

# **Forschungsstelle für Umweltpolitik (FFU)**

Freie Universität Berlin  
Fachbereich Politik- und Sozialwissenschaften  
Otto-Suhr-Institut für Politikwissenschaft

## **FFU-Report 99-4**

### **Ökologische Modernisierung und Strukturwandel in der deutschen Aluminiumindustrie**

Simone Schucht

Fallstudie im Rahmen des DFG-Forschungsprojektes  
"Erfolgsbedingungen umweltentlastenden Strukturwandels:  
Internationale Fallstudien zu ausgewählten Grundstoffindustrien"

Forschungsstelle für Umweltpolitik  
Innestraße 22  
14195 Berlin  
Tel.: +49 - (0)30 - 838 66 87  
Fax +49 - (0)30 - 838 66 85  
e-mail: [ffu@www.fu-berlin.de](mailto:ffu@www.fu-berlin.de)  
Internet: <http://www.fu-berlin.de/ffu>



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>GRUNDLAGEN DER ALUMINIUMERZEUGUNG</b>	<b>3</b>
2.1	DAS PRODUKT ALUMINIUM.....	3
2.2	TECHNISCHE ASPEKTE DER ALUMINIUMERZEUGUNG.....	4
2.2.1	<i>Erzeugung von Primäraluminium</i> .....	5
2.2.2	<i>Erzeugung von Sekundäraluminium</i> .....	6
2.3	ÖKOLOGISCHE ASPEKTE DER ALUMINIUMERZEUGUNG.....	8
2.4	PREISBILDUNG.....	10
<b>3</b>	<b>DIE ALUMINIUMINDUSTRIE IN DEUTSCHLAND</b>	<b>12</b>
3.1	DER AUFBAU DER DEUTSCHEN ALUMINIUMINDUSTRIE BIS ENDE DER 70ER JAHRE.....	14
3.2	DER KAPAZITÄTSABBAU IN DER DEUTSCHEN PRIMÄRALUMINIUMERZEUGUNG.....	15
3.3	DIE EXPORTOFFENSIVE DER GUS ANFANG DER 90ER JAHRE.....	19
3.4	DIE ENTWICKLUNG DER DEUTSCHEN SEKUNDÄRALUMINIUMPRODUKTION.....	21
3.5	DIE AKTUELLE SITUATION IN DER DEUTSCHEN ALUMINIUMINDUSTRIE.....	24
<b>4</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>LITERATUR</b>	<b>29</b>

## VERZEICHNIS DER TABELLEN:

Tabelle 1:	Stillegung von Primäraluminiumkapazitäten.....	15
Tabelle 2:	Umweltschutzinvestitionen (Bruttoanlageinvestitionen).....	17
Tabelle 3:	Schätzung der mittleren Herstellungskosten für Hüttenaluminium.....	18
Tabelle 4:	Unternehmen und Jahreskapazität der deutschen Primäraluminiumindustrie 1996....	24
Tabelle 5:	Aluminiumschmelzhütten 1997.....	25

## VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN:

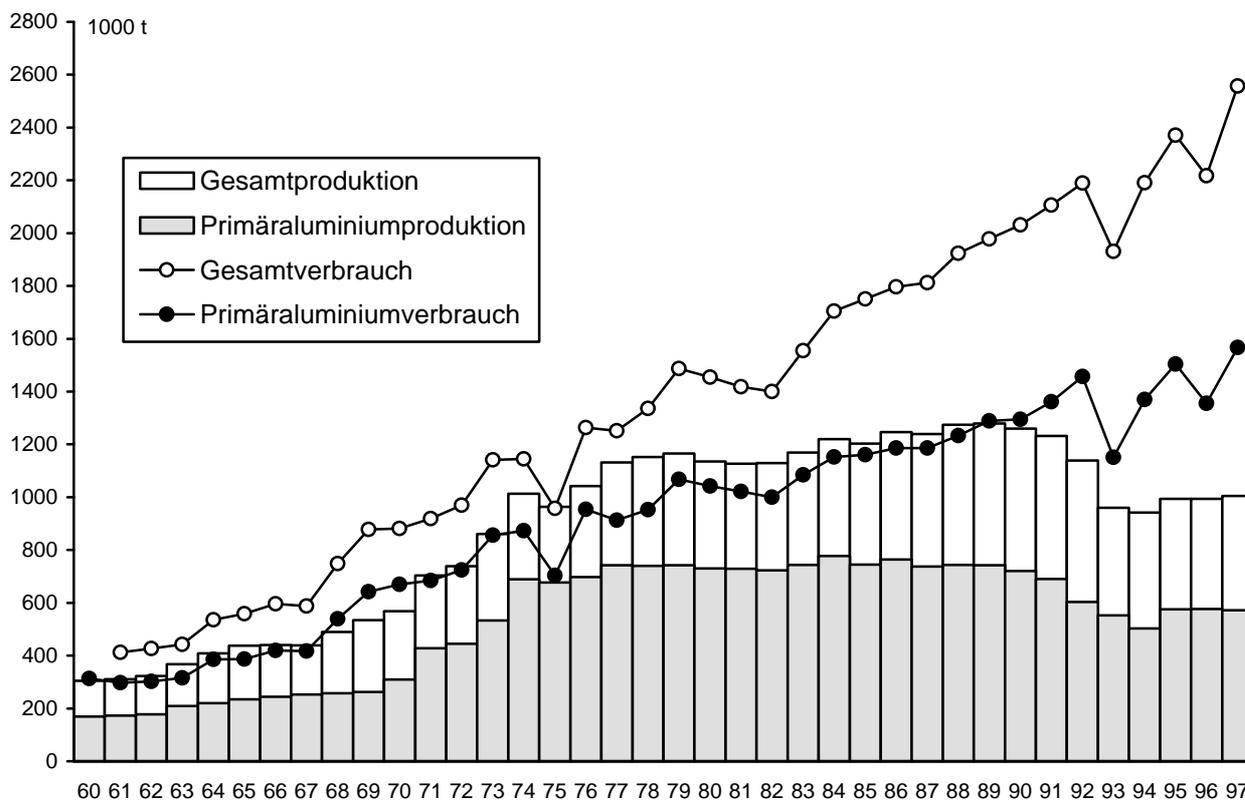
Abbildung 1:	Aluminiumverbrauch und -produktion in Deutschland 1960-97.....	1
Abbildung 2:	Aluminiumverbrauch nach Verwendungsbereichen 1960-97.....	2
Abbildung 3:	Deutscher Außenhandel mit Bauxit 1970-97.....	12
Abbildung 4:	Deutscher Außenhandel mit Tonerde 1970-97.....	13
Abbildung 5:	Deutscher Außenhandel mit Aluminiumschrott 1978-97.....	13
Abbildung 6:	EU-Industriestrompreise – Preisstand 1.7.1996.....	18
Abbildung 7:	Jahresdurchschnittliche Aluminiumpreise.....	19



