

Zur langfristigen Aluminiumversorgung der Automobilindustrie

G. Rombach, Aachen, P. Zapp, W. Kuckshinrich, Jülich und B. Friedrich, Aachen

Nahezu die gesamte Bandbreite der deutschen Aluminiumproduktion wird von der Automobilproduktion beeinflusst. Neben den bewährten Gusslegierungen werden auch zunehmend Bleche, Strangpressprofile, und Schmiedeteile aus Knetlegierungen im Fahrzeugbau eingesetzt. Entsprechend den unterschiedlichen Bereitstellungspfaden dieser Legierungen richtet sich das Hauptaugenmerk auf die Verfügbarkeit der jeweiligen primären und sekundären Vorstoffe. Dabei ist der Automobilsektor sowohl der größte "Produzent" als auch der größte Abnehmer von Neu- und Altschrotten. 1997 wurden dort etwa 40% der verfügbaren Schrottmenge (ohne Kreislaufschrötte) eingesetzt.

Zur Darstellung verschiedener möglicher Entwicklungen des Aluminiumeinsatzes im Automobil und ihres Einflusses auf die Produktion und das Recycling der benötigten Legierungen wurde die Szenariotechnik eingesetzt. Die Berechnungen basieren auf einem detaillierten Prozesskettenmodell [1] mit der entsprechenden Mengenverteilung für das Referenzjahr 1997. So kann die Aluminiumversorgung der deutschen Automobilindustrie entlang der gesamten Bereitstellungskette analysiert werden. Schwerpunkt dieser Untersuchung*) war bisher die Entwicklung der primären und sekundären Rohstoffströme sowohl in Deutschland als auch in den exportierenden Ländern. Entsprechend dem Szenarioansatz sind die Ergebnisse nicht als Vorhersa-

ge des zukünftigen Automobil- und Aluminiummarktes zu verstehen, sondern als Fallstudie möglicher Bedarfsentwicklungen.

Das System Aluminium und Automobil

Aus den Parametern, die den Bedarf an Guss- und Knetlegierungen und die Verfügbarkeit anfallender Schrotte beeinflussen, wurden die zukünftige Entwicklung der Produktion und des Recyclings von Aluminium im Automobilbau sowie verschiedene Fahrzeugkonzepte untersucht. Dabei wurde in zwei Fallbeispielen ein steigender Aluminiumeinsatz für Fahrzeuge mit konventioneller Stahlkarosserie mit der Umsetzung aluminiumintensiver Fahrzeugkonzepte verglichen. Das Szenario setzt sich aus drei Schritten zusammen:

- 1997: Im Basisfall wird der Aluminiumstoffstrom der Automobilproduktion in Deutschland abgebildet, inklusive der Importe und Exporte primärer und sekundärer Rohstoffe und des Recyclings von Altschrotten im Jahre 1997.
- 2040: Im zweiten Fall wird der Anstieg des Aluminiumeinsatzes in konventionellen Fahrzeugkonzepten mit Stahlkarosserie für das Zieljahr 2040 berechnet.
- AIV: Die dritte Berechnung geht von einer verstärkten Umsetzung aluminiumintensiver Fahrzeugkonzepte (Aluminium Intensive Vehicle) aus, ebenfalls für das Zieljahr 2040.

Die Ergebnisse der verschiedenen Fallstudien werden hinsichtlich möglicher Effekte innerhalb des gewählten langfristigen Zeithorizonts verglichen.

In diesem Modell werden die einzelnen Prozessschritte von Produktion, Nutzung und Recycling von Aluminiumprodukten durch

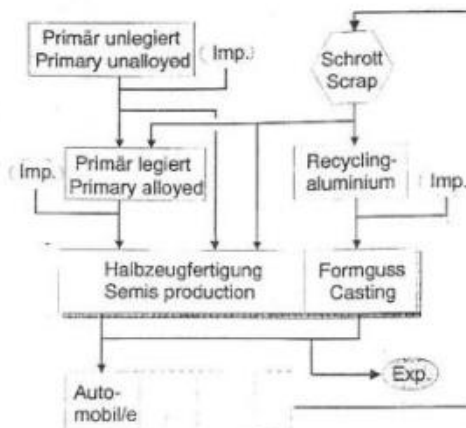


Bild 1: Schematische Darstellung des Systems der deutschen Aluminiumversorgung

technologie-spezifische und standort-unabhängige Module abgebildet. Das Prozesskettenmodell beschreibt den Aluminiumstoffstrom vom Bauxitbergbau bzw. der Entfallstellen von Aluminiumschrott bis zur Produktfertigung.

Bild 1 zeigt die Struktur der Aluminiumversorgung aus primären und sekundären Rohstoffen, die neben dem Automobilsektor auch alle anderen Anwendungen repräsentiert. Somit haben Veränderungen eines Anwendungsgebietes Auswirkungen auf die Versorgungssituation des Gesamtsystems. Im Folgenden werden die Annahmen für den Basisfall vorgestellt:

Importsituation

Auf Grund des hohen Metallbedarfs der deutschen aluminiumverarbeitenden Industrie sind die Importanteile entsprechend hoch. 1997 wurde für Recycling-Gusslegierungen ein Importanteil von 38% ermittelt, für legiertes Primäraluminium 47% und für unlegiertes Primäraluminium 55%. Die wichtigsten Lieferländer für legierte Knetwerkstoffe im untersuchten System waren Norwegen mit 43%, Großbritannien mit 26%

*) Die Arbeiten entstanden im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 525 "Ressourcenorientierte Gesamtbetrachtung von Stoffströmen metallischer Rohstoffe" der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich. Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung.

und Island mit 10% sowie Frankreich, Russland, Kanada und Brasilien [2].

