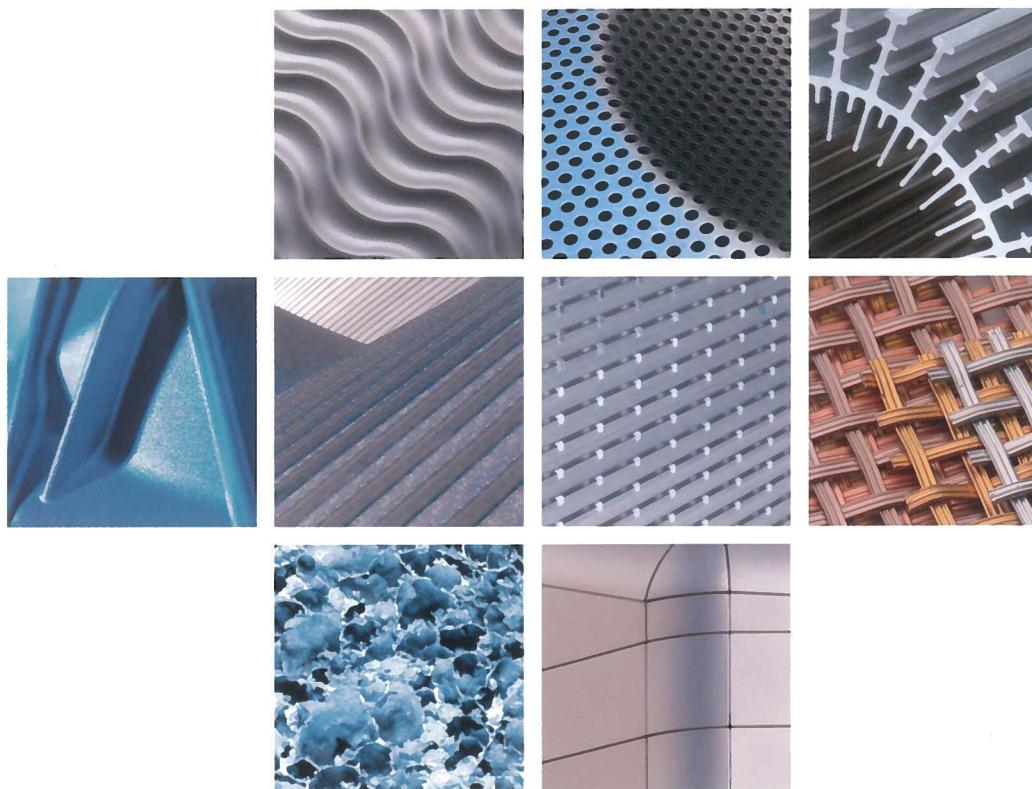


Gestalten mit Aluminium

Architektur und Design





„Aluminium lässt sich wunderbar mit anderen Werkstoffen kombinieren. Sinnvoll eingesetzt fördert Aluminium die Wertigkeit eines Produktes.“

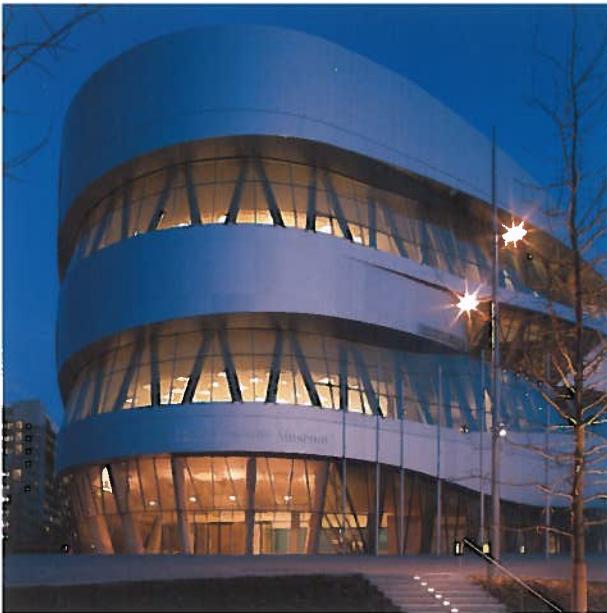
Benno Schiefer, Siemens AG,
München



„Bei qualitativ hochwertigen Werkzeugen für die Architekturbeleuchtung ist Aluminium ein unverzichtbares Material mit faszinierender Vielseitigkeit.“

Martin Krautter, ERCO Leuchten GmbH,
Lüdenscheid



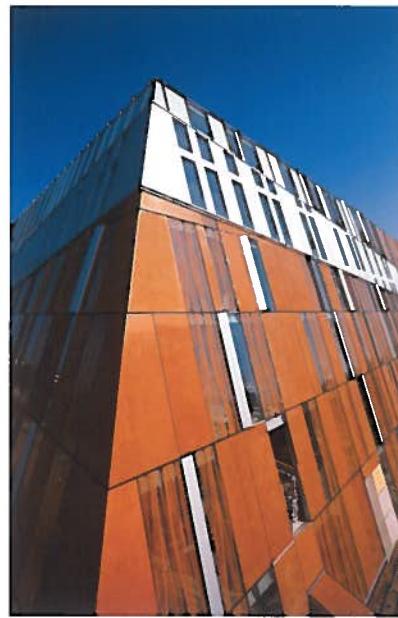


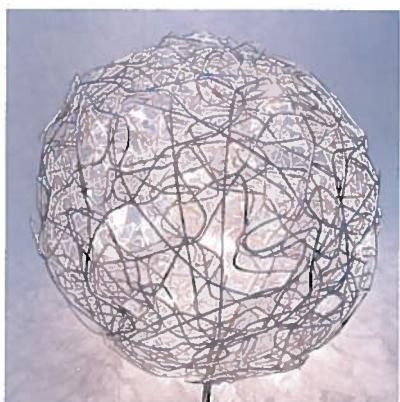
„Aluminium ist aus unserer Sicht ein technisch anmutender Werkstoff, mit dem man Präzision, Qualität und Langlebigkeit assoziiert.“

Roland Heiler, Porsche Design Studio,
Zell am See / Österreich

„Mit Aluminium können wir technisch perfekte, mehrdeutige dynamische Hüllen realisieren, die Neugier auf das Innere schaffen.“

Tobias Walliser, UNStudio, Amsterdam





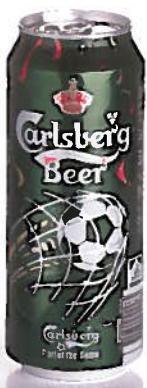
„Mit immer knapperen Ressourcen sind alle Designer aufgefordert, Produkte zu entwerfen, die die charakteristischen Eigenschaften von Aluminium noch intelligenter nutzen.“

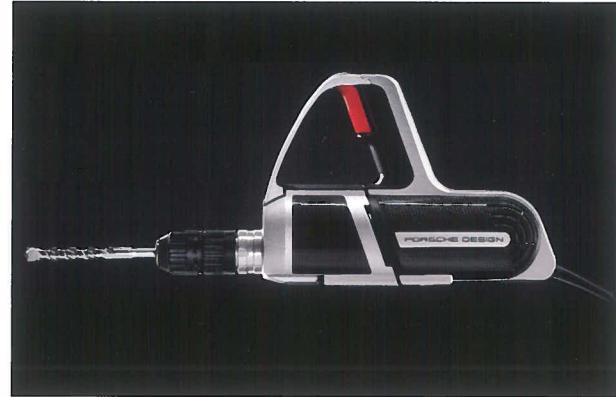
Christoph Böninger, *designafairs*, München



„Aluminium hat eine besondere Stellung im Farbklima. Es ist zu einer Ikone für modernes Design geworden.“

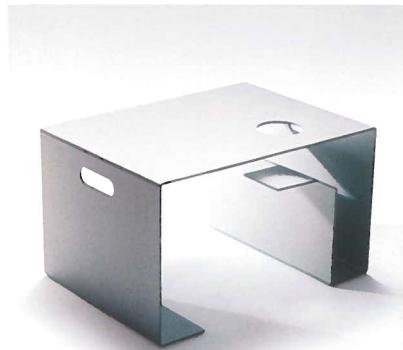
Uli Mayer-Johanssen, *Meta-Design*, Berlin





„Die Schönheit der Oberfläche, die das Aluminium mit sich bringt, ermöglicht es dem Bauenden mit der natürlichen Farbe und Oberfläche des Metalls selbst die gewünschte Wirkung zu erzielen.“

Walter Gropius, Architekt



Inhalt

120 Jahre Gestaltung mit Aluminium	4
Der Werkstoff Aluminium	12
Werkstoffkriterien	12
Gestaltungskriterien	12
Kommunikative Wirkung	12
Werkstoffeigenschaften	12
Aluminiumlegierungen	13
Aluminium wird genutzt, nicht verbraucht.	13
Das Aluminium-Werkstoffzeichen	13
Aluminium – der Leichtbau- und Konstruktionswerkstoff für zahlreiche Anwendungsmärkte	13
Die Produktion von Aluminium	18
Herstellung von Primäraluminium	18
Recycling von Aluminium	20
Aluminiumpool	20
Fertigungsverfahren	22
Umformverfahren	22
Urformverfahren	28
Oberflächenbehandlung	32
Mechanische Oberflächenbehandlung	32
Chemische Oberflächenbehandlung	32
Anodische Oxidation	34
Metallische Überzüge	36
Thermisches Spritzen auf Aluminium	38
Organische Beschichtungen	38
Vakuumbeschichtung	38
Bedrucken von Aluminium	40
Gravieren, Ätzen, Prägen	40
Reinigen von Aluminium im Bauwesen	40
Aluminium-Verbundwerkstoffe	42
Spanende Bearbeitung	42
Fügetechnik	44
Konstruieren mit Aluminium	50
Leichtbau als Konstruktionsprinzip	50
Strangpressprofile	50
Aluminium-Walzprodukte	56
Aluminium-Formteile	60
Aluminumschaum	60
Drahtprodukte	60
Aluminium harmoniert mit vielen Werkstoffen	60
GDA – Der Aluminiumverband	62

Aluminium: Leicht, modern und hochwertig.

Aluminium ist industriegeschichtlich gesehen ein recht junger Werkstoff: Rund 120 Jahre nach Erfindung der Schmelzflusselektrolyse durch Hall und Héroult, die seine großtechnische Produktion und Verarbeitung erst ermöglichte, hat das glänzende Leichtmetall seinen Zenit längst nicht erreicht. Gerade in den letzten Jahren und Jahrzehnten hat die weltweite Nachfrage nach Aluminium eine überaus dynamische Entwicklung genommen – nicht zuletzt durch eine immer anspruchsvollere Umwelt- und Klimapolitik, in der Aluminium seine vorteilhaften Eigen-

schaften – unter anderem das geringe Gewicht, die hohe Korrosionsbeständigkeit und die uneingeschränkte Recyclingfähigkeit – zur Geltung bringen kann. Aluminium ist nach Stahl das wichtigste Gebrauchsmetall mit Anwendungen in fast allen Gebieten der Technik und des Alltags.

Der Werkstoff überzeugt neben seiner Funktionalität auch durch seine Ästhetik. Viele moderne Designer haben ihre besten Entwürfe in Aluminium geschaffen. Wer kennt sie nicht – die Espressomaschine „La Cupola“ von Aldo Rossi, den Wasserkessel „Hot Berta“ und die langbeinige Zitronenpresse „Juicy Salif“ von Philippe Starck aus dem Hause Alessi. Produkte, die heute schon Kultstatus besitzen.

Diese Broschüre wendet sich an Designer und Architekten und bietet neben Informationen über die unterschiedlichen Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren auch Übersichten von Profilquerschnitten und verschiedensten Blechvarianten. Anhand ausgesuchter Beispiele wird die Verwendung von Aluminium für die verschiedensten Anwendungen in Bildern dargestellt, um so zukünftigen Anwendern die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten des leichten Werkstoffs vorzuführen.

Dabei stehen je nach Verwendung unterschiedliche Werkstoffeigenschaften im Vordergrund. Waren in den Anfängen der industriellen Nutzung das geringe Gewicht und die gute Korrosionsbeständigkeit des Materials ausschlaggebend für den Einsatz des Materials, so rücken heute darüber hinaus dekorative und Design-Aspekte in allen Märkten mit in den Vordergrund.



120 Jahre Gestaltung mit Aluminium

Im Jahr 1854 gelingt dem französischen Chemiker Henri Etienne Sainte-Claire Deville erstmals die technische Herstellung von Aluminium auf der Basis des 1827 von Friedrich Wöhler entwickelten Verfahrens der chemischen Reduktion. Die erste fabrikmäßige Herstellung des Werkstoffes findet 1855 in der Nähe von Paris statt. Noch im gleichen Jahr wird der erste Barren des „Silber aus Lehm“ auf der Pariser Weltausstellung gezeigt.

Zu den ersten Werkstoffanwendungen aus der chemischen Herstellung zählen eine kunstvolle Kinderراسsel für den Sohn des französischen Königs Napoleon III sowie Kunstobjekte in Form von Schalen, Pokalen und Münzen in den Vereinigten Staaten von Amerika. Später folgen Paradehelme, Zigarrenetuis, Bürsten und Kämme.



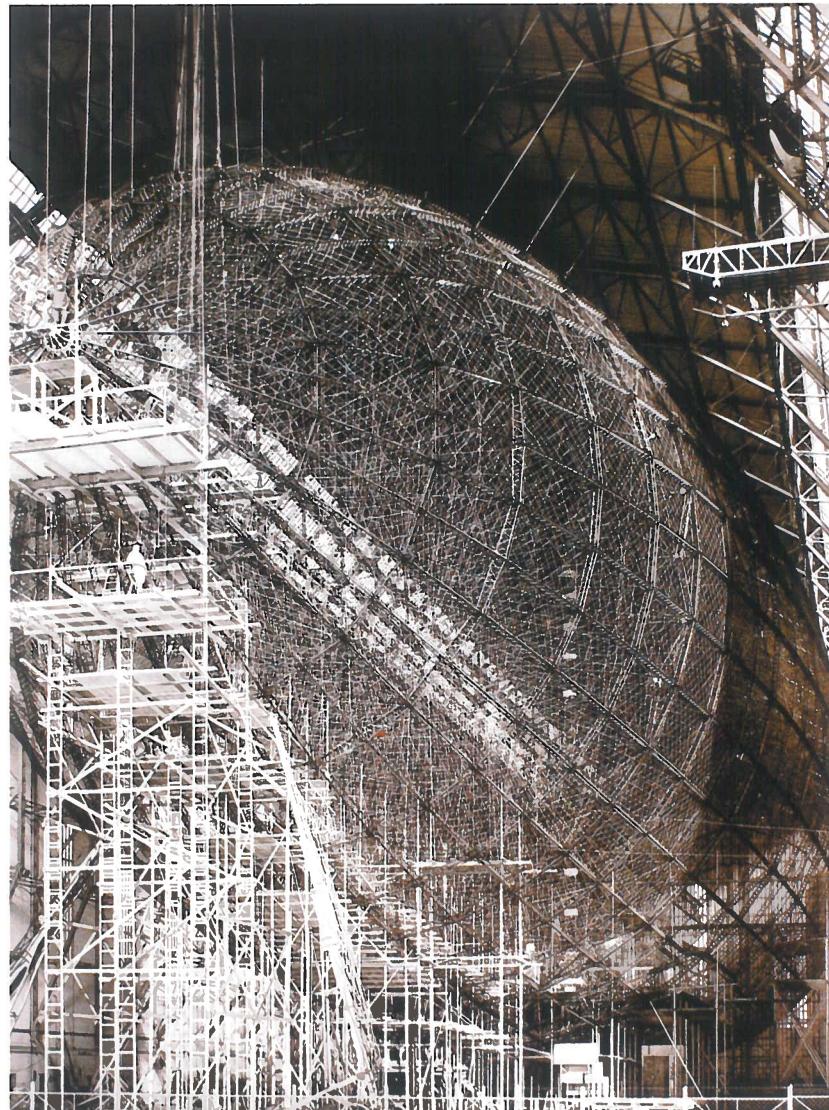
Kinderrassel, 1856



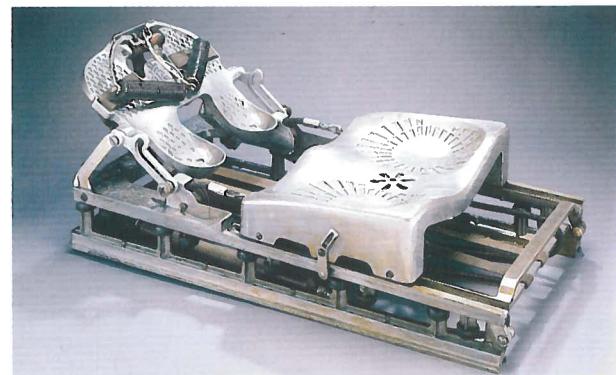
Dekorative Schale, 1856



Operngläser, 1865



Schiffskörper aus Aluminiumprofilen für einen Zeppelin, 1893



Fitnessapparat, Aluminium, Messing und Stahl, 1905

Der Beginn der industriellen Aluminiumproduktion wird durch die Patentanmeldungen zur elektrolytischen Erzeugung von Aluminium von Paul-Louis Héroult am 23. April 1886 in Frankreich und von Charles Martin Hall am 9. Juli 1886 in den USA markiert.

Die Weltproduktion erreicht im Jahre 1900 etwa 11.500 Tonnen. Der Kilogrammpreis reduziert sich von ca. 300 Reichsmark im Jahr 1856 über 50 RM im Jahr 1889 auf 1,80 RM im Jahr 1900.

Mit Beginn des 20. Jahrhunderts geht die alte, hoch entwickelte Handwerkskunst in eine moderne maschinelle Industrieproduktion über. Neue Aluminiumlegierungen mit verbesserten Festigkeitswerten eröffnen dem Werkstoff ein weites Feld für vielfältige Anwendungen und Gestaltungsmöglichkeiten. Die neuen Produkte zeichnen sich vor allem durch ihre Leichtigkeit aus: Schlüssel, Bestecke, Kochgeschirr, Feldflaschen, Kessel, Zeltbeschläge, Rettungs- und Sportboote, Instrumente, Fernrohre, Telegrafen- und Fototeile, Eisenbahnwaggons und Luftschiffe. In den Bereichen der Architektur und des Designs setzt eine Zeit der Forschung, des Experimentierens mit neuen Materialien und Konstruktionen, sozialen und ästhetischen Formen ein. Mobilität und Geschwindigkeit sind die neuen gesellschaftlichen Ziele.



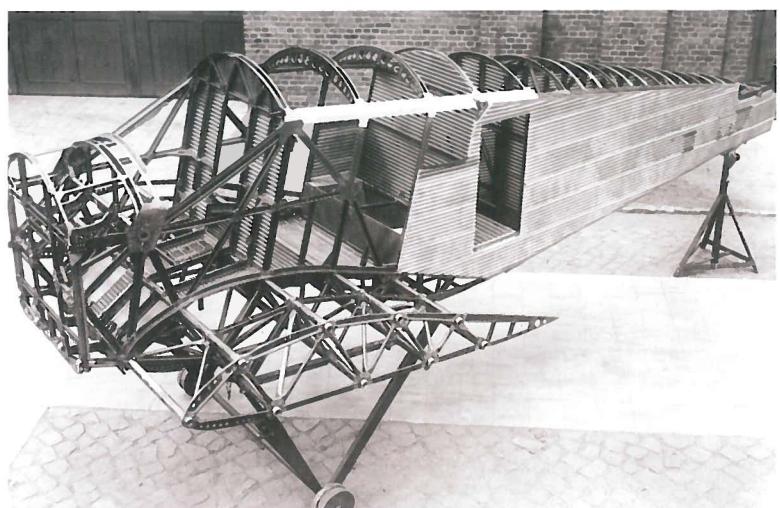
Portalentwurf für „Die Zeit“ von Otto Wagner, 1902



Französisches Motorrad, 1929



Junkers F13, 1919, erstes Ganzmetallflugzeug der Welt, gefertigt aus Duraluminium



Rohbau einer Junkers F13



Rundtoaster, 1930er Jahre



Kaffee- und Espressokanne, 1933

Die 1906 entwickelten Aluminiumlegierungen mit höheren Festigkeiten – das sogenannte Duraluminium – verbessern und erweitern die Anwendungsmöglichkeiten des Metalls. Aluminium ersetzt Holzrahmenkonstruktionen im Flugzeugbau, in der Verkehrstechnik wird der Werkstoff beim Bau von Autobussen, Tankwagen und Zügen zunehmend eingesetzt. Die Weltproduktion beträgt 1926 bereits 199.700 t. In der Bauwirtschaft etabliert sich der Werkstoff bei der Herstellung von Fenstern, Türen, Geländern, Gittern und Dacheindeckungen.

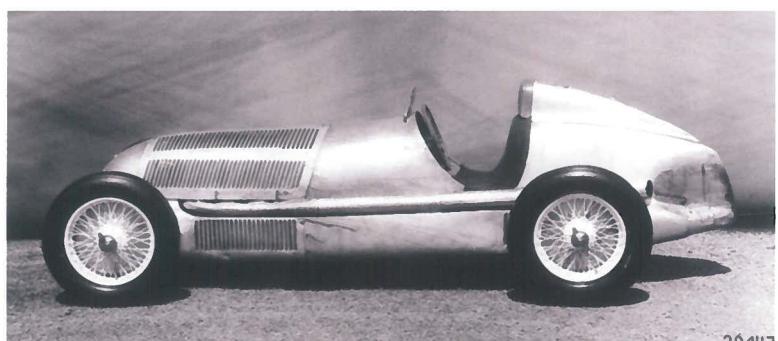
Die technischen Erfolge im Flugzeug- und Luftschiffbau wirken positiv auf das Image des Werkstoffes Aluminium. Das glänzende Metall fasziniert, es symbolisiert Fortschritt.

In der Konsumgüterindustrie werden Möbel, Lampen, Küchengeräte (Staubsauger, Kühlschränke), Haushaltwaren (Töpfel), Phonogeräte, Tischuhren, persönliche Gebrauchsaccessoires und Schmuck hergestellt, die vor allem bei den jüngeren, dynamischen Bevölkerungsschichten großen Anklang finden.

Das Bauhaus, Abteilung Metallwerkstatt, setzt sich unter Leitung von Marianne Schwarz 1929 mit Aluminium auseinander. Es entstehen Tischlampen und später Möbel für den Gesellschaftsraum der Zeppelin. Das „Streamline-Design“, eine Umhüllungs-technik aus den USA, macht die Produkte gefälliger und steht als Designkonzept im Gegensatz zum Funktionalismus der Europäer.



Verkehrsflugzeug Dornier „Superwal“, ca. 1930



„Silberpfeil“, Mercedes-Benz Rennwagen W 25, 1934



Bauhaus-Interieur des Zeppelins LZ 129 „Hindenburg“, 1936



Ultraleichter Wohnwagen im „Streamline“-Design, 1936



Staubsauger „Imperial Kenmore“, 1930

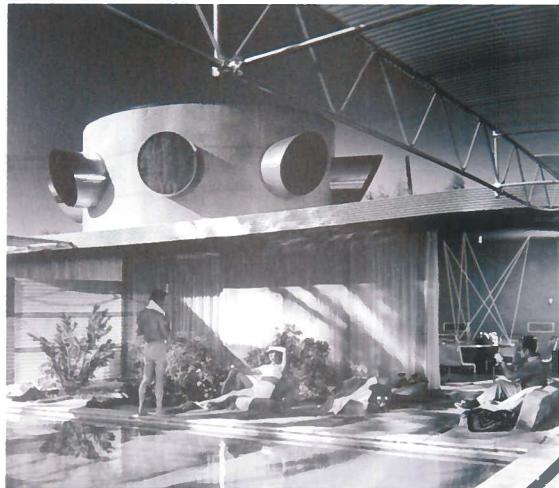


Stuhl „Landi“ von Hans Coray, 1939

In der Fahrzeugindustrie werden Kleinstserien von der Massenproduktion abgelöst, entsprechend günstig entwickelt sich der Absatzmarkt für Aluminium. 1930 gehen schätzungsweise 40 Prozent des erzeugten Aluminiums in den Bau von Automobilen, Luftschiffen, Flugzeugen, Schiffen und Schienenfahrzeugen. 15 Prozent der Produktionsmenge dienen der Herstellung von Folien und Dosen, 10 Prozent werden in der Elektroindustrie verarbeitet. Auch die Haushaltwarenindustrie ist ein wichtiger Abnehmer des Metalls.



Amerikanische Schneidemaschine, 1944



Luxusvilla mit Bauelementen aus Aluminium, Palm Springs, 1948 Milchkanne, 1950er Jahre



BMW 328, 1938

1934 wird das Elokal-Verfahren zur Veredelung von Aluminiumoberflächen mittels anodischer Oxidation entwickelt. Hierdurch wird auf der Oberfläche des Metalls eine mit dem Grundmetall fest verbundene Oxidschicht gebildet, die neben Härte und Verschleißfestigkeit auch chemische Widerstandsfähigkeit garantiert. Darüber hinaus ist es möglich, die an sich farblose Elokschicht zu färben, sodass gänzlich neue ästhetische Anmutungen erzielt werden können.



Töpfe und Kessel aus Aluminium, 1950er Jahre



Eloxierte Becher, 1956



Alcoa-Hochhaus, Pittsburgh, 1950er Jahre

Werkstoffeigenschaften wie Korrosionsbeständigkeit oder Ungiftigkeit führen in der chemischen Industrie zum Einsatz von Aluminium bei der Konstruktion von Reaktionsgefäßen, Rohren oder Tanks. Auch Kessel, Vorratsbehälter und Fässer in den Bierbrauereien werden zunehmend aus Aluminium hergestellt. Auf Grund seiner Dichtigkeit und Leichtigkeit spielt der Werkstoff eine immer wichtigere Rolle als Verpackungsmaterial in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie.

1934 wird in Berlin die Aluminium-Zentrale e.V., ein Interessenverband der deutschen Aluminium-industrie, als Einrichtung zur Werkstoffberatung und Förderung der Aluminumanwendung sowie der technischen Entwicklung gegründet.



Gebäude der Vereinten Nationen, New York, 1952

1940 bis 1946 sind Metalle ein strategisches Gut und werden für die Rüstungsindustrie benötigt. Altmetalle werden für den Bau von Flugzeugen und Waffen gesammelt. Nach dem Krieg erholt sich die internationale Aluminiumindustrie nur langsam, erst 1952 erreicht sie die 1944 erzielte weltweite Produktionsmenge von 2 Mio. t. wieder.

In den 50er und 60er Jahren wird Aluminium zu einen charakteristischen Werkstoff in der Architektur. Vorgehängte Glas-Aluminium-Fassaden erfüllen den Wunsch der fortschrittlichen Architekten nach mehr Licht, Luft, Leichtigkeit und Formenvielfalt. Auch in der Verpackungsbranche kommen neue Impulse aus den USA. 1956 wird die erste Aluminiumgetränkedose produziert. Der Fahrzeugbau wird zum Entwicklungsmotor der Branche.



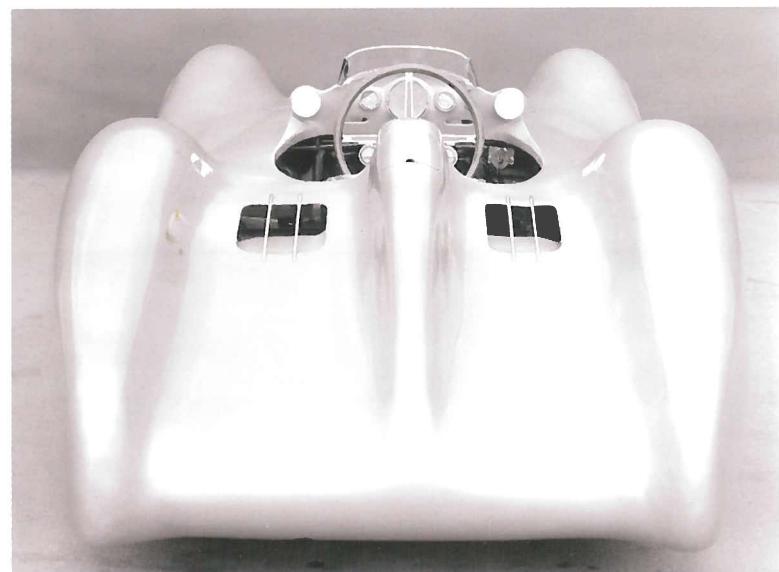
Trans Europa Express, 1955



Fahrgastschiff, 1953



Fahrrad, 1953



Mercedes-Benz Rennwagen W 196 R, 1955

In Deutschland und Europa setzt die Ulmer Hochschule für Gestaltung als Nachfolgeinstitution des Bauhauses neue Designmaßstäbe. Unternehmen entwickeln eigene Designkonzepte für ganze Produktlinien, Design wird als Wirtschaftsfaktor anerkannt.

