



# Dachdeckung und Außenwandbekleidung mit Kupfer

**Herausgeber:**

Deutsches Kupferinstitut  
Auskunfts- und Beratungsstelle  
für die Verwendung von  
Kupfer und Kupferlegierungen

Am Bonneshof 5  
40474 Düsseldorf  
Telefon: (0211) 4 79 63 00  
Telefax: (0211) 4 79 63 10  
info@kupferinstitut.de  
www.kupferinstitut.de

**Produktion:**

breuerdruck GmbH, Düsseldorf

Auflage 02/2002

Alle Rechte, auch die des  
auszugsweisen Nachdrucks und  
der photomechanischen oder  
elektronischen Wiedergabe,  
vorbehalten.

Wir danken der ICA (International Copper  
Association), New York und der  
ECI (European Copper Institute), Brüssel, für  
die besondere Unterstützung zur Herausgabe  
dieser Informationsschrift.

Für die Leihgabe des Bildmaterials danken  
wir der Fa. KM Europa Metal AG, Osnabrück.

# Dachdeckung und Außenwand- bekleidung mit Kupfer

## Inhalt:

<b>1. Kupfer – wirtschaftlich, dauerhaft, schön . . . . .</b>	<b>2</b>	4.2.3 Trennlage . . . . .	<b>9</b>
<b>2. Der Werkstoff Kupfer . . . . .</b>	<b>3</b>	4.2.4 Temperaturbedingte Längenänderungen . . . . .	<b>10</b>
2.1 Mechanisch-physikalisch-technologische Angaben . . . . .	<b>3</b>	4.2.5 Berücksichtigung der Windsogkräfte . . . . .	<b>10</b>
2.2 Harmonische Anpassung an andere Baustoffe. . . . .	<b>3</b>	4.2.6 Kuppeln und Türme . . . . .	<b>11</b>
2.3 Verhalten an der Atmosphäre . . . . .	<b>3</b>	4.3 Falztechniken . . . . .	<b>12</b>
2.4 Ablauf der Schichtbildung . . . . .	<b>3</b>	4.3.1 Banddeckung . . . . .	<b>12</b>
2.5 Vorübergehende Abweichungen . . . . .	<b>4</b>	4.3.2 Tafeldeckung . . . . .	<b>12</b>
2.6 Patina ist kein Grünspan! . . . . .	<b>4</b>	4.3.3 Doppelstehfalzdeckung . . . . .	<b>12</b>
2.7 Künstliche Beeinflussung der Patinabildung . . . . .	<b>4</b>	4.3.4 Die Winkelstehfalzdeckung . . . . .	<b>12</b>
2.8 Zusammenbau mit anderen Metallen . . . . .	<b>4</b>	4.3.5 Die Leistendeckung . . . . .	<b>13</b>
2.9 Qualitätsanforderungen . . . . .	<b>5</b>	4.4 Verarbeitungstechniken . . . . .	<b>13</b>
<b>3. EN 1172 Bänder und Bleche aus Kupfer für das Bauwesen . . . . .</b>	<b>6</b>	4.4.1 Hafte . . . . .	<b>13</b>
3.1 Geradheit der Längskanten (Säbelförmigkeit) . . . . .	<b>6</b>	4.4.2 Kleben . . . . .	<b>13</b>
3.1.1 Bleche . . . . .	<b>6</b>	4.4.3 Schiebenaht . . . . .	<b>14</b>
3.1.2 Bänder . . . . .	<b>6</b>	4.4.4 Gefällesprung . . . . .	<b>14</b>
3.2 Ebenheit (Planheit) . . . . .	<b>6</b>	4.4.5 Traufen . . . . .	<b>14</b>
3.2.1 Bleche . . . . .	<b>6</b>	4.4.6 Kehlen . . . . .	<b>14</b>
3.2.2 Bänder . . . . .	<b>6</b>	4.4.7 Querspalze . . . . .	<b>14</b>
<b>4. Konstruktionsgrundsätze für Dach- und Wandaufbau . . . . .</b>	<b>7</b>	4.4.8 Querstöße . . . . .	<b>14</b>
4.1 Bauphysikalische Zusammenhänge . . . . .	<b>7</b>	4.5 Anschlüsse . . . . .	<b>15</b>
4.1.1 Zweischaliger, belüfteter Aufbau . . . . .	<b>7</b>	4.5.1 Ortgang . . . . .	<b>15</b>
4.1.2 Einschaliger, nicht belüfteter Aufbau . . . . .	<b>8</b>	4.5.2 Wandanschluss . . . . .	<b>15</b>
4.2 Befestigung der Kupferdeckung . . . . .	<b>9</b>	4.5.3 Kappleisten . . . . .	<b>15</b>
4.2.1 Scharbreiten . . . . .	<b>9</b>	4.5.4 Firstanschluss, Grat . . . . .	<b>15</b>
4.2.2 Scharlängen . . . . .	<b>9</b>	4.5.5 Durchdringungen . . . . .	<b>15</b>
		4.5.6 Abdeckungen . . . . .	<b>15</b>
		<b>5. Sonderformen . . . . .</b>	<b>16</b>
		5.1 Kupfer-Profilbahnen . . . . .	<b>16</b>
		5.2 Kupfer-Fassadenplatten . . . . .	<b>16</b>

# 1. Kupfer – wirtschaftlich, dauerhaft, schön

Kupfer ist ein traditionsreicher Bauwerkstoff, der über Jahrhunderte immer wieder von großen Baumeistern für technisch und gestalterisch anspruchsvolle Aufgaben verwendet wurde. Jeder kennt die schönen grünen Dächer auf historischen Bauten. Die Langlebigkeit des Kupfers ist sprichwörtlich. Architekten und Bauherren haben nicht zuletzt aus diesem Grund dieses schöne Gebrauchsmetall in den letzten Jahren in zunehmendem Maße bei der Durch-

führung von modernen Bauten sowie der Modernisierung und Sanierung verwendet. Es spielt heute eine bedeutende Rolle bei der Dachdeckung, der Außenwandbekleidung und der Dachentwässerung. Das Interesse an Kupfer in der heutigen Architektur basiert auf wirtschaftlichen und gestalterischen Überlegungen und auch, im Zusammenwirken mit anderen natürlichen Baustoffen, auf einer zunehmenden Sensibilität gegenüber

- Hohe Lebensdauer durch außerordentliche Korrosionsbeständigkeit gegen atmosphärische Einflüsse und gegen Tauwasser.
- Gute Verarbeitbarkeit bei der Gestaltung schwieriger Konstruktionsdetails.
- Keine Beeinträchtigung der Verform-

lität. Ein sog. Downcycling, wie es bei anderen Werkstoffen vorkommt, gibt es bei Kupfer nicht.

- Die Verbindungstechnik des Falzens ermöglicht eine hohe Flexibilität an Zuschnitten und schwierigen Konstruktionsdetails. Mit der Weiterentwicklung alter Handwerkstechniken und der Ergänzung durch neuzeitliche Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren wurde ein hoher technischer und gestalterischer Stand erreicht.
- Kupfer ist aufgrund seiner Stellung auf der positiven Seite der elektrochemischen Spannungsreihe durch andere Metalle nicht gefährdet.
- Kupfer ist aufgrund seiner ökonomischen und ökologischen Eigenschaften ein nachhaltiger Werkstoff.



Kupfer ist jedoch nicht nur das Metall für große repräsentative Dächer und Fassaden. Einen wesentlichen und ständig steigenden Einsatz im Neubau und in der Altbaumodernisierung findet Kupfer zur Herstellung von Dachkehlen, Schornsteinverwahrungen, Dachrinnen, Dachgaubenbekleidungen, Wandanschlüssen usw. Das kann der Interessierte beobachten, wenn er sich daraufhin einmal die Dächer von Neubauten oder Altbaumodernisierungen ansieht.

Der Grund dafür, dass als optisch anspruchsvoll geltende Kupfer auch an solchen, gestalterisch nicht besonders wirksamen Stellen einzusetzen, ist zweifellos die außerordentliche Korrosionsbeständigkeit dieses Werkstoffes. Von diesen besonders stark durch Umwelteinflüsse beanspruchten Bauteilen hängt häufig die Lebensdauer der gesamten Dachkonstruktion ab, so dass hier ein äußerst haltbares Material die einzig vertretbare Lösung ist. Deshalb sind Architekt und Bauherr sowie der verantwortungsbewusste Handwerker gut beraten, auch bei diesen „unscheinbaren Details“ auf Kupfer zu bauen.

barkeit auch bei niedrigen Temperaturen.

- Harmonische Anpassung an andere Baustoffe durch eine natürliche Materialoberfläche. Die Patina macht das Kupfer mit zunehmendem Alter schöner.
- Wirtschaftlichkeit, geringe Unterhaltungskosten, keine Reinigung.
- Kupfer ist zu 100 % recycelbar. Sein hoher Reinheitsgrad garantiert eine Wiederverwendung in gleicher Qua-

## 2. Der Werkstoff Kupfer

In der Dachdeckung und Außenwandbekleidung mit Kupfer wird nach EN 1172 „Bleche und Bänder für das Bauwesen“ ausschließlich Cu-DHP verwendet.

Das ist sauerstofffreies phosphordesoxidiertes Kupfer mit einem Reinheitsgrad von mindestens 99,9%. Diese Kupfersorte ist hervorragend verformbar, hat eine hohe Bruchdehnung und ist auch für Verbindungstechniken mit hohen Temperaturen geeignet. Die bei der Wärmedehnung angegebene Temperaturdifferenz von 100 K ist realistisch. Metallflächen können bei Sonneneinstrahlung im Sommer +80°C erreichen und im Winter bis auf -20°C abkühlen.

Kupfer hat die höchste Bruchdehnung von allen Baumetallen und ist deshalb gerade bei komplizierten Anschlüssen, bei denen starke Verformungen erforderlich sind, besonders geeignet. In diesen Bereichen wird deshalb Kupfer in weichem Zustand (R 220) verwendet, während bei flächigen Dachdeckungen und Außenwandbekleidungen sowie Dachentwässerungen üblicherweise Cu-DHP R 240 eingesetzt wird. Zwischen Zugfestigkeit und Bruchdehnung besteht ein direkter Zusammenhang [1]. Je geringer die Zugfestigkeit, desto größer die Bruchdehnung. Je größer die Bruchdehnung, desto besser ist das Formänderungsvermögen. Die Zugfestigkeit von Kupfer wird durch wiederholte Verformungen erhöht und kann durch Erwärmen wieder vermindert werden.

### 2.1 Mechanisch-physikalisch-technologische Angaben

Wärmedehnung 1,7 mm/m

(bei  $\Delta t = 100$  K)

Spezifisches Gew. 8,93 kg/dm<sup>3</sup>

Schmelzpunkt 1083°C

Zugfestigkeit ( $R_m$ )

R 220 (weich) 220 – 260 N/mm<sup>2</sup>

R 240 (halbhart) 240 – 300 N/mm<sup>2</sup>

Bruchdehnung ( $A_5$ )

R 220 (weich)  $\approx$  42%

R 240 (halbhart)  $\approx$  15%

### 2.2 Harmonische Anpassung an andere Baustoffe

Das relativ hohe spezifische Gewicht von Kupfer ist bei den in der Stehfalz-

technik üblichen geringen Metalldecken von 0,6 bis 0,7 mm für die statische Belastung des Gebäudes von untergeordneter Bedeutung, es handelt sich hier immer um eine leichte Konstruktion.