Produktion von Gussstücken und Halbzeugen für Automobilkomponenten

Der Hauptanteil von 78% der Aluminiumwerkstoffe im Automobil bestand 1997 aus Gusslegierungen. Etwa 80% davon wurden in den Recyclinghütten aus sekundären Rohstoffen erzeugt. Der Recyclinganteil kann dabei zu 100% angenommen werden. Die restlichen 20% der Gusslegierungen sind sogenannte Primär-Gusslegierungen, die in den Hüttengießereien meist nur aus Elektrolysemetall und Legierungselementen erschmolzen werden. Für die Verarbeitung der Gusslegierungen werden im Modell Druckguss und Schwerkraft-Kokillenguss unterschieden (Bild 2). Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung typischer Automobillegierungen und ihren Anteil an der Verwendung [3-5].

Für die im Automobil eingesetzten Knetlegierungen sieht das Bild komplexer aus, da der Schrotteinsatz für niedrig, mittel und hoch legierte Werkstoffe unterschieden wird. Demnach hatten niedrig legierte Press- und Schmiedelegerungen einen Recyclinganteil von

Im Jahr 2000 war die deutsche Automobilproduktion weltweit die drittgrößte, nur übertroffen von den USA und Japan. Zugleich hat sich eine entsprechend große Zulieferindustrie entwickelt, die wiederum der größte Abnehmer für Aluminiumwerkstoffe ist. Die Wachstumsraten des Aluminiumbedarfs sind stark von der Automobilproduktion abhängig, dies mit steigender Tendenz. In Europa war der Transportsektor im

Jahr 2000 der größte Anwendungsbereich von Aluminium mit 29% des Gesamtbedarfs. In diesem Sektor spielt das Automobil mit 95% Produktionsanteil die Hauptrolle. Obwohl die Wachstumsraten der Automobilproduktion selbst, mit durchschnittlich 1% gering sind, wird ein zunehmender Aluminiumbedarf durch den schnell ansteigenden Aluminiumanteil in den einzelnen Fahrzeugen verursacht.

47%. Für Walzlegierungen wurden 35% (niedrig legiert), 80% (mittel legiert) und 65% (hoch legiert) ermittelt. Unlegiertes Material hat abgesehen von werksin-

ternen Kreislaufschröten keinen Recyclinganteil. Schmiedestücke werden als Strangpressprofile bilanziert.

Wichtige Anwendungsbeispiele

Tabelle 1:
Häufige Aluminiumlegierungen im Automobilbau und deren Anteile

Legierungstyp	AA Nr.	Bezeichnung	Anteil	
Gusslegierungen (78%)	359	AlSi9Cu3	48%	
	356	AlSi7Mg	20%	
	361	AlSi10Mg	12%	
	-	AlSi12Cu	9%	
	413	AlSi12	7%	
	332	AlSi12CuNiMg	4%	
Knetlegierungen (22%) davon				
	- Pressprofile	6060	AlMgSi0.5	35%
	- Schmiedeteile	6082	AlMgSi1	11%
	- Walzprodukte	3003	AlMn1	10%
		5182	AlMg4.5Mn0.4	9%
		5754	AlMg3	14%
		6016	AlSi1.2Mn0.4	15%
		7020	AlZn5.4Mg1	6%

