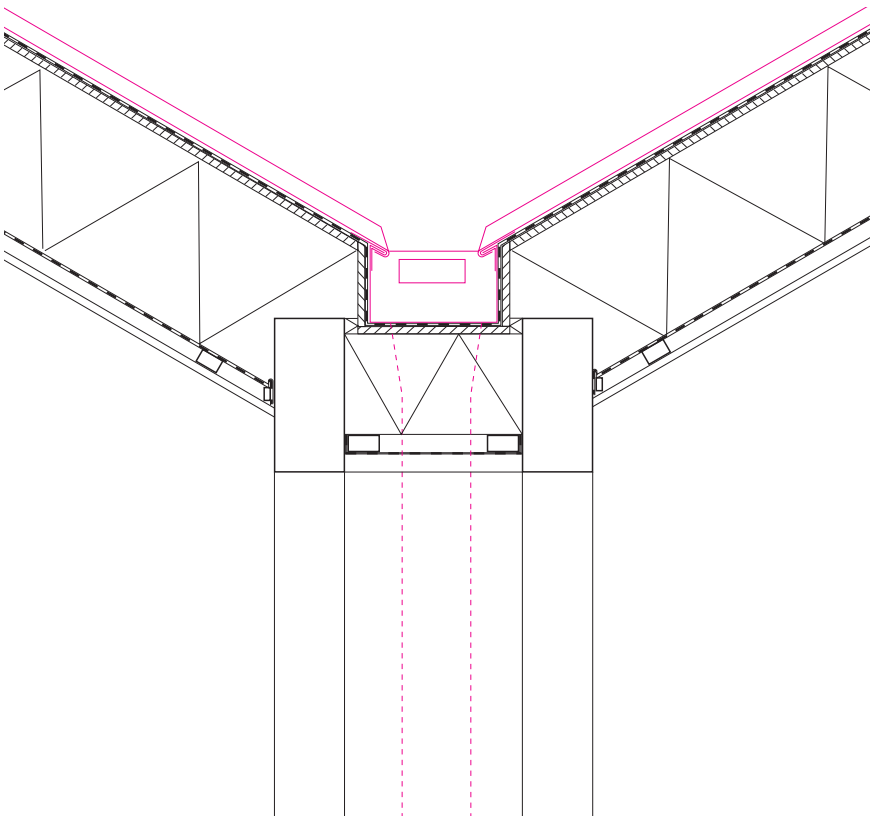
Die Gesimsrinne hat wie die vorgehängte Rinne den Vorteil, dass sie außenliegend ist, allerdings ohne einen Dachüberstand darzustellen. Sie wird genau wie vorgehängte Rinnen mit Rinnenhaltern an der Traufbohle befestigt. Dabei ist sicherzustellen, dass der Sims durch eine entsprechend ausgeführte Abdeckung geschützt wird.



4.3 Verdeckte Gesimsrinne

Wenn die Dachrinne aus gestalterischen Gründen nicht sichtbar sein soll, empfiehlt sich die verdeckte Gesimsrinne. Die Fassade wird dabei vor der Rinne hochgezogen und mit einer entsprechenden Kupferdeckung verwahrt. Die verdeckte Gesimsrinne kann dabei aus vorgefertigten, halbrunden oder kastenförmigen Rinnenelementen gefertigt oder aus Kupfertafeln oder -bändern gekantet werden. Bei verdeckten Gesimsrinnen muss, ebenso wie bei innenliegenden und Sheddachrinnen, die Trennlage/ Dichtungsbahn der Dachunterkonstruktion als Notentwässerungsebene unterhalb der Dachrinne ausgeführt werden. (siehe auch 2.10)





4.4 Innenliegende Dachrinnen

Da sich diese Rinnen innerhalb der Dachkonstruktion befinden, ist der Ausbildung besondere Aufmerksamkeit zu widmen, um Schäden an der Unterkonstruktion durch eindringendes Wasser zu vermeiden. Beim Anfall extremer Wassermengen kann das Wasser nicht wie bei einer vorgehängten- oder Gesimsrinne über den vorderen Wulst ablaufen, daher müssen innenliegende Rinnen mit zwei Abläufen versehen werden, von denen jeder für sich allein in der Lage sein muss, die Rinne zu entwässern. Wenn innenliegende Rinnen im Schatten der Dachflächen liegen, empfiehlt sich die Planung einer Rinnenheizung (siehe auch 2.11 Rinnenheizung).

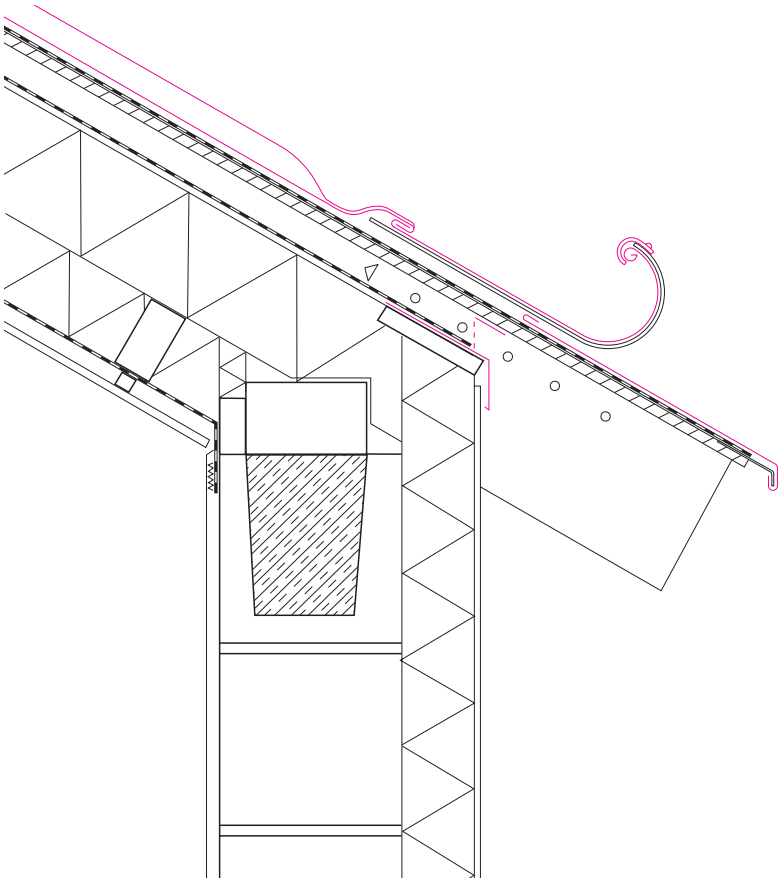
4.5 Sheddachrinnen

Für Sheddachrinnen gelten die gleichen Regeln wie für innenliegende Rinnen. Wegen der oft großformatigen Abmessungen und Stückzahlen empfiehlt es sich, die Rinnen industriell vorfertigen zu lassen.

4.6 Aufdachrinnen

Die Aufdachrinne liegt auf der Dachfläche und ist, je nach Dachneigung, als Viertel- bis Drittelkreis ausgebildet. Dabei ist die Nenngröße abhängig von der Dachneigung, da der dachseitige Rinnenrand mindestens 80 mm über dem Rinnenwulst liegen muss. Der Dachbereich unterhalb der Rinne muss gesondert gegen überlaufendes Wasser verwahrt werden. Dies geschieht durch Kupfer-Saumstreifen, die in Doppelstehfalztechnik ausgeführt werden können. Dabei ist darauf zu achten, dass der Saumstreifen mindestens 100 mm von der Rinne überdeckt wird. Für Aufdachrinnen sind je nach Dachneigung unterschiedliche Nenngrößen vorgeschrieben.

Nenngröße der Rinne	Mindestdachneigung
500	≥ 45°
650	≥ 25°
800	≥ 20°
1000	≥ 15°



5.0 Rinnenlage

Die Rinne muss grundsätzlich so montiert werden, dass von der Deckung abfließendes Wasser in der Rinnenmitte auftrifft, damit schnellfließendes Wasser nicht über den Rinnenrand hinausschießt. Der vordere Rinnenwulst liegt 8 mm tiefer als der gebäudeseitige Wasserfalz.

5.1 Rinnengefälle

Dachrinnen sollen, wenn nichts anderes vereinbart wurde, mit einem Gefälle von mindestens 1–3 mm/m verlegt werden, um die sichere Ableitung des Niederschlagwassers zu gewährleisten. Da das Rinnengefälle bei verdeckten und innenliegenden Rinnen nicht sichtbar ist, sollte auf jeden Fall ein Rinnengefälle von 5 mm/m vorgesehen werden, da der Selbstreinigungseffekt der Rinne durch ablaufendes Regenwasser so deutlich sicherer gewährleistet ist. Das Rinnengefälle bei innenliegenden Dachrinnen muss bereits in der Schalung vorgegeben werden. In gefällelosen Dachrinnen kann es temporär zu stehendem Wasser kommen. Dies wirkt sich aber bei Kupferdachrinnen keinesfalls schädlich auf die Rinne aus (siehe hierzu auch Kapitel Werkstoff 2.5 Korrosionsverhalten).

5.2 Rinnenhalterbefestigung

Die Befestigung der Rinnenhalter erfolgt durch mindestens zwei Kupfernägel oder Nägel bzw. Schrauben aus Edelstahl. Um ein Aufwölben der Deckung zu vermeiden, werden sie bündig in die Traufbohle eingelassen. Die Befestigung auf der Traufbohle kann unabhängig vom Sparrenabstand erfolgen.

5.3 Einhängen der Rinne

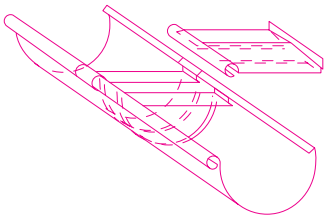
Die Dachrinne wird im Rinnenhalter durch den Einhang des Rinnenwulstes in die Wulstnase vorne und anschließendes Umlegen der Rinnenfeder des Rinnenhalters hinten fixiert. Statt Rinnenhalter mit Feder und Wulstnase sind auch solche mit zwei Federn erhältlich.

6.0 Verbindungstechniken

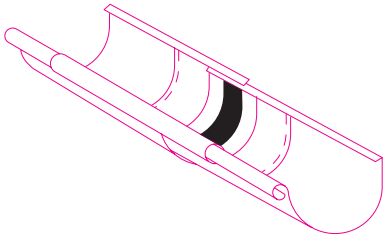
Für die Verbindung der einzelnen Längen sind vier Verbindungstechniken zulässig:

- Hartlöten mit einer Überlappung von mindestens 10 mm.
- Weichlöten mit einer Überlappung von mindestens 10 mm. (unter Verwendung des Lotes L-SnCu3)
- Einreihig Nieten und Weichlöten mit einer Überlappung von mindestens 30 mm.
- Doppelreihig Nieten mit Dichteinlage

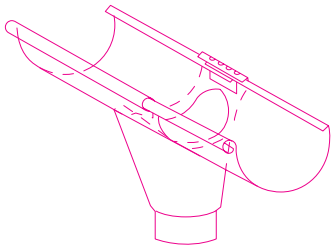
Das Weichlöten ist die günstigste und wirtschaftlichste Methode. Bei der Weichlötung ist darauf zu achten, dass etwaige Flußmittelreste an der Rinnenunterseite entfernt werden, um lästige Grünverfärbung in diesem Bereich zu vermeiden. Die Verfärbung des blanken Kupfers im Bereich der Hartlötung verschwindet nach einiger Zeit mit der Bildung der Oxidschicht. Zur Beschleunigung dieses Vorgangs kann die Zunderbildung mit einer Drahtbürste entfernt werden.



Dehnungsausgleich durch zwei Rinnenböden und eine Abdeckplatte



Dehnungsausgleich mit industriell gefertigtem Kautschuk-Dehnungselement



Dehnungsausgleich durch Schiebenaht am Einhangstutzen

7.0 Dehnungsausgleich

Die temperaturbedingten Längenänderungen von Dachrinnen müssen, wie bei der Dachdeckung, entsprechend der VOB, Teil C, DIN 18 339, Punkt 3.1.4 durch konstruktive Maßnahmen ermöglicht werden. Diese Anforderung wird durch den Einbau von Dehnungsausgleichern erfüllt. Die Wärmedehnung von Kupfer beträgt in diesem Temperaturbereich 1,7 mm/m (siehe hierzu auch Kapitel Werkstoff 2.0 Mechanische Eigenschaften).

Zur Kompensation der temperaturbedingten Dehnungsbewegung gibt es mehrere Möglichkeiten:

1. Rinnenschiebenaht am Hochpunkt des Rinnengefälles. Diese Schiebenaht erfordert zwei Ausläufe für die Rinne, weil die Wasserführung unterbrochen wird.
2. Rinnenschiebenaht aus industriell gefertigten Dehnungselementen, bestehend aus Kupferband mit aufvulkanisiertem Dehnungsband aus Synthesekautschuk. Diese Schiebenaht kann im Gefälle verwendet werden.
3. Schiebenaht im Einhangstutzen am unteren Gefällepunkt der Rinne.

Bei innenliegenden Dachrinnen können im Prinzip die gleichen Schiebenähte wie unter Punkt 1. und 2. genannt ausgeführt werden.
Die maximalen Abstände von Dehnungsausgleichern sind abhängig von der Ausführung, Art und Anordnung der Bauteile.

Bauteil/Anordnung	Dehnungsausgleicher
Einfassungen in der Wasserebene: Winkelanschluss, Rinneneinhang, Dachrandeinfassung, Sheddachrinne,	6 m
Mauerabdeckungen; Dachrandabschlüsse außerhalb der Wasserebene; innenliegende, nicht eingeklebte Dachrinnen Zuschnitt > 500 mm	8 m
Innenliegende, nicht eingeklebte Dachrinnen, Zuschnitt < 500 mm; Hängedachrinnen, Zuschnitt > 500 mm	10 m
Hängedachrinnen in Standardgrößen nach DIN EN 612	15 m

8.0 Einhangstutzen

Die für trichterförmige Einläufe in die Dachrinne zu schneidenden Löcher mit Bördelrand müssen, um einen ungehinderten Ablauf des Regenwassers zu gewährleisten, etwa 30 % größer sein als der Fallrohrquerschnitt.

9.0 Begriffe

r = Regenspende bezogen auf die Fläche in l/(s·ha)

Q_r = Regenwasserabfluss definiert als Wassermenge, die je Sekunde den Regenwasserleitungen zugeführt wird (l/s)

q_r = Regenwasserabflussspende, Regenwasserabfluss bezogen auf die Fläche in l/(s·ha)

Ψ = Abflussbeiwert; Verhältnis der Regenwasserabflussspende zur Regenspende
Als Abflussbeiwerte sind definiert:
1,0 für Dächer ≥ 15°
0,8 für Dächer < 15°
0,3 für Dachgärten und Flachdächer

A = Dachgrundfläche bezogen auf den Grundriss

N = Nennmaß; Größenangaben für alle Arten von Dachrinnen, bezogen auf die Zuschnittbreite Abwicklung in mm

9.1 Bemessungsgrundlagen

In der DIN 18460 heißt es zur Bemessung von Regenfallrohren und Dachrinnen unter Punkt 4:

„Die Bemessung der Regenfallrohre und damit die Zuordnung der Dachrinnengröße ist abhängig von der örtlichen Regenspende (Regensumme in der Zeiteinheit, bezogen auf die Fläche in l/(s·ha), der Dachgrundfläche (Grundrissfläche) und dem Abflussbeiwert (Neigung, Oberflächenbeschaffenheit). Regenfallrohre werden für eine Regenspende von mindestens 300 l/(s·ha) bemessen.

Beim Regenfallrohr der innenliegenden Dachrinne ist aus Gründen der Sicherheit der errechnete Querschnitt um 100% zu erhöhen“.

Berechnungsbeispiele nach Tabelle 9.2

Beispiel 1:

(bei einer örtlichen Regenspende r ≤ 300 l/(s·ha))

Regenspende:	r ≤ 300 l/(s·ha)
Dachgrundfläche:	12,5 m x 15 m: A = 187,5 m²
Abflußbeiwert:	Ψ = 0,8 (Dach < 15°)
Regenwasserabfluss:	$Q_r = \frac{187{,}5 \cdot 300 \cdot 0{,}8}{10\,000} = 4{,}5$ l/s

nach Tabelle 9.2 gewähltes Rohr für $Q_r \geq 4{,}5$ l/s:
1 Regenfallleitung mit Nenngröße 100 mm oder wahlweise 2 Regenfallleitungen mit Nenngröße 80 mm

Beispiel 2:

(bei einer örtlichen Regenspende r > 400 l/(s·ha))

Regenwasserspende z.B.:	r = 400 l/(s·ha)
Dachgrundfläche:	12,5 m x 17,5 m: A = 220 m²
Abflussbeiwert:	Ψ = 1,0 (Dach ≥ 15°)
Regenwasserabfluss:	$Q_r = \frac{220 \cdot 400 \cdot 1{,}0}{10\,000} = 8{,}8$ l/s

nach Tabelle 9.2 gewähltes nächstgrößeres Rohr für $Q_r \leq 13{,}8$ l/s:
1 Regenfallleitung mit Nenngröße 150 mm oder wahlweise 2 Regenfallleitungen mit Nenngröße 100 mm

9.2 Bemessungstabelle

Bemessungstabelle der Regenfallleitung mit kreisförmigem Querschnitt und Zuordnung der halbrunden und kastenförmigen Dachrinnen aus Kupfer.

Dachgrundfläche max. Regenspende r=300l(s·ha)[1] m²	Regenwasser-abflussleitung[3] $Q_{rzul.}$ l/s	Regenfallleitung Nenngröße mm/cm²	Regenfallleitung Querschnitt halbrund mm	Nenngröße Dachrinne halbrund cm²	Querschnitt Dachrinne kastenförmig mm	Nenngröße Dachrinne kastenförmig cm²	Querschnitt Dachrinne
40	1,2	60[2]	28	200	25	200	28
60	1,8	70	38	-	-	-	-
86	2,6	80[2] 280	50 63	250	43	250	42
156	4,7	100[2]	79	333	92	333	90
253	7,6	120[2]	113	400	145	400	135
283	8,5	125	122	-	-	-	-
459	13,8	150[2]	177	500	245	500	220

[1]) Ist die örtliche Regenspende größer als 300 l/(s·ha), muss mit den entsprechenden Werten gerechnet werden. (siehe Beispiel)
[2]) Die angegebenen Werte resultieren aus trichterförmigen Einläufen.
Bei zylindrischen Einläufen sind die Dachflächen um ca. 30% zu reduzieren.
[3]) Die angegebenen Werte resultieren aus trichterförmigen Einläufen.

Grundlagen der Fassadenkonstruktion mit Kupferdeckung

Bauphysikalische Aufgaben
1.0 Wetterschutz
1.1 Feuchte
1.2 Wärme

Erklärung der Konstruktionsschichten
2.0 Unterkonstruktion
2.0.1 Konsolen
2.0.2 Verankerung
2.1 Lattung
2.2 U-Profile
2.3 Dämmung
2.4 Hinterlüftungsraum
2.5 Schalung
2.6 Trennschichten
2.7 Hafte und Befestigungsmittel
2.8 Stützbleche
2.9 Kupferbekleidung
3.0 Fassadenbekleidung im Überblick
3.1 Horizontale Banddeckung
3.2 Vertikale Banddeckung
3.3 Kassetten
3.4 Steckfalzpaneele
3.5 Stulp-Paneele
3.6 Rauten- und Schindeldeckung
3.7 Wellenprofile und Sonderformen

Einflussfaktoren bei der Verarbeitung
4.0 Windsoglasten
5.0 Anschlüsse, Abschlüsse, Übergänge, Ecken und Fenster

Bauphysikalische Aufgaben

1.0 Wetterschutz

Die klare Funktionstrennung zwischen Wetterschutz, Wärmedämmung und tragender Wand schließt bauphysikalische Probleme weitgehend aus. Tragende Wände und Dämmung sind gegen Wettereinflüsse und somit gegen Verwitterung geschützt. Durch die heutigen Anforderungen an den Wärmeschutz und den daraus resultierenden bauphysikalischen Anforderungen ist die zweischalige, hinterlüftete Konstruktion für Kupferfassaden obligatorisch. Die vorgehängte Fassade mit Kupferbekleidung ist für jede Form von Neubauten oder Altbausanierung geeignet.

1.1 Feuchte

Die Kupferbekleidung einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade ist ein sicherer Schlagregenschutz. Es ist weder ein kapillarer Wassertransport noch eine direkte Befeuchtung der Dämmschichten oder der tragenden Wand möglich. Die Ableitung von Restbaufeuchte und eventuell eindiffundierendem Wasserdampf ist jederzeit gewährleistet (siehe hierzu auch Kapitel Dachaufbauten, 4.5 Luftschicht).

1.2 Wärme

Bei der konstruktiven Vermeidung von Wärmebrücken und dem Einsatz hochwertiger Dämmstoffe bietet die vorgehängte Fassade einen guten winterlichen Wärmeschutz. Der sommerliche Wärmeschutz wird durch die thermische Abführung der durch Sonneneinstrahlung erwärmten Luft im Belüftungsraum verbessert.

