

# Metallschaum wird industrietauglich

Ein Werkstoff mit besonderen Eigenschaften

John Banhart, Joachim Baumeister,  
Markus Weber

Während geschäumte Polymere weit verbreitet sind, ist die Bedeutung der geschäumten Metalle bisher gering. Ihre Dichte liegt bei einem Bruchteil derjenigen von massiven Metallen, während die Festigkeitswerte für viele Anwendungen immer noch ausreichen. Ähnlich wie geschäumte Kunststoffe wirken sie wärme- und schallisierend und können Stoßenergie absorbieren.

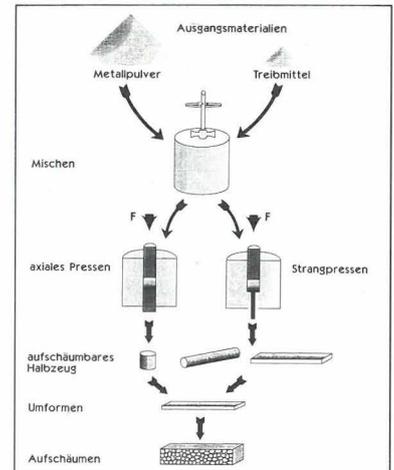
Ein Grund für den momentan geringen Bekanntheitsgrad der Metallschäume ist sicherlich in den Herstellungsverfahren zu sehen, die durchweg schwierig zu kontrollieren sind und somit zu nur mäßig reproduzierbaren Ergebnissen führten.

## Zur Herstellung

Ein vom IFAM entwickeltes pulvertechnologisches Verfahren hebt die bislang bestehenden Einschränkungen auf und erlaubt eine einfache Herstellung geschäumter Metallkörper (Bild 2). Der pulverförmige metallische Ausgangswerkstoff wird intensiv mit einem Treibmittel (z. B. Titanhydrid) gemischt. Die Mischung wird unter kontrollierten Bedingungen zu einem Halbzeug verdichtet und gegebenenfalls durch eine Umformung weiterverarbeitet. Die Verdichtung geschieht typischerweise durch axiales Heißpressen oder durch Strangpressen. Das resultierende Material ist äußerlich nicht von konventionellem Metall zu unterscheiden, birgt aber das Treibmittel in seiner metallischen Matrix: es ist aufschäumbar. Durch Erwärmung des Halbzeugs bis knapp über seinen Schmelzpunkt wird das Metall geschmolzen und die Gasfreisetzung des Treibmittels und somit der eigentliche Aufschäumvorgang ausgelöst. Richtige Prozeßparameter vorausgesetzt, expandiert die Schmelze und entwickelt eine halbflüssige, schaumige Konsistenz. Nachdem die Expansion bis zum gewünschten Grad erfolgt ist, wird der Schäumvorgang durch Abkühlung unter den Schmelzpunkt beendet und die Schaumstruktur stabilisiert.

Man erhält einen hochporösen Werkstoff mit gleichmäßiger Porenstruktur. In Bild 1 ist die Volumenexpansion anhand eines Vergleiches des ungeschäumten, massiven Vormaterials mit dem daraus hergestellten Aluminiumschaum verdeutlicht. Am IFAM wurde das Verfahren bisher für Aluminium, diverse Aluminiumlegierungen, Zink, Zinn, Bronze, Messing und Blei mit Erfolg erprobt und die Prozeßparameter für spezielle Anwendungen optimiert.

