



ENTWICKLUNG VON KUPFER- UND KUPFERLEGIERUNGSOBERFLÄCHEN

EINFÜHRUNG

Kupfer hat eine lange Tradition als Bau- und Konstruktionsmaterial. Es wird seit Jahrhunderten für Dächer und seit Jahrzehnten für verschiedene äußere Strukturen verwendet, z.B. als Fassade, Verkleidung, Dachrinne und Fallrohr. In den letzten Jahren ist das Interesse an der Verwendung von Kupfer und seinen Legierungen nicht zuletzt aufgrund ihrer guten Ökobilanz unter Architekten und Planern gewachsen.

Mit dem wachsenden Einsatz von Metallen im Außendesign ist auch der Wunsch aufgekommen, zu erfahren, wie Metalle mit der Umwelt interagieren. Die europäische Kupferindustrie hat deshalb vermehrt in eine Forschung investiert, die die Veränderung des Erscheinungsbildes von kupferbasierten Materialien als Reaktion auf unterschiedliche Bedingungen untersucht. Weitere Forschungsprogramme wurden auch in Bezug auf Nachhaltigkeit und Umwelt durchgeführt. Alle Ergebnisse zeigen, dass Kupfer ein nachhaltiges, langlebiges Material ist, das der Umwelt keinen Schaden zufügt. Diese Broschüre fasst die neuesten Untersuchungen zur Oberfläche sowie zur Entwicklung von Kupfer- und Kupferlegierungsflächen an Gebäuden an verschiedenen Standorten in ganz Europa zusammen.

HISTORISCHE BELEGE

Das rote Metall ist Teil der Geschichte der Menschheit und ist seit der Bronzezeit deren zuverlässiger Begleiter. Die Wissenschaftler glauben, dass bereits das Dach des Parthenon auf der Akropolis von Athen in Griechenland (447 v. Chr. - 432 vor Chr.) mit kleinen Bronze-Platten gebaut wurde. Außerdem sollen die Türen des westlichen Kellers mit bronzenen Stangen verstärkt worden sein, während die östlichen Türen wahrscheinlich aus hohler Bronze waren. In Teilen Europas gilt Kupfer schon im 16. Jahrhundert als eines der besten Dachmaterialien. Schon Johann III von Schweden (1568-1592) wollte unbedingt ein Kupferdach auf seinem Palast „Drei Kronen“ in Stockholm.

KUPFER IN MODERNER ARCHITEKTUR

Foto 1: Natürlich patinierte Oberfläche des **Auditoriums der University of Technology**, Espoo, Finnland (Baujahr: 1949-66), Architekt: **Alvar Aalto**. Die kupferbedeckte, Amphitheater ähnliche Struktur enthält die Hauptauditorien, während der äußere Bereich für Spiele und andere Aktivitäten verwendet werden kann

Foto 2: Verwitterte Fassade des **Konferenzentrums Dipoli**, Espoo, Finnland. Entworfen von den Architekten **Reima und Raili Pietilä** und fertiggestellt im Jahre 1966. Dieses Schlüsselgebäude organischer Architektur verwendet eine Vielzahl von Materialien aus der finnischen Natur wie Kiefernholz, Kupfer und natürliche Gesteine.

Foto 3: Die **Metso Hauptbibliothek** der finnischen Stadt Tampere von den Architekten Reima und Raili Pietilä wurde 1986 eröffnet.

Fotos 4, 5: Das **de-Young-Museum** in San Francisco, USA, entworfen von **Herzog & de Meuron**, eröffnete am 15. Oktober 2005. Die Prägung und Perforation soll uns an die Lichtfilterung durch Baumkronen erinnern. Auf diese Weise spiegelt die äußere Umhüllung des Gebäudes intensiv die umliegende Parklandschaft wider und reflektiert die Üppigkeit der Bäume des Golden-Gate-Parks wie ein abstraktes Kunstwerk. Foto 4 wurde aufgenommen im Februar 2006, Foto 5 im Februar 2015.