Neue Anwendungsbereiche, nicht zuletzt durch die kontinuierliche Entwicklung neuer Legierungen und Verbundwerkstoffe begünstigt, sowie steigende Produktionszahlen führen zu einer ständig wachsenden Nachfrage nach dem Werkstoff Aluminium.

1969 beträgt die Weltproduktion bereits 9,3 Mio. t. Die Eigenschaften des „jungen“ Metalls, nämlich geringes spezifisches Gewicht, leichte Formbarkeit, Beständigkeit gegen Korrosion, gute Leitfähigkeit von Wärme und Strom und gute Recycelbarkeit kommen nun voll zum Zuge: im Verkehrssektor zu Lande, zu Wasser und in der Luft, in der Elektrobranche, im Bauwesen, in der Verpackungsindustrie und im Maschinenbau.



Atomium, Brüssel, 1958



Folienstandbeutel, 1969



Dosen und Tuben, 1964



Aluminiumkoffer, 1970er Jahre



Aluminium Group Chair 105, Charles und Ray Eames, 1958



Wasseraufbereitungsanlage, 1964

Die Energiekrise in den 70er Jahren verstärkt den Einsatz von Aluminium in allen Verkehrsbereichen. Ziel ist ein geringer Treibstoffverbrauch durch leichtere Fahrzeuge. Flugzeuge ohne Aluminium sind nicht mehr denkbar.

1980 startet die Aluminium-Zentrale e.V. eine PR-Kampagne für Aluminiumfenster, um dem „Objektbau-Image“ des Materials entgegenzuwirken. Gegenüber anderen Werkstoffen wie Holz und Kunststoffen erscheint es kühl und rational. In der Kampagne wird die Schönheit des Materials in Verbindung mit Materialeigenschaften wie Langlebigkeit und Pflege-freundlichkeit in den Vordergrund gestellt.

Aluminium wird als Hightechwerkstoff mit eigener Ästhetik von Designern und Architekten entdeckt und entsprechend eingesetzt.

In den Jahren 1992 bis 1994 betreibt die Aluminium-Zentrale eine Marketingoffensive, die den Einsatz des Werkstoffes unter dem Motto „Das neue Aluminium“ in nahezu allen Wirtschaftsbereichen darstellt.

Aluminium wird als Werkstoff präsentiert, der Lösungen für das Funktionieren einer zukunftsorientierten, nachhaltigen Gesellschaft anbietet. Besonders das geringe spezifische Gewicht und die hohe Festigkeit in Kombination mit vielen anderen Eigenschaften wie gute Wärmeleitfähigkeit oder gute Recycelbarkeit machen Aluminium unverzichtbar.

Es tut sich was.



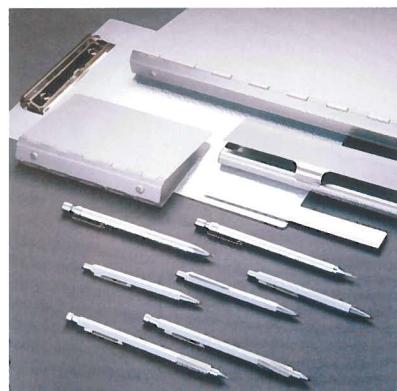
Anzeige aus der PR-Kampagne „Das neue Aluminium“, 1990



Hypobank München, 1982



Walkman, Sony, 1979



Büroartikel, 1983



Lampe „Tolomeo“, Artemide, 1987



Stuhl „Toledo“, Jorge Pensi, 1986

So steigt im Automobilbereich der Aluminiumanteil permanent: Von ca. 32 kg Ende der 70er Jahre auf durchschnittlich 130 kg pro Fahrzeug im Jahr 2007. Neben Motoren, Antriebsstrang, Rädern und Fahrwerk stehen die Innenausstattung und die Karosserie im Mittelpunkt der Weiterentwicklung.

Neue Aluminiumlegierungen, Be- und Verarbeitungstechniken, Oberflächentechniken, Fügetechniken und Verbundwerkstoffe bieten immer wieder neue Möglichkeiten, Produktionsprozesse, Verarbeitungsprozesse und Produkte effizienter zu gestalten.



Sessel, Maarten van Severen, 1995



BMW Z8, 1999



Fahrrad, Marc Newson, 1998



Mobiltelefon, Nokia, 2007

Als Kreislaufwerkstoff trägt Aluminium wesentlich dazu bei Ressourcen zu schonen. Im Bereich Verkehr und Bau werden Recyclingraten von 90 bis 98 Prozent erzielt.

1997 initiiert der Gesamtverband der Aluminium-industrie GDA die erste Fachmesse für Aluminium in Essen, die sich schnell zur weltweit führenden Veranstaltung dieser Art entwickelt.



Trinkflaschen, 2006

Im Bauwesen ist Aluminium heute das am häufigsten verwendete Metall für Fenster, Türen und Fassaden. Es ist etwa dreimal leichter als Stahl, besonders witterungs- und formbeständig, lässt sich einfach und genau verarbeiten und bietet eine Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten. In Vordergrund stehen hier zunehmend Energiesparkonzepte und die Integration von photovoltaischen Systemen.

Aluminium ist mehr als nur Werkstoff. Heute ist Aluminium bei vielen imagerrelevanten Produkten Kult: Musik-Player, Computer, Handys, Laptops, Outdoorprodukte und Einrichtungsgegenstände wie Möbel und Lampen oder Küchen- und Büroeinrichtungen werden aus Aluminium gefertigt.

Vor allem der Seidenglanz der eloxierten Aluminium-oberfläche, die kühle „Leichtigkeit“, die hohe Wertigkeit aber auch die gute Recycelbarkeit sind Eigenschaften, die die Verbraucher überzeugen.



Fotovoltaik-Fassade, SMA, 2007

Der Werkstoff Aluminium

Werkstoffkriterien

Gestalter – Designer und Architekten – steht eine Vielzahl von Werkstoffen zur Verfügung. Die Entscheidung zugunsten eines Werkstoffes oder einer Kombination von Werkstoffen hängt von unterschiedlichen Kriterien ab. Neben **Werkstoffeigenschaften**, **Preis** und **Beschaffung** stehen zunehmend **ökologische Kriterien** und die **kommunikative Wirkung** in Vordergrund.

Wie komplex dieses Kriteriengefüge ist, verdeutlicht die Grafik „Das Sechseck der Werkstoffentscheidung“. Pro Anwendungsbereich lassen sich hier für einen Werkstoff unterschiedliche Werkstoffprofile darstellen.

Gestaltungskriterien

Die gestalterische Qualität von Produkten aller Art wird sowohl nach **ästhetischen** und **funktionalen** als auch nach **emotionalen** Kriterien beurteilt. Die ästhetische Bewertung wird von Anmutung und Formsprache bestimmt, die funktionale von Ergonomie und Effizienz. Für die emotionale Bewertung spielen sowohl die Ästhetik als auch die Haptik, das heißt die taktile Wahrnehmung sowie subjektive Empfindungen und Assoziationen wesentliche Rollen. Darüberhinaus sind bei der Bewertung von Gestaltung weitere **ökonomische** und **ökologische** Kriterien wie Material- und Energieeffizienz oder Recycelbarkeit von Bedeutung.

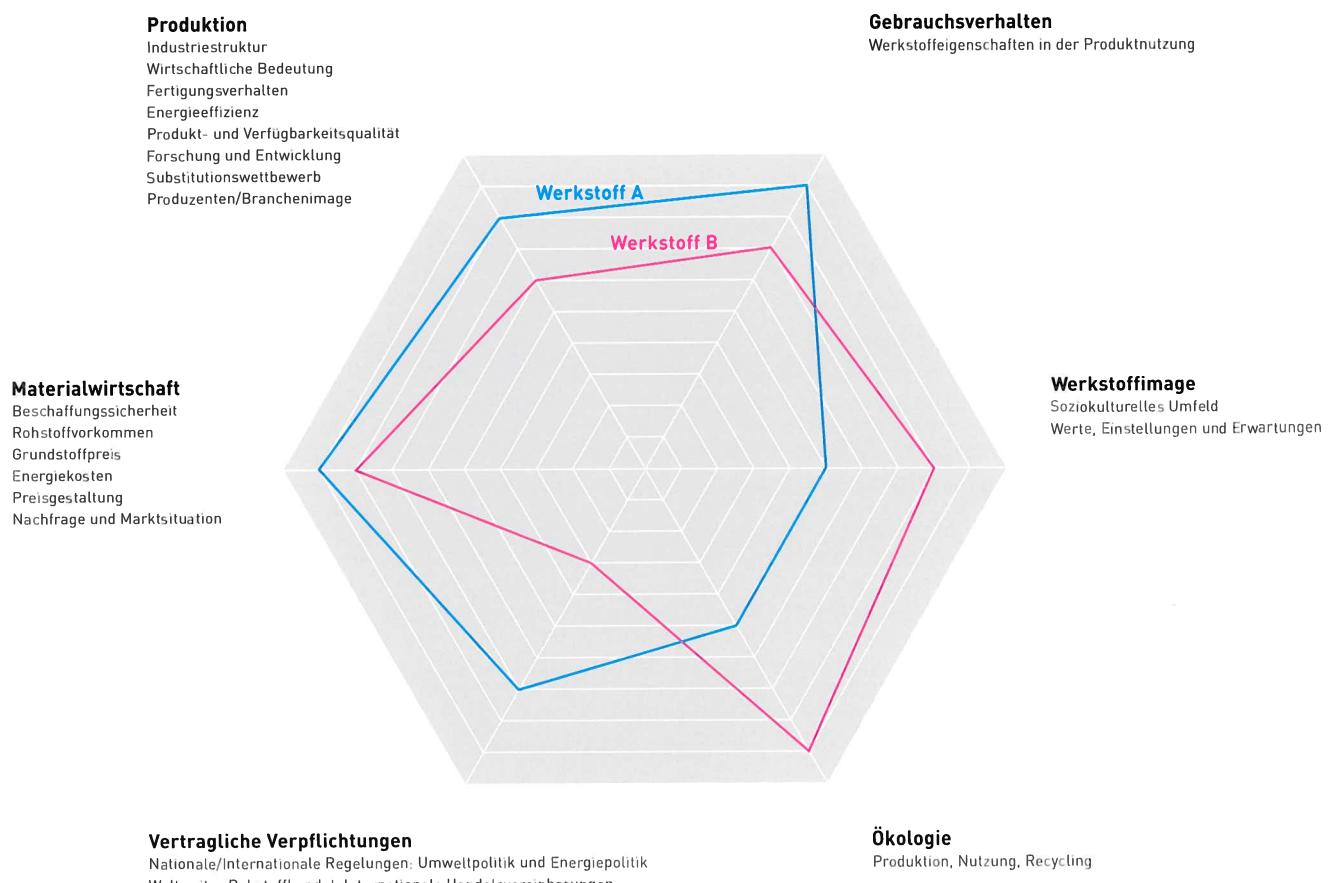
Das Spektrum der Bewertungskriterien macht deutlich, dass Produkte heute in einem Spannungsfeld aus technischem Fortschritt, sozialem Wandel, ökonomischen Bedingungen und kultureller Entwicklung stehen. Welche Gestaltungskriterien bei der Entwicklung eines Produktes die wesentlichen sind, hängt vom Anwendungsbereich, der Nutzung und der Herstellung des Produktes ab.

Kommunikative Wirkung

Die Summe der Wahrnehmungen aller realisierten Anwendungen gestaltet das **Image eines Werkstoffes**. Das Image des Werkstoffes Aluminium variiert je nach Anwendungsbereich. In den Bereichen Produktdesign und Architektur, in denen der Werkstoff sichtbar und erlebbar ist, kommuniziert Aluminium wie kein anderes Material **Leichtigkeit**, **Modernität**, **Qualität** und **Hochwertigkeit**. Dieses positive Werkstoffimage wirkt unterstützend auf das Produktimage ein und kann von Designern und Architekten gezielt eingesetzt werden.

Werkstoffeigenschaften

Der Werkstoff Aluminium trägt wesentlich dazu bei, menschliche Grundbedürfnisse wie Mobilität, Wohnen, Sicherheit, gesunde Ernährung und medizinische Versorgung wirtschaftlich und umweltverträglich zu befriedigen.



„Sechseck der Werkstoffentscheidung“ – bei der Werkstoffauswahl relevantes Kriteriengefüge.

- Eigenschaften, die Aluminium vielseitig verwendbar machen:
- das geringe spezifische **Gewicht**,
 - die hohe **Festigkeit**,
 - die gute **Verformbarkeit**,
 - die außerordentliche **Langlebigkeit**,
 - die hohe **Leitfähigkeit** für Strom und Wärme,
 - die **Korrosions- und Witterungsbeständigkeit**,
 - die vielfältigen Möglichkeiten der **Oberflächengestaltung**,
 - das hohe **Reflexionsvermögen**,
 - die **Geschmacksneutralität**,
 - die **Undurchlässigkeit** gegenüber Gasen, Flüssigkeiten und Licht,
 - die hohe **chemische Beständigkeit**,
 - die leichte **Bearbeitbarkeit**,
 - die hohe **Wirtschaftlichkeit** in der Herstellung, Verarbeitung und Nutzung,
 - die ausgezeichnete **Recycelbarkeit**.

Physikalische Eigenschaften auf einen Blick

Schmelzpunkt: 660 °C

Magnetismus: paramagnetisch

Spezifisches Gewicht: ρ 2.7 g/cm³

Elastizität: E-Modul 70.000 N/mm²

Statische Festigkeit: Rm bis 320 N/mm²

Legierung 7075 bis 540 N/mm²

Dynamische Festigkeit: RD bis 120 N/mm²

Wärmeleitfähigkeit: bis 2.2 W/(m · K)

Elektrischer Widerstand: min. 26 nΩ · m

Bruchdehnung: A5 bis 24 %

Spezifische Wärmekapazität: 0.9 J/g · K

Längenausdehnungskoeffizient: α 24 · 10⁻⁶/K

Kerbschlagzähigkeit: bis 35 J/cm²

Recyclingaluminium. **Knetlegierungen** enthalten bis zu 10 Prozent Legierungselemente und sind für das Umformen („Kneten“) zum Beispiel durch Walzen, Strangpressen oder Schmieden bestimmt.

Aluminium wird genutzt, nicht verbraucht.

Aluminium ist ein **hervorragender Recyclingwerkstoff**, da seine spezifischen Materialeigenschaften weder durch die Produktnutzung noch durch den Recyclingprozess beeinträchtigt werden. Es kann daher mehrfach auf gleich hohem Qualitätsniveau wiederverwertet werden.

Aluminiumrecycling ist sowohl unter ökonomischen als auch unter ökologischen Gesichtspunkten sinnvoll. Der hohe Materialwert des Werkstoffes ist Garant dafür, dass **sehr hohe Recyclingraten** erreicht werden. Die im Recyclingprozess benötigte Energiemenge ist bis zu 95 Prozent geringer als diejenige in der Primäraluminiumproduktion.

Das Aluminium-Werkstoffzeichen

Das Aluminium-Werkstoffzeichen steht für **hohe Qualität** und **effizientes Recycling**. Die Kennzeichnung aluminiumhaltiger Produkte mit diesem weltweit eingeführten Zeichen trägt dazu bei, die Wertigkeit des Werkstoffes zu fördern und zu festigen. Das Aluminium-Werkstoffzeichen ist urheberrechtlich geschützt. Informationen zur Lizenzierung und Nutzung finden Sie unter www.aluinfo.de



Aluminium – der Leichtbau- und Konstruktionswerkstoff für zahlreiche Anwendungsmärkte

Aluminium im Straßenverkehr – Gewichtersparnis zahlt sich aus

Noch vor wenigen Jahrzehnten auf Fahrzeuge der Oberklasse beschränkt, hat Aluminium längst auch das Heer der Klein- und Mittelklassewagen erobert. Ob bei Rädern und Fahrwerk, Motor und Antrieb, in der Innenausstattung oder bei Karosserieteilen – der Anteil an Aluminium nimmt in allen Anwendungsbereichen stetig zu. Motorblöcke und Zylinderköpfe, Fahrwerkskomponenten, Heckklappen und Türen, Ölwanne und Felgen – die Liste von sichtbaren und versteckten Bau Teilen aus dem Leichtmetall ist lang und wird von Jahr zu Jahr länger.

Gegenwärtig kommen durchschnittlich **rund 130 Kilogramm Aluminium je Pkw** aus europäischer Produktion zur Anwendung. Unabhängige Studien zeigen, dass noch längst nicht

Aluminiumlegierungen

Aluminium wird in den meisten Fällen nicht als Reinaluminium, sondern in Form von Legierungen eingesetzt. Unter einer Legierung versteht man die **Mischung** eines Grundmetalls mit einem oder mehreren metallischen oder nichtmetallischen Legierungselementen. Bei Aluminiumlegierungen sind dies in erster Linie die Metalle Eisen, Kupfer, Magnesium, Mangan und Zink sowie das Nichtmetall Silizium. Das Ziel ist die **Verbesserung von Eigenschaften** des Grundmetalls, vor allem der Festigkeit und der Korrosionsbeständigkeit.

Aluminiumlegierungen werden durch Schmelzen, Sintern oder mechanisches Vermengen hergestellt. Je nach Eignung für die Verarbeitung unterscheidet man zwischen Guss- und Knetlegierungen. Bei den **Gusslegierungen** handelt es sich um allein durch Gießen formbare, bis zu 20 Prozent Legierungselemente enthaltende Legierungen. Grundmetall ist meist

sämtliche Potenziale ausgeschöpft sind. Bei einem typischen Auto der Mittelklasse könnten unter extensiver Verwendung von Aluminium circa 445 Kilogramm eingespart werden, das heißt rund ein Drittel des Gewichts. Damit könnte eine Senkung des Treibstoffverbrauchs von mehr als 1,3 Litern auf 100 Kilometern Fahrstrecke erreicht werden, die die Umwelt stärker entlasten und – angesichts heutiger Kraftstoffpreise – auch den Geldbeutel schonen würde.

Bei **Bussen** und **Nutzfahrzeugen** führt der Einsatz von Aluminium ebenfalls zu Vorteilen, die sich in höherem Nutzen und geringeren Kosten widerspiegeln. Moderne Citybusse mit Alu-Karosserie sind um viele hundert Kilogramm leichter als solche in konventioneller Bauweise. So können bei einem vorgegebenen zulässigen Höchstgewicht mehr Personen befördert und die laufenden Betriebskosten gesenkt werden – ein Vorteil, der bei den hohen Fahrleistungen von Bussen, verbunden mit häufigen Anfahr- und Bremsvorgängen an den Haltepunkten, voll zum Tragen kommt.

Bei einer Sattelzugmaschine mit Auflieger lassen sich durch Werkstoffsubstitution bei der Fahrerkabine, bei Rahmen und Querträgern, Nabens, Rädern, Motorteilen und Getriebegehäusen über eine Tonne Gewicht einsparen und entsprechend höhere Nutzlasten realisieren. Bei Kipp-Sattelaufriegern ermöglichen die Aufbauten und das Chassis aus Aluminium zusätzliche Nutzlasten von 1,5 Tonnen. Für einen Spediteur zahlt sich das in barer Münze aus. Exemplarische Rechnungen zeigen: Die höheren Investitionskosten bei der Anschaffung der Fahrzeuge amortisieren sich innerhalb von nur 16 Betriebsmonaten.

Zu Luft, zu Wasser und auf der Schiene – Aluminium immer mit dabei

Mehr noch als im Straßenverkehr lautet in der **Luftfahrt** die alles entscheidende Frage, wie sich das Gewicht von Flugzeugen verringern lässt. Mit der Entwicklung **hochfester Aluminiumlegierungen** Anfang des 20. Jahrhunderts machte die kommerzielle Luftfahrt große Fortschritte. Seitdem gilt Aluminium als der goldene Mittelweg aus Herstellungskosten, niedriger Dichte, hoher Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Bauteile aus Aluminium halten höchsten Belastungen stand: Trotz der vielen Starts und Landungen mit ihren extremen Beschleunigungs- und Bremsmanövern sind der Rumpf, die Flügel und das Leitwerk dank spezieller Aluminiumlegierungen auch nach vielen Jahren des Einsatzes ermüdungsfrei und bruchsicher.

Auch bei **innovativen Verbundmaterialien** wie „Glare“, das beim supermodernen Großraumflugzeug Airbus A 380 zum Einsatz kommt, ist Aluminium im Wechselspiel mit Glasfaser verstärkten Kunststoffen mit von der Partie. Dieser extrem leichte und dabei zug- und bruchfeste Werkstoff verdeutlicht, dass Aluminium und Luftfahrt auch im 21. Jahrhundert eng mitinander verbunden sind.

Leichtbautechnik für Bahn und Schiffe

Im **Schienengverkehr** spart Aluminium dank leichter Komponenten nicht nur Energie, sondern trägt mit dazu bei, Zugge-



schwindigkeiten von 350 km/h zu erreichen. Leichtbautechnik zählt bei Schienenfahrzeugen schon seit vielen Jahrzehnten zu den ersten Ingenieurspflichten. Vier von fünf der in Westeuropa gebauten Wagenkästen von U- und S-Bahnen werden heute aus Aluminium gefertigt und auch beim ICE wurde von der ersten Generation an auf das Leichtmetall gesetzt: Die „Karosserie“ der 27 Meter langen Wagen besteht aus mehreren Aluminium-Großprofilen. Die „Eisen“bahn ist längst im Zeitalter der „Aluminium“bahn angekommen.

Moderne **Schiffe** zeichnen sich dadurch aus, dass sie schnell, wendig und zugleich leicht, stabil, belastbar und langlebig sind. Mit Aluminiumlegierungen, wie sie im heutigen Schiffs- und Yachtbau eingesetzt werden, lassen sich diese Ansprüche uneingeschränkt verwirklichen. Dank intensiver Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen sind die modernen Aluminiumwerkstoffe heute noch fester, noch korrosions- und seewasserbeständiger geworden, trotzen Wasser, Wind und Wetter – egal, ob es sich um ein Segelboot, eine Yacht, eine Fähre oder einen Luxusliner handelt.

Werkstoffeigenschaften, die besonders in der Transportbranche von Bedeutung sind

Erstens das geringe **Gewicht**: Aufgrund seiner verhältnismäßig geringen Dichte hat Aluminium bei gleichem Volumen wesentlich weniger Gewicht als andere Metalle bei gleicher Anwendung. Gerade im Transportsektor ist mit dem Gewichtsvorteil sowohl die Einsparung von Treibstoff und damit auch die Reduzierung von Schadstoffemissionen als auch eine Steigerung der Nutzlasten mit den entsprechenden wirtschaftlichen Vorteilen verbunden.

Zweitens die **Korrosionsbeständigkeit**: Die natürliche Oxidschicht schützt Aluminium vor Wind und Wetter und einer großen Zahl von flüssigen und festen Stoffen. So sind die Oberflächen von Eisenbahnwagen, Schiffen und Anhängern ohne zusätzlichen Schutz korrosionsbeständig.

Drittens die **Festigkeit**: Aluminiumlegierungen erreichen Festigkeiten, die mit denen anderer Werkstoffe, die im Transportsektor eingesetzt werden, vergleichbar sind. Deshalb können auch hoch beanspruchte Teile im Automobil-, Eisenbahn- und Schiffbau aus dem leichten Metall gefertigt werden.

Viertens die gute **Verarbeitbarkeit**: Aluminium lässt sich gießen, walzen, strangpressen und schmieden. Mit dieser fertigungstechnischen Bandbreite können viele Teile für den Transportsektor kostengünstig hergestellt werden.

Fünftens die vielfältigen **Verbindungstechniken**: Aluminium lässt sich mit allen gängigen Fügeverfahren wie Schweißen, Löten, Schrauben, Nieten und Kleben verbinden. Das ist für den Einsatz in der Serienfertigung ein großer Vorteil.

Sechstens die **Recycelfähigkeit**: Mit nur fünf Prozent der ursprünglich eingesetzten Energie lässt sich Aluminium beliebig oft wiederverwerten. Mit der sortenreinen Werkstoffrückführung wird der Recyclingprozess noch stärker unterstützt.

Siebtens das dekorative **Aussehen**: Der silberfarbene Glanz verleiht Aluminium ein edles Aussehen, das gerade für die Innenraumgestaltung gern genutzt wird. Mit bestimmten Verfahren lassen sich darüber hinaus sehr dekorative Oberflächen erzielen.

Aluminium im Bauwesen – Funktional, langlebig und von hoher Ästhetik

Im Bauwesen werden Aluminiumprodukte für **Fenster** und **Türen, Fassaden** sowie **Dach- und Wandsysteme** eingesetzt. Beschläge, Griffe, Gitterroste oder Folien zur Wärmeisolierung sind eher „profane“ Anwendungen, doch nicht weniger wichtig und nützlich. Im Spezialbau gewinnen leichte Alu-Baugerüste oder zum Beispiel druckfeste Alu-Damm-balken beim Hochwasserschutz an Bedeutung.

Die Entscheidung für Aluminium ist einerseits von wirtschaftlichen und funktionalen Überlegungen geprägt. Auf der anderen Seite ist Aluminium ein Metall, das Architekten künstlerisch inspiriert. Das zeigt sich zum Beispiel in kühnen Fassadenprojekten wie beim Sony Center am Potsdamer Platz in Berlin oder bei einem der höchsten Wolkenkratzer der Welt, dem Taipeh 101. Ob Bürotürme und Einkaufspassagen, Museen und Universitäten, Flughafengebäude, Bahnhöfe oder schlicht Wohnhäuser – viele dieser Bauten entfalten ihre „Persönlichkeit“ erst durch den Werkstoff Aluminium.

Werkstoffeigenschaften, die besonders in der Baubranche von Bedeutung sind

Erstens das geringe **Gewicht**: Dieses macht leichtere Unterstrukturen und hohe Vorfertigungsgrade von Bauteilen im Fertigungsbetrieb möglich. Ihre Handhabung auf der Baustelle ist vielfach ohne große Hebewerkzeuge zu bewerkstelligen.

Zweitens die **Korrosionsbeständigkeit**: Maßgeschneiderte Legierungen verbessern zudem das ohnehin gute Korrosionsverhalten. Dies ermöglicht den langlebigen Einsatz von Bauteilen ohne aufwendige Wartung und Instandhaltung auch unter extremen Bedingungen.

Drittens die **Festigkeit**: Die hohe Materialfestigkeit schafft die Voraussetzung für filigrane und trotzdem standsichere Tragkonstruktionen.

Viertens die gute **Verarbeitbarkeit**: Moderne Strangpresstechnik bietet eine sehr große Vielfalt von Querschnittsgestaltungen und ermöglicht die Integration von Funktionselementen.

Fünftens die einfachen **Verbindungstechniken**: Im Baubereich werden neben den gängigen Fügeverfahren wie Schweißen, Schrauben und Nieten vereinzelt auch Schnappverbindungen eingesetzt. Mit dieser einfachen Verbindungstechnik lassen sich Aluminiumbauteile schnell und sicher auf der Baustelle zusammensetzen.

Sechstens die **Recycelfähigkeit**: Fenster- und Fassadenelemente aus Aluminium werden in der Regel in einem Kreislauf geführt. Durch die sortenreine Wiederverwertung werden bis zu 95 Prozent der ursprünglich für die Primärproduktion eingesetzten Energie eingespart.

Siebtens das dekorative **Aussehen**: Verschiedene Möglichkeiten der Oberflächen- und Farbgestaltung, wie Eloxieren oder Beschichten, tragen dazu bei, hohe dekorative Anforderungen zu erfüllen und das Einsatzspektrum von Aluminium zu erweitern.