Der hohe Schmelzpunkt von 1083°C ermöglicht alle Verbindungstechniken bis hin zum Hartlöten und Schweißen und kann andererseits wegen der dadurch bedingten Standfestigkeit bei Hitzestrahlung die Ausbreitung eines Brandes wirksam verhindern.

gegen weitere Korrosionsangriffe dar und garantiert somit die hohe Haltbarkeit. Kupfer hat eine gute Beständigkeit gegen Baustoffe wie Gips, Kalk und Zement und ist nicht durch Tauwasser gefährdet.

### 2.4 Ablauf der Schichtbildung

Das metallblanke Kupfer bildet an trockener Luft innerhalb weniger Stunden einen Oxidfilm aus Kupfer[I]-Oxid, der mit dem bloßen Auge noch nicht wahrnehmbar ist. Dieser Film stabili-



### 2.3 Verhalten an der Atmosphäre

Kupfer ist gerade unter den heutigen Umweltbedingungen ein außerordentlich beständiger Bauwerkstoff mit einer technischen Lebenserwartung von über 200 Jahren. Diese Beständigkeit beruht auf seiner Fähigkeit, an der Atmosphäre eine witterungsbeständige, festhaftende und nicht giftige Schutzschicht auszubilden. Diese Oxidschicht ist in sich stabil und selbstheilend. Ihre Zusammensetzung kann aufgrund regional unterschiedlicher atmosphärischer Bedingungen verschieden sein, sie besteht jedoch meist aus basischem Kupfersulfat. Unabhängig von ihrer Zusammensetzung stellt sie einen optimalen Schutz

siert die Oberfläche des Kupfers bereits merklich gegenüber den Einwirkungen der Atmosphäre. Die langsame Weiterbildung der Oxidschicht infolge Reaktion des Kupfers mit Feuchtigkeit, Luftsauerstoff und aggressiven Luftinhalstoffen lässt allmählich eine gleichmäßige Braunfärbung entstehen; die Oberfläche des Kupfers verliert dabei zunehmend den metallischen Glanz. Das Braun wird immer dunkler und geht im Laufe der Zeit in anthrazitbraun über. Dies ist im allgemeinen der farbliche Endzustand an senkrechten Gebäudeflächen, wie Außenwandbekleidungen. Bei geneigten Dachflächen verändert sich die Schutzschicht farblich weiter, bis das kupfertypische

Patinagrün erreicht ist. Die Ursache für diese Weiterentwicklung ist die längere Verweilzeit von Niederschlägen auf geneigten Dachflächen und die damit verbundene verstärkte Bildung basischer Kupferverbindungen.

Bei einer Kombination von geneigten und senkrechten Kupferflächen sollte deshalb, aber auch aus dehnungstechnischen Gründen, eine Unterbrechung in Form einer Tropfkante angeordnet werden, um eine saubere Trennung zwischen den sich farblich unterschiedlich entwickelnden Oberflächen zu erreichen.

## 2.5 Vorübergehende Abweichungen

Durch Rückstände von Walzemulsionen auf der Kuperoberfläche kann die Oxidschichtbildung vorübergehend verzögert werden.

Luftinhaltsstoffe, aber auch Handschweiß, können bei kondensierendem Nebel oder Sprühregen auf noch metallblanken Kupferflächen eine heftige Bildung von Oxiden auslösen, so dass innerhalb eines kurzen Zeitraumes übergangslos eine teils fleckige Dunkelfärbung entsteht. Untersuchungen [2] haben ergeben, dass solche Abweichungen nur eine vorübergehende optische Erscheinung sind, durch die kein Schaden an der Kupferbekleidung entsteht.

In ländlichen Gebieten werden zuweilen Farbabweichungen bis hin zum Lila beobachtet, die jedoch als Laune der Natur betrachtet werden müssen. Sie haben keinen Einfluss auf die technische Lebensdauer der Kupferbauteile [16].

In allen bekannten Fällen hat sich nach etwa 24 bis 36 Monaten, an geschützt liegenden Flächen auch langsamer, eine weitgehend gleichmäßige, dunkle Oxid- und Deckschicht gebildet.

## 2.6 Patina ist kein Grünspan!

An dieser Stelle möchten wir auf ein altes Missverständnis hinweisen: Grünfärbungen an Kupferbauteilen werden häufig fälschlicherweise als Grünspan bezeichnet. Grünspan ist ein Salz der Essigsäure in Verbindung mit Kupfer und wird nur aufgrund seiner Farbe oft mit der Patina verwechselt. Grünspan ist wasserlöslich und kann deswegen niemals die schützende

Funktion einer Patina übernehmen. Da am Bau in der Regel keine Essigsäuren verarbeitet werden kommt es dort auch nicht vor.

Die natürliche braun, bzw. grün ausgebildete Deckschicht auf Kuperoberflächen besteht im Wesentlichen aus ungiftigem Cu(I)-oxid und darf mit Grünspan nicht verwechselt werden. Fazit: Bei Grünfärbungen an Kupferbauteilen im Bauwesen handelt es sich immer um (alkalische) Korrosionsprodukte oder Patina, niemals um Grünspan.

## 2.7 Künstliche Beeinflussung der Patinabildung

Von Architekten und Bauherren werden immer wieder Überlegungen angestellt, den natürlichen Ablauf der Patinabildung zu beeinflussen. Es gibt zwar eine Reihe chemischer Färbeverfahren, die jedoch nur für die Anwendung im Innenbereich und für kleinteilige Gegenstände aus Kupfer, wie Ziergeräte gedacht sind.

Die großflächige Anwendung im Außenbereich ist unter Baustellenbedingungen kaum praktikabel, das meist fleckige Ergebnis entspricht mit Sicherheit nicht den Erwartungen. Darüber hinaus sind die künstlich geschaffenen Oxidschichten im allgemeinen nicht witterungsbeständig, so dass der natürliche Oxidationsprozess diese Schichten nach einiger Zeit ablöst und damit den ganzen Aufwand zunichte macht.

Alternativ sind werkseitig grün vorpatinierte und braun voroxidierte Kupfertafeln und -Bänder lieferbar, mit denen auch großflächige Deckungen im Außenbereich ausgeführt werden können. Die Oberfläche besteht aus Metallverbindungen, die hinsichtlich Farbton und Beständigkeit der an der Atmosphäre entstehenden braunen Oxidschicht, bzw. grünen Patina vergleichbar sind.

Die Erhaltung der walzblanken Kupferoberfläche ist im Außenbereich fragwürdig, weil die dazu verwendeten Klarlacke ebenfalls nur eine begrenzte Lebensdauer haben und im Verlauf der Verwitterung porös werden, so dass hier die Oxidschichtbildung partiell einsetzt, was dann zu besonders hässlichen Verfärbungen führt.

## 2.8 Zusammenbau mit anderen Metallen

Kupfer ist aufgrund seiner Stellung auf der positiven Seite in der elektrochemischen Spannungsreihe durch andere Metalle nicht gefährdet. Bei falscher Kombination mit anderen Metallen können diese jedoch gefährdet werden. Grundsätzlich ist die beliebige Kombination von Kupfer mit Blei und Edelstahl (Werkstoff-Nrn. 1.4301, 1.4401 und 1.4571) unbedenklich.

Ein Zusammenbau von Kupfer und Aluminium ist dann relativ unproblematisch, wenn das Aluminium durch Beschichtung oder Anodisierung eine elektrisch nicht leitende Oberfläche besitzt, so dass kupferhaltiges Wasser kein elektrochemisches Element mit dem Aluminium bilden kann. Eine direkte Berührung zwischen den beiden Metallen ist jedoch durch Anordnen einer Fuge oder durch Zwischenschaltung von nichtleitenden Stoffen zu verhindern.

Zu vermeiden ist die Anordnung von Kupferbauteilen oberhalb von Zink oder verzinktem Stahl, weil durch abfließendes Regenwasser mitgeführte Kupferionen zur Elementbildung auf dem Zink und zu dessen schneller Zerstörung führen. Die umgekehrte Anordnung von Zink oberhalb von Kupfer ist unbedenklich, es dürfen jedoch keine Berührungspunkte zwischen den beiden Metallen vorhanden sein.

## 2.9 Qualitätsanforderungen

Die zunehmende Anwendung von Kupferwalzmaterial in der Klempnertechnik, die gestiegenen Ansprüche an die Qualität der Ausführung und die Entwicklung neuzeitlicher Verarbeitungsverfahren stellen an das Ausgangsmaterial Kupfer sehr viel höhere Ansprüche als in früheren Zeiten. Dieser Entwicklung wurde durch die Schaffung der EN 1172, Bänder und Bleche für das Bauwesen [3] Rechnung getragen. Kupfer-Tafeln und -Bänder für die Klempnertechnik werden nach dieser Norm gefertigt.

Die Toleranzen sind gegenüber anderen Normen hinsichtlich der Geradheit (Säbelförmigkeit), Dicke und Planheit (Ebenheit), sowie der übrigen technologischen Werte (Tabellen 1, 2, und 3) stark eingengt.

Tafeln und Bänder müssen nach EN 1172 in den Abmessungen 500, 600, 670, 700, 800 und 1000 mm wischfest und fortlaufend gekennzeichnet werden mit:

- Nennmaß der Dicke (z. B. 0,6)
- Nummer der europäischen Norm (EN 1172)

- Werkstoff-Kurzzeichen oder Werkstoffnummer (z. B. Cu-DHP)
- Zustandsbezeichnung (z. B. R 240)
- Name oder Bezeichnung des Herstellers
- Name oder Bezeichnung des Herstellerlandes ausgeschrieben (z. B. Deutschland)

Außerdem können zusätzliche Angaben gemacht werden, z. B. Markenzeichen und/oder Fassadenqualität.

**Tabelle 1: Auszug von Werkstoffdaten**

Kurzzeichen	Werkstoff-Nummer	Zusammensetzung	Anwendungsgebiete
Cu-DHP	CW 024A	EN 1172	Bauwesen, z.B. Dachentwässerungen, Dachrinnen, Regenfallrohre, Dachdeckungen, Fassadenbekleidungen, Attikabekleidungen, Dachgaubenbekleidungen, Ortgänge, Schornsteinverwahrungen, Kehlen
CuZn 0,5	CW 119C	EN 1172	Dachrinnen, Regenfallrohre und Zubehör nach DIN EN 612

**Tabelle 2: Mechanische Eigenschaften**

Kurzzeichen	Nummer	Zugfestigkeit $R_m$ N/mm <sup>2</sup>	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ N/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung $A_{50mmr}$ %min	Vickershärte HV
Cu-DHP CuZn 0,5	CW 024A CW 119C				
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

**Tabelle 3: Maßtoleranzen**

Maße			Vorzugslänge von Blech	Dicke	Grenzabmaße für		Längenbezogene Masse* bei 100 mm Breite kg/m
Dicke	Breite	Ring-Innendurchmesser von Band			Breite	Länge von Blech	
0,5	bis 1250	Rollen mit 300, 400, 500 oder 600 mm	2000, 2500 oder 3000 mm	± 0,02	+2 0	+10 0	0,445
0,6							0,534
0,7							0,623
0,8							0,712
1							0,890

\* zugrundegelegt wurde eine Dichte von 9,8 kg/dm<sup>3</sup>

# 3. EN 1172 Bänder und Bleche aus Kupfer für das Bauwesen

## 3.1 Geradheit der Längskanten (Säbelförmigkeit)

### 3.1.1 Bleche

Für Bleche bis 3000 mm Länge beträgt die Geradheitstoleranz der Längskanten nicht mehr als 1 mm je Meter Messlänge, jedoch nicht mehr als 3 mm bei 3 m Kantenlänge.

