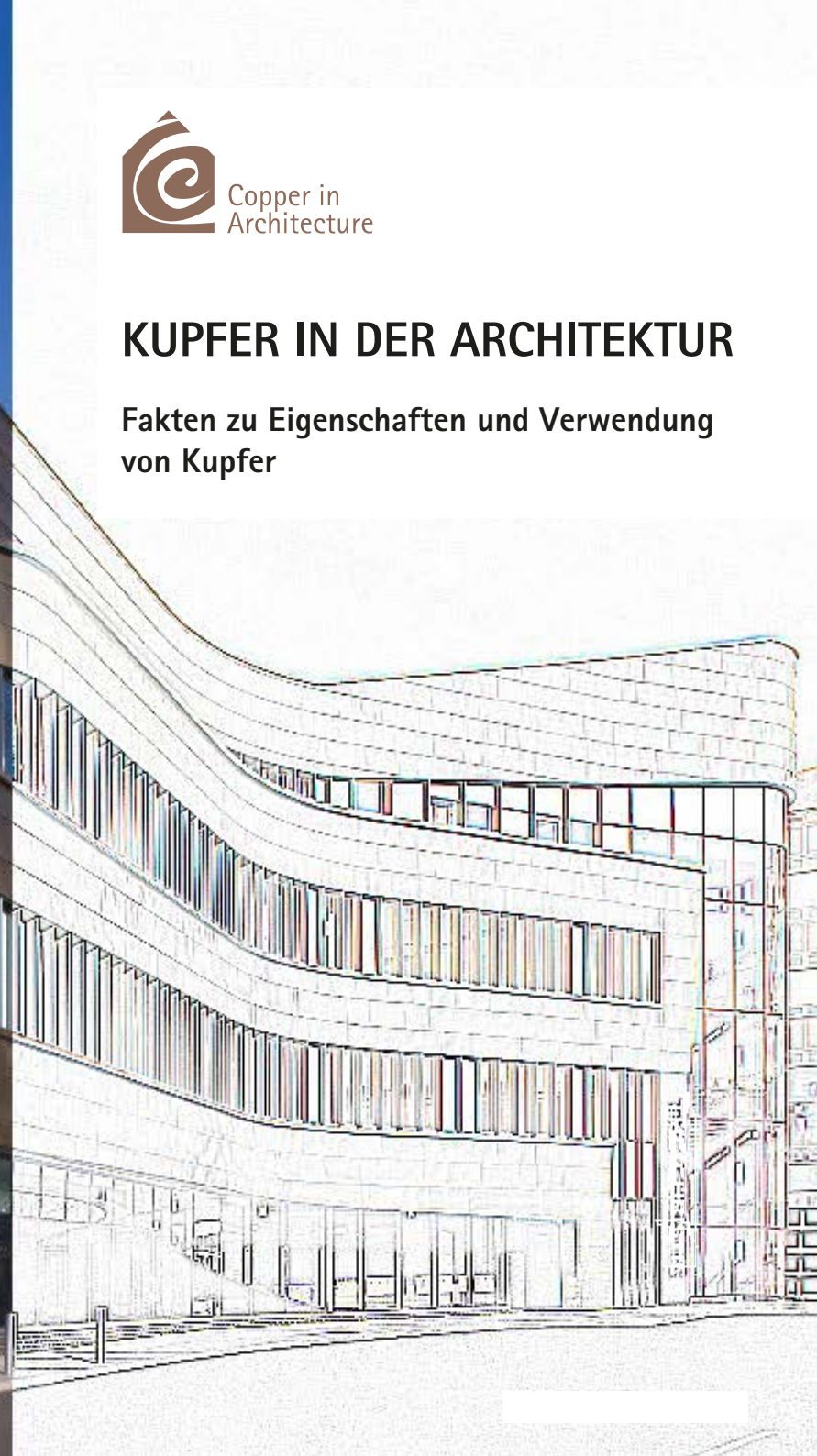




KUPFER IN DER ARCHITEKTUR

Fakten zu Eigenschaften und Verwendung
von Kupfer



EINLEITUNG

Kupfer war eines der ersten von der Menschheit verwendeten Metalle und hat eine sehr lange Tradition in der Architektur – die Römer verwendeten goldene Bronze, um das Dach des Pantheons zu gestalten, und viele der großen Kirchen des mittelalterlichen Europas wurden mit Kupfer gedeckt. Die unverwechselbare grüne Patina spielt nach wie vor eine große Rolle im Bild der meisten europäischen Städte und zeigt zeitlose und dauerhafte Qualitäten.

Heutzutage kann eine komplette Außenhülle, bestehend aus komplexen Gebäudeformen, in Materialkontinuität aus Kupfer sein. Oberflächen können flach, gekrümmt oder facettiert sein und mit jeder Neigung und in jeder Umgebung verwendet werden. Viele Designer sind auch sehr daran interessiert, neue Möglichkeiten mit Kupfer zu entwickeln. Darüber hinaus wächst das Interesse an der Verwendung von Kupfer in der Innenarchitektur.

Es gibt viele Gründe, Kupfer und Kupferlegierungen für Architekturprojekte in Betracht zu ziehen, und nicht nur, weil ihre einzigartigen Eigenschaften sie extrem formbar und vielseitig einsetzbar machen. Die breite Palette der architektonischen Möglichkeiten, die dieses natürliche Material und seine Legierungen bieten, erlaubt, einzigartige Designs zu entwickeln und konventionelles Denken in Frage zu stellen.

Optisch verleihen die ästhetischen Qualitäten von Kupferwerkstoffen jedem Projekt Charakter und Qualität, während die Leichtigkeit ihrer Struktur es ermöglicht, kreative und kostengünstige Konstruktionen zu entwerfen.

Die natürliche Entwicklung einer Patina, die im zeitlichen Verlauf die Farben von Rot über Schokoladenbraun bis hin zum markanten Hellgrün annehmen kann, ist ein einzigartiges Merkmal von Kupfer. Vorgefertigte Systeme bieten eine Vielzahl von Lösungen, während perforierte und expandierte Kupferbleche neue Möglichkeiten der Transparenz eröffnen.



Copper
Concept



COPPERCONCEPT.ORG

Kupfer wird weltweit als modernes Material für Dach- und Fassadenanwendungen eingesetzt. Einige der weltweit renommiertesten modernen Architekten vertrauen auf Kupfer, darunter Frank Lloyd Wright, Alvar Aalto, Renzo Piano, Herzog & de Meuron und Foster & Partners. Um sich „Kupferreferenzen“ in der zeitgenössischen Architektur anzusehen, besuchen Sie copperconcept.org oder scannen Sie den QR-Code.

In Zeiten, in denen ökologische Überlegungen bei der Wahl der Baumaterialien ebenso wichtig sind wie ästhetische und wirtschaftliche Aspekte, sind die beeindruckende Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit von Kupfer ein sehr bedeutender Faktor. Kupferprodukte enthalten einen hohen Anteil an recycelten Materialien, sparen Energie und Treibhausgase und tragen zur Kreislaufwirtschaft bei. Darüber hinaus kann Kupferschrott ohne Leistungs- und Qualitätsverlust endlos wiederverwendet werden.

WARUM KUPFER?

1. natürliches Material
2. umweltfreundlich
3. wartungsfrei
4. nachhaltig, langlebig
5. 100% recycelbar
6. korrosionsbeständig
7. nicht brennbar
8. wasserdicht
9. bewährtes architektonisches Material

- formbar, nicht starr
- leicht
- homogenes Material
- zeitlose, lebendige Oberfläche
- kreativ und einzigartig

INHALT

EINLEITUNG 2

EIGENSCHAFTEN

- Natürliches Vorkommen von Kupfer und seine Rolle für die menschliche Gesundheit 4
- Langlebigkeit 6
- Physikalische und mechanische Eigenschaften 8
- Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit 10
- Verträglichkeit von Kupfer mit anderen Baumaterialien 14

ARCHITEKTONISCHE QUALITÄTEN

- Farbe und Patina 16
- Kupferlegierungen für die Architektur 18

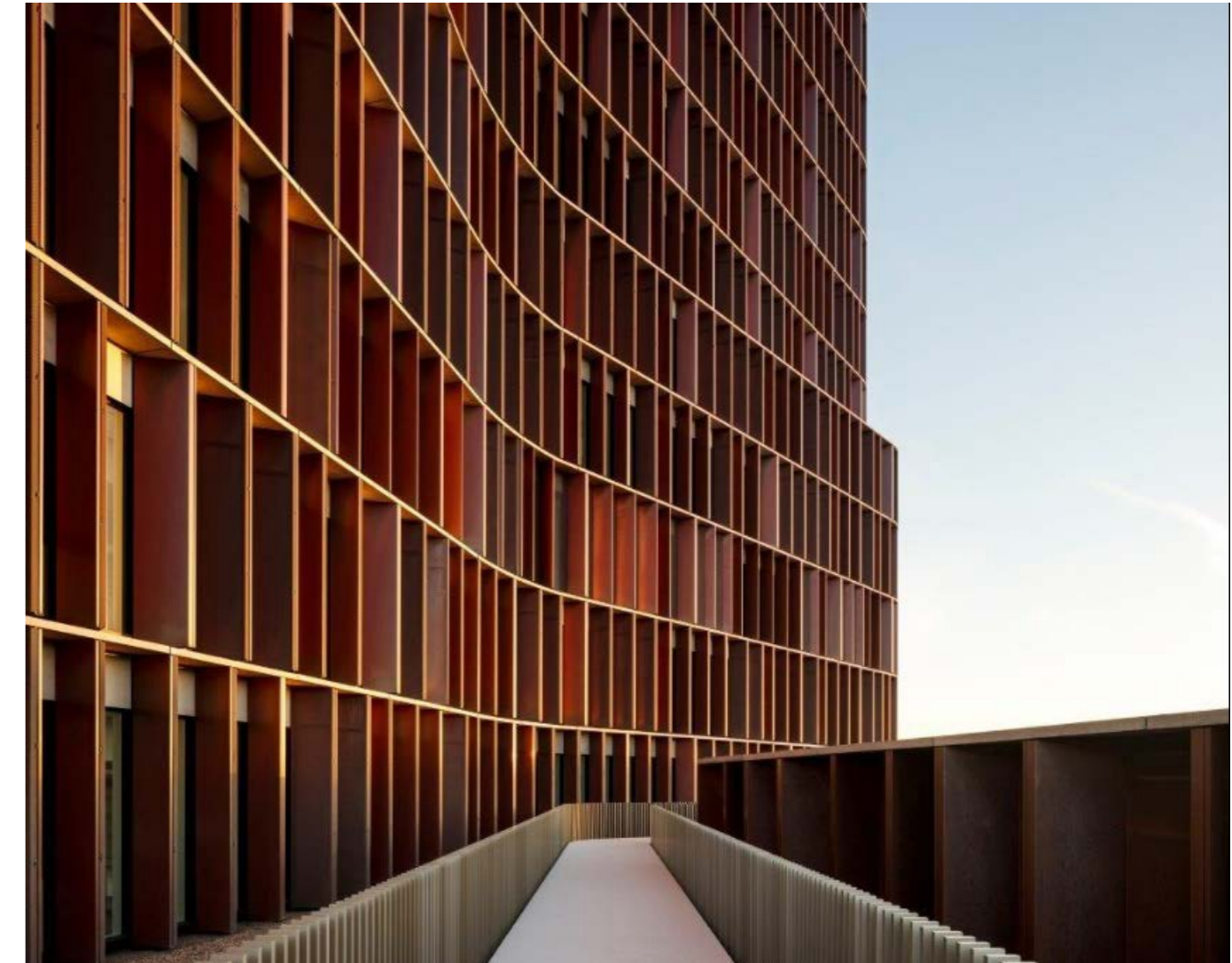
KONSTRUKTION UND INSTALLATION

- Dachsysteme 20
- Fassaden- und Wandbekleidungen 26
- Entwässerungssysteme 36
- Unterkonstruktionen 38
- Externe Klimaeffekte 40
- Thermische Bewegung 41

BAUPHYSIKALISCHE ZUSAMMENHÄNGE

- Allgemeine Überlegungen 42
- Bewertung 45

INNENARCHITEKTUR 46



Titelbild: The Christie, Manchester, GB AFL Architects

Rückseite: Novotel Paddington, London, GB Dexter Moren Associates

Maersk Building, Kopenhagen, Dänemark
Architekt: C.F. Møller
Foto © Adam Mørk

Die Fassade ist in Form eines Gitters aus geschosshohen Fensterfeldern aufgebaut, die die Größe des Gebäudes aufbrechen.

EIGENSCHAFTEN

NATÜRLICHES VORKOMMEN VON KUPFER UND SEINE ROLLE FÜR DIE MENSCHLICHE GESUNDHEIT

Kupfer kommt in der Umwelt natürlich vor und ist ein essentielles Spurenelement für alle lebenden Organismen. Kupfer wird für Wachstum, Entwicklung und Funktion des menschlichen Körpers benötigt und muss im Rahmen einer ausgewogenen Ernährung aus Nahrung und Wasser gewonnen werden. Es wird durch die Homöostase reguliert und sammelt sich nicht in der Nahrungskette an.

Als natürlich vorkommendes Element findet sich Kupfer in der Erdkruste – mit einer Konzentration von etwa 67 Teilen pro Million – sowie in Süß- und Meerwasser, von winzigen Spurenelementen bis hin zu reichhaltigen Mineralablagerungen. Es ist nicht persistent, bioakkumulierbar oder umweltschädlich und sollte nicht mit künstlichen Chemikalien oder toxischen Schwermetallen verwechselt werden, die sich bei Menschen, Meeresbewohnern und Pflanzen ansammeln können. Kupfer ist aufgrund seiner Dichte (8,94 g/cm³) ein sogenanntes Schwermetall, aber das hat nichts mit Gefahren oder Umwelt- bzw. Gesundheitsbeeinträchtigungen zu tun.

ERFAHREN SIE MEHR ZU DIESEM THEMA

<https://kupferinstitut.de/anwendungen/umwelt-und-gesundheit/>

Während Kupfer in allen Umgebungen seit jeher natürlich vorhanden ist, sind in den letzten Jahrhunderten anthropogene (künstliche) Emissionen hinzugekommen – zum Beispiel durch den Verschleiß von Bremsbelägen oder die Verwendung von Salzen in der Landwirtschaft.

Witterungseinflüssen ausgesetztes Kupferblech bildet mit der Zeit eine schützende Oberflächenschicht, auch Patina genannt, die die Lebensdauer des Materials verlängert. Diese Oberfläche ist komplex, sehr langlebig und stabil. So stabil, dass nur eine sehr geringe Menge an Material über einen langen Zeitraum von Jahren durch die Einwirkung von Regen und anderen Niederschlagsformen verloren geht.



Die Kupferverbindungen, welche die Patina bilden, sind schwer löslich und unterscheiden sich stark von wasserlöslichen Kupfersalzen. Als Folge dieser Löslichkeit wird bei Niederschlag ein sehr geringer Teil der Patina von der Kupferoberfläche freigesetzt. Dies wird als Abschwemmung bezeichnet.

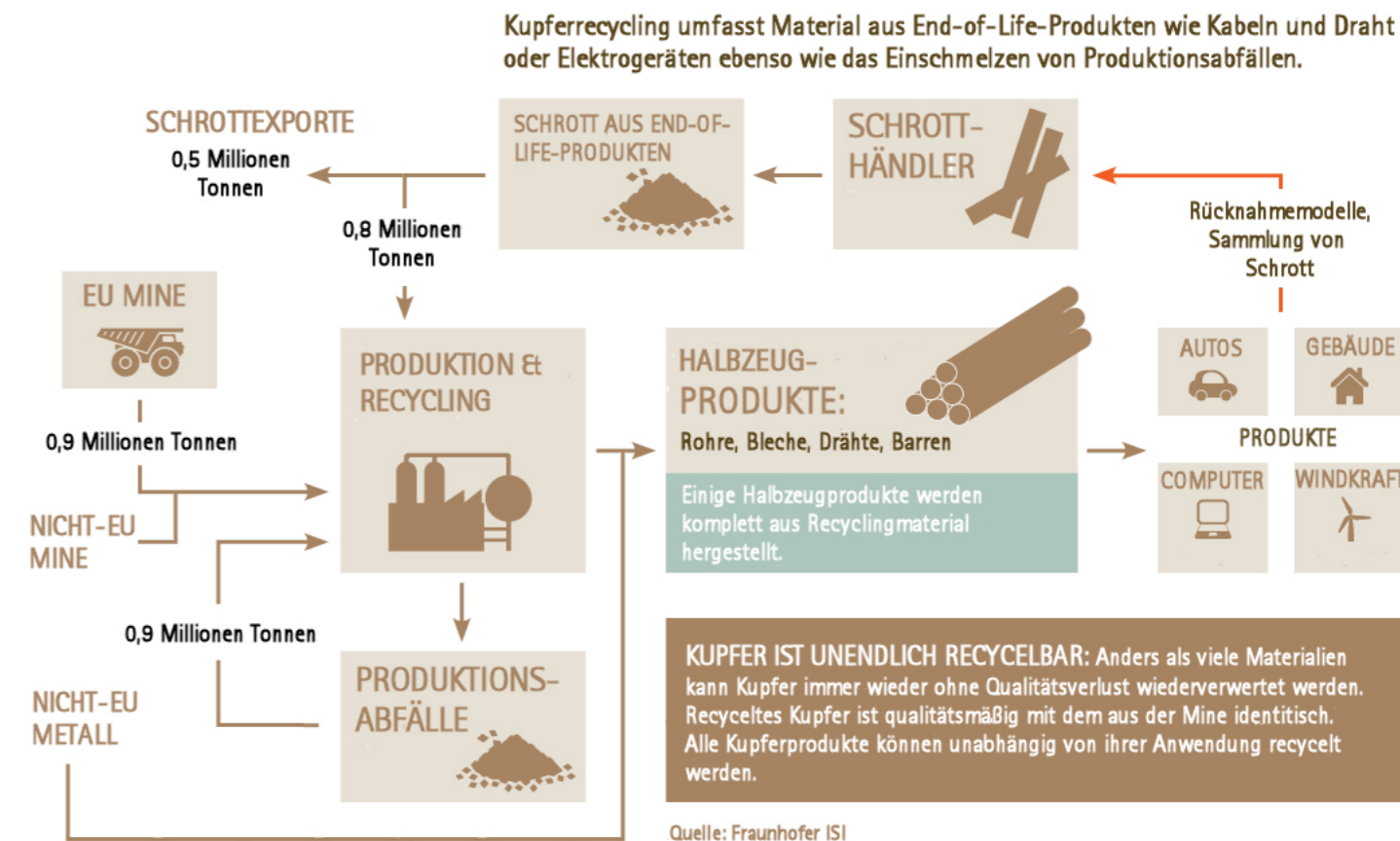
Nur schätzungsweise 1% der Gesamtmenge an Kupfer, die aus anthropogenen Quellen in die Umwelt gelangt, ist auf Kupfer von architektonischen Oberflächen zurückzuführen. Forschungsergebnisse zeigen, dass sich der bioverfügbare Anteil von Kupfer in der Abschwemmung schnell und deutlich reduziert, da Kupferionen mit der Umgebung reagieren – zum Beispiel im Kontakt mit festen Oberflächen wie Pflasterstein, Kalkstein oder Regenwasserleitungen – und somit bereits in unmittelbarer Nähe der Dächer und Fassaden nicht verfügbare Komplexe und Verbindungen bilden. Reaktionen mit organischer Substanz, wie z.B. zerfallenden Blättern, können den bioverfügbaren Anteil noch weiter reduzieren.

