

Historie der Metaldächer

Ein Rückblick mit Beispielen aus der Gegenwart

Jörg Krupstedt*

1. Einführung

Der Einsatz von Metallen ist im modernen Bauwesen und damit auch in der Architektur nicht mehr wegzudenken. Sie kommen alltäglich in unserem Leben vor, auch dort, wo wir sie zunächst nicht vermuten. Sie ersetzen in den letzten Jahrzehnten mehr und mehr althergebrachte Materialien für die Dachdeckung und Außenwandbekleidung. Metalle finden sich wieder an Türen, Fenstern, Balkonen, Erkern, ganzen Fassaden, Aufbauelementen, Kuppeln und Dächern. Denn die Vorteile von Metallen liegen auf der Hand: Sie sind fest, witterungsbeständig, pflegeleicht, relativ leicht zu bearbeiten und – im Gegensatz zu früher – ein erschwingliches Massenprodukt. Metalle verhelfen Stadträumen und Dachlandschaften zu einem abwechslungsreicheren Bild.

Die verschiedenen Baumetalle der Dachlandschaften bieten erst seit dem Beginn der Industrialisierung bis dahin ungeahnte Möglichkeiten der Gestaltung. Nur um einige Beispiele zu nennen, können auf Dächern eingesetzte Metalltafeln und -bän-

der heutzutage nicht nur glatte, sondern auch profilierte, geschuppte, gerundete, gebogene und geschweifte Formen annehmen. Zusätzlich zu den herkömmlichen ebenen Tafeln gibt es seit einigen Jahrzehnten Bänder sowie industriell oder handwerklich vorgefertigte Erzeugnisse, wie beispielsweise Rauten und Profilbahnen.

Doch schon weit vor unserer Zeit wurden mit viel Aufwand Metaldächer verlegt. Als erstes bekanntes Metaldach der Welt ist das der Hagia Sophia im damaligen Konstantinopel, heute Istanbul, zu nennen, das von 532 bis 537 n. Chr. mit Blei ausgeführt wurde [13], (Bild 1.). Somit bietet das hier gewählte Thema „Die Historie der Metaldächer“ einen interessanten Ausflug in eine großartige geschichtliche Entwicklung.

1.1 Das Klempnerhandwerk – ein kurzer Überblick

Das Klempnerhandwerk hatte ursprünglich mehrere Berufsbezeichnungen: Spengler, Blattner, Flaschner, Klampferer, Klipper, Klemperer und Blechner.

Die verschiedenen Bezeichnungen aus dem Mittelalter für annähernd ein und denselben Beruf lassen sich leicht erklären. Die norddeutschen Klempner (früher Klampferer/Klemperer) und die Spengler in Bayern, Österreich und der Schweiz (früher auch Spängler) stellten

aus Metallen Klammern (Klampfe) oder Spangen für Kleidung und Haare her. Davon leiteten sich ihre damaligen Berufsbezeichnungen ab. Später waren nicht nur Klampfen und Spangen ihr Metier, sondern sie fertigten beispielsweise auch Wasserspeier für repräsentative oder kirchliche Bauten (Bild 2. und 3.).

Die schwäbischen Flaschner und die badischen Blechner produzierten Laternen und Haushaltsgegenstände aus geschmiedetem Roheisen und besorgten deren Verzinnung bei der Herstellung von Geschirr, Besteck, Bechern und auch Blechflaschen, daher auch der Name Blechner. Blattner stellten große Bleche her, die den damaligen Rittersleuten als Rüstung dienten. Doch die Erfindung des Schießpulvers machte die Blattner überflüssig, da die Rüstungen keinen Schutz mehr boten. Klempner, Blechner, Flaschner und Spengler haben bis heute mit der Bearbeitung und Umformung von Metallen zu tun, aber immer modernere Werkzeuge und Maschinen steigerten die Effizienz ihrer Arbeit erheblich [20, 21].

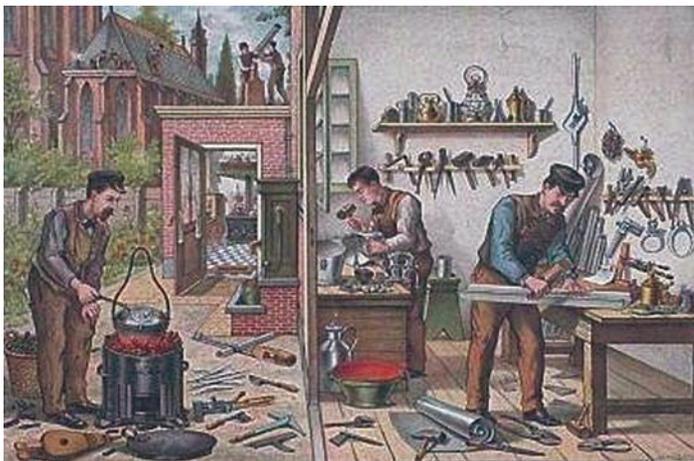
2. Die vom Klempner verwendeten Baumetalle

2.1 Blei

Blei ist neben Kupfer wohl das älteste Metall der Welt. Erste Spuren des Experimen-



Bild 1.: Das erste Bleidach und damit auch das erste Metaldach der Welt auf der Hagia Sophia in Istanbul, dem früheren Konstantinopel, ausgeführt zwischen 532 und 537 n. Chr. Unser Bild zeigt zwei historische Lithographien aus dem Album der Fossati-Brüder „Aya Sophia Constantinople“, London 1852. „Aya“ ist türkisch und bedeutet heilig (BAUMETALL 5/2002, Seite 40 ff.).



▲ Bild 2.: Klempnerwerkstatt im Mittelalter.



Bild 3.: Wasserspeier aus Kupfer, Meisterstück eines Klempners. ►

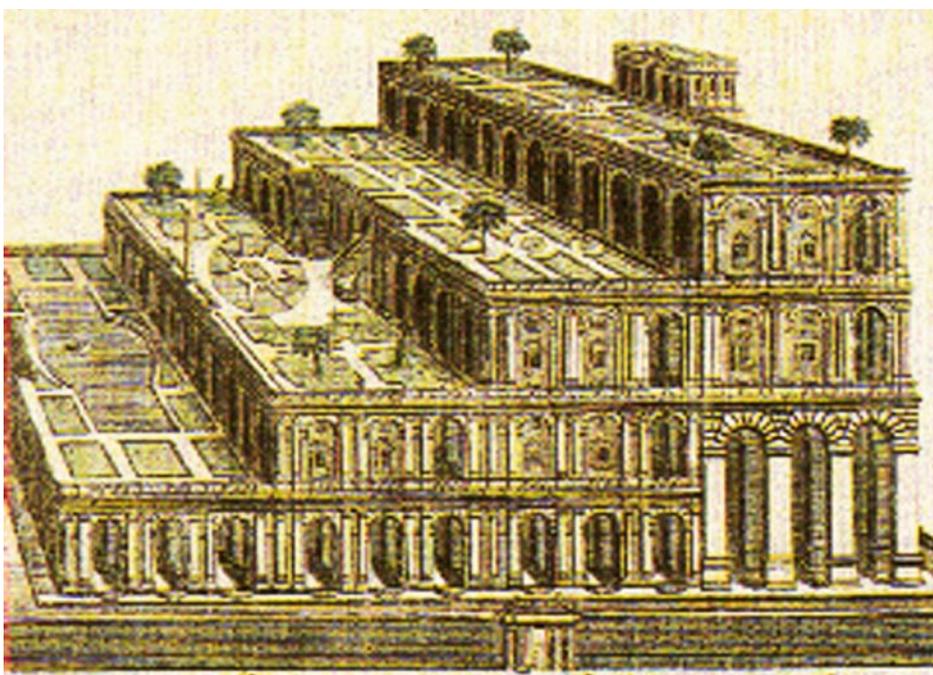


Bild 4.: Das erste begrünte Flachdach der Welt: die hängenden Gärten von Babylon.