### 3.1.2 Bänder

Für Bänder beträgt die Geradheitstoleranz der Längskanten nicht mehr als 1 mm je Meter Messlänge, auf eine Länge von 5 m jedoch nicht mehr als 5 mm. Besondere Anforderungen an die Geradheit, z. B. für Fassaden, sind bei der Bestellung zu vereinbaren.

## 3.2 Ebenheit (Planheit)

### 3.2.1 Bleche

Anforderungen an die Ebenheit von Blechen dürfen für alle Lieferzustände, ausgenommen dem weichen Zustand R 220, gestellt werden. Für die Ebenheitstoleranz, bezogen auf 1 Meter Messlänge, sind 1-2 mm zugelassen.

### 3.2.2 Bänder

Anforderungen an die Ebenheit von Bändern in Walzrichtung dürfen nicht gestellt werden, da durch die Aufhaspelung nach dem Abrollen immer eine Wölbung zurückbleiben kann. Besondere Anforderungen an die Geradheit und Ebenheit von Bändern, z. B. für Fassaden, sind bei der Bestellung zu vereinbaren.

Im eigenen Interesse und zum Nachweis der Sorgfaltspflicht sollte der Verarbeiter nur gekennzeichnetes Material auf der Baustelle verwenden. Die Kennzeichnung bedeutet für ihn eine durchlaufende Überwachung der Qualität und einen Schutz bei evtl. Reklamationen.

Vor allem im Bereich der Außenwandbekleidung mit Kupfer werden vom Architekten und Bauherrn zunehmend höhere Anforderungen an das Aussehen der Klempnerarbeit gestellt. Das betrifft besonders den Wunsch nach einer möglichst wellenfreien Oberfläche. Ganz lässt sich eine Wellen- oder Beulenbildung bei der Falztechnik natürlich nie vermeiden, da eine solche Kupfer-Außenwandbekleidung keine industriell vorgefertigte glatte und konfektionierte Fläche darstellt, sondern das Ergebnis solider Handarbeit.

Durch die Spiegelung des noch blanken Kupfers sind leichte Unebenheiten anfänglich noch auffällig, mit der fort-

schreitenden Oxidschichtbildung wird die Oberfläche jedoch stumpf, und die Unebenheiten treten optisch zurück. Der Verarbeiter muss die Erreichung einer möglichst wellenarmen, glatten und schönen Fläche anstreben und bedient sich dabei Abkantbänken größerer Abmessung oder Rollformern für die Herstellung der Schare. Diese Auflage bedingt den Einsatz eines Vormaterials, welches möglichst spannungsarm und gerade ist. Diesen Anforderungen werden Kupferbleche nach EN 1172 im Besonderen gerecht (Tabelle 4). Bei sachgerechter Verarbeitung sind damit hervorragende Ergebnisse zu erzielen.

Tabelle 4: Weiter eingeeengte Toleranzen am Beispiel einer Fassadenqualität

Dickentoleranz	± 0,02 mm
Säbelligkeit	
-Messlänge 1 m	0,1 mm/m bzw. nicht mehr messbar
-Messlänge 5 m	< 0,5 mm
Planheit (Wellenhöhe)	
-Messlänge 1 m	< 0,1% der Wellenlänge
Technologische Werte	EN 1172, R 240 Festigkeit (R <sub>m</sub> ) 245 bis 275 N/mm <sup>2</sup> Streckgr. (R <sub>p0,2</sub> ) 170 bis 230 N/mm <sup>2</sup> Dehnung (A10) ≥ 30%
Ring-Innen-Ø*	400 / 500 / 600 mm
Kennzeichnung	Alle Bänder und Tafeln mit - Warenzeichen - Hersteller - Deutschland - EN 1172 - Kupfersorte Cu-DHP - Festigkeit R 240 - Dicke - Fassade gekennzeichnet.
Einsatz	
Anwendungsbereiche	Besonders Außenwandbekleidungen

\* wenn keine Abcoilvorrichtungen vorhanden sind, empfiehlt sich die Verwendung von Kupfertafeln.



## 4. Konstruktionsgrundsätze für Dach- und Wandaufbau

Neben der Klempnertechnik sind bei Planung und Ausführung einer Dachdeckung oder Außenwandbekleidung auch die bauphysikalischen Beanspruchungen zu berücksichtigen, die sich aus Gebäudenutzung und Konstruktion ergeben.

Die Unterkonstruktion in Form einer Schalung übernimmt bei einer Deckung in klempnertechnischer Ausführung die statische Funktion, die Metallhaut ist nicht selbsttragend, und muss deshalb flächig unterstützt werden.

### 4.1 Bauphysikalische Zusammenhänge

Abhängig von Gebäudenutzung und Konstruktionsaufbau entsteht im Zusammenhang aus Raumtemperatur, Nutzungsfeuchte und Baufeuchte ein Dampfdruckgefälle zur kälteren Außenseite hin.

Die Diffusion des gasförmigen Wassers wird bei einer zweischaligen Konstruktion durch die Hinterlüftung unterhalb der Metalldeckung abgeführt, oder bei einer einschaligen Konstruktion durch eine innenseitige diffusionsdichte Dampfsperre verhindert.

#### 4.1.1 Zweischaliger, belüfteter Aufbau

Belüftete Dächer werden als zweischalige Konstruktionen bezeichnet, wobei die Schalung, Trennschicht und Kupferdeckung, als äußere Schale von der wärmedämmten Unterkonstruktion, als innere Schale, durch einen Zwischenraum getrennt wird. Dieser Zwischenraum steht über Be- und Entlüftungsöffnungen mit der Außenluft in Verbindung.

Der aus dem Gebäudeinneren diffundierende Wasserdampf wird oberhalb der Wärmedämmung von der vorbeistreichenden Luft mitgenommen und durch die Entlüftungsöffnungen abgeführt. Betondecken und Mauerwerk wirken durch Masse und Gefüge dampfbremsend und können eine gewisse Menge Feuchte speichern, eine Dampfbremse ist hier in der Regel nicht erforderlich. Eine leichte Unterkonstruktion, z. B. raumseitige Schalung mit Wärmedämmung, braucht in jedem Fall unbedingt eine Dampfbremse unterhalb der Dämmung, weil eine Pufferwirkung nicht gegeben ist und aufgrund des geringen Dampfdiffusionswiderstandes der Konstruk-



tionsschichten die Hinterlüftung überlastet würde. Außerdem hat die Dampfbremse hier auch die Funktion der Abdichtung eventuell offener Fugen in der Unterkonstruktion. Oberhalb der Wärmedämmung darf keine Dampfbremse angeordnet werden, weil dadurch das Prinzip des hinterlüfteten Aufbaus zunichte gemacht würde (Tauwasserfalle).

In Verbindung mit ausreichendem Wärmeschutz sind in der DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ [4] die Mindestanforderungen für Ausführung und Abmessung der hinterlüfteten Konstruktionen vorgegeben. Die dort aufgeführten Werte für die Be- und Entlüftung sowie für den Luftraum sind jedoch Mindestanforderungen und sollten bei der Planung nicht als Bemessungsgrundlage dienen. Bauleranzen und nachträgliche Volumenvergrößerung von Wärmedämmstoffen durch Entspannung oder Aufnahme von Luftfeuchte können die knappen

Hinterlüftungsräume einengen oder verschließen, die Funktion der Hinterlüftung ist dann nicht mehr gewährleistet. Der Planer oder Ausführende sollte deshalb bei der Bemessung der Hinterlüftung die in den Fachregeln des Klempner-Handwerks [5] vom ZVSHK angegebenen Richtwerte zugrunde legen, die ausreichende Sicherheiten enthalten. Sie gelten für eine Lüftungsweglänge bis 15 m.

#### Be- und Entlüftungen bei Dächern

- Dachneigung unter 5% (3°): in diese Gruppe sind auch Dächer mit Innengefälle (innenliegende Rinne) einzuordnen.
- Freier Lüftungsquerschnitt 2 x 1/400 (2 x 2,5‰) an mindestens zwei gegenüberliegenden Traufen der zugehörigen Dachfläche oder umlaufender Lüftungsschlitz 2 cm breit.
- Mindesthöhe des durchströmbaren Luftraumes: 20 cm.

- Dachneigung von 5 bis 36 % (3° bis 20°):
  - Freie Zuluftöffnung 1/500 (2,0‰) der zugehörigen Dachfläche.
  - Freie Abluftöffnung 1/400 (2,5‰) der zugehörigen Dachfläche.
  - Mindesthöhe des durchströmten Luftraumes: 10 cm.
  - Bei Dachneigungen von 5° bis 14° sollten die Lüftungsschlitze möglichst durchgehend angeordnet sein.
- Dachneigung über 36 % (20°):
  - Freie Zuluftöffnung 1/500 (2,0‰) der zugehörigen Dachfläche.
  - Freie Abluftöffnung 1/400 (2,5‰) der zugehörigen Dachfläche.
  - Mindesthöhe des durchströmten Luftraumes: 5 cm

#### Be- und Entlüftungen bei Wandbekleidungen

- Freie Zuluftöffnung 1/1000 (1,0‰) der zugehörigen Wandfläche.
- Freie Abluftöffnung 1/800 (1,25‰) der zugehörigen Wandfläche.
- Mindesthöhe des durchströmten Luftraumes: 2 cm.

Bei der Bemessung der Be- und Entlüftungsöffnungen ist die Querschnittsreduzierung durch eventuell vorgesehene Schutzgitter oder Lochbleche entsprechend zu berücksichtigen! Zugrundegelegt wurde die Wärmedämmung nach DIN 4108, ein normales Raumklima bis +20 °C und eine relative Luftfeuchte von 60 %.

#### Be- und Entlüften von Teilflächen

In Problembereichen wie Gauben, Dachflächenfenstern, Kehlen oder Gärten, aber auch bei Walm, Zelt- oder Tonnendächern kann es zur Unterbrechung des Lüftungsstromes kommen. Hier ist eine Umlenkung des Lüftungsstromes notwendig. In diesem Fall sollten jedoch 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 unterschiedliche geeignete, durchlüftete

Konstruktionen ausgeführt werden, erfolgt die Be- und Entlüftung über die Traufe und den höchsten Punkt der Konstruktion.

#### Be- und Entlüftungen bei Sonderfällen

Bei Dach- und Wandkonstruktionen für klimatisierte Räume und Schwimmbäder ist mit erhöhter Luftfeuchte und verstärkter Dampfdiffusion zu rechnen. Die Be- und Entlüftungen sowie der konstruktive Aufbau sind hier vom Planer nach DIN 4108, Teil 5, Abs. 11.2.4 rechnerisch zu ermitteln und hinsichtlich Größe, Anordnung und Ausführung anzugeben.