Um Kupferreferenzen in der zeitgenössischen Architektur von richtungsweisenden Architekten wie **Foster + Partners** und **Renzo Piano** zu sehen, besuchen Sie copperconcept.org/de



1



2



3



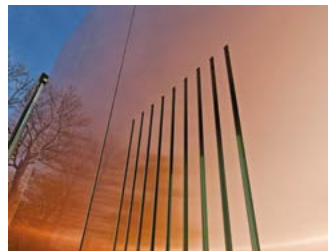
4



5

KUPFER UND SEINE EINZIGARTIGEN MERKMALE

- **Lange Lebensdauer**
Kupferdächer halten dauerhaft 200 Jahre und mehr; einige Ausnahmen sind sogar rund 350 Jahre alt.
- **Formbar**
Kupfer kann leicht mechanisch oder von Hand, vor Ort oder in der Werkstatt geformt werden, um praktisch jede dreidimensionale Form anzunehmen - einschließlich komplexer Biegungen und Details.
- **Wartungsfrei**
Ein kupfernes Dach oder eine kupferne Fassade benötigen keine besondere Wartung.
- **Temperatur- und wetterbeständig**
Kupfer ist ideal für kalte Klimabedingungen und Orte, wo es breite Temperaturschwankungen gibt, denn Kupfer bricht nicht, wenn es verarbeitet wird.
- **Natürliche Schönheit und variable Oberflächen**
Erhältlich in vielen Farbtönen von natürlichem Orange-Rot bis Braun und Grün sowie vielen lebendigen Oberflächen.
- **Haltbar und brandsicher**
Kupfer ändert seine Eigenschaften nicht über die Zeit, widersteht Sonnenschein, UV-Strahlen, Wasser, Feuchtigkeit und ist nicht brennbar.
- **Zu 100 % recycelbar - immer wieder ohne Qualitätsverlust**
Bewahrt natürliche Ressourcen und behält seinen Wert.
- **Lebenswichtig**
Kupfer ist ein natürlich vorkommendes Element; es ist in der Erdkruste vorhanden. Alles Leben braucht Kupfer, um richtig zu funktionieren.
- **Kupfer hat einen niedrigen ökologischen Fußabdruck**
Die Kupperindustrie steht an der Spitze der Industrien, die sich für die Verringerung der Umweltauswirkungen ihrer Wertschöpfung einsetzen. Weitere Informationen über Kupfer-Ökobilanzdaten finden Sie unter www.copper-life-cycle.org.



Titel:

Strahlentherapiezentrum

Hof, Deutschland

Architekt: hiendl_schineis architekten

Produkt: Kupfer

Fertigstellung: 2012

Fotos: © Foto Eckhart Matthäus/www.em-foto.de

Fotos aufgenommen 10.2011 und 04.2017 (verwittert)

FARBE UND PATINA

Die natürliche Entwicklung der Patina ist eine der einzigartigen Eigenschaften von Kupfer: Der äußeren Atmosphäre ausgesetzt, schützt sich Kupfer über die Zeit durch die Entwicklung einer Patina-Schicht, die es wetterresistent und langlebig macht.

Veränderungen sind sehr allmählich und nicht ganz vorhersehbar - genau wie das Wetter, das wiederum allein für die kontinuierlichen Veränderungen von Kupfer verantwortlich ist. Die vorherrschenden Konzentrationen der Luftverschmutzung und die Umgebungsbedingungen bestimmen im Wesentlichen die Zusammensetzung und die schützenden Eigenschaften der Patina. Die Wechselwirkung der Patina mit den örtlichen atmosphärischen Bedingungen bestimmt das Oberflächenbild und wie es sich im Laufe der Zeit verändert.



Um weitere Beispiele von Gebäuden mit Kupfer und Kupferlegierungen zu entdecken, die ihr Aussehen mit der Zeit verändert haben, besuchen Sie patinabildung.copperconcept.org

Foto 6, 7:
Dabas, Ungarn
Markthalle
Architekt: Kiss Járomi Építésziroda
Produkt: Kupfer
Fertigstellung: 2011
Fotos: ECI
Fotos aufgenommen 05.2011 und 11.2016 (verwittert)