# 1 Einleitung

Die Erzeugung von Aluminium in Deutschland gehört zu den Industrien, die von Produktionsrückgängen betroffen sind. Nach einer Stagnationsphase seit Ende der 70er Jahre sank die deutsche Produktion von Primäraluminium seit Mitte der 80er Jahre mit zunehmender Schnelligkeit. Das Recycling von Aluminium (Produktion von Sekundäraluminium) verzeichnete hingegen noch bis 1991 Zuwächse – wenn auch zuletzt nur geringe. Diese Entwicklungen führten dazu, daß die gesamte Aluminiumproduktion seit 1989 Rückgänge zu verzeichnen hatte (Abbildung 1).

Abbildung 1: Aluminiumverbrauch und -produktion in Deutschland 1960-97

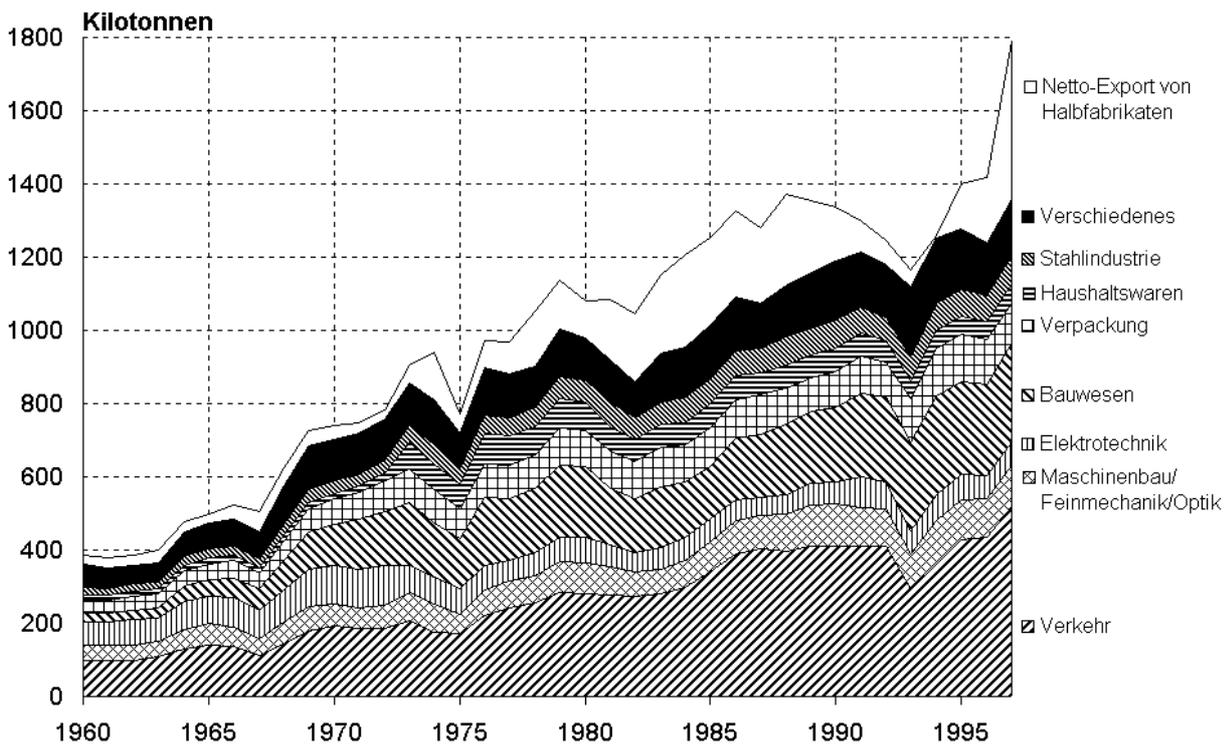


Quelle: Metallstatistik div. Jg.; ab 1991 mit neuen Ländern

Die Anteile von Primär- und Sekundäraluminium an der gesamten Erzeugung unterlagen großen Schwankungen. Im Unterschied zu anderen Nichteisenmetallen, wie etwa Zink und Blei (vgl. Schucht 1996), erreichte der Recyclinganteil bei Aluminium mit rund 45% bereits während der 60er Jahre ein hohes Niveau. Nach Erreichen des Höchststandes von über 50% im Jahre 1969 verminderte sich der Recyclinganteil bis 1975 rapide auf nur noch knapp 30%. Grund war der erneute Ausbau der Primärkapazität und nicht etwa eine Schwäche des Sekundärbereichs. Seitdem stieg der Anteil der Sekundärproduktion wieder an, seit Mitte der 80er Jahre auch wieder mit erhöhten Wachstumsraten. Insgesamt läßt sich für die letzten 20 Jahre ein Strukturwandel hin zur Sekundärproduktion konstatieren.