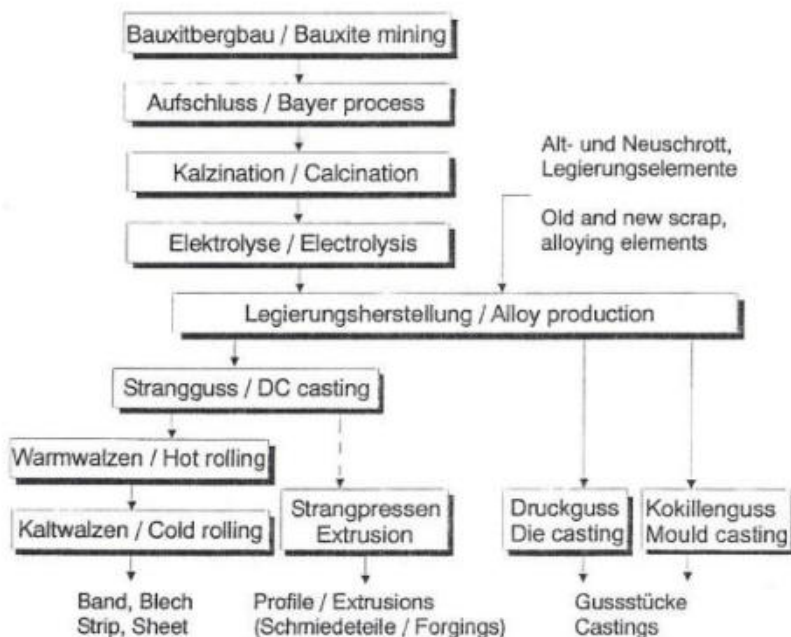


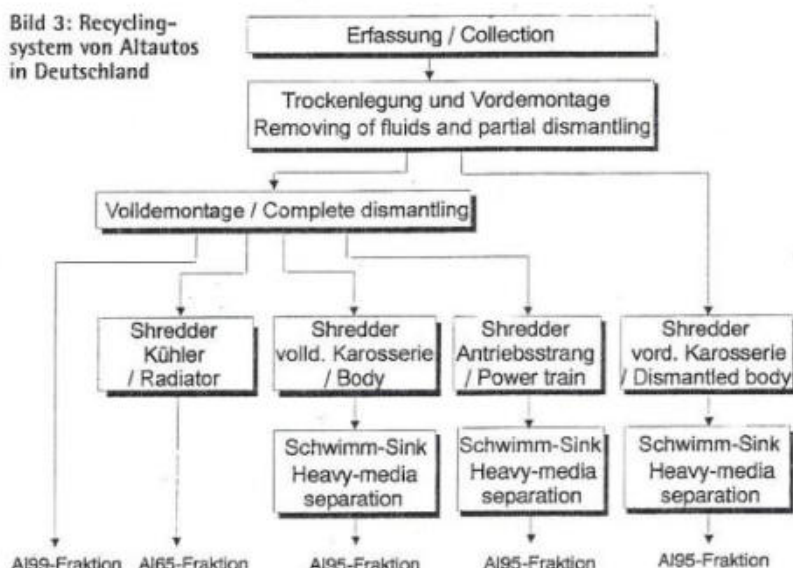
Bild 2: Produktionsweg der Halbzeuge und Gussstücke für den Automobilsektor

für Knetlegierungen sind Wärmetauscher (AlMn1), Schmiedefelgen (AlMgSi1), Stossfänger (AlZn5,5Mg1) sowie innere (AlMg4,5Mn, AlMg3) und äußere Strukturteile (AlSi1,2Mn) [4-8]. Im Modell werden diese Werkstoffe in niedrig legierte Strangpresslegierungen (46%) sowie niedrig und hoch legierte Walzlegierungen (25 bzw. 29%) aufgeteilt.

Altautorecycling

1997 wurden in Deutschland 3,4 Millionen Altfahrzeuge stillgelegt, von denen etwa 40% hierzulande in das Recyclingsystem gelangten (Bild 3). Der Rest wurde zum weiteren Gebrauch exportiert, über-

Bild 3: Recycling-system von Alautos in Deutschland



wiegend nach Ost- und Südost-europa sowie Nordafrika.

Nach der Trockenlegung wird ein Teil der Fahrzeuge demontiert. Felgen und Reifen, Batterien, Lichtmaschinen und Katalysatoren werden entfernt und dem Schrotthandel zugeführt. 60% der teilzerlegten Fahrzeuge werden vollständig demontiert. Die leeren Karosserien, der Antriebsstrang und die Kühler sowie die verbleibenden 40% werden anschließend geschreddert. Außer der Kühlerfraktion, die direkt in den Recyclinghütten eingesetzt wird, gelangen alle Shredderfraktionen in eine Schwertrübetrennung zur Aluminiumabscheidung [9]. Bisher wird in der Praxis keine Trennung der Guss- und Knetwerkstoffe vorgenommen.

Zukünftige Entwicklungen

Die wichtigsten Einflussgrößen auf den Metallbedarf im Fahrzeugbau sind die im Folgenden erläuterte Automobilproduktion selbst, der durchschnittliche Aluminiumeinsatz pro Fahrzeug, der Anteil an Guss- und Knetlegierungen und der Anteil primärer und sekundärer Vorstoffe.

Entwicklung der Automobilproduktion

Im Referenzjahr 1997 wurden in Deutschland 4,7 Millionen Personenkraftwagen und 350.000 Lastkraftwagen produziert. Insgesamt wurden 3,5 Millionen PKW zugelassen und 3,4 Millionen stillge-

legt. Bild 4 zeigt den Entwicklungszeitraum dieser Werte von 1990 bis heute und die berechnete Projektion bis 2040. Studien, die den in diesem Szenario gewählten Zeithorizont 2040 abdecken, sind nicht verfügbar. Daher wurden auf der Grundlage existierender Abschätzungen für kürzere Zeiträume [10] Annahmen für die Automobilproduktion, die Zulassung und Stilllegung sowie das Alautorecycling unter Einbezug ökonomischer und bevölkerungsstatistischer Prognosen getroffen. Diese können aber gemessen an der langen Zeitspanne nur eine von vielen möglichen Entwicklungen darstellen [11]. Folgende Annahmen liegen den Berechnungen zugrunde:

- ☐ Das Wachstum der Automobilproduktion wird sich bis etwa 2030 abschwächen und danach in einen leichten Rückgang umkehren.
- ☐ Die Bevölkerungszahl wird sich leicht rückläufig entwickeln.
- ☐ Die Zulassungszahlen werden schon ab 2010 rückläufig sein.
- ☐ Die statistische Lebensdauer der PKW unterliegt einer Normalverteilung mit einem Mittelwert von 12 Jahren.