2.0 Unterkonstruktion

Die Unterkonstruktion dient als Tragwerk der Verkleidung und hat die Aufgabe, die auf die Fassade einwirkenden Kräfte in die tragenden Teile des Gebäudes abzuleiten. Weiterhin können mit der Unterkonstruktion Rohbautoleranzen ausgeglichen werden, um die vertikale Ebene herzustellen. Bauphysikalisch kann es sinnvoll sein, die Unterkonstruktionen durch dämmende Zwischenlagen von der tragenden Wand zu isolieren.

2.0.1 Befestigungstechnik

Grundsätzlich kann die Unterkonstruktion ein-, zwei- oder dreiteilig ausgeführt werden. Dabei sind verschiedene Einflussfaktoren zu berücksichtigen:

- die Art und Ausführung der tragenden Wand
- die Verankerungsmöglichkeiten
- die vorgesehene Stärke der Wärmedämmung
- die Bemessung des Luftraumes
- die auf das Gebäude einwirkenden Windsog- und Winddrucklasten

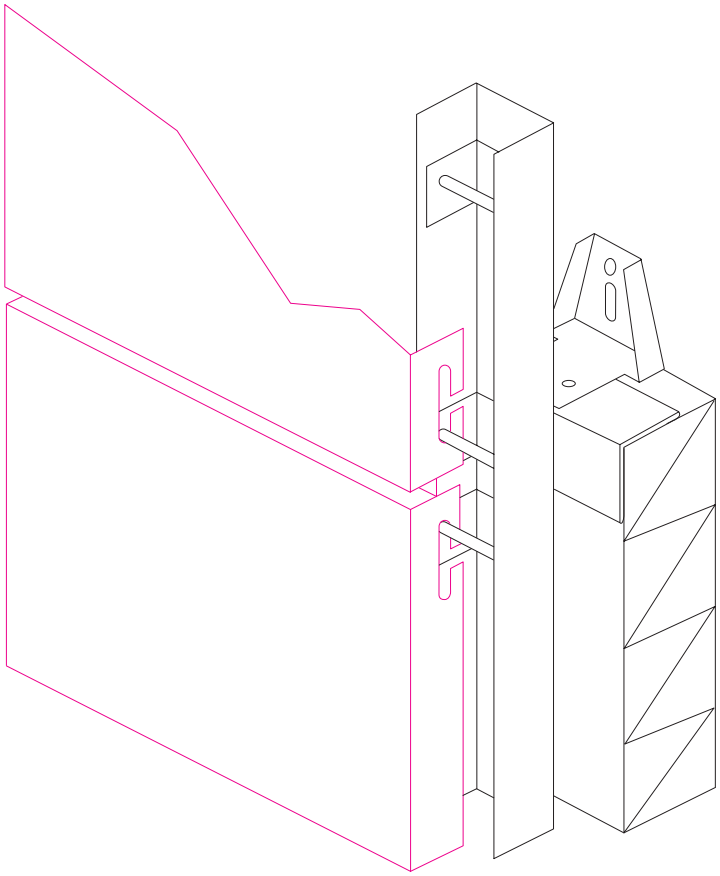
2.0.2 Verankerung

Verankerungen sind die Punkte, an denen die auf die Fassade einwirkenden Kräfte in die Tragkonstruktion abgeleitet werden. Sie sind für die statische Sicherheit der vorgehängten Fassade von entscheidender Bedeutung. Der richtigen Dimensionierung und der Korrosionsfreiheit der Befestigungsmittel sind daher größte Aufmerksamkeit zu widmen. Diese sind bei Sanierungen statisch gesondert nachzuweisen.

2.1 Lattung

Neben den beschrieben L-, T- und Z-Profilen kann der Belüftungsraum auch durch Holzlatten aus imprägnierter Tanne oder Fichte hergestellt werden. Allerdings sollte Holz nur für kleinformatige Bekleidungen verwandt werden. Für großflächige Projekte werden Edelstahlprofile, beschichtete oder eloxierte Strangguss-Aluminiumprofile empfohlen.

Konstruktionsaufbau	Vorteile	Nachteile
Einteiliger Aufbau Z-Profil	Kostengünstig Schnelle, einfache Montage	Unebenheiten können schlecht ausgeglichen werden
Zweiteiliger Aufbau Wandkonsole L-Profil oder T-Profil	Kostengünstig Toleranzen können ausgeglichen werden	
Dreiteiliger Aufbau Wandkonsole L-Profil oder T-Profil Z-Profil oder Omega-Profil	Befestigung der Bekleidung gestaltbar Unebenheiten können ausgeglichen werden	Aufwendigere Montage kostenintensiver



2.2 U-Profile

Für die Befestigung von Kupferkassetten als Fassadenbekleidung gibt es z.B. spezielle U-Profile mit Bolzen, in welche die einzelnen Kassetten eingehängt werden.

2.3 Dämmung

Als Wärmedämmung zwischen Untergrund und Belüftungsraum können alle Dämmstoffe mit mindestens Fassadenqualität eingesetzt werden, die im Kapitel Dachaufbauten – 4.3 Erklärung der Konstruktionsschichten – ausführlich beschrieben sind. Die Dämmung übernimmt zusätzlich Schallschutzfunktion und muss in der Regel auch brandschutztechnische Anforderungen erfüllen.

2.4 Hinterlüftungsraum

Raum zwischen der Dämmung und der Bekleidung bzw. der Schalung der Fassade. Der von der Außenluft durchströmte Raum muss mindestens 20 mm betragen. Der Luftraum dient der Ableitung von Luftfeuchte und Verhinderung von Wärmestaus hinter der Fassadenbekleidung.

2.5 Schalung

Fassadenbekleidungen in Falztechnik aus Kupfer benötigen eine vollflächige Unterstützung. Es können alle Schalungsformen eingesetzt werden, die im Kapitel Dachaufbauten – 4.6 Erklärung der Konstruktionsschichten – ausführlich beschrieben sind.

2.6 Trennschichten

Bei der Montage von Kupferfassadenbekleidungen auf einer Schalung ist, entsprechend den Regelwerken für Metalldeckungen, eine Trennlage vorzusehen. Als Trennlagen sind dieselben Trennlagen geeignet wie im Kapitel Dachaufbauten – 4.7 Erklärung der Konstruktionsschichten – ausführlich beschrieben. Nach Absprache können diese jedoch bei Kupferdeckungen entfallen (siehe hierzu auch Kapitel Werkstoff, 2.5 Korrosionsverhalten).

2.7 Hafte und Befestigungsmittel

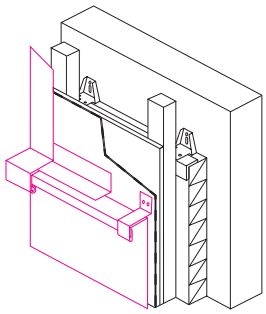
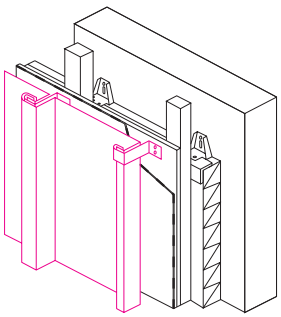
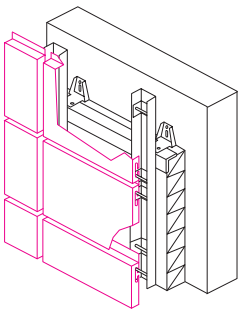
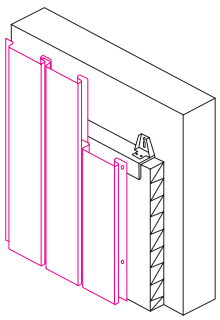
Für die Befestigung der Banddeckung werden in der Fassadenkonstruktion die gleichen Hafte eingesetzt, wie bei der Dachkonstruktion. Dabei werden die Festhafte im oberen Drittel der Schare angeordnet, da sich die temperaturbedingte Längenausdehnung der Schwerkraft folgend nach unten auswirkt. Alle anderen Bekleidungsformen werden mit Edelstahlschrauben auf der Unterkonstruktion befestigt bzw. eingehängt und mit Nieten oder Schrauben gesichert.

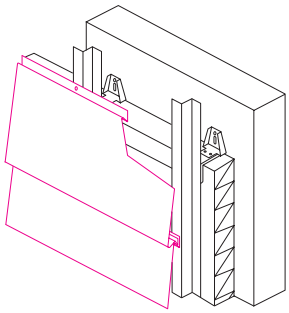
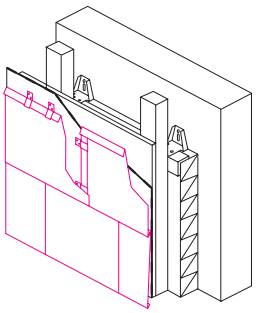
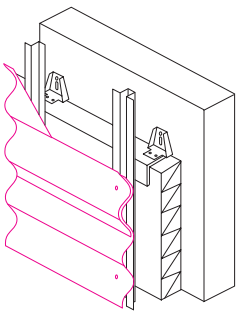
2.8 Stützbleche

Bei der horizontalen Banddeckung sind die Hafte allein nicht in der Lage, das Eigengewicht der Schare aufzunehmen. Daher werden die Hafte durch ein querlaufendes Stützblech verstärkt, das das Gewicht der Bekleidung auf die gesamte Breite der Schare verteilt.

2.9 Kupferbekleidung

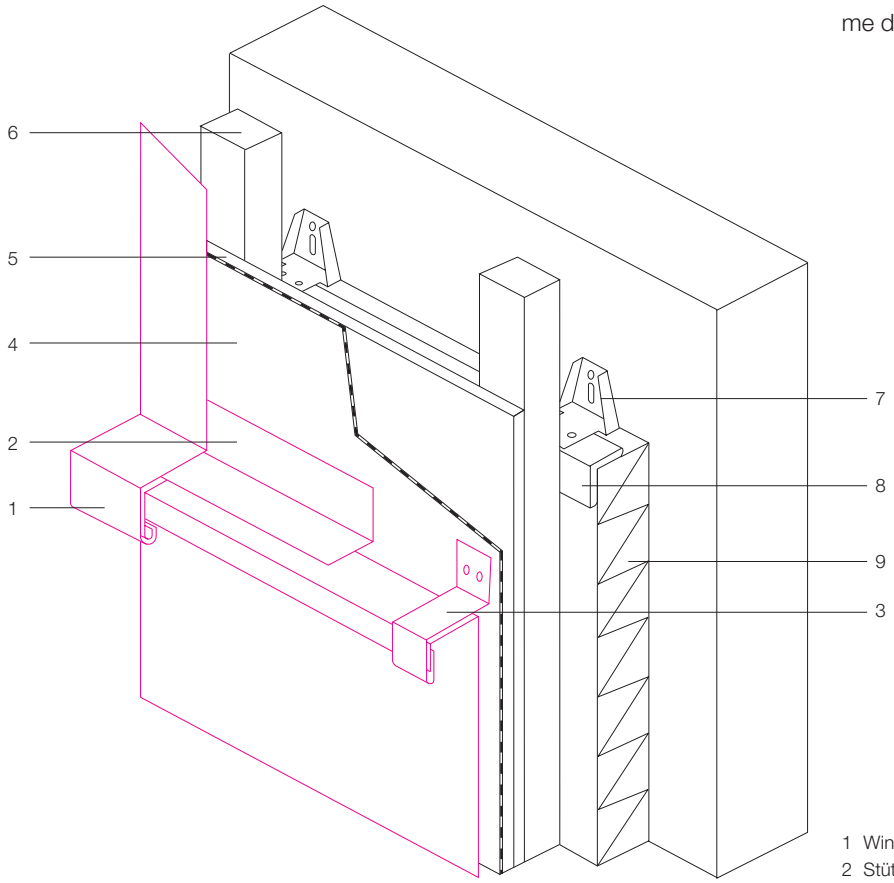
Kupferbekleidungen gibt es walzblank voroxidiert oder vorpatiniert. Während die walzblanke Kupferbekleidung sich durch Oxidation selbst gegen Umwelteinflüsse schützt und innerhalb kurzer Zeit die typisch braune Kupferfarbe annimmt, werden vorpatinierte Kupferbekleidungen im typischen Patina-Grün geliefert.

3.0 Fassadenbekleidungen im Überblick		Aufbau	Erläuterung
Horizontale Winkelstehfalzdeckung Seite 102		• Konsole • Dämmung • Lattung • Luftraum • Schalung • Trennlage • Hafte • Stützblech • Kupferbanddeckung	- Lastaufnahme der Deckung durch Stützblech sicherstellen - Falze stets nach unten umlegen
Vertikale Winkelstehfalzdeckung Seite 103		• Konsole • Dämmung • Lattung • Luftraum • Schalung • Trennlage • Hafte • Kupferbanddeckung	- Sowohl als Winkelstehfalz als auch als Leistenausführung möglich
Kassettendeckung Seite 104		• Konsole • Dämmung • Luftraum • Einhangprofil • Kassetten	- Kassetten unsichtbar befestigt - Kassetten durch Nieten oder Schrauben sichern
Steckfalz-Paneele Seite 105		• Konsole • Dämmung • Luftraum • UK-Profile • Steckfalzpaneele	- ausdehnungstechnische Trennungen sind vorzusehen

3.0 Fassadenbekleidungen im Überblick		Aufbau	Erläuterung
Stulp-Paneele **Seite 106**		• Konsole • Dämmung • Luftraum • UK-Profile • Stulp–Paneele	- Stöße werden entsprechend der Paneelgeometrie hinterlegt - ausdehnungstechnische Trennungen vorsehen
Rauten- und Schindeldeckung **Seite 107**		• Konsole • Dämmung • Lattung • Luftraum • Schalung • Trennlage • Rauten- oder Schindeldeckung	- Verarbeitung wie bei der Dachdeckung
Sonderformen **Seite 108**		• Konsole • Dämmung • individuelle Profile oder Lattung • Luftraum • Deckung	- individuelle Gestaltungs-möglichkeiten nach Absprache mit den Fachingenieuren der Hersteller

3.1 Horizontale Banddeckung

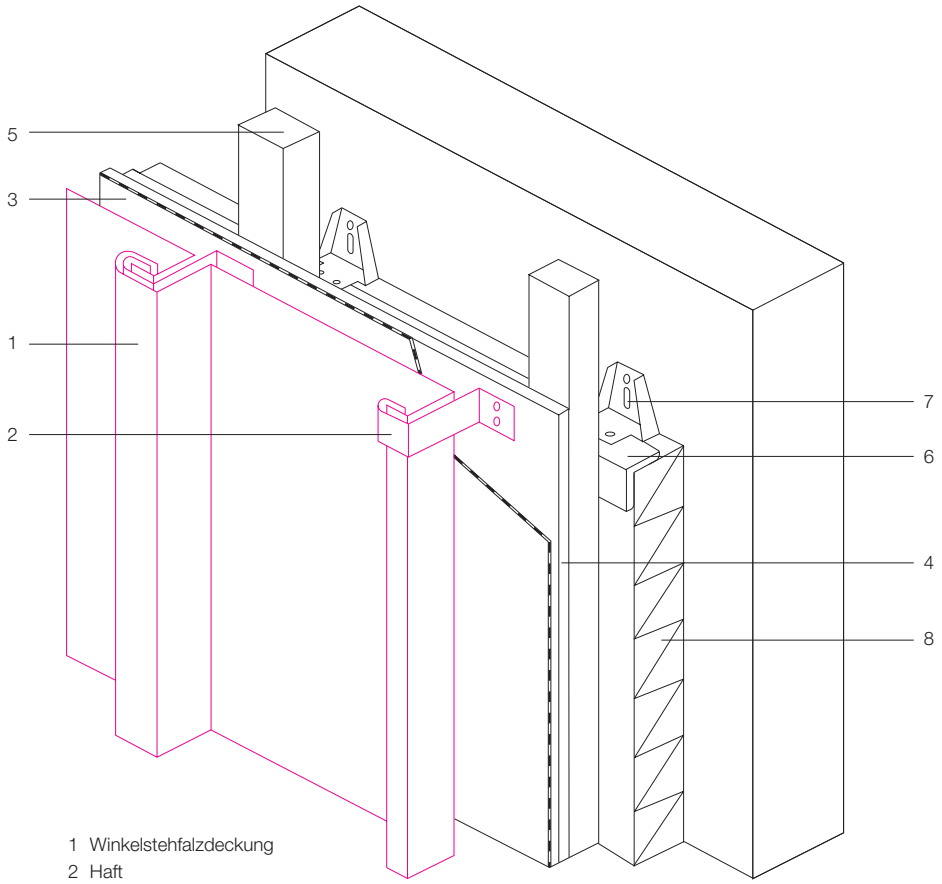
Die horizontale Banddeckung wird meist in Winkelstehfalztechnik ausgeführt, wobei der offene Teil des Falzes immer nach unten weist (siehe hierzu auch Dachkonstruktion – Verarbeitungstechniken – 9.0 bis 10.4.). Bei der horizontalen Banddeckung muss zusätzlich zu den Haften ein L-Profil für die Eigengewichtaufnahme der Deckung vorgesehen werden.



1 Winkelstehfalzdeckung
2 Stützblech
3 Haft
4 Trennlage
5 Schalung
6 Lattung
7 Konsole
8 L-Profil
9 Dämmung

3.2 Vertikale Banddeckung

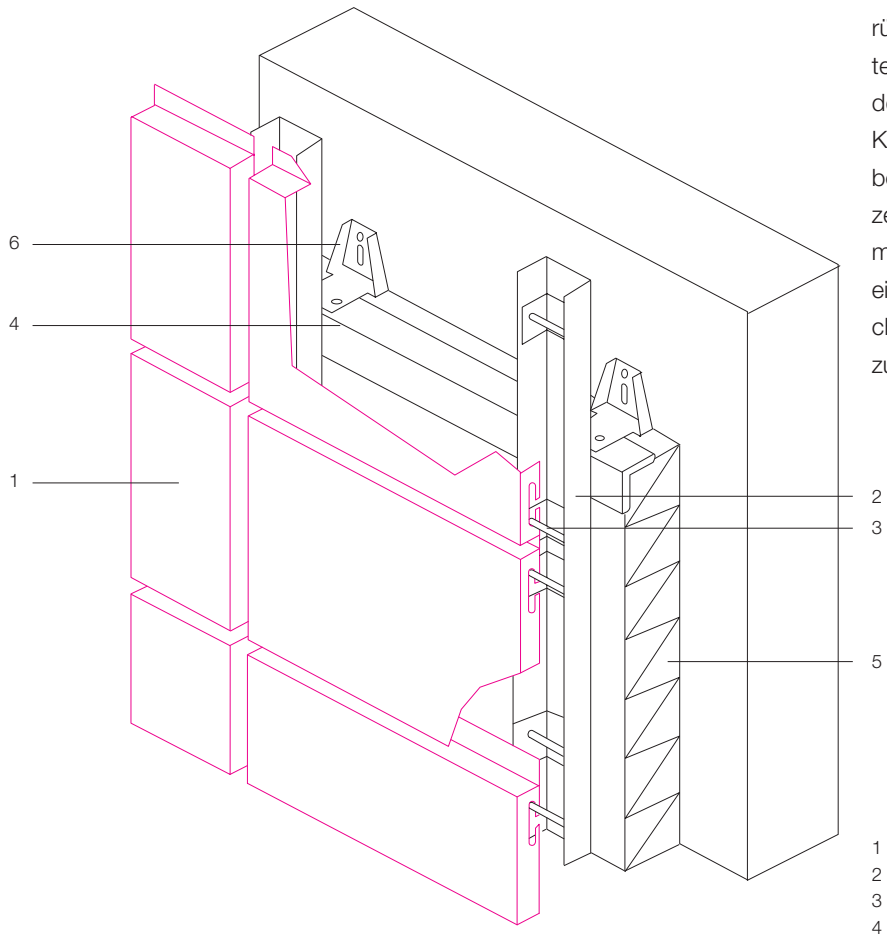
Die vertikale Deckung entspricht der Banddeckung in der Dachkonstruktion. Sie wird in Winkelstehfalz oder Leistendeckung ausgeführt. In der Fassade sollen die Scharlängen nicht mehr als 3-4 m betragen und mit versetzten Querfalzen ausgeführt werden.