Der Zuwachs beim Aluminiumverbrauch hielt hingegen noch bis 1992 an<sup>1</sup>. In diesem Jahr erreichte er einen Wert von 2,2 Mio. t. Nach einem starken Einbruch im Jahre 1993 stieg der Verbrauch in den folgenden Jahren wieder auf zuvor nicht erreichte Werte an. 1960 bis 1997 lag der Aluminiumverbrauch fast durchgängig über der Produktion und wies darüber hinaus höhere Wachstumsraten auf. Allerdings fielen auch die Rückgänge im Zuge der Energiepreissteigerungen stärker aus als bei der Produktion.

Abbildung 2: Aluminiumverbrauch nach Verwendungsbereichen 1960-97



Quelle: Metallstatistik div. Jg.; ab 1991 mit neuen Ländern

Die Bedeutung der einzelnen Sektoren für den Aluminiumverbrauch ist über den Untersuchungszeitraum hinweg erstaunlich stabil geblieben (Abbildung 2). Die bedeutendsten Verwendungsbereiche von Aluminium sind in der Bundesrepublik Deutschland der Fahrzeugbau, gefolgt vom Bausektor. Weitere wichtige Bereiche sind der Maschinenbau, der Metallbereich, der Verpackungssektor und die Elektrotechnik (Wirtschaftsvereinigung Metalle 1993; BT Drs. 13/6833). Der Anteil des Exports von Halbfabrikaten am gesamten Aluminiumverbrauch ist seit 1960 erheblich gestiegen (StaBu FS 7, 2; Metallstatistik 1996).

Das fast ungebrochen hohe Wachstum des Verbrauchs in der Bundesrepublik spricht dafür, daß bei Aluminium – im Unterschied etwa zur Stahlindustrie –, Veränderungen in der Endnachfrage von geringer Bedeutung für die Produktionsentwicklung waren und statt dessen eher eine Um-

<sup>1</sup> Der in der Statistik für 1991 ausgewiesene Verbrauchszuwachs sowohl bei Primär- als auch bei Sekundäraluminium wird z.T. auf die erstmalige Einbeziehungen der neuen Bundesländer zurückgeführt (Schirner 1991).

strukturierung innerhalb des Aluminiumsektors – sowohl national als auch international – die erklärende Variable für den Produktionsrückgang ist.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, Ursachen der Produktionsrückgänge sowie der Strukturverschiebung weg vom Primäraluminium zu identifizieren. Untersucht werden in diesem Zusammenhang Standortfaktoren, konjunkturelle und technologische Entwicklungen sowie gesetzliche Reglementierungen im Produktions-, Vorstoff- und Reststoffbereich. Technologische oder Verhaltensänderungen in nachgelagerten Sektoren, die möglicherweise zu den Strukturverschiebungen innerhalb der deutschen Aluminiumindustrie beigetragen haben, erfordern eine tiefgehende Analyse dieser Industrien selbst und können daher hier nur ansatzweise dargestellt werden.

Von besonderer Bedeutung ist des weiteren die Frage, ob es umweltpolitische Gründe für den Produktionsrückgang gab. In diesem Zusammenhang soll auch eine erste Einschätzung dazu gegeben werden, ob der Strukturwandel innerhalb der Aluminiumindustrie als entlastend für die Umweltsituation angesehen werden kann.

## 2 Grundlagen der Aluminiumerzeugung

### 2.1 Das Produkt Aluminium

Aluminium hat bereits Mitte der 60er Jahre Kupfer als das weltweit am meisten verbrauchte Nichteisen-Metall abgelöst (Falk/Schwarz 1991). Zu seinen Werkstoffeigenschaften zählen Korrosionsbeständigkeit, gute thermische und elektrische Leitfähigkeit, ein hohes Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht und ein niedriges spezifisches Gewicht (Eyerer et al. 1996). Aluminium gehört zur Gruppe der Leichtmetalle.

In der Natur tritt Aluminium nur in gebundener, d.h. oxidischer Form auf. Am weitesten verbreitet sind Aluminiumsilikate, aus denen über mehrere Verwitterungsstufen Bauxit entsteht, das zu 40% bis 60% aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  besteht und der einzige Rohstoff mit wirtschaftlicher Bedeutung für die Aluminiumerzeugung ist (Jeschar et al. 1996). Aluminium ist mit 8% das dritthäufigste Element in der Erdkruste, nach Sauerstoff mit 47% und Silizium mit 28% (Aluminium-Zentrale 1).

Aluminium wurde 1807 entdeckt, die Möglichkeit seiner Herstellung ist seit 1809 bekannt. Wirtschaftliche Bedeutung gewann Aluminium jedoch erst in den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts, als in Frankreich erste Fabriken eröffnet wurden. Aluminium gehörte zu dieser Zeit noch zu den sehr teuren Metallen. Erst mit der Entwicklung und dem Vordringen der Schmelzelektrolyse in den 80er Jahren, die die chemische Aluminiumerzeugung verdrängte, begann der Aufschwung des Aluminiums und seine Verbreitung über verschiedenste Branchen (Eyerer et al. 1996; Treue 1989). Betrug die Weltproduktion 1900 etwa 11.500 t, so stieg sie bis Mitte der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts auf 15,9 Mio. t (Treue 1989). 1995 betrug allein die Produktion von Primäraluminium weltweit 19,7 Mio. t (Metallstatistik 1996).