Für das Jahr 2040 wird demnach eine inländische PKW-Produktion von 6,9 Millionen Stück erwartet. 3,6 Millionen PKW aus in- und ausländischer Fertigung werden zugelassen und 3,8 Millionen werden stillgelegt, was nur eine geringfügige Veränderung gegenüber 1997 bedeutet. Aus den Stilllegungen und der Exportrate resultiert eine Alautorecyclingrate von 1,4 Millionen Stück. Diese Entwicklung ist für die Fallbeispiele 2040 und AIV gleich. Auf Grund des hohen Qualitätsniveaus deutscher Fahrzeuge liegt der Exportanteil nach der Stilllegung bei 60%. Dieser Wert wird voraussichtlich auch unter der europäischen Alautorecyclingverordnung konstant bleiben, da diese eine Änderung der Recyclingpraxis aber nicht des Exports von Gebrauchtwagen vorsieht.

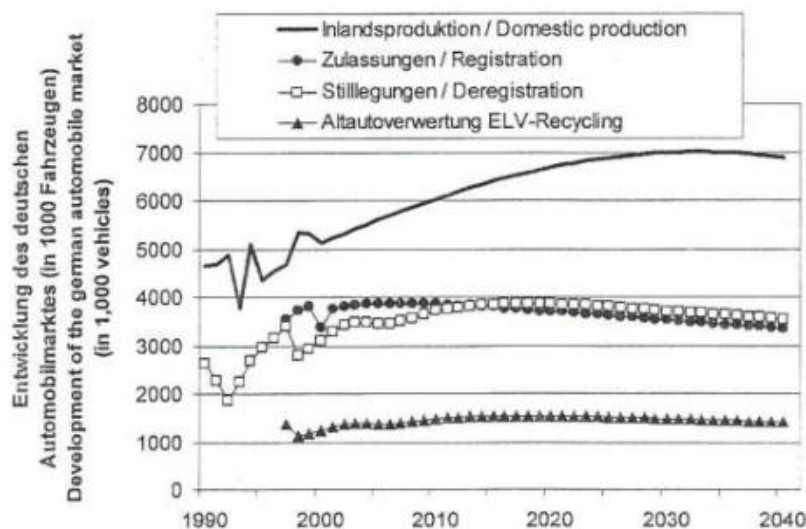


Bild 4: Berechnete Entwicklung des deutschen Automobilmarktes

Entwicklung des Aluminium-einsatzes im Automobil

Aus der Endverbrauchs-Statistik des Aluminiumverbands und einer Vielzahl publizierter Abschätzungen der Aluminiumindustrie (Pechiney, VAW, Alcan-Alusuisse, EAA, GDA) und der Automobilindustrie (PSA Peugeot Citroen, Audi, Ford) wurde die in Bild 5 dargestellte Entwicklung des zukünftigen spezifischen Aluminiumeinsatzes zusammengesetzt [12-17]. Das mittlere Aluminiumgewicht der produzierten Fahrzeuge mit konventioneller Stahlkarosserie steigt demnach von heute 100 kg auf 250 kg im Jahr 2040 an. Im gleichen Zeitraum sinkt der Anteil der Gusslegierungen von etwa 75 auf nahezu 50% ab. Besonders deutlich ist zu erkennen, dass der Hauptanstieg des Aluminiumeinsatzes in den nächsten 10 Jahren erfolgt.

Die Betrachtung der mittleren jährlichen Wachstumsraten des Aluminiumeinsatzes der nächsten vier Jahrzehnte in Bild 6 zeigt folglich den höchsten Zuwachs für den Zeitraum 2000 bis 2010 von 7,4%. Für den Fall aluminiumintensiver Fahrzeuge entwickeln sich die Wachstumsraten ähnlich, jedoch mit höheren Absolutwerten (8,8% von 2000-2010).

Bedarfsentwicklung von Guss- und Knetlegierungen

Der ermittelte Wert von 250 kg Aluminium pro Fahrzeug ist insofern realistisch, da ein theoretisches Gesamtpotenzial von etwa 300 kg im konventionellen Automobil existiert, das sich aus 160 kg Gusslegierungen und 140 kg Knetlegierungen zusammensetzt [5, 8, 17]. Die Differenz kommt dadurch zustande, dass nicht alle Fahrzeuge, insbesondere Kleinwagen, diese Menge erreichen werden. Der Anteil bereits existierender aluminiumintensiver Bauweisen wie etwa das Space-Frame-Konzept von Audi, wird in diesem Fallbeispiel als konstant angenommen, um eine Spannweite der Ergebnisse im Vergleich mit dem alleinigen Ein-

Bild 5: Entwicklung des mittleren spezifischen Aluminiumgewichts von Neufahrzeugen und dessen Anteils an Gusslegierungen