Dies beweist auch der Umstand, dass Verfärbungen immer nur auf einer relativ kurzen Länge auftreten, nachdem Regenwasser aus der Rinne das Pflaster berührt. Mit abnehmendem verfügbarem Kupfergehalt des Regenwassers enden diese Spuren, weil das Wasser kein Kupfer mehr transportiert.

Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass die weitgehende Verwendung von Kupfer zur Bekleidung von Gebäuden umweltfreundlich ist. Darüber hinaus belegen Studien, die die dermatologischen und oralen Wirkungen einer Reihe von Kupferverbindungen bewerten, zusätzlich, dass Kupferdächer und -fassaden keine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellen. Fazit: Die Kupferabschwemmungen von Dächern stellen keinen Anlass zur Sorge dar.

KUPFER, DER RECYCLING-CHAMPION

2018 wurden in der EU28 3,5 Millionen Tonnen Kupfer verwendet, wovon rund die Hälfte durch Recycling gedeckt wurde.



Der größte Teil des Kupfers wird aus dem Tagebau gewonnen, dabei es gibt zahlreiche Lagerstätten auf allen fünf Kontinenten. Normalerweise arbeiten Minen mit Kupferkonzentrationen zwischen 0,2 und 1%, obwohl einige der reichsten Erze 5–6% Kupfer enthalten können. Kupfer wird aus Erz, hauptsächlich Kupfersulfiden, gewonnen und durch verschiedene Prozesse in hochreines Kupfer (99,99%) umgewandelt.

Eine weitere wichtige Quelle für Kupfer ist der recycelte Schrott. Kupfer ist einer der wenigen Rohstoffe, der ohne Leistungsverlust endlos wiederverwendet werden kann; es gibt keinen Unterschied in der Qualität von recyceltem Kupfer (Sekundärproduktion) und abgebauten Kupfer (Primärproduktion).

Europäische Kupferprodukte für Architekturanwendungen werden unter Verwendung hoher Anteile an recycelten Materialien, typischerweise von 85 % bis zu 100 %, hergestellt. Das Recycling von Kupfer trägt nicht nur zur Deckung des jährlichen Bedarfs bei, sondern ist auch eine sehr effiziente Möglichkeit, einen wertvollen Werkstoff wieder in die Wirtschaft zurückzuführen, Energie zu sparen und den CO₂-Ausstoß zu reduzieren.

NACHHALTIGKEIT UND UMWELTVERTRÄGLICHKEIT

Europäische Kupferprodukte für architektonische Anwendungen werden gemäß den Spezifikationen der EN 1172 in erstklassigen Werken mit streng kontrollierter Umweltleistung und etablierten Recyclingabläufen hergestellt. Sie umfassen hohe Anteile an recycelten Materialien. Einsparungen mit einem Umfang von bis zu 100% an Energie und Treibhausgasen leisten zudem ihren Beitrag zur Kreislaufwirtschaft. Die Interaktion von Kupferblechen (massives Kupfer) mit der Umwelt wurde im Rahmen der europäischen Chemikalienpolitik REACH bewertet und hat keine Klassifizierung/Beschränkung.

Kupfer ist Teil des natürlichen Kreislaufes von Metallen, die sich in der Natur bilden, von der Gesellschaft verwendet werden und in die Natur zurückkehren oder zur weiteren Verwendung durch die Gesellschaft recycelt werden. Der wirtschaftliche Wert von Kupfer treibt die Rückgewinnung und das Recycling an. Kupfer ist langlebig, kann in anspruchsvollen Umgebungen eingesetzt werden und die Installationen sind größtenteils wartungsfrei, was zu Einsparungen bei Ressourcen, Reinigungschemikalien und Kosten führt.

Das Recycling von Kupfer ist eine gängige Praxis und sein Umfang folgt dem allgemeinen Verbrauchsverhalten. Dies ist auf die im Vergleich zu anderen Metallen relativ einfache Wiederverwendung von Verarbeitungsabfällen und Schrott sowie auf den Wert von Kupfer zurückzuführen. Kupfer kann ohne Leistungs- und Qualitätsverlust immer wieder recycelt werden.

Die Kupferindustrie - vom Bergbau bis zur Fertigung - wendet etwa 30% der Investitionskosten für die Verbesserung der Umweltleistung auf. Die Verarbeitung von Kupfer erfolgt im Rahmen eines "Continuous Improvement Program", um den aktuellen Markt- und Politikanforderungen gerecht zu werden. Die Industrie reagiert auf die Kreislaufwirtschaft-Initiative der Europäischen Kommission und freut sich darauf, mehr Schrott zur Wiederverwendung zu erhalten, da die effiziente Materialnutzung während seiner gesamten Lebensdauer - insbesondere zu deren Ende hin - wirtschaftlicher wird.

All diese wichtigen Umweltaspekte von Kupferprodukten können ein entscheidendes Argument für den Einsatz in Gebäuden sein, die LEED-, BREEAM- oder DGNB-Zertifikate benötigen, die insbesondere für öffentliche Gebäude zunehmend gefragt sind.

Hervorzuheben ist die Bedeutung von Umweltbewertungsinstrumenten für Investitionsentscheidungen und ihr Nutzen für die Betrachtung der gesamten Lieferkette. Mit ihrer Hilfe lassen sich die größten Umweltleistung für ein bestimmtes Produkt bestimmen und verbessern. Leider haben sie viele Unzulänglichkeiten, wenn es darum geht, Vergleiche anzustellen. Damit sich Vergleiche lohnen, muss die Genauigkeit des Tools und der dahinter stehenden Methodik beim Vergleich zweier Produkte mit sehr unterschiedlichen Zusammensetzungen und Implementierungen, auch wenn sie den gleichen Zweck haben, sowohl solide als auch gerecht sein.

Viele Tools verwenden zur Vereinfachung irreführende Annahmen, was zu unsinnigen Vergleichen führt. Dabei häufig zu findende Fehler sind unter anderem:

- Vergleich von Energie und Kosten pro Tonne statt pro m² Material, wodurch dünnere, leichtere Materialien wie Kupfer falsch dargestellt werden
- Auslassen von Kosten- und Umweltvorteilen für den Komplettbau von Leichtbauwerkstoffen
- Annahme von unangemessenen Lebensdauerschätzungen, wodurch zusätzlicher "Energieverbrauch" für unnötigen Ersatz einkalkuliert wird
- Missachtung der heutigen effizienten Recyclingpraktiken

Als Empfehlung sollten Architekten ihre Vergleiche auf Folgendes konzentrieren: Primärenergie, Ozonabbaupotenzial, Versauerungspotenzial, Eutrophierungspotenzial und photochemisches Ozonbildungspotenzial. Dies sind die global anerkannten und ausgereiften Wirkungskategorien und mit ihrer Anwendung vermeidet man, unsolide und fehlerhafte Vergleichsindikatoren, insbesondere im Bereich der Toxizität, Landnutzung und Ressourcennutzung.

ERFAHREN SIE MEHR ZU DIESEM THEMA

<https://www.kupferinstitut.de/kupferwerkstoffe/nachhaltigkeit/>

The Eden Project: The Core, GB
Architekt: Grimshaw Architects
Foto © Peter Cook

Es ist das Bildungszentrum für das größte Werksgelände der Welt, das auf die leichteste und ökologischste Weise gebaut wurde.



GREEN BUILDINGS AUF COPPER CONCEPT

Weitere Projektbeispiele und Informationen zu grünen Gebäuden finden Sie unter copperconcept.org/de/Referenzen. Schalten Sie den Filter "Green Building" ein oder scannen Sie den QR-Code.



LEBENSZYKLUS-ANALYSE DATEN

KUPFERBLECH

Material: Kupfer

Produkt: Blech 0,6 mm Dicke

Einheit: Quadratmeter

Kontext: Cradle-to-gate
Ohne Nutzungsphase
Mit Nutzungsphase

Produktbeschreibung

Modellierungsparameter

Prozess

Bergbau: Global

Raffination/Schmelzen: Europäisch

Herstellung: Europäisch

Recycling: Europäisch

Zuordnung von Nebenprodukten

Gold (nach Wert)

Molybdenum (nach Wert)

Nickelsulfat (nach Wert)

Silber (nach Wert)

Schwefelsäure (nach Wert)

Dampf (nicht zugeordnet)

Ergebnisse



0,14 GJ/m²

Energie-
verbrauch



10,60 kg CO₂ äquiv/m²

Globales
Erwärmungspotenzial



0,068 kg SO₂ äquiv/m²

Versauerungs-
potenzial



0,0040 kg PO₄ äquiv/m²

Eutrophierungs-
potenzial



5,26 E-07 kg R11 äquiv/m²

Ozonabbau-
potenzial



0,0040 kg Äthylen äquiv/m²

Photochemisches Ozon-
bildungspotenzial



Bezirksverwaltungsgebäude, Turku, Finnland
Architekt: Risto-Veikko Luukkonen und Helmer Steenroos
Foto © Robert Pinter

Das Gebäude wurde mit dem gleichen Kupferwerkstoff, der ursprünglich in den 1960er Jahren verwendet wurde, neu bekleidet - eine beeindruckende Demonstration des extremen Langzeitwertes von Kupfer als Vermögenswert der Gebäude.



London 2012 Handballarena - Kupfer-Box,
London, GB
Architekt: Make Architects
Foto © Make

Ein Hauptmerkmal des Gebäudes ist die 3.000 m² umfassende Kupferbekleidung mit einem Recyclinganteil von 65 %. Architekturkupfer kann aus 100% recyceltem Anteil hergestellt werden und in Zukunft wiederverwertet werden.

PHYSIKALISCHE UND MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

Die Europäische Norm EN 1172 - "Kupfer und Kupferlegierungen: Bleche und Bänder für das Bauwesen" legt die Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften für Bleche und Bänder aus Kupfer und Kupferlegierungen fest, die im Hochbau verwendet werden.

Kupfer wird im Allgemeinen als leichte Abdeckung eingesetzt, die weniger tragende Struktur benötigt als viele andere Materialien. Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient minimiert bei fachgerechter Konstruktion, Bewegungen aufgrund thermischer Veränderungen und vermeidet so Beschädigungen und Ausfälle.

Wie die folgenden kupferbekleideten Projekte zeigen, kann Kupfer bei jeder Temperatur verarbeitet werden und wird bei kaltem Wetter nicht spröde:

- Capanna Regina Margherita - die höchste Berghütte Europas, auf 4554 m gelegen, in der Nähe des Monte Rosa Massivs.
- Svalbard Wissenschaftszentrum - liegt im Norden Norwegens, wo in den Wintermonaten die durchschnittlichen niedrigen Temperaturen unter -10°C fallen.

Darüber hinaus sorgt der hohe Schmelzpunkt von Kupfer dafür, dass es bei heißem Wetter nicht "kriecht" oder sich dehnt wie einige andere Metalle.

Kupfer wird nach EN 13501-1 als A1 (nicht brennbares Material) eingestuft; die höchste verfügbare Einstufung. Bleche und Bänder aus Kupfer und Kupferlegierungen sind nicht brennbar und setzen weder Dämpfe noch giftige Gase frei. Im Brandfall zeigt die Erfahrung, dass Kupfer als Barriere gegen die Ausbreitung von Feuer wirkt.

MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN									
Bezeichnung		Material-zustand	Zugfestigkeit		0,2 % Dehn-festigkeit		Dehnung	Härtegrad	
Material	Symbol		R _m N/mm ²	min.	max.	R _{p0,2} N/mm ²	min.	max.	A _{0 mm} %
Cu-DHP CuZn0,5	CW024A CW119C	R220	220	260	-	140	33	-	-
		H040	-	-	-	-	-	40	65
		R240	240	300	140	-	8	-	-
		H065	-	-	-	-	-	65	95
		R290	290	-	250	-	-	-	-
CuSn0,15	CW117C	H090	-	-	-	-	-	90	-
		R250	250	320	200	-	9	-	-
		H060	-	-	-	-	-	60	90
		R300	300	370	250	-	4	-	-
CuAl5Zn5Sn1	CW309G	H085	-	-	-	-	-	85	110
		R400	400	-	170	-	45	-	-
CuSn4	CW450K	H080	-	-	-	-	-	80	-
		R290	290	390	-	190	40	-	-
CuZn15	CW502L	H070	-	-	-	-	-	70	100
		R310	310	370	200	290	10	-	-
		H090	-	-	-	-	-	90	115

Kein anderes Dachmaterial verfügt über eine ähnliche Dehnung. Kupfer ist extrem formbar, was es zum bestgeeigneten Material für die Bekleidung komplexer Formen macht.

Kupferprodukte (Bleche und Bänder) können unter verschiedenen Bedingungen oder "Temperierungen" geliefert werden. Diese Bedingungen werden in der Norm EN 1172 als weich (R220), halbhart (R240) oder hart (R290) bezeichnet. Der Buchstabe R steht für die Zugfestigkeit (in N/mm²): Je höher der Wert, desto stärker und härter das Material.

PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN VON KUPFER	
Dichte	8.94 g/cm ³
Schmelzpunkt	1083°C
Wärmeausdehnungs-koeffizient	1,7 mm/m ΔT=100K
Elastizitätsmodul bei 20°C	132 kN/mm ²

Svalbard Wissenschaftszentrum, Norwegen
Architekt: Jarmund/Vignsnaes Architects
Foto © Nils Petter Dale

Die isolierte Kupferbekleidung umfasst das Svalbard Wissenschaftszentrum und bildet eine äußere Hülle, die auf die Wind- und Schneestürme, die durch das Gelände fegen, abgestimmt ist.

Die Zugfestigkeit des so genannten weichen Kupfers ist zwar geringer, macht es aber leicht formbar und sein minimaler Biegeradius ist kleiner. Halbhartes Kupfer ist stärker, aber weniger flexibel und weniger biegsam.

Für diffizile Formen, bei denen das Biegen von Blechen, das Ausziehen von Falzen, Strecken oder Stauchen erforderlich ist, bietet sich an, weiches Material zu verwenden, während bei durchgehend ebenen Oberflächen, der Herstellung von Kassetten und Profilblechen halbharter Zustand empfohlen wird.

Die Festigkeit und Härte von Kupfer kann auch durch Legieren erhöht werden - das bedeutet, dass Kupferlegierungen eine geringere Verarbeitbarkeit (Biegen mit kleinem Radius) bei höherer Steifigkeit aufweisen. Sie eignen sich hervorragend für Fassaden, an denen perfekte Ebenheit und Schlag- und Verschleißfestigkeit gefordert sind und das Material sein Eigengewicht tragen muss.

Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Kupfer ist einer der niedrigsten unter den metallenen Bekleidungsmaterialien: Bei einer Temperaturdifferenz von 100 K dehnt sich 1 m Kupfer um 1,7 mm aus.



LANGLEBIGKEIT

Leistung, Wartung, Lebensdauer und Rückgewinnungswert durch Recycling sind kostenbestimmende Faktoren von Bauteilen. Unter Betrachtung der Lebenszykluskosten zeichnet sich Kupfer als sehr kostengünstiges Material für Dach und Fassade durch seine Langlebigkeit, Wartungsfreiheit und seinen ultimativen Bergungswert aus.

Aufgrund seiner unbegrenzten Lebensdauer und seiner einzigartigen Eigenschaften findet man Kupfer häufig bei Leuchtturm-Projekten und wird so zu Unrecht als teurer Baustoff wahrgenommen. Die bestehende Kostenwettbewerbsfähigkeit von Kupfer führt jedoch dazu, dass es für eine immer größere Vielfalt von Gebäudetypen eingesetzt wird.

Bei Kupferdächern und Fassadenbekleidungen fallen einmalig Investitionskosten an, später entstehen keine weiteren Kosten. Die Lebensdauer dieser Konstruktionen kann die potenzielle Lebensdauer von Gebäuden übersteigen, und nach der Installation ist keine Wartung erforderlich. Daher sollte der Restwert des Materials am Ende der Nutzungsdauer des Gebäudes bei den Investitionskalkulationen berücksichtigt werden.



Kulturzentrum Alb'Oru, Bastia, Frankreich
Architekt: DDA Devaux & Devaux
Foto © Joan Bracco

Die Verwendung einer Kupferlegierung bietet den Vorteil, dass sie wartungsfrei ist und auch in einer maritimen Umgebung nicht korrodiert.

Als Folge der stetig steigenden Instandhaltungskosten von Gebäuden ist es auf lange Sicht wirtschaftlicher, mit Materialien und Konstruktionen zu arbeiten, die langlebig und nicht wartungsintensiv sind. Kupfer gehört definitiv zu dieser Kategorie.