**Bild 1: Aufschäumbares Aluminium und daraus hergestellter Metallschaum**



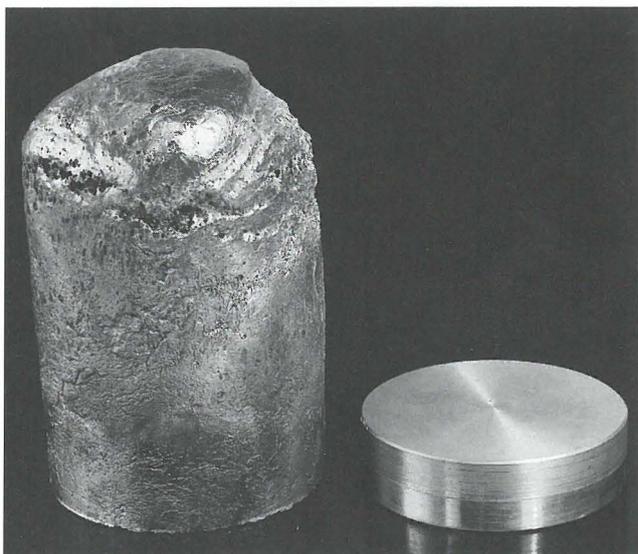
**Bild 2: Herstellung von Metallschaum**

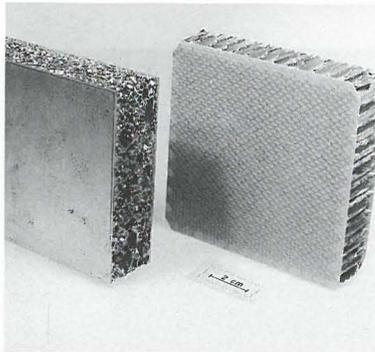


**Bild 3: Formteile aus Aluminiumschaum**

## Produkte und ihre Eigenschaften

Wird das aufschäumbare Halbzeug in einer Hohlform z. B. aus Stahlblech aufgeschäumt, so füllt der expandierende Schaum den Hohlraum völlig aus. Auf diese Weise können leicht Formteile aus Metallschaum hergestellt werden (Bild 3). Die Außenhaut der Schaumteile ist in diesen Fällen geschlossen. Trägt man die Außenhaut ab, so erkennt man die poröse Struktur des Aluminiumschaums, wobei es sich dabei um eine geschlossene Porosität handelt. Dünne Bleche aus aufschäumbarem Halbzeug können zu Flachmaterial aufgeschäumt werden. Werden diese mit konventionellen Aluminiumblechen beklebt, entstehen Sandwich-Verbundstrukturen. Nach einer neueren Verfahrensmodifikation können solche Verbundstrukturen auch ohne Klebstoff mit einer rein metalli-



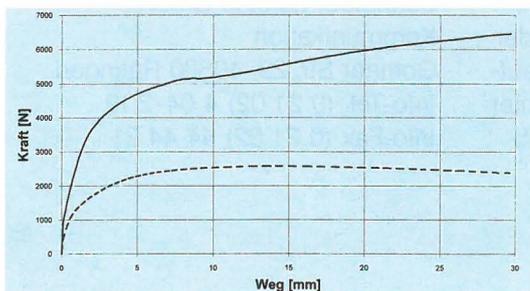


**Bild 4: Aluminiumschaum-Sandwich (links), geklebte Honigwabenstruktur (rechts)**

schen Bindung hergestellt werden (Bild 4). Durch die Vielfalt der möglichen Materialzusammensetzungen und die verschiedenen Schäumparameter wie Schäumdauer, Treibmittelart und -gehalt bedingt, lassen sich Schaumeigenschaften über einen weiteren Bereich hinweg einstellen. Die Tabelle zeigt anhand zweier Beispiele das Potential, das im Metallschaum steckt. Es handelt sich dabei um häufig untersuchte Aluminiumbasis-Schäume. Zur Orientierung sind einige Eigenschaften des konventionellen massiven Aluminiums mit aufgeführt.