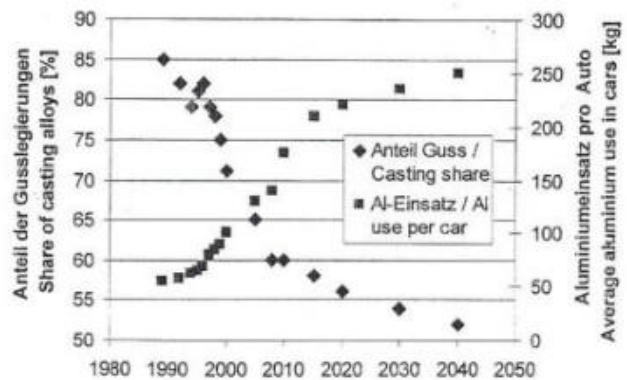
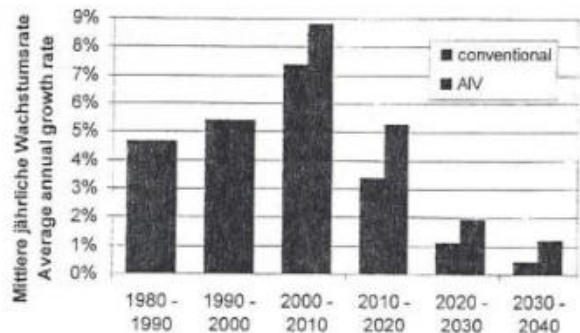


Bild 6: Mittlere jährliche Wachstumsraten des Aluminiumeinsatzes von 1980 bis 2040 für konventionelle und aluminiumintensive Fahrzeugkonzepte



satz dieser Konzepte im AIV-Fall aufzuzeigen.

Für den aluminiumintensiven Fahrzeugbau wird bis 2040 von einem Anstieg des Aluminiumgewichtes auf 400 kg ausgegangen, wobei die Karosserie und die Außenhautteile hauptsächlich aus Aluminium bestehen. Die Menge der Gussbauteile bleibt mit 130 kg konstant, wodurch der Gusslegierungsanteil auf 32,5% absinkt.

Ein Vergleich des berechneten und in der Statistik ausgewiesenen Metallbedarfs zeigt, dass etwa 80% der eingesetzten Halbzeuge und Gussstücke in den Fahrzeugen selbst zu finden ist. Der Rest sind Ersatzteile sowie Fabrikationschrotte der Endfertigung. Dieser Anteil wird für die Berechnungen als konstant angenommen, da sich die prozessbedingte Vermeidung von Fertigungsresten und ihre Zunahme durch den steigenden Einsatz von Knetlegierungen kompensieren könnten.

Entwicklung der Metallbereitstellung

Unter der Voraussetzung, dass die deutsche Halbzeugindustrie 2040 unverändert stark exportorientiert

ist wie zur Zeit, wird die Halbzeugproduktion insgesamt von 1,8 auf 5,7 Mio. t ansteigen. Für den AIV-Fall wurden entsprechend 7,1 Mio. t berechnet. Der Gussbedarf steigt in beiden Fällen von 0,5 auf 1,5 Mio. t.

Auf Grund fehlender Rohstoffe und hoher Energiepreise wird angenommen, dass die deutsche Elektrolyseproduktion bis 2040 nicht expandiert, sondern bei etwa 700.000 t Jahresproduktion verbleibt. Der Metallbedarf muss somit durch Importe gedeckt werden.

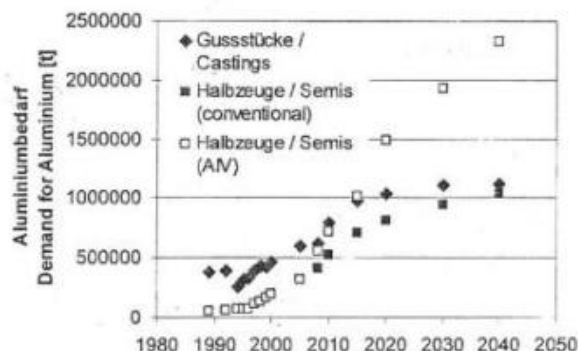
Die Bereitstellung von Recyclingaluminium in Deutschland wird sich dagegen erheblich verändern. Trotz der steigenden Nachfrage wird sich auf Grund der verbesserten Metallausbeuten bei Erfassung, Aufbereitung und Schmelzen der durchschnittliche Recyclinganteil am Inlandsbedarf von 46 auf 56% erhöhen (AIV 54%) [18]. Mit dem anfallenden Gusschrott und einem Teil Knet-schrott kann dann der deutsche Bedarf an Recycling-Gusslegierungen vollständig gedeckt werden. Diese entsprechen wie schon 1997 80% der gesamten Gussproduktion, für 2040 und AIV. Dies setzt die Serienreife optischer Sor-

tiervorfahren voraus, mit denen dann die Aluminiumfraktion der Automobilshredder in Guss- und Knetlegierungen getrennt werden. Tabelle 2 fasst die getroffenen Annahmen zusammen.