Aspekte bezüglich der Lebensdauer, wie z.B. der Bedarf an Reparatur und Wartung, sind auch mit der Qualität der Bauleistungen verbunden. Bei Verwendung dieses erstklassigen Metalls sollten daher qualifizierte Fachleute eingesetzt werden, um eine zuverlässige Installation zu gewährleisten.

Die Langlebigkeit von Kupfer ist auf einen komplexen Patinierungsprozess zurückzuführen. Unter Einwirkung der Witterung entwickelt sich auf der Kupferoberfläche mit der Zeit eine schützende Patina mit selbstheilenden Eigenschaften. Diese gewährleistet extreme Haltbarkeit und Korrosionsbeständigkeit unter nahezu allen Witterungsbedingungen. Hinzu kommt, dass Kupfer, im Gegensatz zu einigen anderen Architekturmetallen, nicht unter der sog. rückseitigen Korrosion leidet. Folglich könnten zwar das Trägermaterial oder der tragende Unterbau schließlich versagen, nicht jedoch das Kupfer selbst. Tatsächlich sind Kupferdächer bekannt, die seit über 700 Jahren ihre Funktion erfüllen.

Die Beständigkeit von Kupfer, das der Atmosphäre ausgesetzt ist, wurde unter der Aufsicht der American Society for Testing and Materials (ASTM) untersucht: Tests sollten die Wirksamkeit der Passivierung aufzeigen, indem der Dickenverlust von Blechen gemessen wurde, die 20 Jahre lang verschiedenen Atmosphären ausgesetzt waren. Die Ergebnisse zeigen einen durchschnittlichen jährlichen Verlust von 1 µm (ein Tausendstel Millimeter), sinkend bei zunehmender Patinierung.

Die Lebensdauer von Kupferdächern und Fassadenbekleidungen kann daher, je nach Unterbau und Konstruktion, konservativ mit 200 Jahren angenommen werden - und das wird durch die Erfahrung bestätigt. Dies hat natürlich erhebliche Auswirkungen auf vergleichende Lebensdauerbewertungen in Bezug auf Energieverbrauch, CO₂-Erzeugung und Kosten.

Wie bereits erwähnt, ist Kupfer zu 100% recycelbar ohne seine ursprünglichen Eigenschaften oder seine Leistung zu verlieren. Wenn Abriss oder Renovierung erforderlich sind, kann es zurückgewonnen werden, erspart auf diesem Wege natürliche Ressourcen und Energie und erhält gleichzeitig seinen Wert.



Materialabtrag von Kupfer (Cu 99,9%) in 20 Jahren (Mikrometer/Jahr)

Maritime Umgebung	0,56 - 1,27
Industrielle Umgebung	1,40
Industriell-maritime Umgebung	1,38
Ländliche Umgebung	0,13 - 0,43

Museum für die Geschichte der polnischen Juden, Warschau, Polen
Architekt: Lahdelma & Mahlamaki Oy
Foto © Michał Łagoda

Kupfer ist ein Material, das von Architekten sowohl wegen seiner Ästhetik als auch wegen seiner Langlebigkeit, einer Lebensdauer von über 100 Jahren, bevorzugt wird.

“*Kupfer bietet viele Möglichkeiten zur Kreativität und ist bekannt für seine Exklusivität und Einzigartigkeit bei den realisierten Projekten.*”

VERTRÄGLICHKEIT VON KUPFER MIT ANDEREN BAUSTOFFEN

Korrosion metallischer Werkstoffe an der Außenseite von Gebäuden kann aus zwei Gründen entstehen. Der erste Grund ist rein galvanischer Natur, d.h. zwei verschiedene Metalle stehen in direktem Kontakt, der andere Grund ist die chemische Reaktion, die durch Abschwemmung von einer Metalloberfläche auf eine andere Metalloberfläche entsteht.

Aufgrund seiner Anordnung auf der positiven Seite der elektrochemischen Spannungsreihe wird Kupfer nicht durch andere Metalle negativ beeinflusst. Bei falscher Kombination können jedoch andere Metalle wie Zink, Aluminium und Stahl durch Kupfer beeinflusst werden. Daher sollten Gebäudestrukturen so konzipiert sein, dass ein direkter und indirekter Kontakt zwischen diesen Metallen vermieden wird.

Die Kombination von Kupfer mit Edelstahl ist in den meisten Fällen unbedenklich. Bei der Anbringung von Stahl oberhalb von Kupfer muss man jedoch Vorsicht walten lassen, da auf dem Kupfer "Rostspuren" auftreten können, die durch Eisenrost vom Stahl verursacht werden.

Eine Kombination aus Kupfer und Aluminium ist nur möglich, wenn das Aluminium nach dem Beschichten oder Anodisieren eine elektrisch nicht leitende Oberfläche aufweist. Auf diese Weise können kupferhaltige Abschwemmungen keine elektrochemische Reaktion mit dem Aluminium eingehen. Der direkte Kontakt zwischen den Metallen sollte durch Einbringen einer Zwischenschicht aus nicht leitfähigem Material oder durch eine "konstruktive Lücke" verhindert werden.

Die Anordnung von Kupfer oberhalb von Zink oder verzinktem Stahl sollte vermieden werden, da die im Regenwasser ausgewaschenen Kupferionen auf das Zink abfließen, mit diesem reagieren und zu einer beschleunigten Korrosion des Zinks führen. Die umgekehrte Anordnung – Zink oberhalb von Kupfer – ist unkritisch. Es dürfen jedoch keine direkten Kontaktstellen zwischen den Metallen bestehen.

Zusätzlich ist zu beachten, dass Regenwasser, das von sonnenexponiertem Bitumen abfließt, Korrosionen an verschiedenen Materialien – einschließlich Kupfer – auslösen kann. Ebenso können Auswaschungen von Schindeln aus rotem Zedernholz zu Korrosionserscheinungen an Metallen führen.

Alkalische Auswaschungen aus frischem Beton oder Mörtel führen zu blaugrünen Ausblühungen an Kupferoberflächen. Sie sind zwar aus technischer Sicht irrelevant, stören jedoch das optisch harmonische Erscheinungsbild des Werkstoffes. Sie sind extrem hart und nur schwer zu entfernen, es lohnt sich also, diese zu verhindern.

FENSTERANORDNUNG IN EINER KUPFERFASSADE

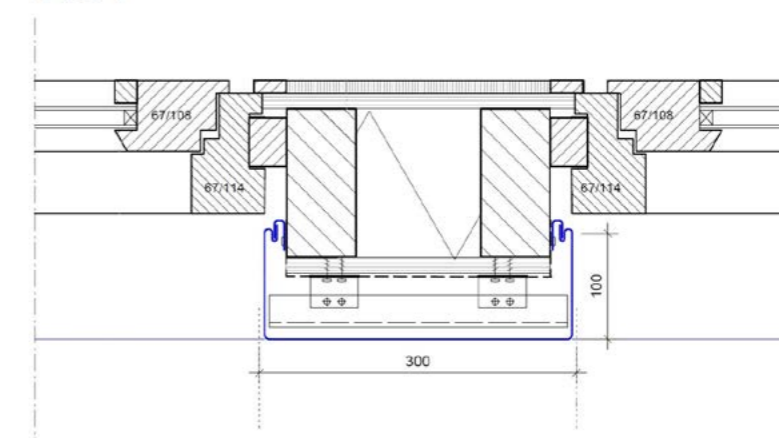
Fenster mit Rahmen aus Holz, kupferbekleidetem Holz, Bronze und Kunststoff erzeugen in der Regel keine Korrosion an anderen Baustoffen. Eine Reihe von Fensterherstellern haben sich auf kupferbeschlagene Holzrahmen spezialisiert. Hier bieten verschiedene Profillösungen viele Möglichkeiten für gestalterische Effekte.

Auch können eloxierte Aluminiumrahmen und Rahmen aus lackiertem Aluminium verwendet werden. Wichtig ist jedoch, den direkten Kontakt mit Kupferoberflächen zu vermeiden und sicherzustellen, dass die Abschwemmung von den Kupferoberflächen nicht auf blanke Aluminiumoberflächen trifft. Um den Effekt der Abschwemmung zu eliminieren, können die Fenster vertieft in der Fassade angeordnet werden oder alternativ mit einem Außenfensterblech vorstehen. Blanke Schnittkanten geschnittener Aluminiumprofile müssen behandelt werden, um einen dauerhaften Korrosionsschutz zu gewährleisten.

Des Weiteren können o.g. Abschwemmungen effektiv mit Hilfe verschiedener Arten von Verbindungen und Fallschürzen vermieden werden. Es sind in der Regel nicht die starken Regenereignisse, die zu korrosiven Problemen führen; der Ionengehalt ist hier zu niedrig, da er in großen Mengen Wasser verdünnt wird. Tau und kleinere Regenmengen hingegen bedeuten oft intensivere Abschwemmungen.



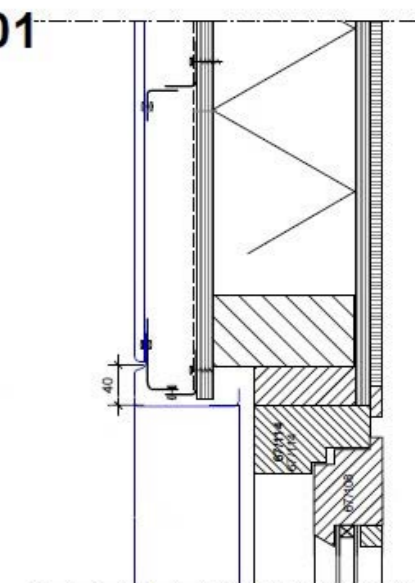
H01



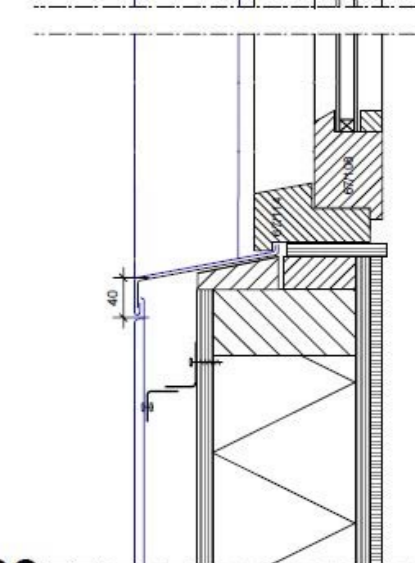
Wohnhaus, Amsterdam, Niederlande
Architekt: Hund Falk Architecten
Foto © Ivan Brodey

Eine flache Wand, die vollständig mit doppelseitigem, voroxidiertem Kupferband und flachen schwarzen Aluminiumrahmen bedeckt ist, bietet einen abstrakten Blick auf die ehemaligen Gebäude.

V01



V02



ARCHITEKTONISCHE QUALITÄTEN

FARBE UND PATINA

Unter Einwirkung der Atmosphäre entwickelt sich das Erscheinungsbild der Kupferoberfläche in mehreren Phasen von der Installation bis zur natürlichen Entwicklung der Patina - dies ist eine einzigartige Eigenschaft von Kupfer. Ein vollständiges Verständnis dieses Prozesses ist für Bauplaner wichtig.

Bereits kurze Zeit nach der Installation wird der Einfluss der Oxidation auf einer Kupferoberfläche, die der natürlichen Verwitterung ausgesetzt ist, sichtbar. Nach und nach wird die Oberfläche des Materials matt und es entwickelt sich eine schützende Oxidschicht, die sich farblich ins Rotbraune ändert. Mit fortschreitender Verwitterung über mehrere Jahre verdunkelt sich die Oberfläche zunehmend zu einem schokoladenbraunen Farbton.

Eine anhaltende Bewitterung kann dann zur Entwicklung der markanten grünen Patina - grün-blau in Meeresnähe - führen. Diese Patinaschicht bietet einen beeindruckenden Korrosionsschutz und repariert sich nach Beschädigung selbst, was die außergewöhnliche Langlebigkeit der Kupferbekleidung ausmacht.

Die Entwicklung der grünen Patina hängt von der "Verweildauer" des Regenwassers auf der Kupferoberfläche ab. Bei vertikalen Flächen dauert dieser Prozess aufgrund des schnellen Abfließens wesentlich länger als bei geneigten Dächern. In Küstengebieten patinieren vertikale Flächen recht gut.





OBERFLÄCHENENTWICKLUNG AUF COPPER CONCEPT

Einmal an Ort und Stelle, wirken Kupferprodukte lebendig und mit der Zeit immer schöner. Weitere Projektbeispiele und Informationen zur Oberflächenentwicklung im Laufe der Zeit finden Sie unter copperconcept.org/de/referenzen. Aktivieren Sie den Filter "Oberflächenentwicklung" oder scannen Sie den QR-Code.

Eine Broschüre zu diesem Thema ist auch unter copperconcept.org/de/publikationen verfügbar.



Luftverschmutzung trägt auch zur Patinierungsgeschwindigkeit bei, die in saubereren Umgebungen daher langsamer abläuft als in Städten oder Industriegebieten. Eine komplexe Kombination von Faktoren bestimmt die Art und Geschwindigkeit der Entwicklung der Patina. So verleiht sie dem Kupfer einzigartige, lebendige visuelle Eigenschaften, die sich im Laufe der Zeit als Reaktion auf die lokalen Bedingungen ergeben.

Viele Architekten und Bauherren wünschen sich die dunkelbraune Farbe oder die markante grüne Patina bereits bei der Installation, ohne mehrere Jahre oder Jahrzehnte auf die allmählichen Veränderungen durch die natürliche Bewitterung warten zu müssen - selbst bei vertikalen Bekleidungen und geschützten Flächen, in denen eine regenwassergestützte Patinierung eventuell nie stattfinden würde.

Heute sind verschiedene Oberflächenbehandlungen verfügbar, die ähnliche Prozesse wie in der Umwelt nutzen, und die führenden Hersteller sind in der Lage, Oxidation und Patinierung ab Werk anzubieten.

Voroxidiertes Kupfer bietet das ästhetische braune Erscheinungsbild einer attraktiven, natürlich oxidierten Oberfläche. Darüber hinaus minimiert es eine Fleckenbildung, die bei walzblankem Kupfer auftreten kann, und fördert den weiteren natürlichen Patinierungsprozess durch die Einwirkung von Sonne, Regen, Schnee und Wind.

Vorpatiniertes Kupfer ist natürlich auch im Bereich des Denkmalschutzes nützlich. Aber sein Potenzial ist am spannendsten, wenn man es als einen völlig modernen Baustoff betrachtet, der die markante grüne Farbe mit der Formfreiheit von Kupfer verbindet. Nach der Installation entwickelt sich die Oberfläche auf ganz natürliche Weise weiter, was für Kupfer charakteristisch ist.

WAHRSCHEINLICHE ZEITSPANNE DER GRÜNEN PATINABILDUNG	
In ländlicher oder hochgelegener Umgebung	Min. 30-40 Jahre
In städtischer Umgebung	15 bis 30 Jahre
In Küsten- oder Industriegebieten	8 bis 20 Jahre

Meripaviljonki (Meerespavillon), Helsinki, Finnland
 Architekt: Arkkitehtitoimisto Freese Oy
 Foto © Esko Tuomisto

Die Wahl von Kupfer würdigt die Nachhaltigkeit des Materials, seine Langlebigkeit, seinen geringen Wartungsaufwand und seine schöne Patina. Fotos von 2014 und 2016 (verwittert).



2014



2016

KUPFERLEGIERUNGEN IN DER ARCHITEKTUR

Es gibt mehr als 400 Kupferlegierungen, jede mit einer einzigartigen Kombination von Eigenschaften, für viele verschiedene Anwendungen. Einige von ihnen – Bronze, Messing und die Goldlegierung – werden in der Architektur dank mehrerer Begleitfaktoren wie extremer Haltbarkeit, einzigartiger Schönheit und mechanischer Widerstandsfähigkeit bei der Bedachung und Wandbekleidung verwendet.

Diese in der Architektur verwendeten Kupferlegierungen verfügen mit ihrer natürlichen Farbentwicklung durch Bewitterung im Außenbereich ebenfalls über individuelle Eigenschaften. Diese Eigenschaften sind vor allem für Fassaden interessant, können aber auch für Dächer vorteilhaft eingesetzt werden. Darüber hinaus kann ihr Erscheinungsbild leicht verändert werden, z.B. durch Auftragen eines Wachses, um der Oberfläche ansprechende Nuancen zu verleihen.

BRONZE

Gartenmuseum, London, GB
Architekt: Dow Jones Architects
Foto © David Grandorge

Die Pavillons sind mit maßgeschneiderten Bronzeschindeln bekleidet, die die schuppenartige Rinde der umliegenden Platanen widerspiegeln.

BRONZE

Eine Legierung aus Kupfer und Zinn und ein Synonym für Metallkunstwerke. Während Künstler schon seit langem auf Bronze setzen, können nun auch Architekten dieses Material optimal nutzen. Bronze ist auch in der Technik bekannt, insbesondere in Anwendungsgebieten, die eine hohe Verschleißfestigkeit erfordern (z.B. Federn, Zahnräder und Lager).



In der Architektur wird Bronze wegen seiner Steifigkeit, Verschleißfestigkeit, Langlebigkeit und Korrosionsbeständigkeit geschätzt. Seine rotbraune Oberfläche ändert sich unter Einwirkung der Atmosphäre allmählich in ein für Bronze typisches dunkelbraunes Anthrazit. Die Patinaschicht bildet sich wesentlich langsamer als bei reinem Kupfer.



GOLDENE LEGIERUNG

Gerichtsgebäude, St. Pölten, Österreich
Architekt: Christian Kronaus
Foto © Thomas Ott

Durch den inhärenten Reichtum des Materials erhält das Gebäude einen angenehmen und warmen Charakter, der sich in Abhängigkeit von den wechselnden Lichtverhältnissen im Laufe der Zeit kontinuierlich verändert.