Aluminium in der Verpackung – Für Kunden und Markenartikler gleichermaßen vorteilhaft

Aluminium ist nicht nur ein **ausgezeichneter Packstoff** zum Schutz von Lebensmitteln, sondern setzt auch **Trends bei der Vermarktung** von Produkten. Ob für Getränke und Nahrungsmittel oder für Gesundheits-, Pflege- und Wellnessprodukte – immer dort, wo es darum geht, sich von Wettbewerbern abzuheben, bietet sich Aluminium an: zum Beispiel als geprägte Folie, glattwandige Menüschnale, flexibler Verbundbeutel, eckige Tube oder geformte Aerosoldose. Convenience und Lifestyle prägen zunehmend das Kaufverhalten, Design und Anmutung einer Verpackung spielen bei der Vermarktung eine immer wichtigere Rolle. Der Packstoff Aluminium wird sowohl den Kundenwünschen als auch den Markenartiklern gerecht.

Auch die gute alte **Alu-Haushaltsfolie** überrascht immer wieder mit neuen Entwicklungen: zum Beispiel mit einer Antihhaftbeschichtung, die reißfester, durchstoßsicherer und säurebeständiger ist, oder mit einer Schwarzbeschichtung, durch die sich Lebensmittel schneller erhitzen lassen.

Werkstoffeigenschaften, die besonders in der Verpackungsbranche von Bedeutung sind

Erstens der **Barriereforschutz**: Wie kaum ein anderes Material schützt Aluminium das verpackte Produkt vor qualitätsmindernden äußeren Einflüssen wie Licht, Luft, Feuchtigkeit, Fremdaromen und Mikroorganismen und bewahrt es vor Austrocknung. Selbst dünnteste Alufolien von 6/1000 Millimeter Dicke erfüllen diese Aufgabe uneingeschränkt.

Zweitens die **mechanischen Eigenschaften**: Alufolien und -bänder sind leicht und doch fest. Alufolie lässt sich formstabil falten, das macht sie für Einwickler und geprägte Designs interessant. Aludosen sind bruchsicher und vertragen so manchen Stoß und Sturz.

Drittens die **dekorativen Eigenschaften**: Die metallisch glänzende Oberfläche von Aluminium und ihre Eignung für alle Druckverfahren erlaubt hochwertige Designs mit starker Werbewirkung. Dazu passt auch, dass sich Aluminium gut prägen und in attraktive Formen bringen lässt.

Viertens das **einfache Kaschieren**: Aluminium verträgt sich hervorragend mit anderen Packstoffen. So verbessert Alufolie deren Eigenschaften und spart Ressourcen, indem sie dünner Verbunde ermöglicht.

Fünftens die **Hygiene**: Der Packstoff Aluminium wird wegen der hohen Temperaturen im Herstellungsprozess praktisch keimfrei beim Verpacker angeliefert. Mikroorganismen wie Bakterien können sich auf der Oberfläche nicht vermehren.

Sechstens die **Hitzebeständigkeit**: Aluminium kann stark erhitzt werden ohne sich zu verformen oder zu schmelzen. Das schafft Vorteile beim Sterilisieren und bei der Heißversiegelung.

Siebtens die hohe **Temperaturleitfähigkeit**: Sie führt beim Sterilisieren von Lebensmitteln zu einem schnellen Abtransport der Hitze, sorgt für eine verlässliche Versiegelung und garantiert so die Unversehrtheit des Inhalts. Außerdem wird der Energiebedarf beim Einfrieren, Kühlen und Erwärmen in der Verpackung reduziert.

Achtens die **Geschmacksneutralität** und **chemische Beständigkeit** von Aluminium gegenüber Füllstoffen.

Neuntens der **Umweltschutz**: Der Packstoff Aluminium macht Lebensmittel länger haltbar und trägt so dazu bei, Ressourcen und Energie zu schonen. Selbst Kleinstverpackungen aus Verbundmaterial lassen sich recyceln.

Zehntens das geringe **Gewicht**: Aluminium ist ausgesprochen leicht. Das führt zu einem optimalen Gewichtsverhältnis von Verpackung und verpacktem Produkt. Dies wirkt sich günstig auf Transportkosten und Energiebedarf bei der Distribution der Waren aus.

Aluminium im Maschinenbau Vielseitig, innovativ und funktionell

Der Maschinen- und Anlagenbau bildet in Deutschland eine der wichtigsten Säulen der Wirtschaft. Seine internationale Wettbewerbsstärke zeigt sich in den Exporterfolgen, die seit Jahren erzielt werden. Aluminium leistet seinen Beitrag dazu.

Die Maschinen- und Anlagenbauer verlangen vom eingesetzten Werkstoff, dass er vielseitig, innovativ und funktionell ist. Industrieroboter und Maschinen erreichen ihre Präzision und Beweglichkeit nicht zuletzt dank der **geringen Masse der Komponenten und Bauteile**. Daher werden Maschinenelemente vorzugsweise als Guss- und Schmiedeteile sowie aus Strangpressprofilen aus Aluminium hergestellt. Die vielfältigen





Eigenschaften des Werkstoffs, verbunden mit den vielseitigen Möglichkeiten der Formgestaltung, erfüllen optimal die Anforderungen, die der Maschinenbau stellt.

So lassen sich mit den verfügbaren Legierungen Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Nutzungsdauer genau auf die vorgesehene Funktion abstimmen. Die fast unbegrenzte Freiheit der Profilgestaltung erlaubt es, anwendungsoptimierte und dennoch preiswerte Bauteile zu realisieren. **Strangpressprofile** bieten zum Beispiel über integrierte zusätzliche Funktionen einen Mehrfachnutzen, indem Kanäle für Druckluft- und Kühlsmierstoffleitungen oder Absaugeinrichtungen direkt in das Profil eingebracht werden können. **Feingießen** erlaubt engste Toleranzen bei komplexer Geometrie und ist daher besonders für Motorengehäuse, Verdichter- oder Pumpenlaufräder geeignet. **Schmiedeteile** werden immer dort verwendet, wo sehr hohe Anforderungen an die dynamischen Eigenschaften bewegter Maschinenelemente gestellt werden. Durch spanabhebende Verfahren können endkonturgenaue **einbaufähige Bauteile** höchster Qualität aus gegossenen oder geschmiedeten Rohlingen oder aus Aluminium-Halbzeugen hergestellt werden.

Inneneinrichtung und Haushaltswaren Stilvolles Design mit glänzenden Akzenten

Töpfe und Pfannen, Bestecke, Lampen, Regale, Bilderrahmen, Schrankgriffe – viele **Haushalts- und Wohngegenstände** sind aus Aluminium. Manches hat eine lange Tradition wie Kochgeschirr, andere Produkte sind Ausdruck der Arbeit von Designern, die in ihrem kreativen Schaffen neue Wege gehen. Ihnen kommt die ästhetische und kommunikative Wirkung entgegen, die Aluminium entfaltet. Wer einen Designkatalog auf-

schlägt, findet zahlreiche Gebrauchsobjekte aus Aluminium, mit denen sich die eigene Wohnung stilvoll verschönern lässt.

Im **Möbeldesign** ist Aluminium zum **Trendwerkstoff** geworden: zum Beispiel für Schrankfronten, Bettgestelle, Tische, Stühle und Regalsysteme. Als Detail oder direkter Blickfang setzt das Leichtmetall glänzende Akzente, die sich durch fast alle Stilrichtungen ziehen. Seine kühle Eleganz zeigt sich speziell in Kombination mit kontrastierenden Werkstoffen wie Holz oder Glas.



Sportlich auch höchsten Anforderungen gewachsen

Das Sport- und Freizeitsegment hat sich zu einem wichtigen Zielmarkt für Aluminiumprodukte entwickelt. Hier verbindet sich **Funktionalität** mit der **Designqualität** des silberglänzenden Metalls. Das wird unter anderem bei Freizeit- und Sportfahrrädern deutlich, bei denen oft nicht nur der Rahmen aus leichtem und korrosionsbeständigem Aluminium ist, sondern auch Teile des Lenkers, der Bremsen, der Schaltung und Felgen. Wer dagegen lieber zu Fuß unterwegs ist und dabei etwas für seine Fitness tun möchte, greift zu Alu-Stöcken beim Nordic Walking. Rucksacktouristen und Camper wissen das geringe Gewicht einer Alu-Ausrüstung zu schätzen. Alu-Trinkflaschen sind nicht nur extrem leicht, sondern auch stoß- und bruchfest; Rucksackstangen und Zeltgestänge aus dem Leichtmetall sind mühelos zu transportieren und widerstehen trotzdem Sturmböen und anderen Belastungen.

Die Produktion von Aluminium

Aluminium ist mit einem Anteil von ca. 8 Gewichtsprozent nach Sauerstoff und Silizium das dritthäufigste Element der Erdkruste. Es tritt allerdings nicht in reiner Form auf, sondern meist als Bestandteil von Alumosilikaten oder Bauxit, einem Reicherz mit 20 bis 30 Prozent Aluminiumanteil.

Die Gewinnung von Aluminium aus Alumosilikaten ist derzeit wirtschaftlich nicht realisierbar. Daher wird heute für die Rohstoffproduktion ausschließlich Bauxit eingesetzt, das neben Aluminiumoxid noch Eisenoxid, Siliziumoxid, Titanoxid und Wasser enthält. Bauxit wird zurzeit ausnahmslos im Tagebau abgebaut. Die wichtigsten Rohstoffvorkommen liegen in Australien, Westafrika, Brasilien und Jamaika. Die größten europäischen Lagerstätten finden sich in Bosnien-Herzegowina, Spanien, Griechenland und Ungarn. Die aus

heutiger Perspektive wirtschaftlich ausbeutbaren Vorkommen garantieren eine ausreichende Materialverfügbarkeit für einige hundert Jahre.

Herstellung von Primäraluminium

Die industrielle Gewinnung von Aluminium wird in einem zweistufigen Verfahren durchgeführt: In der ersten Prozessstufe wird aus Bauxit Aluminiumoxid extrahiert und aus diesem dann in der zweiten Prozessstufe Aluminium gewonnen.

Erzeugung von Aluminiumoxid

Aluminiumoxid wird in einem hydrometallurgischen Extraktions- und Trennverfahren, dem sogenannten Bayer-Prozess, aus fein gemahlenem Bauxit gewonnen. Dies erfolgt

zunächst durch Aufschluss des Bauxitpulvers in aluminathaltiger Natronlauge und die anschließende Fällung von Aluminiumhydroxid aus dieser Lösung. In einem weiteren Verfahrensschritt wird das Aluminiumhydroxid thermisch bei 1000 bis 1300 °C zu Aluminiumoxid dehydratisiert.

Als Produktionsrückstand fällt Rotschlamm an, ein Gemenge von oxidischen Titan- und Eisenmineralien sowie Resten ungelöster Aluminiumverbindungen. Rotschlamm, dessen Bestandteile ungiftig und weitgehend wasserunlöslich sind, wird mangels sinnvoller wirtschaftlicher Verwertbarkeit vorwiegend an Land deponiert. Rotschlammdeponien werden im Anschluss an ihre Nutzung rekultiviert.

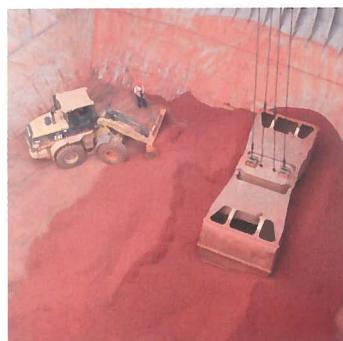
Das im Bayer-Verfahren erzeugte Aluminiumoxid wird zum weitaus größten Teil in der Aluminiumproduktion eingesetzt. Geringe Mengen finden Anwendung in Chemie, Keramik und anderen Gebieten.

Erzeugung von Aluminium

Die zweite Prozessstufe bei der Aluminiumgewinnung bildet die Schmelzflusselektrolyse. Unter Elektrolyse versteht man die Aufspaltung einer chemischen Verbindung unter Einwirkung des elektrischen Stroms. Das Ausgangsmaterial Aluminiumoxid hat einen natürlichen Schmelzpunkt von 2050 °C. Durch die Lösung des Aluminiumoxids in einer Kryolithschmelze unter Zugabe weiterer Schmelzmittel kann der Schmelzpunkt in der Elektrolyse auf ca. 980 bis 950 °C

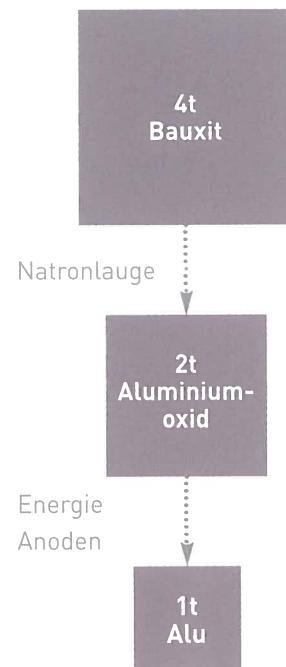
gesenkt werden. Infolge der elektrolytischen Zersetzung wird das Aluminiumoxid in seine Bestandteile Aluminium und Sauerstoff getrennt. Der Prozess findet in einer Elektrolysezelle statt, wo sich der Sauerstoff an einer Kohlenstoffanode abscheidet, während sich das geschmolzene Aluminium an dem kathodisch geladenen Zellenboden sammelt. Von hier wird es in periodischen Abständen abgesaugt, in Formate gegossen oder in Form von Flüssigmétall zur Weiterverarbeitung bereitgestellt.

Der Energiebedarf der Schmelzflusselektrolyse konnte in den letzten Jahren erheblich gesenkt werden und liegt heute bei etwa 14 kWh pro Kilogramm Aluminium. Weltweit wird etwa 55 bis 60 Prozent dieses Energiebedarfs durch emissionsfreie, regenerative Wasserkraft gedeckt. Moderne Aluminiumelektrolysen arbeiten



Bauxit wird in den meisten Fällen im Tagebau gefördert und in feingemahlener Form transportiert.

Aluminiumoxid (oben) ist der Vorstoff für die Metallerzeugung durch die Schmelzflusselektrolyse.



Für die Produktion von einer Tonne Aluminium benötigt man etwa 4 Tonnen Bauxit.



i-modulFassade

Integralfassade mit wärmegedämmten, naturton-eloxierten Aluminiumprofilen in Modulbauweise. Die Multifunktionsfassade beherbergt die gesamte notwendige Technik zur Steuerung des Raumklimas innerhalb des Gebäudes. Vorgefertigte Fassadenmodule gewährleisten optimale Effizienz auf der Baustelle.



Capricorn Haus, Düsseldorf

Architekten: Gatermann + Schossig, Köln

Fassadenkonstruktion: Schüco International KG, Bielefeld

ten mit gekapselten Zellen, bei denen die Emissionen direkt an der Elektrolysezelle abgesaugt und einer effektiven Abgasreinigung zugeführt werden.

Recycling von Aluminium

Der Werkstoff Aluminium eignet sich hervorragend für das Recycling. Spezifische Materialeigenschaften werden weder durch die Produktnutzung noch durch das Recycling beeinträchtigt, sodass Aluminium nahezu unbegrenzt ohne Qualitätsverlust wiederverwertet werden kann. Der hohe Materialwert von Aluminiumprodukten macht das Recycling wirtschaftlich interessant und trägt wesentlich zu hohen Recyclingraten bei.

Das Recycling von Aluminium ist ökologisch sinnvoll, da die hierfür notwendige Energiemenge bis zu 95 Prozent geringer ist im Vergleich zum Energiebedarf der Primäralsiniumproduktion. Darüber hinaus sind auch die Mengen an produktionsbedingten Emissionen, festen Rückständen sowie der Wasserbedarf wesentlich geringer, wertvoller Deponieraum kann eingespart werden. Im Zusammenspiel mit den ausgezeichneten Nutzungseigenschaften von Aluminiumprodukten trägt das Recycling daher ganz erheblich zur positiven Energie- und Umweltbilanz des Werkstoffes Aluminium bei.

Ressourcenverfügbarkeit

Ressourcen für das Recycling von Aluminium stellen sowohl die im Produktionsprozess entstehenden Fabrikations- oder Neuschrotte als auch die am Ende der Lebensdauer

eines Produktes anfallenden Altschrotte dar. Neuschrotte werden in der Regel zu 100 Prozent im Kreislauf geführt und bleiben dem Produktionsprozess somit unmittelbar erhalten.

Altschrotte werden vom Metallhandel erfasst und von Aufbereitungs- und Schmelzbetrieben wieder in den Materialkreislauf zurückgeführt. In den wichtigsten Aluminiummärkten werden in Deutschland sehr hohe Recyclingraten erreicht. Diese liegen in der Verkehrstechnik bei 95 Prozent, in der Bauindustrie bei 85 Prozent, in der Elektrotechnik und dem Maschinenbau bei ca. 80 Prozent und in der Verpackungsindustrie bei ca. 70 Prozent.

Recyclinggerechtes Konstruieren

Ein bedeutender Faktor für das Recyclingpotential von Aluminiumaltschrotten ist die recyclinggerechte Konstruktion von Produkten und Bauteilen. Entscheidende Kriterien hierbei sind die Werkstoffauswahl, die konstruktive Auslegung, die Verarbeitung und Fertigung sowie die Anwendung und Demontage.



Durch die Wahl besonders geeigneter Werkstoffe mit optimierten Eigenschaften kann die eingesetzte Werkstoffmenge minimiert werden. Die Wahl von Standardlegierungen erleichtert die gegebenenfalls notwendige Werkstoffseparation. Bei der konstruktiven Auslegung, Verarbeitung und Fertigung sind darüber hinaus folgende Punkte zu berücksichtigen:

- die Kennzeichnung von Bauteilen / Produkten mit Legierungsbezeichnungen;
- die Auswahl endabmessungsnaher Fertigungsverfahren („near-net-shape-design“);
- die Minimierung von Wandstärken bei Gussbauteilen;
- die Auswahl geeigneter Bearbeitungs- und Fügetechniken;
- die Verwendung gleicher oder verträglicher Legierungen bei Produkten aus mehreren Bauteilen;
- die Verminderung von Produktionsreststoffen.

Ebenso ist es sinnvoll, eine effiziente Demontage von Produkten nach Ablauf der Nutzungsdauer schon bei der Konstruktion in die Planung einzubeziehen. Vor allem die problemlose Separation unterschiedlicher Werkstofftypen und die Zerlegungsmöglichkeit in Bauteile und Werkstoffe tragen zu einem wirtschaftlichen Recycling bei.



Produktrecycling

Neben dem reinen Materialrecycling, bei dem die Werkstoffe einer Wiederverwertung zugeführt werden, kann auch das Produktrecycling interessante Perspektiven bieten. So kann bei der Gestaltung von Aluminiumprodukten und -bauteilen darauf geachtet werden, inwieweit gebrauchte Produkte einer erneuten Benutzung für einen identischen oder einen anderen als den ursprünglichen Verwendungszweck zugeführt werden können.

Aluminumpool

Die gesamte Menge des für die Weiterverarbeitung zur Verfügung stehenden Werkstoffmaterials bezeichnet man heute als Aluminiumpool. Dieser wird sowohl aus der Primärproduktion als auch aus dem Werkstoffrecycling gespeist. Aufgrund der weltweit stetig steigenden Nachfrage nach Aluminium kann der Materialbedarf derzeit und in überschaubarer Zukunft bei weitem nicht allein durch das Aluminiumrecycling gedeckt werden, zumal ein hoher Anteil des Materials in sehr langlebigen Produkten beispielsweise im Bausektor langfristig gebunden und der Kreislaufwirtschaft so vorübergehend entzogen ist. Daher kann auf die Produktion von Primäralsinium nicht verzichtet werden. Vielmehr wird zur Befriedigung der globalen Nachfrage neben der Optimierung der Recyclingwirtschaft auch eine Zunahme der Primärproduktion von Aluminium unerlässlich sein.

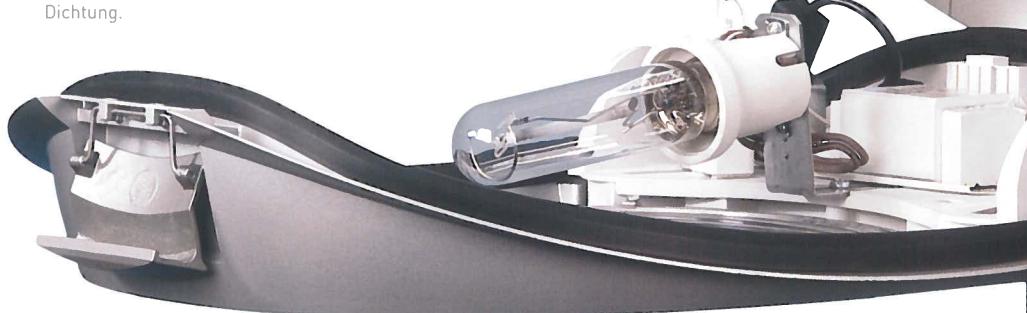


Beste Reflexionseigenschaften

Die Reflektoren dieser Leuchten werden aus hochwertigem Aluminium gefertigt. Die spezielle Geometrie in Verbindung mit hochwertigen Materialien gewährleistet höchste Effizienz.

Funktionelle Gussteile

Schraubkanäle zur problemlosen Montage der innenliegenden Bauelemente sind eingegossen. Ebenso die umlaufende Nut zur Aufnahme der Dichtung.



Ergonomische Form

Das aerodynamisch geformte Leuchtengehäuse aus Aluminium-Druckguss mit pulverbeschichteter Oberfläche ist korrosionsbeständig und langlebig.



Außenleuchte SQ

Hersteller: Siteco Beleuchtungstechnik GmbH, Traunreut
Design: Designafairs, München

Fertigungsverfahren

Fertigungsverfahren sind produktionstechnische Prozesse zur Herstellung geometrisch bestimmter, fester Körper. Diese Körper können sowohl Halbzeuge als auch Bestandteile technischer Produkte sein.

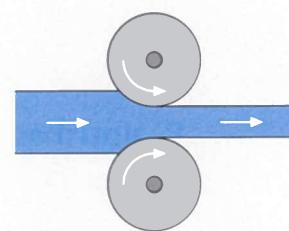
Umformverfahren

Unter Umformverfahren versteht man diejenigen Verfahren, die eine dauerhafte Gestaltänderung eines Werkstoffes bei gleichzeitiger Beeinflussung der Struktur, des Gefüges und der Werkstoffeigenschaften bewirken. Aufgrund der metalltypischen faktischen Inkompressibilität von Aluminium führt das Umformen nicht zu einer Volumenänderung des Werkstoffes. Hinsichtlich der Kraftwirkungen lassen sich mehrere Verfahrenskategorien unterscheiden: Druck-Umformung, Zug-Druck-Umformung, Zug-Umformung, Biegeumformung, Schub-Umformung sowie einige Sonderverfahren.

Druck-Umformung

Walzen

Beim Walzen werden Aluminiumbarren oder -bänder zwischen zwei rotierende Stahlwalzen geschoben, deren Abstand etwas geringer ist als die Dicke des Walzgutes. Infolge der Reibung wird das Walzgut von den rotierenden Walzen mitgenommen und auf den Abstand zwischen diesen Walzen zusammengedrückt. Die Umformung erfolgt vor allem in Längsrichtung, sodass sich das



Prinzip des Walzens



Aluminiumplatten



Aluminiumbänder



Aluminiumfolie

Walzgut in die Länge streckt. Um die angestrebte Enddicke zu erreichen, sind in der Regel mehrere Walzgänge – die so genannten Stiche – erforderlich. Die Dickenabnahme je Stich beträgt bei Aluminium je nach Art der Legierung

zwischen 10 und 50 Prozent. Findet die Umformung oberhalb der Rekristallisations temperatur des Werkstoffes statt, bezeichnet man den Prozess als Warmwalzen, bei niedrigeren Temperaturen als Kaltwalzen.

Entsprechend der Dicke des gewalzten Materials unterscheidet man zwischen folgenden Walzprodukten: Bleche (0,20 bis 200 mm), Bänder (0,20 bis 6,0 mm), Platten (> 6 bis 200 mm), Folien (< 0,2 mm), Walzdraht (\varnothing 8 – 30 mm).

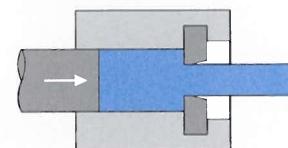
Aluminiumbleche und -platten werden im Warmwalzverfahren aus stranggegossenen, bis zu 30 t schweren und 600 mm dicken Aluminiumbarren hergestellt. Die auf 400 bis 500 °C erwärmten Barren werden in einem reversierenden Walzgerüst in ein bis zwei Dutzend Durchgängen zu über 100 m langen und bis zu mehreren Zentimeter dicken Platten ausgewalzt. Anschließend werden die Platten auf mehrgerüstigen Fertigungsstraßen zu **Warmband** von in der Regel 8 bis 2,5 mm Dicke gewalzt, das schließlich zu einem Coil von max. 2,70 m Durchmesser und 24 t Gewicht aufgewickelt wird.

Aluminiumfolien werden durch Kaltwalzen aus Aluminiumbändern hergestellt. Die Bänder werden zunächst zu dünnen Bändern (Dicke 0,2 bis 0,021 mm), Dosenbändern und Folenvorwalzbändern gewalzt, besäumt und aufgewickelt. In Folienwalzwerken werden sie anschließend in mehreren Walzgängen auf Einzel- oder Tandemgerüsten zu Aluminiumfolien gewalzt. Die technisch anspruchsvolls-

ten sind nur 0,006 mm dick. Weil das Material sehr dünn ist, werden zwei Coils gleichzeitig durch die Folienwalzen geführt. Dabei entsteht das von Haushaltsfolien bekannte unterschiedliche Finish: Die Seiten, die in Kontakt zueinander treten, sind matt; die Seiten, die Kontakt zu den Walzen haben, glänzen.

Strangpressen

Das Strangpressen ist ein spanloses Umformverfahren zur Herstellung von Stäben, Drähten, Rohren und Profilen. In diesem Verfahren wird ein auf Umformtemperatur (400 – 500 °C) erwärmter Aluminiumbolzen mit einem Stempel durch eine Matrize gedrückt. Dabei wird der Block durch einen Rezipienten – ein sehr dickwandiges Rohr – umschlossen. Die äußere Form des Pressstrangs wird durch die Matrize bestimmt. Durch verschiedene geformte Dorne können Hohlräume und auch



Prinzip des Strangpressens



Strangpressprofile



Feste Verbindung

Das Aluminium-Strangpressprofil zur Lenkradaufnahme ist mit dem Rahmenrohr verklebt.

Hochglanz

Die Antriebsradnabe besteht aus einem spanend nachbearbeitetem, hochglanzpolierten Aluminium-Halbzeug.

Aluminium-Gussteile

Distanz [1] und Gegenhalter [2] sind im Druckgussverfahren hergestellt, die Oberflächen sind tauchlackiert.



Kleiderschutz-Seitenteil
Aluminiumblech, gelasert und geprägt, Oberfläche pulverbeschichtet

Rahmen
Aluminiumrohr, geschweißt, Oberfläche pulverbeschichtet

Greifreifen
Aluminiumrohr, gebogen, geschweißt und nachbearbeitet, Oberfläche teilweise eloxiert, pulverbeschichtet und gummiert

Lenkradgabeln und -naben
Aluminium-Strangpressprofil, spanend nachbearbeitet, Oberfläche eloxiert / natur

Fußbrett
Aluminiumblech, gelasert und gefräst, Oberfläche pulverbeschichtet

Rollstuhl Blizzard

Hersteller: Otto Bock Healthcare GmbH, Duderstadt
Design: Worksdesign

Mehrkammerprofile erzeugt werden. Strangpressprofile erreichen bis zu 60 m Länge; größere Längen sind zwar möglich, aber im Allgemeinen nicht wirtschaftlich. Eine Ausnahme bilden stranggepresste Kabelmäntel für die Elektrotechnik, die in einem kontinuierlichen Endlosverfahren hergestellt werden. Hierbei werden nacheinander soviele Pressbolzen verarbeitet, bis die gewünschte Gesamtlänge erreicht ist.