#### 4.1.2 Einschaliger, nicht belüfteter Aufbau

Es ist heute bekannt, dass eine Vielzahl von Einflussfaktoren die Belüftung in einer zweischaligen Konstruktion negativ beeinflussen kann. Das sind z. B. zu große Belüftungslängen, zu geringe Thermik bei geringer Dachneigung, komplizierte Geometrie des Dachaufbaus, unvermeidbare Unterbrechungen des Belüftungsraumes,

usw. In derartigen Fällen wird empfohlen, durch Einbau einer Dampfsperre an der Innenseite der Konstruktion das Eindiffundieren von Feuchte zu unterbinden und eine einschalige, nicht belüftete Konstruktion auszuführen. Dabei ist von entscheidender Bedeutung, diese Sperre auch in den Stößen und Randanschlüssen exakt dicht auszuführen. Restbaufeuchte und geringe, durch die Falze eindringende Feuchtigkeit werden über die nicht luftdichten Falze bei Überdruck durch Sonnenerwärmung abgeführt. Die richtig ausgeführte einschalige Unterkonstruktion für die Kupferdeckung ist sicher und Stand der Technik.

Weiterführende Informationen hierzu enthält das Regelwerk „Unbelüftete wärmedämmte Metall-Dächer in Klempnertechnik, Ausführung, Besonderheiten“ vom Zentralverband Sanitär-Heizung-Klima, St. Augustin. [17]

#### Schalung für Dächer

Die Verlegung von Kupferscharen in Falztechnik erfordert eine flächige Unterschalung, weil die Metalldeckung



nicht selbsttragend ist. Dafür ist grundsätzlich eine Holzschalung befestigungstechnisch und bauphysikalisch am besten geeignet.

Verwendet wird Schalung aus lufttrockenem Fichtenholz nach DIN 68 365 [7], Güteklasse 1, parallel besäumt und ungehobelt. Die Mindestdicke beträgt 24 mm, die breite Seite sollte 40 bis 160 mm betragen.

Nach DIN 1052 [8], Holzbauwerke, Teil 1, sind die Bretter mit wenigstens 2 Drahtstiften oder gleichwertig auf jedem Auflager (Sparren, Binder) zu befestigen.

Für den Traufbereich wird die Tieferlegung der Traufbohle um ca. 5 mm empfohlen, um bei flachen Dachneigungen eine mögliche Unterschreitung der Mindestdachneigung, bedingt durch die Aufdoppelung der Kupferdeckung, zu vermeiden.

Nach den Landesbauordnungen ist bei Bauteilen aus Holz eine Imprägnierung mit einem zugelassenen Holzschutzmittel gegen den Befall von Insekten und Pilzen erforderlich. Holzschutzmittel bestehen in der Regel aus verschiedenen chemischen Verbindungen, die sauer, neutral oder alkalisch reagieren können.

Spanplatten sind als Schalung nicht geeignet und sollten nur bei kleinteiligen Bauteilen wie Blenden, Erkern usw. zur Anwendung kommen. Sie müssen dann der Ausführung V 100 G nach DIN 68763 [9] entsprechen und eine Mindestdicke von 25 mm haben.

Die OSB-Platte – die Bezeichnung von Oriented Strand Board – bedeutet in Übersetzung eine Platte mit gerichteten (gelenkten) Flachspänen. Sie ist ein Holzprodukt, eine 3-Schicht gepresste Platte, die aus rechteckigen Flachspänen besteht. Versuche zeigten eine sehr gute Eignung als Schalung, es bleibt abzuwarten, ob sie als zugelassene Schalung in die Regelwerke aufgenommen werden wird.

#### **Schalung für Außenwandbekleidungen**

Grundsätzlich gelten die gleichen Angaben wie unter „Schalung für Dächer“. Außenwandbekleidungen unterliegen jedoch bei mehr als zwei Vollgeschossen den besonderen Anfor-

derungen der „Richtlinien für die Verwendung brennbarer Baustoffe im Hochbau“.

Bei Unterkonstruktionen heißt es in den Richtlinien in der Fassung Mai 1990:

„Stabförmige Unterkonstruktionen von Außenwandverkleidungen, z. B. Latung, Schienen, müssen bei Gebäuden bis zu zwei Vollgeschossen aus mindestens normal entflammaren Baustoffen (Klasse B2), im übrigen aus mindestens schwer entflammaren Baustoffen (Klasse B1) bestehen. Stabförmige Unterkonstruktionen von Außenwandverkleidungen dürfen bei Gebäuden mit mehr als zwei Vollgeschossen aus normal entflammaren Baustoffen (Klasse B2) bestehen, wenn der Abstand zwischen Außenwand einschließlich etwaiger Dämmschichten und der Verkleidung im fertigen Zustand nicht größer als 4 cm ist und die Fenster- und Türleibung gegen den Luftzwischenraum, abgesehen von Belüftungsöffnungen, umseitig mit nicht brennbaren Baustoffen (Klasse A1) abgeschlossen sind.“

Das bedeutet, dass auch hier Schalungen aus Holz nach „Schalung für Dächer“ und auch die Glasvlies-Bitumenbahn nach DIN 52143 [10] unter Berücksichtigung des oben Gesagten verwendet werden können.

Bei höheren Anforderungen an die Feuersicherheit der Gesamtkonstruktion kann auch die Unterkonstruktion aus nicht brennbaren Baustoffen der Klasse B1 hergestellt werden. Hierfür werden zementgebundene Platten angeboten, die in nicht brennbarer Ausführung mit lFBt-Prüfzeugnis geliefert werden können.

Die Befestigung dieser Platten auf der Unterkonstruktion erfolgt gemäß Herstellerangabe mit Spezialschrauben oder -nieten. Die Hafte werden gemäß Herstellerangabe auf die Platten aufgenietet oder geschraubt.

Auch bei einer solchen Ausführung ist die Verwendung einer Glasvlies-Bitumenbahn möglich, weil sie luftdicht von nicht brennbaren Baustoffen eingeschlossen wird.

Eine weitere Möglichkeit bei erhöhten Brandschutzvorschriften stellt die Verwendung von Metall-Profil-Systemen als Unterkonstruktion dar. Die Ausführung der Unterkonstruktion und Aus-

wahl der erforderlichen Befestigungen erfolgt nach Angabe des Systemanbieters. Die Hafte werden meist aufgenietet.

#### **4.2 Befestigung der Kupferdeckung**

Bei der Befestigung der Kupfer-Stehfalzdeckung auf der Schalung sind die temperaturbedingten Längenänderungen der Schare und die Windsogkräfte die wesentlichen konstruktiv zu berücksichtigenden Faktoren.

##### **4.2.1 Scharbreiten**

Die zulässigen Scharbreiten sind von den Windsoglasten und damit von der Gebäudehöhe abhängig und gehen aus Tabelle 9 hervor. Die Standardscharbreite von 520 mm wird aus einem 600 mm breiten Band gefertigt. Diese Scharbreite kann bei allen Gebäudehöhen verwendet werden und ergibt eine gute optische Aufteilung von Dach- und Wandflächen.

Als Werkstoffdicke von Kupferbändern wird mindestens eine Stärke von 0,6 mm gewählt. Bei Dach- und Wandflächen, die im Sichtbereich liegen und an die besondere optische Ansprüche gestellt werden, empfiehlt sich zur Erzielung einer glatteren Oberfläche eine Materialdicke von 0,7 mm.

##### **4.2.2 Scharlängen**

Die max. Scharlänge ist in den Fachregeln und in der VOB mit 10 m festgelegt, um temperaturabhängige Dehnungsbewegungen noch sicher abführen zu können. Wird diese Länge überschritten, müssen Dehnungsausgleiche vorgesehen werden, deren Ausführung abhängig von der Dachneigung ist.

##### **4.2.3 Trennlage**

Nach VOB sind Metalle gegen schädigende Einflüsse angrenzender Stoffe zu schützen, zum Beispiel durch eine geeignete Trennschicht. Kupfer ist, auch in Verbindung mit Feuchtigkeit, unempfindlich sowohl gegen Holzinhaltstoffe als auch gegen salzhaltige oder ölige Imprägnierungsmittel, mit denen das Holz der Schalung evtl. behandelt wurde. Deshalb ist eine Trennschicht für den Schutz des Kupfers nicht erforderlich. Da sie aber auch die Funktion der vorläufigen Dachabdichtung bis zur Fertigstellung

der Deckung übernehmen kann, sind bei einem Verzicht auf die Trennschicht ggf. andere Maßnahmen für den vorläufigen Regenschutz der Schalung, wie Planen oder Folienabdeckung, zweckmäßig.

#### 4.2.4 Temperaturbedingte Längenänderungen

Alle Werkstoffe unterliegen temperaturbedingten Längenänderungen. Der Wärmedehnkoeffizient von Kupfer ist relativ klein. Durch die jahreszeitlich bedingten Temperaturdifferenzen von +80 °C bei sommerlicher Sonneneinstrahlung bis -20 °C im Winter entsteht eine Längenänderung von 1,7 mm/m.

Mit geeigneten Dehnungsausgleichern und durch eine längsverschiebbare Befestigung auf der Unterkonstruktion ist zu gewährleisten, dass temperaturbedingte Längenänderungen nicht behindert werden. Dabei dürfen nach DIN 18 339 [11] und den Fachregeln des Klempnerhandwerks [5] weder Undichtigkeiten hervorgerufen, noch die Befestigung der Deckung beeinträchtigt werden. Die Richtwerte für die nach DIN 18339 einzuhaltenen maximalen Abstände sind abhängig von Art und Anordnung der Bauteile. Schare bis zu 3 m Länge können mit einteiligen Festhaften befestigt werden. Die Befestigung der Kupferdachdeckung auf der Schalung erfolgt bei darüber hinausgehenden Längen außerhalb eines Fixbereiches mit zweiteiligen Schiebhaften (siehe Abschnitt Hafte).