GOLDENE LEGIERUNG

Diese Legierung aus Kupfer mit Aluminium und Zink, die eine dünne, harte, schützende Oxidschicht mit allen drei Legierungselementen bildet, verfügt über eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit und sehr hohe mechanische Eigenschaften (Festigkeit und Verschleißfestigkeit). Aus diesen Gründen wird sie auch in Münzen verwendet – die 10, 20 und 50 Euro-Cents bestehen aus CuAl5Zn5Sn1.

Diese Legierung ist sehr anlaufbeständig, was zu einem langlebigen eleganten mattgoldenen Erscheinungsbild führt.

MESSING

Diese Legierung aus Kupfer und Zink zeigt eine ausgeprägte goldgelbe Farbe. Der Zink-Anteil erhöht die mechanische Festigkeit und die Härte. Die in der Architektur verwendeten Messingbleche können dank dieser erhöhten Festigkeit ihr Eigengewicht besser tragen und unerwarteten Stößen standhalten.

Unter Einwirkung der Atmosphäre mattiert die ursprüngliche Oberfläche und wird allmählich dunkelbraun. Auch sie kann eine Patina entwickeln, jedoch viel langsamer als Kupfer. Darüber hinaus eignet sich Messing hervorragend für den Innenbereich, hier wird seine Oberfläche gerne mit einem bräunlichen Finish versehen.



MESSING

Fährstationen, Stockholm, Schweden
Architekt: Marge Arkitekter
Foto © Johan Fowelin

Dächer und Wände sind mit brüniertem Messing bekleidet, das gut zu den Stein- und Stuckfassaden im Hintergrund passt und ein einheitliches, skulpturales Erscheinungsbild entstehen lässt. Darüber hinaus werden mit verschiedenen Techniken Variationen in der Oberflächenstruktur erreicht.

KONSTRUKTION UND INSTALLATION

DACHSYSTEME

Die Aufbauten von Metallblechbekleidungen haben sich in den vergangenen Jahrhunderten unter Berücksichtigung der Materialeigenschaften verfeinert. Für Metalleindeckungen werden flache Formen, die dünn (0,5-1,5 mm), aber großflächig sind, verwendet. Da sie als Dachbaustoffe häufig sogar Temperaturdifferenzen von bis zu 100K ausgesetzt sind, ist mit Veränderungen der Abmessungen durch Wärmedehnung zu rechnen.

Die Dacheindeckung muss den durch die Wärmedehnung bedingten Maßänderungen standhalten und gleichzeitig die Anforderungen an Dachbahnen voll erfüllen, d.h. sie muss wasserdicht, frostbeständig, langlebig und widerstandsfähig sein.

Bleche, die für die Dachdeckung verwendet werden – und unter ihnen ist Kupfer herausragend – sind leicht formbar und dicht. Die Abmessungen der Schare und ihre Verbindungen werden derart aufeinander abgestimmt, dass sie thermischen Bewegungen standhalten und gleichzeitig das Eindringen von Feuchtigkeit entlang dieser Verbindungen verhindern.

Als Grundprinzip bei jeder Art von Bedachung gilt, dass Metallbleche niemals unlösbar direkt auf der Schalung befestigt werden. Aufeinander treffende Bleche werden durch mehrfaches Umlegen (Falz) miteinander verbunden. In diesen Falz wird ein Haft eingearbeitet, der fest mit der Oberfläche verbunden ist.

Durch diese Vorgehensweise werden Dehnungsfugen gebildet und die Schare sind in der Lage, Veränderungen durch Wärmeeinwirkung ohne sichtbare Verformung, Wellung oder andere Schäden zu kompensieren.

In der Praxis sind zwei Arten von Bedachungen üblich: Stehfalzdeckung und Leistendeckung.

Die Stehfalzdeckung besteht aus rechtwinklig zum Gesims (d.h. parallel zur Falllinie) angeordneten Scharen, die durch Doppelstehfalze miteinander verbunden sind. Sie wird bei Neigungen über 3 Grad angewendet.

Im Allgemeinen werden zwischen zwei benachbarten Scharen Haften mit Kupfernägeln auf der Schalung fixiert. Diese Haften werden zusammen mit den Scharaufkantungen umgekantet, um die Falze zu erzeugen. Diese indirekte Befestigungsmethode der Schare auf dem Untergrund ermöglicht der Konstruktion eine gewisse Bewegung.

Beim Verlegen der Schare verbleiben im Fußbereich einige Millimeter Abstand, und ermöglichen auf diesem Wege transversale Wärmebewegungen.

Die Verwendung von Schiebehaften ist eine Spezialität der Kupferbekleidung. Sie bestehen aus zwei Teilen, die sich gegeneinander bewegen können und somit eine thermische Bewegung in Längsrichtung der Schare ermöglichen.

Für die kontinuierliche Befestigung entlang einer Linie werden Einhangstreifen verwendet, die über die gesamte Länge oder mit regelmäßigen Abständen direkt an der Schalung befestigt sind. Die zu befestigenden Bleche werden mit einer Umkantung daran eingehängt.

Die Leistendeckung ist ähnlich der Stehfalzdeckung aus Bahnen aufgebaut, die jedoch nicht direkt aneinander befestigt sind, sondern an Leisten, die parallel zur Falllinie auf der Schalung mittels U-förmigen Haften genagelt oder verschraubt werden. Die gesamte Leiste wird anschließend mit einer Leistenkappe abgedeckt.

Montevergine Sanktuarium, Mercogliano,
Avellino, Italien
Architekt: Studio Arch Luigi Picone

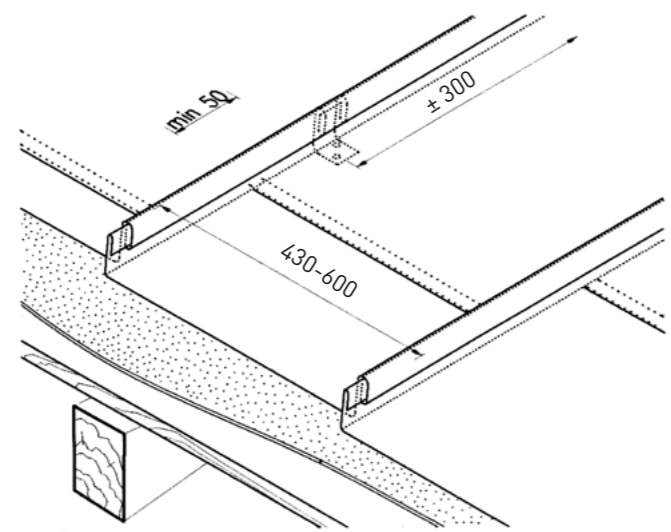
*Die maschinell gewalzten Kupferbleche wurden
als Doppelstehfalzsystem auf tragenden
Holzplatten verlegt.*





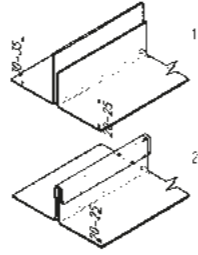
Sport- und Freizeitzentrum, Budapest, Ungarn
Architekt: T2.a Architects
Foto © Zsolt Batár

Ein großes Sportgebäude verändert seinen geradlinigen, rechteckigen Grundriss zu einem komplexen, facettierten Kupferdach.

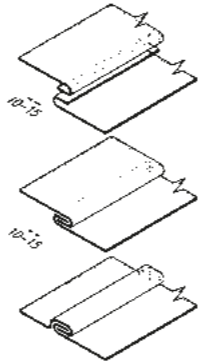


ALLGEMEINES SCHEMA DER STEHFALZDECKUNG

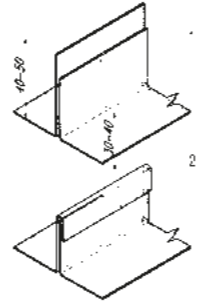
HERSTELLUNG EINES EINFACHEN STEHFALZES



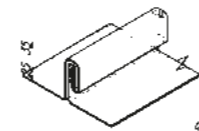
LIEGEFALZ



HERSTELLUNG VON DOPPELTEN STEHFALZTYPEN



WINKELSTEHFALZ



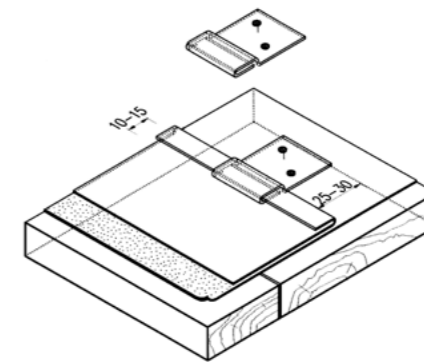
DOPPELTER STEHFALZ



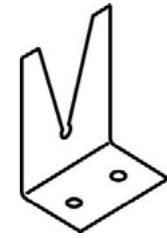
Die Orangerie, Huizen, Niederlande
Architekt: Braaksma & Roos
Architectural Office
Foto © ECI

Das gesamte Dach ist mit vorpatiniertem Kupfer bedeckt, ebenso wie die Erker der Villa. Vorpatinierte Kupferlochbleche werden vor Türen und in der Ostfassade eingesetzt.

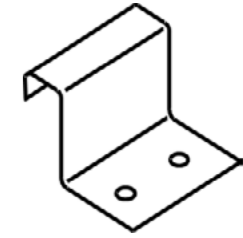
LIEGEHAFT



FESTHAFTE

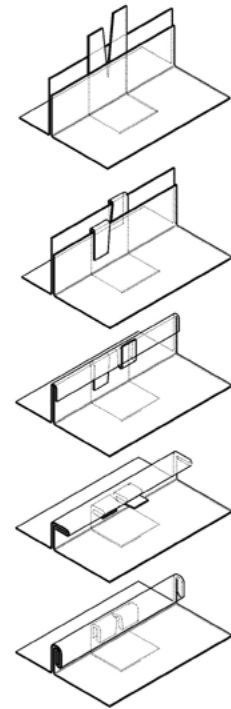


HOSENFESTHAFT



PROFILIERTER FESTHAFT

DOPPELSTEHFALZ MIT HOSENFESTHAFT



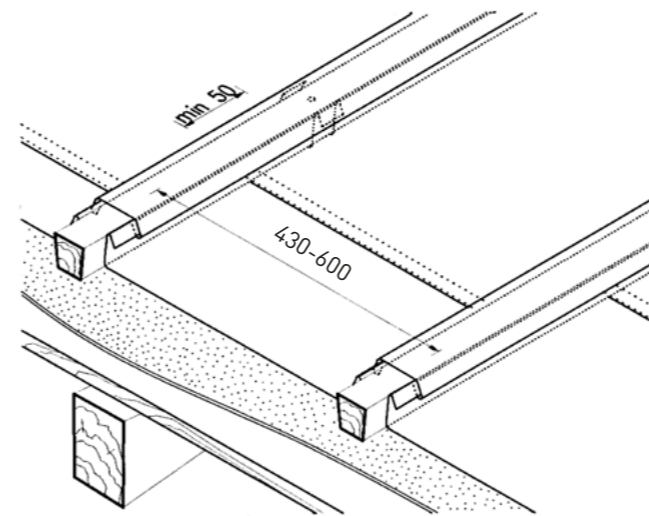
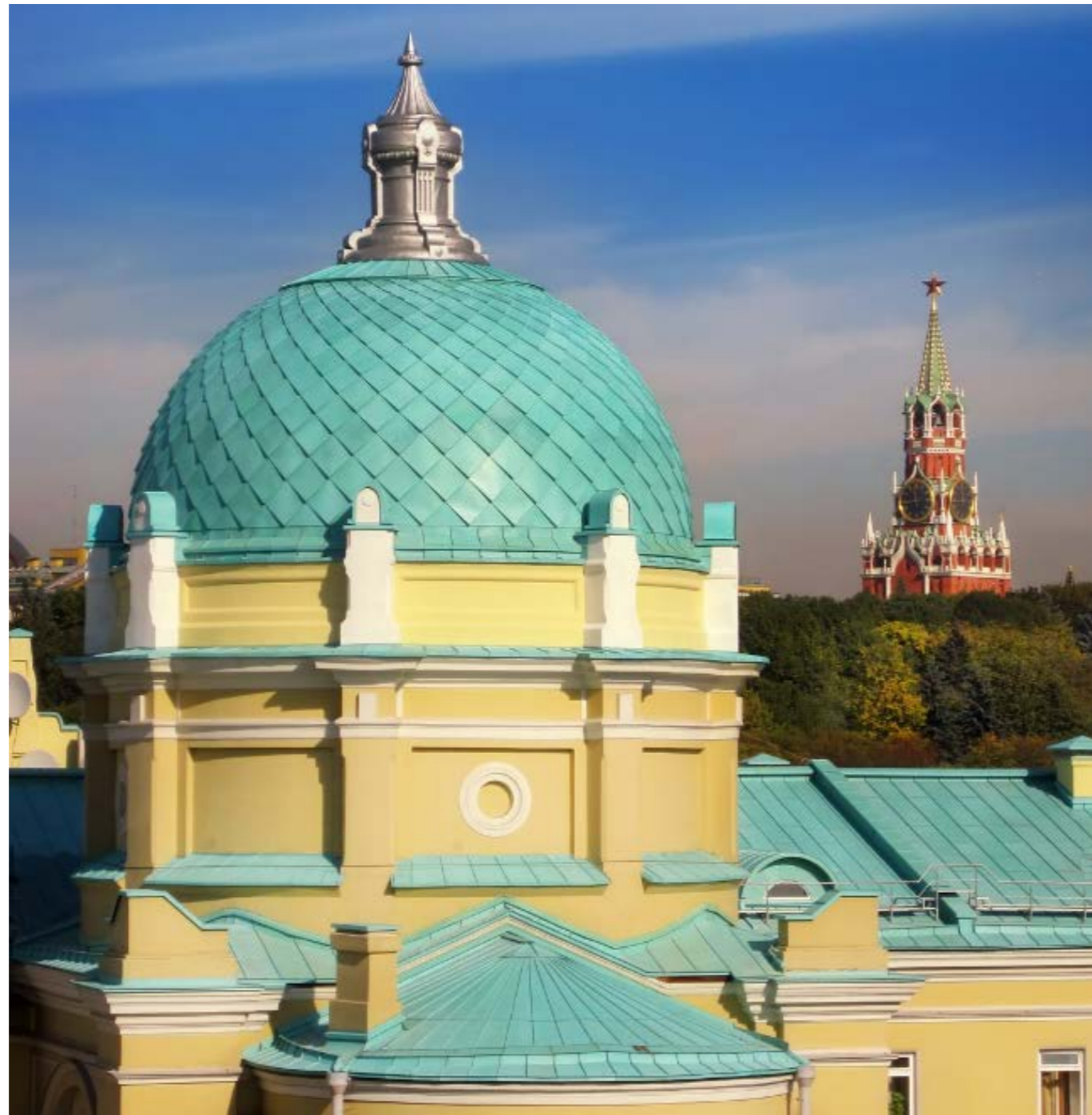
Eine weitere Art der Bedachung bilden vorgefertigte Profilbleche, die den geriffelten Blechen anderer Metalle ähneln. Sie besteht aus gewellten Profilblechen, die mit Halterungen versehen sind. Das System ermöglicht ein sehr schnelles Arbeiten auf großen ebenen Flächen im Rahmen eines zuvor ausgearbeiteten Systems. Das Ergebnis ähnelt optisch der Leistendeckung.

Unabhängig von der gewählten Ästhetik wird das Dachsystem durch die Grundgeometrie bestimmt; die Dachneigung ist ein bestimmender Faktor.

Leistendeckung und Profilblechdeckung sorgen für ein scharfes Bild und lassen große ebene Flächen lebendig wirken. Sie sind jedoch nicht auf gewölbten Flächen oder komplexeren Dachformen einsetzbar; außerdem ist die Montage einer Leistendeckung eher arbeitsintensiv.

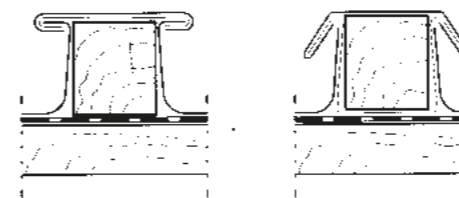
Hochkomplexe Dachformen sind relativ einfach mit der Stehfalzdeckung zu realisieren. Das Ergebnis ist ein homogenes Bild, bei dem die Schare weniger betont sind. Scharbreite und Blechdicke werden durch ästhetische Gesichtspunkte, Dachgeometrie, die Lage der Dachaufbauten und – last but not least – die Windeinwirkungen auf das Dach bestimmt.

Bei der Auswahl eines Dachsystems sind vom Planer die Zuverlässigkeit der Konstruktion, ihre Machbarkeit und alle architektonischen und ästhetischen Anforderungen zu berücksichtigen.



ALLGEMEINES SCHEMA DER LEISTENDECKUNG

MONTAGE DER LEISTENDECKUNG



MODELL A

MODELL B

Le Safran Festhalle, Brie Comte Robert, Frankreich
Architekt: S.C.P.A. Sémon-Rapaport
Mandataire de L'Equipe, Brie Comte Robert
DUPRE, Saintes
Foto © KME

Kupferblech wird seit Jahrhunderten für die Bedachung verwendet. Dazu gehören auch Kupferschindeln (oder Rauten), kleinformatige Metallbleche, für die Bedachung von Kuppeln, Fassaden und anderen Dachflächen.

Überlappende Schindeln, die die Eigenschaften des Metalls nutzen, bilden eine Oberfläche mit variierender Textur. Einheitliche Elemente, vom Werk geliefert oder vor Ort hergestellt, ähneln in ihrer Größe und Textur kleinen Fliesen, aber ihre Struktur ist anders. Rauten-, Rechteck- oder Quadratschindeln sind an ihren Kanten derart gekantet, dass sich, allseitig ineinander eingehakt, einfache überlappende Falzverbindungen ergeben. Die Befestigung der Elemente geschieht nacheinander mit Haften. Da sie aufgrund ihrer geringen Größe und der gefalzten Kanten eine gute Steifigkeit aufweisen, reicht für die gesamte Abdeckung ein Leistenrahmen im Abstand der Halterungen als Unterkonstruktion.