Das zunächst nicht legierte Aluminium hoher Reinheit wird in der Schmelzelektrolyse erzeugt. Meist jedoch sind Aluminiumwerkstoffe Legierungen von Reinaluminium mit einem oder mehreren Elementen, wie etwa Eisen, Kupfer, Magnesium, Mangan und Zink, Silizium, Blei, Bor, Chrom, Nickel, Titan, Wismut oder Zirkon. Die Legierungen werden durch Schmelzen, Sintern oder mechanisches Vermengen hergestellt (Joliet 1991). Zu den Halbzeugen, die für die Herstellung von Aluminiumprodukten verwendet werden, gehören Walzerzeugnisse (etwa Bänder, Bleche), Strangpreßerzeugnisse (etwa Profile) und Gießerzeugnisse (Eyerer et al. 1996).

Entsprechend seiner jeweiligen Verfügbarkeit und Preise veränderten sich die Anwendungsbereiche von Aluminium erheblich. Wurden zunächst v.a. Schmuck und Münzen aus Aluminium erstellt, so wurde es später zur Erzeugung aller Gegenstände benutzt, die sich durch Leichtigkeit und ausreichende Festigkeit auszeichnen sollten, etwa Schlüssel, Kochgeschirre, Boote, Instrumente, Telegraf- und Telefonteile und Eisenbahnwaggons. Später folgten Kabel und Drähte. Während des ersten Weltkrieges brauchten die Heere Aluminium, u.a. auch für neue Anwendungsgebiete. Im Flugzeugbau wurden etwa die Sperrholzrahmen durch Duralumin-Bleche und -Rohre ersetzt. Zunehmend wurde Aluminium im Fahrzeugbau, für Tankwagen, in der Bauwirtschaft, in der Elektroindustrie, in der chemischen Industrie und zu Verpackungszwecken verwendet (Treue 1989).

## 2.2 Technische Aspekte der Aluminiumerzeugung

Aluminium wird in zwei grundsätzlich verschiedenen Verfahrenslinien hergestellt: der Primär- und der Sekundärerzeugung (Eyerer et al. 1996). Anders als etwa bei Kupfer bestand bei Aluminium zunächst keine Hüttenproduktion von Sekundärmetall, d.h. Hüttenaluminium wurde ausschließlich aus Aluminiumoxid hergestellt (Wettig 1980).

Diese strikte Kategorisierung in Primär- und Sekundäraluminiumerzeugung nach ihren Vorstoffen hat allerdings an Bedeutung verloren, da seit Beginn der 70er Jahre auch Primärhütten Aluminiumschrott recyceln (Tschopp 1989; Konzelmann 1992b). Aufgrund mangelnder statistischer Erfassung bestehen jedoch nur Schätzungen über den Schrotteinsatz von Primärhütten. In den 80er Jahren errechnete das IPAI (International Primary Aluminium Institute) für die ihm angeschlossenen Primärhütten die Mengen Aluminium, die diese Hütten aus zugekauftem Material und Umarbeitungen von Schrott – ohne Berücksichtigung des eingesetzten Kreislaufmaterials – zurückgewonnen haben. Die Mengen stiegen von 12% (1984) auf 20% (1988) der Primärproduktion. Der Schrotteinsatz in der Primärindustrie ist auch relevant für die Verfügbarkeit von Rohstoffen für die Sekundärindustrie (OEA 1989). Sekundärhütten wiederum können eine mangelnde Rohstoffverfügbarkeit (Schrott) durch Zugabe von Primäraluminium als Input ausgleichen (OEA 1995/96). Auch die statistische Zuordnung erweist sich als schwierig (OEA

1989/90). Als Unterscheidungsmerkmal von Primär- und Sekundäraluminium kann im Grunde genommen nur noch das Herstellungsverfahren dienen<sup>2</sup> (Konzelmann 1992b).

### 2.2.1 Erzeugung von Primäraluminium

Die Verfahrenslinie der Primärerzeugung erfolgt ausgehend von Bauxit über die Herstellung von Tonerde bis zur elektrolytischen Reduktion des Aluminiummetalls. Bauxit ist eine Sammelbezeichnung für *Tonerdemineralien* mit unterschiedlicher Zusammensetzung. Es wurde 1822 entdeckt, aber erst mit der Einführung der Schmelzelektrolyse in den 80er Jahren des 19. Jahrhunderts und zunehmender Aluminiumproduktion stieg auch der Bauxitbedarf rasch an, und Lagerstätten wurden weltweit erschlossen. Die größten liegen in Australien und Guinea (Eyerer et al. 1996). Bauxit wird überwiegend im Tagebau abgebaut, die Abbauflächen werden zunehmend rekultiviert. Der Abbau ist gegenwärtig dann wirtschaftlich, wenn das Bauxit mehr als 30% Tonerde bei Verarbeitung vor Ort bzw. mehr als 50% Tonerde bei Ferntransport zur Verarbeitung enthält.

Bauxit wird in Oxidfabriken zu reiner Tonerde verarbeitet. Zunächst werden die Bauxitstücke in Brechanlagen zerkleinert; anschließend wird das Bauxit fein vermahlen und mit Natronlauge versetzt, um eine befriedigende Tonerdeausbeute zu erreichen. Danach erfolgt der Aufschluß, d.h. die Lösung der im Bauxit enthaltenen Aluminiumoxide durch Zugabe wäßriger Natronlauge, wodurch unter Hitze Natriumaluminat entsteht. Das heute gebräuchliche Verfahren zur Herstellung von Tonerde ist das kontinuierliche Bayerverfahren (Krone et al. 1990; Haas 1990). Das diskontinuierliche Verfahren ist technisch veraltet und spielt nur noch eine geringe Rolle (Eyerer et al. 1996).