Bild 5.: Das Bleidach des romanischen Doms zu Lund in Südschweden, nordöstlich von Malmö, erneuerte der schwedische Klempnermeister Bror Mårtensson vor einigen Jahren mit von ihm selbst gegossenen Bleiplatten (BAUMETALL 7/2001, Seite 28 ff.).

tierens mit diesem sehr weichen Metall, das Schmelzen von Bleikügelchen, fand man im Kaukasusgebirge und Anatolien, sie datieren aus dem 8. Jahrtausend v. Chr. Erste Werkzeuge und Schmuck entstanden bereits 5000 v. Chr. Später wurde Blei auch als Bootsbeplankung genutzt, da es vor Muschelbelag und Algen schützte und sich als sehr resistent gegen das salzige Meerwasser erwies (um 2000 v. Chr.). Etwa 1500 Jahre später kam es auch bei einem der sieben Weltwunder zum Einsatz. Es waren „Die hängenden Gärten von Babylon“ (Bild 4.). Bei genauerer Betrachtung fällt auf, dass es sich hier eigentlich um das erste begrünte Flachdach der Welt handelte, auch wenn darunter niemand wohnte. Denn nach der Terrassierung des Geländes wurden Steinplatten und Asphalt verlegt.

Darauf verlötete Bleibleche dienten dann als wasserdichte Unterlage für ein sehr kompliziertes Bewässerungssystem [12]. Hierfür wurde das gewonnene Bleierz geschmolzen und in Platten gegossen. Diese Technik wird auch heute noch angewandt, beispielsweise bei der Neudeckung am Dom zu Lund in Schweden, erbaut im 12. Jahrhundert (Bild 5.). Das soll aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die industrielle Fertigung heute natürlich in einem bedeutenden Umfang fortgeschritten ist. Die erste bekannte Beschreibung des Walzverfahrens stammt von dem Erfinder Leonardo da Vinci (1452–1519). Doch bis man das erste Walzverfahren in die Praxis umsetzte, vergingen noch vier Jahrhunderte [13].

Auch die antiken Römer nutzten Blei sehr häufig, da es leicht zu handhaben war. Sie verarbeiteten es zu Wasserrohren, Draht und Schleudergeschossen oder nutzten es als „Pflastersteine“ für Stra-



Bild 6.: Petersdom in Rom: die Kuppel ist ebenso mit Bleiplatten gedeckt ...

ßen oder in flüssiger Form zum Vergießen von Mauerfugen. Für die Dachdeckung wurde Blei aber erst, wie eingangs erwähnt, im 6. Jahrhundert bei der Hagia Sophia (griech.: Heilige Weisheit) verwendet. Deren Einweihung fand 537 n. Chr. statt [8, 12, 13].

Der Vorteil der weichen Bleiplatten war und ist ihre Anpassungsfähigkeit an die Unterkonstruktion und die hohe Witterungsbeständigkeit gegen äußere Einflüsse. Aber auch die Verarbeitung durch Holzwerkzeuge, die sich bis heute kaum geändert hat, war und ist ein entscheidender Vorteil. Ungefähr ein Jahrtausend später finden sich im mitteleuropäischen



Bild 7.: ... wie die Kuppeln der Markuskirche in Venedig ...



Bild 8.: ... sowie die Kuppel und Dachaufbauten der St. Paul's Cathedral in London.

Raum bei Regierungs- und Sakralbauten Bleidächer wieder. Hier sind als großartige Beispiele der Petersdom in Rom (Bild 6.) und die Markuskirche in Venedig (Bild 7.) zu nennen, als späteres Bauwerk das Stufendach auf dem Schloss im französischen Versailles. Bei letzterem ist die Tatsache beachtlich, dass die gesamten Bleiplatten in Britannien gegossen und nach Frankreich verschifft wurden. Denn England hatte sich durch seine unzähligen Kolonien auf der gesamten Welt riesige Bleivorkommen gesichert. Bis heute ist Britannien Vorreiter der Bleiverarbeitung. In Deutschland und England wurde Blei meistens für Sakralbauten verwendet. Berühmte Beispiele sind die St. Paul's Cathedral in London, die Kathedrale von Canterbury und der Kölner Dom (13. Jahrhundert) [12], (Bild 8. bis 10.).

Durch seine leichte Umformbarkeit ermöglicht es zum Beispiel, sämtliche Anschlüsse auf dem Dach rissfrei auszuführen [12]. Die Anwendung von Blei hat weiterhin Bestand in der heutigen Architektur (Bild 11.), vorzugsweise jedoch im Bereich von Mauerabdeckungen, Verwahrungen und anderen kleinflächigen Einsatzgebieten.

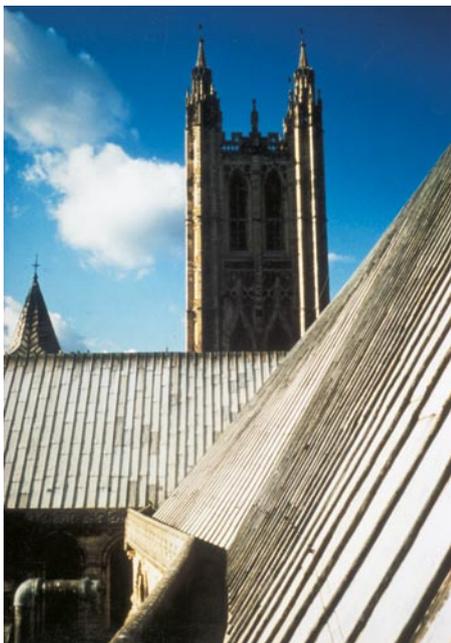


Bild 9.: Ebenfalls mit Blei gedeckt ist die prachtvolle Kathedrale von Canterbury (Bildnachweis Bild 6. bis 9.: Archiv Klaus Ziegenbein, Düsseldorf).



Bild 10.: Das berühmteste Beispiel für eine Bleideckung in Deutschland ist der Kölner Dom aus dem 13. Jahrhundert (BAUMETALL 7/2003, Seite 53 ff.).

2.2 Kupfer

Kupfer ist neben Blei das älteste Metall, das durch die Menschheit genutzt wird. Welches von beiden Metallen das ältere ist, darin weichen die Quellen sehr stark voneinander ab. Dieses Thema ist bis heute noch nicht geklärt, obwohl sehr viel dafür spricht, dass Kupfer das ältere Metall ist. Zum einen kommt es in der Natur als „gediegenes“ Material vor, das heißt, dass es in reiner Form zu finden ist und verwertet werden kann. Hingegen kommt Blei in der Natur ausschließlich in Verbindung mit Mineralien vor und muss herausgeschmolzen werden. Zum anderen wurden bereits im 7. Jahrtausend v. Chr. Werkzeuge, Schmuck etc. aus Kupfer im südlichen Anatolien gefunden. Widersprüchlich dazu ist, dass im 8. Jahrtausend v. Chr. schon mit Blei experimentiert wurde, aber wahrscheinlich noch keine praktische Anwendung stattfand. Um 4000 v. Chr. verarbeiteten die Ägypter bereits „gediegenes“ Kupfer in großen Mengen zu Waffen und Werkzeugen. Später, um 3500 v. Chr., belegen die ersten Quellen, dass Kupfer aus Erzen herausgeschmolzen wurde. In einem ägyptischen Tempel wurde bereits um 2500 v. Chr. eine 400 m lange Wasserleitung aus Kupfer verlegt [11].