Rosneft Kupferdach, Moskau, Russland
Architekt: Archexpert
Foto © Savros

Einzigartige dreidimensionale Kupferschindeln für einen stärkeren Struktureffekt, die mit selbstgebauten Maschinen von einem lokalen Spezialisten hergestellt wurden.

FASSADEN- UND WANDBEKLEIDUNGEN

Mit dem zwanzigsten Jahrhundert kam es zu einer Transformation von der historischen Rolle des Kupfers als langlebiges Dachmaterial zu einer flexiblen Architekturhaut für alle Oberflächen einschließlich der Wände.

Kupfer kann als komplette Außenhaut dienen, die komplexe Gebäudeformen mit Materialdurchgängigkeit umfasst. Oberflächen können flach, gekrümmt oder facettiert sein und sich in jedweder Neigung oder Umgebung befinden. Alternativ kann Kupfer einzelnen Fassadenelementen einen unverwechselbaren Charakter verleihen, insbesondere in Verbindung mit anderen hochwertigen Materialien wie Stein, Ziegel, Glas und Holz.

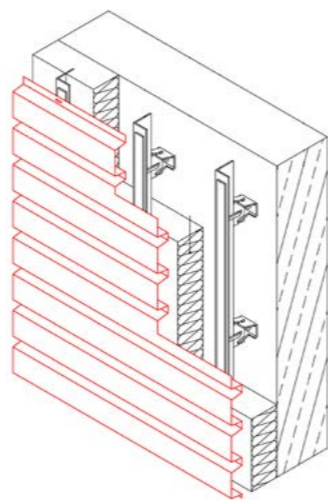
Neben dem Standard-Kupferblech sind weitere Kupferprodukte erhältlich, die zusätzliche Dimensionen der Modulation, Textur und Transparenz für architektonische Oberflächen ermöglichen. Installationstechniken und -systeme tragen auch dazu bei, den architektonischen Charakter zu definieren - ein umfangreiches Sortiment an werkseitig vorgefertigten Systemen für Fassaden sowie Kupferbleche und -bänder ist verfügbar.

Die hier vorgestellte Konstruktion folgt dem Konzept einer haltermontierten, hinterlüfteten Bekleidung und schafft ein optimiertes System, das die geschlossene, winddichte Innenkonstruktion sicher umschließt. Eine Hinterlüftung wird in der Regel aus mehreren Gründen benötigt: um die Luftfeuchtigkeit zu reduzieren, um eindringendes Regenwasser aus der Konstruktion ausdiffundieren zu lassen, um eine kapillare Trennung zwischen der Bekleidung und der atmungsaktiven Wärmedämmung oder Trägerstruktur zu schaffen sowie um Kondensation an der Rückseite der Bekleidung zu verteilen.

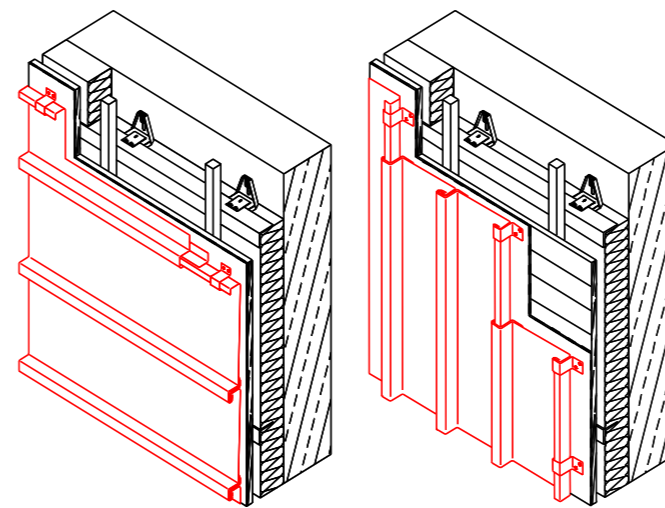
FASSADENSYSTEME

STEHFALZ UND PROFILBLECHE

Kupferbleche können an Fassaden mit den gleichen Falztechniken wie bei der Bedachung montiert werden - in den meisten Fällen ist ein Winkelstehfalz akzeptabel, da die Wasserdichtigkeit an vertikalen Flächen keine große Rolle spielt. Darüber hinaus können, verschiedene Arten von Profilblechen (Sinuswelle, Trapez) verwendet werden, einschließlich kundenspezifischer Profile.



PROFILBLECH



WINKELSTEHFALZ-WANDBEKLEIDUNG



Kunstmuseum, Ahrenshoop, Deutschland
Architekt: Staab Architekten
Foto © Christian Richters/ KME/ MN

Die scheinbar ungeordnete, lebendige und profilierte Oberflächenstruktur zeigt sich durchgängig ohne sichtbare Unterbrechung und erweckt den Eindruck, als ob das Ganze aus einem Guss wäre.



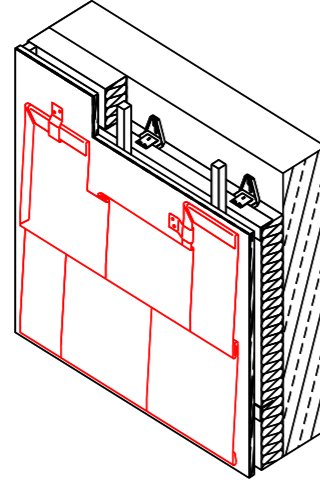
Feuer-Museum, Zory, Polen
Architekt: OVO Grąbczewscy Architekci
Foto © Tomasz Zakrzewski / archifolio

Dieses ungewöhnliche Gebäude, das Feuer-Museum, gleicht einer Flamme, die über den Boden kriecht - wie Feuer, das über den Boden tanzt.

SCHINDELN

Schindeln bieten eine unverwechselbare "Fischschuppen"-Optik mit Formen wie Quadraten, Rauten, Rhomben und Rechtecken. Diese Flachziegel werden einfach aufgehängt und miteinander verzahnt und bieten einen relevanten wirtschaftlichen Vorteil.

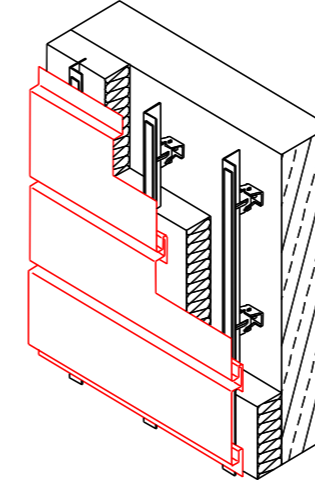
Die Schindeln haben an allen Rändern eine 180°-Falzung – zwei Seiten sind jeweils mit einem nach vorne gerichteten Falz, die beiden anderen mit einem Rückfalz versehen. Alle Falze und Ausklinkungen werden werkseitig erstellt, womit sichergestellt wird, dass die Ecken von Gebäuden und die Verbindungen zu anderen Bauelementen wie Fenstern und Türen absolut wetterfest sind.



PANEELE

Paneele sind zweiseitig vorgeformte Elemente, die vertikal, horizontal oder diagonal montiert werden können, um ein lineares Erscheinungsbild zu erzeugen. Die Montage auf der Baustelle erfolgt nach dem Nut-Feder-Prinzip oder durch Überlappung. Die Einzellängen betragen bis zu 4.000 mm bei einer Breite von bis zu ca. 500 mm.

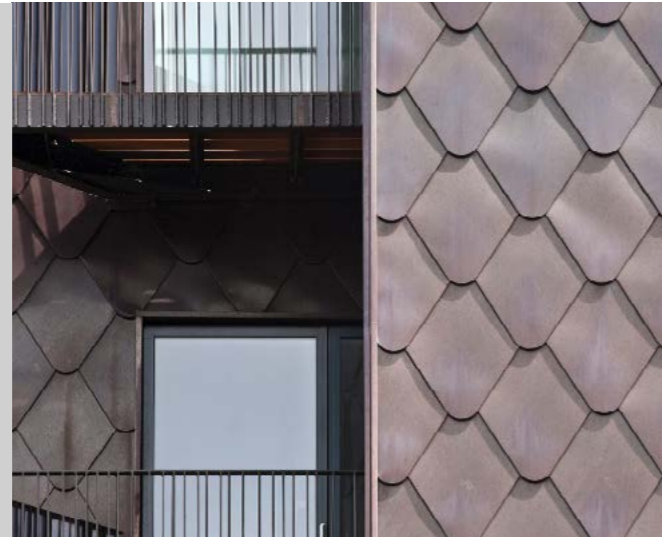
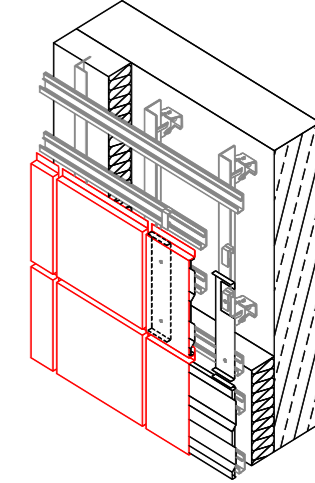
Da die Paneele nicht mit der darunter liegenden Konstruktion in Berührung kommen, ist es notwendig, ein festes Material (Holz, Kunststoff) zwischen das Kupfer und die Konstruktion zu legen, insbesondere in Erdgeschosshöhe bis ca. 2 m, um Spuren und Kerben durch mechanische Beeinträchtigungen zu vermeiden.



KASSETTEN

Kassetten sind Elemente mit gefalzten Kanten an allen vier Seiten, die in verschiedenen rechteckigen Maßen erhältlich sind. Sie werden projektbezogen nach dem spezifischen Gestaltungskonzept hergestellt. Die Kassettenbekleidung eignet sich für größere ebene Flächen und bietet eine hohe Flexibilität in Bezug auf Formate, Verbindungsanordnung und Befestigungsprinzipien.

Die Befestigung erfolgt in der Regel durch Niete, Schrauben, verdeckte/unterflurige Beschläge oder mittels Schraubhaken zur Befestigung der Kassetten direkt auf dem Träger.



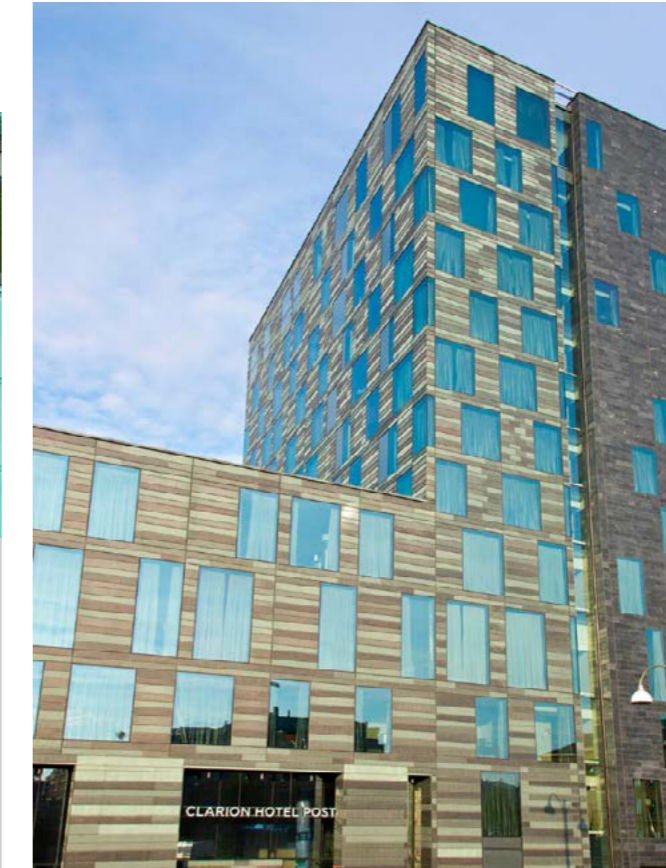
Field Street/Leek Street, London, Großbritannien

Die Außenfassade ist mit oxidierten Kupfer-"Schuppen" bekleidet, die die dominante Geometrie des Gebäudes überlagern und abschwächen.



Sonderschule in Dinkelscherben, Deutschland
Architekt: Frech & Mair Architekten BDA, Augsburg
Foto: KME

Horizontal eingebaute Paneele mit Sichtfuge verleihen den Fassaden einen besonderen architektonischen Charakter.



Clarion Hotel Post, Göteborg, Schweden
Architekt: Semrén & Månsson
Foto © Lennart Hyse

Es besteht aus Kupfer in drei Bandhöhen – 200, 250 sowie 300 mm – und drei verschiedenen Intensitäten von vorpatiniertem Kupfer, bei dem der Grünanteil vor dem dunkelbraunen Hintergrund variiert wurde.

TRANSPARENTE STRUKTUREN

Die Kupferindustrie entwickelt ständig neue Produkte, um die ästhetischen Vorzüge von Kupfer und Kupferlegierungen in der Architektur zu verbessern und die Freiheit zu erweitern, die Architekten durch die Arbeit mit Kupfer genießen können.

Eines der neuesten Produkte sind perforierte und gestreckte Kupferbleche und -bänder, die neue Möglichkeiten der Transparenz eröffnen und individuell nach den Vorstellungen des Architekten gefertigt werden können.

Perforationen auf Kupferblechen und -bändern bieten viele Optionen der individuellen Gestaltung, darunter subtile Muster, Bilder und sogar Texte. Es können viele verschiedene Transparenzstufen geschaffen werden – von nahezu vollständiger Transparenz bis hin zu einer gedämpften Transluzenz.

Die Wirkung hinterleuchteter Fassaden kann durch eine Vielzahl unterschiedlicher Perforationsmuster sehr individuell gestaltet werden. Auch dem Einsatz von perforiertem Kupfer und Kupferlegierungen als dekorative Innenelemente sind kaum Grenzen gesetzt.



Gemeindebühne, Trondheim, Norwegen
Architekt: HUS arkitekter AS
Foto © Mathias Herzog

Das Tageslicht spielt auf seiner handpatinierten, mehrschichtigen Oberfläche und verleiht diesem schwebenden Vordach eine wahre Pracht. Nachts wird es indirekt beleuchtet.



Netz-Streckmetalle entstehen durch Perforieren und anschließendem Dehnen des Materials, um einen Metallvorhang mit funktionalen, ästhetischen Eigenschaften zu schaffen. Die vielfältigen Strukturen des Kupferrippennetzes sorgen für Offenheit und bilden eine solide Barriere, die sowohl Transparenz als auch mechanischen Schutz bietet.



Kulturzentrum Alb'Oru, Bastia, Frankreich
Architekt: DDA Devaux Et Devaux Architectes
Foto © Joan Bracco

Die Fassaden aus einem transparenten Kupferlegierungsnetz umschließen offene Zirkulationswege an drei Seiten des Gebäudes und erzeugen Außenräume zum Lesen und Genießen der Aussicht. Nachts wird das Gebäude zu einem Leuchtfeuer, dessen Innenbeleuchtung nach Außen schimmert.

DYNAMISCHE FASSADEN

Die Gebäudefassade muss das Gebäude schützen und als Aushängeschild nach außen fungieren. Sie muss eine langlebige, wetterfeste Dichtungsschicht haben - eine Oberfläche, die sie vor Wind und Wetter schützt und einfach zu pflegen ist. Darüber hinaus muss die äußerste Schicht der Fassade mit einem wirksamen, funktionalen Dämmstoff kombiniert werden.

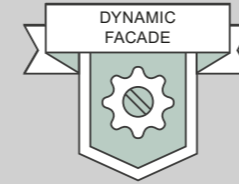
Doch in den letzten Jahren ist neben den bekannten Funktionen der ästhetischen, wetterfesten und isolierenden Fassaden eine weitere Funktion hinzugekommen - die Optimierung des Energieverbrauchs. Entweder durch passive Verschattung und Belüftung oder durch komplexe Systeme verändert sich die Gebäudehülle dynamisch, um das Innenleben zu regulieren und so den Energiebedarf zu senken.

Natürlich spielt Kupfer bei dynamischen Fassaden eine wichtige Rolle. Langlebig, formbar und skalierbar, ist es ein Material der Wahl für Architekten, die Innovationen bei der Gestaltung von funktionalen Bekleidungen vornehmen. In Form von Kupfersegeln oder -bändern können sie Licht und Wärme besser steuern und die Energieeffizienz von Gebäuden verbessern. In Form einer unbearbeiteten Oberfläche, die sich im Laufe der Zeit entwickelt, belebt die Fassade ein Gebäude und wird zum Schlüssel für seine Umweltintegration.



Kaufmannshaus, Kopenhagen, Dänemark
Architekt: HUS arkitekter AS
Foto © Jens Markus Lindhe

Teile der vorgehängten Kupferfassade können einfach hochgeklappt werden und so eine Fensteranordnung erzeugen, die zu den benachbarten Gebäuden passt. Im geschlossenen Zustand wird der Vorhang einheitlich und undurchdringlich - löst sich dann aber auf und gibt den Blick in das Innere, bei Nacht beleuchtet, frei.



DYNAMISCHE FASSADEN AUF COPPER CONCEPT

Weitere Projektbeispiele und Informationen zu dynamischen Fassaden finden Sie unter copperconcept.org/de/referenzen. Schalten Sie den Filter "Dynamische Fassade" ein oder scannen Sie den QR-Code.

Als Reaktion auf Veränderungen im städtischen Leben - sowohl organisatorische, technologische wie auch gesellschaftliche - müssen Architekten und Stadtplaner innovativ sein. Dynamische Kupferfassaden ermöglichen es modernen Gebäuden, mit ihrer Umgebung zu interagieren, und können den Einsatz von künstlichem Licht und Heizung einschränken, Belüftung, Licht oder Transparenz regeln und beispiellose visuelle Effekte erzeugen.