1 Winkelstehfalzdeckung
2 Haft
3 Trennlage
4 Schalung
5 Lattung
6 L-Profil
7 Konsole
8 Dämmung

3.3 Kassetten

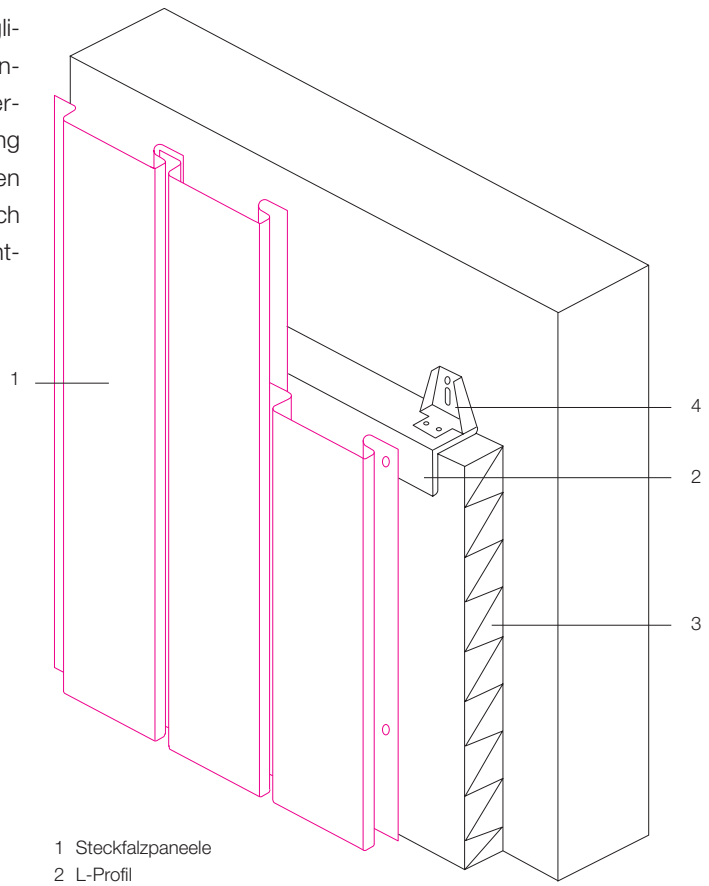
Kupferkassetten sind in vielen Formaten lieferbar. Sie eröffnen eine große Zahl an gestalterischen Möglichkeiten für Fassaden aller Art. Sie können, je nach Wunsch, sichtbar oder unsichtbar montiert werden. Bei der sichtbaren Montage werden die Kassetten direkt auf die Unterkonstruktion geschraubt. Dabei rückt die Befestigung bei großer Kassettentiefe jedoch in den Hintergrund. Bei der unsichtbaren Montage werden die Kassetten z.B. in U-Profilen mit Einhangbolzen eingehängt. Sowohl bei der Bolzenmontage als auch bei der Montage mit Einhangprofil muss jede Kassette mit einer Niete oder Schraube gegen seitliche Verschiebungen durch Windkräfte zusätzlich gesichert werden.



1 Kassettendeckung
2 U-Profil
3 Einhangbolzen
4 L-Profil
5 Dämmung
6 Konsole

3.4 Steckfalz-Paneele

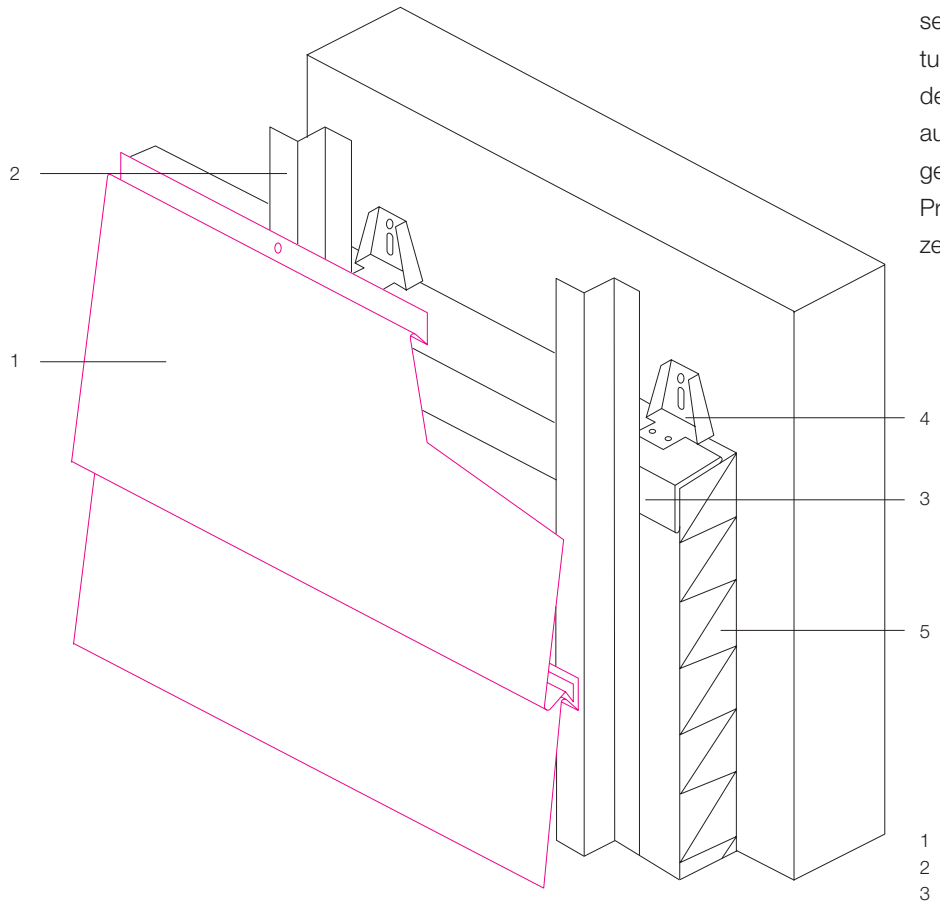
Steckfalz-Paneele aus Kupfer können zur vertikalen, zur horizontalen und zur diagonalen Strukturierung des Baukörpers eingesetzt werden. Die Befestigung erfolgt unsichtbar durch Nieten oder Schrauben an der Nutseite auf der Unterkonstruktion. Thermisch bedingte Längenänderungen werden mit ausdehnungstechnischen Trennungen ausgeglichen. Dabei dürfen statisch zusammenhängende Felder 4000 mm nicht überschreiten. Bei der vertikalen Anordnung der Paneele können die horizontalen Fugen zusätzlich durch ein Gesimsblech betont werden, das gleichzeitig als Entlüftungsöffnung ausgebildet sein kann.



1 Steckfalzpaneele
2 L-Profil
3 Dämmung
4 Konsole

3.5 Stulp-Paneele

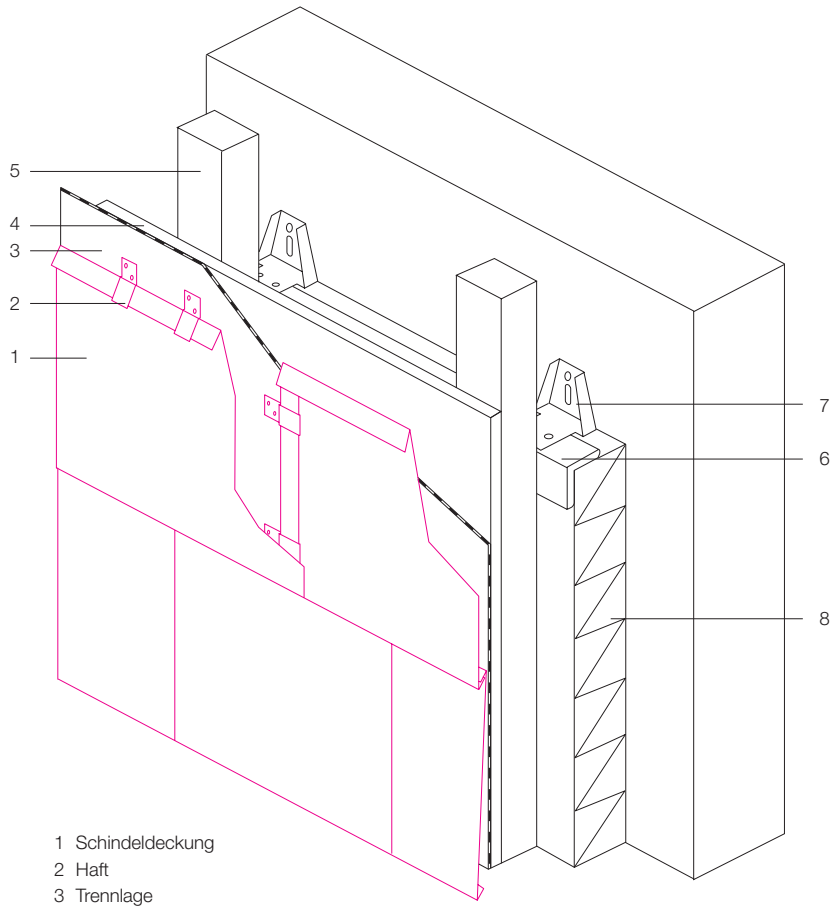
Stulp-Paneele aus Kupfer sind Horizontalpaneele, die unsichtbar befestigt werden. Das Paneel wird dabei an der oberen, überdeckten Lasche auf die Unterkonstruktion genietet oder geschraubt. Vertikale Stöße werden mit einem Stoßblech entsprechend der Paneelgeometrie hinterlegt. Stulp-Paneele gibt es seitlich offen oder mit seitlicher Abkantung, die den Blick in die Profile verhindert. Bei offenen Paneelen kann eine aus der Fassadenfläche hervorspringende Lisene eingesetzt werden, um die Profilgeometrie zu verdecken und gleichzeitig die Vertikalfuge zu betonen.



1 Stulppaneeldeckung
2 Z-Profil
3 L-Profil
4 Konsole
5 Dämmung

3.6 Rauten- und Schindeldeckung

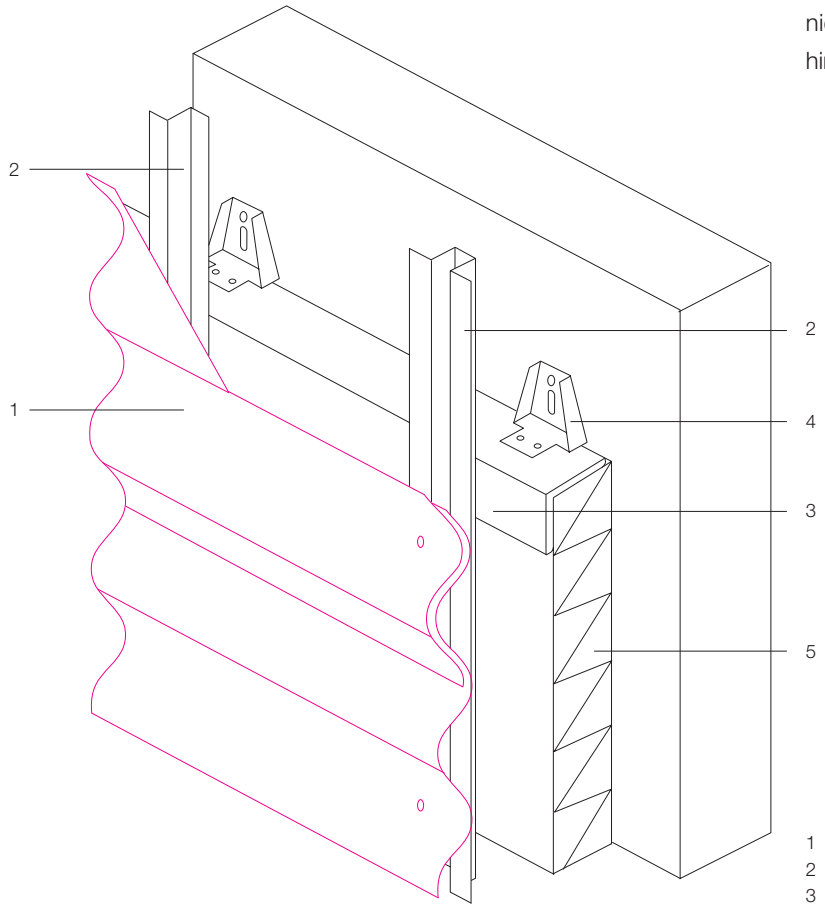
Die Gestaltungsmöglichkeiten durch Rauten- und Schindeldeckung entsprechen denen in der Dachdeckung. Siehe hierzu auch Kapitel Dachaufbauten – 4.9.4 Rauten- oder Wabendeckung.



1 Schindeldeckung
2 Haft
3 Trennlage
4 Schalung
5 Lattung
6 L-Profil
7 Konsole
8 Dämmung

3.7 Sonderformen

Neben den bisher aufgeführten Fassadenbekleidungen ist eine Vielzahl von Sonderformen durch vorprofilierte Bleche möglich. Nach Absprache mit den Unternehmen der Kupferindustrie können auch individuelle architektonische Ideen verwirklicht werden. Es empfiehlt sich jedoch, frühzeitig einen Fachingenieur oder technischen Kundenberater hinzuzuziehen.



1 Wellenprofildeckung
2 Omega bzw. Z-Profile
3 L-Profil
4 Konsole
5 Dämmung

4.0 Windsoglasten

Die auf die Außenwandbekleidung einwirkenden Windsoglasten werden über die Unterkonstruktion in die tragende Wand abgeleitet. Für die maximal möglichen Windsog- und Winddrucklasten bei Außenwandbekleidung gilt die DIN 1055. Für die Breite und Länge der Scharen, die Werkstoffdicke sowie die Anzahl und Abstände der Hafte siehe Dachkonstruktion – 11.0 bis 12.1 Einflussfaktoren bei der Verarbeitung.

5.0 Anschlüsse, Abschlüsse, Übergänge, Ecken und Fenster

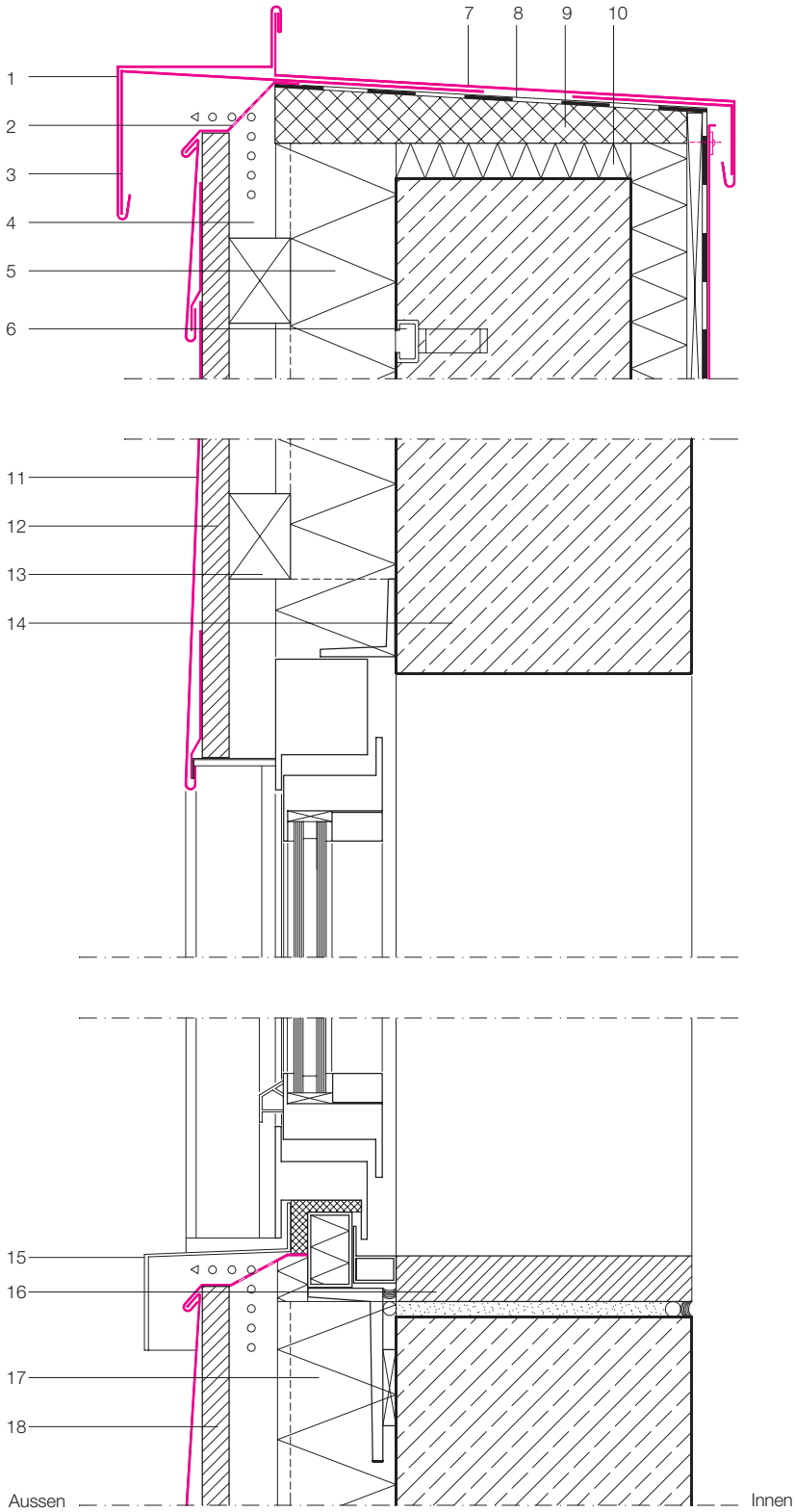
Beispielhafte Detaillösungen siehe Objektbeispiele.

Windsoglasten nach DIN 1055 in N/m²

Gebäudehöhe	Eckbereich	Randbereich	Normalbereich
0 – 8 m	1600	750	500
8 – 20 m	2000	1200	800
20 – 100 m	2750	1650	1100

Objektbeispiele

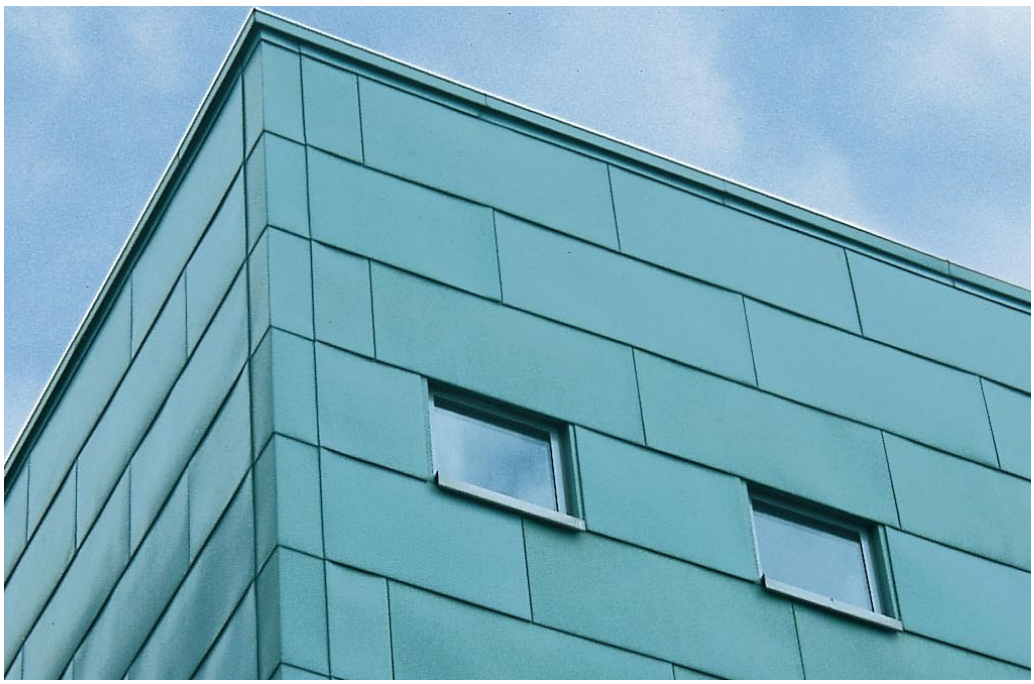
Bundesdruckerei in Berlin
SSB Stellwerk in Basel
Höhere Technische Lehranstalt in Chur
Vorarlberger Kraftwerk in Klösterle
Wohnhaus bei Hamburg
Sparkassen- und Verwaltungsgebäude in Seeheim-Jugenheim
Oberstes Gericht in Reykjavik
Stadtbücherei in Gerlingen
Rembrandhaus in Amsterdam
newMetropolis in Amsterdam
Gewerbepark Achbrücke in Lauterach
Verkaufsstände in Pisa

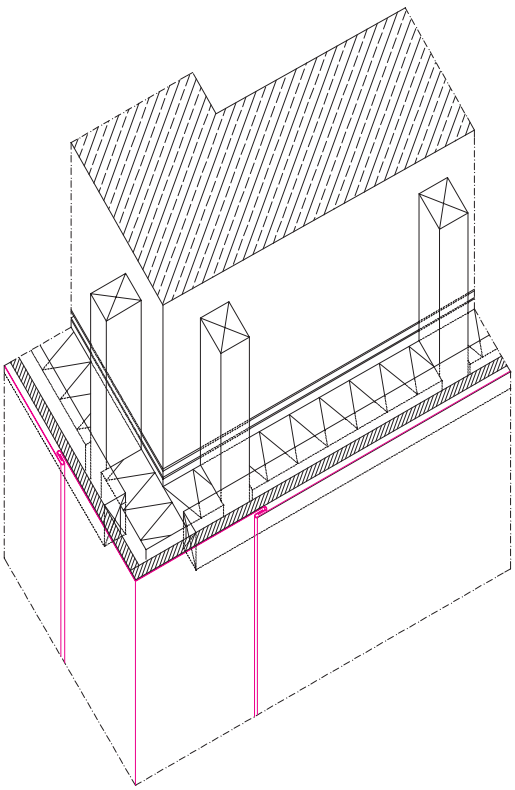


Bundesdruckerei in Berlin
Architekten:
BHHS & Partner Berlin

Der aus vorwiegend langlebigen Materialien bestehende Neubau präsentiert sich als augenfälliges, in drei Bereiche geteiltes, Gebäude. Der geschlossene Riegel des mit Kupfertafeln verkleideten Stahlbetontresors bildet sowohl optisch als auch konstruktiv das Rückgrat der Anlage: Die südlich gelegene transparente Wertdruckhalle ist direkt an das Tragwerk des Hochregallagers angehängt. Der wertvolle Inhalt des nicht wie herkömmlich in der Erde sitzenden Tresors wird durch die Wahl des Fassadenmaterials thematisiert.