**Tabelle 5: Ausdehnungskoeffizient ( $\frac{mm}{m} \cdot \frac{1}{K}$ ) zwischen -20 °C bis +80 °C für verschiedene Werkstoffe**

Material	Ausdehnungskoeffizient	Material	Ausdehnungskoeffizient
Aluminium	0,024	PVC	0,080
Stahl	0,012	Quarzglas	0,0005
Blei	0,029	Silber	0,020
Bronze	0,018	Titanzink	0,022
Gusseisen	0,0104	Zink	0,029
Kupfer	0,017	Beton	0,012
Messing	0,019	Zinn	0,023
Edelstahl 1.4301	0,016	Ziegelmauerwerk	0,005

**Tabelle 6: Richtwerte für die max. Abstände von Dehnungsausgleichern**

Die Abstände von Dehnungsausgleichern sind abhängig von der Ausführung, Art und Anordnung der Bauteile. Nachstehende Richtwerte sind einzuhalten.	
Bei eingeklebten Einfassungen; Winkelanschlüssen; Rinneneinhänge; Dachrandeinfassungen und eingeklebten Shedrinnen in der Wasserebene:	6 m
Bei Mauerabdeckungen, Dachrand-Abschlüssen außerhalb der Wasserebene; innenliegende, nicht eingeklebte Dachrinnen mit Zuschnitt >500 mm:	8 m
Bei Scharen für Dacheindeckungen und Wandbekleidungen; innenliegenden, nicht eingeklebten Dachrinnen <500 mm; Hängedachrinnen mit Zuschnitt >500 mm:	10 m
Bei Hängedachrinnen bis 500 mm Zuschnitt	15 m

*In begründeten Ausnahmefällen können die genannten Richtwerte geringfügig überschritten werden. Diese Richtwerte gelten für die gestreckte Länge von Bauteilen. Für die Abstände von Ecken oder Festpunkten gelten jeweils die halben Längen.*

#### 4.2.5 Berücksichtigung der Wind-sogkräfte

Durch die Windbeanspruchung entstehen Kräfte in der Dachkonstruktion, die nach DIN 1055, Teil 4, „Lastannahmen für Bauten“ [12] vom Entstehungsort, der Dachhaut, sicher in die Verankerungsbauteile zu leiten sind. Aus den in der DIN 1952, Teil 1, „Holzbauwerke“ [13] angegebenen Windbelastungen wurde eine Tabelle mit Angaben über Anzahl und Abstände von Haftnägeln aufgestellt (Tabelle 9). Danach ist die Befestigung der Hafte mit zwei gerauten Kupferdeckstiften 2,8 x 25 durchzuführen. Die damit erzielte Auszugsfestigkeit beträgt 500 N/Haft und ist für alle Bereiche ausreichend.

Auf die früher vorgeschriebene Verschraubung der Hafte im Rand- und Eckbereich wurde verzichtet, weil die

meist eingeschlagenen Schrauben schlechtere Auszugswerte aufwiesen als Nägel. Die fachgerechte Verwendung von Schrauben ist selbstverständlich zulässig.

Die Verwendung von Edelstahlklammern zur Haftbefestigung ist ebenfalls möglich. In den Fachregeln des Klempner-Handwerks wird jedoch darauf hingewiesen, dass sich in abgetrocknetem Vollholz verminderte Auszugswerte ergeben, die bei Gebäuden >20 m im Eck- und Randbereich durch zusätzliche Klammern ausgeglichen werden müssen.

**Tabelle 7: Windsoglasten bei Außenwandbekleidungen**

Gebäudehöhe (m)	Eckbereich (N/m <sup>2</sup> )	Randbereich (N/m <sup>2</sup> )	Normalbereich (N/m <sup>2</sup> )
0-8	1250	750	500
8-20	2000	1200	800
20-100	2750	1650	1100

**Tabelle 8: Windsoglasten bei Dächern nach DIN 1055**

Dachneigung	Gebäudehöhe (m)	Eckbereich (N/m <sup>2</sup> )	Randbereich (N/m <sup>2</sup> )	Normalbereich (N/m <sup>2</sup> )
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

#### 4.2.6 Kuppeln und Türme

Aufgrund ihrer exponierten Lage und Form sind Deckungen auf Kuppeln und Türmen in besonderem Maße den Witterungseinflüssen ausgesetzt. Deshalb sind an den Werkstoff und an die handwerkliche Ausführung hohe Anforderungen zu stellen. Dazu gehört auch die genaue Planung der Schar- bzw. Feldeinteilung sowie der Anschlüsse, Durchdringungen usw.

Je nach Form und Lage sind folgende Kriterien zu beachten:

- Bewegungen durch Windkräfte hervorgerufen, können sich besonders bei schlanken Türmen, auf die Deckung und deren Unterkonstruktion auswirken.
- Die hohen Windsogkräfte erfordern besondere Sorgfalt bei Auswahl, Anordnung und Befestigung der Hafte.
- Querfalze dürfen beim Einführen in die Längsfalze nicht ausgeschnitten werden.
- Auf eine gute Durchlüftung mit Luft Eintritt im Traufbereich und Luftaustritt in der Turmspitze ist zu achten.



Detaillierte Planungshinweise sind im ZVSHK-Merkblatt „Turmdeckung in Klempnertechnik“ enthalten [15].

### 4.3 Falztechniken

Die Haften werden direkt an der Unterkonstruktion befestigt. Die Verbindung der Kupferbänder oder -tafeln untereinander erfolgt durch Zusammenfalzen, wobei die Haften mit einbezogen werden. Diese Falzverbindungen werden heute meist unter Verwendung von Proflier- Falzschließmaschinen ausgeführt. Nur bei Detailarbeiten oder bei komplizierten Deckungen wird noch in traditioneller Weise handwerklich mit Falzeisen und Hammer gearbeitet.

#### 4.3.1 Banddeckung

Heute werden fast ausschließlich Schare aus durchgehenden Bändern hergestellt, die als Coils in den entsprechenden Breiten und Längen geliefert werden. Mit Kupferbändern ist heute die wirtschaftlichste und technisch beste Kupferdeckung zu erreichen.

#### 4.3.2 Tafeldeckung

Die Tafeldeckung stammt aus der Zeit, als noch keine Bänder oder Coils an den Verarbeiter geliefert werden konnten. Sie ist aus der Teilung von Kupferplatten 1000 x 2000 mm in entweder 3 Streifen je 666 mm breit oder 4 Streifen je 500 mm entstanden.

Sie wird heute nur noch aus optischen Gründen oder bei der Restaurierung historischer Deckungen eingesetzt. Durch die vielen erforderlichen Querfalze ist sie verarbeitungstechnisch aufwendig und, bei geringen Dachneigungen, unter Umständen dichtungstechnisch problematisch.

Dehnungstechnisch verhält sich eine Tafeldeckung genau wie eine Banddeckung. In den Querfalzen wird keine Dehnung kompensiert, weil die Schare durch die Doppelstehfalze gegeneinander nicht verschiebbar befestigt sind. Deshalb dürfen auch im Querfalz bei Scharlängen >3 m keine Zusatzhaften angebracht werden. Die max. Scharlänge beträgt auch hier 10 m. Querfalze werden stets gegeneinander versetzt angeordnet, um Knotenbildung zu vermeiden. Am Längsfalz können die Aufkantungen abgeschnitten werden, um das Einfalzen des Querfalzes zu erleichtern.

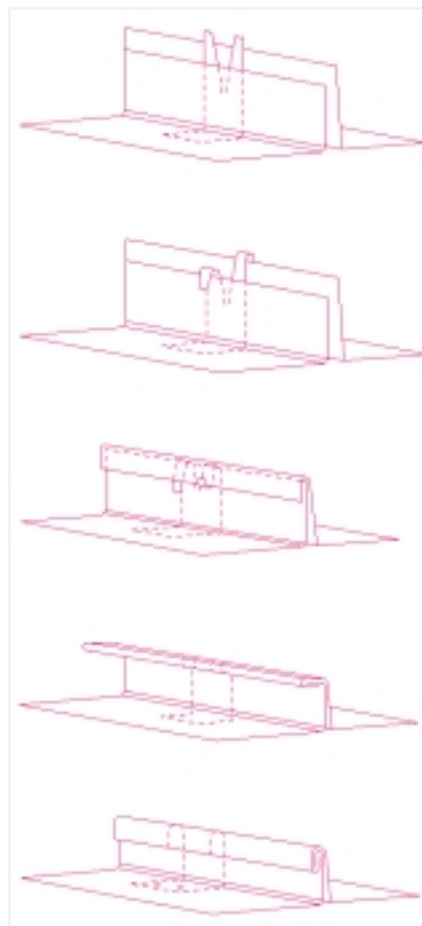
#### 4.3.3 Doppelstehfalzdeckung

Die übliche Ausführung ist der Doppelstehfalz, der aus den seitlichen Aufkantungen der Schare oder Tafeln mit 45 und 35 mm Höhe entsteht und eine fertige Falzhöhe von mindestens 23 mm ergibt. Durch die Aufkantungen entsteht ein Falzverlust von 80 mm (45 + 35), die Nutbreite aus einem üblichen 600 mm breiten Ausgangsmaterial beträgt also 520 mm (= Scharbreite). Beim Einsatz von Profliermaschinen reicht eine Aufkantung von insgesamt 70 mm, somit beträgt die Scharbreite dann 530 mm.

Die zu wählende Scharbreite ist abhängig von der Windsogbelastung (siehe Tabellen 8 und 9).

Der Doppelstehfalz ermöglicht mittels der eingefalzten Haften eine unsichtbare Befestigung ohne Durchbrüche. Ein Abstand der Schare von ca. 3 mm

Doppelstehfalz

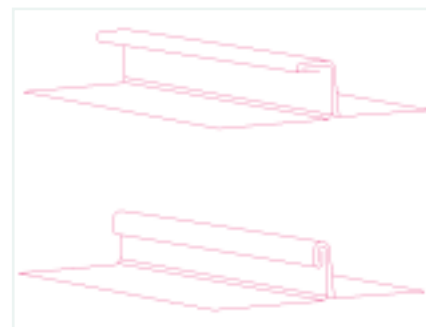


Breite im unteren Bereich gewährleistet die Querdehnung der Schare. Zur sicheren Ableitung des Regenwassers schreiben die Fachregeln des Klempnerhandwerkes das Mindestgefälle für Banddeckungen mit 5 % (3°), für Tafeldeckungen mit 13 % (7°) vor. Es ist zu beachten, dass dieses Gefälle auch im Bereich von Aufschieblingen, Gaubenabdeckungen usw. nicht unterschritten wird, oder ggf. ein Dichtband mit eingefalzt wird. Im Bereich der Traufe sollte bei geringen Dachneigungen die Traufbohle um 5 mm tiefer als die Schalungsfläche angeschlagen werden, damit durch die Einfalzung am Traufblech keine wasserstauende Aufwölbung der Dachhaut entsteht.

#### 4.3.4 Die Winkelstehfalzdeckung

Der Winkelstehfalz ist eine Abwandlung des Doppelstehfalzes, wobei der letzte Falzvorgang statt um 180° nur um 90° ausgeführt wird. Durch die breitere Ansichtsfläche des abgewinkelten Falzes entsteht eine deutlich stärkere Strukturierung der Fläche. Bei der Verwendung vorgekanteter Schare aus Kupferwalzmaterial lassen sich mit dieser Technik besonders glatte und optisch schöne Flächen erzielen. Aufgrund des nicht ganz geschlossenen Falzes ist diese Ausführung jedoch nur ab einer Dachneigung von über 47 % (25°), in schneereichen Gebieten 70 % (35°) und für Außenwandbekleidungen geeignet.

Winkelstehfalz



### 4.3.5 Die Leistendeckung

Bei dieser Deckungsart wird zwischen den Scharen jeweils eine Holzleiste von mindestens 40/40 mm auf der Schalung befestigt, an die die aufgekantete Schare seitlich anschließen. Die Hafte werden entweder auf der Leiste – deutsches System – oder unter der Leiste – belgisches System – angebracht.

Aufgeschobene Leistendeckel oder Leistenkappen decken die Holzleiste ab. Optisch entsteht im Gegensatz zu den schmalen Falzen der Doppelstehfalzdeckung eine kräftige Strukturierung der Dach- oder Wandfläche.