Konservatorium Claude Debussy, Paris, Frankreich
Architekt: BasaltArchitecture architectes
Foto © Sergio Grazia

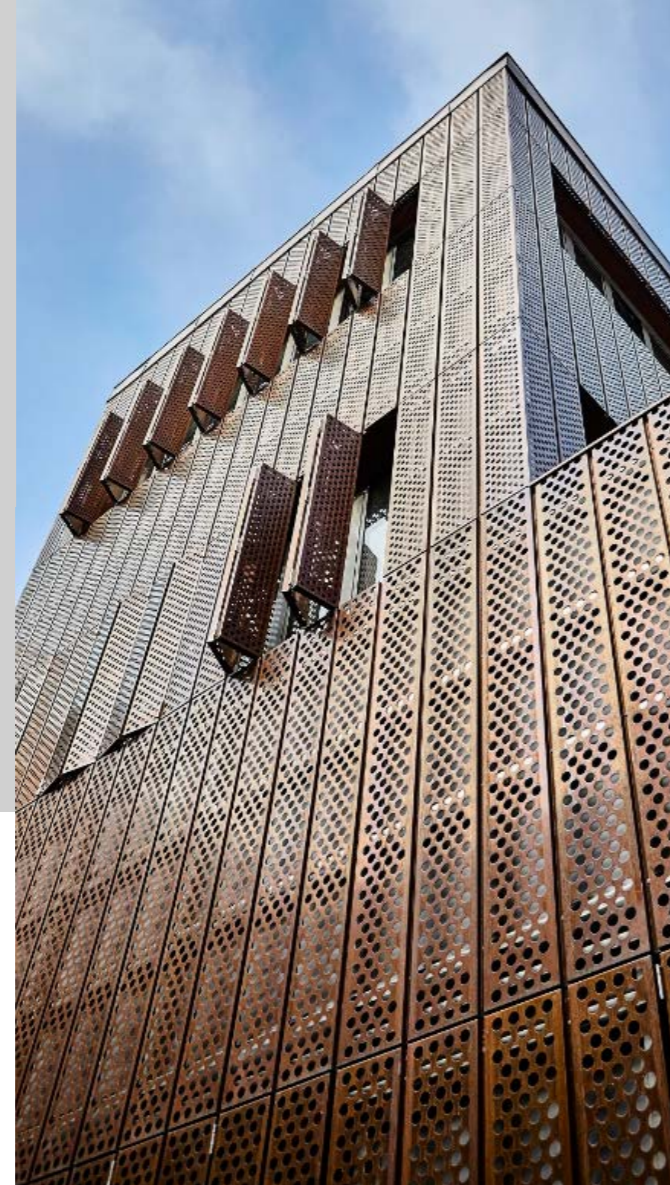
Eine Außenhaut, perforiert vom Rythmus der Melodie, die in den Außenwänden entsteht, nimmt Gestalt an.





La Monnaie de Paris (Münzprägestalt), Frankreich
Architekt: AAPP / Philippe Prost
Foto © Benjamin Chelly and Aitor Ortiz

Schaffung einer Architektur, bei der die gewählten Materialien an die Kompetenz der im Haus arbeitenden Fachleute erinnern.



Kupfer und seine Legierungen ermöglichen eine große architektonische Kreativität und sind aufgrund ihrer Formbarkeit und Montagefreundlichkeit das ideale Material für funktionale Fassaden. Kupferbleche sind leicht, einfach zu bearbeiten und zu montieren, ästhetisch ansprechend und extrem langlebig ohne Wartung. Zusätzlich steht eine breite Palette von Oberflächen zur Verfügung: glatt und glänzend, perforiert, geprägt, rein oder legiert, unbearbeitet oder vorpatiniert.



Pegasus Academy, London, GB
Architekt: Hayhurst and Co.
Foto © Kilian O'Sullivan

Eine Fassade aus einer goldenen Kupferlegierung kündigt den Eingang zu dieser Südlondoner Schule an - Träger zahlreicher Auszeichnungen, u.a. Gewinner des Architectural Review Schools Award 2015 - und vereint unterschiedliche, bereits bestehende Gebäude.

DESIGN-KONTINUITÄT

Als Dachmaterial wird Kupfer traditionell auch für zugehörige Elemente wie Abdeckungen, Lüftungsschlitze, Rinnen und Fallrohre verwendet. Modernes Design setzte dies mit der zunehmenden Verwendung von Kupfer für Vertikalbekleidungen, Regenschutzvorrichtungen und Fassaden fort und konzentrierte sich auf Kupfer als umhüllende Haut, um die Gebäudeform hervorzuheben und die Materialkontinuität zu erhalten. Diese Flexibilität und Formfreiheit nutzen Architekten auch heute gerne mit komplexen Entwürfen, die durch computergestützte Gestaltungstechniken ermöglicht werden.



Experimentarium - Die Helix-Treppe, Kopenhagen, Dänemark
Architekt: CEBRA
Foto © Adam Mørk

Eine völlig neue architektonische Kulisse, die sich auf Wissenschaft und Technik fokussiert - von der Darstellung der Strömungslehre an den Fassaden bis hin zur spektakulären Helix-Treppe, einer leuchtenden Ikone, auf die die Gäste direkt nach Passieren des Haupteingangs treffen.

ENTWÄSSERUNGSSYSTEME

Ein komplettes Dachentwässerungssystem – mit korrekt dimensionierten Rinnen und Fallrohren – ist erforderlich, um das Gebäude effektiv vor Regen, Schnee, Schneeregen usw. zu schützen. Nicht minder wichtig ist, die Dachentwässerung so auszulegen, dass sie dem Gewicht von Schnee und der Eisbildung standhält.

Das Dachentwässerungssystem kann aus außen liegenden Rinnen und Fallrohren bestehen, aus vertieften, eingebauten Systemen oder einer Kombination davon.

Regenrinnen und Fallrohre aus Kupfer müssen den Anforderungen der europäischen Normen EN 612 und EN 1462 entsprechen. Insbesondere legt die Norm EN 612 Anforderungen an Regenrinnen und Fallrohre unter den üblichen Einsatzbedingungen fest, d.h. Auffangen und Ableiten von Regenwasser, geschmolzenem Schnee oder Eiswasser aus einem Gebäude in ein Entwässerungssystem oder eine Kanalisation außerhalb des Gebäudes.

Die Leistungsfähigkeit eines Rinnen- und Entwässerungssystems aus standardisierten Produkten hängt nicht nur von den Eigenschaften der Produkte ab, sondern auch von der Gestaltung, Konstruktion und dem Verhalten der relevanten Gebäudeteile.

Wartung und Langlebigkeit sind wichtige Faktoren, die bei der Planung von Rinnen und Fallrohren zu berücksichtigen sind. Kupfer ist eine ausgezeichnete Wahl wegen seines geringen Wartungsaufwandes, seiner hohen Korrosionsbeständigkeit und seiner langen Lebensdauer. Selbst in rauen Klimazonen wie Meeresatmosphären kann ein gut durchdachtes Kupfer-Regenwassersystem viele Jahre lang einen wartungsarmen Betrieb gewährleisten.

Form und Abmessungen einer Dachrinne werden bestimmt durch die Wassermenge, die vom Dach zu den Fallrohren abgeleitet werden soll, sowie durch architektonische Gestaltungsanforderungen. Auch die Möglichkeit, dass die Dachrinne durch z.B. Ablagerungen blockiert wird, muss berücksichtigt werden.

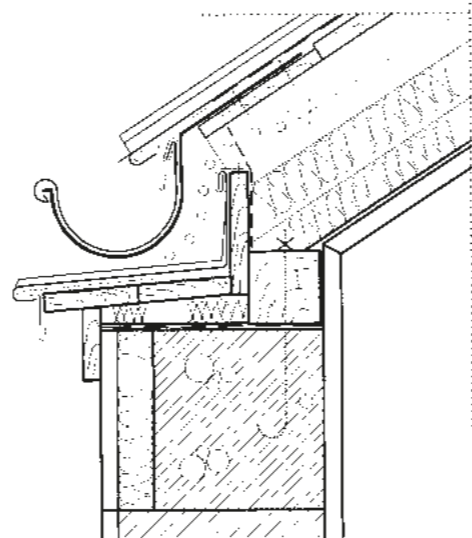
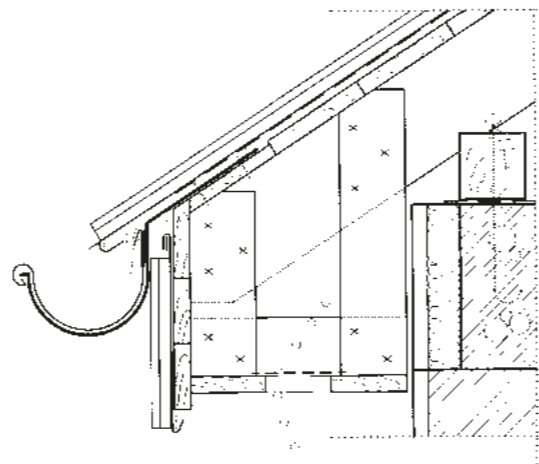
Auf dem Markt sind viele verschiedene Arten von vorgefertigten Systemen verfügbar, wie z.B. halbkreisförmige und rechteckige Rinnen, wobei Längen zwischen drei und sechs Metern am häufigsten sind. Eine Reihe von maßgeschneiderten Systemen ist ebenfalls erhältlich.

Der Abstand zwischen den Rinnenhaken sollte 600 mm nicht überschreiten. Bei Rinnen in exponierter Lage müssen die Rinnenhaken aufgrund möglicher Schneelasten enger zusammengesetzt werden (z.B. 400 mm). Die Rinne sollte mit einem Gefälle von $> 5 \text{ mm/m}$ versehen sein, damit das Wasser abfließen kann; ein größeres Gefälle erzeugt höhere Strömungsgeschwindigkeiten. Pfützenbildung durch fehlende Neigung ist unkritisch, Kontergefälle ist auf jeden Fall zu vermeiden.

Bei langen und geraden Ausführungen einer Rinne kann eine Kompensatorverbindung (i.d.R. ab 10 m Länge) erforderlich werden, um Wärmedehnungen aufzufangen.

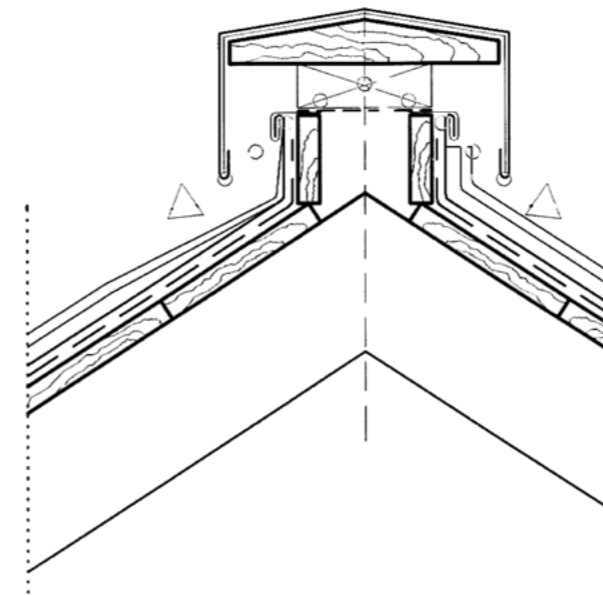
Das Fallrohr wird am tiefsten Punkt der Rinne montiert. Die Anschlussstelle ist unter Berücksichtigung der örtlichen Vorschriften, des Kanalanschlusses, der architektonischen Gegebenheiten und der Ästhetik zu wählen. Die Befestigung der Fallrohre erfolgt mit Rohrschellen mit einem maximalen Abstand von 2 m.

HÄNGEDACHRINNE

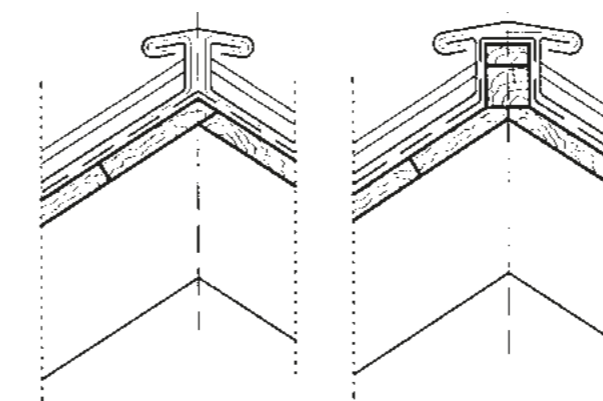


DACHFIRSTE

FIRSTENTLÜFTUNG



UNBELÜFTETER FIRST



Abdeckbleche können erforderlich sein, um eindringende Feuchtigkeit vom Gebäude fern zu halten. Kupfer ist aufgrund seiner Formbarkeit, Festigkeit und hohen Beständigkeit gegen die ätzende Wirkung von Mörteln und aggressiven Umgebungen ein hervorragendes Material für diesen Einsatzfall. Da ein Ausfall von Abdeckblechen teuer werden kann, ist die lange Lebensdauer von Kupfer ein großer Vorteil in dieser Anwendung.

Kupferbekleidungen bieten eine gute Grundlage für den äußeren Blitzschutz, da sie eine leitfähige, ganzflächige Ableitung bieten. Anstelle von zusätzlichen Ableitern kann die Metallhaut auf Dächern, Fassaden und Rinnen als leitender Teil des Blitzschutzsystems verwendet werden. Für weitere Informationen siehe IEC EN 62305 und nationale Vorschriften.



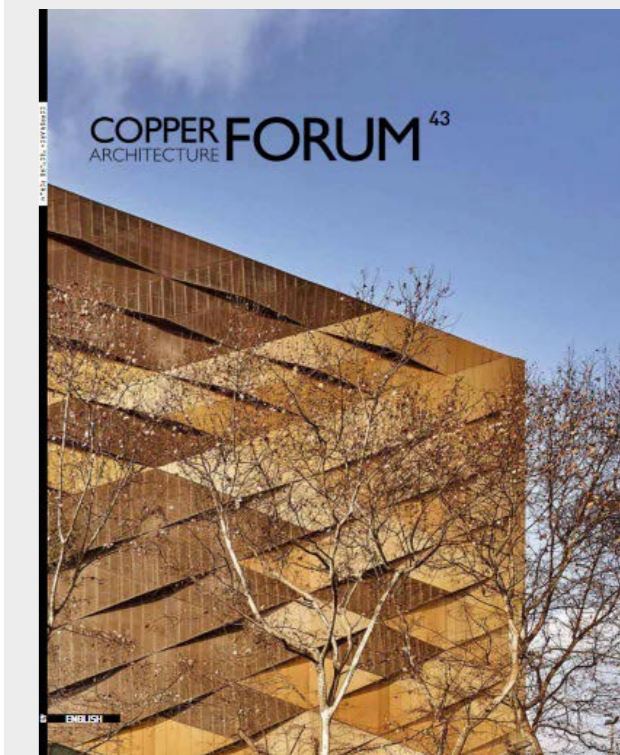
COPPERCONCEPT.ORG

Die Vielfalt der Oberflächen von Kupfer und seinen Legierungen ist heute größer denn je. Um Kupferreferenzen in moderner Architektur zu sehen, besuchen Sie copperconcept.org oder scannen Sie den QR-Code und wählen Sie Ihre Sprache.



COPPER ARCHITECTURE FORUM MAGAZIN

Das CAF-Magazin zeigt Ihnen die besten Beispiele zeitgenössischer Architektur. Bestellen Sie Ihr kostenloses gedrucktes Exemplar oder lesen Sie es online: copperconcept.org/de/copper-forum oder scannen Sie den QR-Code.

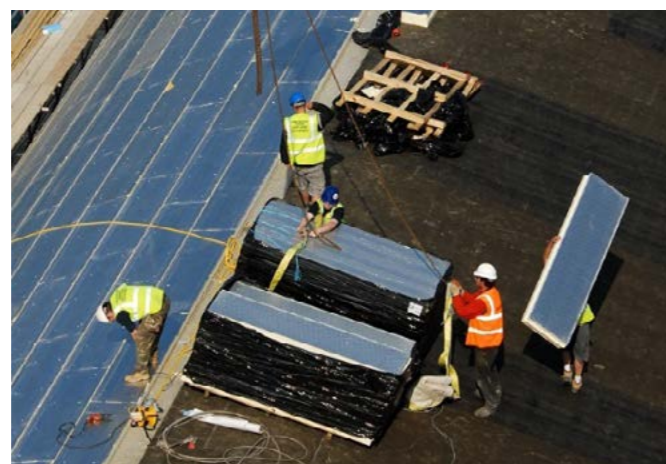


UNTERKONSTRUKTIONEN

Grundvoraussetzung für Bekleidungen mit Kupferblechen und -bändern ist ein glatter, ebener und fester Untergrund, damit Nägel oder Schrauben sicher befestigt werden können. Die gebräuchlichsten Trägermaterialien für Kupfer sind Stahltrapezbleche, Dämmplatten und Holz, aber auch andere Materialien, die die o.g. Kriterien erfüllen, können als Unterbau verwendet werden. Zusätzlich ist darauf zu achten, dass der Untergrund mit Kupfer verträglich ist - z.B. können Hölzer Brandschutzmittel, Konservierungsmittel oder Insektenvernichter enthalten.

Beton- und Ziegelkonstruktionen (z.B. Mauerkronen) sollten eine geeignete Glattschicht erhalten, da sich Unebenheiten in der fertigen Bekleidung oder den darunter liegenden Wänden, Fassaden und Fenstern deutlich zeigen. Das Mörtelbett ist ein ausreichendes Fundament, unter bestimmten Bedingungen kann harte Mineralwolle verwendet werden.