Fassadenschnitt M 1:5
1 Blende ohne Lotnähte
2 Lochblech
3 Vorstoß Kupfer 1 mm
4 Luftschicht 30 mm
5 Wärmedämmung aus Mineralwolle 80 mm
6 Halfenschiene
7 Abdeckung Tecu® Patina 0,8 mm
8 Trennlage
9 Ausgleich mit Gefälle
10 Wärmedämmung
11 Tecu® Patina 0,8 mm
12 Sperrholzplatte 18 mm
13 horizontale Holzunterkonstruktion (nicht durchgehend)
14 Stahlbetonwand
15 Fensterbank aus Edelstahl
16 Fensterbank aus Buchenholz
17 Wärmedämmung aus Mineralwolle 80 mm
18 vertikale Holzunterkonstruktion

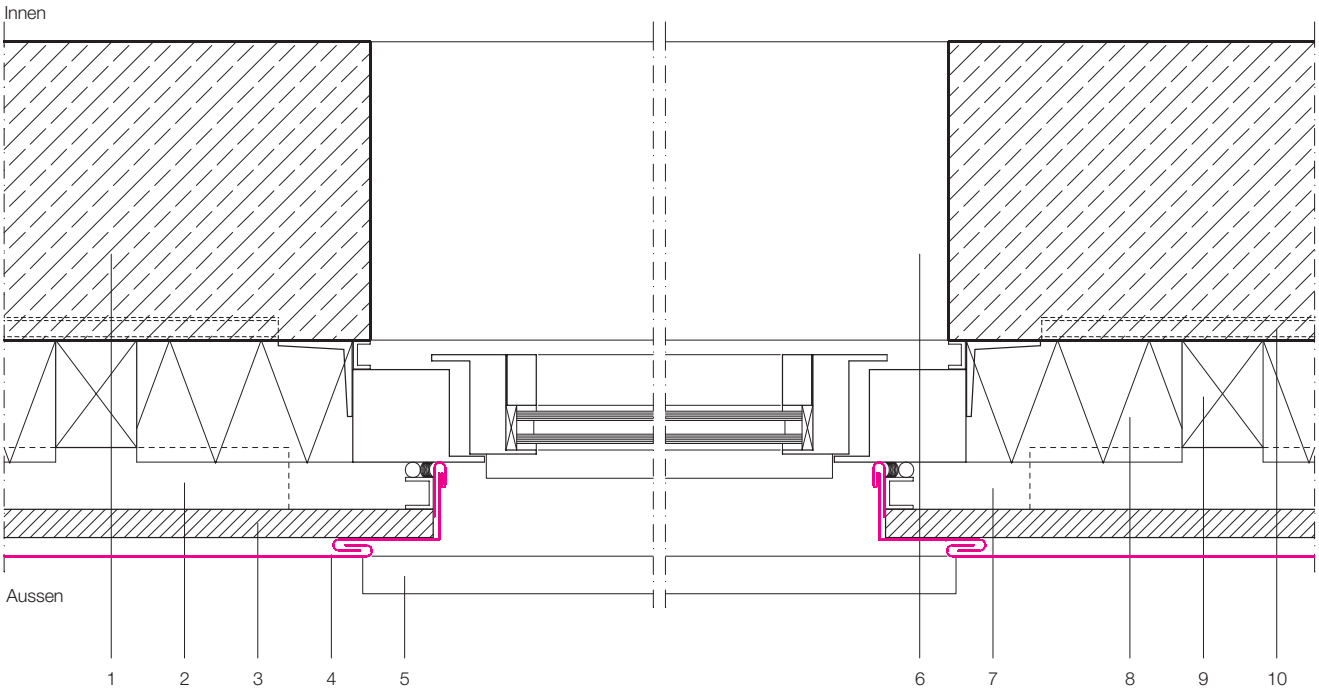


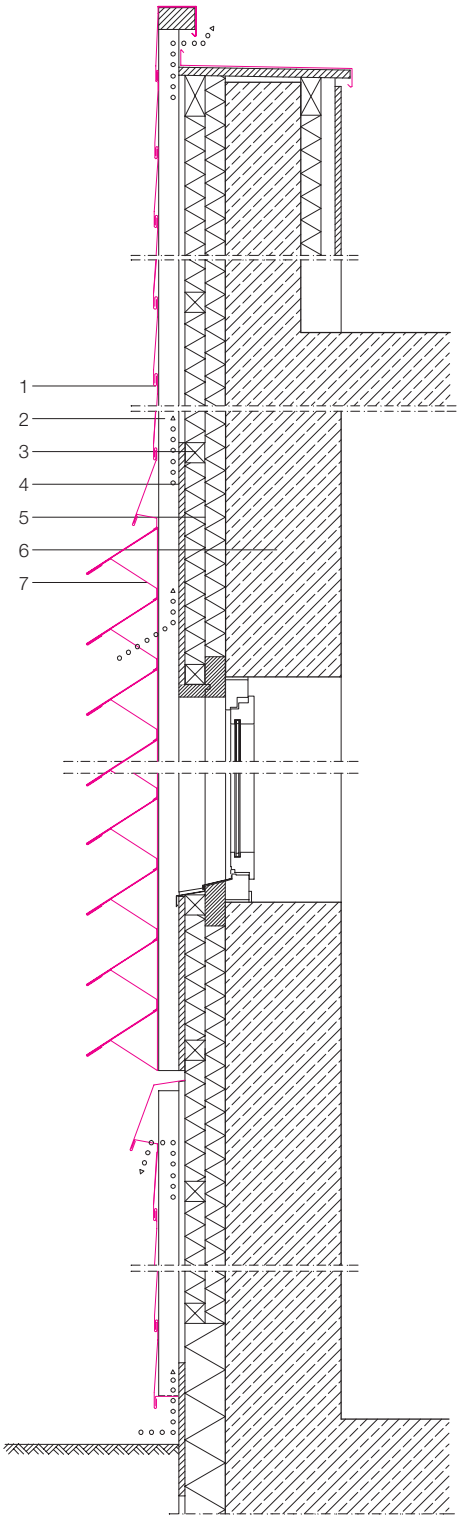


Horizontalschnitt M 1:5

1 Stahlbetonwand
2 horizontale Holzunterkonstruktion (nicht durchgehend)
3 Sperrholzplatte 18 mm
4 Tecu® Patina 0,8 mm
5 Fensterbank aus Edelstahl
6 Fensterbank aus Buchenholz
7 Luftschicht 30 mm
8 Wärmedämmung aus Mineralwolle 80 mm
9 vertikale Holzunterkonstruktion
10 Halfenschiene

Horizontalschnitt M 1:5

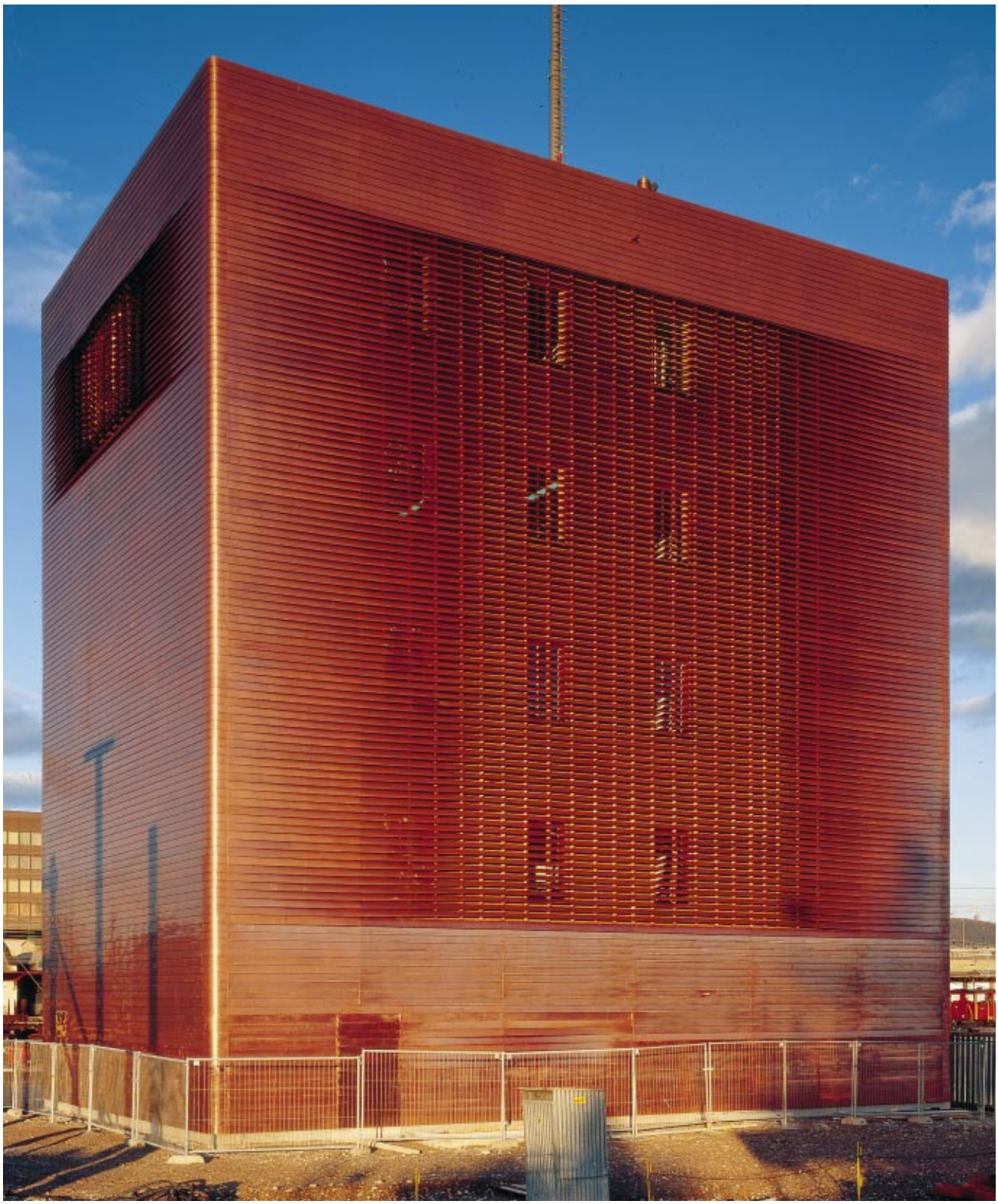


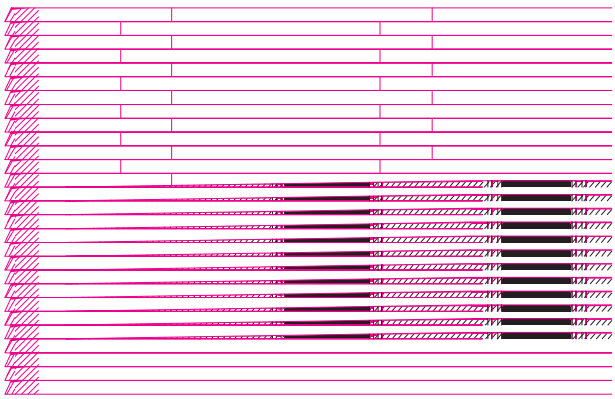


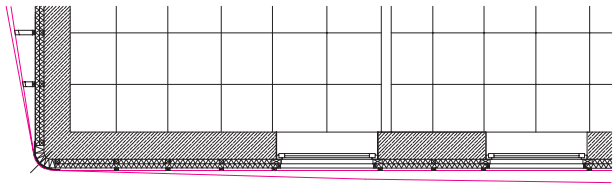
SSB Stellwerk in Basel
Architekten:
Herzog & de Meuron Architekten

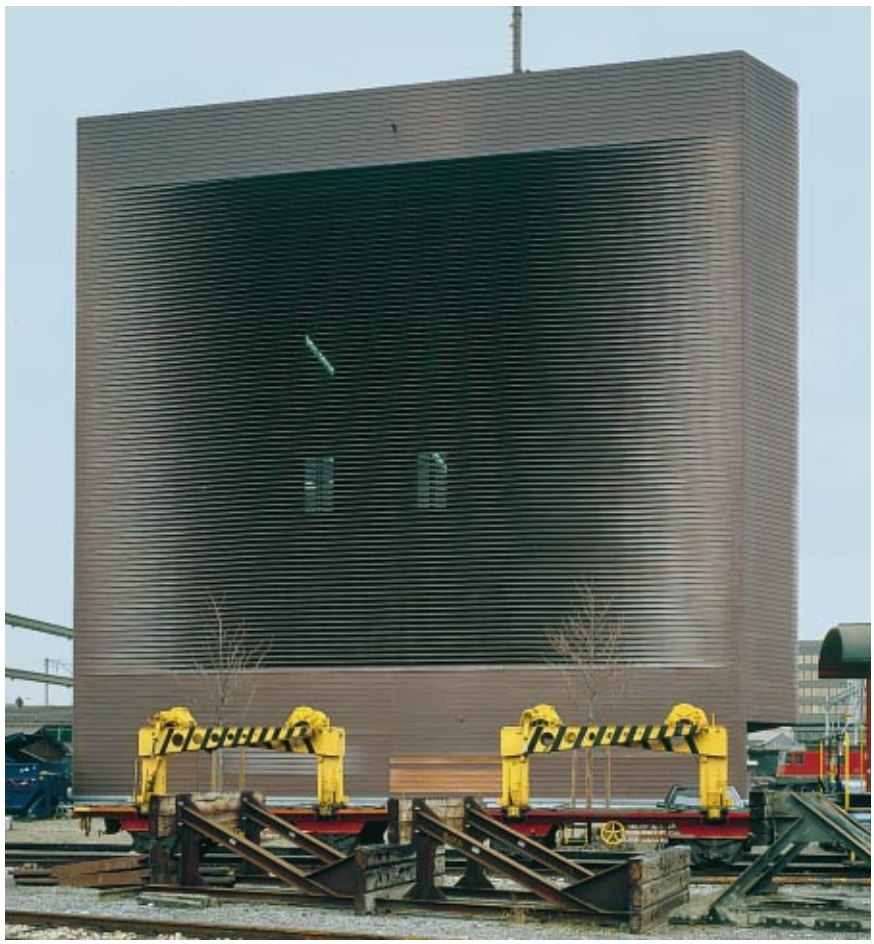
Der am Rande des Gleisfeldes stehende Kubus beherbergt auf sechs Geschossen die elektronische Ausrüstung für die Kontrolle der Weichen und Signale des Depotgebäudes und der anschließenden Gleise sowie vier Arbeitsplätze und deren Nebenräume. Die Betonschale des Baukörpers ist außen isoliert und mit 15 cm breiten Kupferbändern umwickelt. Diese werden, wo notwendig, durch Verdrehen aufgestellt, um Tageslicht ins Innere des Gebäudes dringen zu lassen. Das Gebäude wirkt dank der Kupferumwicklung wie ein Faraday-Käfig, welcher die Elektronik vor unerwünschten äußeren Einflüssen schützt. Gleichzeitig vermag es sehr bildhaft, diese physikalischen Eigenschaften auszudrücken.

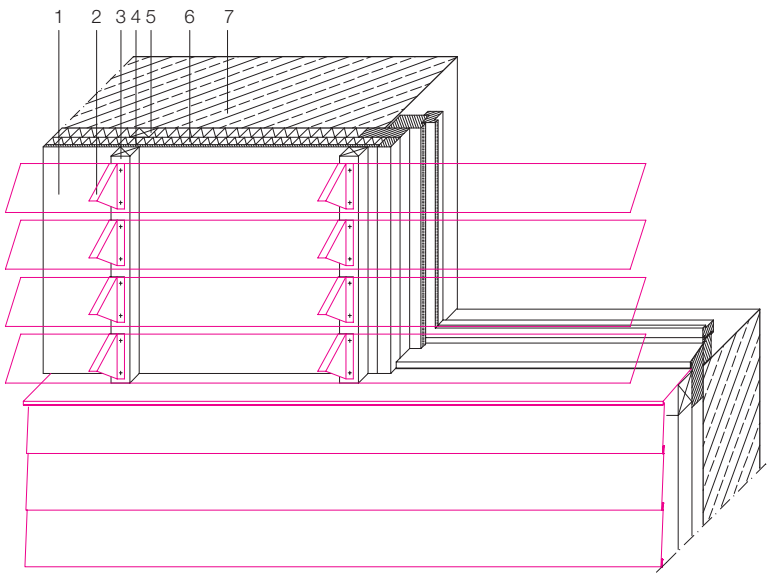
Fassadenschnitt M 1:20
1 Kupferblechpaneele 150 mm breit
2 Trägerlattung 50 x 50 vertikal
3 Lattung 50 x 35 horizontal, Wärmedämmung
4 Pavatex Isolair 16 mm
5 Lattung 50 x 50 vertikal, Wärmedämmung
6 Stahlbetonwand 30 cm
7 Konsolträger aus Kupferblech