Das Aluminat wird durch Lösung in einer Base aufgespalten: Verunreinigungen und Begleitelemente, v.a. Eisenhydroxid, die nicht in Basen löslich sind, fallen als Rotschlamm aus. Die Aluminatlauge wird nach Verdünnung vom Rotschlamm abgetrennt, aus der klaren Lauge wird Aluminiumhydroxid ausgefällt, abgetrennt und durch Kalzination in reine Tonerde ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) übergeführt (Krone et al. 1990; Eyerer et al. 1996).

Oxidfabriken sind heute überwiegend in der Nähe der Abbauorte konzentriert: Da für 1 t Primäraluminium etwa 5 t Bauxiterz benötigt werden, hat die Verlagerung in Bauxitförderländer zur Umweltentlastung und Energieeinsparung beigetragen. Verschärfte Umweltauflagen und -gesetze in den Industrieländern sowie niedrigere Lohnkosten in den Förderländern sind weitere Gründe für die Verlagerung (Eyerer et al. 1996). Hinzu kam das Interesse in den Entwicklungsstaaten an eigener Infrastruktur und Arbeitsplätzen.

In der *Aluminiumelektrolyse* wird aus Tonerde durch eine elektrochemische Reduktion Aluminium als reines Metall erstellt (Jeschar et al. 1996). Es existieren derzeit weltweit zwei Technologien (Eyerer et al. 1996):

---

2 Dem Abgrenzungsproblem trug die London Metal Exchange (LME) durch eine Umbenennung ihres neuesten Aluminiumkontraktes von „Secondary Aluminium Contract“ in „Aluminium Alloy Contract“ Rechnung.

- das Söderbergverfahren als das ältere Verfahren, das nur noch in Norwegen, Indien und Ländern der früheren Sowjetunion verwendet wird,
- die Prebaked Technology, als das modernere und in Mitteleuropa dominierende Verfahren, das durch Verwendung vorgebackener Anoden zur Erhöhung der Produktivität, Verminderung des Energieverbrauchs und zu Umweltverbesserungen geführt hat.

Bei letzterem wird in eine mit Kohlenstoff ausgekleidete und als Kathode wirkende Stahlwanne ein Bad aus Kryolith gefüllt, in dem bis zu 4% Tonerde gelöst sind. Das Kryolith dient zur Absenkung des Schmelzpunktes. Zwischen den aus Petrolkoks und Pech gebrannten Anoden, die in das Bad gesenkt werden, und der Kathode wird eine Gleichspannung erzeugt, die die Tonerde in Aluminium und Kohlendioxid spaltet. Der Energiestrom ist gut steuerbar. Im Gegensatz zum älteren Verfahren ist darüber hinaus eine Kapselung der Zelle möglich, die eine Erfassung und Reinigung der entstehenden Abgase, wie Fluorverbindungen und Kohlenmonoxid, erlaubt.

Um zu einem verkaufsfähigen Produkt zu werden, wird das Aluminium nach Verlassen der Elektrolyse gereinigt und z.T. legiert und mit hochwertigen Produktionsabfällen durchsetzt (Haas 1990). Dazu wird das flüssige Hüttenaluminium aus den Elektrolysezellen abgesaugt. Anschließend wird es in die Gießerei überführt und – nach einer Schmelzreinigungsbehandlung und dem Zusatz von Legierungsbestandteilen – v.a. zu Stranggußformaten für ein späteres Walzen oder Strangpressen oder zu Masseln als Vorstoff für Gießereien vergossen (Krone et al. 1990).

### **2.2.2 Erzeugung von Sekundäraluminium**

Für das Recycling von Aluminium gibt es zwei Möglichkeiten (Eyerer et al. 1996):

- Das Aluminium kann, sofern es in definierter Form gesammelt wird, zu einer walzbaren Legierung recyclet werden (Knetlegierungen). Hierdurch können Energieverbrauch und Emissionen im Vergleich zur Primärerzeugung deutlich vermindert werden.
- Nicht sortenreine Legierungen können unter Salz umgeschmolzen werden. Dieses Verfahren wird v.a. für Gußanwendungen benutzt.

Zu den *Vorstoffen* der Sekundäraluminiumerzeugung gehören Neuschrott (Schrott, der beim Produktionsprozeß anfällt), Späne, Altschrott (Rücklaufmaterial aus Altautos, Verpackungsmaterial, Baumaterial etc.), Krätzen, die in der Aluminiumherstellung anfallen und umgeschmolzenes Material (Vorschmolz). Sie unterscheiden sich in Form, Zusammensetzung und den jeweiligen Verunreinigungen. Da die Verunreinigung der Einsatzstoffe gering gehalten werden muß, kommt der Aufbereitung der Vorstoffe große Bedeutung zu (Krone et al. 1990). Zur Erzielung ofengängiger Einsatzstoffe werden verschiedene Verfahren – einzeln oder kombiniert – angewandt: Mahlung und Windsichtung (der Krätze), Shreddern, Abschwelen, Paketieren, Magnetschneiden und Sink-Schwimm-Aufbereitung (Eyerer et al. 1996).

Im englischen Sprachgebrauch wird analog zu den oben angesprochenen zwei Recyclingmöglichkeiten zwischen zwei Typen der Sekundärindustrie unterschieden: den „Remelters“ und „Re-

finers“. Im Deutschen findet sich keine eindeutige Übersetzung für diese zwei Herstellertypen. Insofern werden die englischen Bezeichnungen oft beibehalten und die Unterscheidung erfolgt v.a. nach den hergestellten Produkten. I.d.R. werden die beiden Produktionstypen in verschiedenen Unternehmen angewendet (Interview Kirchner<sup>3</sup>).