Aluminiumbedarf im Automobil

Der Aluminiumbedarf im Automobil errechnet sich aus der produzierten Stückzahl multipliziert mit dem spezifischen Aluminiumgewicht zuzüglich 20% für Rücklauf und Ersatzteilerfertigung (Bild 7). Auf Grund des verstärkten Einsatzes ist das Wachstum von Knetlegierungen deutlich höher als das der Gusslegierungen, wodurch beide nahezu den gleichen Endwert von etwa 1,1 Mio. t in 2040 erreichen. Das bedeutet den Faktor 3 an Zuwachs für Gusslegierungen und den Faktor 10 für Knetlegie-

Bild 7: Entwicklung des Aluminiumbedarfs im Automobilbau in Deutschland von 1990 bis 2040 nach Guss- und Knetlegierungen



rungen in 40 Jahren. Für die aluminiumintensive Bauweise werden 2,33 Mio. t Knetlegierungen benötigt, das entspricht einem Zuwachsfaktor von 22. Tabelle 3 stellt den gezeigten Aluminiumbedarf der Legierungen und den Gesamtbedarf der Fahrzeugproduktion für die Fallbeispiele des Szenarios zusammen.

Entwicklung der deutschen Metallversorgung

Die zukünftige Aluminiumversorgung in Deutschland wird insbesondere durch ein steigendes Schrottaufkommen bestimmt sein, da auch in den anderen Anwendungsgebieten des Aluminiums mit einem weiteren, wenn gleich deutlich geringeren Zuwachs gerechnet wird.

Für die Herstellung der Recycling-Gusslegierungen bei den Refinern werden daher wie erwähnt zukünftig keine Importe benötigt, da allein die verfügbaren Altschrotte ausreichen werden, um den Vorstoffbedarf zu decken. Dabei wird die Produktion von Recycling-Aluminium von 1997 bis 2040 von 430.000 t auf 1.180.000 t ansteigen.

Darüber hinaus wird wesentlich mehr Schrott bei den Remeltern bzw. in der ersten Verarbeitungsstufe zu Knetlegierungen verarbeitet, und ersetzt somit Primärmetall. Die Versorgung steigt von 190.000 t auf 950.000 t für den Fall 2040 und auf 1.660.000 t für den Fall AIV an. Folglich steigt der Recyclinganteil der in Deutschland produzierten legierten Knetlegierungen von 43% auf 78% (2040) bzw. 85% (AIV) an. Es wird davon ausgegangen, dass diese Anteile für alle Anwendungsgebiete gelten, da keine Einzelinformationen über die verschiedenen Legierungsgruppen vorliegen.

Bei der Betrachtung des Automobilsektors ist neben der Menge des zu erwartenden Schrottaufkommens interessant, aus welchen Qualitäten, d.h. insbesondere aus welchen Legierungsgruppen sich dieses zusammensetzen wird. Da-

Tabelle 2: Annahmen zu Berechnung der Fallbeispiele 2040 und AIV

	1997	2040	AIV
1. Fahrzeugproduktion [Mio. Stück]	4,7	6,9	6,9
2. Aluminiumgewicht pro Fahrzeug [kg]	79	250	400
3. Anteil der Gusslegierungen im Fahrzeug [%]	78	52	32,5
4. Anteil von Primärgusslegierungen an der gesamten Gussproduktion [%]	20	20	20
5. Schrott- bzw. Ersatzteilanteil am Aluminiumbedarf im Automobil [%]	20	20	20
6. Importanteil von Recyclingaluminium [%]	37	0	0
7. Exportanteil von Recyclingaluminium [%]	12	0	0
8. Primäraluminiumproduktion in D [1.000 t]	570	700	700
9. Erfassungsquote von Altautos [%]	40	40	40

Tabelle 3: Berechneter Aluminiumbedarf für die Automobilproduktion gesamt und nach Legierungsgruppen

		1997	2040	AIV
Gussprodukte	%	78	52	32,5
	1000 t	359	1,121	1,121
Walz- und Pressprodukte	%	22	48	67,5
	1000 t	105	1,035	2,329
Gesamtbedarf	1000 t	464	2,156	3,450

Tabelle 4: Altschrottaufkommen aus dem Automobilbereich 2040 und AIV

Altschrott	1997	2040	AIV
Gussteile	67.000 t	258.000 t	258.000 t
Bleche	6.000 t	124.000 t	243.000 t
Profile, Rohre, Schmiedestücke	5.000 t	96.000 t	194.000 t

zu wurden die in Tabelle 4 für die Fälle 2040 und AIV aufgeführten Werte berechnet. Diese berücksichtigen wiederum die Produktionszahlen, den Aluminiuminhalt der Fahrzeuge, die Lebensdauer und die Erfassungsquote.

Wie erwähnt, wird der Mehrbedarf an Gusslegierungen, der nicht aus neuen und alten Gusschrotten gedeckt werden kann, mit Knetlegierungen aus dem Automobilbereich aufgefüllt, die bei der Altautoverwertung ebenfalls anfallen. Dieser Mehrbedarf beträgt in beiden Fällen 234.000 t. Für den konventionellen Fall 2040 entspricht der Knetschrott aus den Fahrzeugen in etwa dieser Menge. Berücksichtigt man jedoch, dass die Recyclinghütten neben Schrotten auch einen hohen Anteil an Spänen und Krätzen verarbeiten, ist eine Trennung von Guss- und Knetlegierungen bei der Schrottaufbereitung notwendig, um letztere den Umschmelzbetrieben sortenrein zu Verfügung stellen zu können. Ohne eine solche Trennung müssten Recycling-Gusslegierungen exportiert und im Gegenzug Primäraluminium importiert werden. Für den AIV-Fall entsteht sogar ein Überschuss an Knetschrotten aus Altautos von ca. 200.000 t, wodurch eine Sortierung noch stärkere Notwendigkeit erlangt.