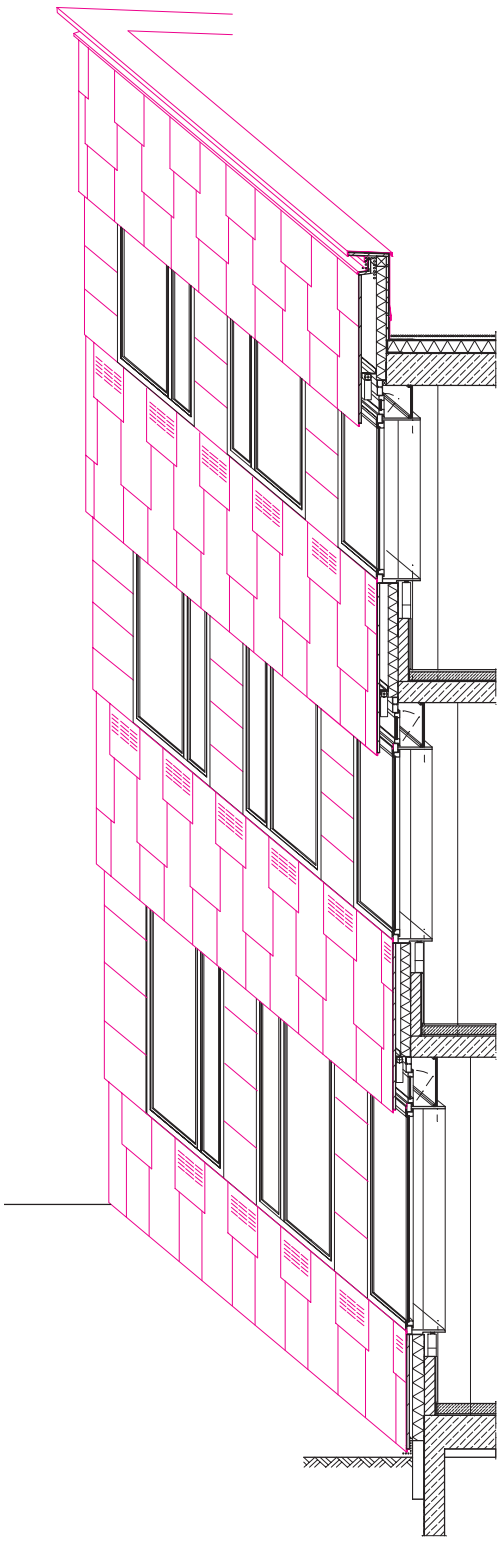






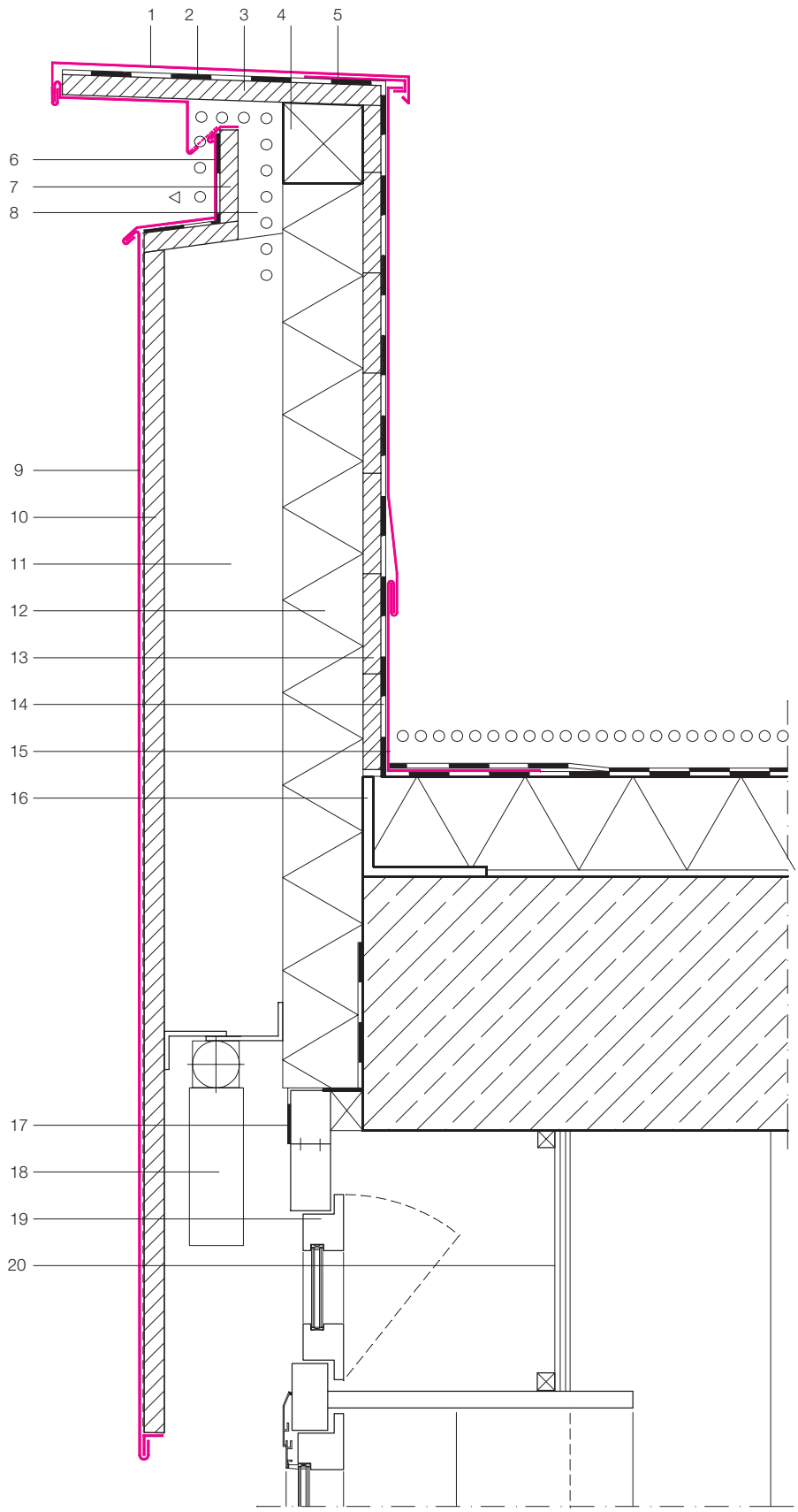
Isometrie Wandaufbau

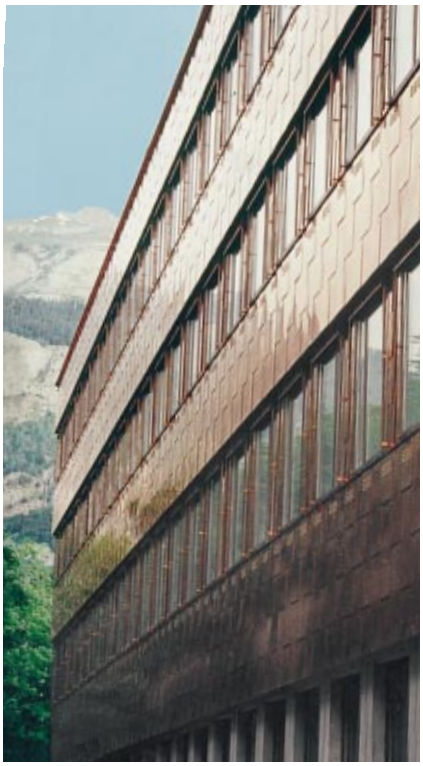
1 Kupferblechpaneele 150 mm breit
2 Konsolträger aus Kupferblech
3 Trägerlattung 50 x 50 vertikal
4 Pavatex Isolair 16 mm
5 Lattung 50 x 50 vertikal, Isolation
6 Lattung 50 x 35 horizontal, Isolation
7 Stahlbetonwand 30 cm



Höhere Technische Lehranstalt in Chur
Architekten:
D. Jüngling + A. Hagmann

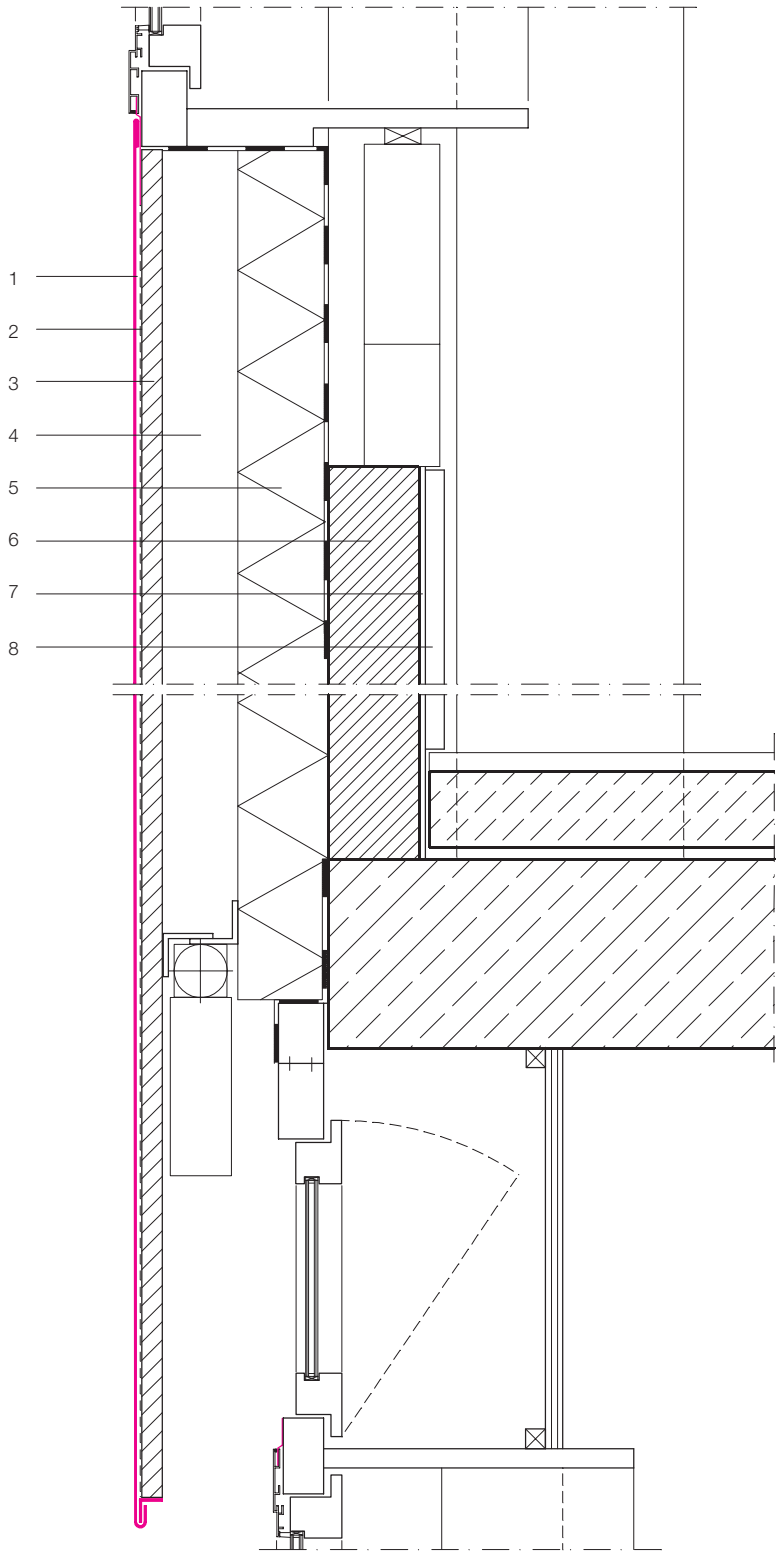
Die Fassade der nach drei Funktionsbereichen differenzierten Baukörper der Höheren Technischen Lehranstalt ist geprägt durch rohe, vorgestanzte Kupfertafeln, welche mit traditionellen handwerklichen Fügungsprinzipien überlagert sind. Das Thema der Schuppung wird zum Thema der Fassade: Die geschossweise Staffelung und die kleinteiligen Kupfertafeln geben dem klaren Volumen eine Maßstäblichkeit. Mit Kupfer wird ein Material angewendet, das mit seiner Identität besonderes Gewicht und Bedeutung geben kann.
Die als wertvoll assoziierte Metalloberfläche bleibt naturbelassen. Mit der Bildung einer dunklen Patina erhält die Fassade ihre eigene Tiefe. Das Gewicht des dunklen Fassadenkörpers steht in Spannung mit dem Bild der hängenden Metallfassade und dem Prinzip der „Curtain Wall".





Attikadetail M 1:10

1 Attika-Abdeckung Kupferblech 0,8 mm
2 Dachpappenzwischenlage
3 3-Schichtplatte mit Zwischenlage 27 mm
4 Kantholz 120/120 mm
5 Abstandswinkel
6 Winkelblech mit Einhängefalz aus Kupfer 0,8 mm (mit Kupferhaften gehalten)
7 Schalung mit Nut und Feder 27 mm
8 Schiftung 40 mm
9 Kupferschindeln 0,8 mm
10 Schalung 27 mm
11 Hinterlüftung 160 mm
12 Dämmung 120 mm
13 Schalung 27 mm
14 Dachpappe
15 Kupferwinkelblech mit Einhängefalz 0,8 mm
16 Stahlwinkel
17 Winddichtung Vidiflex
18 Sonnenschutz (Rafflamellenstore) 250 mm hoch, befestigt an zwei Stahlwinkeln 80/50/5 mm
19 Lüftungsflügel mit Fliegengitter
20 kreuzweise verleimte Lamellen, perforiert 10 mm

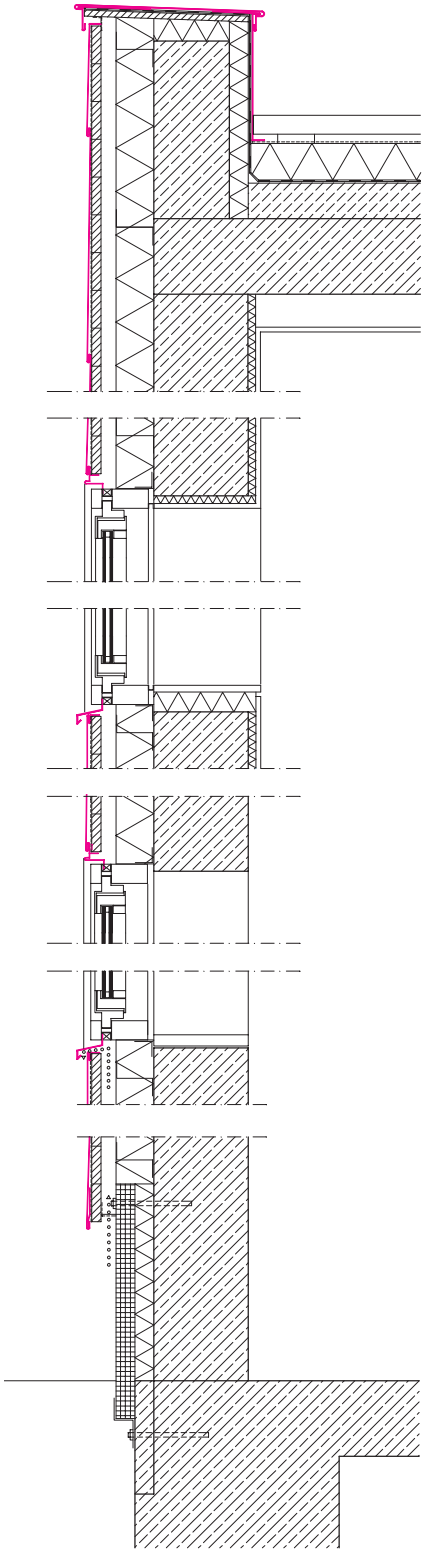


Detail M 1:10

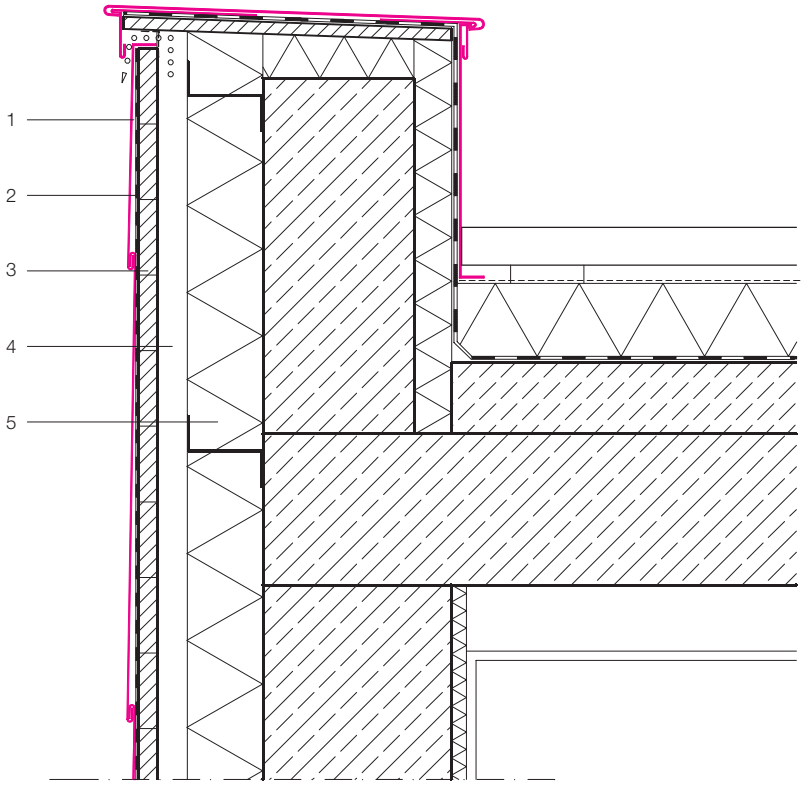
1 Kupferschindeln 0,8 mm
2 Zwischenlage
3 Schalung mit Nut und Feder 27 mm
4 Hinterlüftung 40 mm / Konterlattung 140 mm
5 Dämmung 120 mm
6 Mauerwerk 120 mm
7 Schalldämmatte 10 mm
8 Holzverkleidung 25 mm

Vorarlberger Kraftwerk in Klösterle
Architekt:
Bruno Spagolla

Das als strenge rechteckige Form isoliert in der Landschaft liegende Kraftwerk zeichnet sich durch drei wesentliche Merkmale aus: Die Stirnseiten des Gebäudes sind vollständig verglast. Der Sichtbetonkubus (Treppe) im hinteren Bereich verbindet den ober- und unterirdischen Teil des Bauwerks. Die Verkleidung der längsseitig zur Schnellstraße gerichteten, mit Bandfenstern versehenen Wandscheibe besteht aus vorpatinierten, ineinandergehängten Kupferschindeln. Das natürliche Material kontrastiert in seiner türkisgrünen Farbe mit dem satten Grün der umliegenden Wiesen.

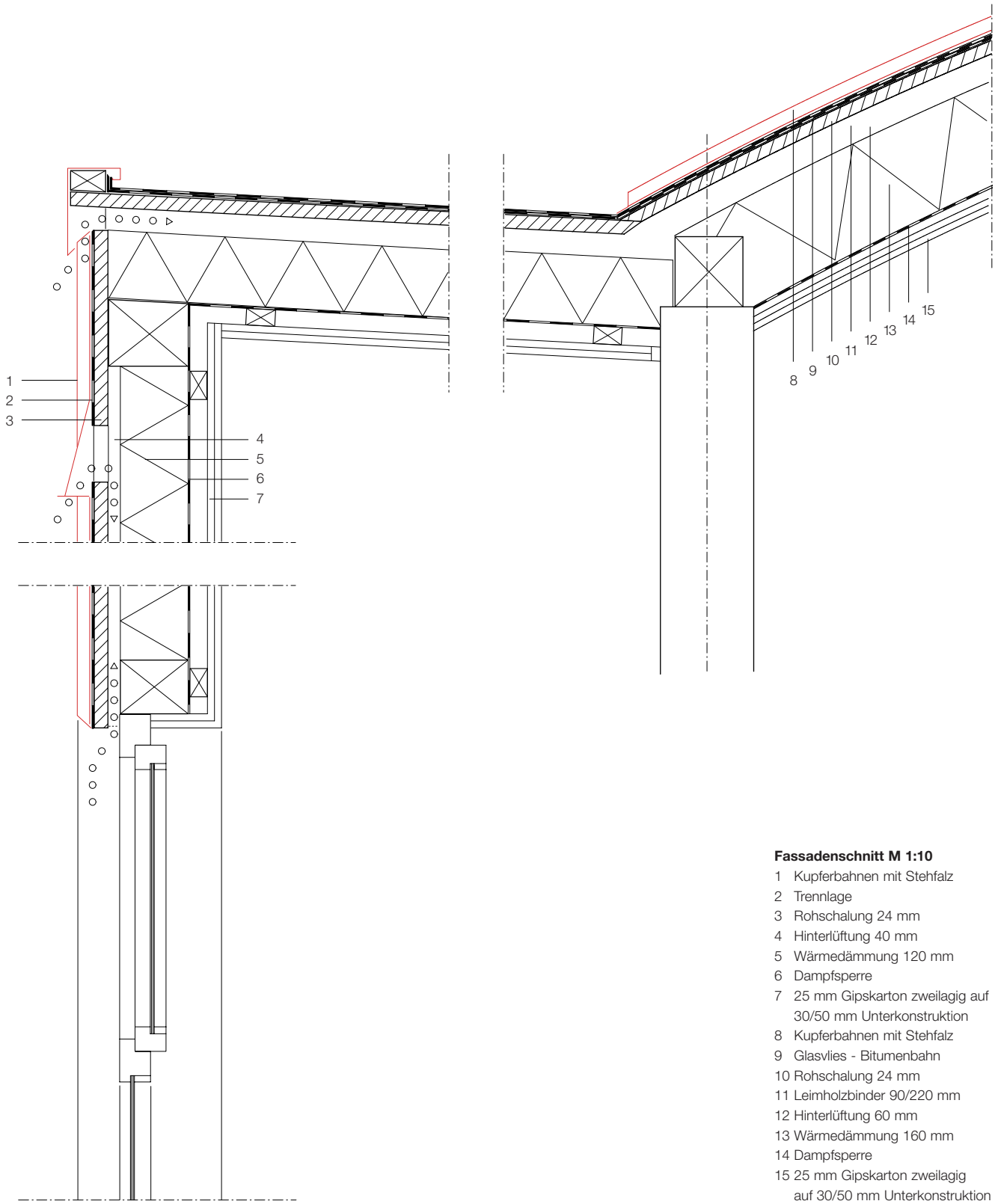


Fassadenschnitt M 1:20



Attikadetail M 1:10

1 Tecu® Patina Schindeln
2 Trennlage aus Dachpappe (leicht besandet)
3 Rohschalung 24 mm
4 Hinterlüftung 40 mm
5 Wärmedämmung Mineralwolle 10 cm
zwischen abgekanteten Blechwinkeln 0,4 cm stark

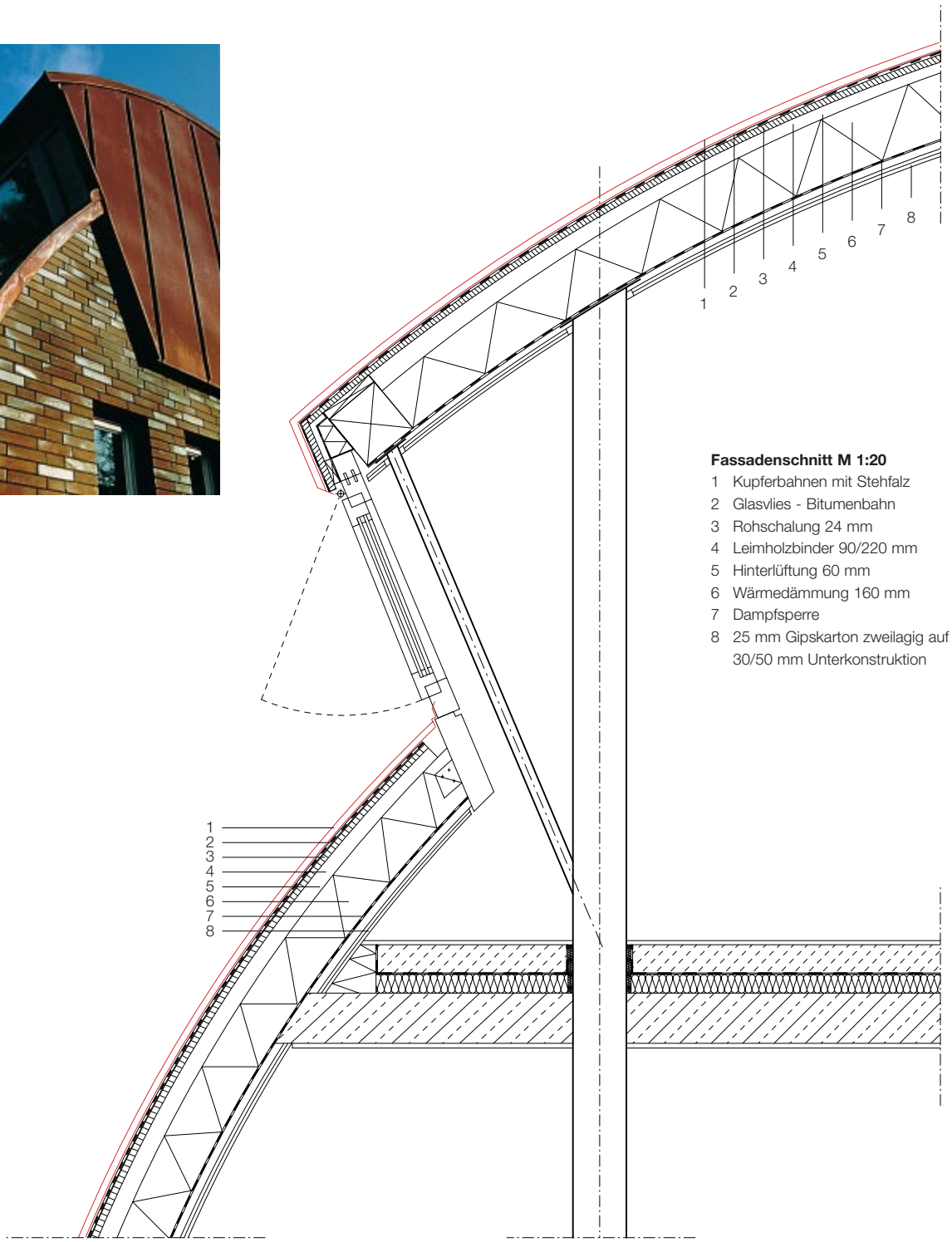


Fassadenschnitt M 1:10

1 Kupferbahnen mit Stehfalz
2 Trennlage
3 Rohschalung 24 mm
4 Hinterlüftung 40 mm
5 Wärmedämmung 120 mm
6 Dampfsperre
7 25 mm Gipskarton zweilagig auf 30/50 mm Unterkonstruktion
8 Kupferbahnen mit Stehfalz
9 Glasvlies - Bitumenbahn
10 Rohschalung 24 mm
11 Leimholzbinder 90/220 mm
12 Hinterlüftung 60 mm
13 Wärmedämmung 160 mm
14 Dampfsperre
15 25 mm Gipskarton zweilagig auf 30/50 mm Unterkonstruktion