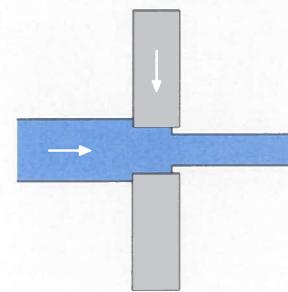
Vorteile des Strangpressens sind die Möglichkeit, Profile auch in kompliziertesten Formen herzustellen, der hohe, in einem Verfahrensschritt erreichbare Umformgrad und die geringen Werkzeugkosten, die das Strangpressen für die Fertigung auch relativ kleiner Mengen interessant machen.

Schmieden

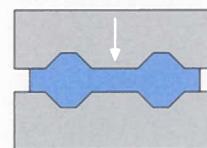
Schmieden ist das spanlose Umformen von Metallen zwischen zwei Werkzeugen durch Hämmern oder Pressen. In der Aluminiumbearbeitung sind zwei Schmiedeverfahren relevant: Das Freiformschmieden und das Gesenk-schmieden.

Beim **Freiformschmieden** wird das Schmiedestück zwischen zwei Sätteln verformt. Dabei kann der Werkstoff in die nicht von den Werkzeugen umschlossenen Bereiche ausweichen. Ausgangsmaterial sind in der Regel durch Stranggießen oder Strangpressen hergestellte Blöcke. In Freiformschmieden werden große Werkstücke mit maximalen Längen von 5 m, Breiten bis zu 2 m und Flächen bis zu 2 m² hergestellt.

Das **Gesenkschmieden** unterscheidet sich vom Freiformschmieden darin, dass das Schmiedestück völlig vom



Prinzip des Freiformschmiedens



Prinzip des Gesenk-schmiedens



Aluminiumbutzen

geschlossenen Werkzeug, dem Gesenk, umschlossen wird. Die in das Gesenk vom Formenbauer eingebrachte Gravur bestimmt die Form des fertigen Schmiedestücks. Ausgangsmaterial sind Abschnitte von Strangpressbolzen oder -profilen, die der angestrebten Kontur des Schmiedestückes möglichst nahekommen. Gesenk-schmiedestücke zeichnen sich durch hohe Maßgenauigkeit, gleichmäßiges und lunkerfreies Korngefüge und entsprechend hohe Festigkeiten aus. Sie werden vor allen für sicherheitsrelevante oder hochbeanspruchte Konstruktionsteile im Maschinen- oder Fahrzeugbau eingesetzt. Das Verfahren ist aufgrund der aufwendigen Werkzeugher-

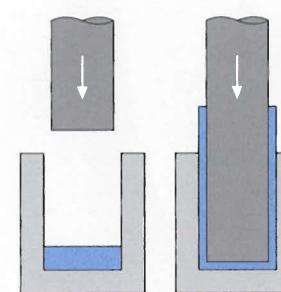
stellung erst in der Serienproduktion wirtschaftlich.

Formstauchen

Das Formstauchen ist ein Verfahren zur Herstellung von Vollnieten, Nägeln, Nagelschrauben, Schrauben, Stricknadeln und ähnlichen Teilen. Hierbei wird Aluminiumdraht in mehreren Schritten abgeschnitten und dann in Gesenken gestaucht. In den Gesenken entstehen vorwiegend die Köpfe der einzelnen Stücke.

Fließpressen

Beim Fließpressen wird das in ein Gesenk eingelegte Ausgangsmaterial – aus Aluminiumband gestanzte oder aus Profilen und Stangen gesägte Butzen – mit Hilfe eines Stempels unter hohem Druck verformt. Das Material „fließt“ durch Öffnungen in Stempel, Gesenk oder zwischen diesen beiden und nimmt eine von der Werkzeugform bestimmte Gestalt an. Der Vorgang erfolgt meist bei Raumtemperatur und wird daher auch als Kaltfließpressen bezeichnet.



Prinzip des Fließpressens



Fließgespreste Aerosoldosen

Der Pressvorgang dauert nur wenige Sekundenbruchteile und lässt sich weitgehend automatisieren, die Presswerkzeuge haben eine hohe Standzeit. Fließpressprodukte – Dosen, Tuben, Hülsen, Becher für den Verpackungsbereich sowie technische Fließpressteile – zeichnen sich durch hohe Festigkeit, glatte Oberflächen und hohe Maßgenauigkeit aus.

Kaltpressen / Massivprägen

Kaltpressen kommt für kleine, verhältnismäßig flache Teile aus geraden oder gebogenen Stangen- oder Drahtabschnitten sowie Blechzuschnitten in Betracht. Es ist nur dann sinnvoll, wenn die Kaltverfestigung technisch ausgenutzt wird. **Massivprägen** entspricht einem Kaltpressen im geschlossenen Gesenk und wird für die Herstellung von Münzen und Medaillen aus Aluminium eingesetzt.

Hydroforming

Bei diesem auch Innenhochdruckumformung genannten Verfahren wird ein rohrförmiges Werkstück durch Innen- druck aufgeweitet und gleichzeitig durch eine Axialkraft gestaucht. Das Werkstück befindet sich vor dem Aufweiten in einem geschlossenen Werkzeug und nimmt durch den Innendruck die Form der Werkzeuggravur an. Der Innendruck wird meist durch eine Wasser-Öl-Emulsion übertragen, die Einleitung der Axialkraft erfolgt über zwei Dichtstempel an den Rohr- enden.

Das Verfahren ermöglicht eine sehr präzise Formgebung bei absoluter Wiederholgenauigkeit in einem einzigen Verfahrensschritt. Typische Erzeugnisse sind



Intelligentes Flugobjekt

Der Tragschrauber MT-03 besticht durch neue Technologien und unverwechselbares Design. Das RotorSystem ist aus hochwertigem Aluminium gefertigt. Insbesondere der optimale Querschnitt der Rotorblätter stellt höchste Anforderungen an die Aluminium-Profiltechnik.

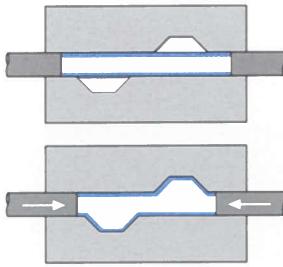


Tragschrauber MT-03

Hersteller: AutoGyro GmbH, Hildesheim

Aluminium-Komponenten: Sapa Aluminium Profile GmbH

Design: Werksdesign



Prinzip des Hydroforming



Im Hydroforming-Verfahren hergestelltes Ansaugrohr für einen Pkw-Motor

beispielsweise Fittings, Achsträger für Pkws oder Strukturteile für Karosserien.

Explosionsumformung

Bei der Explosionsumformung wird ein Aluminiumblech mithilfe eines durch Explosion einer Sprengladung ausgelösten Druckes in eine vorgegebene Form gebracht. Dabei können sehr große Bleche (zur Zeit ca. 10 x 2 m) in Dicken bis gegenwärtig etwa 60 mm verarbeitet werden. Das Verfahren ermöglicht eine komplexe, nahtlose Formgebung für Blechformteile, die sonst nur durch das Fügen mehrerer Teilssegmente möglich wäre. Der Werkzeugbau ist relativ einfach und



Explosionsgesformtes Aluminiumblech

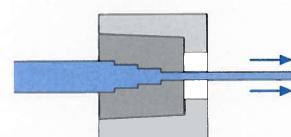
kostengünstig, da keine Gegenform benötigt wird.

Zug-Druck-Umformung

Ziehen

Unter Ziehen versteht man ein Kaltumformverfahren, bei dem das Umformgut durch ein sich in Bewegungsrichtung verengendes Werkzeug, die Matrize, gezogen wird. Ziehprodukte sind Stangen, Drähte und Rohre. Zum Rohrziehen wird in der Werkzeugöffnung ein Dorn platziert und der Rohling zwischen Matrize und Dorn durchgezogen. Ausgangsmaterial sind stranggepresste Stäbe, einfache Profile, Rohre und gewalzte (stranggepresste) Drähte.

Durch mehrfache Wiederholung des Ziehvorgangs mit immer engeren Matrizen können sehr kleine Querschnitte oder sehr dünnwandige Rohre hergestellt werden. Ziehprodukte zeichnen sich durch hohe Maßgenauigkeit, glatte Oberflächen und infolge der Kaltumformung hohe Festigkeit aus.



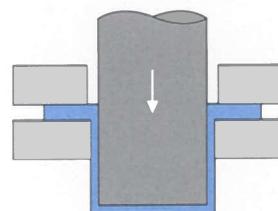
Prinzip des Ziehens



Geflecht aus gezogenem Draht

Tiefziehen

Das Tiefziehen ist ein Verfahren zur Umformung von Blechen. Dieses Verfahrensprinzip bedeutet eine flächenhafte Umformung, bei der aus einem Blechzuschnitt mittels eines Ziehstempels und einer Matrize ein einseitig offener Hohlkörper hergestellt wird.



Prinzip des Tiefziehens



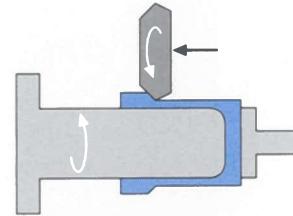
Tiefgezogene Aluminiumdosen

Die Endform des Körpers kann in einem oder mehreren Prozessschritten erreicht werden. Der Vorgang findet bei Raumtemperatur statt, sodass gleichzeitig eine Materialverfestigung erfolgt. Typische Tiefziehprodukte sind Dosen, Schalen oder andere Behälter vorwiegend für die Verpackungsindustrie.

Drücken / Drückwalzen

Das Drücken ist ein Umformverfahren, bei dem ein Blechzuschnitt zu einem Hohlkörper verformt oder der Umfang eines Hohlkörpers verändert wird. Die Umformung geschieht in einer rotierenden Anordnung. Ein Werkzeugteil (Drückform, Drückfutter) enthält die Form des Werk-

stücks, während das Gegenwerkzeug (Drückwalze, Drückstab) örtlichen Druck auf das Umformgut ausübt. Drücken ist in Deutschland ein Handwerk.



Prinzip des Drückwalzens



Drückmaschine

Zug-Umformung

Strecken

Das Strecken dient der Nachumformung von Aluminiumwerkstücken. Hierbei wird das Werkstück durch in unterschiedliche Richtungen wirkende Ziehkräfte in seinen Abmessungen verändert.

Weiten

Durch Weiten können Rohre und Hohlteile in ihren Querschnitten verändert werden.

Streckziehen

Beim Streckziehen wird das umzuformende Blech meist an zwei gegenüberliegenden, seltener an allen Seiten mit drehbar gelagerten Spannzangen so fest eingeklemmt, dass kein Werkstoff nachfließen kann. Entweder wird in das gespannte Blech ein kon-

Perfekte Raumintegration
Das Gerät kann neben anderen Aufstellmöglichkeiten an einem eleganten Rohr aus gebürstetem Aluminium höhenverstellbar montiert werden.



Exklusives Design

Das Gehäuse des Fernsehers besteht aus hochwertigen Aluminiumprofilen, die in fünf unterschiedlichen Farben erhältlich sind.

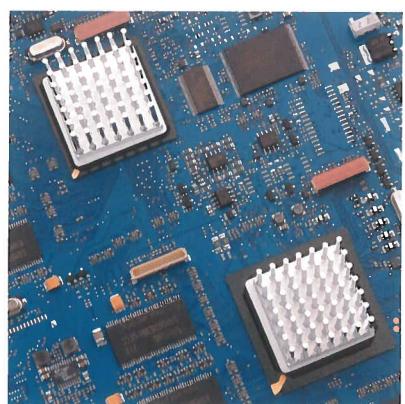


Individuelle Gestaltung

Die offenen Enden der Aluminiumprofile können mit verschiedenen Intarsien – hier ein Aluminiumgewebe – gefüllt werden und geben den Geräten auf diese Weise ihren individuellen Charakter.

Fernseher Individual

Hersteller: Loewe AG, Kronach
Design: Werksdesign



Modernste Technik

Im Innentleben des Fernsehers spielt Aluminium eine wichtige Rolle. So kommen neben vielen anderen Bauteilen hochmoderne Aluminium-Kühlkörper zum Einsatz.

vexer Stempel eingedrückt (einfaches Streckziehen) oder es wird das Blech über oder um den Stempel gezogen (Tangentialstreckziehen). Durch Streckziehen hergestellte Teile weisen eine wesentlich bessere Abformgenauigkeit auf als Tiefziehteile. Das Verfahren eignet sich vor allem zur Herstellung großer und flacher Teile beispielsweise für den Fahrzeugbau oder die Luft- und Raumfahrtindustrie.

Biege-Umformung

Walzprofilieren

Das Walzprofilieren oder Rollformen ist ein kontinuierliches Biegeverfahren, bei dem kalt- oder warmgewalztes Aluminiumband von einer Anzahl von Walzenpaaren schrittweise zum gewünschten Endquerschnitt umgeformt wird. Querschnitte von einfach bis kompliziert sind möglich. Das Verfahren ist vor allem bei großen Produktionsmengen sehr wirtschaftlich.

Biegen von Blechen

Das Biegen von Aluminiumblechen um eine gerade Achse erfolgt durch Umklappen eines Flächenteils gegenüber dem verbleibenden Flächenteil. Das Spektrum der Möglichkeiten reicht von der Massenfertigung kleinster Teile bis zur Einzelteilherstellung großformatiger Elemente. Biegen kann handwerklich oder in verschiedenen Verfahren industriell durchgeführt werden.

Biegen von Rohren und Profilen

Rohre und Profile können in verschiedenen Verfahren gebogen werden. Die Wahl des zweckmäßigsten Verfahrens ist abhängig von der Art

des Querschnittes, der Biegekontur, den Anforderungen an die Oberfläche sowie wirtschaftlichen Faktoren. Unerwünschte Formveränderungen beim Biegen können durch das Biegen mit Dorn oder das Verfüllen von Hohlräumen mit geeigneten Füllstoffen wie Sand, Thermoplasten, Eis oder anderen verhindert werden.

Schubumformen

Verdrehen

Aluminiumstäbe und Profile können durch Verdrehen mit gegenläufigen rotierenden Kräften verformt werden. Eine typische Anwendung für das Verdrehen sind beispielsweise Geländerstäbe.

Durchsetzen

Beim Durchsetzen werden Aluminiumbleche wellenförmig verformt.

Sonstige Verfahren

Laserumformung

Die Laserumformung ist ein relativ neues Verfahren zur Umformung von Aluminiumbauteilen. Die Umformung erfolgt kraftfrei, indem die Oberfläche des Bauteils mit Hilfe eines Laserstrahles lokal erwärmt wird. Je nach den Bestrahlungsparametern und der -richtung bewirkt die Bestrahlung eine Biegung in oder entgegen die Richtung des Laserstrahles.

Kugelstrahlumformung

Bei diesem Verfahren wird die Umformung durch Beschießen der Oberfläche mit Kugeln von 4 bis 8 mm Durchmesser erzielt. Die Formveränderung ist abhängig von der Strahlintensität, der Strahlmittelverteilung,

dem Grad der Strahlmittelbedeckung und der Strahlstrategie. Das Verfahren wird vor allem bei großflächigen, in mehreren Achsen gekrümmten Strukturauteilen für die Luft- und Raumfahrt und für den Fahrzeugbau eingesetzt.

Superplastisches Umformen

Das Superplastische Umformen kennt zwei Verfahrenstechniken. Beim Matrizenverfahren wird ein vorgewärmer Blechzuschnitt in einer Presse über eine Hohlformmatrize gelegt. Nach dem Erreichen einer genau definierten Umformtemperatur wird der Blechzuschnitt mittels Luftdruck konturtreu an die Matrize angepresst. Beim Patrizenverfahren wird das Aluminiumblech zunächst zu einer Blase verformt, die anschließend mit der Patrize in Berührung gebracht wird. Luftdruck auf die Blechoberseite drückt das Blech in die endgültige Form.

Auswahl an Gusswerkstoffen, die verschiedenen Gießverfahren mit jeweils wenigen Prozessstufen sowie die hohe Wirtschaftlichkeit vor allem in der Serienproduktion. Häufig müssen Gussteile spanend nachbearbeitet werden, da Passungen, Bohrungen, Gewinde und planebene Flächen meist nicht mitgegossen werden können.

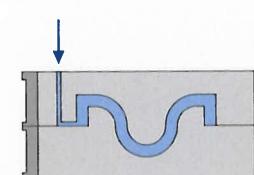
Bei der Verarbeitung von Aluminium sind folgende Gießverfahren relevant: Druckguss, Kokillenguss, Sandguss und Feinguss.

Druckguss



Druckgussteil

Aluminiumdruckguss ist ein Verfahren, bei dem das flüssige Metall unter hohem Druck in eine vorgewärmte stählerne Gussform gepresst wird. Die Gussform besteht aus zwei Hälften, sodass das fertige Gussstück nach dem Erstarren problemlos ausgeworfen und die Gussform erneut gefüllt werden kann. Vorteile des Druckgusses gegenüber anderen Gießverfahren sind hohe Produktionsgeschwindigkeit, hohe Oberflächengüte, hohe Maßgenauigkeit auch bei komplizierten Formen und dünnen Wandungen sowie eine lange Standzeit der Gussformen. Daher ist Druckgießen sehr wirtschaftlich insbesondere zur Großserienherstellung von Fertigteilen kleinster bis mittlerer Abmessungen.



Prinzip des Gießens

Intelligentes Design für mehr Effizienz
Ein innovatives Design-Konzept und modernste Leichtbautechnik machen den A380 zum geraumigsten und effizientesten Flugzeug aller Zeiten. Im Vergleich zu anderen Großraumflugzeugen emittiert der A380 deutlich weniger CO₂ pro Passagier und ist darüberhinaus erheblich geräuscharmer.



Stabile Form

Gerippe und Außenhaut des Großraumfliegers bestehen zu rund 60 Prozent aus Aluminium.



Strukturbauteil

Durch HSC-Fräsen aus einer dicken Aluminium-Platte hergestelltes Strukturbauteil für den Rumpf des A380.

Airbus A380

Hersteller: EADS / Airbus

Aluminiumkomponenten: Aleris Aluminum Koblenz GmbH, Koblenz

Design: Werksdesign

Kokillenguss

Beim Kokillenguss können abhängig vom Druck bei der Formfüllung im Wesentlichen folgende Verfahren unterschieden werden: Schwerkraft-, Kipp-, Niederdruck- und Gegendruck-Kokillenguss.

Die Formfüllung beim **Schwerkraft-Kokillenguss** erfolgt manuell oder automatisiert unter Atmosphärendruck. Das flüssige Aluminium wird von oben in eine dauerhafte Kokille gegossen und füllt diese allein durch Schwerkrafteinwirkung aus. Zur Produktivitätssteigerung kommen häufig Gießkarussells zum Einsatz.

Beim **Kipp-Kokillenguss** gelangt die Schmelze durch eine gesteuerte Kippbewegung des Tiegels in die Kokille, in der sie unter Druckeinwirkung erstarrt. Es können mehrere Gussteile gleichzeitig vergossen werden.

Beim **Niederdruck-Kokillenguss** wird die Schmelze unter relativ geringem Gasdruck über ein Steigrohr in die oberhalb des Schmelzbades liegende Kokille gebracht. Turbulenzen bei der Formfüllung werden damit vollständig vermieden. Während der Erstarrungsphase wird der Druck aufrechterhalten, um den Vorgang möglichst effizient gestalten zu können. Gegenüber dem Schwerkraft-Kokillenguss zeichnet sich der Niederdruck-Kokillenguss

durch geringere Schmelz- und Warmhaltekosten, geringeren Ausschuss sowie eine höhere Gussteilqualität hinsichtlich Dichte, Festigkeit und Zähigkeit aus.

Der **Gegendruck-Kokillenguss** ist eine Variante des Niederdruck-Kokillengusses. Eine höhere Erstarrungsgeschwindigkeit unter Druck führt hierbei zu feineren Gefügen hoher Dichte.

Sandguss

Sandguss gehört zu den Gießverfahren mit den sogenannten verlorenen Formen. Das Gießen erfolgt in maschinen- oder handgeformte Formen aus Quarzsand, der durch Binder aus Ton oder Harzen zusammengehalten wird. Das Gießen der Aluminiumschmelze findet unter normalen Umgebungsbedingungen statt. Nach der Erstarrung wird die Sandform zerstört und das Gussstück entnommen. Der gebrauchte Formstoff wird aufgearbeitet und kann wieder eingesetzt werden.



Sandgussteil

Ein Vorteil dieses Verfahrens ist die relativ leichte, schnelle und kostengünstige Herstellung der Gießmodelle und derer Formen. Das Handformverfahren eignet sich besonders gut für die Prototypenherstellung und für kleinere und mittlere Serien. Die Formstücke können dabei – je nach Einrichtung – sehr große Dimensionen erreichen.

Sandgussstücke können bei fachmännischer Ausführung in hervorragender Qualität produziert werden.

Feinguss

Für das Feingussverfahren werden zunächst Gussmodelle aus Wachs oder speziellen Kunststoffen gefertigt, die anschließend mit einem keramischen Mantel überzogen werden. Im nächsten Verfahrensschritt werden die Wachs- oder Kunststoffmodelle durch Ausbrennen entfernt. In die so entstandene Form wird der Aluminiumwerkstoff gegossen. Feinguss ist ein Präzisionsgießverfahren mit hoher Gestaltungs- und Maßgenauigkeit. Die Verwendung ungeteilter Formen führt zu grätfreien, in vielen Fällen bereits einbaufähigen Gussteilen.

Thixoforming

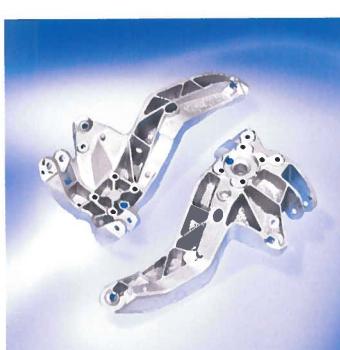
Das Thixoforming verbindet die Vorteile der herkömmlichen Gießverfahren mit denen des Schmiedens. Das Ausgangsmaterial wird bei diesem Verfahren bis zu einer Temperatur erhitzt, bei der es einen Zustand zwischen fest und flüssig erreicht. In diesem halbflüssigen / halbfesten („thixotropen“) Zustand wird das Aluminium mit Druck in eine Formkammer gepresst. Die Formfüllung erfolgt weitestgehend turbulenzfrei. Aufgrund der geringen Erstarrungsschrumpfung wird eine hohe Maßgenauigkeit erzielt. Dank der sehr niedrigen Gasporosität sind die Formteile druckdicht. Die Güte der Formteile liegt in die Nähe von vergleichbaren Schmiedeteilen bei deutlich niedrigeren Herstellungskosten, die zusätzlich durch hohe Formstandzeiten positiv beeinflusst werden.

Sintern

Das Sintern ist ein Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus Pulver. Aluminiumpulver wird dabei in eine Form gepresst und fast bis zum Schmelzpunkt erwärmt. Die Oberflächen der Pulverkörner werden dadurch angeschmolzen, sodass die Körner miteinander verschweißen und zusammengebacken werden. Feine Poren zwischen den Pulverkörnern bleiben erhalten. Aus diesem Grund sind Sinterteile in der Regel leichter als gleichgroße Guss- oder Drehteile. Durch ein nachfolgendes Gesenkschmieden können die Poren des Materials geschlossen und die Festigkeit des Materials erhöht werden.

Aufschäumen von Aluminium

Aluminiumschäume können mit Hilfe verschiedener metallurgischer Verfahren hergestellt werden. Der Werkstoff kann in Plattenform hergestellt werden, in Hohlformen gefüllt oder zwischen Verbundwerkstoffen eingeschlagen werden. Dabei sind sowohl offenporige als auch geschlossene Oberflächen möglich. Aluminiumschaum zeichnet sich durch eine hohe Steifigkeit bei niedrigem Gewicht und ein hohes Energieabsorptionsvermögen aus. Weitere interessante Eigenschaften des Materials sind eine gute elektromagnetische Abschirmwirkung, hohe Eigenresonanzdämpfung, gute Wärmeisolation und eine außergewöhnliche, dekorative Oberfläche.



Kokillengussteile



Oberflächengestaltung

Die Oberflächen der Aluminium-Druckguss-Elemente sind in drei unterschiedlichen Qualitäten verfügbar:

- weiß-silber beschichtet
- silber matt gestraht
- silber glänzend gebürstet

Flexible Bauweise
Grundelement ist die Sitzschale, die durch drei unterschiedliche Module in der Höhe zu erweitern ist. Das Fußkreuz kann mit Rollen oder Gleitern ausgestattet werden.



Integrierte Funktionalität

Die extrem flache Sitzschale ist in modernster Aluminium-Druckguss-Technik hergestellt. Alle Verstellmechanismen sind in das Design integriert. Kein Hebel sticht hervor und unterbricht die Linienführung.

Büromöbelserie Silver

Hersteller: Interstuhl Büromöbel GmbH & Co. KG, Meßstetten-Tieringen
Design: Hadi Teherani mit Ullrich Nether, Hans Ullrich Bitsch und Sören Jungclaus

Oberflächenbehandlung

Aluminium und Aluminiumlegierungen bilden an der Atmosphäre und in Wässern an ihrer Oberfläche eine natürliche Oxidschicht, die sich durch Korrosionsbeständigkeit und eine gute Isolationswirkung gegenüber Elektronen und Ionen auszeichnet. Für viele Anwendungsbereiche ist diese natürliche Oxidschicht bereits ausreichend. Durch verschiedene mechanische und chemische Verfahren der Oberflächenbehandlung können die **Oberflächengüte**, die **Korrosionsbeständigkeit** und das dekorative **Aussehen** von Aluminiumwerkstoffen und -bauteilen gezielt verbessert werden.

Mechanische Oberflächenbehandlung

Die mechanische Oberflächenbehandlung dient in der Regel der Beseitigung von Unebenheiten, fehlerhaften Stellen, Schweißnahtüberhöhungen und Bearbeitungsspuren, der Erzeugung dekorativer Oberflächeneffekte oder als Vorstufe für nachfolgende chemische Behandlungen. Dekorative Oberflächen sollten nach der mechanischen Bearbeitung durch ein geeignetes Verfahren geschützt werden. Dies kann durch Eloxieren realisiert werden.

Das **Entgraten** und **Putzen** kann manuell mit Schnittwerkzeugen und Feilen oder maschinell mit Sägen, Trennscheiben und Fräsen durchgeführt werden. Ziel ist die Entfernung von im Laufe des Produktions- und Bearbeitungsprozesses entstandener Grate, Angüsse oder anderer Bearbeitungsspuren.

Das **Schleifen** dient der Reinigung und Glättung von Oberflächen sowie der Verrundung von Kanten durch einen geringen Materialabtrag.

Durch Grobschleifen können Kratzer und starke Unebenheiten entfernt werden. Dekorative matte oder glänzende Oberflächen können durch manuelles Schleifen und Polieren realisiert werden.

Dekorative Oberflächeneffekte können auch durch **Mattschleifen**, **Mattbürsten**, **Marmorieren** und **Satinieren** erzeugt werden. Mattgeschliffene und -gebürstete Oberflächen weisen lineare oder kreisförmige Muster aus sehr feinen Riefen auf. Das Marmorieren erzeugt sich überlappende, kreisförmige Schleifspiegel. Satinierte Oberflächen haben ein silberweißes, samtartig mattglänzendes Aussehen.

Feingeschliffene, gereinigte Oberflächen können durch das **Polieren** einen hohen Glanzeffekt mit großem Reflexionsvermögen erhalten. In der Regel wird mit einem zweistufigen Verfahren aus Vorpolieren und Hochglanzpolieren gearbeitet. Kleine Aluminiumteile, besonders auch Kokillen- und Druckgussstücke, können durch Trommelpolieren in einer mit Polierflüssigkeit angefüllten Trommel mit einem Glanzeffekt ausgestattet werden.

In Hochleistungsvibratoren können Massen- und Serienteile durch **Gleitschleifen** entgratet, geschliffen und poliert werden. Durch die Wahl geeigneter keramischer oder metallgebundener Schleifkörper und Chemikalien ist es möglich, höchste Ansprüche in Bezug auf Oberflächen-

rauigkeit, Glanz und Politur zu erfüllen. Besonders kompliziert geformte Werkstücke können im Tauchschieleif- und -polierverfahren die gewünschte Oberflächengüte erhalten.