Bild 11.: Moderne Architektur prägt die Bleifassade des Bergbauarchivs in Clausthal-Zellerfeld. Ausführung der Klempnerarbeiten: Bade aus Bad Bevensen (BAUMETALL 2/2002, Seite 41).



Im 20. Jahrhundert v. Chr. entdeckte man die Veredlung von Kupfer mit Zinn: die Bronzelegierung. Die Erfindung der Bronzelegierung gab auch einer langen Ära der Geschichte ihren Namen: der Bronzezeit. Bronze hat den Vorteil, dass es im Gegensatz zu dem weichen Kupfer härter ist. Aus Bronze wurde ein breites Spektrum von Gebrauchsgegenständen hergestellt wie Dolche, Schwerter, Schilde, Münzen, Statuen etc. Bronze wurde neben Messing, Kupfer und Eisen bis ins 15. Jahrhundert n. Chr. in fast allen Hochkulturen angefertigt. 1000 v. Chr. tauchten die ersten rotgussähnlichen Metalle auf. Das heißt, der Kupfer-Zinn-Legierung wurde zusätzlich Zink beigefügt. Dadurch ließ sich die Härte dieser Legierung nochmals steigern. Immer weitere Legierungen entstanden. So zum Beispiel etwa im 1. Jahrhundert v. Chr. auch das vorgenannte Messing (Legierung aus Kupfer und Zink), durch die Entdeckung des Galmei-Schmelzverfahrens.

Die Hochkultur der Römer nutzte dieses Wissen über die vielen Legierungsarten von Kupfer, um vielerlei Gegenstände und Dinge herzustellen. Auch die meisten Münzen aus dieser Zeit bestanden aus Kupfer, da Kupfer als wertvoll galt. Das Wissen um Messing und andere Le-

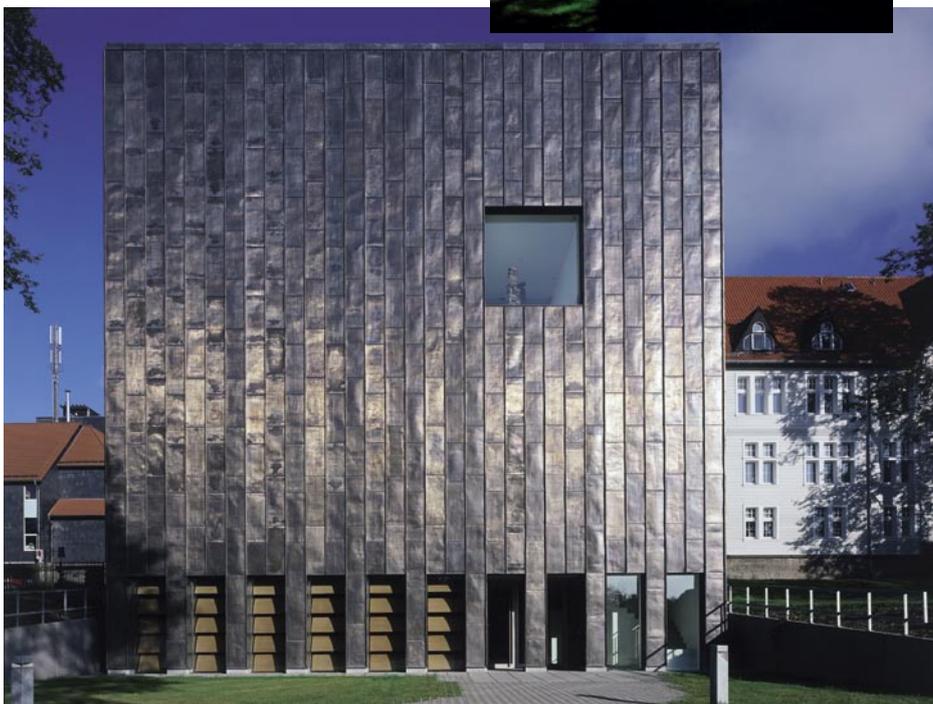




Bild 12.: Kupferdach mit hellgrüner Patina des Doms in Trondheim aus dem 12. Jahrhundert.



Bild 13.: Der Erfurter Dom mit seinem hochgotischen Chor, erbaut Mitte 12. bis 15. Jahrhundert. Während die Türme patinagrün sind, zeigen die im Jahr 1977 neu gedeckten Dachflächen des Kirchenschiffs eine braune Oberfläche. Rechts daneben die gotische Severikirche mit ihrer Dreiturmfassade. Beide Gebäude vom Marktplatz aus gesehen (Foto: Manfred Haselbach, BAUMETALL 6/1992, Seite 29 ff.).



Bild 14.: Ein prominentes Beispiel für die Verwendung von Kupfer für Sakralbauten ist auch die weltberühmte Frauenkirche in München, erbaut 1468–88.

gierungen ging mit dem Untergang des Römischen Reiches weitestgehend verloren und wurde im europäischen Raum erst im frühen Mittelalter wiederentdeckt und vornehmlich bei Sakralbauten wieder eingesetzt.

Als Beispiele für frühzeitige Kupferdächer sollen hier der norwegische Dom von Trondheim aus dem 12. Jahrhundert, der Dom von Erfurt (um 14. bis 15. Jahrhundert), die Frauenkirche in München (1468–88) und der Pavillon des Dresdner Zwingers (1711–1728) dienen (Bild 12. bis 14.). Das wohl älteste deutsche Beispiel für die Anwendung von Kupfer ist der Hildesheimer Dom, mit dessen Bau im 11. Jahrhundert begonnen wurde. Teile der Kupferdachdeckung aus dem Jahre 1280 sind noch heute erhalten und damit ein außerordentliches Beispiel für die Langlebigkeit dieses Metalls (Bild 15.).

Das Dach der Kathedrale von Metz wurde im 16. Jahrhundert mit vergoldetem Kupfer verkleidet. Leider fiel das prächtige Dach einem Orkan zum Opfer, so dass es seitdem nur aus gewöhnlichem, walzblankem Kupfer besteht (Bild 16.). Aus diesem wertvoll anmutendem Metall stellte man auch Inneneinrichtungen und Fassadenelemente für Sakral- und Schlossbauten her. Als Beispiel können die Aachener Domtüren (Bronze) aus dem 8. Jahrhundert angeführt werden. Kupfer war also im Wesentlichen ein Metall für Sakralbauten, wobei Ausnahmen wie der Pavillon des Dresdner Zwingers die Regel bestätigen (Bild 17.).

Auf Grund der Wohnungsnot nach dem Ersten Weltkrieg musste eine einfache, schnelle und kostengünstige Produktionsweise für Häuser gefunden werden. Auch die Kupferindustrie beteiligte

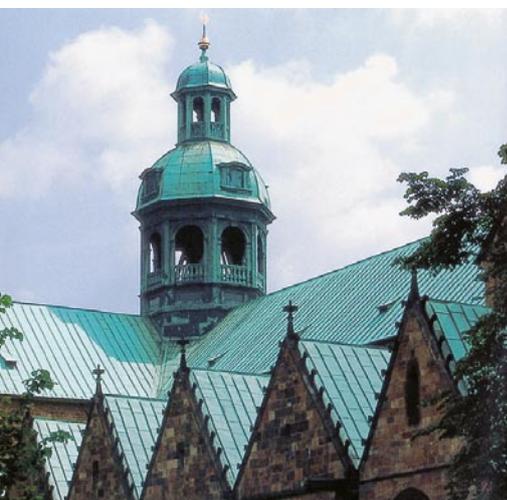


Bild 15.: Am Hildesheimer Dom, erbaut ab dem 11. Jahrhundert, sind bis heute noch Teile der Kupferdachdeckung aus dem Jahre 1280 erhalten (KME, Osnabrück).