### Zu den Anwendungen

Eine Eigenschaft von Aluminiumschaum ist das günstige Verhältnis von Masse zu Steifigkeit. Diese Eigenschaft legt einen Einsatz großflächiger Schaumbauteile nahe, bei denen die Anforderungen an die Steifigkeit hoch sind. Beispiele dafür sind die Bodenplatte im Kraftfahrzeug, Motorhauben, Kofferraumdeckel und Schiebedächer. Diese Teile sollen sich unter dem Einfluß etwa des Fahrtwindes nicht elastisch verformen oder gar anfangen zu schwingen. Letzteres wird durch die günstigen Dämpfungseigenschaften der Aluminiumschäume noch zusätzlich verhindert. Im Nutzfahrzeugbereich sind aus dieser Gruppe der Anwen-



Untere Kurve: leeres Profil; obere Kurve: Profil mit Aluminiumschaum der Dichte 0,6 g/cm<sup>3</sup> gefüllt.

**Bild 5: Dreipunkt-Biegeversuch an Stahl-Rundprofilen 30 x 1 mm (1.4301)**

dungen noch Aufbauten für Lastkraftwagen zu nennen, wobei bei Kühlfahrzeugen auch die reduzierte Wärmeleitfähigkeit des Aluminiumschums von Vorteil ist.

Eine interessante Eigenschaft von Aluminiumschaum ist, das Knick- und Stauchverhalten von Metallhohlprofilen oder -teilen nachhaltig zu beeinflussen, wenn diese mit einem Kern aus diesem Schaum gefüllt werden. Das bietet einen Einsatz zur Verstärkung von Stoßstangen, Unterfahrerschutzelementen von Lastwagen, KFZ-Konstruktionselementen wie der A- oder B-Säule oder anderen knick- oder stauchgefährdeten Hohlteilen an. Bild 3 zeigt Formteile aus Aluminiumschaum der Dichte 0,5 g/cm<sup>3</sup>, die in Stahlblech-Hohlkonstruktionen im Kraftfahrzeug eingebracht werden können, um die Knickgefährdung im Crashfall zu vermindern.

schutz ausgenützt werden. Beim Seitenaufprall besteht die Notwendigkeit, Energie effizient in ein leichtes, möglichst in die Tür integrierbares Bauteil einzuleiten. Das ist auf zweierlei Art möglich: Die vorteilhafte Spannungs-Stauchungs-Kurve von Aluminiumschaum gestattet eine gute Energieaufnahme durch irreversible plastische Verformung des Schums; die erwähnte Ausschäumung von Hohlprofilen gestattet eine Verbesserung konventioneller energie- und stoßabsorbierender Bauteile. Bei den mechanischen Eigenschaften fällt auf, daß die Festigkeit und der E-Modul mit steigender Dichte stark ansteigen. Außerdem spiegelt sich die höhere Festigkeit von AlCu4 gegenüber reinem Aluminium auch im Schaum wider. Die elektrische und thermische Leitfähigkeit der Schäume ist gegenüber den massiven Materialien stark

Legierung		Al99.5	AlCu4	Al99.5 massiv
allgemeine Daten				
verwendetes Treibmittel		–	TiH <sub>2</sub>	–
Wärmebehandlung des Schaumes		–	ausgehärtet	–
Dichte	g/cm <sup>3</sup>	0.4	0.7	2.7
mittlerer Porendurchmesser	mm	4	3	–
mechanische Eigenschaften				
Druckfestigkeit	MPa	3	21	–
Energieabsorption bei 30% Stauchung	MJ/m <sup>3</sup>	0.72	5.2	–
	kJ/kg	1.8	7.4	–
Elastizitätsmodul	GPa	2.4	7	67
dynamischer Verlustfaktor (1 kHz)	dimensionslos	25 · 10 <sup>-4</sup>	–	<5 · 10 <sup>-4</sup>
elektrische und thermische Eigenschaften				
elektrische Leitfähigkeit	m/(Ω · mm <sup>2</sup> )	2.1	3.5	34
spezifischer elektrischer Widerstand	μΩ · cm	48	29	2.9
thermische Leitfähigkeit	W/(m · K)	12	–	235
thermischer Ausdehnungskoeffizient	1/K	23 · 10 <sup>-6</sup>	24 · 10 <sup>-6</sup>	23,6 · 10 <sup>-6</sup>