Technisch werden bezüglich Scharbreiten, Scharlängen, Mindestgefälle die gleichen Regeln wie bei der Doppelstehfalzdeckung angewendet. Das gilt auch für Querfalzausführungen, Gefällelufen sowie Anzahl der Hafte.

Die Leisten müssen sicher auf der Schalung befestigt werden, da sie die Windsoglasten aus der Dachhaut aufnehmen. Die Schare werden seitlich nicht ganz senkrecht aufgestellt, so dass am Leistenfuß ein Zwischenraum zur Aufnahme der Querdehnung verbleibt.

Bei der deutschen Deckung wird der mindestens 100 mm breite Haft mit 4 Kupfernägeln aufgenagelt. Für die belgische Leistendeckung, bei der der Haft durch die Leiste gehalten wird, genügt eine Haftbreite von 40 bis 50 mm.

Die Hafte wirken als Schiebehafte. Deshalb müssen die Schare durch

Fixieren gegen Abrutschen gesichert werden. Auch hier gelten die gleichen Regeln wie bei der Doppelstehfalzdeckung.

Die Leistenabdeckung wird entsprechend dem gewählten Leistensystem vorgefertigt und in die Hafte bzw. Umkantung eingehängt oder eingeschoben. Die Stöße werden um mindestens 50 mm überlappt und im überdeckten Bereich durch einen Kupfernagel gegen Abrutschen gesichert. Der Anschluss der Deckleisten im First- und Traufbereich wird ausführlich im Fachbuch „Kupfer im Hochbau“ [14] bzw. in den „Fachregeln des Klempner-Handwerks“ beschrieben.

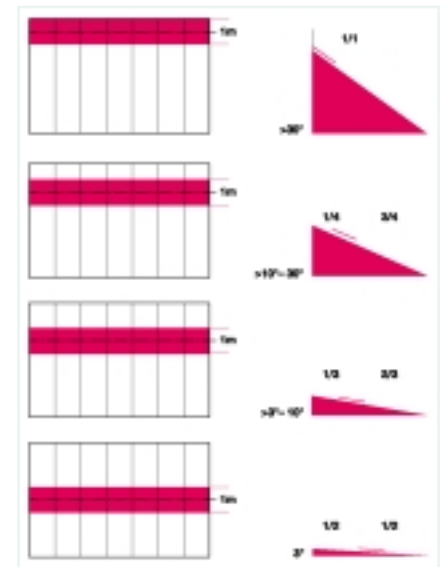
## 4.4 Verarbeitungstechniken

### 4.4.1 Hafte

Die windsogsichere Befestigung der Kupferschare auf der Schalung erfolgt mittels Haften (Tabelle 9). Um die temperaturbedingten Dehnungsbewegungen der Dachhaut ohne Zwänge aufnehmen zu können, werden bei Deckungslängen über 3 m zweiteilige Schiebehafte außerhalb des Festhaftbereiches verwendet.

Grundsätzlich ist dabei die Lage des Festhaftbereiches abhängig von der Neigung der Deckung. Bei steilen Dächern oder Außenwandbekleidungen ist der Fixbereich, der aus einteiligen Haften besteht, im oberen Bereich, bei flachen Neigungen in der Mitte, anzuordnen, um die Schiebelängen möglichst klein zu halten.

### Festhafte und Dachneigung



### 4.4.2 Kleben

Abdeckungen können ohne Vorstoß oder Hafte auf trockenen, glatten staubfreien Oberflächen mit Spezialkleber nach Herstellervorschrift geklebt werden. Bei dieser Verlegung sind Schiebenäfte erforderlich.

Mindestwerkstoffdicken bei Kupfer Cu-DHP R 240 für gekantete Abdeckungen ohne Unterkonstruktion:

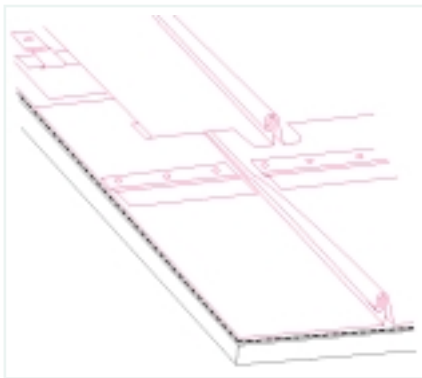
- Dachrandabschlüsse 0,8 mm
- Mauerabdeckungen 0,7 mm
- Anschlüsse 0,7 mm

**Tabelle 9: Scharbreiten/Metalldicken; Anzahl und Abstände der Hafte unter Berücksichtigung der Gebäudehöhe bei Befestigung der Hafte mit gerauten Kupferdeckstiften 2,8 x 25 mm**

Gebäudehöhe		bis 8 m				über 8 m bis 20 m			über 20 m bis 100 m	
		520	590	620	720	520	590	620	520	590
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 m <sup>2</sup>	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 m <sup>2</sup>	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 m <sup>2</sup>	7	7	7	7	10	10	10	13	13
	Haftabstand (max.) mm	300	300	250	250	200	200	150	150	150

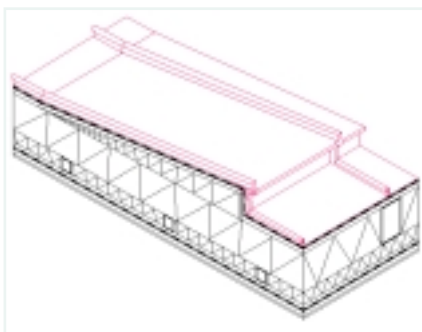
#### 4.4.3 Schiebenaht

Bei Neigungen über 18 % (10°) können Schiebenähte eingebaut werden, die keine konstruktiven Eingriffe in die Unterkonstruktion erfordern. Die Schiebenaht mit Zusatzfalz entsteht durch Aufnieten eines Haftstreifens auf die Schar der unteren Dachfläche, in den der Umschlag der Schar der oberen Dachfläche eingehängt wird, und zwar mit soviel Spielraum, dass die Dehnungsbewegungen der oberen Schar ohne Zwängungen und ohne Aushängen aufgenommen werden können. Die untere Schar erhält einen oberen Umschlag als zusätzlichen Wasserfang.



#### 4.4.4 Gefällesprung

Bei Dachneigungen unter 18 % (10°) ist ein Gefällesprung vorzusehen, damit ein Wasserrückstau in die Dachhaut verhindert wird. Der Gefällesprung muss schon in der Unterkonstruktion durch Parallelver-



schiebung der Dachhaut vom Planer vorgegeben werden. Bei ausreichender Dachneigung ist auch die Anordnung eines Aufschieblings möglich, der aber

im Mindestgefälle bleiben muss (siehe Kapitel Doppelstehfalzdeckung). Die untere Schar wird nicht ganz winklig aufgestellt, damit ein Dehnungsspielraum von 10–15 mm zum Stufenblech bleibt, und in das Traufblech eingehängt.

#### 4.4.5 Traufen

Traufstreifen werden auf mindestens 3 mm Abstand an den Stößen aneinandergeschoben oder 20 bis 30 mm lose überlappt, um thermisch bedingte Längenänderungen zu ermöglichen. Die obere Schar wird mit soviel Spiel in das Traufblech eingehängt, dass die Dehnungsbewegungen ohne Aushängen oder Hochziehen des Umschlages aufgenommen werden können. Die Verwendung einer Abstandsschablone ist hier zu empfehlen. Grundsätzlich gibt es mehrere Möglichkeiten, den Doppelstehfalz an der Traufkante auszubilden. Die beste Lösung ist es, auf das Umlegen des Falzes zu verzichten. Die Querdehnung der Schare wird dann nicht behindert. Die Sicherheit gegen eindringende Regentropfen ist in Verbindung mit dem Traufstreifen gegeben.

#### 4.4.6 Kehlen

Die Ausführung von Kehlen ist abhängig von ihrer Länge und dem Gefälle,

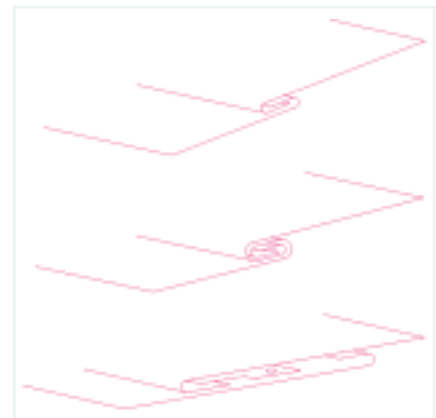


das immer geringer ist, als die Neigung der zugehörigen Dachflächen. Da die Kehlen den Längsdehnungsbewegungen der einlaufenden Dachflächen ausgesetzt sind, müssen die Anschlüsse entsprechend ausgeführt werden. Dies ist bei vertieften Kehlen sowie bei Kehlen mit Einhangfalz gegeben (siehe Skizze).

Ein Kehle mit beidseitig eingefalzten Dachscharen (siehe Skizze) kann nur eine begrenzte Dehnung aufnehmen und ist deshalb nur für kurze Scharlängen bis 3 m geeignet.

#### 4.4.7 Querfalze

Die z. B. bei Tafeldeckungen erforderlichen Querfalze werden bei Dachneigungen über 47 % als einfacher, über 13 % als doppelter Falz ausgeführt. Bei Dachneigungen unter 13 % ist eine Verbindung durch Löten, Nieten mit Dichteinlage oder doppeltes Falzen mit Dichtung herzustellen.



#### 4.4.8 Querstöße

Bei senkrechten Wandbekleidungen können Querstöße auch als einfache Überdeckungen oder Überlappungen ausgeführt werden. Bei exponierter Lage, die aufreibendes Regenwasser oder Flugschnee erwarten lässt, ist die Falzverbindung sicherer.

Die einfache Überdeckung ist auch bei Kehlen mit einer Neigung  $\geq 27\%$  zulässig, die Überdeckungsbreite beträgt mindestens 100 mm, die Ränder sind anzureifen, um Kapillarwirkung zu vermeiden.



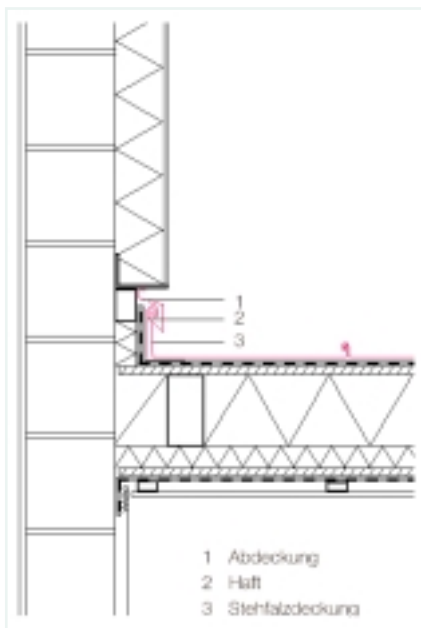
## 4.5 Anschlüsse

### 4.5.1 Ortgang

Die Höhe der Aufkantung ist abhängig von den örtlichen Verhältnissen und klimatischen Bedingungen. In der Regel ist eine Aufkantung von 40–60 mm sinnvoll. Zur Vermeidung von Ablaufspuren sollte der Überstand der Tropfkante ebenfalls mindestens 40–60 mm betragen. Der Ortgang gehört mit zum Rand- und Eckbereich und ist entsprechend zu befestigen. Sichtbare direkte Befestigungen sind unzulässig.