Das **Strahlen** ist ebenfalls ein Verfahren zur Reinigung und Entgratung sowie zur Erzielung dekorativer Oberflächen insbesondere bei Gussteilen. Es kann auch der Vorbereitung nachfolgender Veredelungsschritte dienen. Die Verwendung von eisenfreien Strahlmitteln führt zu gleichmäßigen, leicht glänzenden Oberflächen. Das Strahlen mit Glasperlen erzeugt glatte, glänzende Flächen. Das sogenannte Druckstrahlläppen bewirkt eine Verfestigung der Oberfläche und damit eine Steigerung der Dauerschwingfestigkeit.

Dessinieren ist das Walzen von Aluminiumbändern mit strukturierten Prägewalzen zur Herstellung dekorativer und funktionaler Oberflächenstrukturen.

Chemische Oberflächenbehandlung

Die Verfahren der chemischen Oberflächenbehandlung unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Ziele und Wirkungsweisen. Sie können die Oberflächenbeschaffenheit und bestimmte Materialeigenschaften beeinflussen.

Das **Reinigen** und **Entfetten** dient der Entfernung von Fetten, Wachsen, Ölen, Staub, Spänen und Pigmenten. Es wird in der Regel als Vorbereitung für die eigentliche Oberflächenbehandlung durchgeführt.

Das **Beizen** ist ein oberflächenabtragendes Verfahren zur Beseitigung von Guss- oder Walzhäuten, der natürlichen Oxidschicht und Korrosionsprodukten sowie geringer Mengen von Fett- und Ölrückständen. Durch das Beizen entsteht eine mattweiße, leicht seidenglänzende, berührungsempfindliche Oberfläche die zur Konservierung geschützt werden muss. Für besondere Matt- und Glanzeffekte stehen Spezialbeizen zur Verfügung.

Ätzen bewirkt ebenfalls eine abtragende Veränderung der Oberfläche, die vorwiegend dekorativen Zwecken dient. Mit Hilfe von Tiefätzungen können Schilder, Plaketten, Ziffernblätter oder ähnliches beschriftet und bebildert werden. Spezielle Ätzverfahren werden auch als chemisches Fräsen bei der Herstellung komplizierter Bauteile eingesetzt.

Umwandlungs- oder Konversionsschichten werden durch chemische Oxidation auf Aluminiumwerkstoffen erzeugt. Sie dienen vor allem der Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit und der Steigerung der Haftfestigkeit von Beschichtungsstoffen. Im Wesentlichen kann man die Verfahren **Chromatieren**, **Phosphatieren** und die Erzeugung **chromatfreier Schichten** auf Basis von Titan- oder Zirkonium-Verbindungen unterscheiden. Die chemische Oxidation setzt eine Oberflächenvorbehandlung durch Entfetten und Beizen voraus.

Je nach Verfahrensart weisen durch Chromatieren erzeugte Oberflächen unterschiedliche Farbgebungen und Materialeigenschaften auf. Herkömm-

Ausziehbarer Trolleygriff
Gestänge aus eloxiertem
Aluminium.



Robuste Haut
Die gerillten Kofferschalen
bestehen aus eloxiertem
Aluminium, der Rahmen
aus pressblanken Alumini-
umstrangpressprofilen.

Eckenschutz
Glänzend polierte
Aluminiummecken.

Koffer Classic Flight

Hersteller: Rimowa GmbH, Köln
Design: Werksdesign

liche Chromatierungsverfahren sind mit toxischen Belastungen verbunden. Daher gibt es weltweit Bestrebungen, das Verfahren in einem verlustfreien Kreislaufprozess durchzuführen und den Einsatz von Chrom und Chromsäure zu beschränken. **Gelbchromatierte** Oberflächen verfügen über eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit in neutralen Medien und in der Atmosphäre. Ihr Farbspektrum reicht von hellgelb bis goldbraun. Sie dürfen nicht mit Nahrungs- und Genussmitteln in Verbindung kommen. **Grünchromatierte** Flächen haben eine höhere Temperaturbeständigkeit. Sie sind schwach bis kräftig grün gefärbt. In grünchromatierten Oberflächen sind keine toxischen Verbindungen, enthalten, so dass sie auch für Verpackungen im Lebensmittelbereich geeignet sind. Durch **Transparentchromatieren** wird der metallische Charakter der Oberfläche erhalten. Diese Oberflächen verfügen über einen mäßigen Korrosionsschutz und mäßige Temperaturbeständigkeit.

Durch **Zinkphosphatieren** werden matte, hell- bis dunkelgraue Konversionsschichten erzeugt, die vor allem als Haftgrund für organische Beschichtungen dienen. Bei diesem Verfahren ist eine gleichzeitige Behandlung von Teilen aus Aluminium, Stahl oder verzinktem Stahl möglich. Phosphatschichten können in Sonderfällen das Umformen erleichtern und die Einlauf- und Gleiteigenschaften von Maschinenteilen verbessern. Die **Niedrigzinkphosphatierung** wird insbesondere zur Vorbehandlung von Fahrzeugkarosserien eingesetzt, da hierdurch ein sehr guter Haftgrund für das nachfolgende Lackieren entsteht.

Von zunehmender Bedeutung sind **chromatfreie Konversionsschichten** auf Titan- oder Zirkoniumbasis. Das Verfahren führt zu matten, farblosen Oberflächen.

Das **Glänzen** ist ein Verfahren zur Veredelung von mechanisch vorbehandelten Werkstücken in sauren oder alkalischen Bädern mit und ohne Stromeinwirkung mit daran anschließender anodischer Oxidation. Auf diese Weise erzeugte Oberflächen zeichnen sich durch ein hohes Reflexionsvermögen, Glätte, sehr dekoratives Aussehen und eine hohe Beständigkeit aus.

Anodische Oxidation

Die Anodische Oxidation, auch als Eloxieren bezeichnet, ist ein Verfahren zur Erzeugung einer fest mit dem Grundmaterial verbundenen, sehr harten und dichten oxidischen Oberflächenschicht, die tausendfach stärker sein kann, als die natürliche Oxidschicht auf Aluminium. Eoxierte Aluminiumoberflächen weisen eine hohe Korrosionsbestän-

digkeit auf, sie sind abriebfest, elektrisch isolierend, nicht toxisch und können leicht gereinigt werden. Aufgrund der lediglich begrenzten Umformbarkeit von eloxierten Aluminiumteilen sollten Umformprozesse möglichst vorher durchgeführt werden. Eoxiertes Aluminium kann ohne Probleme recycelt und in den Werkstoffkreislauf zurückgeführt werden.

Bei der Materialwahl für die Anodische Oxidation ist auf geeignete Aluminiumlegierungen zu achten. Die Aluminiumlieferanten bieten Werkstoffe in sogenannter Eloxalqualität an.

Im **Standardverfahren** anodisch erzeugte Oxidschichten sind transparent, sodass der metallische Charakter der Aluminiumoberfläche erhalten bleibt. Die optische Anmutung dieser Flächen ist von der Art der Vorbehandlung abhängig. Die Norm DIN 17611 liefert hierfür eine zweckmäßige Kategorisierung. Sechs verschiedene Oberflächeneffekte, die mit E0 bis E6 gekennzeichnet sind, sind hier definiert.



Vertikale Eloxieranlage

E0: nicht behandelt

- undekorative Optik mit sichtbaren Oberflächenfehlern wie Riefen, Kratzer und Scheuerstellen

E1: geschliffen

- relativ gleichmäßige, leicht stumpfe Oberfläche mit sichtbaren Schleifriefen; kleine Ziehriefen und Kratzer werden beseitigt

E2: gebürstet

- gleichmäßige, helle Oberfläche mit sichtbaren Bürstenstrichen; pflegeleicht; Ziehriefen und Kratzer werden teilweise beseitigt

E3: poliert

- glänzende Oberfläche; pflegeleicht; Ziehriefen und Kratzer werden teilweise beseitigt

E4: geschliffen und gebürstet

- gleichmäßige, helle Oberfläche; pflegeleicht; Ziehriefen und Kratzer werden teilweise beseitigt

E5: geschliffen und poliert

- glatte, glänzende Oberfläche; Riefen, Kratzer und Scheuerstellen werden beseitigt

E6: durch Beizen chemisch behandelt

- matte, rauhe Oberfläche; Riefen und Kratzer werden teilweise beseitigt

Der Prozess der Anodischen Oxidation findet in einem Elektrolytbad statt, bei dem das zu eloxierende Material als Anode geschaltet und ein Gleichstrom angelegt wird. Die Kathoden befinden sich am Rand des Elektrolytbades. Die Eloxalschicht bildet sich infolge eines komplexen elektrochemischen Prozesses. Sie besteht aus einer dünnen, direkt auf dem Grundmaterial aufliegenden geschlossenen Sperrsicht und einer darauf wachsenden Schicht mit offenen, kapillärähnlichen Poren. Härte und Porengröße der Eloxalschicht



Robuste Hülle

Dach und Wände der Mittelwagen werden aus jeweils fünf Aluminium-Strangpresshohlkammerprofilen zusammengeschweißt.



Markantes Gesicht

Die Endwagen verfügen über einen etwa sieben Meter langen aerodynamischen Kopf, der aus sphärisch gebogenen, tragend mit dem Wagenkasten verbundenen Aluminium-Strangpressprofilen hergestellt ist.



Hochgeschwindigkeitszug Velaro

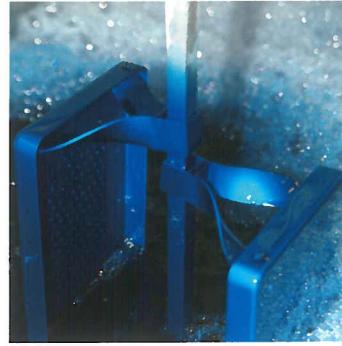
Hersteller: Siemens AG, München
Design: Neumeister Design, München

können durch die spezifischen Prozessparameter gesteuert werden.

Der Anodisationsprozess wird durch das sogenannte **Verdichten** abgeschlossen. Hierbei werden in einem weiteren Verfahrensschritt die offenen Poren der Eloxalschicht durch ein transparentes Aluminiumoxidhydrat dauerhaft verschlossen. Erst durch das Verdichten erhält die Aluminiumoberfläche die gewünschten Eigenschaften.

Besonders widerstandsfähige, korrosions- und abriebfeste Oberflächen mit sehr guten Gleiteigenschaften und hoher thermischer Beständigkeit können durch **Harteloxieren** erzeugt werden. Dieser Prozess wird im Vergleich zur herkömmlichen Anodisation mit höherer Spannung und Stromdichte bei 0 °C durchgeführt. Die erzielten Schichten sind bis zu 150 Tausendstel Millimeter dick und grau bis schwarz gefärbt. Harteloxierte Aluminiumteile werden vor allem für technische Zwecke beispielsweise im Maschinen- und Anlagenbau, in der Automobilindustrie oder in der Luft- und Raumfahrttechnik eingesetzt.

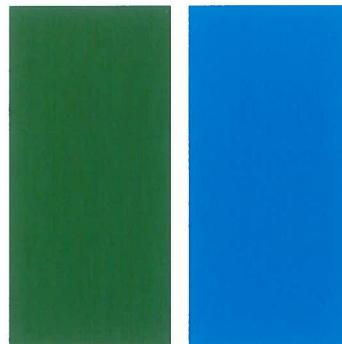
Unverdichtete farblose Eloxalschichten können mit zwei unterschiedlichen Verfahren gefärbt werden. Die realisierbare Farbgebung ist abhängig von der Wahl des Färbeverfahrens und kann je nach durchführendem Betrieb variieren. Durch **Adsorptives Färben**, ein Tauchverfahren, können Farbpigmente in die offenen Poren eingelagert werden. Beim **Elektrolytischen Färben** werden farbige Metalloxide in die Eloxalporen eingebracht. Auch Kombinationsverfahren, bei denen elektrolytisch gefärbte



Adsorptives Färben von Aluminium

Schichten nochmals adsorptiv koloriert werden, sind möglich. Hierdurch kann die verfügbare Farbpalette wesentlich erweitert werden.

Nach dem Schließen der Poren durch Verdichten erhält man metallisch glänzende Farben. Die Anodisierung und das Elektrolytische Färben können in einem Prozessschritt durchgeführt werden. In diesem Fall spricht man von **Farbanodisation**.



Farbanodisierte Oberflächen

In speziellen Sonderverfahren können Eloxalschichten mit milchiger, opaker oder Edelstahl-Optik erzeugt werden. Auch undurchsichtige Schichten sind möglich.



Eloxalschichten mit Edelstahl-Optik verbinden hochwertige Anmutung mit weitgehender Berührungsunempfindlichkeit.

Die mikroporöse, offene Struktur unverdichteter Eloxalschichten kann auch in drucktechnischen (Untereloxaldruck) oder künstlerischen (Aluchromie) Verfahren genutzt werden. Eine abschließende Konservierung durch Verdichten oder das Imprägnieren der Oberflächen mit Klarlack ist hier ebenso erforderlich.

Metallische Überzüge

Aluminiumoberflächen können mit Metallen und Metalllegierungen überzogen werden, um bestimmten Anforderungen an das Material gerecht zu werden. So lassen sich Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit ebenso verbessern wie die technische Funktionalität und das dekorative Aussehen. Durch metallische Überzüge werden charakteristische Vorteile des Überzugmetalles auf den Grundwerkstoff übertragen und auf diese Weise dem Werkstoff Aluminium neue Anwendungsbereiche eröffnet.

Im **Tauch- und Sudverfahren** findet das Abscheiden anderer Metalle auf Aluminium mit Hilfe von Kontaktbeizen statt. Die so erzeugten Schichten sind sehr dünn und weisen lediglich eine geringe mechanische und chemische Widerstandsfähigkeit auf.

Außenstromloses chemisches Vernickeln führt zu einer Verbesserung des Verschleiß- und Korrosionsschutzes und dekorativen, hochglänzenden Oberflächen. Das Verfahren dient auch zur Herstellung von Zwischenschichten in metallischen Schichtsystemen.

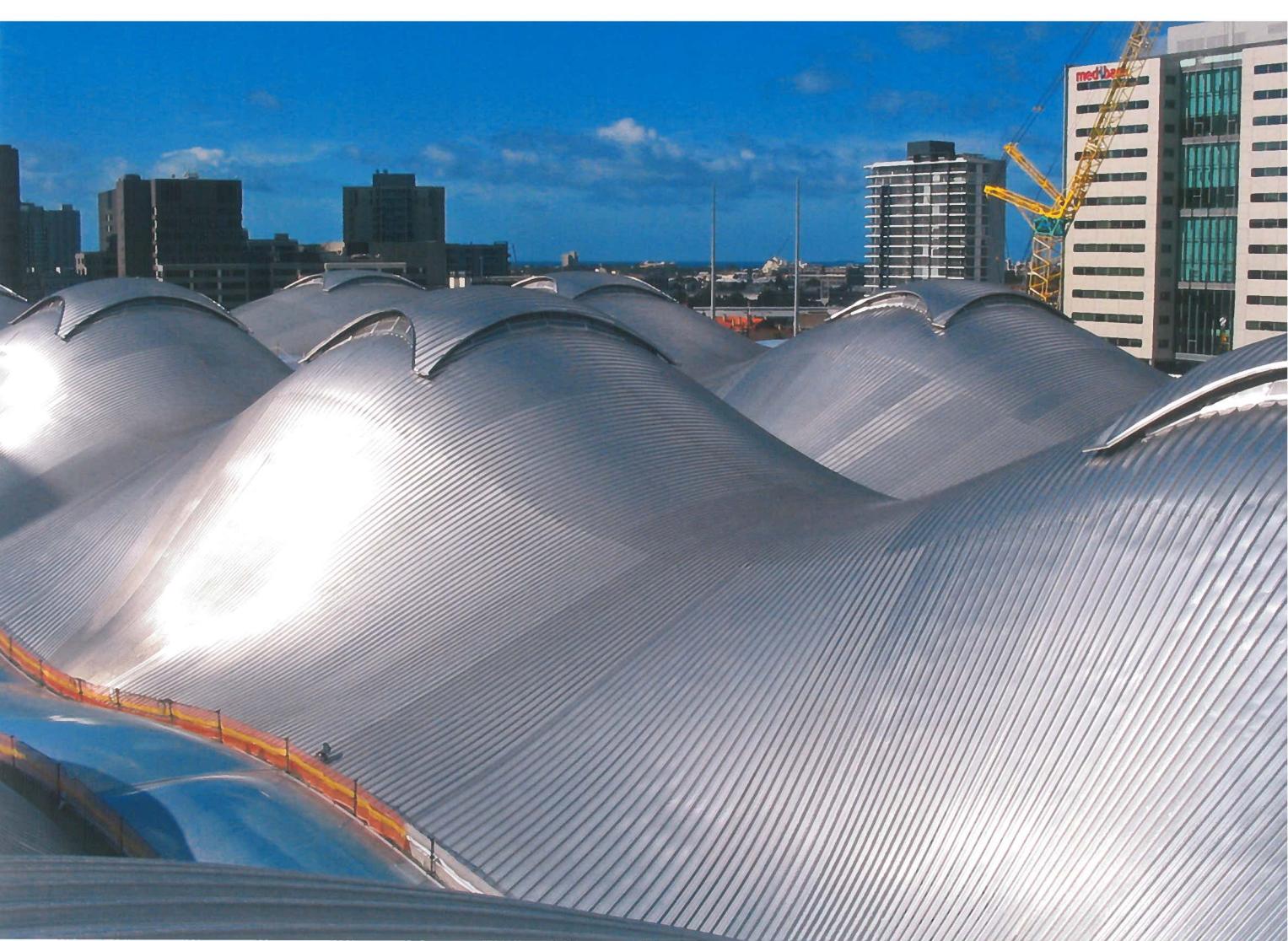
Das bedeutendste Verfahren zur Herstellung metallischer Überzüge ist das **Galvanisieren**. Aluminium kann mit

allen galvanisch abscheidbaren Metallen beschichtet werden. Die häufigsten Galvanisierwerkstoffe sind Kupfer, Nickel, Chrom, Zink, Zinn, Messing, Silber und Gold. Aluminiumoberflächen müssen vor dem Galvanisieren entfettet und gereinigt, durch Beizen von ihrer natürlichen Oxidschicht befreit und in Spezialbeizen aktiviert werden.

Verkupfern dient häufig der Vorbereitung für das Weichlöten von Aluminiumteilen, seltener auch als dekorativer Überzug oder als Zwischenschicht unter Nickel oder Chrom. **Vernickeln** führt zu einer Verbesserung des Korrosionsschutzes und erzeugt eine dekorative Oberfläche. **Verchromen** liefert ebenfalls dekorative Oberflächen, häufig auf einer Zwischenschicht aus Nickel. Direktes Verchromen erhöht Härte und Verschleißfestigkeit der Oberfläche und wird auch zu technischen Zwecken eingesetzt. **Zinküberzüge** eignen sich für Teile mit hoher, schmiermittelloser Reibungsbeanspruchung, **Zinnüberzüge** vermindern den Reibungswiderstand und sind geeignet zur Herstellung von Lötverbindungen.

Messingüberzüge liefern einen guten Haftgrund für das Vulkanisieren von Gummi auf Aluminium. **Silber- und Goldüberzüge** dienen häufig elektrotechnischen oder dekorativen Zwecken.

Auch das **galvanische Abscheiden von Aluminium** auf anderen Metallen ist möglich. Das Verfahren liefert gut haftende, sehr reine Überzüge mit ausgezeichneten Korrosionsschutzeigenschaften. Es kommt vorwiegend bei Bauteilen für die Luft- und Raumfahrtindustrie, den Fahrzeugbau oder die Elektrotechnik zum Einsatz.



Individuelle Formgebung

Die Dachfläche besteht aus ca. 7.100 individuell geformten Aluminiumprofiltafeln, von denen jede ihre eigene Geometrie und Position innerhalb der Dachfläche besitzt.



Prägnante Wellenform

Das sanft geschwungene Dach des neuen Hauptbahnhofes von Melbourne, Australien, trägt sowohl den heißen klimatischen Bedingungen als auch den Anforderungen an die Innenraumbelüftung Rechnung. Die Dieselabgase der Züge werden mithilfe natürlicher Ventilation durch Luftschieleusen auf den Gipfeln der Dachhöcker nach außen transportiert. Die Struktur des Daches ist hierfür auf die vorherrschende Windrichtung ausgerichtet.



Southern Cross Station, Melbourne

Architekten: Nicolas Grimshaw, London

Aluminiumkomponenten: Corus Bausysteme GmbH, Koblenz

Thermisches Spritzen auf Aluminium

Bei diesem Verfahren wird ein in Draht- oder Pulverform vorliegender Spritzwerkstoff (Metall, Hartmetall, Oxidkeramik, Kunststoff) in schmelz-flüssige Partikel überführt und mithilfe eines Träger-gases auf die Werkstück-oberfläche geschleudert. In Abhängigkeit von dem gewählten Beschichtungs-material bieten thermisch gespritzte Schichten Schutz beispielsweise gegen Reib-Gleit-Beanspruchung, Kavi-tation, Erosion, Korrosion, Hitzeeinwirkung oder Kalt-verschweißung.

Organische Beschichtungen

Organische Beschichtungen auf Aluminiumoberflächen dienen dem Korrosionsschutz und bieten gleichzeitig eine breite Farbpalette für die Oberflächengestaltung. Beschichtungen können sowohl bei einzelnen Bau-teilen als auch bei Band-material durchgeführt werden. Bandbeschichtete Bleche können unter Beachtung der zulässigen Biegeradien nach-träglich ohne Qualitätsverlust verformt werden. Die zur Beschichtung vorgesehenen Oberflächen müssen sauber und fettfrei sein und über einen geeigneten Haftgrund verfügen, der durch Chromati-lieren, Phosphatieren, Anodi-sieren oder das Aufbringen eines sogenannten Primers hergestellt werden kann.

Wird Aluminium mit anderen metallischen oder nichtme-tallischen Werkstoffen ver-bunden, ist eine Beschichtung zur Isolierung zu empfehlen. Auch nach dem Zusam-menbau unzugängliche Bauteile sollten besonders sorgfältig gegen Korrosion geschützt

werden. Zum Schutz gegen Beton und Erdreich sind Beschichtungen mit Bitumen oder auf Teer-Epoxid-Basis geeignet. Im Bootsbau finden Beschichtungssysteme auf Basis von Polyurethan, Epoxid und Teer-Epoxid Anwendung.

Pulverbeschichtung

Pulverbeschichtete Alumini-umoberflächen vereinen aus-gezeichnete Funktionalität, Langlebigkeit und Pflege-freundlichkeit mit hervor-ragendem, dekorativem Aussehen. Die Pulverbe-schichtung ist ein lösemittel-freies Verfahren, bei dem in Abhängigkeit vom gewählten Farbton durch Pulverrück-gewinnung Nutzungsgrade von bis zu 98 Prozent reali-sierbar sind.

Das Verfahren wird in zwei Prozessschritten durchge-führt. Zunächst wird ein elektro- oder tribostatisch aufge-ladenes trockenes Pulver mit Hilfe von Druckluft auf die entsprechend vorbehandel-ten, elektrostatisch geerdeten Aluminiumteile gesprührt. Die elektrostatischen Anzie-hungskräfte sorgen dafür,



Pulverbeschichtungsanlage

dass eine bestimmte Menge Pulver auf der Oberfläche der Bauteile haftet. Anschließend wird das Pulver in einem Ein-brennofen verflüssigt und bil-det durch Vernetzung eine fest haftende geschlossene Schicht.

Das Farbspektrum für die Pulverbeschichtung umfasst die gesamte RAL-Palette sowie zahlreiche, je nach Anwender variierende Son-derfarben. Es können ver-schiedene Oberflächeneffekte wie Matt oder Hochglanz in unterschiedlichen Strukturen von fein bis grob erzielt werden. Darüber hinaus stehen hochwetterfes-te Pulver oder Beschichtun-gen für hydrophobe, schmutz-abweisende Oberflächen zur Verfügung.

Flüssiglackbeschichtungen

Flüssiglackschichten können durch Streichen, Tauchen, Spritzen, Walzen oder Lack-gießen aufgebracht werden.

Kunststoffüberzüge

Kunststoffüberzüge werden ebenfalls durch Tauchen und Spritzen, aber auch durch Flamspritzen und Sintern aufgebracht. Eine Besonder-heit stellen wieder abziehbare Kunststofffilme dar, die dem temporären Schutz von Alu-miniumteilen dienen.

Kaschieren

Kunststofffolien werden vor-wiegend auf Bandbeschich-tungsanlagen mithilfe von Klebstoffen auf Aluminium-bleche und -bänder kaschiert. Es entsteht ein fester Verbund zwischen Kunststofffolie und Metall. Aufgrund der großen Haft-festigkeit und Elastizität des Kunststoffüberzuges ist mechanisches Verformen und Verbinden von diesen Werkstoffen möglich.

Emaillieren

Emaillieren ist das Beschich-ten mit einem anorganischen, glasähnlichen Material. Emailleschichten können matt oder glänzend herge-stellt werden, es steht eine breite Farbpalette zur Ver-fügung. Emailleschichten verfügen über eine sehr gute Licht-, Witterungs- und Kor-rosionsbeständigkeit, sind verschleiß- und kratzfest und darüber hinaus leicht zu reinigen.

Sonstige Beschichtungen

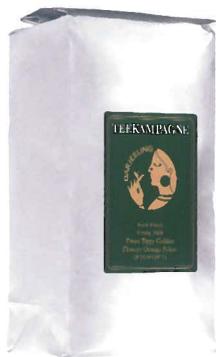
Aluminium kann mit einer Reihe weiterer Materialien in verschiedenen Verfahren beschichtet werden. Zu den verbreiteten Anwendungen zählen Beschichtungen mit Holzfurnier, Beläge aus faser- oder staubförmigen sowie körnigen Stoffen, Gummibeschichtungen sowie Beläge mit schalldämmenden Materialien wie Schaumstoff oder Spritzkork.

Vakumbeschichtung

Das Vakumbeschichten umfasst im Wesentlichen die Verfahren Bedampfen, Zerstäuben (Sputtern) und Ionenplattieren, einem Kom-binationsverfahren der beiden Erstgenannten. Ziel der Vakumbeschichtung ist die Realisierung besonders leich-ter Bauteile mit verschleiß-festen Oberflächen, hohem Korrosionsschutz und dekora-tiver Erscheinung. Es steht ein breites Spektrum an Beschichtungsmaterialien zur Verfügung. Das Verfahren kann sowohl bei Bandmate-rial, flachen und gebogenen Teilen, als auch bei kompli-zierten Formteilen eingesetzt werden.



Form und Funktion
Verpackungen aus Aluminium und Aluminium-Verbundmaterialien ermöglichen eine individuelle Formgebung und können vollständig mit hochauflösenden Grafikelementen bedruckt werden. Aluminiumverpackungen sind extrem leicht und bruchfest, gewährleisten optimalen Produktschutz und sichere Logistik und können zu 100 Prozent recycelt werden.

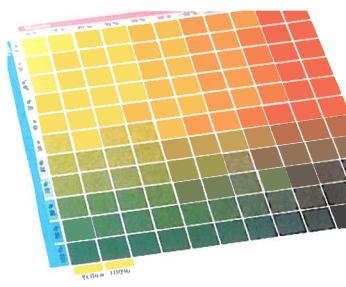


Bedrucken von Aluminium

Das Bedrucken von Aluminium spielt vor allem im Verpackungs- und Displaybereich eine wichtige Rolle. Verpackungsfolien werden in der Regel im Kupfertiefdruck oder im Flexodruck bedruckt. Im Displaybereich sind der Siebdruck und der digitale Inkjetdruck die dominierenden Techniken. Diese Verfahren setzen saubere, fettfreie, in geeigneter Weise – das heißt meist durch Eloxieren – vorbehandelte planebene Oberflächen voraus. Die Aluminiumproduzenten haben entsprechendes Standardmaterial – Bleche und Platten – im Angebot.