Bild 16.: Nachtaufnahme des Doms im lothringischen Metz, der ursprünglich mit vergoldetem Kupfer gedeckt war.



Bild 17.: Kein Sakralbau: der mit Kupfer gedeckte Pavillon des Dresdner Zwingers, erbaut 1711-28 ff.



Bild 18.: Eines der insgesamt acht noch erhaltenen Kupferhäuser im brandenburgischen Finow und Berlin-Dahlem. Dieses Berliner Kupferhaus wurde 1933 erbaut von der Kupferhaus-Gesellschaft A. Hirsch aus Berlin (BAUMETALL 7/1998, Seite 44 ff.).

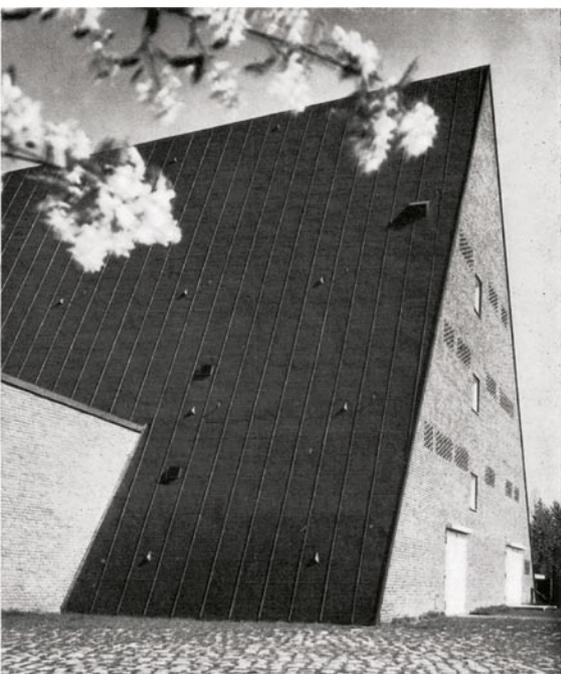


Bild 19.: Kupferdach von ca. 1960 auf der Berliner Akademie der Künste.

sich an diesen Bemühungen. 1930 wurde somit das erste Haus hergestellt, bei dem nicht nur das Dach, sondern auch die Außenwand mit Kupfer bekleidet ist. Hier spiegelt sich auch die Industrialisierung wider, und einige dieser Häuser sind noch heute in Berlin zu bewundern [BAUMETALL 7/1998, Seite 44 ff.], (Bild 18.). Etwa 1960 erhielt die Akademie der Künste in Berlin ihr Kupferdach (Bild 19.) und seit dieser Zeit erlebt Kupfer eine zunehmende Verwendung auch bei Profanbauten (Bild 20.).

Kupfer wird heute durch Warmwalzen, Fräsen, Kalt-Vorwalzen, Zwischenglühen und Fertigwalzen auf die gewünschte Di-

cke gebracht. Damit ist auch Kupfer ein Massenprodukt und somit erschwinglich geworden. Kupfer hat zudem eine sehr bemerkenswerte Eigenschaft: Es ist fast zu 100 % recycelbar. Das bedeutet nicht nur die Schonung von Ressourcen, sondern auch des Energieverbrauchs. Die Energieeinsparung bei der Kupfergewinnung aus Recyclingmaterial beträgt 80 bis 92 % gegenüber der Primärmetallerzeugung [11, 22]. Aber auch alle anderen Baumetalle haben hohe Recyclinganteile.

2.3 Zink/Titanzink

Als Legierungsmetall schon lange bekannt, wurde Zink erst sehr spät für bauliche Zwecke verwertet. Das Problem, dass Zink erst ab 1637 n. Chr. als Metall genutzt werden konnte, bestand darin, dass es schwer in „Metallform“ zu gewinnen war. Die Chinesen verhütteten Zink als Erste [BAUMETALL 1/2004, Seite 42 ff.], (Bild 21). Diese Technologie gelangte auf dem Seeweg auch nach Europa, um genauer zu sein, nach Swansea in England. In dieser Stadt wurde um 1720 Zink erstmals in Europa produziert. 1743 entstand in England die erste Zinkhütte. Später wurden in Oberschlesien und im Aachener Raum weitere Zinkhütten errichtet. Zu dieser Zeit entwickelte sich ein Gussverfahren für Zink. Später im Jahr 1805 erkannte man die Weiterverarbeitung durch das Walzen. 1812 fand die Einweihung des ersten Zinkwalzwerks in Belgien statt. Durch das Paketwalzverfahren konnten nun Tafeln produziert werden (Bild 22.).



Bild 20.: Zeitgenössische Architektur mit Kupfer: Werkseitig vorpatiniertes Kupfer für die Padre Pio Kirche in San Giovanni Rotondo, gestaltet von dem italienischen Stararchitekten Renzo Piano aus Genua (Foto: KME, Osnabrück).

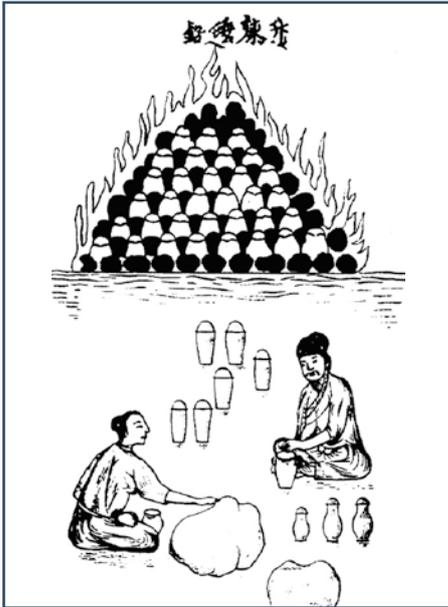


Bild 21.: Herstellung von Zink im China des 17. Jahrhunderts (BAUMETALL 1/2004, Seite 42 ff.).



Bild 22.: Die Herstellung von Zinktafeln nach dem Paketwalzverfahren wurde ab dem Jahr 1965 abgelöst ...

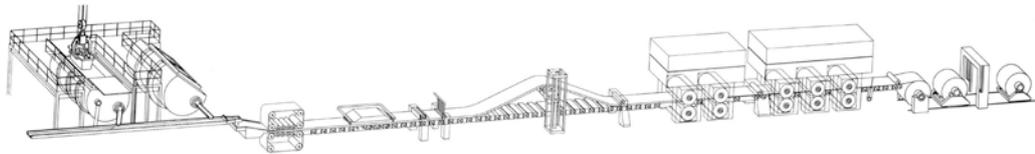


Bild 23.: ... durch die Herstellung von Zinkbändern nach dem von Rheinzink entwickelten Gieß-Walz-Verfahren (Quelle wie vor).



Bild 24.: Moderne Anwendung von Zink in der Architektur: walzblankes und zum Teil auch vorbewittertes Rheinzink für den Federation Square im australischen Melbourne (Foto: Rheinzink, Datteln).



Bild 26.: Kurhaus in Scheveningen, Rautendekung mit Titanzink (Foto: NedZink, Essen).