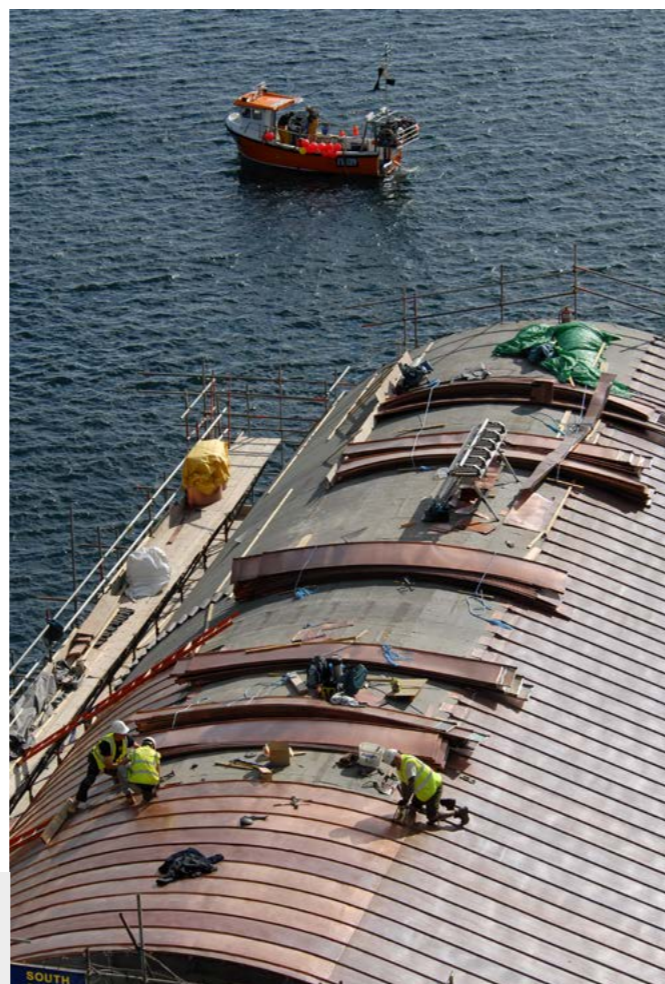
Bei einschaligen Konstruktionen können starre Dämmplatten einen geeigneten Untergrund darstellen. Die Befestigung wird jedoch komplizierter. Es gibt zwei grundlegende Ansätze: entweder zwei Isolierschichten zwischen Latten, die zweite Schicht als Querlattung verlegt, oder die Verwendung von extra langen Haften, die durch die Dicke der Isolierung auf einem nagelbaren Untergrund befestigt werden. Zur Befestigung von Blechen aus Kupfer- oder Kupferlegierungen auf dem Untergrund werden Kupfernägeln oder Edelstahlschrauben, bzw. Klemmen oder Nieten aus diesen Materialien empfohlen, um Korrosionsprobleme zu vermeiden.



Profiliertes Kupfer (wie auch die meisten Kassettentypen) sind aufgrund ihrer Konstruktion steifer als einfache Bleche. Das bedeutet, dass in Bezug auf die Tragfähigkeit keine absolut ebene Oberfläche erforderlich ist. Wichtig ist jedoch, dass der Untergrund ausreichend eben und plan ist. So wird sichergestellt, dass die Oberfläche des Blechs nicht uneben oder eingedrückt wird.

Auf den Untergrund kann eine Trennlage aufgebracht werden, die temporär auch eine Bewitterung des Gebäudes während der Bauphase zulässt, ggf. Unregelmäßigkeiten der Oberfläche ebnet und Geräusche durch Wind oder Regen weitgehend absorbiert.

Es gibt verschiedene Arten von Trennlagen. Wichtig ist: sie muss langlebig und diffusionsoffen sein. In den meisten Fällen sind Vlies- oder Bitumenbahnen die bevorzugte Lösung.



The Lizard Rettungsbootstation, GB
Architekt: PBWC Architects
Foto © Geoff Squibb (Cornish Pixels)

Das Gebäude besteht hauptsächlich aus einem Holzrahmen mit gewölbten Elementen aus Bretttschichtholz, die dem Bau die ikonische Form verleihen. Die Eindeckung des zweischaligen Daches ist in Kupferbahnen mit Stehfalzverbindung ausgeführt.



All Saints' Academy, Cheltenham, GB
Architekt: Nicholas Hare Architects LLP
Foto © Nicholas Hare Architects LLP

Die Bekleidung der Kapelle wurde in echter Handwerkskunst ausgeführt, die Kupferschindeln werden sukzessive kleiner, um die konische Form zu ermöglichen, die durch das Dach des Atriums ragt.

Lofts Antwerpen, Belgien
Architekt: Hub
Foto © Hub / Platteau Bvba

UNTERGRUNDKONSTRUKTIONEN FÜR FASSADEN

Die gefalzte Wandbekleidung aus Kupfer in Form von Bändern oder Blechen erfordert ebenso wie das herkömmliche Kupferdach eine feste Unterkonstruktion, die dem Anbringen der Bleche standhält und die Verwendung von Haften zur Befestigung ermöglicht. Bei Profilblechen, Paneelen und Kassetten sind die technischen Anforderungen an den Untergrund mehr oder weniger gleich.

Unabhängig davon, ob es sich um einen Neubau oder eine Renovierung handelt, ist ein ebener Untergrund erforderlich. Heutzutage sind verstellbare Metallabstandhalter erhältlich, die es ermöglichen, auch auf alten, unebenen Oberflächen einfach und eben zu montieren.



ÄUßERE KLIMAEINFLÜSSE

REGEN UND SCHNEE

Dächer und Außenwände müssen für Regenwasser und Schnee undurchlässig sein. Dort, wo starker Schlagregen zu erwarten ist, sollte besonderes Augenmerk auf Dachneigungen, Verbindungs- und Falzdetails, Traufen, Firste, Abdeckbleche und Wandanschlüsse gerichtet werden.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass eine Kupferbekleidung "diskontinuierlich" ist, sind der richtige Aufbau und die korrekten technischen Lösungen zu beachten, um ein Eindringen von Feuchte zu vermeiden. Die angrenzenden Bahnen werden mit den bekannten Techniken, wie dem Stehfalz oder der Leistendeckung, überlappt und gekantet. Die Wahl der richtigen Verbindung hängt natürlich auch von der Dachneigung ab.

Die Höhe des Stehfalzes sollte mindestens 25 mm betragen, von der Hauptwindrichtung abgewandt. Beträgt die Neigung des Daches weniger als 7°, sind Dichtungsbänder in die Falze einzuarbeiten, um Wasseranstieg durch Kapillarwirkung zu vermeiden.

Schnee auf dem Dach kann zu Lasten führen, die bei der Gestaltung der Tragekonstruktion berücksichtigt werden müssen.

Für einen wirksamen Schutz vor Regen und Schnee ist die korrekte Dimensionierung und Auslegung der Dachentwässerung einschließlich der Rinnen und Fallrohre unabdingbar. Eine sorgfältige Installation der Wärmedämmung von Traufe und des Daches sowie die der Hinterlüftung verhindert jegliche Eisbildung.

WIND

Windlasten sind die stärksten und feindlichsten Faktoren, die Dächer und Fassaden beeinflussen. Daher sind in windgefährdeten Bereichen Dachdeckung und Fassadenbekleidung sorgfältig zu planen und die Bleche sicher an der darunter liegenden Struktur zu befestigen. Die Abstände der Haften sind entsprechend der Windlastverteilung auszulegen.

Führt die Windströmung direkt auf das Gebäude, entsteht der stärkste Überdruck zur Mitte der Wetterseite hin. Auf der gegenüberliegenden Seite entsteht der größte Unterdruck an den Ecken und im oberen Teil der Fassade. Die Druckverteilung wird auch durch die Windrichtung, die Turbulenz, die geometrische Gestaltung des Gebäudes und die Topographie der Umgebung beeinflusst.

TEMPERATUR

Dächer und Fassaden sind starken Temperaturschwankungen ausgesetzt, die wiederum zu Spannungen und Bewegungen im Material führen. Vor allem das Dach, aber auch die Fassade, sind derart zu gestalten, dass auftretende Temperaturschwankungen zwischen der Außenfläche und den darunter liegenden Konstruktionen keinen Schaden anrichten.



Landhaus Segovia, Spanien
Architekt: Forero Arquitectura

Der Standort ist extremen Wetterbedingungen, Sonne und Schnee, großen Temperaturschwankungen, Sonneneinstrahlung und starken Stürmen ausgesetzt.

THERMISCHE BEWEGUNG

Fassadenbekleidungen und Dacheindeckungen können sowohl während einzelner 24-Stunden-Perioden als auch im Jahresverlauf starken Temperaturschwankungen ausgesetzt sein. Bei der Auslegung von Kupferbekleidungen sind daher Bewegungen und Spannungen im Zusammenhang mit Temperaturschwankungen einzuplanen; wichtig dabei ist, auch mögliche Bewegungen im Unterbau zu berücksichtigen.

Alle Materialien reagieren: Sie schrumpfen oder dehnen sich bei Temperaturänderungen aus. Es ist notwendig, den Wärmeausdehnungskoeffizienten der einzelnen Materialien zu kennen, um den Grad der Veränderung zuverlässig bestimmen zu können. Ein Kupferblech von 1 m hat eine thermische Ausdehnung von 1,7 mm bei einer Temperaturdifferenz von 100K. Man rechnet hier mit den in unseren Breiten üblichen Temperaturen von -20°C bis +80°C Oberflächentemperatur durch Sonneneinstrahlung.

Bleche absorbieren thermische Bewegungen über die Stehfalze, vorausgesetzt, die Falze sind so ausgelegt, dass sie eine angemessene Ausdehnung zulassen. In Längsrichtung ist eine freie Bewegung durch Schiebehafte möglich mit Bewegungsspielraum an einem oder beiden Enden. Bei Querverbindungen wird in der Regel unabhängig von der Neigung ein Doppelquerfalz über die Breite des Blechs verwendet. Seitliche Bewegungen werden vom Zwischenraum (ca. 3-5 mm) zwischen den Stehfalzen aufgenommen.

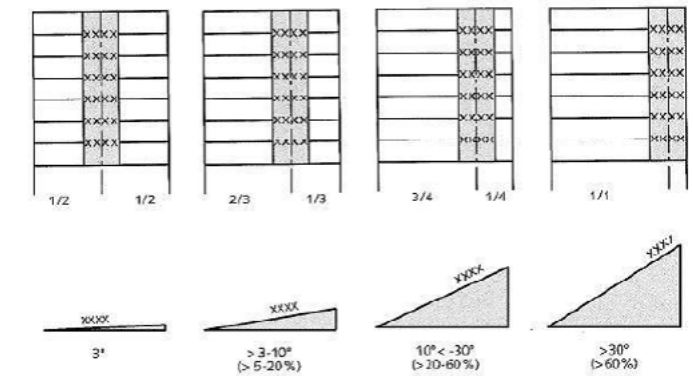
Sollte es notwendig werden zu nageln, kann eine Erweiterung des Loches im Blech die Wärmebewegungen ermöglichen.

ANORDNUNG VON FESTHAFTEN UND SCHIEBEHAFTEN

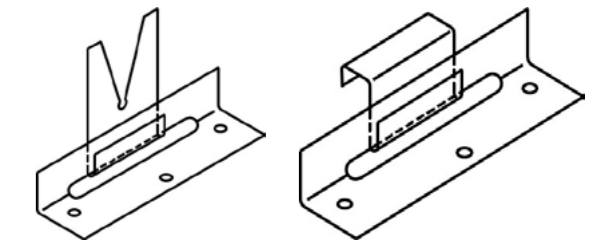
Auf einem mit langen Bändern gedeckten Dach ist eine Zone mit Festhaften erforderlich, um das Kupfer sicher auf dem Dach zu befestigen. Die restliche Dachfläche wird mit Schiebehaften befestigt, sie ermöglichen Bewegungen, Dehnen und Zusammenziehen des Kupferbleches.

Die Bewegung der Bänder geschieht aus dieser festen Zone oder dem Bewegungszentrum heraus (schattierte Fläche in der nebenstehenden Abbildung; Schiebehafte werden in den nicht schattierten Bereichen platziert). Die feste Zone sollte je nach Gesamtbänderlänge 1,5 bis 3 m lang sein. Bei stark geneigten Dächern ist es sinnvoll, die feste Zone an den Firstbereich zu legen. Wird bei großen Dachflächen die Festzone in der Mitte des Daches platziert, kann eine Bandlänge von der Festzone nach oben und eine weitere nach unten verlegt werden.

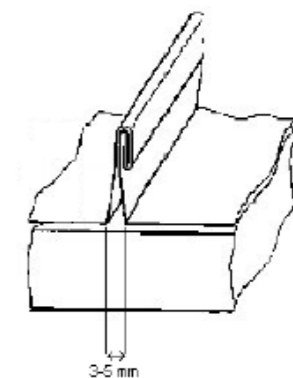
Werden die Bänder an mehr als einer Stelle in Längsrichtung des Daches arretiert oder werden die empfohlenen Bandlängen überschritten, sind zwischen diesen Stellen Dehnverbindungen vorzusehen.



LAGE DER FESTHAFTBEI ZUNEHMENDER DACHNEIGUNG



SCHIEBEHAFTBE



SPIEL IM FALZ, UM EINE SEITLICHE AUSDEHNUNG ZU ERMÖGLICHEN.

BAUPHYSIKALISCHE ZUSAMMENHÄNGE

ALLGEMEINE ÜBERLEGUNGEN

Bei der Betrachtung der bauphysikalischen Aspekte von Blechkonstruktionen sind die wichtigsten Faktoren Wärmeübertragung und Dampfdiffusion durch die Bauteile, die das Dach oder die Wand bilden. Eine gute Isolierung und Dampfbremse sind wichtig für energieeffiziente, gesunde und komfortable Gebäude.

Das Dach kann auf unterschiedliche Art und Weise wärmedämmend werden, z.B. mit den traditionell verwendeten Dämmschichten zwischen und/oder unter den Sparren oder mit speziell für Blechdächer entwickelten Wärmedämmplatten, die gleichzeitig als Untergrund für die Bekleidung dienen.

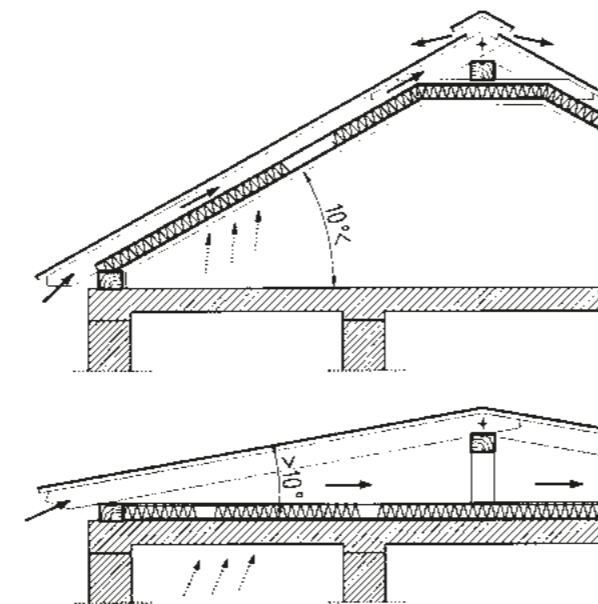
Der Wasserdampfpartialdruck ist abhängig von der Raumtemperatur und der relativen Luftfeuchte. Bei einer Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenbereich entsteht eine Druckdifferenz die tendenziell ihr Gleichgewicht in Richtung des Druckabfalls sucht - die Feuchtigkeitsdiffusion beginnt von innen nach außen.

Bleibt der Wasserdampfpartialdruck innerhalb der Bausubstanz unter dem maximal möglichen Partialdruck (temperaturabhängig), kommt es nicht zu Kondensation. In der Regel ist das Gebäude unter folgenden Bedingungen frei von Kondensation:

- Die Wärmedämmung von Bauschichten nimmt von innen nach außen zu: Der Wärmedurchlassgrad (U-Wert) wird von innen nach außen immer kleiner.
- Der Wasserdampfdiffusionswiderstand der Bauschichten nimmt von innen nach außen ab.

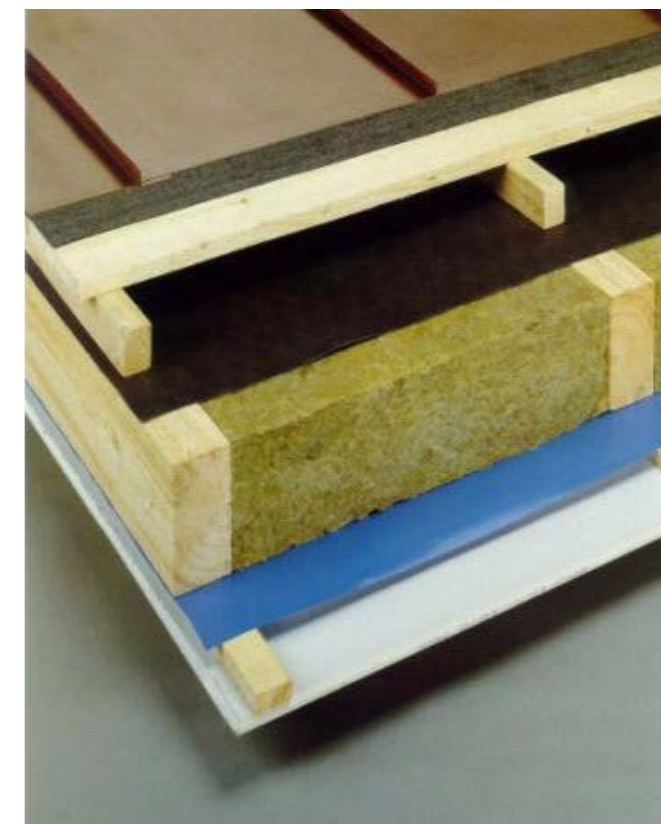
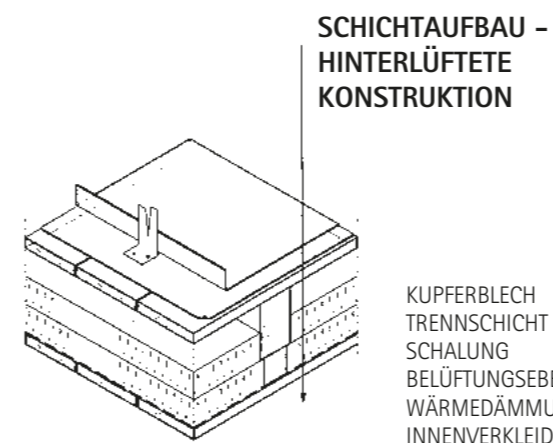
Bei der Betrachtung eines metallbekleideten Gebäudes wirkt dieses Prinzip zunächst umgekehrt: Die Metallschicht auf der Außenseite hat die beste Wärmeleitfähigkeit und den höchsten Wasserdampfdiffusionswiderstand. Es gibt zwei grundlegende Möglichkeiten, dieses Problem zu lösen: belüftete und unbelüftete Strukturen.