Untereloxaldruck

Darüber hinaus steht mit dem Verfahren des Untereloxaldrucks eine hervorragende, nur bei Aluminium anwendbare Technik zur Verfügung. Bei diesem Verfahren wird mittels Siebdruck oder neuerdings auch mit digitalem Inkjetdruck auf eine bereits eloxierte, aber noch nicht



Inkjetdruck auf Aluminium



Inkjet-Untereloxaldruck

geschlossene Aluminiumoberfläche gedruckt. Auf diese Weise werden die Farbpigmente in die Mikroporen der Eloxalschicht eingelagert. Anschließend werden diese Poren durch Verdichten geschlossen, sodass die Druckfarben praktisch in die Eloxalschicht eingeschlossen werden und mit einer dünnen, transparenten Oxidschicht überzogen sind. Dadurch ist der Druck gegen chemische Angriffe, mechanische Beanspruchungen und Verschmutzungen geschützt. Eine Reinigung und Desinfektion mit geeigneten Materialien ist zerstörungsfrei möglich.

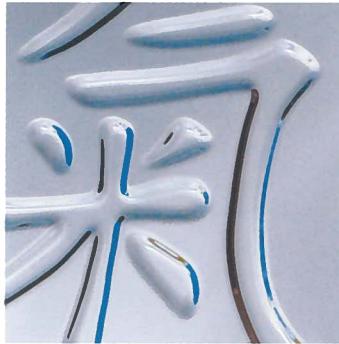
Das Verfahren eignet sich ausgezeichnet für die Bedruckung von im Freien oder im öffentlichen Raum aufgestellten Schau- und Orientierungstafeln oder für stark beanspruchte Flächen wie Gehäuseteile, Frontplatten, Kennzeichnungstafeln und Ähnliches.

Gravieren, Ätzen, Prägen

Beschriftungen, technische Kennzeichnungen oder dekorative Elemente können mit Gravur-, Ätz- oder Prägeverfahren dreidimensional in Aluminiumoberflächen eingebracht werden.

Lasergravuren bieten eine hochwertige Optik und sind sehr dauerhaft. Ihre Anmutung ist grundsätzlich grau, wobei unterschiedliche Helligkeitsstufen erzeugt werden können. Das Verfahren liefert sehr exakte Ergebnisse mit hoher Kantenschärfe und hundertprozentiger Reproduzierbarkeit.

Ätzungen sind ebenfalls sehr genau und langlebig. Sie gewährleisten eine hohe Formenfreiheit auch in sehr feinen Zeichnungen. Da Ätz-



Geprägte Aluminiumplatte



Lineal mit Lasergravur

verfahren ohne Hitzeeinwirkung arbeiten, finden keine Gefügeveränderungen statt.

Für das Gravieren und das Ätzen ist kein besonderer Werkzeugbau erforderlich, sodass beide Verfahren schnell und kostengünstig auch schon bei sehr kleinen Auflagen oder Prototypen durchgeführt werden können.

Reinigen von Aluminium im Bauwesen

Aluminiumoberflächen im Bauwesen wie Fassaden oder Fensterprofile unterliegen der natürlichen, atmosphärisch bedingten Verschmutzung. Dies kann zum Verlust des dekorativen Aussehens solcher Bauteile und einem Wertverlust der Immobilie führen.

Um die gewünschten Eigenschaften von Aluminiumoberflächen dauerhaft zu erhalten, ist daher eine regelmäßige Reinigung mit geeigneten Reinigungsmitteln erforderlich. Hierbei unterscheidet man zwischen Erstreinigung,

Grundreinigung und Intervallreinigung.

Die Erstreinigung wird in der Regel vor der Bauabnahme durchgeführt. Sie dient der Entfernung von Bauschmutz und witterungsbedingten Verschmutzungen. Die Grundreinigung ist eine abrasive, das heißt oberflächenabtragende Reinigung, die bei Bauteilen, die über einen längeren Zeitraum (mehrere Jahre) nicht gesäubert wurden, vorgenommen wird. Im Anschluss an die Erst- oder Grundreinigung sollte turnusmäßig eine Intervallreinigung durchgeführt werden. Das zeitliche Intervall hierfür ist abhängig vom Grad der Verschmutzung und von den dekorativen Anforderungen.

Reinigungsmaßnahmen sollten sowohl bei anodisch oxidierten, als auch bei kunststoffbeschichteten und folienkaschierten Aluminiumbauteilen durchgeführt werden. Damit die jeweilige Oberfläche nicht beschädigt wird, ist die Wahl geeigneter Reinigungsmittel erforderlich.

Unbehandelte, walz- oder pressblanke Aluminiumbauteile ohne dekorative Anforderungen müssen nicht gereinigt werden. Auf ihnen bildet sich unter Atmosphäreneinwirkung eine natürliche, korrosionbeständige Oxidschicht mit hellgrauer, meist stumpfer Oberfläche. Diese Oberfläche kann je nach Standort im Laufe der Zeit durch Staub und Verschmutzung gleichmäßig nachdunkeln, ohne dass ihre funktionalen Eigenschaften beeinträchtigt werden.



Charakteristische Landmarke

Das Bürogebäude im dänischen Aarhus bildet mit seinen geneigten Fassadelementen und diagonalen Konturen sowie dem Wechselspiel aus transparenten und metallisch glänzenden Flächen einen spannungsvollen Kontrast zu der umgebenden Landschaft. Alle sichtbaren Aluminiumprofile und -paneele der Pfosten-Riegel-Fassade wurden im Eloxalverfahren gold eingefärbt.

NRGi-Bürogebäude, Aarhus, Dänemark

Architekten: Schmidt Hammer Lassen A/S, Aarhus, Dänemark
Aluminiumkomponenten: Hydro Building Systems GmbH, Ulm



Aluminium-Verbundwerkstoffe

Verbundwerkstoffe sind zwei- oder mehrphasige, makroskopisch homogene Werkstoffe, deren Bestandteile in der Regel nicht einer einzigen Werkstoffhauptgruppe – Metalle, Keramik, Polymere – angehören.

Verbundwerkstoffe besitzen andere Werkstoffeigenschaften als ihre Bestandteile. Ziel der Herstellung von Verbundwerkstoffen ist die vorteilhafte Kombination typischer Eigenschaften der Verbund-

phasen. Ausgehend von der räumlichen Anordnung der Verbundkomponenten unterscheidet man vier Werkstoffarten: Schichtenverbundwerkstoffe, Teilchenverbundwerkstoffe, Durchdringungsverbundwerkstoffe und Faserverbundwerkstoffe.

Aluminium-Verbundwerkstoffe gehören zu den Verbundwerkstoffen mit metallischer Matrix, den sogenannten MMCs (Metal-Matrix-Composites). MMCs können

entweder durch Urformen oder durch die gerichtete Erstarrung einer eutektischen Schmelze (Schmelze einer Zusammensetzung, die zu einem Feststoff der gleichen Zusammensetzung erstarrt) hergestellt werden.

MMCs auf Aluminium-Basis bestehen in der Regel aus einer Aluminium-Matrix mit einer eingelagerten zweiten Komponente, meist hochfeste keramische Teilchen oder Fasern. Die Werkstoffe zeich-

nen sich durch sehr hohe Festigkeit bei geringem Gewicht aus. Allerdings ist ihre Herstellung aufwendig und teuer. Anwendung finden diese Werkstoffe daher bislang nur in wenigen Bereichen des Automobil- und Schienenfahrzeugbaus, wo sie beispielsweise für Bremsstrommeln und -scheiben, Naben oder Lagerkomponenten eingesetzt werden.

Spanende Bearbeitung

Der Werkstoff Aluminium eignet sich hervorragend für die spanende Bearbeitung. Es können ausgezeichnete Oberflächen mit geringer Rauheit erzielt werden. Gegenüber Stahl gleicher Festigkeit sind Schnittkräfte und Spanungsleistung bei Aluminiumwerkstoffen um ein Mehrfaches günstiger. Aluminium zählt zu den Werkstoffen, die sehr gut für die Hochgeschwindigkeitszerspanung geeignet sind.

Der Begriff Spanen oder Zerspanen bezeichnet alle mechanischen Bearbeitungsverfahren, bei denen ein Werkstoff in eine definierte Form gebracht wird, indem überflüssiges Material in Form von Spänen abgetragen wird. Zu den wichtigsten Bearbeitungsverfahren zählen **Drehen, Fräsen, Hobeln, Bohren, Gewindeschneiden, Schleifen und Sägen** sowie verschiedene Formen der CNC-gesteuerten **Automatenbearbeitung** und der **Hoch-**

geschwindigkeitszerspanung (HSC). Grundsätzlich können alle spanenden Verfahren in der Aluminiumbearbeitung eingesetzt werden. Dies setzt allerdings die Wahl geeigneter Aluminiumlegierungen für das jeweilige Verfahren

voraus. So bietet die Aluminiumindustrie Knetlegierungen an, die speziell mit spanbrechenden Legierungszusätzen ausgerüstet sind und so eine problemlose Spanabfuhr während der Bearbeitung gewährleisten.



Bohrfräsen von Aluminiumprofilen



Sägen von Aluminiumprofilen



Fräsen von Aluminiumprofilen



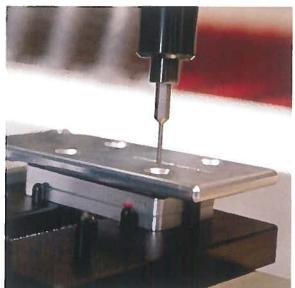
HSC-gefräste dekorative Thekenfront.

Das Hochgeschwindigkeitszspanen von Werkstücken an CNC-gesteuerten 5-Achsen-Bearbeitungsstationen ist geeignet, komplexe Formteile aus Aluminium herzustellen. In der Großserienteilefertigung beispielsweise in der Automobilindustrie bietet das Verfahren enorme Vorteile, da die Zerspanungszeit gegenüber der konventionellen Aluminiumbearbeitung wesentlich verkürzt werden kann. Aber auch bei der Produktion von Kleinserien stellt dieses Verfahren eine wirtschaftliche Alternative zu anderen Herstellungsverfahren wie Gießen oder Strangpressen dar, da eine aufwendige Werkzeugfertigung entfällt.



Hightech-Gehäuse

Das Gehäuse des Mobiltelefons wird aus einem massiven Aluminiumblock gefräst. Ein doppeltes Aluminiumscharnier ermöglicht das Drehen des Bildschirmes um 180 Grad.



Aluminium-Bearbeitung
Präzision auf engstem Raum.

Mobiltelefon P'9521

Hersteller: Sagem

Design: Porsche Design GmbH, Zell am See

Fügetechnik

Der Begriff Fügen bezeichnet das dauerhafte Verbinden mindestens zweier Bauteile. Fügen stellt einen lokalen Zusammenhalt zwischen zuvor getrennten Werkstücken her. Die Verbindung kann fest oder beweglich sein, über ihre Wirkflächen werden die auftretenden Betriebskräfte übertragen.



Schmelzschweißen ist ein geignetes Verfahren zum Fügen von Aluminiumteilen



Rührreibschweißen erzeugt gleichmäßig flache Schweißnähte

Schweißen

Schweißen führt zu einer unlösbareren Verbindung von Bauteilen unter Anwendung von Wärme (Schmelzschweißen) oder Druck (Pressschweißen) – mit oder ohne Schweißzusatzwerkstoffen.

Aluminium und seine Legierungen können grundsätzlich durch **Schmelzschweißen** verbunden werden, wobei die Schweißbarkeit vom Gehalt der jeweiligen Legierungsbestandteile abhängig ist. Ein spezifisches Problem beim Schmelzschweißen von Aluminium stellt die für den Werkstoff charakteristische Oxidhaut dar, die sich durch die hohe Affinität des Materials zu Sauerstoff auf allen Oberflächen bildet. Diese Oxidhaut muss vor dem Schweißen durch mechanische oder chemische Behandlungen entfernt oder durch das Schweißen selbst aufgebrochen werden.

Besonders geeignete Schmelzschweißverfahren zum Fügen von Aluminiumteilen sind das Schutzgasschweißen und das Laser- und Elektronenstrahlschweißen. Beim **Schutzgassschweißen** sind der energiereiche Lichtbogen und der Gasschutz effiziente, in den Prozess integrierte Werkzeuge, um

die Oxidhaut zu entfernen und eine erneute Oxidbildung zu verhindern. Die starke, auf einen schmalen Bereich beschränkte Energiekonzentration ermöglicht hohe Schweißgeschwindigkeiten und begrenzt die Wärmeeinflusszone und damit auch die Entfestigung des Grundwerkstoffes.

Laser- und Elektronenstrahlschweißen sind die Schweißverfahren mit der höchsten Energiedichte. Diese Energiekonzentration erlaubt sehr hohe Schweißgeschwindigkeiten. Es entstehen sehr schmale Schweißnähte und die Entfestigung des Werkstoffes entlang der Schweißnähte ist minimal.

Weitere Schmelzschweißverfahren wie das Gassschweißen oder das Metall-Lichtbogenschweißen erzielen weniger gute Verbindungen und werden daher nur noch selten eingesetzt.

Beim **Pressschweißen** erfolgt die Verbindung der Aluminiumteile unter Druck bei einer örtlich begrenzten Erwärmung. Schweißzusätze sind meist nicht erforderlich. Die Oxidhaut wird durch einen ausreichend hohen Schweißdruck zerstört beziehungsweise ausgepresst. Es kommen folgende Verfahren zum

- bei großflächigen Verbindungen;
- wenn ein geringer Verzug der Bauteile angestrebt wird;
- bei sehr kompakten Bauteilen mit vielen Verbindungsstellen;
- bei der Serienfertigung kleinerer Bauteile.

Für die meisten Lötverfahren muss die Oxidhaut auf der Aluminiumoberfläche vor dem Löten entfernt werden.

Das **Hartlöten** von Aluminiumteilen findet in einem Temperaturbereich zwischen 450 und 600 °C statt. Hartlötverbindungen erreichen annähernd dieselbe Festigkeit wie Schweißverbindungen, haben eine gute Korrosionsbeständigkeit und lassen sich anodisch oxidieren. Bei höher legierten Werkstoffen und bei Gusslegierungen besteht die Gefahr des Anschmelzens, da die Arbeitstemperaturen beim Löten nahe dem Schmelzpunkt der Werkstoffe liegen.

Die Arbeitstemperatur beim **Weichlöten** von Aluminium liegt unter 450 °C. Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit von Weichlötverbindungen sind wesentlich geringer als die von Hartlötverbindungen. Feuchtigkeitseinwirkung führt zu Korrosion. Aluminiumteile mit Weichlötstellen können nicht anodisch oxidiert werden.

Bei Lötverbindungen zwischen Aluminium und anderen Metallen entsteht unter Feuchtigkeitseinwirkung Kontaktkorrosion. Sie müssen unbedingt vor Feuchtigkeit geschützt werden.



Innovative Aluminiumlegierungen
Der moderne Schiffbau verlangt Materialien mit hervorragender Stabilität, hoher Belastbarkeit und extremen Haltbarkeit bei möglichst geringem Eigengewicht. Innovative Aluminiumlegierungen der neuesten Generation werden diesen Anforderungen gerecht. Sie sind hervorragend formbar und schweißbar und verfügen über eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit. Für die Bootsbeplankung sind Leichtbauplatten in Sandwichbauweise besonders geeignet.
Der Rumpf der „Athena“, des größten in Privatbesitz befindlichen Drei-Mast-Seglers der Welt, ist komplett aus Aluminiumkomponenten gefertigt.



Segelyacht Athena

Design: Pieter Beeldsnijder Design, Edam, Niederlande
Aluminiumkomponenten: Aleris Aluminum Koblenz GmbH, Koblenz
Hersteller: Royal Huisman Shipyard, Vollenhove, Niederlande

Kleben

Klebeverbindungen sind flächige Verbindungen sich überlappender Teile mit einer völlig geschlossenen Klebfuge. Es lassen sich nahezu alle technisch nutzbaren Werkstoffe miteinander und untereinander flächig und stoffschlüssig fügen. Für das konstruktive Verkleben von Aluminium kommen fast ausschließlich Reaktionsklebstoffe, die mit einer chemischen Reaktion aushärten, zum Einsatz, da diese im Vergleich zu physikalisch abbindenden Klebstoffen eine wesentlich höhere Klebeleistung garantieren. Das Kleben ist ein besonders materialschonendes Fügeverfahren, da es nicht zu Veränderungen der Werkstoffeigenschaften führt und auch keine strukturschwächenden Löcher in den Fügeteilen wie beim Nieten oder Schrauben benötigt werden. Geringere Festigkeiten im Vergleich zu Schweiß- oder Lötverbindungen können durch großflächige Klebungen kompensiert werden. Klebeverbindungen sollten so gestaltet sein, dass die zu übertragenden Kräfte nur in Richtung der Klebeflächenebene angreifen.

Vorteile von Klebeverbindungen sind eine gleichmäßige Spannungsverteilung und Kraftübertragung über die gesamte Klebefläche, eine unveränderte Oberfläche und Gefügestruktur und eine bessere Schwingungsdämpfung der Klebfuge im Vergleich zu anderen Verbindungen. Das Kleben ermöglicht zudem den Einsatz von Band- oder Blechprodukten geringerer Stärke und kann daher zur Gewichtsreduktion beitragen. Die Klebstoffschicht kann gleichzeitig als Dichtstoff für Gase und Flüssigkeiten dienen und das Eindringen

von Feuchtigkeit und die damit verbundene Korrosion verhindern. Auch bei der Verbindung unterschiedlicher Werkstoffe ist diese Isolationswirkung von Vorteil, da so Kontaktkorrosion beispielsweise zwischen Aluminium und Stahl vermieden wird. Nachteile von Klebeverbindungen sind ein ungünstiges Alterungsverhalten, relativ niedrige Temperaturbelastbarkeit und eine geringe Festigkeit bei Schälbeanspruchungen.

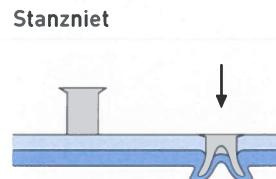
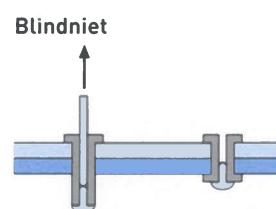
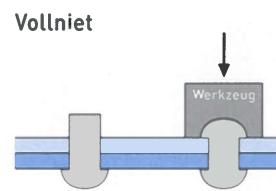
Vor dem Verkleben müssen Aluminiumflächen in geeigneter Weise vorbehandelt werden, um einen optimalen Haftgrund und eine langfristige Adhäsion zu gewährleisten. Eine chemische beziehungsweise physikalisch-chemische Vorbehandlung, beispielsweise durch Entfetten, Ätzen und Chromatisieren, ist unabdingbare Voraussetzung für alterungs- und witterungsbeständige Verklebungen.

Nieten

Unter Nieten versteht man eine Verbindung zweier Bauteile durch ein plastisch verformtes, zylindrisches Verbindungselement, den Niet. Man unterscheidet hierbei Vollniete, Schließringbolzen, Blindniete, Stanzniete sowie Nietmuttern und -bolzen. Mit Ausnahme des Stanznietens wird bei allen Nietverfahren eine Bohrung in die zu verbin-



Nieten von Aluminiumprofilen



Arbeitsprinzipien verschiedener Nietverfahren

denden Bauteile eingebracht, durch welche dann der Niet hindurchgeschoben und anschließend das überstehende Ende so verformt wird, dass eine sichere Verbindung entsteht. Im Gegensatz zu Schraubverbindungen können Nietverbindungen nicht zerstörungsfrei gelöst werden, haben dafür aber den Vorteil, dass kein Gewinde in die Bauteile eingebracht werden muss. Ein weiterer Vorteil von Nietverbindungen ist, dass eine Qualitätsprüfung rein optisch ohne aufwendige Messtechnik möglich ist. Nachteilig ist ihre Korrosionsanfälligkeit, die die Wahl geeigneter Werkstoffe und einen Schutz beispielsweise durch Lackieren erforderlich macht.

Schrauben

Lösbare Verbindungen werden bei Aluminiumteilen wie bei anderen Werkstoffen auch mit Schrauben beziehungsweise Schrauben und Muttern ausgeführt. Bei der Wahl des Schraubenwerkstoffes sind neben Festigkeit und Beständigkeit die Wärmeausdehnungszahlen der Materialien zu berücksichtigen. Besonders geeignet sind Schrauben aus Aluminiumlegierungen und aus austenitischen Chromnickelstählen. Zur Vermeidung von Spaltkorrosion ist ein schützender Anstrich oder der Einsatz von Schrauben mit Dichtpaste empfehlenswert.

Fügen durch Umformen

Das Fügen durch Umformen bietet wirtschaftliche Vorteile, weil bei einer Reihe von Verfahren keine Verbindungselemente benötigt werden und die Verfahren mit einfachen Werkzeugen und Maschinen ausgeführt werden können. Zum Teil sind diese Verfahren auch zum Fixieren von Fügeteilen beim Kleben und Löten geeignet.

Umformverbindungen können durch Falzen, Sicken, Einhalsen, Aufweiten, Bördeln, Körnen, Kerben, Verlappen, Vernieten, Einspreizen, Umschließen oder Einrollen hergestellt werden. Auch das Verbinden von Bauteilen durch die Umformung spezieller Verbindungselemente ist möglich.

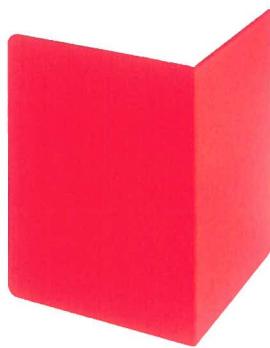
Ein besonders interessantes Verfahren ist das **Durchsetzfügen**. Hierbei wird eine unlösbare Verbindung überlappt angeordneter Bleche durch eine lokale Kaltumformung mit einem aus Stempel und Matrize bestehenden



Aluminium-Interieur
Rot hochglänzende Alu-
miniumverbundplatten,
verarbeitet zu Wand-, Tür-
und partieller Decken-
verkleidung für ein anspre-
chend exklusives Design.
Eine spezielle Befesti-
gungstechnik auf Rahmen
aus Aluminiumprofilen
verbindet die einzelnen
Bauelemente mit nahezu
unsichtbaren Fugen.



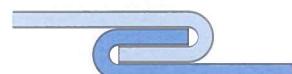
Dekorative Elemente
Für ein glanzvolles
Ambiente sorgen speziell
auf das Projekt abgestimm-
te, dekorative Oberflächen,
mit denen sich viele Ideen
in den Bereichen Möbelbau
und Interior Design reali-
sieren lassen.



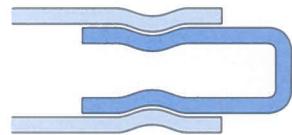
**Hohe Qualität,
einfache Verarbeitung**
Die Fräskantentechnik,
ermöglicht die Herstellung
von Formteilen verschie-
denster Art und Größe mit
geschlossener Oberfläche.

Exklusiver Trendfriseur, St. Petersburg

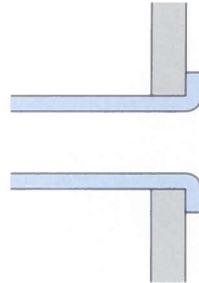
Aluminiumkomponenten: Alcan Composites – Alcan Singen GmbH, Singen
Design: Shop-Designer



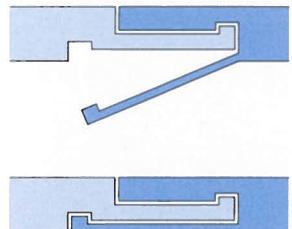
Falten



Sicken

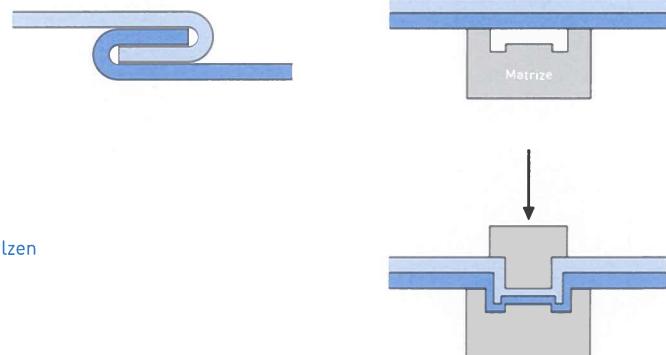


Bördeln



Umschließen

Werkzeugsatz hergestellt. Voraussetzung hierfür ist eine beidseitige Bauteilzugänglichkeit, eine Mindestgröße der Überdeckungsflächen, eine geeignete Blechdicke und ein geeignetes Blechdickenverhältnis sowie die Verwendung gut umformbarer Werkstoffe. Das Durchsetzfügen ist ein kostengünstiges Verfahren mit einer Reihe von



Arbeitsprinzip des Durchsetzfügens

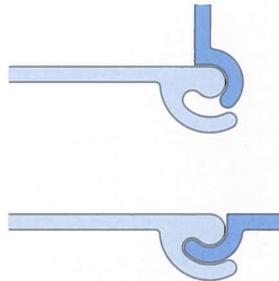
prozessbedingten Vorteilen. Die Bauteile benötigen keine zusätzliche Oberflächenbehandlung, vorhandener Korrosionsschutz bleibt erhalten und eine zusätzliche Konserverung ist nicht erforderlich. Das Materialgefüge bleibt unbeeinflusst und es entsteht kein Verzug. Das Verfahren arbeitet ohne Gas- und Dampfemissionen und benötigt weder Zusatzstoffe noch Hilfsfügeteile. Eine Qualitätskontrolle ist durch einfache Sichtprüfung möglich. Nachteilig ist die in der Regel fehlende Dichtigkeit gegenüber Gasen und Flüssigkeiten, die nur mit speziellen Sonderverfahren erzielt werden kann. Die an den Fügepunkten entstehenden Erhebungen und Vertiefungen schränken die Einsetzbarkeit des Durchsetzfügens für Bauteile im Sichtbereich weitgehend ein.

Fügen mit Steck-, Schnapp- und Klemmverbindungen

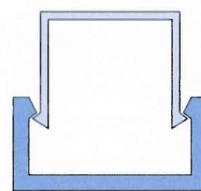
Insbesondere Strangpressprofile können mit unterschiedlichen Verfahren quer zur Pressrichtung verbunden werden. **Steckverbindungen** können durch die mechanische, umformfreie Verklammerung starr oder gelenkig



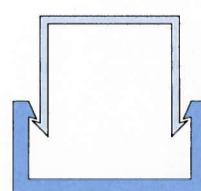
Steckverbindung, starr und gelenkig



Einhängeverbindung



Lösbare Schnappverbindung



Nicht lösbare Schnappverbindung

hergestellt werden. **Einhängeverbindungen** sind durch eine Drehbewegung hergestellte mechanische Verklammerungen. **Schnappverbindungen** werden durch Einrasten freier, mit Verdickungen versehener Schenkel hinter Vorsprüngen oder Verzahnungen eines Gegenprofils geschlossen.

Darüber hinaus können Schrumpfverbindungen, Klemm- und Spreizverbindungen sowie Klemmverbindungen bei Rohren realisiert werden.

Verbinden von Aluminium mit anderen Werkstoffen

Verbindungen zwischen Aluminium und anderen Werkstoffen können mit vielen der bereits beschriebenen Verfahren hergestellt werden. Dabei sind die spezifischen Eigenschaften der Gegenwerkstoffe ebenso zu beachten wie mögliche Korrosionsrisiken durch chemische Angriffe, Kontakt- oder Spaltkorrosion.

Verbundwerkstoffe von Aluminium und Stahl, Chromnickelstahl oder Kupfer können am Besten durch Walzplattieren hergestellt werden. Rohre und Drähte können ziehplattiert werden.



Unverwüstlich

Der PicNik wird aus einer 10 mm dicken, chromatierten und lackierten Aluminium-Standardplatte hergestellt. Die spezielle Oberflächenveredelung gewährleistet einen problemlosen Einsatz im Innen- und Außenbereich.