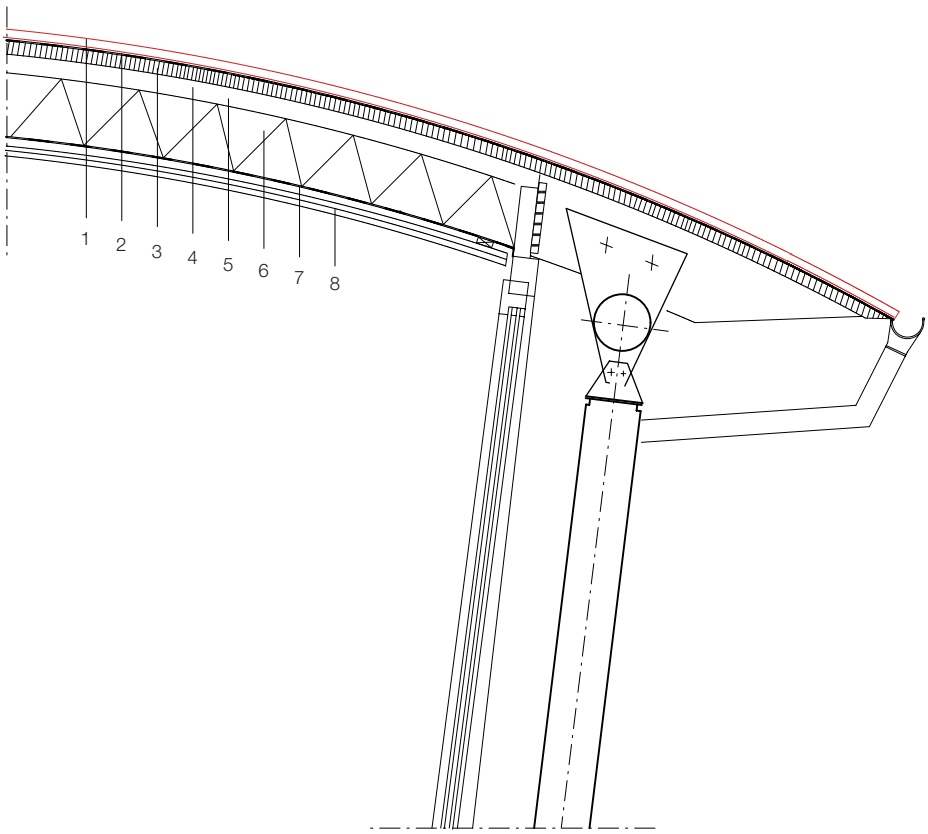
Wohnhaus bei Hamburg
Architekten:
Bernhard Gössler, Daniel Gössler,
Kerstin Döring

Um der baurechtlich vorgeschriebenen Eingeschossigkeit sowie dem vom Bauherrn gewünschten Raumbedarf gerecht zu werden, verfügt das Hauptgebäude über ein Erd- und ausgebautes Dachgeschoß, durch welches das Gebäude erschlossen wird. Die gestaltprägende Tonne (vorgebogene Stahlkonstruktion) ist - wie auch die in Massivbauweise ausgeführten Giebelseiten - mit vertikal angeordneten Kupferbahnen verkleidet. Durch den leichten Dachüberstand im Süden sowie dem schrägen hinteren Anschnitt wirkt sie dynamisch und trotz ihrer Dimension leicht. In Dialog zueinander treten die braune Oberfläche des Kupfers und der rot-braune Backstein.



Fassadenschnitt M 1:20

1 Kupferbahnen mit Stehfalz
2 Glasvlies - Bitumenbahn
3 Rohschalung 24 mm
4 Leimholzbinder 90/220 mm
5 Hinterlüftung 60 mm
6 Wärmedämmung 160 mm
7 Dampfsperre
8 25 mm Gipskarton zweilagig auf 30/50 mm Unterkonstruktion

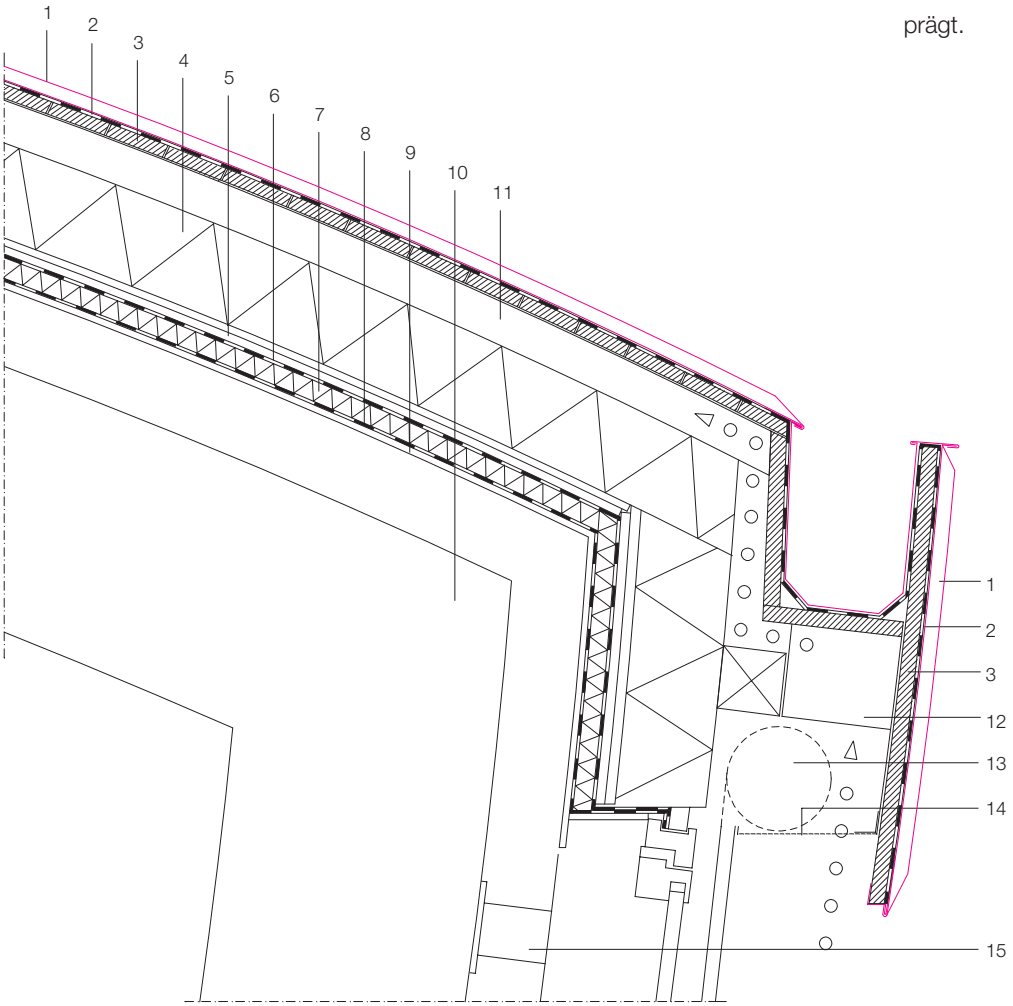

1
2
3
4
5
6
7
8

Detail Traufpunkt M 1:10

1 Kupferstehfalzdeckung
2 Trennlage V 13 besandet
3 Schalung 24 mm
4 Mineralfaserdämmung 12 cm
5 2x GK-Platten
6 Dampfbremse PE 0,4 mm
7 Mineralfaserdämmung 2 cm
8 Rieselschutz
9 Lignoform gelocht
10 BSH-Binder weiss gestrichen
11 Langholz 4/6 cm
12 Langholz 6/10 cm
13 Rolladenkasten mit Wartungsklappe
14 Lochblech als Fliegengitter
15 Stahlabstandshalter mit F 30-Anstrich

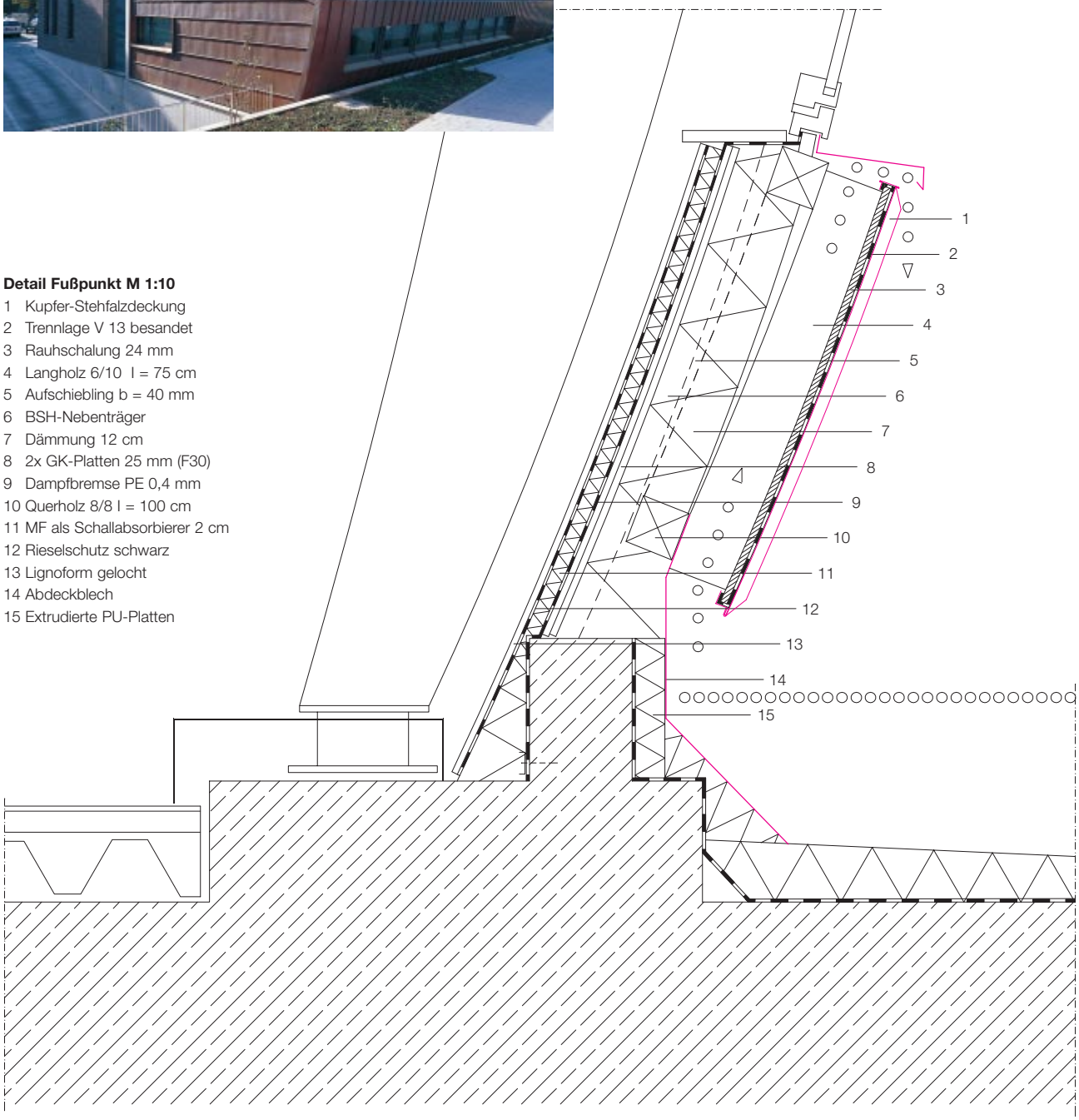
Sparkassen- und Verwaltungsgebäude in Seeheim-Jugenheim
Architekten:
Opus Architekten, A. Mensing, A. Sedler

Das dreigeschossige Hauptgebäude, die hofseitig anliegende kupferbezogene Kassenhalle und der eingestellte Treppenturm bilden, unter Abstimmung der Materialien und Farben aufeinander, das in sich geschlossene Ensemble der Sparkasse. Der Schwerpunkt wird durch die Kassenhalle gebildet: Sie bezieht ihren Charakter aus der gekrümmten Form, welche nicht nur äußere Signalwirkung hat, sondern auch den Innenraum prägt.



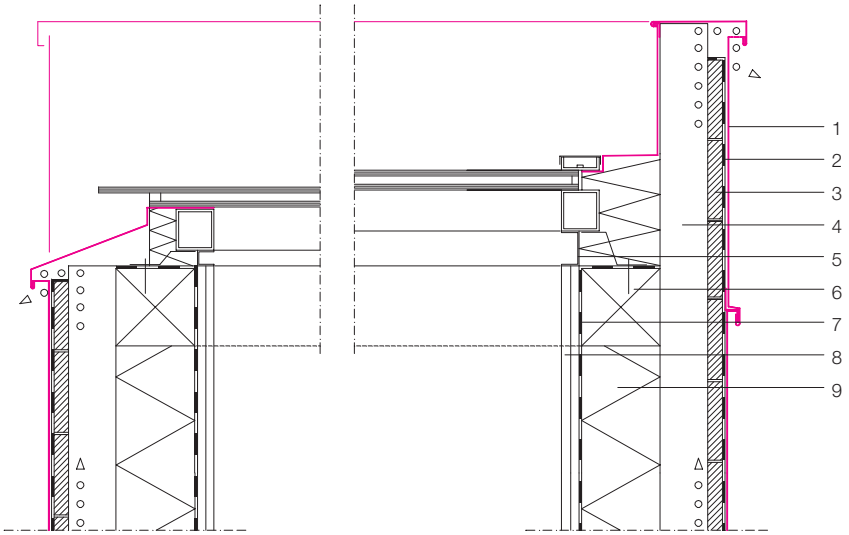
Detail Fußpunkt M 1:10

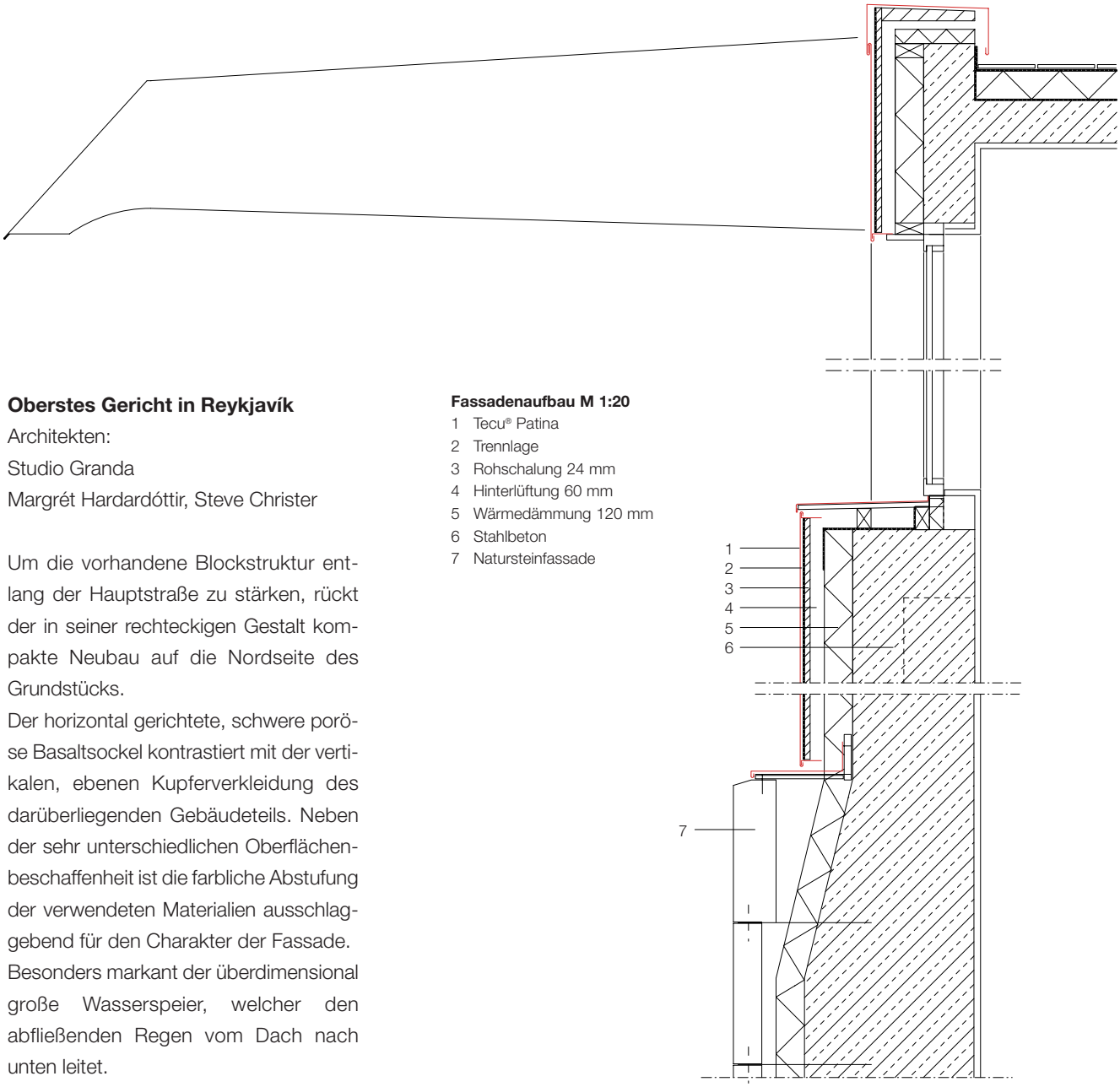
1 Kupfer-Stehfalzdeckung
2 Trennlage V 13 besandet
3 Rauhschalung 24 mm
4 Langholz 6/10 l = 75 cm
5 Aufschiebling b = 40 mm
6 BSH-Nebenträger
7 Dämmung 12 cm
8 2x GK-Platten 25 mm (F30)
9 Dampfbremse PE 0,4 mm
10 Querholz 8/8 l = 100 cm
11 MF als Schallabsorbierer 2 cm
12 Rieselschutz schwarz
13 Lignoform gelocht
14 Abdeckblech
15 Extrudierte PU-Platten



Detail Oberlicht M 1:10

1 Kupferblech
2 Trennlage V 13 besandet
3 Rauhschalung 24 mm
4 Langholz 6/4 cm
5 Schattenfugenprofil, konisch zulaufend
6 Holzkonstruktion 10/10 cm
7 Dampfbremse
8 GK-Platten, gespachtelt, gestrichen
9 mineralische Dämmung

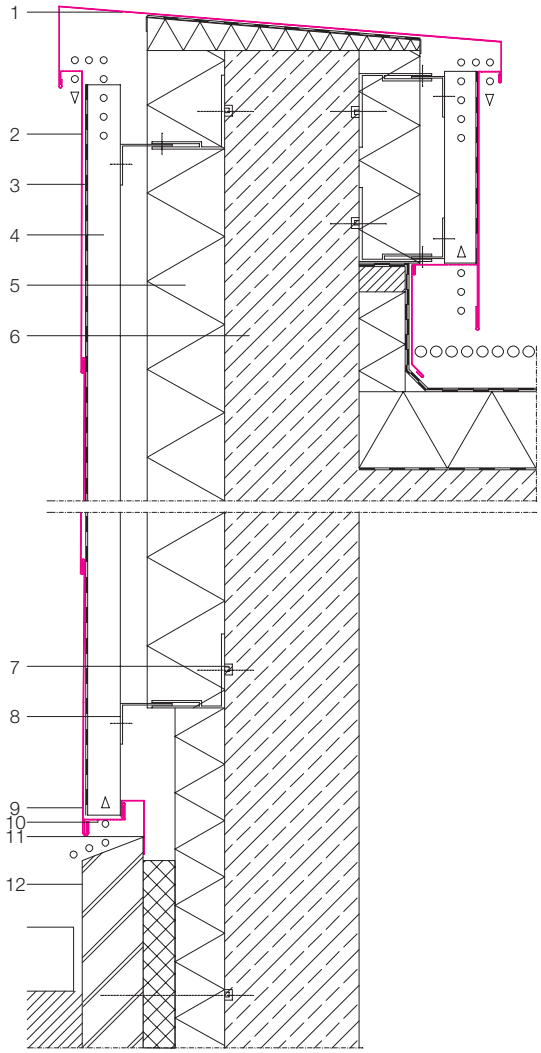




Oberstes Gericht in Reykjavík
Architekten:
Studio Granda
Margrét Hardardóttir, Steve Christer

Um die vorhandene Blockstruktur entlang der Hauptstraße zu stärken, rückt der in seiner rechteckigen Gestalt kompakte Neubau auf die Nordseite des Grundstücks.
Der horizontal gerichtete, schwere poröse Basaltsockel kontrastiert mit der vertikalen, ebenen Kupferverkleidung des darüberliegenden Gebäudeteils. Neben der sehr unterschiedlichen Oberflächenbeschaffenheit ist die farbliche Abstufung der verwendeten Materialien ausschlaggebend für den Charakter der Fassade.
Besonders markant der überdimensional große Wasserspeier, welcher den abfließenden Regen vom Dach nach unten leitet.