TYPISCHE OBERFLÄCHENENTWICKLUNG VON KUPFER- UND KUPFERLEGIERUNGEN, DIE IN DER ARCHITEKTUR VERWENDET WERDEN

- **Kupfer**
Wenn Kupfer der Atmosphäre ausgesetzt wird, beginnt die Oberfläche nach wenigen Tagen zu oxidieren und verändert ihre Farbe zu einem Kastanienbraun, das sich allmählich über mehrere Jahre verdunkelt und später eine typische grüne Patina entwickeln kann.
- **Messing**
Eine Legierung aus Kupfer und Zink. Die ursprüngliche glänzende Oberfläche ändert sich von der anfänglichen Mattierung allmählich zu einem Grün-Braun, das sich weiter zu einem graubraunen und dann dunkelbraunen / anthrazitfarbenen Farbton entwickelt. Geneigte Bereiche können letztlich eine Patina-Oberfläche entwickeln, die mit der des reinen Kupfers verwandt ist, sich jedoch grundlegend davon unterscheidet.
- **Bronze**
Eine Legierung aus Kupfer und Zinn. Die ursprüngliche, warme, rötlich-braune Oberfläche entwickelt sich durch Verwitterung in einer unverwechselbaren Weise. Eine braun-rote Oberflächenoxidation mit einem braun-grauen Unterton ist typisch für diese Legierung; Das Material wechselt dann allmählich in Dunkelbraun / Anthrazit - die nachfolgende Patina-Beschichtung bildet sich viel langsamer als bei reinem Kupfer.
- **Goldene Legierung**
Dieses goldene Material ist eine Legierung aus Kupfer mit Aluminium und Zink, die sehr stabil ist und den goldenen Farbton im Laufe der Zeit hält. Sie verhält sich anders als reines Kupfer in der Umgebung, da sie eine dünne Schutzoxidschicht aufweist, die alle drei Legierungselemente enthält. Infolgedessen behält die Oberfläche ihre goldene Farbe auf unbestimmte Zeit und verliert einfach etwas von ihrem Glanz, weil sich die Oxidschicht verdickt, was ein matt goldfarbenes Aussehen ergibt.



Foto: Edgar Stouvenot - AvantagesWeb



Foto: Edgar Stouvenot - AvantagesWeb



Foto: Basalt Architecture architects / Sergio Grazia



2013

KUPFER



PARIS
FRANKREICH
 KONSERVATORIUM CLAUDE DEBUSSY
 Architekten: BasaltArchitecture
 Fertigstellung: 2013

Fotos: Esko Tuomisto



2015
○

KUPFER



HELSINKI
FINNLAND
SEEPAVILLON (MERIPAVILJONKI)
Architekten:
Arkkitehtitoimisto Freese Oy
Fertigstellung: 2014



○
2014



2005



Foto: Pyhä Henrik



2003



Foto: ECI

2010



KUPFER





MESSING



Fotos: Christine Andorfer



MESSING





MESSING

LONDON
GROSSBRITANNIEN
 WOHNHAUS
 Architekten: Make
 Fertigstellung: 2009



Foto: Rosangela Borgese



2017
○



Foto: Tim Crocker

○
2011

BRONZE

LONDON
GROSSBRITANNIEN
GRANARY GEBÄUDE
Architekten: Schmidt Hammer Lassen /
Pollard Thomas Edwards Architects
Fertigstellung: 2011

Foto: Patrick Miara



2010
○

GOLDEN



Foto: Edgar Stouvenot - AvantagesWeb



2017
○

Foto: Rosangela Borghese



2017
○

Foto: Rosangela Borghese



2017
○

Foto: Chris Hodson



○
2012

GOLDEN PERFORIERT

 A map of Europe with a location pin over London. A QR code is located in the top right corner of the map area.

LONDON
GROSSBRITANNIEN
TIDEMILL AKADEMIE
Architekten: Pollard Thomas Edwards Architects
Fertigstellung: 2012



WISSENSCHAFTLICHE STUDIE

Die europäische Kupferindustrie hat in das Verständnis des Oberflächenaussehens von kupferbasierten Materialien unter verschiedenen Bedingungen investiert und unterstützt die Forschungsarbeit des KTH Royal Institute of Technology Surface and Corrosion Science in Stockholm. Die laufende Studie ist ein langfristiges Projekt, das darauf abzielt, ein umfassendes Verständnis der atmosphärischen Korrosionsprozesse von Kupfer- und kupferbasierten Legierungen zu ermitteln und zu generieren. Kupfer und drei Kupferlegierungen (Messing, Bronze und Goldlegierung) wurden in vier Testszenarien bei Brest, Frankreich, in vier Entfernungen zur Küste ungünstigen Bedingungen ausgesetzt.