Tisch-Sitz-Kombination PicNik

Design: Dirk Wynants, Xavier Lust

Konstruieren mit Aluminium

Leichtbau als Konstruktionsprinzip

Die Zielsetzung bei jeder konstruktiven Aufgabe ist es, eine Lösung zu entwickeln, die technisch und funktionell optimal ist und sich unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten effizient realisieren lässt. Leichtbaukonstruktionen streben daher die bestmögliche Betriebsfestigkeit und Betriebssicherheit bei geringstmöglicher Baumasse an. Grenzen werden vor allem durch die Produkt sicherheit und die Wirtschaftlichkeit gesetzt. Entscheidend für einen effektiven Leichtbau sind die Werkstoffauswahl und die konstruktive Gestaltung.

Im Hinblick auf die **Konstruktionsweise** kann zwischen verschiedenen Bauformen unterschieden werden:

- **reine Profilbauweise** (Fensterbau, Fassadenbau, Gerüstbau etc.)
- **reine Blechbauweise** (Behälter, Tanks, Verpackungen, Fassadenverkleidungen, Bedachungen etc.)
- **kombinierte Halbzeugbauweise** mit Profilen, Blechen, Guss- und Schmiedestücken (Fahrzeugbau, Flugzeugbau, Maschinenbau etc.)
- **Blech-Profil-Differentialbauweise**, bestehend aus Gerippe (Profile), Haut (Bleche) und Versteifungselementen (Profile)
- **Integralbauweise** mit großflächigen Bauelementen (Strangpressprofile / formgefräste Integralplatten) mit integrierten Versteifungen (Schienenfahrzeugbau, Nutzfahrzeugbau etc.)

- **Verbundbauweise** mit Verbundplatten artgleicher oder verschiedenartiger Werkstoffe
- **Sandwichbauweise** mit Sandwichplatten (dünne Bleche mit Stützkern aus unterschiedlichen Materialien)

Bei der **Auswahl der geeigneten Werkstoffe** müssen alle Werkstoffkennwerte zusammenwirkend in ihrer Gesamtheit betrachtet werden. Dabei gilt es eine Reihe von Kriterien zu berücksichtigen: Festigkeit, Zähigkeit, Temperaturverhalten, Wärmeleitfähigkeit, Korrosionsverhalten, Verschleiß, Be- und Verarbeitungseigenschaften, Umformbarkeit, geeignete Füge-, Oberflächentechniken und andere.

Strangpressprofile

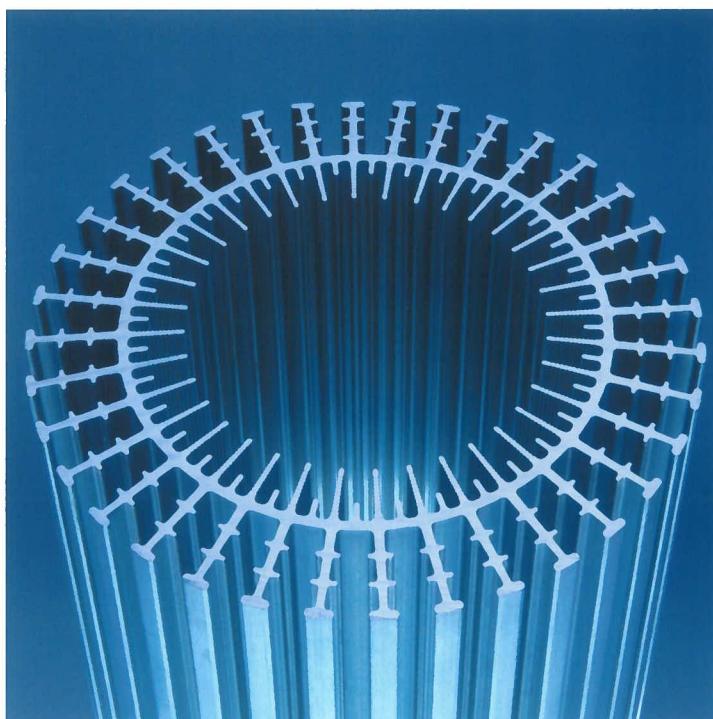
Strangpressprofile sind ein wesentliches Bauelement für das Konstruieren mit Aluminium. Aufgrund ihrer vielfältigen, individuell konzipierba

ren Formen und Querschnitte eröffnen sie dem Konstrukteur einen sehr großen Gestaltungsspielraum. Aufgabe des Konstrukteurs ist es, durch die Integration geeigneter Formelemente möglichst viele Funktionen in einem Querschnitt zu vereinigen, um auf diese Weise weitere Fertigungsschritte und Fügeoperationen zu vermeiden. Strangpressprofile sind technisch hochwertig und können sehr wirtschaftlich hergestellt werden.

Das Konstruieren mit Strangpressprofilen bietet eine Reihe wichtiger Vorteile. Verschiedene Funktionen, die beispielsweise im Stahlbau nur durch eine kombinierte Blech- und Profilbauweise erreicht werden können, können in ein Bauelement integriert werden. Profile können belastungs- und funktionsgerecht gestaltet, an den Kraftfluss angepasst und nach statischen Erfordernissen ausgelegt werden. Großquerschnitte und flächenartige,

integral versteifte Bauelemente mit sehr großen, ungeteilten Baulängen sind möglich. Strangpressprofile eignen sich hervorragend für kerbarme Konstruktionen, ihr Fasergefüge ist in Pressrichtung nicht unterbrochen, sie weisen keine störenden Walzschrägen auf und müssen aufgrund von relativ engen Toleranzen bei der Herstellung meist nicht nachbearbeitet werden. Das Strangpressen ermöglicht eine Abstufung von Querschnittsanteilen mit günstigen Querschnittsübergängen, das Anformen von Schweißfugen, Anlageflächen, Schraubkanälen, Einschraubnuten und Verbindungselementen beispielsweise für Schnapp- oder Scharnierverbindungen.

Die maximalen Abmessungen für Strangpressprofile werden durch die Auslegung der Pressmaschinen bestimmt. So beträgt der größtmögliche Profilquerschnitt derzeit etwa 25.000 mm², wobei dieser bei runden Werkzeugen in einer Fläche von maximal 490 mm Durchmesser liegen muss. Bei rechteckigen Werkzeugen liegt die maximale Fläche bei 600 x 180 mm. Die Länge von Strangpressprofilen ist theoretisch unbegrenzt, da kontinuierlich arbeitende Verfahren möglich sind. Wirtschaftlich sinnvoll sind Profillängen bis ca. 60 m. Sehr kleine Profilquerschnitte sollten nicht weniger als 10 mm² betragen.



Aluminium-Strangpressprofil

Vielfältiges Angebot

Der Metallhandel und die Aluminium-Halbzeugwerke stellen eine große Palette an **Standardprofilen** zur Verfügung. Das Spektrum reicht



Modulare Raumbildung

Ein einfaches Grundraster aus natureloxierten Aluminiumprofilen und -rohren ermöglicht Räume in unterschiedlichen Abmessungen und Ebenen.



Einfache Verbindung

Querträger werden über passende Aufnahmen am Kopfende an vormontierten Keilen an den Stützen eingehängt und damit kraftschlüssig verbunden.



Doppelstockböden

Die Montage von Doppelstockböden erfolgt völlig werkzeuglos. In die Trägernuten eingehängte Podestwinkel tragen den Boden aus Multiplexplatten.

Messebausystem Leitner L12

Hersteller: Leitner GmbH, Waiblingen
Design: Leitner GmbH, Waiblingen

von geschlossenen Vollprofilen (Rundstangen, Rechteckstangen, Prismastangen, Flachprofile etc.) über einfache offene Vollprofile (L-, U-, T-, I-Profile) und Halbhohlprofile bis zu Hohlprofilen mit einfachen Querschnitten (Rundrohre, Vierkantrohre etc.).

Verschiedene Hersteller bieten **Profilsysteme** für unterschiedlichste konstruktive Anforderungen an. Systemprofile finden im Fenster-, Türen- und Fassadenbau, im Maschinen- und Apparatebau, im Messe- und Ladenbau und in anderen Bereichen vielfältige Anwendungen.

Die Herstellung individuell gestalteter **Sonderprofile** ist aufgrund der vergleichsweise niedrigen Werkzeugkosten für das Aluminium-Strangpressen schon bei relativ kleinen Mengen wirtschaftlich möglich. Dabei hängen die Produktionskosten auch mit der ökonomischen Gestaltung der Profilquerschnitte zusammen. Besonders wirtschaftlich herzustellen sind Profile mit kleinem Kreisquerschnitt, symmetrischer Formgebung, einheitlichen Wandstärken und einfachen, weichen Linien mit gerundeten Ecken. Vermieden werden sollten dagegen tiefe und schmale Kanäle.

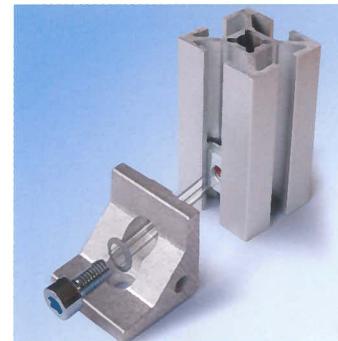
Profile verbinden

Strangpressprofile können mit allen für Aluminiumbauteile gebräuchlichen Fügetechniken verbunden werden. Einige Verfahren sind besonders geeignet, da die notwendigen Verbindungselemente in den Profilquerschnitt integriert werden können.

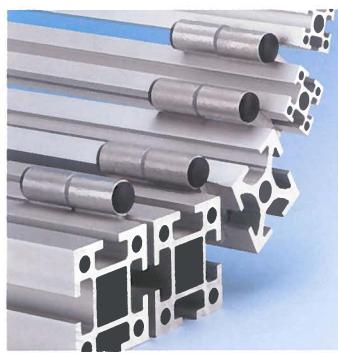
Schraubverbindungen können mithilfe integrierter Schraubkanäle einfach und schnell hergestellt werden. Hierbei werden die Schrauben



Profil mit Schraubkanal



Schraubverbindung mit Winkel



Scharnierverbindungen



Teleskopverbindungen

entweder direkt in einen Schraubkanal eingedreht oder in einen in das Profil eingeschobenen Bolzen oder eine Mutter verschraubt.

Schnappverbindungen

können über flexible Profilelemente realisiert werden. Von der Ausprägung der Einrastelemente (Haken, Vertiefungen, Stege etc.) ist es abhängig, ob diese Verbindungen lösbar oder unlösbar sind. Schnappverbindungen können auch mit einem separaten, am Profil befestigten Clip hergestellt werden. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Verbindungen häufig gelöst werden müssen.

Teleskopverbindungen sind mit zwei ineinander geschobenen Profilen realisierbar. Die oftmals stufenlos einstellbare Fixierung der Profile gegeneinander erfolgt mithilfe von Schraub-, Einrast- oder Schnappmechanismen. Frei bewegliche Teleskopverbindungen können mit zusätzlichen Gleitprofilen oder Rollen aus Kunststoff hergestellt werden.

fügen oder durch Zusammensetzen mittels Endplatten realisierbar.

Spezielle **Profilkanäle** oder **Stege** sind bei Verbindungen mit anderen Werkstoffen wie Holz, Glas oder Edelstahl sinnvoll. Scheiben, Platten, Bretter oder Bleche können in Profilkanäle eingelegt und wenn notwendig mit Hilfsprofilen aus Gummi oder Kunststoff fixiert werden. Verbindungen mit Holz sind über speziell geformte Stege („Weihnachtsbaum“), schraubbare Clips oder Schnappvorrichtungen ökonomisch herzustellen.

Profile bearbeiten

Profile können vom Querschnittsdesign so gestaltet werden, dass sich die nachträgliche Bearbeitung auf ein Minimum beschränkt. Grundsätzlich sind alle für Aluminium geeigneten Bearbeitungstechniken auch mit Strangpressprofilen durchführbar. Eine einzigartige, sehr leistungsfähige Technik stellt das **Hydro-forming** von Hohlprofilen dar. Hierdurch können komplexe Bauteile mit variierenden Querschnitten in nur einem einzigen Arbeitsschritt produziert werden.

Oberflächengestaltung

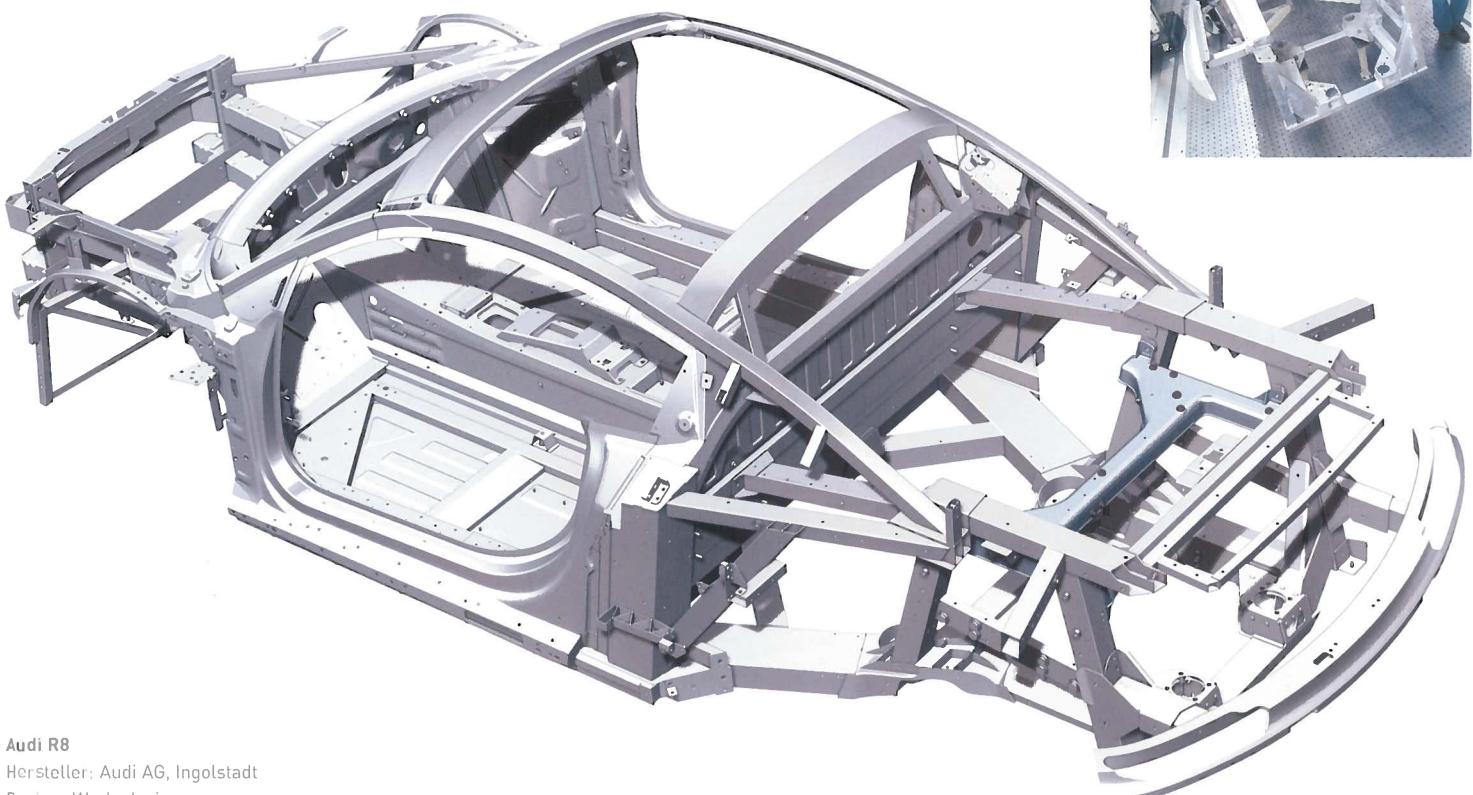
Das Strangpressen ermöglicht die Herstellung von dekorativen Oberflächenstrukturen wie Rippen oder Kanälen. Auf diese Art strukturierte Oberflächen können genutzt werden, um prozesstechnisch bedingte, undekorative Zonen zu kaschieren oder um Fügestellen zu verstecken. Darüber hinaus können sie auch zum Schutz gegen Oberflächenbeschädigungen beitragen. Strangpressprofile können problemlos anodisch oxidiert, pulver-



Karosserieflächen
Aluminiumbleche

Aluminiumräder

Space-Frame-Technologie
Die Karosserie des Fahrzeugs besteht aus Strangpressprofilen, Blechen und Gussstücken, die auf unterschiedliche Weise – Schweißen, Stanznieten, Schrauben und Kleben – miteinander verbunden werden.

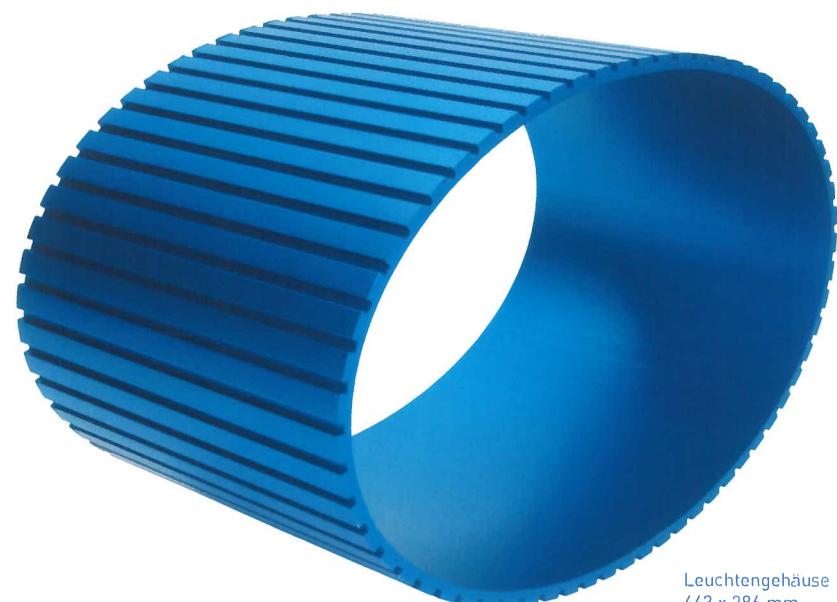
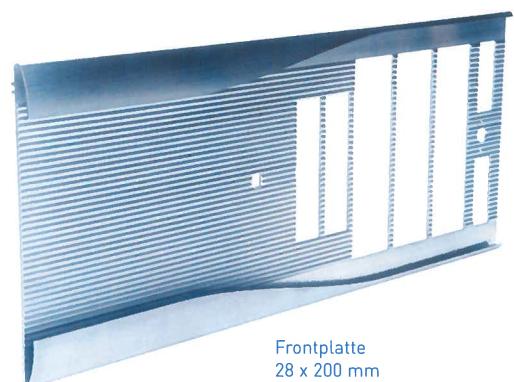
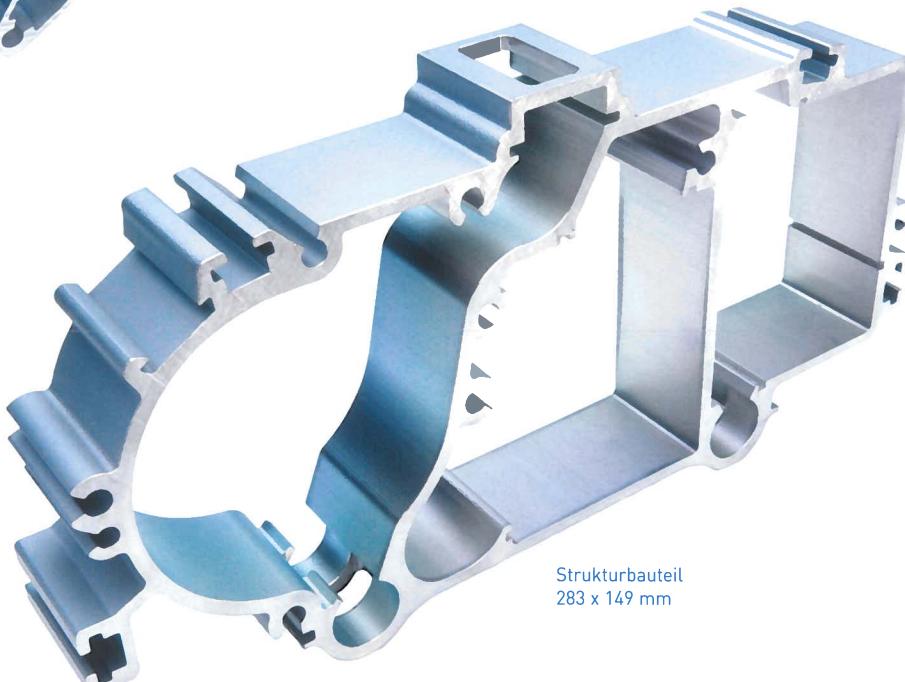


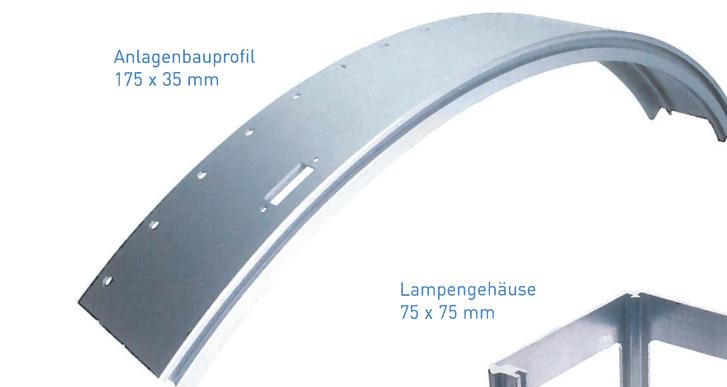
Audi R8

Hersteller: Audi AG, Ingolstadt
Design: Werksdesign

Strangpressprofile aus Aluminium

Strangpressprofile können in vielfältigsten Querschnitten mit Querschnittsflächen etwa zwischen 10 und 25.000 mm² und Längen von bis zu 60 m wirtschaftlich hergestellt werden.





beschichtet oder auf andere Art und Weise oberflächenbehandelt werden.

Einsatz für besondere Anwendungen

Aufgrund der typischen Werkstoffeigenschaften von Aluminium und den vielfältigen Möglichkeiten bei der Querschnittsgestaltung eignen sich Strangpressprofile hervorragend für den Einsatz in der Kälte- und Wärmetechnik. Stark rippenförmig ausgeformte Profile verfügen über sehr große Oberflächen und somit über eine ausgezeichnete Wärmeleitkapazität, die vor allem in Wärmetauschern effizient genutzt werden kann. Die sehr gute Temperaturbeständigkeit des Materials bei niedrigen Temperaturen prädestiniert Strangpressprofile auch für den Einsatz in Kühlgeräten. Eine weitere interessante Option ist der Einsatz von Profilen mit Hohlkanälen zur Aufnahme von Kabeln und Leitungen, oder zum Transport von Flüssigkeiten.

Aluminium-Walzprodukte

Aluminium-Walzprodukte wie Bleche, Bänder, Verbund- und Sandwichplatten, profilierte Bleche, Dessinbleche, Blechprofile und Blechformteile werden in vielfältiger Form in einer Reihe von Anwendungsbereichen eingesetzt. Die wichtigsten Anwendungsbereiche sind der Fahrzeug- und Flugzeugbau, das Bauwesen und der Ingenieurbau. Walzprodukte eignen sich besonders für kombinierte Konstruktionsweisen in Verbindung mit Strangpressprofilen oder Formteilen.

Breites Produktpektrum

Der Metallhandel und die Aluminium-Hersteller bieten

eine große Auswahl von Massiv- und Verbundprodukten an, die in der Regel mit einer breiten Palette von Oberflächengestaltungen erhältlich sind. Das Spektrum reicht von farblos oder farbig eloxierten über pulverbeschichtete und lackierte bis hin zu walzdessinierten und mechanisch bearbeiteten Oberflächen.

Standardbleche sind in unterschiedlichen Dicken in Abmessungen bis zu 1500 x 3000 mm verfügbar. Die Spezifikationen von rollgeformten Blechen wie Well- oder Trapezprofilen variieren je nach Hersteller. Dasselbe gilt für das vielfältige Angebot an Blech-Bausystemen für Fassaden, Dächer und Wände.

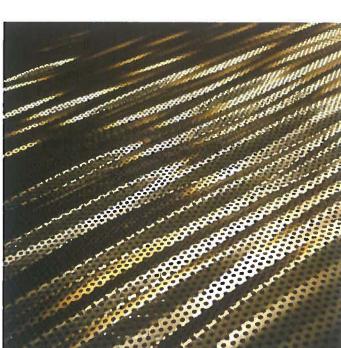
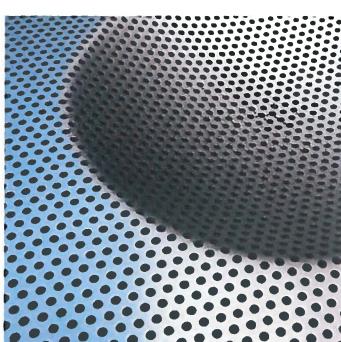
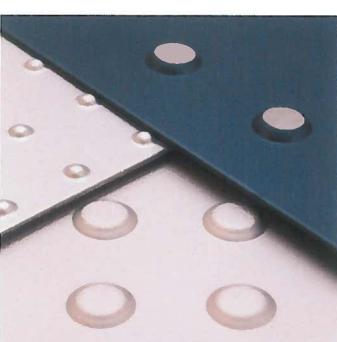
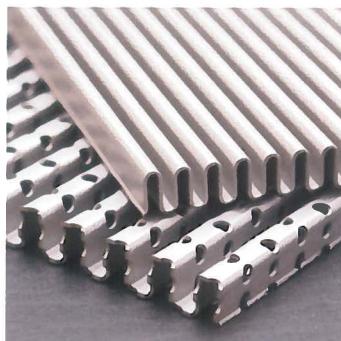
Neue Produktionstechnologien ermöglichen die Herstellung von **Aluminiumplatten**



mit frei programmierbaren Geometrien. Auf diese Weise können nach individuellen Kundenwünschen gestaltete Steg-, Struktur-, Profil-, Relief- oder Formplatten realisiert werden.

Gewichtsreduzierung durch Leichtbauplatten

Aluminium-Leichtbauplatten in Verbund- oder Sandwichbauweise zeichnen sich durch ein im Vergleich zu massiven Aluminiumplatten mit gleicher Festigkeit erheblich geringeres Gewicht aus. Leichtbauplatten bestehen in der Regel aus zwei relativ dünnen Deckblechen mit einem eingelagerten Kern unterschiedlicher Dicke. Je nach Beschaffenheit des Kerns kann man folgende Plattenarten unterscheiden:



Aluminiumplatten mit individuell gestalteten Geometrien.

Leichtbauplatten mit Kunststofffolienkern

- Kern aus Polyethylenfolie, 0,2 mm dick
- Standardabmessungen BxLxH: 1540 x 3000 x 1,2 bis 2,0 mm

Leichtbauplatten mit Kunststoffkern

- Kern aus Polyethylen, 2,0 bis 6,0 mm dick
- Standardabmessungen BxLxH: 1000 bis 1500 x 6250 x 2 bis 6 mm

Leichtbauplatten mit mineralischem Kern

- Kern aus Aluminiumhydroxid mit polymeren Bindemitteln, 2 bis 6 mm dick
- Standardabmessungen BxLxH: 1000 bis 1500 x 6250 x 2 bis 6 mm

Leichtbauplatten mit Wellblechkern:

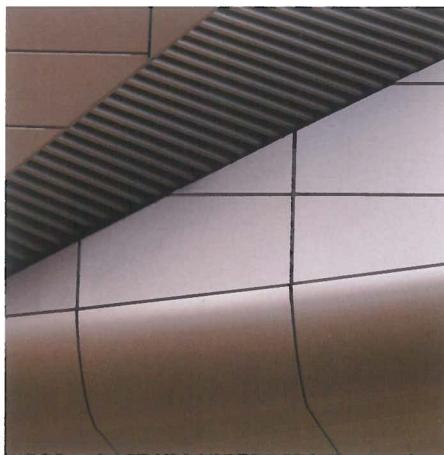
- Kern aus Aluminium-Wellblech, 5 bis 10 mm dick
- Standardabmessungen BxLxH: 1500 x 3000 x 10 mm
- kontinuierliches Fertigungsverfahren ermöglicht sehr große Plattenlängen
- nur ein Werkstoff, sehr gut recyclebar

Leichtbauplatten mit Wabenfolienkern

- Kern aus wabenförmig strukturierter Aluminiumfolie, 2 bis 88 mm dick
- Standardabmessungen BxLxH: 1250 bis 1500 x 2440 x 2 bis 88 mm
- Längen bis zu 9000 mm möglich
- nur ein Werkstoff, sehr gut recyclebar

Leichtbauplatten mit Aluminiumschaumkern

- Kern aus Aluminiumschaum, 9 bis 80 mm dick
- Standardabmessungen BxLxH: 1350 x 1700 x 9 bis 80 mm
- 1 oder 2 Deckbleche



Brillante Oberfläche

Die Kassettenfassade des Gebäudes ist mit 3,0 mm dicken Aluminium-Blechen in hochwertiger Elokalqualität realisiert worden. Die stückeloxierten Bleche behalten nach der Anodisierung ihr ausgeprägt metallisches Aussehen, sind lichtecht und farbtongleich. Die Unterkonstruktion der Fassade besteht aus abgekanteten Aluminiumprofilen.