### 4.5.2 Wandanschluss

Anschlüsse an höher geführte Bauwerksteile sind bei Dachneigungen  $\leq 5^\circ$  mindestens 150 mm über die Dachfläche zu führen und regensicher zu verwalten. Bei Dachneigungen



$\geq 5^\circ$  beträgt die Aufstellhöhe mind. 100 mm.

### 4.5.3 Kappleisten

Die Verwahrung von Wandanschlüssen und Durchdringungen an aufgehendes Mauerwerk, Beton, Putzflächen usw. werden mit Kappleisten ausgeführt. Die einfachste Anschlussmöglichkeit bei Kupferflächen bieten Wandanschlusschienen, die vorgefertigt sind

und einfach mit Dübelschrauben und offener Abdichtung angebracht werden.

### 4.5.4 Firstanschluss, Grat

Bei Firsten oder Graten ohne Entlüftung wird der Firstfalz ca. 40 mm hoch aufgestellt. Die Längsfalze werden versetzt zueinander eingeführt, um Knotenbildungen zu vermeiden. Möglich ist auch die Anordnung einer Leiste.

Bei Firstanschlüssen mit Entlüftung sollte die Höhe der Aufkantung mindestens 100 mm betragen.

### 4.5.5 Durchdringungen

Schornsteine, Oberlichter, Entlüftungsröhre usw. werden durch Einfalzen, Nieten und Weichlöten, Hartlöten oder Schweißen regendicht in die Dachhaut eingebunden. Die Ausführung ist abhängig von der Dachneigung. Hier gelten dieselben Regeln wie bei den Querfalzen. Dabei gilt für Dachdurchdringungen dass sie die thermische Längenänderung der Schare nicht beeinträchtigen dürfen. Entsprechend sind Dehnungsabstände einzubauen. Bei eckigen Dachdurchdringungen ist darauf zu achten, dass die allseitige Scharaufkantung 100 mm bis 150 mm aus der Wasserebene herausragt. Bei runden Durchdringungen wird ein Kragen von mindestens 150 mm Höhe aufgelötet. Wegen der Brandgefahr werden Löt- und Schweißarbeiten an den Bauteilen vor dem Einbringen auf die Schalung durchgeführt

### 4.5.6 Abdeckungen

Mauer-, Attika-, Gesimsabdeckungen, Fensterbänke usw. aus Kupfer sollten ein ausreichendes Gefälle zu einer Seite sowie einen Überstand der Tropfkante von 40–60 mm von den zu schützenden Bauteilen aufweisen. Da auch sie den thermischen Längenänderungen unterliegen, müssen sie entsprechend längsverschiebbar mit Haften oder Haftstreifen indirekt befestigt werden. Bei Längen über 8 m, von Ecken aus gemessen 4 m, sind die Stöße als Schiebenähte auszubilden, die entweder handwerklich angefertigt oder aus industriell hergestellten Dehnungselementen bestehen können (s. auch Tabelle „Richtwerte“).

# 5. Sonderformen

Neben den bisher beschriebenen herkömmlichen klempnertechnischen Möglichkeiten, eine Dach- oder Fassadenbekleidung aus Kupfer zu fertigen, werden zusätzlich industriell vorgefertigte Profile und Systeme angeboten, die eine schnelle und einfache Verlegung ermöglichen.

## 5.1 Kupfer- Profilbahnen

Die beschriebenen Verarbeitungsverfahren von Kupfer-Walzmaterial mit der Falztechnik erfahren durch die Verwendung von Kupfer-Profilbahnen in der Dachdeckung und in der Außenwandbekleidung eine Ergänzung.

Durch sog. Sicken wird die Fläche stärker strukturiert als bei der Stehfalzdeckung. Die optische Gesamtwirkung bleibt jedoch einer Kupferdeckung ähnlich.

Kupfer-Profilbahnen sind speziell profilloptimierte Trapezbahnen in definierter Festigkeit. Im Unterschied zur Falzdeckung übernimmt die Kupfer-Profilbahn tragende Funktionen. Die Verlegung erfolgt auf Dachlatten, Holz- oder Stahlpfetten. Eine Unterschalung ist nicht erforderlich.

Für diese Profilbahnen gilt keine Begrenzung der Scharlänge. Die Befestigung auf Haltebügeln ermöglicht die ungehinderte Längsdehnung. Ohne Querstöße und Durchbrüche sind als Mindestgefälle 3% bzw. 1,8° zulässig.

Die Verbindung der Bahnen untereinander wird durch einfaches Aufkleben hergestellt, ohne anschließendes Falzen und ohne zusätzliche Arbeitsgänge. Es entsteht eine regendichte, durchgehend geschlossene Kupferhaut ohne Schraubenlöcher und zusätzliche Durchbrüche.

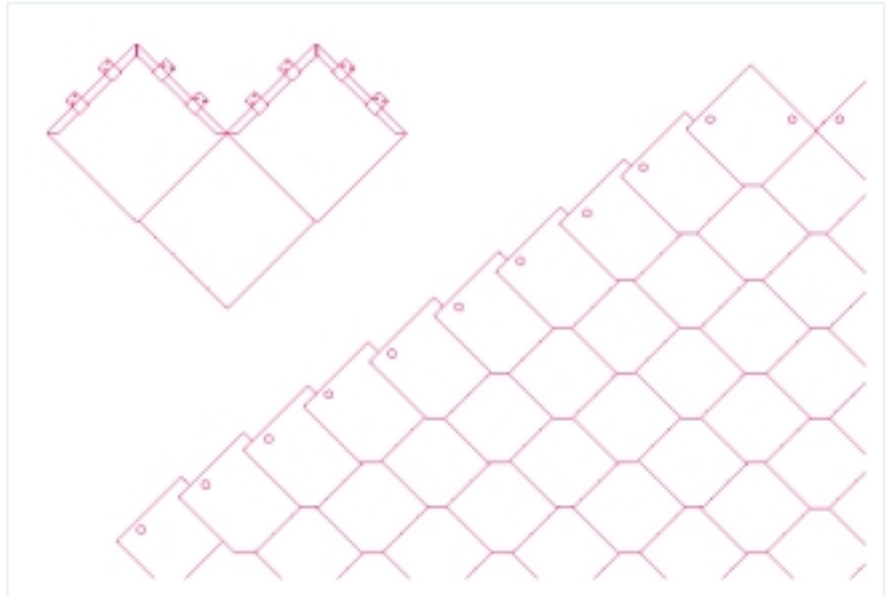
Durch die beschriebenen Eigenschaften sind Kupfer-Profilbahnen ganz besonders für die Sanierung von Flachdächern geeignet.

## 5.2 Kupfer-Fassadenplatten

Kupfer-Fassadenplatten sind kleinformatige Elemente aus Kupfer für die vorgehängte Außenwandbekleidung. Sie werden in handwerklicher Verlegungstechnik auf Lattenrost oder Schalung aufgebracht.

Sie sind besonders geeignet für die Verkleidung von Ortgang und Rinnenbekleidungen, Dachgauben und Giebel, Gesimse usw.

Sie bieten gegenüber starren Schindeln den Vorteil der Verformbarkeit, so dass auch Rundungen und Abkantungen ohne Schwierigkeiten damit ausgeführt werden können.



## Literatur:

- [1] Informationsdruck i.004 „Kupfer – Vorkommen Gewinnung Eigenschaften Verarbeitung Verwendung, Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf
- [2] Vorübergehende Abweichungen des Oberflächenverhaltens von Kupfer im Anfangsstadium der atmosphärischen Bewitterung, Baumetall 12/85
- [3] EN 1172, Bänder und Bleche aus Kupfer für das Bauwesen.
- [4] DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau, Größen und Einheiten
- [5] Fachregeln des Klempner-Handwerkes, Richtlinien für die Ausführung von Metall-Dächern, -Außenwandbekleidungen und Bauklempner-Arbeiten, Zentralverband Sanitär Heizung Klima, St. Augustin
- [6] Professor E. Liersch, Belüftete Dach- und Wandkonstruktionen, Teil 1 bis 3
- [7] DIN 68 365 Bauholz für Zimmerarbeiten, Gütebedingungen
- [8] DIN 1052 Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung, Teil 1
- [9] DIN 68763 Spanplatten, Flachpressplatten für das Bauwesen
- [10] DIN 52143 Glasvliesbitumendachbahnen, Begriffe, Bezeichnung, Anforderungen
- [11] DIN 18 339 VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV): Klempnerarbeiten
- [12] DIN 1055 Lastannahmen für Bauten
- [13] DIN 68365 Bauholz für Zimmerarbeiten; Gütebedingungen
- [14] Kupfer im Hochbau, Deutsches Kupferinstitut 1999, Düsseldorf
- [15] Turmdeckung in Klempnertechnik, ZVSHK 1998, St. Augustin
- [16] Blau-Lila-Färbungen an Kupferbauteilen, Informationsbroschüre, Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf, 2000
- [17] Unbelüftete wärmegeämmte Metall-Dächer in Klempnertechnik, Zentralverband Sanitär Heizung Klima, St. Augustin
- [18] Sonderdruck s. 131 „Verhalten von Kupferoberflächen an der Atmosphäre“, Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf
- [19] DIN 1787 „Kupfer, Halbzeug“
- [20] DIN EN 504 Dachdeckungsprodukte aus Metallblech; Normenspezifikation diskontinuierlich verlegte, vollflächig unterstützte aufgelagerte Bedachungselemente aus Kupferblech
- [21] DIN EN 506 Dachdeckungsprodukte aus Metallblech; Normenspezifikation diskontinuierlich verlegte, selbsttragende Bedachungselemente aus Kupfer- und Zink-Kupfer-Titanblech (Titanzink)
- [22] Ausschreibungsunterlagen für Klempnerarbeiten an Dach und Fassade mit Kupfer-Tafeln und -Bändern, Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf

## Verlagsprogramm

### Dach und Wand

Verhalten von Kupferoberflächen an der Atmosphäre; Bestell-Nr. s. 131  
.....  
Dachentwässerung mit Kupfer; Bestell-Nr. s. 146  
.....  
Dachdeckung und Außenwandbekleidung mit Kupfer; Bestell-Nr. i. 30  
.....  
Ausschreibungsunterlagen für Klempnerarbeiten an Dach und Fassade  
.....  
Blau-Lila-Färbungen an Kupferbauteilen

### Sanitärinstallation

Kupfer in Regenwassernutzungsanlagen; Bestell-Nr. s. 174  
.....  
Korrosion und Korrosionsschäden an Kupfer und Kupferwerkstoffen in Trinkwasserinstallationen; Bestell-Nr. s. 177  
.....  
Metallene Werkstoffe in der Trinkwasser-Installation; Bestell-Nr. i. 156  
.....  
Durchführungsanleitungen für die Kupferrohrverarbeitung zum Rahmenlehrplan GWI 1/92 „Unlösbare Rohrverbindung und Rohrverarbeitung“; Bestell-Nr. i. 157  
.....  
Die fachgerechte Kupferrohrinstallation; Bestell-Nr. i. 158  
.....  
Die fachgerechte Installation von thermischen Solaranlagen; Bestell-Nr. i. 160