Bild 25.: In Frankreich ist die Leistentechnik mehr verbreitet als in Deutschland. So auch bei der Neudeckung des 2600 m² großen Daches auf dem traditionsreichen Hotel du Louvre in Paris mit blaugrau vorbewittertem Titanzink (Foto: Rheinzink, Datteln).

Doch die Unreinheit des Materials und somit seine geringe Rissfestigkeit bei der Umformung schloss eine Verwendung für Dächer zunächst aus. Die Qualität und Reinheit verbesserte sich aber kontinuierlich. Doch erst 1968 fand man eine Legierung, die es ermöglichte, die Qualität, Umformbarkeit, Witterungs- und Korrosionsbeständigkeit beträchtlich zu erhöhen. Diese Legierung entstand durch Zusätze von Kupfer und Titan und wird heute als Titanzink be-

zeichnet. Ein wesentlicher Schritt in der Herstellung von Zink-Bändern erfolgte durch den Einsatz des kontinuierlichen Breitband-Gieß-Walz-Verfahrens bei Rheinzink in Datteln (Bild 23.). In der heutigen Architektur wird dieses Material für moderne Bauten wegen seiner Optik und ausgezeichneten Witterungsbeständigkeit häufig für Dächer, Fassaden, aber auch für Dachgauben und die Dachentwässerung verwendet [7, 9, 17], (Bild 24. bis 26.).

2.4 Aluminium

Aluminium ist in dieser Auflistung das jüngste Metall. Es zeichnet sich aus durch hohe Formbarkeit, seinen silber-metallischen Glanz und seine hohe Korrosionsbeständigkeit. Bereits 1809 entdeckte Sir Humphrey Davey, dass Aluminium aus Bauxit herausgelöst werden kann. Aber erst 18 Jahre später gelang es dem Göttinger Professor Wöhler, geringe Mengen Aluminium zu erzeugen. Nach neuerlichen zehn Jahren der Forschung konnte er größere Mengen des leichten Metalls produzieren [10]. Dennoch war es nicht annähernd genug, um damit einen wirtschaftlichen Durchbruch zu erzielen.

Erst Mitte des 19. Jahrhunderts, 1854, gelang es gleich zwei von einander unabhängigen Chemikern, Robert Bunsen und St. Clair-Deville, durch Elektrolyse größere Mengen Aluminium herzustellen. Mit dem erste dokumentierte Erzeugnis aus Aluminium war eine Kinderrassel für den Sohn Napoleons III.

Doch auch die vorgenannte Entdeckung konnte noch nicht für die Massenproduktion in großem Stil herangezogen werden, da Werner von Siemens zu dieser Zeit weder den Dynamo noch den elektrischen Metallschmelzofen (1878) erfunden hatte. Allerdings wurde Aluminium durch die Entdeckung der Elektrolyse bereits in Fabriken hergestellt. Durch den erheblichen Energieaufwand war Aluminium so teuer, dass eine Produktion jährlich von ca. 2,5 t den Weltbedarf decken konnte.

1884 erhielt ein 174 m hoher Obelisk in Washington ein kleines Dach aus Aluminium, als Wetterschutz und Blitzableiter (Bild 27.). Erst 1886 ließ sich Alumi-

um durch die Entdeckung der Schmelzfluss-Elektrolyse durch Charles Martin Hall und Paul Louis Héroult ökonomisch herstellen. 1887 entstand so die erste europäische Aluminiumfabrik in Neuhausen am Rhein. Vier Jahre später tauchte der Bauwerkstoff Aluminium als Briefkasten und Treppengeländer in Chicago erstmalig wieder auf. 1896, also bereits zehn Jahre nach Entdeckung der wirtschaftlichen Herstellungstechnik, wurde das erste Dach aus Aluminium verlegt: die Kirchenkuppel von San Gioacchino in Rom (Bild 28.).

1902 entstand das Depeschen-Büro in Wien, welches die erste revolutionäre Fassade aus Aluminium erhielt. Sie läutete das 20. Jahrhundert der Architektur ein. Leider ist diese Fassade nicht mehr erhalten. Nur kurze Zeit später wurde Aluminium nicht nur im Hochbau, sondern auch in anderen Bereichen eingesetzt. Während des Ersten Weltkriegs zum Beispiel ermöglichte der leichte Werkstoff den Bau von ersten haltbaren Flugzeugkonstruktionen.

Aluminium wurde als Werkstoff für Dachdeckungen immer beliebter. 1947 entstand das Aluminiumdach eines Wohnhauses in Göttingen. Eines der größten und bekanntesten Aluminiumdächer hat der Klempner-Fachbetrieb Kentzler im Jahr 1952 in Dortmund auf der Westfalenhalle eingedeckt (Bild 29.). Zwar ist die eingesetzte Primärenergie für die Produktion des Werkstoffs 4,5-mal höher als für die Herstellung von Stahl, dafür rostet Aluminium nicht, ist sehr witterungsbeständig, bietet bei gleichem Gewicht das dreifache Volumen, eine Gewichtersparnis von 50 % gegenüber



Bild 27.: Der Obelisk am Weißen Haus in Washington trägt das erste „Dach“ aus Aluminium – seit 1884.

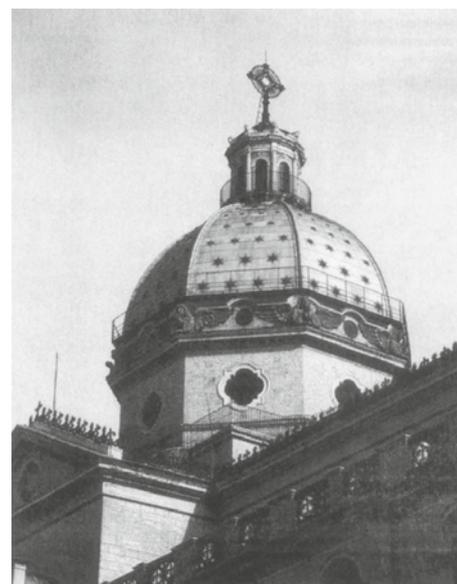


Bild 28.: Die erste großflächige Aluminiumdeckung erfolgte im Jahr 1896 für die Kuppel der Kirche San Gioacchino in Rom (Foto: Alcan, Göttingen).



Bild 29.: Ein großes und bekanntes Beispiel aus Deutschland: Das 10 000 m² große Dach der Westfalenhalle in Dortmund deckten Klempner des Fachbetriebs Kentzler aus Dortmund im Jahr 1952 mit 0,7 mm dickem Aluminium in Leistentechnik (Foto: Kentzler, Dortmund).



Bild 30.: Aluminium gibt es in vielen unterschiedlichen Farben. Darunter auch Farben mit Metallic-Effekten, wie hier bei einer Reihenhaussiedlung in Göttingen (Foto: Novelis, Göttingen) ...

Stahl und es lässt sich, wie Kupfer auch, fast zu 100 % wiederverwerten [10]. Auf Wunsch der Architekten und Bauherren gibt es heute auch farbbeschichtetes Aluminium (Bild 30. und 31.).