*Remelter* produzieren auf Schrottbasis durch Umschmelzen v.a. Knetlegierungen<sup>4</sup>, d.h. Preßbolzen und Walzbarren. Sie erfordern als Input pure, unverunreinigte Schrottqualitäten und bestimmte chemische Zusammensetzungen. Oft genügt nur Neuschrott den Anforderungen, allerdings setzen Remelter immer mehr beschichtete oder anders verunreinigte Schrottarten ein. Auf jeden Fall muß die metallurgische Analyse genau mit dem zu produzierenden Typ von Knetlegierung zusammenpassen. Das typische Produktionsverfahren ist der offene Herdofen. Oxidation und der Anfall von Krätzen sind typische Begleiterscheinungen (OEA 1995/96; Interview Kirchner). Knetlegierungen beinhalten i.d.R. geringe Mengen von Legierungselementen (OEA 1993/94).

Die Remelter-Industrie ist relativ jung. Sie besteht erst seit Anfang der 80er Jahre, da bis dahin nicht ausreichend Knetlegierungsschrotte zur Verfügung standen<sup>5</sup>. Heute produzieren diese Anlagen qualitativ hochwertige Walzbarren und Brammen, die sich nicht von Produkten unterscheiden, die vollständig aus Primäraluminium erstellt wurden (OEA 1993/94; Interview Kirchner). Die Entwicklung zu einer eigenständigen Remelt-Industrie wird auf zwei Gründe zurückgeführt:

- steigende Mengen von Alt- und Neuschrotten im Laufe der 80er Jahre und
- technologische Entwicklungen, die das Trennen und Sortieren von Schrotten entsprechend ihrer Qualitäten erleichterten.

Der zweite Produktionstyp sind die *Refiner*, die v.a. Gußlegierungen erstellen. Im Gegensatz zu Knetlegierungen können für die Produktion von Gußlegierungen alle Schrottsorten eingesetzt werden, auch solche mit einem höheren Eisenanteil. Sie können die gewünschten Eigenschaften sogar nur erreichen, wenn höhere Anteile von Legierungselementen, etwa Silikon, Zink, Kupfer und Magnesium, dem Prozeß zugeführt werden. Auch im Bereich dieser Industrie haben bzgl. der Inputs deutliche Veränderungen stattgefunden. Der Anteil an Neuschrott, insbesondere von Mischmaterial, das auch von den Remelters verwendet werden kann, wurde deutlich vermindert, der Anteil von Altschrotten hingegen stieg (OEA 1993/94). Ihren Namen haben die Refiner daher, daß bei der Produktion der Gußlegierungen ein Raffinerieprozeß eingeschaltet wird. Das typische Schmelzaggregat ist der Trommelofen, der das umfassende Recycling aller Schrottsorten erlaubt. Das Umschmelzen erfolgt unter Salz, das aus Natriumchlorid, Kalziumchlorid und in geringer Menge aus Kalziumfluorid besteht (Interview Kirchner). Zur Vermeidung von Abbrand-

---

3 Interview mit Herrn G. Kirchner, Geschäftsführer der VDS (Vereinigung Deutscher Schmelzhütten) und der OEA (Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters).

4 Sie werden als Profile und Stangen etwa im Halbzeugbereich eingesetzt (Interview Daßler; Herr Daßler ist Mitarbeiter beim Gesamtverband der Deutschen Aluminiumindustrie (GDA)).

5 Es wird vermutet, daß große Mengen von Produktions- und Prozeßschrotten als Rücklaufschrott in die Halbzeugproduktion gingen. Verunreinigte Schrotte hingegen gingen an die Refiner (OEA 1993/94).

verlusten und zur Bindung von Verunreinigungen wird das Bad mit Salz abgedeckt (Neumann 1992). Nach einer Schmelzreinigung und dem Legieren wird die Schmelze zu Blockformaten, Masseln und in Flüssigtransportbehälter abgegossen oder zu Sonderprodukten, wie etwa Granalien oder Pulver, verarbeitet (Krone et al. 1990). Die Refiner-Industrie besteht schon seit den 30er Jahren.

Hinsichtlich einer *Produktabgrenzung* unterscheiden sich die Produkte der beiden Industrietypen nicht nach Metallqualitäten, sondern nach metallurgisch unterschiedlichen Produkten. Gußlegierungen enthalten mehr Beimischungen, etwa rund 3,5% Kupfer und 9 bis 11% Silicium. Sie werden vergossen und werden z.B. zur Erstellung von Automotoren verwendet. Desoxidationsmaterial wird ebenfalls von den Refiners hergestellt.

Knetlegierungen zeichnen sich durch einen Aluminiumanteil von 98% oder höher aus, sie werden mechanisch verformt, etwa durch Walzen oder Pressen und werden z.B. für Fensterrahmen verwendet. Die genaue Zusammensetzung der Legierungen variiert mit ihrem Verwendungszweck. Was oft als Rein-Aluminium bezeichnet wird, wird von den Remelters hergestellt, es hat einen hohen Aluminiumanteil.

Während Knetlegierungen als Verschnitt zur Produktion von Gußlegierungen eingesetzt werden können, würde der Einsatz von Gußlegierungsschrott zur Erstellung von Knetlegierungen erfordern, daß diese Schrotte zunächst von den Legierungsanteilen Kupfer und Silicium befreit werden (Interview Kirchner).

Was die Abgrenzung von Primär- und Sekundäraluminium betrifft, so stellen beide Industrien Legierungen her. I.d.R. zeichnen sich die Primäraluminiumlegierungen zwar durch höhere Reinheiten aus, die moderne Produktionstechnologie ermöglicht den Remelters allerdings, Legierungen herzustellen, die sich in der Qualität nicht von denen der Primärerzeugung unterscheiden (OEA 1989/90; OEA 1993/94; Minet 1991).