**Tabelle: Daten Aluminiumschäume (typische Beispiele). Die Werte wurden bei 20°C ermittelt.**

In Bild 5 ist am Beispiel der Knickung eines Stahlprofils zu sehen, wie sich eine Aluminiumschaumfüllung auswirkt: Ein Rundprofil (1.4301, 30 mm x 1 mm) wurde mit Aluminiumschaum der Dichte 0,6 g/cm<sup>3</sup> ausgeschäumt. Das schaumgefüllte Profil wurde ebenso wie ein leeres Profil in Dreipunkt-Biegeversuchen geprüft. Ganz offensichtlich beeinflußt die Aluminiumschaumfüllung den Kraftverlauf wesentlich. Die Kräfte, die zur Biegung des schaumgefüllten Profils nötig sind, sind über doppelt so groß wie die, die ein leeres Profil biegen. Die aufgenommene Energie verdoppelt sich ebenfalls durch die Schaumfüllung.

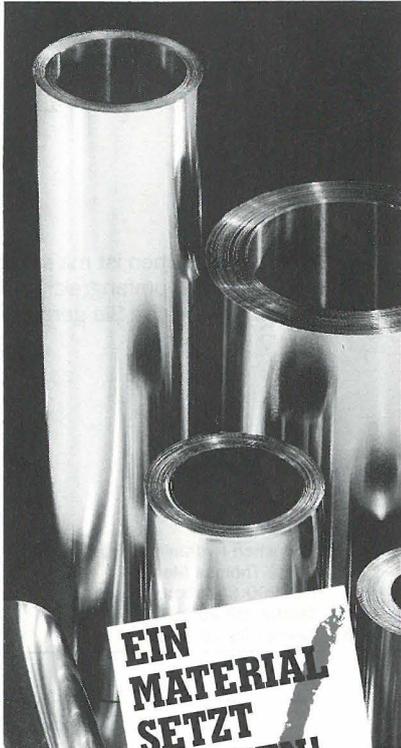
Die guten Energieabsorptionseigenschaften von Aluminiumschaum könnten beim Einsatz als Front- oder Seitenaufprall-

reduziert, während der thermische Ausdehnungskoeffizient unverändert bleibt.

Aus den günstigen mechanischen Dämpfungseigenschaften der Aluminiumschäume und den guten Schallabsorptionseigenschaften von irregulären Strukturen allgemein ergeben sich Anwendungen im Bereich der Kapselung von geräusch- und körperschallerzeugenden Aggregaten wie z. B. Motoren und Getrieben. Aufgrund der reduzierten Wärmeleitungseigenschaften ist auch eine thermische Dämmung und Kapselung solcher Aggregate bei Temperaturen möglich, die mit Kunststoffen nicht erreichbar sind.

Eine Erweiterung der Schäumtechnik auf Schäume mit offener Porosität sowie auf Schäume aus höherschmelzenden Metallen (etwa Stahl) wird eine zusätzliche Palet-

# EIN MATERIAL SETZT ZEICHEN!



**EIN MATERIAL SETZT ZEICHEN!**

**20 JAHRE TELEDYNE  
SERVICE-CENTER DEUTSCHLAND**

Neue Impulse für neue Technologien, für Konstruktion und für den entscheidenden Produktvorteil – in 20 Jahren wurde von uns so manches Zeichen gesetzt!

Unser Service-Center liefert auch kleine und kleinste Mengen – z.B. auch Versuchsmuster – in kürzester Zeit. Aus den vorhandenen Stärken spalten wir jede gewünschte Breite oder fertigen Tafelzuschnitte in einigen Tagen. Wir liefern rost- und säurebeständige Band- und Federstähle bis 0,01mm Stärke, aber auch Bänder in Nickel, Nickelbasislegierungen, Titan und Titanlegierungen sowie Kupfer und Messing.