2.5 Eisen, Stahl und Edelstahl

Mit dem Beginn der Eisenzeit um 800 v. Chr. legt man heute die Entdeckung und Nutzbarkeit des Eisens fest. Eisen war

schon früher in Ägypten und Indien bekannt. Dies belegen einige, wenn auch nur wenige Funde aus der Zeit um 4000 v. Chr. Allerdings existierten noch keine Verfahren dieses Metall zu nutzen. Das neu errungene Wissen über Gewinnung und Anwendung des Eisens ersetzte vielfach den Gebrauch von Kupfer und Bronze. Die rapide Entwicklung dieser Kenntnisse ließen im östlichen Mittelmeerraum

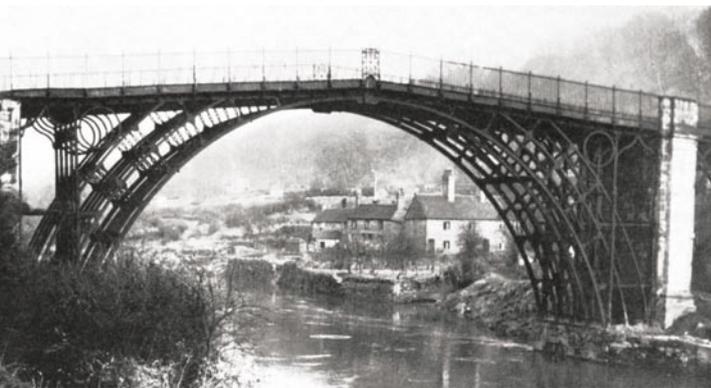


Bild 32.: Erste Bauten aus Eisen entstanden um 1775 in England, beispielsweise die Coalbrookdale-Brücke (Ewert, Sven: Brücken – Die Entwicklung der Spannweiten und Systeme, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2003).



Bild 33.: Das erste Dach aus Edelstahl auf dem im Jahr 1929 errichteten, 381 m hohen Chrysler Building in New York (Foto: Rob van der Zanden, Breda, 2004).

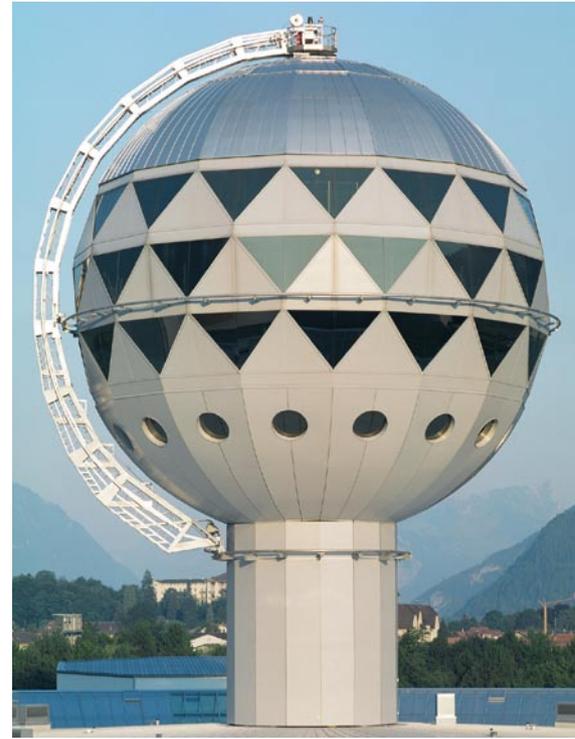


Bild 31.: ... und dem Mystery-Park in der Schweiz (Foto: Novelis, Göttingen).

und in Mitteleuropa fast gleichzeitig Schmelzstätten entstehen. Schmelzstätten waren in diesem Fall Erdgruben, Schachtöfen oder Erdöfen. Im Mittelalter entstanden größere Öfen, bei denen die Glut zum Schmelzen des Eisenerzes mit einem Blasebalg, von einem Wasserrad betrieben, angefacht wurde. Es entstanden Eisenklumpen, die anschließend in einer Schmiede weiterverarbeitet werden konnten [2].



Bild 34.: Nahaufnahme der kunstvoll gestalteten Edelstahlbekleidung für das Chrysler Building (Kidder Smith, G. E.: Source Book of American Architecture, Princeton Architectural Press, New York, 1996).



Bild 35.: Eines der bekanntesten und ältesten Edelstahldächer befindet sich auf dem Planetarium in Bochum, ausgeführt 1963 durch den Klempnerfachbetrieb Kentzler aus Dortmund (Foto: Kentzler, Dortmund).



Bild 36.: Wie alle anderen Baumetalle findet sich Edelstahl nicht nur an den Repräsentativbauten, sondern erobert auch den Bereich der Privatwohnhäuser. Hier ein Einfamilienhaus, ausgeführt von dem Klempnerfachbetrieb Werz aus Reutlingen (Foto: RCC & Weha, Sersheim).

Erste Bauten aus Eisen entstanden um 1775 in England, beispielsweise die Brücke Coalbrockdale (Bild 32.). Später um 1810 entstand in Frankreich der Kornmarkt bei Paris und 1827 der Ostchor des Mainzer Domes. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts erbaute man moderne Hochöfen, die mit Koks befeuert wurden. 1784 verminderte Henry Cort durch sein Puddelverfahren den Kohlenstoffanteil im Eisen und produzierte erstmals „brauchbares“ Eisen [5]. Außerdem wurde im Zuge der Industrialisierung, wie bereits erwähnt, die Walztechnik sowie das „Stahlfrischen“ erfunden. Das „Frischen“ von Roheisen geht auf den Engländer Henry Bessemer (um 1855) zurück und bedeutet in diesem Zusammenhang, dass dem flüssigen Roheisen Sauerstoff zugeführt wird und somit die im Roheisen enthaltenen Bestandteile einerseits oxidieren (hauptsächlich Kohlenstoff) und andererseits verschlacken; nicht oxidierbare Bestandteile wie Schwefel, Phosphor, Mangan und Silizium fallen aus. Durch dieses Verfahren ließ sich Flusstahl, also schmiedbares Eisen, preiswert und in großen Mengen herstellen [2, 7]. Durch den Zusatz von Zuschlagstoffen gelang es, das Metall noch widerstandsfähiger zu machen [5, 7].

Für den Außenbereich kam Stahl erstmals mit der Entdeckung der Verzinkung zum Einsatz. Allerdings lässt die Lebenserwartung eines solchen verzinkten Daches zu wünschen übrig. Das erste Dach aus Edelstahl, fertiggestellt im Jahr 1929, trägt das berühmte Chrysler Building in den USA (Bild 33. und 34.). Die hierfür benötigten Tafeln und Bänder wurden von der deutschen Firma Krupp aus Essen hergestellt und in die Staaten verschifft [15].

Bild 37.: Der Neue Zollhof in Düsseldorf. Die Fassade konnte seinem Architekten, dem US-Amerikaner Frank O. Gehry, gar nicht beulig genug sein. Dem ausführenden Fachbetrieb Heinz Lummel aus Karlstadt war das zwar nicht ganz recht, aber Chef ist nun mal der Architekt (BAUMETALL 1/2000, Seite 65 ff., Foto: Euro In-ox, Brüssel).



Von da ab bis nach dem Zweiten Weltkrieg gab es in der Architektur kaum Anwendungen mehr von Edelstahl und der anderen Baumetalle. Etwa um 1960 setzte eine Art Renaissance ein. Eines der ältesten und bekanntesten Edelstahldächer in Europa befindet sich auf dem Planetarium in Bochum (Bild 35.). Die Blütezeit für Edelstahl als Werkstoff für Dach und Fassade begann in den 70er und 80er Jahren. Heute wird Edelstahl neben Titanzink, Kupfer und Aluminium wieder vermehrt eingesetzt, auch bei Wohngebäuden (Bild 36.).

1994 entwarf der Architekt Renzo Piano das Dach des Kansai International Airport in Osaka, welches aus gefalzten Edelstahlbändern besteht. Ein weiteres, international bekanntes Beispiel ist der Neue Zollhof in Düsseldorf (Bild 37.).