### 2.3 Ökologische Aspekte der Aluminiumerzeugung

Die Gewinnung von Primäraluminium mittels der Schmelzflußelektrolyse ist durch einen außerordentlich hohen spezifischen Bedarf an elektrischer *Energie* gekennzeichnet. Der kumulierte<sup>6</sup> Primärenergiebedarf der Primäraluminiumgewinnung aus Bauxit betrug 1990 in der BRD 163.730 MJ je t unlegiertes Primäraluminium (Krone et al. 1990). Knapp 80% des Energiebedarfs entfallen auf die Elektrolyse, 17% auf die Tonerdegewinnung.

Bei der Sekundäraluminiumerzeugung werden nur 19.505 MJ Primärenergie pro t unlegiertes Sekundäraluminium verbraucht, wovon ca. 47% auf den Einschmelzvorgang im Trommelofen entfallen und 11% auf die Schmelzreinigung und das Vergießen. Weitere 18% werden für die

---

6 Summe aus den Energieverbräuchen aller Bearbeitungsstufen.

Schrottverarbeitung und Krätzeaufbereitung benötigt und etwa ebensoviel für die Salzschlackenaufarbeitung. Auf den Transport entfallen knapp 6% des Energieverbrauchs<sup>7</sup> (Krone et al. 1990).

Während i.d.R. argumentiert wird, daß die Sekundäraluminiumproduktion bis zu 95% weniger Energie als die Primärerzeugung erfordert (vgl. Kirchner 1989b; OEA 1993/94), errechnet sich aus der hier dargestellten, umfassenden Bilanzierung ein Primärenergiebedarf der Sekundärerzeugung von knapp 12%, gemessen am Verbrauch der Primärerzeugung. In jedem Fall aber beträgt der Energiebedarf der Sekundärerzeugung nur einen Bruchteil dessen der Primärerzeugung.

Auch bzgl. des *Abfallaufkommens* schneidet die Sekundärerzeugung deutlich besser ab als die Primärerzeugung von Aluminium. Bei der Primärerzeugung fallen feste Rückstände in Höhe von 3650 kg/t Aluminium, wovon etwa 87% oder 3200 kg feuchter Rotschlamm aus der Tonerdeproduktion<sup>8</sup> sind, der deponiert werden muß, da eine wirtschaftliche Verwendungsmöglichkeit fehlt (Krone et al. 1990; Aluminium-Zentrale 2). Weitere Rückstände sind Aschen aus der Kohleverbrennung zur Stromerzeugung.

Die Sekundärerzeugung verursacht rund 93 kg Abfall je Tonne Aluminium. Dies gilt allerdings nur, wenn der bei der Salzschlackenaufbereitung anfallende Tonerderückstand verwertet wird. Etwa 50% der Abfälle stammen hier aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe zu Heiz- und Transportzwecken und der Schrottvorbereitung, d.h. dem Shreddern. Weitere 50% entfallen auf das Schmelzwerk selbst. Die Abfälle aus dem Schmelzwerk bestehen zu 70% aus Filterstäuben aus Gewebefiltern, die den Abschmelz-, Abschwel-, Trommelofen und Konvertern nachgeschaltet sind (Krone et al. 1990).

Die Salzzugabe beim Umschmelzprozeß beträgt etwa 0,4 t/t Aluminium. Beim Umschmelzen etwa von Schrotten und Krätzen entstehen hohe Entfallmengen an Salzschlacke (etwa 0,6 t/t Aluminium), die in der Bundesrepublik mittlerweile zu einem großen Teil aufbereitet, im Ausland jedoch noch weitgehend deponiert werden. Der dabei verbleibende tonerereiche Rückstand muß hier allerdings deponiert werden (Eyerer et al. 1996). Daher erhöht sich entsprechend der Bilanzierung von Krone et al. (1990) hier auch die Menge fester Rückstände auf ca. 386 kg/t Aluminium, wovon ca. 75% auf den zu deponierenden Tonerderückstand entfallen (Krone et al. 1990).

Insgesamt betragen die atmosphärischen Schadstoffemissionen der Aluminium-Primärerzeugung etwa 204 kg/t Aluminium, wovon 85% aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe für die Tonerdeherstellung (Prozeßenergien) und zur Elektrolyse (Kohleverstromung) stammen und v.a. aus Schwefel- und Stickoxiden, Staub, Kohlenmonoxiden und Kohlenwasserstoffen bestehen. Nur ein geringer Teil entfällt auf prozeßbedingte Emissionen wie Fluor und Fluoride aus der

---

7 Der Energieverbrauch für den Tonerdetransport für die Primärerzeugung liegt bei einem Anteil von unter 0,2% und ist insofern von untergeordneter Bedeutung. Die absolute Größenordnung des Energiebedarfs für Transport ist allerdings für Sekundär- und Primäraluminium beinahe gleich und liegt bei 1000 MJ/t Aluminium.

8 Pro t Aluminiumoxid fallen etwa 0,7 t Rotschlamm an (Aluminium-Zentrale 4).

Schmelzflußelektrolyse oder Chlor und Chloride<sup>9</sup> aus der Schmelzebehandlung (Krone et al. 1990). Die Fluoremissionen, die z.T. gesundheitsschädlich sind und zum Treibhauseffekt beitragen, sind auf die Verwendung von Kryolith im Elektrolyseprozeß zurückzuführen. Die Elektrolyse-reaktion führt darüber hinaus zu etwa 1,5 kg CO<sub>2</sub>/kg Aluminium, für den größten Teil dieser Emissionen ist die Erzeugung des Stroms verantwortlich (Eyerer et al. 1996).