Im Gegensatz zum Gussbereich, muss zur Deckung des zukünftigen Knetlegierungsbedarfs der deutschen Halbzeugproduktion bedeutend mehr unlegiertes und legiertes Primäraluminium importiert werden.

Heutige und zukünftige Aluminiumversorgung der Automobilindustrie

Bisher wurden die Entwicklungen der Nachfrage im Automobilsektor und die der Aluminiumversorgung in Deutschland getrennt betrachtet. Unter Zuhilfenahme des Prozesskettenmodells können diese nun die Wechselwirkungen dargestellt werden. Dies insbesondere unter dem Aspekt steigender Importquoten von Elektrolysemetall,

Tabelle 5:
Aluminiumbedarf der deutschen Automobilindustrie gesamt, sowie Eigenproduktion und Importe von Primär- und Recyclingaluminium in 1.000 t

		D	Import	Gesamt
Primäraluminium (legiert)	1997	80	115	195
	2040	200	750	950
	AIV	250	1.400	1.650
Recyclingaluminium	1997	300	150	450
	2040	1.500	150	1.650
	AIV	2.000	250	2.250
Gesamtsystem Automobil	1997	380	265	645
	2040	1.700	900	2.600
	AIV	2.250	1.650	3.900

die ohne eine deutliche Kapazitätserweiterung der inländischen Primärhütten oder ohne einen vermehrten Zukauf von Knetlegierungsschrotten notwendig wird.

Die Absolutwerte des Bedarfs an Primär- und Recyclingaluminium für den deutschen Automobilbau und die inländische und ausländische Bereitstellung zeigt Tabelle 5. Der Zuwachs bis 2040 weicht für die betrachteten Subsysteme stark voneinander ab, obwohl die Eigenproduktion und die Importe etwa um den Faktor 6 zunehmen. Wie aus den Importquoten zu erwarten, liefert das Recycling in Zukunft in Deutschland die Hauptmenge der Automobillegierungen wogegen die Importmenge fast nur Elektrolysemetall beinhaltet.

Insgesamt steigt die im Fahrzeugbau eingesetzte Menge von 645.000 t bis 2040 um das Vierfache auf 2,6 Mio. t bei konventioneller Bauweise und um das Sechsfache auf 3,9 Mio. t für aluminiumintensive Fahrzeuge. In diesen Werten sind im Unterschied zu dem in Tabelle 3 ausgewiesenen Nettobedarf die Fabrikationsabfälle entlang der Prozesskette enthalten.

Fazit

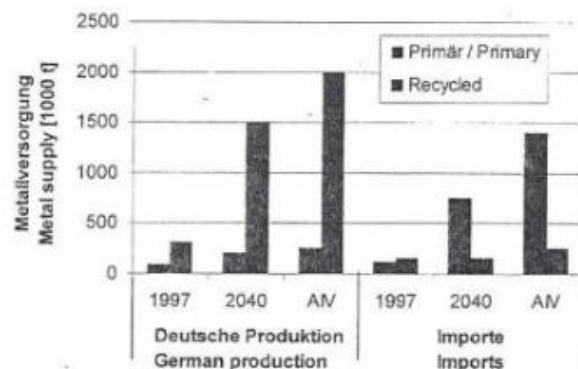
Der verstärkte Einsatz von Aluminiumwerkstoffen in der deutschen Automobilindustrie wird die zukünftige Versorgung des Aluminiumbedarfs aus Eigenproduktion und Importen von Primär- und Recyclingaluminium drastisch verändern. Für die im Jahr 2040 voraussichtlich eingesetzten Mengen von 250 kg pro Fahrzeug bei konventioneller Bauweise und 400 kg bei aluminiumintensiver Bauweise ergibt sich ein zusätzlicher Bedarf von 2 bzw. 3,3 Mio. t. In Bild 8 wird noch einmal die Größenordnung dieser Veränderung graphisch verdeutlicht.

Im einzelnen bedeutet dies einen Mehrbedarf an legiertem Primäraluminium von 635.000 t für 2040 und 1.285.000 t für AIV, der nicht einfach durch Produktionssteigerungen existierender Anlagen sondern nur durch Kapazitätserweiterung in großem Umfang gedeckt werden kann.

Referenzen

- [1] Rombach, G., Zapp, P.; Kuckshinrichs, W.; Friedrich, B.: Technical Progress in the Aluminium Industry - A Scenario Approach. in: Light Metals 2001, ed. by Anjier, J. L., TMS, Warrendale, USA, pp 1131-1137

Bild 8: Aluminiumbedarf der deutschen Automobilindustrie nach Eigenproduktion und Importen von Primär- und Recyclingaluminium