3. Eigenschaften der Metalle

3.1 Blei

Blei besitzt eine bläulich-hellgraue Farbe. Es ist korrosionsbeständig, jedoch nicht in Verbindung mit organischen Säuren und Laugen. Diese greifen das Metall an und zerstören es. Deshalb darf Blei nicht mit frischem Kalk- oder Zementmörtel in Berührung kommen. Blei ist mit seiner hohen Dichte von $11,3 \text{ kg/dm}^3$ das Schwermetall unter den Baumetallen. Seine niedrige Schmelztemperatur von 327 °C machte die Verarbeitung und Gewinnung schon in der Antike möglich. Die Längenausdehnung bei einer Temperaturdifferenz von 100 K beträgt $2,9 \text{ mm/m}$.

Der Werkstoff ist weich und sehr gut in kaltem Zustand umformbar, beispielsweise durch Schneiden, Hämmern, Biegen, Wal-

zen, Gießen und Ziehen. Außerdem lässt Blei sich löten und schweißen. Blei kann, wenn es über längeren Zeitraum in den menschlichen Körper gelangt, bleibende Schäden hervorrufen [7]. Befolgt man die üblichen Hygiene-Maßnahmen (vor dem Essen Hände waschen), ist die Verarbeitung von Blei gesundheitlich unbedenklich.

3.2 Kupfer

Kupfer ist rotglänzend, sehr witterungs- und korrosionsbeständig und wird von Laugen und Säuren nicht angegriffen. In Kontakt mit Luft bildet Kupfer eine zuerst bräunliche Oxidschicht und später die grüne Patina. Diese besteht durch Emissionen aus Industrie und Großstadt im Wesentlichen aus basischem Kupfersulfat (wobei jedoch in den letzten Jahren der Ausstoß von Schwefeldioxid wesentlich zurückgegangen ist), in Meeresnähe enthält sie deutliche Anteile an basischem Kupferchlorid und in vorwiegend ländlichen Gebieten basisches Kupferkarbonat. Kupfer besitzt eine relativ hohe Dichte von $8,9 \text{ kg/dm}^3$ und einen hohen Schmelzpunkt von 1083 °C . Die Längenänderung bei einer Temperaturdifferenz von 100 K beträgt $1,7 \text{ mm/m}$.

Kupfer kommt in der Natur auch als „gediegenes“ Metall vor. Das heißt, dass es nicht an andere Stoffe gebunden und damit ähnlich edel wie Gold ist. Durch Treiben, Drücken, Walzen, Ziehen und Schmieden ist dieses Metall leicht umzuformen sowie löt- oder schweißbar [7]. Neben Silber ist Kupfer das am besten leitende Metall, das wir kennen. Kupfer und seine Legierungen haben außerdem eine bakterio-statische Wirkung, lassen also das Wachstum und die Vermehrung von Bakterien nicht zu. Eine Eigenschaft, die diese Werkstoffe beispielsweise für Türklinken und Geländer in Hotels und Krankenhäusern geeignet macht, die von vielen Menschen berührt werden [11].

3.3 Zink/Titanzink

Zink besitzt eine bläulich-weiß glänzende Farbe. Es ist durch eine Oxidschicht, die an der Luft entsteht, korrosions- und witterungsbeständig. Allerdings wird Zink, ebenso wie Blei, von Säuren und Laugen zersetzt. Auch hier ist die Berührung mit frischem Kalk- und Zementmörtel zu vermeiden. Zink ist hart und spröde und besitzt nur eine geringe Festigkeit. Durch die Legierung mit geringen Mengen Titan und Kupfer haben sich die Eigenschaften der heutigen Titanzinklegierungen wesentlich verbessert.

Zink hat eine mittlere Dichte von $7,2 \text{ kg/dm}^3$ und eine Schmelztemperatur von 419 °C . Die Längenänderung bei einer Temperaturdifferenz von 100 K beträgt $2,2 \text{ mm/m}$. Bei Normaltemperatur ist Zink spröde und lässt sich nur im warmen Zustand (100 °C) walzen und ziehen. Es kann durch Falzen und Treiben umgeformt werden [7].

3.4 Aluminium

Aluminium, ein silberglänzendes Metall, ist relativ weich, leicht und dehnbar. Es reagiert bei der Berührung mit Luft mit der Bildung einer mattweißen Oxidschicht, wodurch das blanke Metall silbergrau erscheint. Seine Dichte beträgt $2,7 \text{ kg/dm}^3$ und der Schmelzpunkt liegt bei 660 °C . Die Längenänderung bei einer Temperaturdifferenz von 100 K beträgt $2,4 \text{ mm/m}$. Durch verschiedenste Legierungen kann dieser Wert gesenkt werden.

Das unbeschichtete Metall wird durch Laugen zersetzt. Auch hier ist demnach Vorsicht geboten beim Umgang mit frischem Kalk- und Zementmörtel. Umformungen erfolgen durch Falzen, Ziehen, Treiben, Schmieden und Hämmern. Aluminium lässt sich schweißen, löten und kleben. Heute wird Aluminium im Bereich von Dächern und Fassaden fast ausschließlich mit werkseitig farbbeschichteter Oberfläche eingesetzt [7].

3.5 Eisen, Stahl und Edelstahl

Roheisen besitzt eine bläulich-schimmernde Oberfläche. Es ist nicht korrosions- und witterungsbeständig. Es kann von Säuren zersetzt werden. Das Metall hat eine Dichte von $7,86 \text{ kg/dm}^3$ und einen Schmelzpunkt von 1536 °C . Die Längenänderung bei einer Temperaturdifferenz von 100 K beträgt $1,2 \text{ mm/m}$. Das Metall kann sowohl kalt als auch warm umgeformt werden. Je nach Umformungsart gewinnt Eisen an Eigenschaften hinzu oder verliert sie. Es kann geschweißt, gewalzt und gegossen werden und durch verschiedenste Verfahren veredelt werden.

Unlegiertes Eisen als solches hat einen relativ niedrigen Stellenwert im Bereich der Gebäude. Dagegen sind Baustähle im Bauwesen unverzichtbar, beispielsweise bei der Bewehrung von Stahlbeton und als tragende Bauprofile. Farbbeschichtete Well- und Trapezprofile finden Anwendung im Industrie- und Hallenbau. Edelstahl tritt als korrosionsfester und säurebeständiger Werkstoff in den letzten Jahren zunehmend in den Wettbewerb mit den herkömmlichen Baumetallen, wie Aluminium, Kupfer und Titanzink [7].

3.6 Zusammenbau verschiedener Baumetalle

Zu beachten ist bei der Anwendung im Hochbau, dass sich die einzelnen Metalle nicht beliebig untereinander zusammenbauen lassen. Das Problem liegt darin, dass sich die Metalle bei Berührung und gleichzeitigem Feuchtigkeitseinfluss gegenseitig durch die dabei entstehenden elektrischen Spannungen zersetzen. Die theoretische Spannungsreihe für Baumetalle sieht folgendermaßen aus:

Aluminium (Al) – Zink (Zn) – Eisen (Fe) – Blei (Pb) – Zinn (Sn) – Kupfer (Cu)

Die weniger edlen Metalle (links das unedelste, rechts das edelste) werden von den edleren zerstört. Je weiter sie in der Spannungsreihe auseinander liegen, desto schneller schreitet die Zersetzung fort, zumindest theoretisch [7]. In der Praxis sind die Metalle, wie Aluminium und Stahl, farbbeschichtet, so dass in diesem Fall ein Zusammenbau mit anderen Baumetallen problemlos erfolgen kann. Kupfer lässt sich problemlos mit Edelstahl kombinieren, Edelstahl wiederum auch mit Aluminium, Blei und Zink. Die elektrochemische Spannungsreihe geht in ihrer Theorie von metallisch blanken Oberflächen aus. In der Praxis kommt es jedoch an der Luft sehr schnell zur Bildung einer Oxidschicht, die den zur Bildung einer Kontaktkorrosion notwendigen Stromfluss weitgehend isoliert. Zu vermeiden ist jedoch die Anordnung von Kupfer, des elektrochemisch edelsten Metalls, oberhalb von Zink oder verzinktem Stahl, weil durch Regenwasser mitgeführte Kupferionen zur Elementbildung auf dem Zink und dessen schneller Zerstörung führen [1].