Fassadenaufbau M 1:20
1 Tecu® Patina
2 Trennlage
3 Rohschalung 24 mm
4 Hinterlüftung 60 mm
5 Wärmedämmung 120 mm
6 Stahlbeton
7 Natursteinfassade

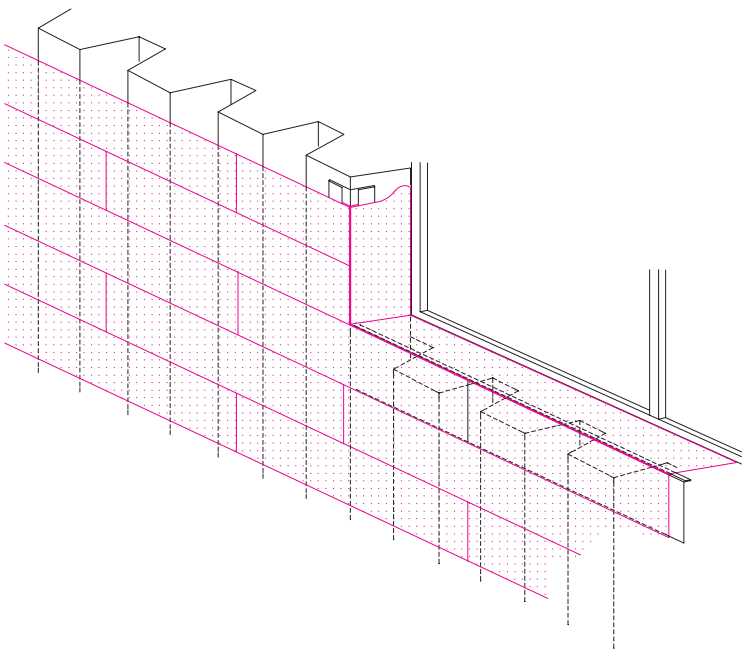


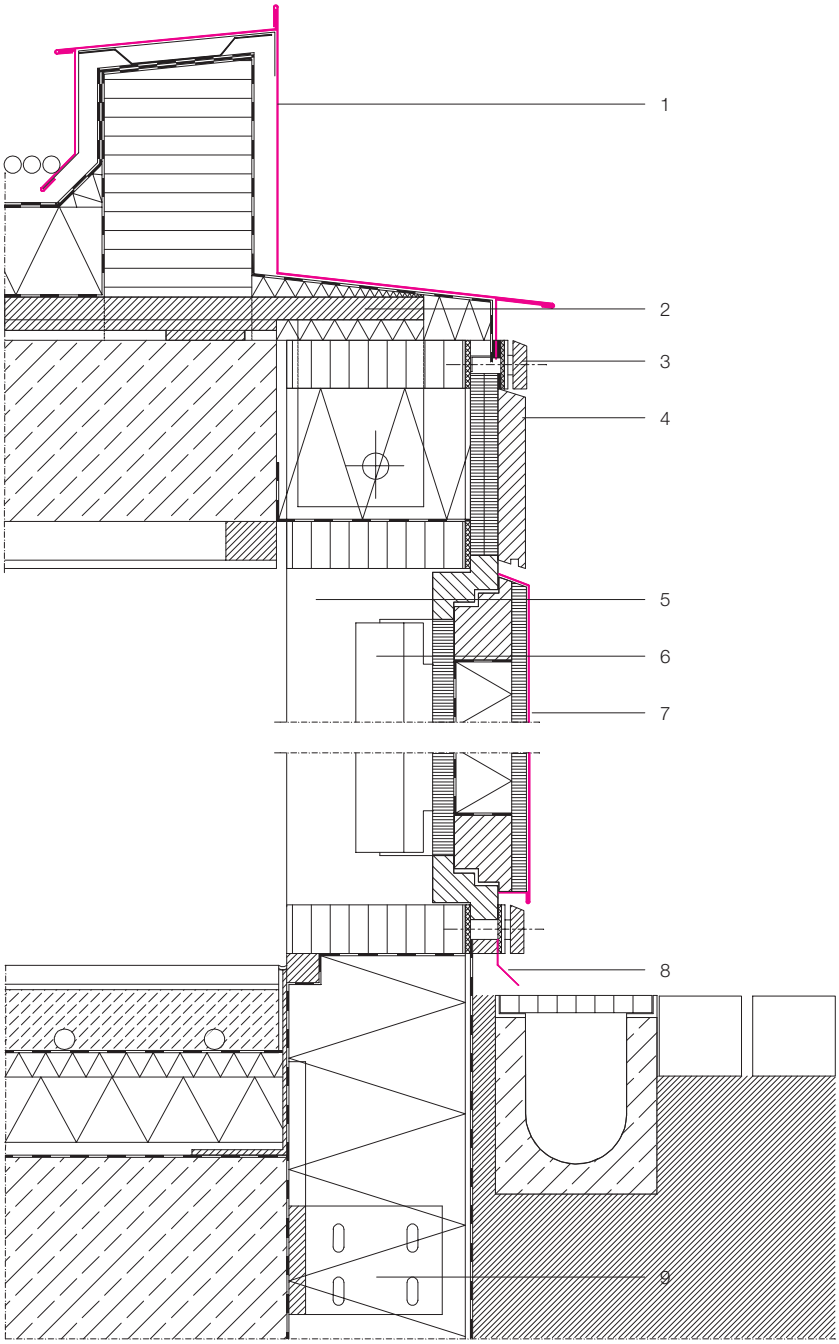
Attika- und Sockeldetail M 1:10

1 Attika-Abdeckung Tecu® Patina
mit Trennlage und Auflageblech
2 Fassadenbekleidung Tecu® Patina
Befestigung mit Liegehaften
3 Trennlage
4 Trapezblech 40/183 mm
als Hinterlüftungsebene
5 Mineralfaser-Dämmplatten, d = 100 mm
6 Stahlbeton
7 Befestigung mit Hammerschlagschrauben
in einbetonierten Ankerschienen V4A
8 Justierbare Metall-Unterkonstruktion bestehend
aus Konsolen und horizontalen Tragwinkeln
9 Traufstreifen
10 Lochstreifen
11 Distanzstreifen
12 Granitsockel in Mörtelbett

Stadtbücherei in Gerlingen
Architekt:
Prof. Hans Klumpp

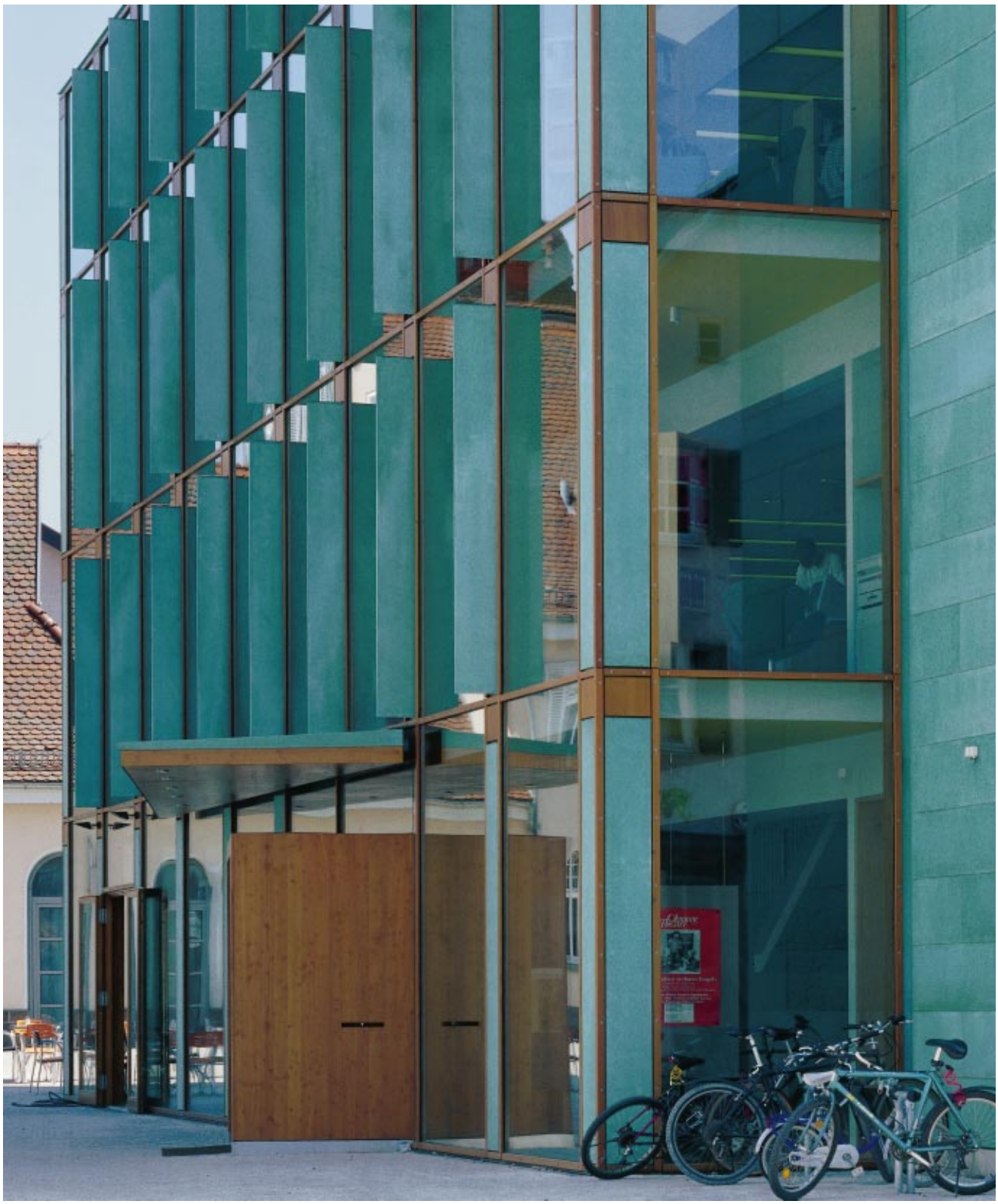
Die architektonische Gestalt der Stadtbücherei ist geprägt durch das Grün des vorpatinierten Kupfers. Die Doppelpfosten der viergeschossig verglasten Längsseiten mit ihren kupferverkleideten Lüftungsflügeln sind charakteristisch für das Gebäude. Die Assoziation an Bücherrücken könnte einen besonderen Hinweis auf den Inhalt des Gebäudes geben. Die Möglichkeit des individuellen Öffnens dieser Flügel führt zu ganz unterschiedlichen Fassadenbildern und macht zusammen mit dem Grün des Kupfers die Unverwechselbarkeit des Gebäudes aus.





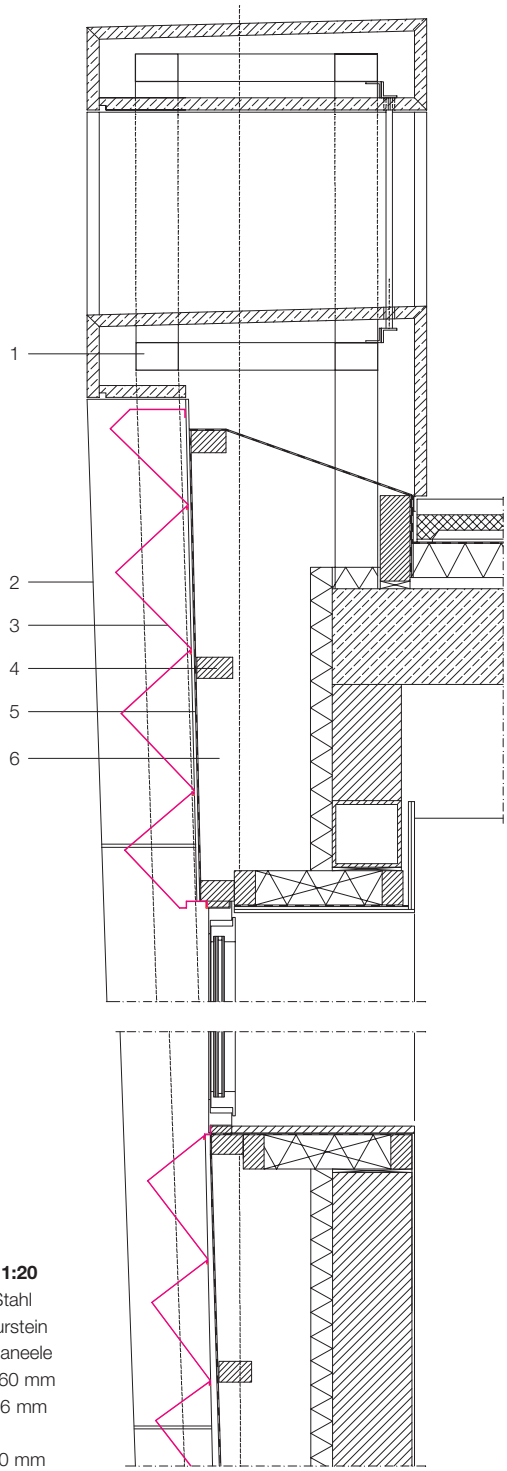
Fassadenschnitt durch Lüftungsöffnungen M 1:10

1 Attika-Abdeckung Tecu® Patina
2 Stahlplatten 510/380 x 12 mm und
Stahlschwerter 540/120 x 25 + 220/150 x 10 mm
Aufhängung der Holzpfosten mit Bolzen d = 30 mm
3 Holz-Alu-Pressleiste, Lärche 52/15 mm
4 Lärche-Dreischicht-Platten
5 Fassadenpfosten 180/52 mm
Horizontalriegel 180/52 mm
6 Kettenantrieb für Lüftung RWA
7 Drehflügel
Bekleidung aus Tecu® Patina
BFU-Platte V100, 13 cm
Wärmedämmung
Dampfsperre
FPY, Lärche furniert 14 mm
8 Überhangblech Edelstahl
9 Anschlusswinkel 160/430/160 x 8 mm



Rembrandthaus in Amsterdam
Architekten:
Zwart & Jansma Architekten

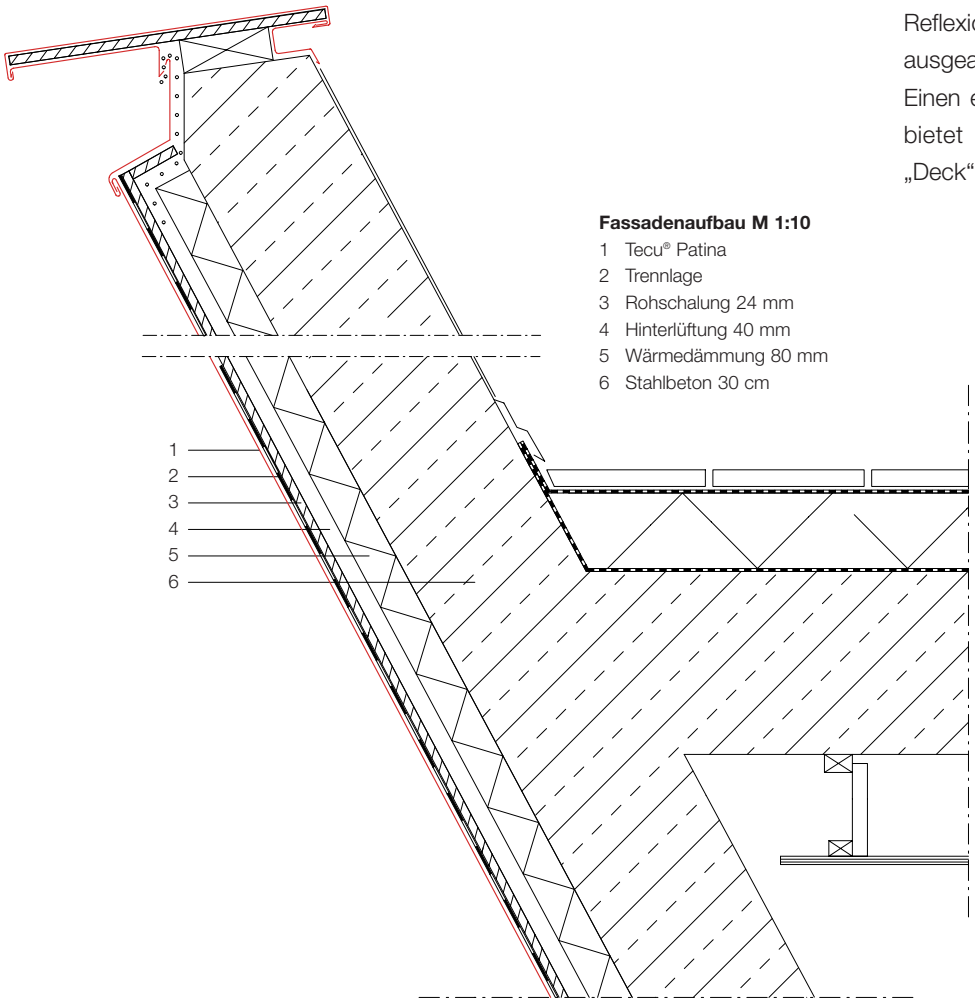
Die zur Aufnahme der Gebäudefluchten leicht nach vorn geneigte Fassade des „neuen“ Rembrandthauses unterliegt der klassischen Dreiteilung alter Handelshäuser: Das überhöhte Sockelgeschoß ist komplett geöffnet und gewährleistet den Zutritt. Die im Mittelteil befindlichen Ausstellungsflächen sind hinter einer geschlossenen, durch Natursteinprofile gegliederten Kupferfassade verborgen. Die sich von unten nach oben verändernde Faltung der Kupfertafeln unterstützt in ihren unterschiedlichen Abmessungen die Schrägstellung. Gestrahlt und bronziert wurde die Fassade mit einem vergrößerten Detail aus Rembrandts „Isaac und Jacob“. Das zurückgesetzte Dach ist im vorderen Teil als Terrasse ausgebildet.