- [2] Anon.: Metallstatistik 1988-98, 86. Jahrgang, Metallgesellschaft, Frankfurt a.M.; World Bureau of Metal Statistics, Ware, 1999
- [3] Anon.: Vereinigung deutscher Aluminium Recyclingindustrie (VAR), Statistische Produktinformation, Düsseldorf, 2001
- [4] Rink, C.: Aluminium, Automobil und Recycling. Forschungsbericht Nr. 515, Institut für Kraftfahrwesen Universität Hannover, 1994
- [5] Ostermann, F.: Aluminium-Werkstofftechnik für den Automobilbau. Expert-Verlag, Ehningen, 1992
- [6] Anon.: Aluminium Handbook, vol. 3: Processing and applications. Aluminium-Verlag, Düsseldorf, 1999
- [7] Anon.: VAW aluminium AG: Aluminium Walzprodukte im Automobil. Grevenbroich, 2000
- [8] Anon.: Verbundinitiative Automobil NRW, Innovativer Werkstoffeinsatz in Kraftfahrzeugen. Ministerium für Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 1997
- [9] Wolf, S.: Untersuchungen zur Bereitstellung von Rohstoffen für die Erzeugung von Sekundäraluminium in Deutschland - Ein Informationssystem als Hilfsmittel für das Stoffstrommanagement. Dissertation, RWTH Aachen, 2000
- [10] Anon.: Mehr Autos - weniger Emissionen. Deutsche Shell AG, Hamburg, 1999
- [11] Zapp, P.; Rombach, G.; Kuckshinrichs, W.: The future of automotive aluminium. in: Light Metals 2002, ed. by Schneider, W., TMS, Warrendale, USA, pp 1003-1010
- [12] Anon.: Aluminium-Endverbrauchsstatistik: Aufschlüsselung nach EAA 900 / 1997, Gesamtverband der Deutschen Aluminiumindustrie GDA, Düsseldorf, 1998
- [13] Hagen, E.: The aluminium market at the beginning of a new century. In: 6th International Secondary Aluminium Congress of the OEA, 6-7 March 2001, Cannes, France
- [14] Guyot, H.: The future developments of materials in automobiles. In: 6th International Secondary Aluminium Congress of the OEA, 6-7 March 2001, Cannes, France
- [15] Anon.: EAA statistics, European Aluminium Association, Brussels, 2001, <http://www.eaa.net/pages/glaance/glaance.html>
- [16] Stelzer, W. A.: Promising future ahead for aluminium in automobile design and construction - challenges for application and recycling. In: 6th International Secondary Aluminium Congress of the OEA, 6-7 March 2001, Cannes, France
- [17] Leitermann, W.: Aluminium-Kompetenz im Transportwesen. Aluminium-

Zentrum, Audi AG, Neckarsulm, 2000

[18] Rombach, G.: Future availability of aluminium scrap. in: Light Metals 2002, ed. by Schneider, W., TMS, Warrendale, USA, pp 1011-1018

Autoren

Dr.-Ing. Georg Rombach (1964) studierte Metallhüttenkunde an der RWTH Aachen. Während seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling habilitierte er sich im Bereich "Stoffströme und Recycling". Heute ist G. Rombach Projektleiter Recycling in der Forschung und Entwicklung der VAW aluminium AG, Bonn.

Dr.-Ing. Petra Zapp (1967) studierte Energie- und Verfahrenstechnik an der Universität Essen. Heute ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Forschungszentrum Jülich.

Dr. rer. pol. Wilhelm Kuckshinrich (1958) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungszentrum Jülich und stellvertretender Leiter der Programmgruppe "Stoffströme in der Technosphäre".

Prof. Dr.-Ing. Bernd Friedrich (1958) ist Institutsdirektor am Institut für Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling IME an der RWTH Aachen.

On the long-term supply of aluminium for the automobile industry

A scenario has been set up to model various possible developments in the use of aluminium in automobiles and the influence of this on the production and recycling of the necessary alloys. The calculations are based on a detailed process chain model with the corresponding quantity distribution for the reference year 1997. This enables aluminium supply to Germany's automobile industry to be analysed all the way along the production chain. The focus of this investigation has until now been the development of the primary and secondary raw material flows, both in Germany and in the exporting countries.

In two example cases, the increased use of aluminium was compared against conventional steel body structures along the progression towards Aluminium-Intensive Vehicle (AIV) concepts. The scenario comprises three steps:

□ 1997: In the basic case, the aluminium material flow in automobile production in Germany is pictured, including imports and exports of primary and secondary raw materials and the recycling of old autos.

□ 2040: In the second case, the increasing use of aluminium in conventional vehicle concepts with steel bodies is calculated for the target year 2040.

□ AIV: The third calculation assumes a much more widespread conversion to AIV concepts, also for the target year 2040.

The results show that a more ample use of aluminium materials in Germany's automobile industry will drastically change future ability to meet the need for aluminium from the country's own production and imports of primary and recycled metal. For the forecast use of about 250 kg/vehicle in conventional structures and up to 400 kg/vehicle in AIVs,

the demand amounts, respectively, to 2 and 3.3 million t. To be specific, this means an additional need in 2040 for 635,000 t (conventional) or 1,284,500 t (AIVs), and this cannot easily be covered by increasing the production of existing plants but only by major capacity enlargements.

Granted the present electrolysis capacity averaging 300,000 t/year, it follows that two to four new smelters would be needed just to meet demand from Germany's automobile industry. If the growth rate develops as shown in fig. 6, it becomes clear that these capacities must be made available in the coming 10 to 15 years. Thus, if vehicle manufacturers really plan to increase the use of aluminium to the extent illustrated, the aluminium industry will have to work out corresponding supply concepts as soon as possible.