SCHEMA EINES BELÜFTETEN DACHES



HINTERLÜFTETE KONSTRUKTIONEN

Bei dieser Lösung wird die Außenhülle der Metallbekleidung von der Isolier- und Tragkonstruktion durch einen mit der Außenluft durch Ein- und Auslässe verbundenen Luftspalt getrennt. Dieser Luftspalt arbeitet mit natürlicher Konvektion; seine Wirksamkeit ist daher von folgenden Schlüsselfaktoren abhängig:



BELÜFTETER DACHAUFBAU

LÜFTUNGSPFAD UND HÖHE (NEIGUNG)

Ein ideales Verhältnis zwischen Höhe und Abstand des Lüftungsquerschnittes bietet die günstigsten Voraussetzungen für die thermische Strömung. Je flacher die Dachneigung, desto ungünstiger wird diese Beziehung. Bei Dächern mit einer Neigung unter 10° findet keine thermische Strömung mehr statt, so dass bei solchen Dächern die Belüftung unter Ausnutzung des Winddrucks quer erfolgen muss.

LAGE UND FORM DER BE- UND ENTLÜFTUNGSÖFFNUNGEN

Die Belüftungsöffnungen müssen sich am niedrigsten und die Entlüftungsöffnungen am höchsten Punkt befinden und eine angemessene Größe aufweisen.

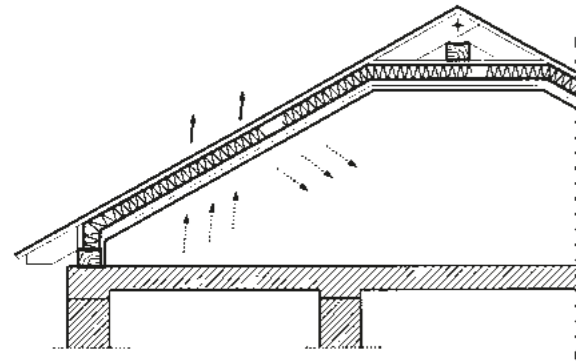
LÄNGE DES LÜFTUNGSBEREICHS

Erfahrungsgemäß kommt der Luftstrom in Lüftungslängen ab 15 m zum Stillstand. Ist der Lüftungsweg länger, muss er in kürzere Abschnitte unterteilt werden.

LÜFTUNGSEBENE

Eine Verengung der Belüftungsebene, Blockaden, Unterbrechungen und Richtungsänderungen können dazu führen, dass der Luftstrom zum Stillstand kommt. Feuchtigkeitsaufbau innerhalb der Konstruktion wäre die Folge.

SCHEMA EINES UNBELÜFTETEN DACHES



UNBELÜFTETE KONSTRUKTIONEN

Auf unbelüfteten Dächern wird seit vielen Jahren Kupfer aus Designgründen oder unter Bedingungen, die eine Belüftung nicht zulassen (z.B. große, niedrige Dächer), eingesetzt. Bei richtiger Ausführung bieten die unbelüfteten Konstruktionen viele Vorteile für anspruchsvolle Dachgeometrien, gut isolierte Gebäude in moderner Architektur.

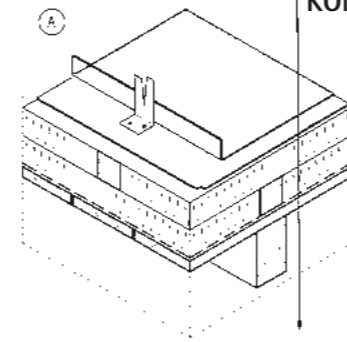
Die Effizienz einer unbelüfteten Metallbekleidung hängt im Wesentlichen von den folgenden Schlüsselfaktoren ab:

- Installation einer effektiven Dampfsperre ($s_d \geq 100m$), die die Diffusion von Dampf in die Dachkonstruktion verhindert.
- Auswahl eines Metalls für die Bekleidung, das geringer Feuchtigkeit in der Dachkonstruktion ohne zu korrodieren standhält. Kupfer ist besonders gut geeignet, da es nicht unter Rückseitenkorrosion leidet.
- Bei Verwendung einer Unterlage unter dem Kupferblech sollte eine atmungsaktive Membran gewählt werden, um Kondensation an der Unterseite der Unterlage zu verhindern.
- Mögliche Beschädigungen der Dampfsperrschicht während oder nach dem Einbau sind tunlichst zu vermeiden. Eindringen von Feuchtigkeit in die Konstruktion wäre die Folge.

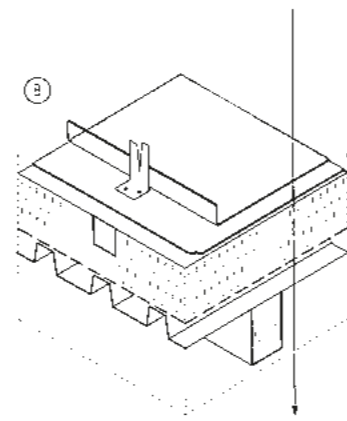


UNBELÜFTETER DACHAUFBAU

SCHICHTAUFBAU – UNBELÜFTETE KONSTRUKTION



KUPFERBLECH
TRENNSCHICHT
WÄRMEDÄMMUNG
(DRUCKBESTÄNDIG)
DAMPFSPERRE
SCHALUNG



KUPFERBLECH
TRENNSCHICHT
WÄRMEDÄMMUNG
DAMPFSPERRE
PROFILBLECH

BEWERTUNG

Abschließend wird klar, dass im Einzelfall je nach baulichen Anforderungen zu entscheiden ist, welche Art von Konstruktion - belüftet oder unbelüftet - verwendet werden soll.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Verwendung von belüfteten Dachsystemen bei einfachen Dächern, die nicht durch Aufbauten unterbrochen sind, und bei großen Neigungswinkeln empfiehlt, während die Verwendung von unbelüfteten Dachsystemen bei komplexeren Formen naheliegender ist.

Royal Academy of Music, London, GB
Architekt: Ian Ritchie Architects
Foto © Adam Scott

Trotz der Komplexität des begrenzten Geländes, in das die unzähligen Funktionen eines modernen Opern- und Musiktheaters eingebracht werden sollten, wurde der Entwurf des kupferbekleideten Projekts bei der ersten Einreichung einstimmig genehmigt, mit voller Unterstützung der Gemeinde und der Denkmalschutzorganisationen.

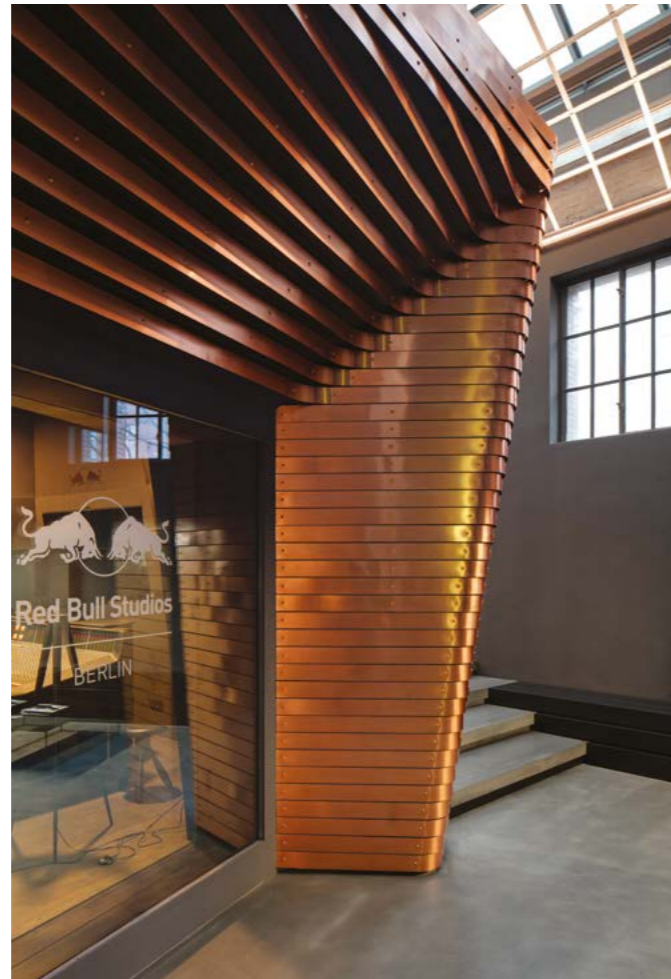


INNENARCHITEKTUR

Neben ihrer Beliebtheit in der Architektur als durch und durch modernes Material für Bedachungen, Fassaden und andere architektonische Außenelemente gehören Kupferwerkstoffe auch zur Materialpalette der Designer für Innenausstattungen wie Türbeschläge, Handläufe, Eckleisten und Verzierungen (um die Kontinuität im gesamten Gebäude zu gewährleisten) sowie für Ausstattungselemente wie Kamine und Leuchten.

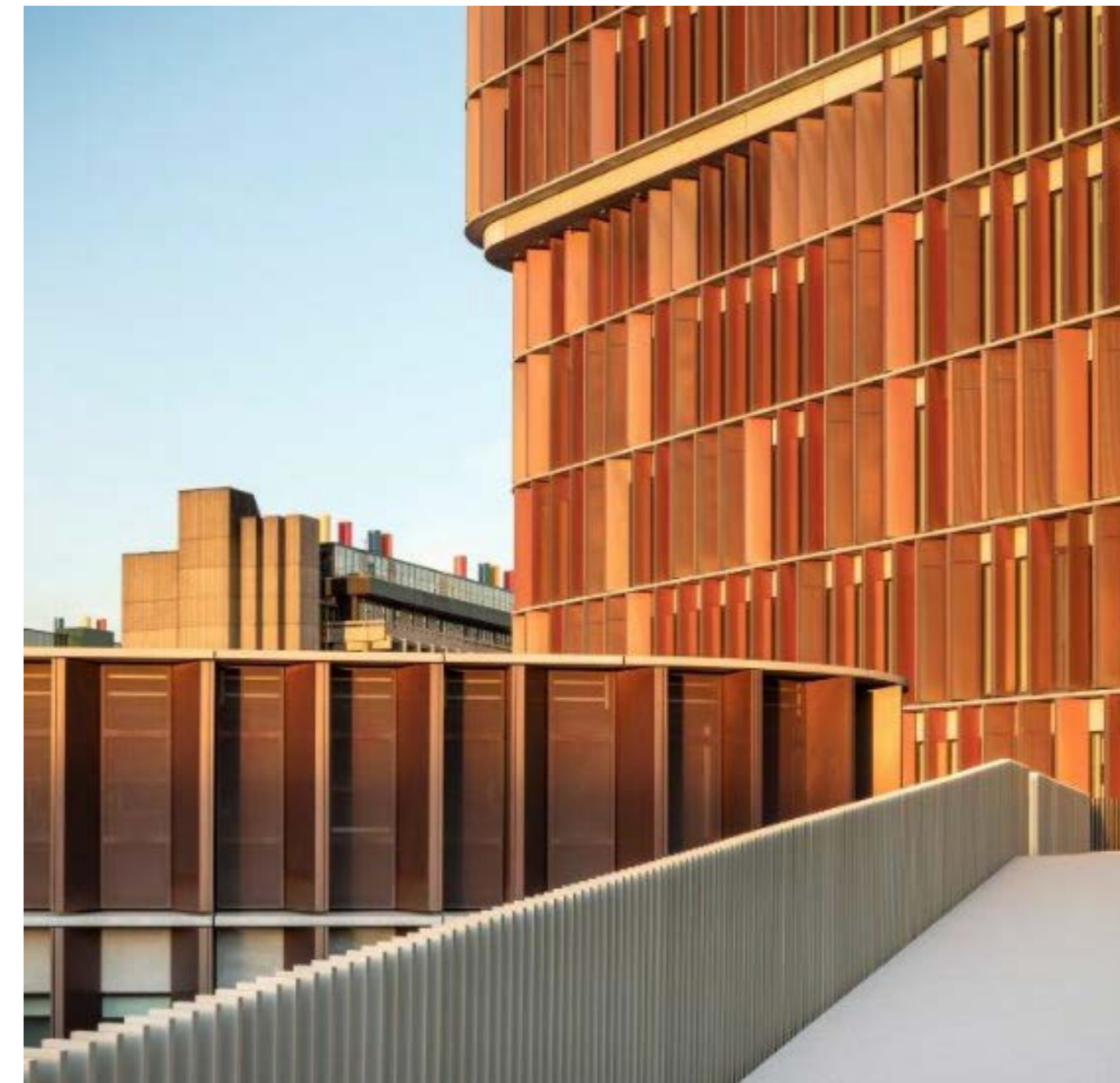
Kupfer und seine Legierungen sind ideal für die Innenarchitektur anstelle von oder in Kombination mit herkömmlichen Materialien. Die Oberfläche von Kupferwerkstoffen kann lackiert oder gewachst werden, um die unverwechselbare Farbe und den Glanz im Innenbereich zu erhalten.

Aktuell gibt es einen durch Kupfer inspirierten wachsenden Trend zu umfangreicheren, innovativen Anwendungen im Innenausbau. Dazu gehören u.a. Wand-, Decken- und Bodenbeläge oder kupferbekleidete, skulpturale Treppenaufgänge. Kupfergewebe und perforierte Kupferbleche können intern als Trennwände, Abschirmungen und andere Innenelemente verwendet werden. Dreidimensionale Formen bieten auch in der Innenarchitektur und Design unzählige Möglichkeiten.

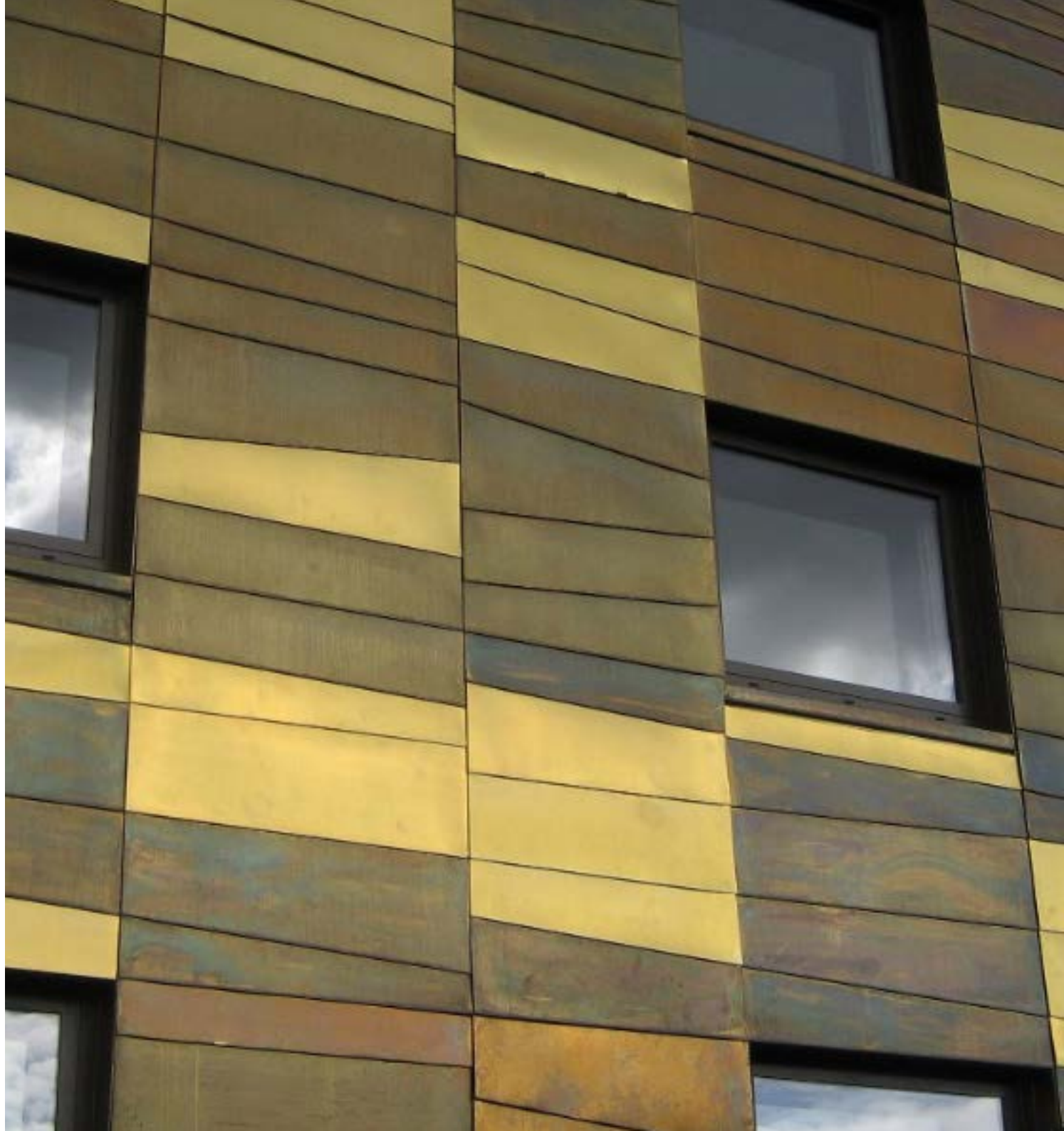


Red Bull Tonstudio, Berlin, Deutschland
Architekt: Optimist Design
Foto © Jan Bitter für Optimist Design

Ein visueller Rhythmus wurde geschaffen, indem die Kupferbänder zu einer wellenförmigen Sequenz geformt wurden, um den natürlichen Fluss von Klang und Musik darzustellen.



Maersk Building, Kopenhagen, Dänemark
Architekt: C.F. Møller - Foto © Adam Mørk



Deutsches Kupferinstitut Berufsverband e.V.
Heinrichstraße 24
40239 Düsseldorf
www.kupferinstitut.de