4. Weitere Kapitel der Diplomarbeit

Anm. d. Red.: Der Autor erläuterte im Weiteren die Einsatzgebiete von Metallen und die verschiedenen Techniken der Metallverarbeitung auf Dächern. Diese Bereiche sind unseren Lesern weitestgehend bekannt und in den Fachbüchern bestimmter Metallhalbzeug-Hersteller ausführlich beschrieben. Deshalb wird hier auf eine Wiedergabe dieser Textpassagen verzichtet.

5. Ausblick

Dachdeckungen und Außenwandbekleidungen aus Metall haben in den vergangenen Jahren immer mehr an Beliebtheit gewonnen, da sie durch immer besser werdende Qualität, durch höhere Lebensdauer und durch individuelle

Form- und Farbgebung eine echte Alternative zu herkömmlichen Materialien sind. Sie finden sich an repräsentativen Bauten, welche die Stadtlandschaften auflockern und dadurch maßgeblich zu einem schöneren und interessanteren Stadtbild beitragen. Sie sind aber auch architektonisches Gestaltungsmittel für Wohnhäuser und kleinere Bürogebäude. Für den Architekten ist bei seiner Planung die Vielfalt der Baumetalle und ihrer Oberflächen von besonderer Bedeutung.

Die natürlichen Farbtöne reichen alleine bei Kupfer von einem kräftigen Rot über zarte und später kräftige Brauntöne bis hin zu dem bekannten Patinagrün. Anfangs silberfarben ist die natürliche Oberfläche von Edelstahl und Aluminium, wobei Letzteres vorzugsweise mit werkseitiger Farbbeschichtung in fast allen denkbaren Farbtönen geliefert wird. Zink, anfangs hellgrau, entwickelt im Verlauf der Jahre eine dunkelblaue Patina. Zwei führende Hersteller liefern ebene Tafeln und Bänder aus Kupfer beziehungsweise Zink auch mit werkseitig vorbewitterten Oberflächen, die eine vielfältige Skala der sich sonst natürlich entwickelnden Farbtöne umfasst. Hinzu kommen noch Kupferlegierungen wie Bronze, Messing oder „Gold“ (eine Kupfer-Aluminium-Legierung) mit ihren ganz eigenen und charakteristischen Farbtönen.

Abgesehen von der ohnehin bestehenden Vielfalt der einzelnen Baumetalle und ihrer Oberflächen, erweitert sich auch das Spektrum der angebotenen Werkstoffe. Die jüngste Errungenschaft ist das Titan, mit dem schon größere Bauten in den letzten Jahren zuerst im fernöstlichen Raum, dann auch in Eu-

ropa, ausgestattet wurden. Dieser Werkstoff ist zwar noch relativ teuer, besitzt aber technische, formale und optische Eigenschaften, die vielversprechend und zukunftsweisend sind. Das Guggenheimmuseum in Bilbao ist ein moderner Bau, der durch dieses Material eine ganz eigener Prägung aufweist (Bild 38.). Noch ein Beispiel unter vielen, die „Lust auf mehr machen“ [16].

Bildnachweis

Vom Autor beige stellte Fotos. Weitere Abbildungen stammen aus früheren Veröffentlichungen in der Fachzeitschrift BAUMETALL oder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von: Alcan Deutschland GmbH, Göttingen; NedZink GmbH, Essen; Rheinzink GmbH & Co. KG, Datteln; RCC, Sersheim und Walter Müntener für die Battisti Gesellschaft mbH, A-6832 Sulz

6. Literaturhinweise und Quellenangabe

- [1] Röbber, Tecu-Kupfer Planen, Gestalten, Verarbeiten, herausgegeben von der KM Europa Metal AG, Osnabrück, 2. überarbeitete Auflage, 1999
- [2] Holzapfel, Werkstoffkunde für Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik, Verlagsgesellschaft Rudolph, 10. überarbeitete Auflage, 1999
- [3] Pracht, Fassaden- und Dachelemente aus Metall, Lübeck Coleman, ohne Angabe der Auflage, 2001
- [4] Meyer-Bohe: Elemente des Bauens, Dächer, Verlagsanstalt Alexander Koch, Stuttgart, 2. Auflage, 1975
- [5] Schunk, Finke, Jensich, Oster: Dachatlas, geneigte Dächer, Birkhäuser-Verlag für Architektur, 3. Auflage, 1996

[6] Ahnert, Krause: Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960, Band 2, Verlag für Bauwesen, München, 2. Auflage, 1993

[7] Scholz: Baustoffkenntnis, Werner Verlag, Düsseldorf, 13., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, 1995

[8] Schlenker: Fachkunde der Bauklempnerei, Gentner Verlag, Stuttgart, 9. Auflage, 2000

[9] Rheinzink: Anwendung in der Architektur, Rheinzink, Datteln, 2. Auflage, 2000

[10] Baumetall* 5/2003, Binder, Beitrag über die Geschichte des Aluminiums im Hochbau, Seite 42 ff., Technischer Fachverlag, Stuttgart, 2003

[11] Baumetall* 6/2003, Beitrag über die Geschichte des Kupfers im Hochbau, Seite 35 ff., Technischer Fachverlag, Stuttgart, 2003

[12] Baumetall* 7/2003, Beitrag über die Geschichte des Bleis im Hochbau, Seite 53 ff., Technischer Fachverlag, Stuttgart, 2003

[13] Baumetall* 5/2002, Forschungsarbeit der TU München zur Hagia Sophia in Istanbul, Seite 40 ff., Technischer Fachverlag, Stuttgart, 2002

[14] Baumetall* 1/2002, Beitrag über verschiedene historische Falzarten und über die Beständigkeit von Kupfer an der Atmosphäre, Seite 70, Technischer Fachverlag, Stuttgart, 2002

[15] Baumetall* 1/2000, Beitrag über Edelstahl rostfrei für Dach und Fassade, Seite 65 ff., Technischer Fachverlag, Stuttgart, 2000

[16] Baumetall* 3/1998, Beitrag über das Guggenheim-Museum in Bilbao, Seite 40 ff., Technischer Fachverlag, Stuttgart, 1998

[17] Steele, Architektur heute, Lichtenberg Verlag GmbH, ohne Angabe der Ausgabe, München, 1998

[18] Haselbach, Kupfer im Hochbau, Deutsches Kupfer-Institut e. V., Berlin (heute: Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf), 2. Auflage, 1987

Internet:

- [19] www.rheinzink.de
- [20] www.venzinag.ch
- [21] www.klempnerzukunft.de
- [22] www.klempnerhandwerk.de
- [23] www.kupferinstitut.de



Bild 38.: Objektgestaltung mit Titan am Guggenheim-Museum in Bilbao, entworfen von dem US-amerikanischen Architekten Frank O. Gehry (BAUMETALL 3/1998, Seite 40 ff.).

* Fachzeitschrift BAUMETALL mit dem Untertitel „Klempnertechnik im Hochbau“, Herausgeber und Chefredakteur: Manfred Haselbach, Tecklenburg