### Werkstoffe

Schwermetall-Schleuder- und Strangguss – technische und wirtschaftliche Möglichkeiten; Bestell-Nr. s. 165  
.....  
Zeitstandeigenschaften und Bemessungskennwerte von Kupfer und Kupferlegierungen für den Apparatebau; Bestell-Nr. s. 178  
.....  
Kupferwerkstoffe; Bestell-Nr. s. 188  
.....  
Ergänzende Zeitstandversuche an den beiden Apparatewerkstoffen SF-Cu und CuZn20Al2; Bestell-Nr. s. 191  
.....  
Einsatz CuNi10Fe1Mn plattierter Bleche für Schiffs- und Bootskörper / Use of Copper-Nickel Cladding on Ship and Boat Hulls; Bestell-Nr. s. 201  
.....  
Kupfer-Nickel-Bekleidung für Offshore-Plattformen / Copper-Nickel Cladding for Offshore Structures; Bestell-Nr. s. 202  
.....  
Werkstoffe für Seewasser-Rohrleitungssysteme Materials for Seawater Pipeline Systems; Bestell-Nr. s. 203  
.....  
Kupfer / Vorkommen, Gewinnung, Eigenschaften, Verarbeitung, Verwendung; Bestell-Nr. i. 4  
.....  
Niedriglegierte Kupferwerkstoffe; Bestell-Nr. i. 8  
.....  
Kupfer-Zink-Legierungen (Messing und Sondermessing); Bestell-Nr. i. 5  
.....  
Rohre aus Kupfer-Zink-Legierungen; Bestell-Nr. i. 21  
.....  
Bänder, Bleche, Streifen aus Kupfer-Zink-Legierungen; Bestell-Nr. i. 22  
.....  
Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen (Neusilber); Bestell-Nr. i. 13  
.....  
Kupfer-Zinn-Knetlegierungen (Zinnbronzen); Bestell-Nr. i. 15  
.....  
Kupfer-Nickel-Legierungen; Bestell-Nr. i. 14  
.....  
Kupfer-Aluminium-Legierungen; Bestell-Nr. i. 6  
.....  
Kupferwerkstoffe im Automobilbau; Bestell-Nr. i. 9  
.....  
Gewichtstabellen für Kupfer und Kupferlegierungen; Bestellnummer i. 29  
.....  
Dekorativer Innenausbau mit Kupferwerkstoffen  
.....  
Messing – Ein moderner Werkstoff mit langer Tradition  
.....  
Von Messing profitieren – Drehteile im Kostenvergleich  
.....  
Von Messing profitieren – Mit Messing installieren  
.....  
Messing ja – Spannungsrissskorrosion muss nicht sein!  
.....  
Messing ja – Entzinkung muss nicht sein!

### Verarbeitung

Konstruktive Gestaltung von Formgussstücken aus Kupferwerkstoffen; Bestell-Nr. s. 133  
.....  
Emaillieren von Kupfer und Tombak; Bestell-Nr. s. 163  
.....  
Kupfer-Zink-Legierungen für die Herstellung von Gesenkschmiedestücken; Bestell-Nr. s. 194  
.....  
Löten von Kupfer und Kupferlegierungen; Bestell-Nr. i. 3  
.....  
Kleben von Kupfer und Kupferlegierungen; Bestell-Nr. i. 7  
.....  
Schweißen von Kupfer; Bestell-Nr. i. 11  
.....  
Schweißen von Kupferlegierungen; Bestell-Nr. i. 12  
.....  
Richtwerte für die spanende Bearbeitung von Kupfer und Kupferlegierungen; Bestell-Nr. i. 18  
.....  
Mechanische, chemische und elektrolytische Oberflächenvorbehandlung von Kupfer und Kupferlegierungen; Bestell-Nr. i. 23  
.....  
Beschichten von Kupfer und Kupfer-Zink-Legierungen mit farblosen Transparentlacken; Bestell-Nr. i. 24

### Elektrotechnik

Drehstrom, Gleichstrom, Supraleitung – Energie-Übertragung heute und morgen; Bestell-Nr. s. 180  
.....  
Brandsichere Kabel und Leitungen; Bestell-Nr. s. 181  
.....  
Netzbelastung durch Oberschwingungen; Bestell-Nr. s. 182  
.....  
Energiesparen mit Spartransformatoren; Bestell-Nr. s. 183  
.....  
Fehlauslösungen von Fehlerstrom-Schutz-einrichtungen; Bestell-Nr. s. 184  
.....  
Wechselwirkungen von Blindstrom-Kompensationsanlagen mit Oberschwingungen; Bestell-Nr. s. 185  
.....  
Vom Umgang mit Blitzschäden und anderen Betriebsstörungen; Bestell-Nr. s. 186  
.....  
Sparen mit Sparmotor; Bestell-Nr. s. 192  
.....  
Energiesparpotentiale bei Motoren und Transformatoren; Bestell-Nr. i. 1  
.....  
Kupferwerkstoffe in der Elektrotechnik und Elektronik; Bestell-Nr. i. 10  
.....  
Bänder und Drähte aus Kupferwerkstoffen für Bauelemente der Elektrotechnik und der Elektronik; Bestell-Nr. i. 20  
.....  
Kupfer in der Elektrotechnik – Kabel und Leitungen  
.....  
Kupfer spart Energie  
.....  
Geld sparen mit Hochwirkungsgrad-Motoren

### Umwelt / Gesundheit

Versickerung von Dachablaufwasser; Bestell-Nr. s. 195  
.....  
Kupfer in kommunalen Abwässern und Klärschlamm; Bestell-Nr. s. 197  
.....  
Sachbilanz einer Ökobilanz der Kupfererzeugung und -verarbeitung; Bestell-Nr. s. 198  
.....  
Sachbilanz zur Kupfererzeugung unter Berücksichtigung der Endenergien; Bestell-Nr. s. 199  
.....  
Untersuchung zur Bleiabgabe der Messinglegierung CuZn39PB3 an Trinkwasser – Testverfahren nach British Standards BS 7766 and NSF Standard 61; Bestell-Nr. s. 200  
.....  
Kupfer – Lebensmittel – Gesundheit; Bestell-Nr. i. 19  
.....  
Recycling von Kupferwerkstoffen; Bestell-Nr. i. 27  
.....  
Kupfer und Kupferwerkstoffe ein Beitrag zur öffentlichen Gesundheitsvorsorge; Bestell-Nr. i. 28  
.....  
Kupfer – der Nachhaltigkeit verpflichtet  
.....  
Kupfer in unserer Umwelt  
.....  
Natürlich Kupfer – Kupfer ökologisch gesehen

Public Design mit Kupfer Messing Bronze Kupferwerkstoffe in der Umweltgestaltung  
.....  
Türgriffe: Eine Infektionsquelle in Krankenhäusern? / Doorknobs: a source of nosocomial infection?  
.....  
Wieviel Blei gelangt ins Trinkwasser?

### Spezielle Themen

Kupferwerkstoffe im Kraftfahrzeugbau; Bestell-Nr. s. 160  
.....  
Die Korrosionsbeständigkeit metallischer Automobilbremsleitungen – Mängelhäufigkeit in Deutschland und Schweden; Bestell-Nr. s. 161  
.....  
Grundlegende korrosionschemische Eigenschaften von Kupferwerkstoffen; Bestell-Nr. s. 176  
.....  
Ammoniakanlagen und Kupfer-Werkstoffe?; Bestell-Nr. s. 210  
.....  
Kupferwerkstoffe in Ammoniakkälteanlagen; Bestell-Nr. s. 211

### DKI-Fachbücher\*

Kupfer  
.....  
Schweißen von Kupfer und Kupferlegierungen  
.....  
Treiben von Kupfer und Kupferlegierungen  
.....  
Chemische Färbungen von Kupfer und Kupferlegierungen  
.....  
Kupfer als Werkstoff für Wasserleitungen  
.....  
Kupferrohre in der Heizungstechnik  
.....  
Kupfer in der Landwirtschaft  
.....  
Guss aus Kupfer und Kupferlegierungen – Technische Richtlinien  
.....  
Kupfer im Hochbau EUR 24,00\*\*\*\*  
.....  
Planungsleitfaden Kupfer – Messing – Bronze EUR 17,90\*\*\*\*  
.....  
Architektur und Solarthermie  
Dokumentation zum Architekturpreis EUR 25,00

### Werkstoffdatenblätter auf CD-ROM

Preis und Inhalt auf Anfrage

### Lernprogramm

Die fachgerechte Kupferrohr-Installation  
.....  
EUR 15,00\*\*\*\*

### Lehrhilfen

Faltmuster für Falzarbeiten mit Kupfer  
Muster für Ausbildungsvorlagen in der Klempnertechnik EUR 28,00  
.....  
Werkstofftechnik – Herstellungsverfahren  
2 Sammelmappen mit farbigen Klarsichtfolien und Texterläuterungen Band I EUR 125,00\*\*  
Band II EUR 100,00\*\*

### Filmdienst des DKI

Das Deutsche Kupferinstitut verleiht kostenlos die nachstehend aufgeführten Filme und Videos:  
.....  
„Kupfer in unserem Leben“  
Videokassette, 20 Min.; Schutzgebühr EUR 21,50.  
Verleih kostenlos  
.....  
„Fachgerechtes Verbinden von Kupferrohren“  
Lehrfilm, Videokassette, 15 Min.; Schutzgebühr EUR 10,00. Verleih kostenlos  
.....  
„Kupfer in der Klempnertechnik“  
Lehrfilm, Videokassette, 15 Min.; Schutzgebühr EUR 10,00. Verleih kostenlos  
.....

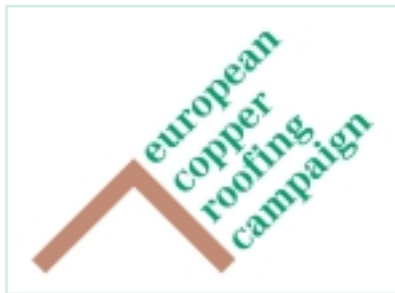
\* Fachbücher des DKI sind über den Fachbuchhandel zu beziehen oder ebenso wie Sonderdrucke, Informationsdrucke und Informationsbroschüren direkt vom Deutschen Kupferinstitut, Am Bonnhof 5, 40474 Düsseldorf.  
\*\* Dozenten im Fach Werkstofftechnik an Hochschulen erhalten die Mappen kostenlos  
\*\*\* Sonderkonditionen für Berufsschulen  
\*\*\*\* Sonderkonditionen für Dozenten und Studenten

Fordern Sie bitte unverbindlich das Dienstleistungs- und Verlagsverzeichnis des DKI an.

**Auskunfts- und Beratungsstelle  
für die Verwendung von  
Kupfer und Kupferlegierungen**

Am Bonneshof 5  
40474 Düsseldorf  
Telefon: (0211) 4 79 63 00  
Telefax: (0211) 4 79 63 10  
info@kupferinstitut.de

**[www.kupferinstitut.de](http://www.kupferinstitut.de)**



**Informationsdienst  
Kupfer für Dach und Wand**

Postfach 25 25  
49015 Osnabrück  
Telefax: (0541) 9 40 04 50