Die Art und Weise, wie sich die schützende Patina bildet, ihre Dicke und Zusammensetzung beeinflussen weitgehend das visuelle Erscheinungsbild des Materials. Wissenschaftliche Ergebnisse bestätigen, dass sich das Ausmaß und die Schnelligkeit der Oberflächenveränderung aufgrund folgender Punkte ergeben:

- **Luftqualität und Wetterbedingungen:** Die Konzentration von Luftschadstoffen, Ablagerung von Partikeln und vorherrschenden Wetterbedingungen beeinflussen weitgehend die Patina-Zusammensetzung
- **Entfernung vom Meer:** Materialien in der Nähe von marinen Spritzflächen werden ganz schnell einen grünen Farbton entwickeln, während Materialien, die in städtischen Umgebungen platziert sind, zu einem dunkelbraunen Farbton neigen können
- **Zusammensetzung der Legierung**
- **Oberflächenneigung und -ausrichtung**

Ausgewählte Piktogramme der KTH-Studie zeigen Oberflächenveränderungen von vier verschiedenen Materialien (Reinkupfer, Messing, Bronze und goldene Legierung) nach sechs Monaten, drei und fünf Jahren. Sie wurden an verschiedenen Orten mit unterschiedlicher Neigungen für die Dachdeckung (45 Grad) und für Fassaden (90 Grad) eingesetzt.

Örtlichkeiten:

- **Meer:** St Anne, 25 m Entfernung vom Ufer, Umweltsituation mit hoher Korrosionsstufe
- **Inland:** Langonnet, 40 km Entfernung vom Ufer, Umweltsituation mit moderater Korrosionsstufe

Die dargestellten Bilder dienen lediglich der Veranschaulichung und sollten nicht als exakte Darstellung von Farb- oder visuellen Änderungen in allen Situationen oder allen Zeitfenstern betrachtet werden.



Für ausführliche Informationen über die KTH-Studie laden Sie die Publikation „Oberflächenaussehen von kupferbasierten Materialien bei ungeschützten Meeresbedingungen“ von copperconcept.org/de/publikationen herunter.



Alle Fotos auf den Seiten 14-15: Copyright KTH Royal Institute of Technology, Surface and Corrosion Science. E-mail: ingero@kth.se
Website: <https://www.kth.se/profile/ingero/>



KUPFERBLECH, 45 ° SÜD (relevant für Dächer)

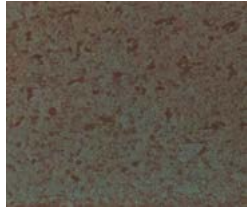
Kontrollblech

6 Monate

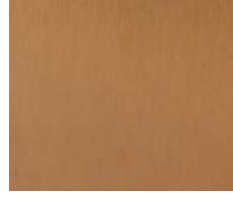
3 Jahre

5 Jahre

Meer



Inland



BRONZEBLECH, 90 ° SÜD (relevant für Fassaden)

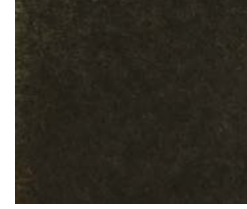
Kontrollblech

6 Monate

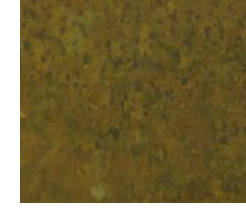
3 Jahre

5 Jahre

Meer



Inland



MESSINGBLECH, 90 ° SÜD (relevant für Fassaden)

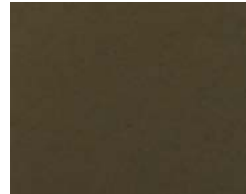
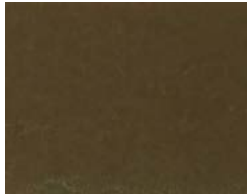
Kontrollblech

6 Monate

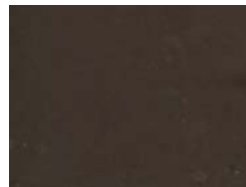
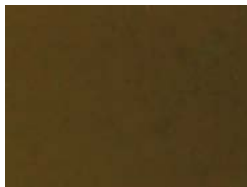
3 Jahre

5 Jahre

Meer



Inland



GOLDENES LEGIERUNGSBLECH, 90 ° SÜD (relevant für Fassaden)

Kontrollblech

6 Monate

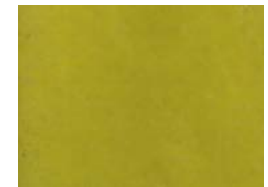
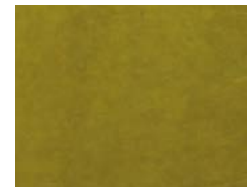
3 Jahre

5 Jahre

Meer



Inland





Um weitere Beispiele von Gebäuden mit Kupfer und Kupferlegierungen zu entdecken, die ihr Aussehen mit der Zeit verändert haben, besuchen Sie patinabildung.copperconcept.org