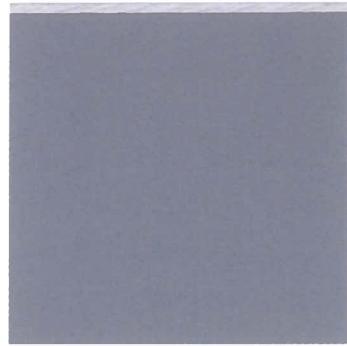


Innovative Umformtechnik

Die Aluminium-Segmente für die Gebäudecken wurden durch Explosionsverformung in ihre dreidimensionale Form gebracht.

Leichtbauplatten aus Aluminium

Die Abbildungen zeigen exemplarisch typische Bauformen von Aluminium-Leichtbauplatten. Die meisten Plattentypen sind in unterschiedlichen Stärken und mit verschiedenen Oberflächen erhältlich.



Aluminiumplatte, massiv



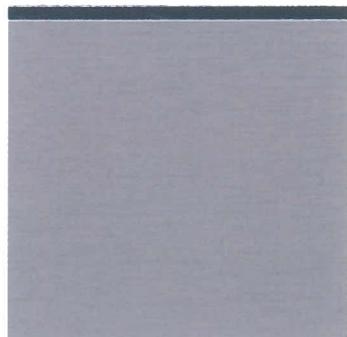
Aluminiumplatte, massiv



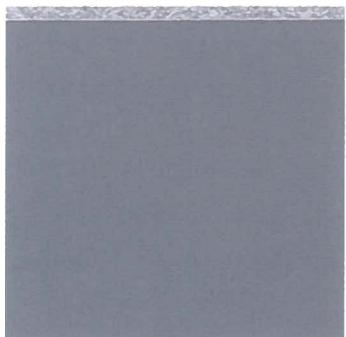
Aluminimsandwichplatte,
Folienkern



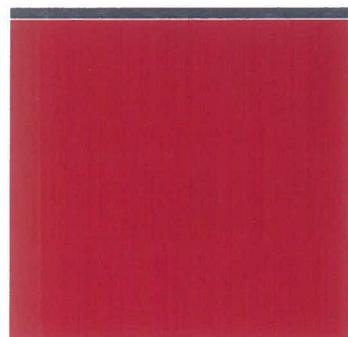
Aluminiumsandwichplatte, gebürstet,
Kunststoffkern schwarz



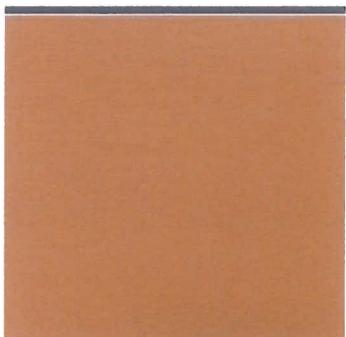
Aluminiumsandwichplatte, gebürstet,
Kunststoffkern schwarz



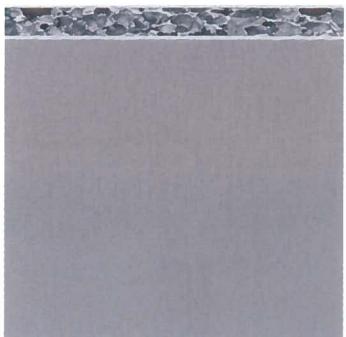
Aluminiumsandwichplatte,
Kunststoffkern grau-weiß



Aluminiumsandwichplatte, rot,
Kunststoffkern schwarz



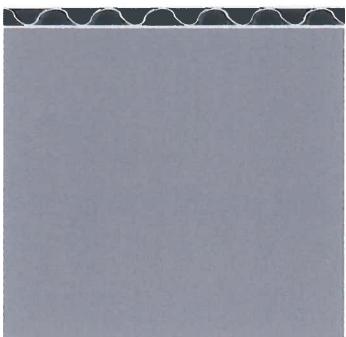
Aluminiumsandwichplatte, gold
Kunststoffkern schwarz



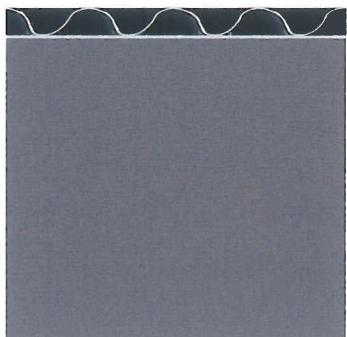
Aluminiumsandwichplatte,
Aluminiumschaumkern



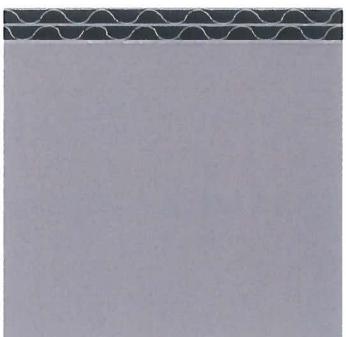
Aluminiumwellplatte,
einseitig geschlossen



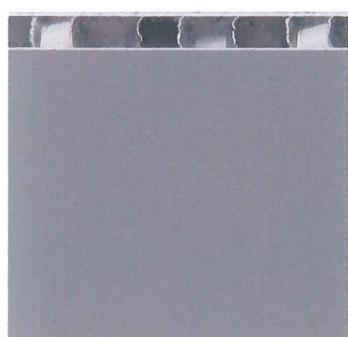
Aluminiumwellplatte,
beidseitig geschlossen



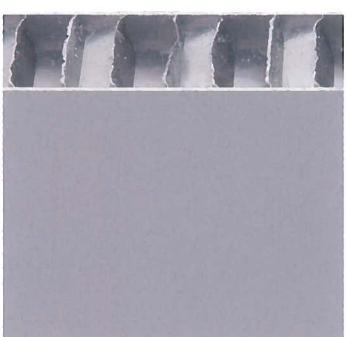
Aluminiumwellplatte,
beidseitig geschlossen



Aluminiumwellplatte, doppelt,
beidseitig geschlossen



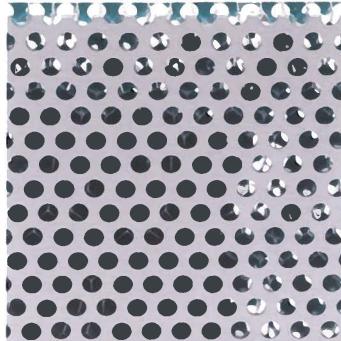
Aluminiumwabenplatte



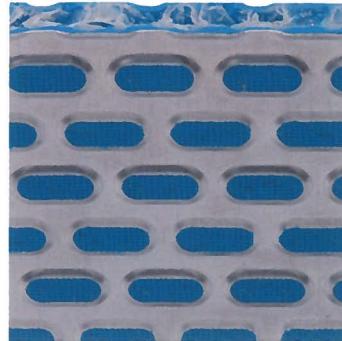
Aluminiumwabenplatte



Aluminiumwabenplatte, dessiniert



Aluminiumwabenplatte, gelocht



Aluminiumplatte, gestanzt mit Kunststoffkern



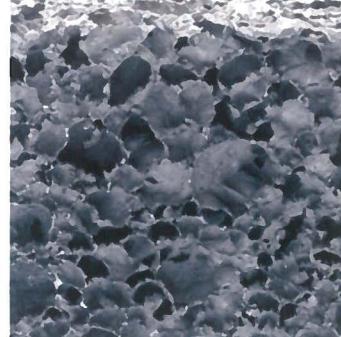
Aluminiumschaumplatte, unbearbeitet



Aluminiumschaumplatte, marmoriert



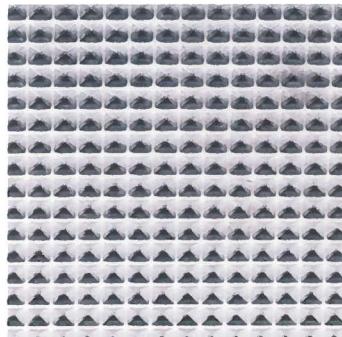
Aluminiumschaumplatte, pulverbeschichtet



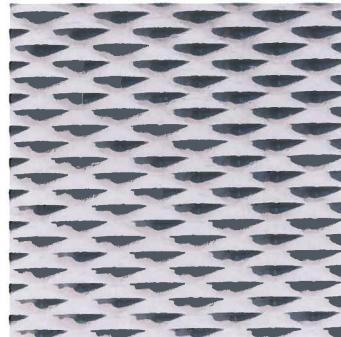
Aluminiumschaumplatte, gesägt

Dessinplatten aus Aluminium

Die Abbildungen zeigen eine Auswahl typischer Dessins von Aluminiumplatten. Viele weitere Gestaltungen sind möglich. Dessinplatten sind in unterschiedlichen Stärken erhältlich.



Aluminiumstrukturplatte



Aluminiumstrukturplatte



Aluminiumstrukturplatte



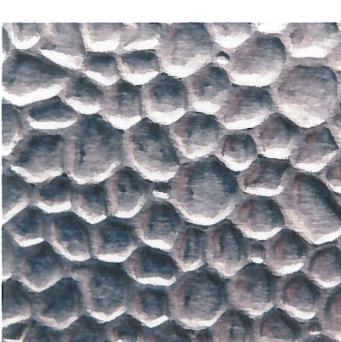
Aluminiumstrukturplatte



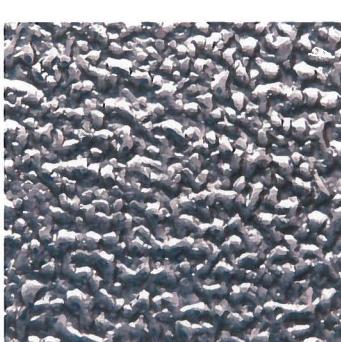
Aluminiumstrukturplatte



Aluminiumstrukturplatte



Aluminiumstrukturplatte



Aluminiumstrukturplatte

- nur ein Werkstoff, sehr gut recyclebar

Leichtbauplatten in Verbund- oder Sandwichbauweise bieten dem Konstrukteur einige besondere Gestaltungsmöglichkeiten. So können durch das einseitige Auffräsen des Deckbleches und des darunter liegenden Kernmaterials Hohlräume geschaffen oder Kantlinien ausgearbeitet werden.

Neben den Leichtbauplatten in Verbund- oder Sandwichbauweise gibt es auch Leichtbauplatten aus reinem Aluminiumschaum. Die offenen oder durch eine Gusskaut geschlossenen Oberflächen dieser Platten können durch Bürsten oder Sandstrahlen mechanisch bearbeitet, pulverlackiert oder mit Kunststoffmaterialien beschichtet werden. Die Platten werden derzeit mit einer maximalen Abmessung von BxLxH 1350 x 1700 x 9 bis 80 mm gefertigt.

Aluminium-Formteile

Durch die Formgebungsverfahren Gießen, Schmieden und Sintern können sehr komplexe Bauteile aus Aluminium mit genau definierten Werkstoffeigenschaften hergestellt werden. Die Auswahl des für die jeweiligen Produktanforderungen geeigneten Verfahrens sollte in jedem Fall in enger Zusammenarbeit mit einem Verfahrensfachmann erfolgen.



Gegossenes Aluminiumformteil

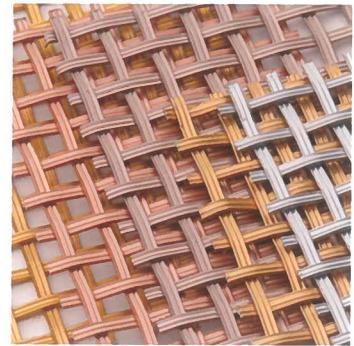
Die Formgebung durch Gießen, Schmieden oder Sintern ist immer dann sinnvoll, wenn das angestrebte Bauteildesign durch Strangpressen oder Walzen und Umformen mit anschließender Bearbeitung nicht oder nur zu unwirtschaftlichen Bedingungen erreicht werden kann.

Das Gießen stellt mit den Verfahren Druckguss, Kokillenguss und Sandguss die vielseitigste Technik dar. Es bietet eine Reihe für den Konstrukteur nützlicher Vorteile: Konstruktive Elemente wie Bohrungen für Schraubverbindungen, Innengewinde oder Leitungen können eingegossen werden. Ebenso Einlagen verschiedenster Art wie Bolzen, Stifte, Magnete, Rohre oder Muttern. Die Integration von dekorativen oder funktionellen Oberflächenelementen wie Texten, Firmen- oder Warnzeichen, Verzierungen oder Rillungen ist möglich. Gussteile können mit verschiedenen Verfahren mechanisch bearbeitet, oberflächenbehandelt und gefügt werden.

Das Schmieden von Formteilen ist im Vergleich zum Gießen aufgrund der höheren Werkzeugkosten in der Regel wirtschaftlich schwerer zu realisieren. Dennoch kann das Schmieden für bestimmte Konstruktionsbauteile ein geeignetes Verfahren sein. Schmiedestücke zeichnen sich insbesondere durch sehr hohe Festigkeiten aus. Daher finden sie vor allem bei hochbeanspruchten Sicherheitsteilen beispielsweise in der Fahrzeug- und Luftfahrtindustrie Anwendung.

Gesinterte Werkstücke weisen die gleiche Maßgenauigkeit auf wie Gussstücke. Sie sind aufgrund ihres Porenanteils aber leichter als gleich große,

durch Gießen oder Drehen hergestellte Teile und weisen häufig höhere Festigkeiten auf. Darüber hinaus lassen sich pulvermetallurgisch höhere Anteile an Legierungselementen im Aluminium realisieren als auf schmelzmetallurgischem Wege möglich sind.



Verschieden farbige Gittergewebe aus eloxiertem Aluminium-Flachdraht

Aluminiumschaum

Aluminiumschaum ist für den Konstrukteur immer dann eine interessante Alternative, wenn es um hohe Festigkeit, hohes Absorptionsvermögen gegenüber Stoßbelastungen oder gute Dämm- und Abschirmeigenschaften bei gleichzeitig extremer Leichtigkeit geht. Aluminiumschaum kann zum Ausfüllen von Hohlräumen, als Kern von Leichtbauplatten oder als reine Schaumplatte eingesetzt werden. Das offen- oder geschlossenporige Material kann ähnlich wie Holz bearbeitet werden und bietet eine außergewöhnliche Oberflächenoptik.



Produkt Aluminiumschaum

Aluminium harmoniert mit vielen Werkstoffen

Aufgrund der vielfältigen Erscheinungsformen seiner Oberfläche kann Aluminium mit vielen anderen Werkstoffen wie Glas, Holz, Textilien, Kunststoffe, Metalle, Papier, Sand oder Stein harmonisch kombiniert werden. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass bei der Kombination mit anderen Metallen die Gefahr der Kontaktkorrosion besteht. Hier muss durch geeignete Schutzverfahren Vorsorge getroffen werden. Ebenso kann die Auswahl besonders geeigneter Aluminiumlegierungen zur Problemvermeidung bei Werkstoffkombinationen beitragen.



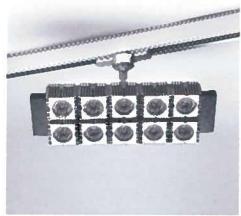
Aluminium, Holz und Textilgewebe

Drahtprodukte

Aluminiumdraht mit Durchmessern von 0,01 bis 3,0 mm kann in Form von Gittern oder Geweben in vielen Konstruktionsbereichen in Design und Architektur sowohl funktional als auch dekorativ eingesetzt werden. Aluminiumdraht kann auch zur Verstärkung in textile oder andere Gewebe eingearbeitet werden.



Aluminium und Kunststoff



Individuelle Gestaltung
Formen wie Linien, Flächen, Ringe oder Raster sind als Decken-, Wand- oder Pendelleuchten möglich.

Lichtbaustein

Der Omnio-2-Würfel, dessen sandgestrahltes und pulverbeschichtetes Aluminiumgehäuse im Druckguss hergestellt wird, ist als Baukasten konzipiert. Er ist einsetzbar als Einzelwürfel oder zusammengekoppelt zu Würfeleinheiten. Die Verbindung der Würfel erfolgt über Nutensteine aus Aluminium.

Integrierte Kühlung

Die Aluminium-Rippen der Einzelwürfel sorgen für eine optimale Wärmeableitung.

Produktkennzeichnung

Textelemente können im Aluminiumguss mit eingegossen werden.

Lichtwürfel Omnio 2

Hersteller: Spectral Gesellschaft für Lichttechnik mbH, Freiburg
Design: M. Kocks, P. H. Neuhorst

GDA – Der Aluminiumverband

Der Gesamtverband der Aluminiumindustrie – Interessenvertretung mit vielen Facetten

Der Gesamtverband der Aluminiumindustrie (GDA) ist die Vereinigung der Aluminium produzierenden und verarbeitenden Industriebetriebe in Deutschland. Der Verband verfügt, gemessen an der Produktion der deutschen Aluminiumindustrie, über einen Organisationsgrad von rund 96 Prozent. Gegründet wurde der GDA in seiner heutigen Form 1992 in Dresden.

Als Branchenverband vertritt der GDA die Interessen einer leistungsfähigen Aluminiumindustrie und deren Arbeitsplätze mit dem Ziel,

- die ökonomischen, ökologischen und technischen Vorteile des Werkstoffs Aluminium auch im Wettbewerb mit anderen Materialien zu kommunizieren und dadurch seinen Gebrauch zu fördern;
- die ökologischen, ökonomischen und sozialen Vorstellungen der Branche im Sinne der Nachhaltigkeit zu verwirklichen;
- den Weg zur Verwirklichung einer nachhaltigen, zukunftsgerechten Entwicklung in der Aluminiumindustrie und im Dialog mit der Öffentlichkeit zielstrebig fortzusetzen.

Als Branchenvertretung sucht der GDA den offenen Dialog mit allen gesellschaftlichen Gruppen, um die Transparenz und das Verständnis für den Werkstoff und die Produkte seiner Mitglieder bei Kunden und Verbrauchern zu fördern.

Der GDA und seine Fachverbände haben sich zur Aufgabe gesetzt, die gemeinsamen Interessen der Mitgliedsunternehmen und damit der gesamten Branche auf allen Gebieten der Aluminiumwirtschaft wahrzunehmen. Hierzu gehören das Zusammentragen und Aufbereiten von Marktinformationen und die Information über Gesetzesvorhaben auf nationaler und internationaler Ebene ebenso wie die Anwenderberatung und die Diskussion über das nachhaltige Handeln der Industrie. Zusätzlich betreibt der Verband Presse- und Öffentlichkeitsarbeit für die Branche.

Vielfältige Servicefunktionen für Mitglieder und externe Öffentlichkeit

Der Medienservice des GDA umfasst zahlreiche fachliche Schriften und Merkblätter, die anwendungsorientiert bei der Lösung technischer Probleme helfen. Darüber hinaus werden vielfältige Broschüren und audio-visuelle Medien erstellt, die die interessierte Öffentlichkeit allgemein verständlich rund um den Werkstoff Aluminium informieren. Die GDA-Bibliothek verfügt über tausende Fachbücher, Aufsätze, Fachartikel und Forschungsberichte zum Werkstoff Aluminium und ist für die Öffentlichkeit zugänglich.

Die Technische Beratung des GDA reicht von der kontinuierlichen Marktbeobachtung über die Anwendungsberatung bis hin zu Fragen, die die Normung und Werkstoffdaten betreffen.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Bildungsarbeit. Das Informationsangebot für Lehrkräfte aller Schularten umfasst praxisnahe Lehrermappen für den Schulunterricht sowie einen Lehrkoffer, der Lernhilfen und Anschauungsobjekte zum Werkstoff Aluminium enthält. Auf Bildungsmessen informiert der GDA regelmäßig über seine Schul- und Lehrmittelangebote. Außerdem bietet der GDA Bearbeitungslehrgänge für Schüler und Auszubildende an, anhand derer in den (Berufs-) Schulen die Bearbeitung des Leichtmetalls geübt werden kann. Diese Lehrgänge werden inklusive des benötigten Materials angeboten, sodass im Unterricht direkt mit dem Fräsen, Drehen oder der Blechbearbeitung begonnen werden kann.

Die positive Resonanz auf diese Aktivitäten bestärken den GDA darin, den eingeschlagenen Weg auch in Zukunft fortzusetzen.

www.aluinfo.de



Materialmix

Naturton-eloxierte Aluminiumstrangpressprofile und hochwertige Textilmaterialien bilden eine harmonische Einheit.

Relaxsessel

Aluminiumtechnik: Schüco Design, Borgholzhausen
Design: Stefan Heiliger, Frankfurt
Hersteller: Silla Sitzmöbel, Fernwald



Profiltechnik
Komplexe Gestaltung mit integrierter Funktionalität.



Biegetechnik
Präzise Formgebung durch CNC-gesteuerte Drei-Walzen-Biegetechnologie.

- AIDA Cruises, Rostock (1),
Alcan Singen GmbH, Singen – www.alcan.com (47, 58),
Aleris Aluminum Koblenz GmbH, Koblenz – www.aleris-koblenz.com (22, 29, 45),
Alulight International GmbH, Ranshofen, Österreich (59),
Alumina Limited, Melbourne, Australien (18),
Aluminium by Design, hrsg. von Gerald W. R. Ward, Carnegie Museum of Art, Pittsburgh, USA, 2000 (4, 6, 7, 9, 10, 11),
Aluminium, Das Metall der Moderne, hrsg. von W. Schäfke, T. Schleper, M. Tauch, Kölnisches Stadtmuseum, Köln, 1991 (5, 6, 7, 10),
Aluminium Oxid Stade GmbH, Stade – www-aos-stade.de (18),
Aluminium-Werke Wutöschingen AG & Co.KG, Wutöschingen – www.aww.de (24),
Alutecta GmbH & Co. KG, Kirchberg – www.alutecta.de (1, 36, 38, 40),
Audi AG, Ingolstadt (U4, 53, 60),
AutoGyro GmbH, Hildesheim (25),
Ball Packaging Europe Holding GmbH & Co. KG, Ratingen (22),
Bang & Olufsen a/s, Struer, Dänemark (U3),
Bernard Langerock, Düsseldorf (U4, 1, 10, 27, 29, 39, 40, 50, 54, 55, 58, 59, 60),
Boxal Sales GmbH, Bergheim – www.boxal.de (1, 24, 39),
Bulthaupt GmbH & Co. KG, Bodenkirchen (U2),
Burmester Audiosysteme GmbH, Berlin (U3),
Cassin Srl, Valmadrera, Italien (U3),
Cessna Aircraft Company, Wichita, USA (U2),
Corus Bausysteme GmbH, Koblenz – www.kalzip.de (U2, 37),
Daimler AG, Stuttgart (U3, 6, 8),
Designafairs GmbH, München (U4),
Deutsche Bahn AG, Berlin, Foto: Max Lautenschläger (35),
Deutsche Sisi-Werke GmbH & Co. Betriebs KG, Eppelheim (9, 39),
Deutsches Museum, München (5),
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln (6),
Dr. Lauck GmbH, Freiburg (40),
Durlum GmbH, Schopfheim (1),
EAFA European Aluminium Foil Association e.V., Düsseldorf (39),
ERCO Leuchten GmbH, Lüdenscheid (U4),
Euro-Composites S.A., Echternach, Luxemburg (59),
Exploform B.V., Lelystad, Niederlande (26),
Extremis, Gijverinkhove, Belgien (49),
Fielitz GmbH, Ingolstadt (40, 56),
Fronius International GmbH, Pettenbach, Österreich (44),
Garpa Garten & Park Einrichtungen GmbH, Escheburg (U3, 60),
Gatermann + Schossig, Köln, Fotos: Rainer Rehfeld (19),
GDA Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V., Düsseldorf (3, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 39, 42),
Gutmann Aluminium Draht GmbH, Weißenburg – www.gutmann.de (26),
Heli-Leichtgerüst AG, Blankenburg-Harz (59),
Hermann Gutmann Werke AG, Weißenburg – www.gutmann.de (42),
Honsel GmbH & Co. KG, Meschede – www.honsel.de (22, 28, 30),
HP Velotechnik GBR, Krifte (1),
Hydro Aluminium Deutschland GmbH, Köln – www.hydro.com (18, 22),
Hydro Building Systems GmbH, Ulm (41),
Interstuhl Büromöbel GmbH & Co. KG, Meßstetten-Tieringen (31),
Jaguar Deutschland GmbH, Schwalbach a. Ts. (U2),
Jura Elektroapparate AG, Niederbuchsiten, Schweiz (U4),
Leicht & Appel GmbH, Bad Gandersheim (11, 39),
Leitner GmbH, Waiblingen (51),
Loewe AG, Kronach (27),
Maschinenbau Kitz GmbH, Troisdorf (52),
Metabowerke GmbH, Nürtingen (1),
Metawell GmbH, Neuburg an der Donau (58),
Nokia GmbH, Düsseldorf (11),
Novelis Deutschland GmbH, Nachterstedt – www.novelis-nachterstedt.com (1, 57),
Otto Bock Healthcare GmbH, Duderstadt (23),
OTTO FUCHS KG, Meinerzhagen – www.otto-fuchs.de (1),
Porsche Design GmbH, Zell am See, Österreich (43),
Projektwerkstatt GmbH, Potsdam (39),
Rexam Beverage Can GmbH, Recklinghausen – www.rexam.com (U4, 26),
Rimowa GmbH, Köln (33),
Robert Bosch GmbH, Gerlingen (U2),
Royal Huisman Shipyard, Vollenhove, Niederlande (45),
Sanford GmbH, Hamburg (1),
Sapa Aluminium Profile GmbH, Offenburg – www.sapagroup.com (26, 34, 44, 46, 54, 55),
Schüco International KG, Bielefeld (U3, U4, 63),
Siemens AG, München (U3, 35),
Singapore Airlines Ltd, Frankfurt a. M. (29),
Siteco Beleuchtungstechnik GmbH, Traunreut (21),
SMA Technologie AG, Niestetal (11),
Sola Messwerkzeuge GmbH, Götzing, Österreich (1),
Sony Deutschland GmbH, Berlin (1),
Spectral Gesellschaft für Lichttechnik mbH, Freiburg (61),
Stark Elokal GmbH, Lottstetten (36),
TRIMET ALUMINIUM AG, Essen – www.trimet.de (18),
VAR Verband der Aluminiumrecycling-Industrie e.V., Düsseldorf (20),
Vitra GmbH, Weil am Rhein (9),
Wernal Profil Technik GmbH, Werl (50, 54, 55),
Westermann AG, Aarau, Schweiz (6),
Zweibrüder Optoelectronics GmbH, Solingen (U4)

Impressum

Herausgeber:

Gesamtverband der Aluminiumindustrie (GDA) e.V., Düsseldorf

Konzeption, Text und Gestaltung:

Kommunikation und Design Bernard Langerock, Düsseldorf

www.langerockdesign.de

Druck:

breuerdruck, Korschenbroich

2. Auflage 2008, 1.000 Exemplare

Printed in Germany

Aluminium für die Welt von morgen



GESAMTVERBAND DER
ALUMINIUMINDUSTRIE e.V.

Am Bonneshof 5
40474 Düsseldorf
Postfach 10 54 63
40045 Düsseldorf
Tel: 0211 - 47 96 - 0
Fax: 0211 - 47 96 - 410
information@aluinfo.de
www.aluinfo.de