TELEDYNE besitzt das QS-Zertifikat nach DIN ISO 9002, unser Material entspricht den Qualitätsanforderungen nach DIN 17224 sowie DIN 1544 P bzw. DIN 59381 P.

Geben Sie uns ein Zeichen.

**TELEDYNE  
RODNEY METALS**

Postfach 1326 · 45538 Sprockhövel  
Kleinbeckstraße 7 · 45549 Sprockhövel  
Telefon 02324/9736-0 · Telex 8229926  
Telefax 02324/9736-22/23

## WERKSTOFFTECHNIK



te von Anwendungen im Automobilbereich eröffnen. Offenporige Metallschäume könnten als Dieselpartikelfilter, Wärmetauscher oder Luftfilter dienen, falls es gelingt, die offene Porosität entsprechend einzustellen. Schäume aus Stahl kämen für Hochtemperaturanwendungen wie für die Isolation des Auspuffkrümmers oder als Katalysatorträger in Frage, bei denen der Schmelzpunkt von Aluminium zu niedrig liegt.

kommerziellen Anbieter, die danach produzieren. Die Prozessschritte werden jedoch schon so gut verstanden, daß eine Herstellung von Teilen schon in naher Zukunft erfolgen kann, wenn erst die bauteilbezogenen Untersuchungen hinsichtlich der Eignung des Aluminiumschaumes abgeschlossen sind.

IFAM

317

### Stand der Technik

Nach der Erfindung des neuen Aluminiumschäumverfahrens vor etwa vier Jahren steht jetzt die Verwirklichung der zahlreichen Anwendungsideen im Vordergrund. Das Fraunhofer-Institut führt diese Arbeiten von den ersten Machbarkeitsstudien bis zur Fertigung von Nullserien in direkter Zusammenarbeit mit den interessierten Industriefirmen durch. Da das Verfahren noch recht jung ist, gibt es noch keine

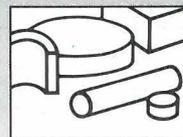
#### Literaturhinweise

Baumeister, J.: Deutsche Patente DE 40 18 360 und 41 01 630

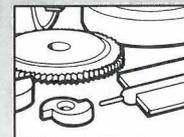
Banhart, J., Baumeister, J. und Weber, M.: VDI-Berichte 1021, 277, (1993)

Dr. John Banhart, Dipl.-Phys. Joachim Baumeister, Dipl.-Ing. Markus Weber, Fraunhofer-Institut für Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen

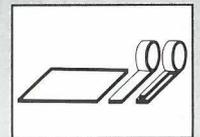
### MAGNETWERKSTOFFE für Elektromotore, Sensorik und Haftelemente



Sm / Co, NdFeB Hartferrite  
Blöcke, Zylinder



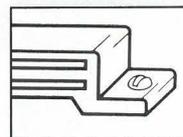
Kunststoffgespritzte NdFeB,  
Hartferrite



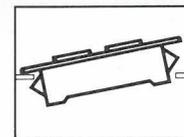
Elastomere, Bänder, Profile,  
Folien, Ringe

### MAGNETE SCHLÜSSEL ZUM PRODUKTERFOLG

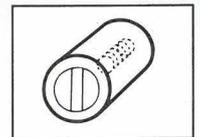
#### MAGNETSYSTEME für Türen, Klappen, Geräte, Anlagen und Maschinen



Magnetverschlüsse  
– anschrauben



Magnetverschlüsse  
– einklippen



Flach- und Stabgreifer



®electronica 94

Halle 16  
Stand F 12

**NEU**  
Magnete  
verwirklichen  
Ideen 3

Sie erhalten  
auf 90 Seiten  
Anregungen  
für neue  
Produktideen  
und  
Anwendungen.

Peter Welter GmbH & Co. KG · Postfach 1355 · 50364 Erftstadt  
Telefon 02235-71530/74652 · Telefax 02235-72875 · Telex 8881794