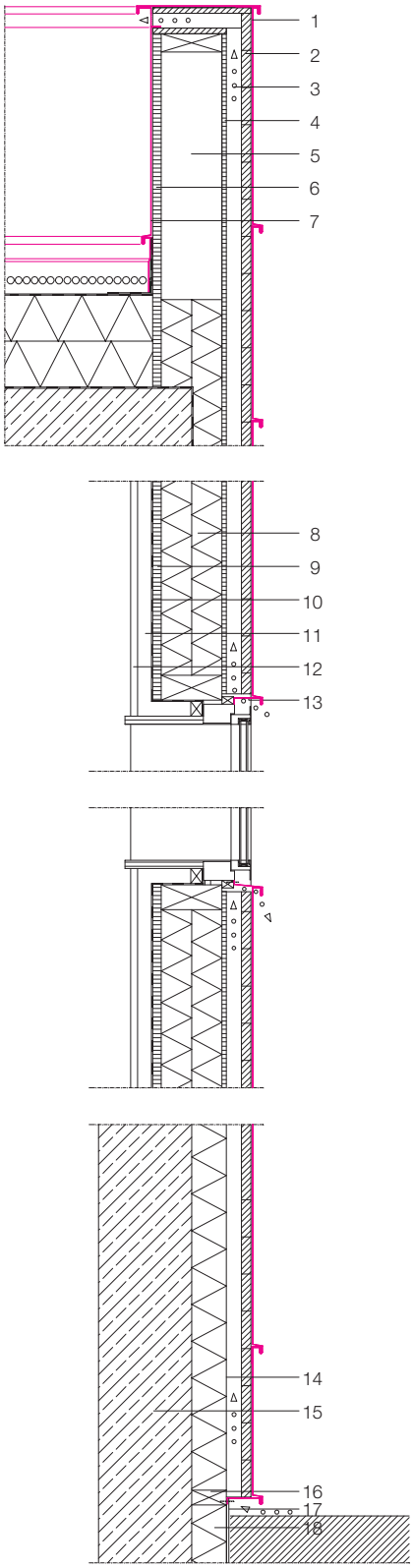
Fassadenschnitt M 1:20
1 Tragkonstruktion Stahl
2 Fensterpfeiler Naturstein
3 Kupfer-Fassadenpaneele
Wärmedämmung 60 mm
4 Holzlattung 19 x 96 mm
5 Dampfsperre
6 Holzbalken 50 x 90 mm

newMetropolis in Amsterdam
Architekt:
Renzo Piano

Die direkte Assoziation mit dem Bug eines Schiffes liegt nicht nur durch die eigentliche Großform des Amsterdamer Museums nahe, sondern wird unterstützt mittels Standort, Fassadenausbildung und Sockel, welcher dem Volumen durch Transparenz die nötige Leichtigkeit verleiht.
Die nahezu komplett von Wasser umgebene freie Form wird unter Einsatz gefalzter, patinierter Kupferbahnen - sie erinnern in ihrer inhomogenen Farbigkeit an Reflexionen des Meeres - gesondert herausgearbeitet.
Einen einzigartigen Blick über die Stadt bietet das zu begehende, schräge „Deck“.



Fassadenaufbau M 1:10
1 Tecu® Patina
2 Trennlage
3 Rohschalung 24 mm
4 Hinterlüftung 40 mm
5 Wärmedämmung 80 mm
6 Stahlbeton 30 cm



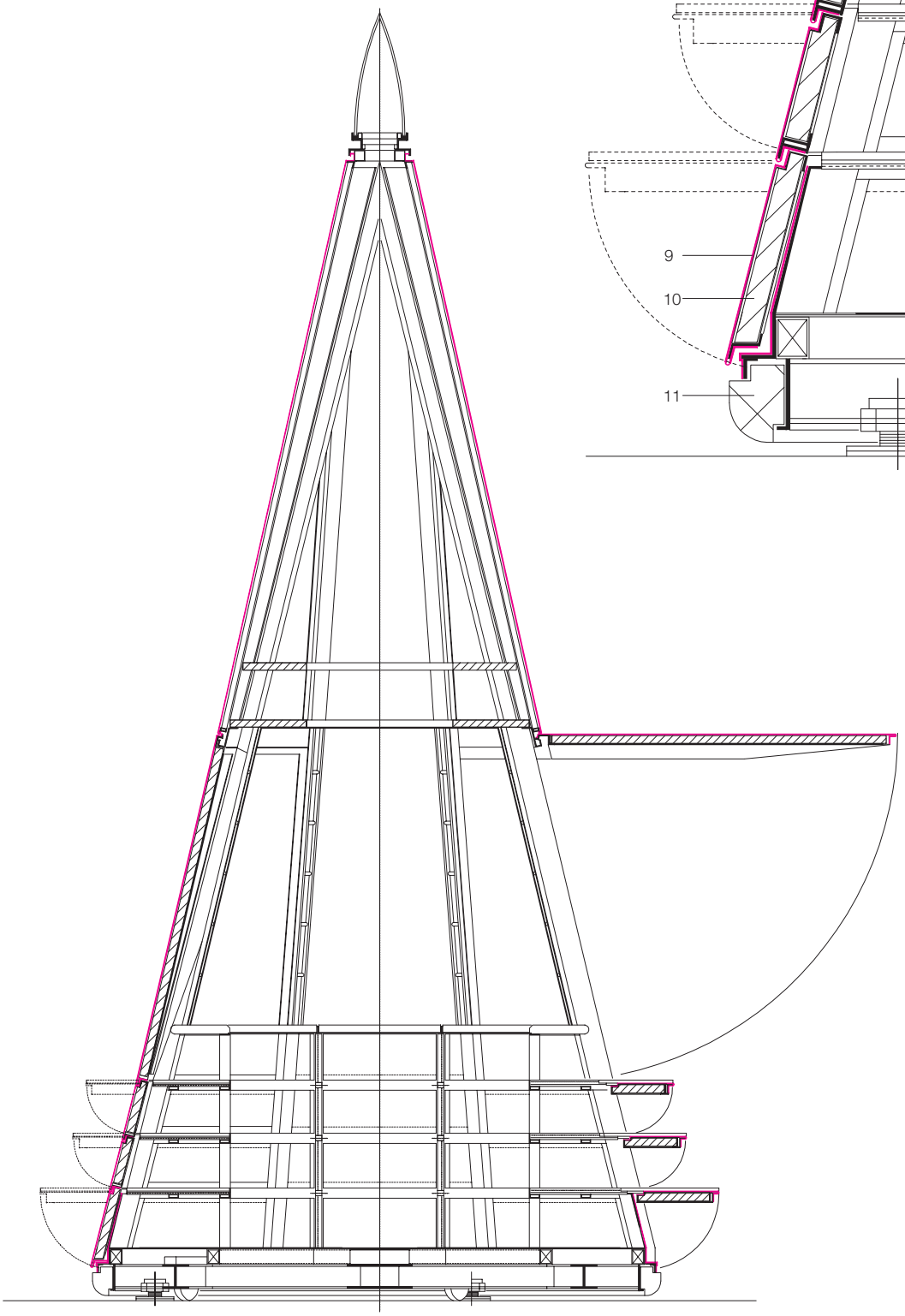
Fassadenaufbau M 1:20

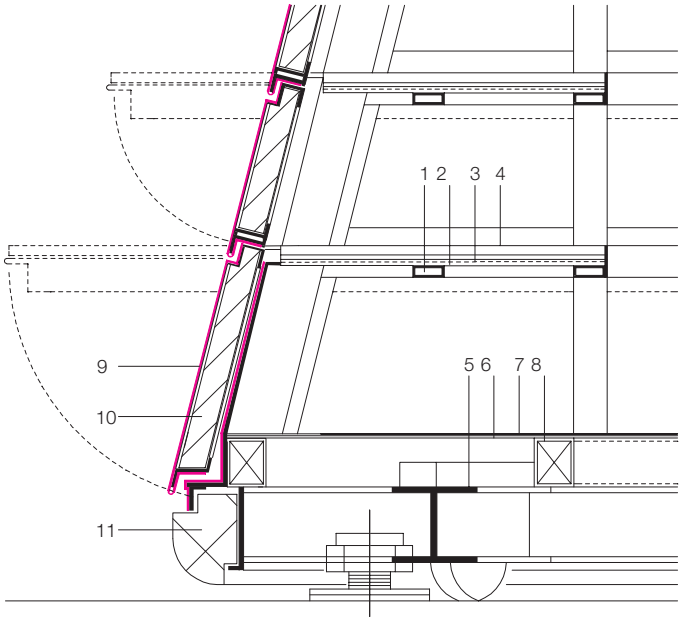
1 Tecu® Patina
2 Rohschalung 24 mm
3 Hinterlüftung 40 mm
4 Triply-Platte 12 mm
5 Holzsteher 50/160 mm
6 OSB-Platte 22 mm
7 Tecu® Patina
8 Mineralwolle 160 mm
9 Triply-Platte 22 mm
10 Dampfbremse
11 Lattung 40 mm
12 Gipskarton 15 mm
13 Lochstreifen Tecu® Patina
14 Wärmedämmung + Windpapier
15 Stahlbetonwand 25 cm
16 Lattung 85 mm
mit 80 mm Mineralwolle
17 Eternitplatte 6 mm
18 Extrudierter Polysterol 80 mm

Gewerbepark Achbrücke
in Lauterach
Architekten:
C. Baumschlager + D. Eberle

Der an einer stark befahrenen Straße gelegene Gewerbepark besteht aus verschiedenen Einzelvolumen, die durch eine nahezu durchgehend geschlossene, dem Verkehrsweg zugewandte Kupferfassade zusammengefaßt werden. Lediglich in den Eckbereichen des Erdgeschosses ist das Gebäude mit ein- bzw. zweigeschossigen Aufbrüchen versehen, die das Gesamtvolumen differenzieren - Spannung und Leichtigkeit erzeugen.
Entgegen der geschlossenen vorderen Seite ist die rückwärtige Front des Gebäudes großräumig offen verglast. Das Gebäude an sich weist eine hohe Offenheit in seiner Struktur auf, so dass die Funktionen jederzeit wechseln können, ohne die Form zu verändern.

Sutterlüty



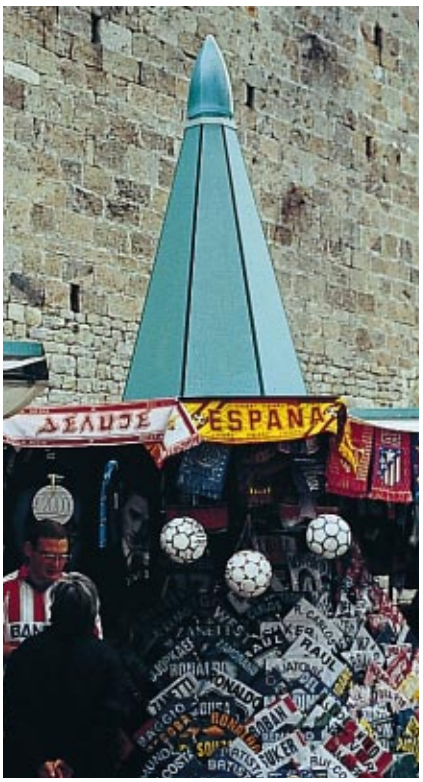


Konstruktionsdetail M 1:10

1 Stahlträger 40 x 15 x 2 mm
2 Führungsschiene
3 Teflon
4 verstellbare Ebene aus rückseitig emailliertem Glas
5 HEA 100
6 Blech
7 Linolium
8 Stahlträger 60 x 50 x 2 mm
9 Tecu® Patina
10 Sperrholz
11 Betonfertigteil

Verkaufsstände in Pisa
Architekt:
Salvatore Re, Asago

Im geschlossenen Zustand erinnern die vierzehn, in strenger Reihe vor der Stadtmauer Pisas stehenden, Systemverkaufsstände an Zelte. Die vollständig mit patinierten Kupfertafeln verkleideten Pyramiden, deren Spitzen Murano-Glas-Leuchten bilden, können durch Aufklappen der Seitenwände zu individuell nutzbaren Ständen verwandelt werden: Hochgeklappte Bereiche bieten mit eingespanntem Segeltuch den notwendigen direkten Sonnenschutz - abgeklappte Teile hingegen Ablageflächen für die jeweiligen Auslagen.



Stichwortverzeichnis

A
Anordnung zu anderen Metallen 17
Atmosphärisches Verhalten 17
Attiken 34
Aufdachrinnen 89
Aufsparrendämmung 43, 47, 49, 51
B
Banddeckung 33, 103
Bauphysikalische Zusammenhänge 24
Baufurniersperrholz 30
Bearbeitung 17
Befestigungsmittel 31, 99
Bemessungsgrundlagen 92
Bemessungstabelle 93
Belüftete Konstruktion 36
Belüftungsöffnung 29
Bitumendachbahnen 31
Brettschalung 30
Brandschutz 17
Braune Oxidschicht 19
Bruchdehnung 16
C
Coils 33
D
Dachaufbauten 39
Dachentwässerung 78
Dachneigung 29, 32, 43, 45, 69
Dachrinnen 80
Dachrinnenformen 83 - 89
Dampfbremse 26, 43
Dampfsperre 26, 37, 41-57
Deckungsarten 33
Dehnungsausgleich 67, 68, 91
Dichtungsbahnen 78
Diffusionsfeuchte 28
Doppelstehfalz 33, 59
Druckausgleich 28
Durchdringungen 75
E
Eigengewicht 16
Einläufe 82
Einhangstutzen 91
Einschalige Konstruktionen 37
Energiesparmaßnahmen 25
Entlüftungsöffnung 29
F
Fallrohre 81
Fallrohrdämmung 81
Falzung 33
Falzabschlüsse 69
Falztechniken 58
Farbveränderung 18
Fassadenbefestigungstechnik 97
Fassadenbekleidung 100-108
Fassadenunterkonstruktionen 97
Faser-Dämmstoffe 27
Festhafte 32
Feuchteanfall 24, 96
Festigkeitseigenschaften 16
Firstabschlüsse 70
Flach geneigte Dächer 34
Fugen und Ränder 26
G
Gauben 34, 36
Gefällesprung 67
Geschichte 2-13
Grat 73
Grüne Patina 19
Grünspan 21
H
Hafte 31, 32, 64, 65, 99
Halbhartes Kupfer 16
Haltbarkeit 16,
Holzschutzmittel 26
Holzstegträger 53
Hartschaum-Dämmstoffe 27
Historie 2-13
K
Kaminköpfe 34
Kehlen 68, 73
Kennzeichnung 17
Konstruktionsgrundlagen 25
Korrosionsverhalten 17
Kupfer als Spurenelement 20
Kupferdeckung 32
Kupfereintrag in den Naturkreislauf 20
Kupferfarbtöne 17
Kupfergewinnung 20
Kupfernägel 3
Kupfersorten 16
Kupferverwahrung 8
Kupfervorkommen 21
Kuppeln und Türme 36
L
Langlebigkeit 16
Längenänderung 66
Lattung 97
Leistenfalz 33
Leistendeckung 60, 61
Luftschicht 28, 98

M
Mechanische Eigenschaften 16
Metalldicken 16
N
Nicht belüftete Konstruktionen 37
O
Objektbeispiele 111-147
Ökobilanz 20
Ortgang 75
Oxidationsgeschwindigkeit 17
Oxidschichten 17, 19
P
Patina 3, 10, 16, 19
Primärenergiebedarf 20
Profilbahndeckung 34, 55
Pultdachfirst 71, 73
Pumpeffekt 37
Q
Querverbindungen 33, 62
Querfalz 33, 34, 62
R
Rautendeckung 35
Recyclingfähigkeit 20
Regenrinne 12
Reinheitsgrad 16
Restbaufeuchte 24, 36, 37
Rinneneinhang 90
Rinnengefälle 90
Rinnenhalter 80
Rinnenhalterbefestigung 90
Rinnenheizung 82
Rinnenlage 90
Rinnensiebe und –körbe 82
Rohrschellen 81
S
Satteldachfirst 70, 72
Schall 25
Schalung 30, 31, 78, 98
Schare 33
Schaumglas-Dämmstoffe 27
Schiebehafte 32
Schiebenaht 66
Schindeldeckung 107
Schutzschicht 2, 19
Schweißbahnen 31
Schwermetall 21
Sicherheitsüberlauf 82
Sonderformen 108
Spanplatten 30
Sparren 26
Spurenelement 21
Stahlbeton 55
Strömungsgeschwindigkeit im Luftraum 29
Stützbleche 99
T
Tafeldeckung 34
Tauwasser 17, 24, 29
TECU®-Kupfertafeln 19
Teilflächen 36
Thermik 29
Tonnendach 6, 36
Tragkonstruktion 41-57
Transmissionswärmeverlust 25
Trapezblechkonstruktion 57
Traufe 67, 69
Traublech 78
Traufbohle 78
Trennschichten 31, 41-57, 99
Türme und Kuppeln 2, 9
U
U-Profile 98
Übergänge 69
Unterhaltungs-/Pflegekosten 16
Unterkonstruktionen, Dach 26
Unterkonstruktionen, Fassade 97
Unterspannbahn/Notdeckung 28
Untersparrendämmung 45
V
Verankerung 97
Verbindungstechniken 90
Vertikale Banddeckung 13
Vollsparrendämmung 41, 43, 53
Volumen des Belüftungsraumes 29
Vorkommen 21
Vorpatiniertes Kupfer 19
W
Wabendeckung 35
Wandanschluss 71, 73
Wasserdampfkonvektion 26
Wärmebrücken 96
Wärmedämmung 27
Wärmedehnung 16
Wärmetechnische Konstruktionsmaßnahmen 25
Wärmedurchlasskoeffizient 25
Wärmeleitfähigkeit 25
Wasserspeier 12
Weiches Kupfer 16
Wetterschutz 96
Windsoglasten 63, 109
Winkelstehfalz 33, 59
Wirtschaftlichkeit 16
Z
Zusammenbau mit anderen Metallen 17
Zugfestigkeit 16
Zweischalige Konstruktionen 36
Zwischensparrendämmung 45, 49

Verzeichnis der DIN Normen

Norm:	Erschienen:	Titel:
DIN 1045	Feb 97	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Bemessung und Konstruktion
DIN 1055	Jul 78	Lastenannahmen für Bauten
DIN 1787	Jan 73	Kupfer; Halbzeug
DIN 1986	Jun 88	Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Technische Bestimmungen für den Bau
DIN 1986 T2	Mrz 95	Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Ermittlung der Nennweiten von Abwasser und Lüftungsleitungen
DIN 1986 T3	Jul 82	Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke
DIN 1986 T4	Nov 94	Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Verwendungsbereiche von Abwasserrohren und -formstücken verschiedener Werkstoffe
DIN 1986 T30	Jan 95	Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Instandhaltung
DIN 1986 T32	Jun 86	Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Rückstauverschlüsse für fäkalienfreies Abwasser; Inspektion und Wartung
DIN 4108 T1	Aug 81	Wärmeschutz im Hochbau; Größen und Einheiten
DIN 4108 T2	Aug 81	Wärmeschutz im Hochbau; Wärmedämmung und Wärmespeicherung; Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung
DIN 4108 T3	Entw. Jul 99	Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden

DIN 4108 T4	VN Nov 98	Wärmeschutz im Hochbau; Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte
DIN 4108 T5	Aug 81	Wärmeschutz im Hochbau
DIN 4108 T6	VN Apr 95	Wärmeschutz im Hochbau; Berechung des Jahresheizwärmebedarfs von Gebäuden
DIN 4108 T7	VN Nov 96	Wärmeschutz im Hochbau; Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen; Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie - beispiele
DIN EN 1172	Okt 96	Kupfer und Kupferlegierungen - Bleche und Bänder für das Bauwesen (ers. DIN 17650)
DIN EN10027		Bezeichnungssysteme für Stähle (ers. DIN 17007 T2)
DIN 17007 T4	Jul 63	Werkstoffnummern; Systematik der Hauptgruppen 2 und 3: Nichteisenmetalle
DIN EN 1652	Mrz 98	Kupfer und Kupferlegierungen; Platten, Bleche, Bänder, Streifen und Ronden zur allgemeinen Anwendung (ers.17670 T1)
DIN 18339	Mai 98	VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) : Klempnerarbeiten
DIN 18164	Aug 92	Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen; Dämmstoffe für die Wärmedämmung
DIN 18165	Jul 91	Faserdämmstoffe für das Bauwesen; Dämmstoffe für die Wärmedämmung
DIN 18460	Mai 89	Regenfallleitungen außerhalb von Gebäuden und Dachrinnen; Begriffe; Bemessungsgrundlagen
DIN EN 612	Mai 96	Hängedachrinnen und Regenfallrohre aus Metallblech - Begriffe, Einteilungen und Anforderungen (ers. DIN 18461)

Verzeichnis der DIN Normen

Norm:	Erschienen:	Titel:
DIN 68365	Nov 57	Bauholz für Zimmerarbeiten; Gütebedingungen
DIN 68705	Jul 81	Sperrholz
DIN 68763	Sep 90	Spanplatten; Flachpressplatten für das Bauwesen; Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Überwachung
DIN 68800-2	Mai 96	Holzschutz; Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau
DIN EN 504	Sep 91	Dachdeckungsprodukte aus Metallblech; Normenspezifikation diskontinuierlich verlegte, vollflächig unterstützte aufgelagerte Bedachungselemente aus Kupferblech
DIN EN 506	Sep 91	Dachdeckungsprodukte aus Metallblech; Normenspezifikation diskontinuierlich verlegte, selbsttragende Bedachungselemente aus Kupfer- und Zink-Kupfer-Titanblech (Titanzink)
DIN EN 832	Dez 98	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden; Berechnung des Heizenergiebedarfs; Wohngebäude
DIN EN 1462	Jun 97	Rinnenhalter für Hängedachrinnen - Anforderungen und Prüfung

Quellenverzeichnis

DKI-Informationsdruck i.004, Kupfer – Vorkommen Gewinnung Eigenschaften Verarbeitung Verwendung

DKI-Sonderdruck s. 131, Verhalten von Kupferoberflächen an der Atmosphäre Dr. Helmut Protzer, Dipl.-Ing. Fritz Röbbert

DKI-Sonderdruck s. 146, Dachentwässerung mit Kupfer, Dipl.-Ing. Fritz Röbbert

DKI-Sonderdruck s. 145/149, Dachdeckung und Außenwandbekleidung mit Kupfer Dipl.-Ing. Fritz Röbbert

DKI-Fachbuch Kupfer im Hochbau

TECU®-Kupfer Planen, Gestalten, Verarbeiten, Dipl.-Ing. Fritz Röbbert, KME

ZVSHK – Fachregeln für die Ausführung von Metalldächern, Außenwandbekleidungen und Bauklempnerarbeiten 1999