Bei der Sekundärerzeugung belaufen sich die luftgängigen Emissionen auf etwa 12 kg/t Aluminium. Sie bestehen zu etwa 50% aus Schwefel- und Stickoxiden und Staub, die bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe entstehen (v.a. zur Erzeugung thermischer Energie zu Heizzwecken, aber auch zu Transportzwecken). Weitere 50% entfallen auf prozeßbedingte Emissionen. 20% davon entstammen dem Schmelzprozeß und bestehen in Chlorwasserstoff, Chlor und Kohlenstoff. Etwa 30% stammen aus der Aufarbeitung der Salzschlacke und bestehen aus Wasserstoff und Methan (Krone et al. 1990).

Der *Wasserbedarf* bei der Primäraluminiumerzeugung wird mit 57 m<sup>3</sup>/t Aluminium<sup>10</sup> angegeben. 73% davon entstehen bei der Bereitstellung der elektrischen Energie für die Elektrolyse. Der Prozeßwasserverbrauch für die Primär-Aluminium-Herstellung selbst liegt bei unter 1 m<sup>3</sup>/t Aluminium. Der Prozeß-Wasserverbrauch der Sekundäraluminiumerzeugung liegt bei 1,6 m<sup>3</sup>/t Aluminium (Krone et al. 1990).

Sekundäraluminium schneidet in der *Umweltbilanz* hinsichtlich aller hier angesprochener Belastungsindikatoren besser ab als Primäraluminium. Ein vollständiger Ersatz des Primäraluminiums durch Sekundäraluminium ist dennoch nicht möglich, da Sekundäraluminium nicht universell einsetzbar ist. Zwar unterliegen Metalle beim Recycling keinem down-grading, allerdings sind legierte Schrotte nach dem Einschmelzen nicht für alle Verwendungszwecke geeignet (Sames 1993). Was für Metalle normalerweise grundsätzlich gilt, nämlich daß sie in reiner Form auch über den Recyclingweg gewonnen werden können, gilt für Stahl und Aluminium nur mit Einschränkungen. Mit steigendem Anteil des Sekundäraluminiums können die für die Endprodukte erforderlichen Reinheiten des Metalls zunehmend eine Begrenzung bilden: Legierungselemente kumulieren im Sekundärkreislauf und können zulässige Grenzwerte übersteigen oder die Legierungselemente, wie etwa Eisen, können für bestimmte Einsatzzwecke schädlich sein (Neumann 1992).

## 2.4 Preisbildung

Die Metallpreise unterliegen oft starken Schwankungen, weswegen es in der Vergangenheit verschiedene Versuche gegeben hat, sie zu beeinflussen. Im Bereich der NE-Metalle gibt es verschiedene Preisbildungsvorgänge, etwa Produzentenpreise mit oder ohne konkurrierender Börsennotierung, freie Börsenpreise, durch Abkommen beeinflusste Börsenpreise, regionale Preise

---

9 Da zur Gruppe der Chloride auch Dioxine gehören, ist hier neben absoluten Mengen v.a. deren Risikopotential (toxische Wirkung) von Bedeutung.

10 Die Autoren vermuten, daß darin auch Kreislaufwasser enthalten ist.

und Preisführerschaften (Gebhardt/Knörndel 1977). Die Bildung von zentralen Handelsplätzen wurde durch die räumliche Trennung von Metallvorkommen und industrialisierten Ländern begünstigt (Müller-Ohlsen 1981).

Entsprechend der oligopolistischen Marktstruktur erfolgte die Preisbildung für Aluminium jahrzehntelang unter Preisführerschaft der großen nordamerikanischen Produzenten. Daneben gab es auch freie Preisnotierungen, etwa den US-Marktpreis und den europäischen Freimarktpreis, die hauptsächlich für Erzeugnisse aus den (ehemaligen) Staatshandelsländern und das Angebot kleinerer Hersteller zur Anwendung kamen. Während der Produzentenpreis eher auf langfristige Stabilität zielte, haben die Marktpreise mehr eine Indikatorfunktion für Knappheits- bzw. Überschussituationen. Das Fehlen eines Börsenterminhandels erleichterte über Jahrzehnte hinweg eine Festpreispolitik. Seit 1978 wird Hüttenaluminium allerdings an der Metallbörse, dem seit 1877 bestehenden London Metal Exchange (LME), gehandelt. Damit orientieren sich auch die deutschen Produzenten an den internationalen Notierungen. Außerdem kam es zu einer weitgehenden Angleichung der Börsennotierungen und der Marktpreise (Müller-Ohlsen 1981). Insofern kann etwa die deutsche Aluminiumindustrie im internationalen Vergleich höhere Kosten der Produktion – etwa durch Strom- oder Umweltschutzkosten – nicht einfach über den Preis auf den Nachfrager abwälzen (Boesler/Breuer 1989; Müller-Ohlsen 1981; Krol/Steil 1987).

Auf den Metall-Weltmärkten gibt es eine Tendenz zur Bildung von Teilmärkten (Müller-Ohlsen 1981):

- horizontale Teilmärkte mit räumlich besonders intensiven Abnahme- und Lieferbeziehungen zwischen verschiedenen Verbraucherregionen,
- vertikale Teilmärkte für Erzeugnisse verschiedener Produktionsstufen.

Zwar bestehen auf den Teilmärkten unterschiedliche Preisbildungsprozesse und die Preisentwicklung kann kurzfristig voneinander abweichen. Längerfristig jedoch schlägt sich die gegenseitige Beeinflussung der Teilmärkte in einer ähnlichen Preisentwicklung nieder. So besteht etwa ein Zusammenhang zwischen den Preisen für Grundmetalle und Halbzeuge oder zwischen Produzentenpreisen und Börsenpreisen.

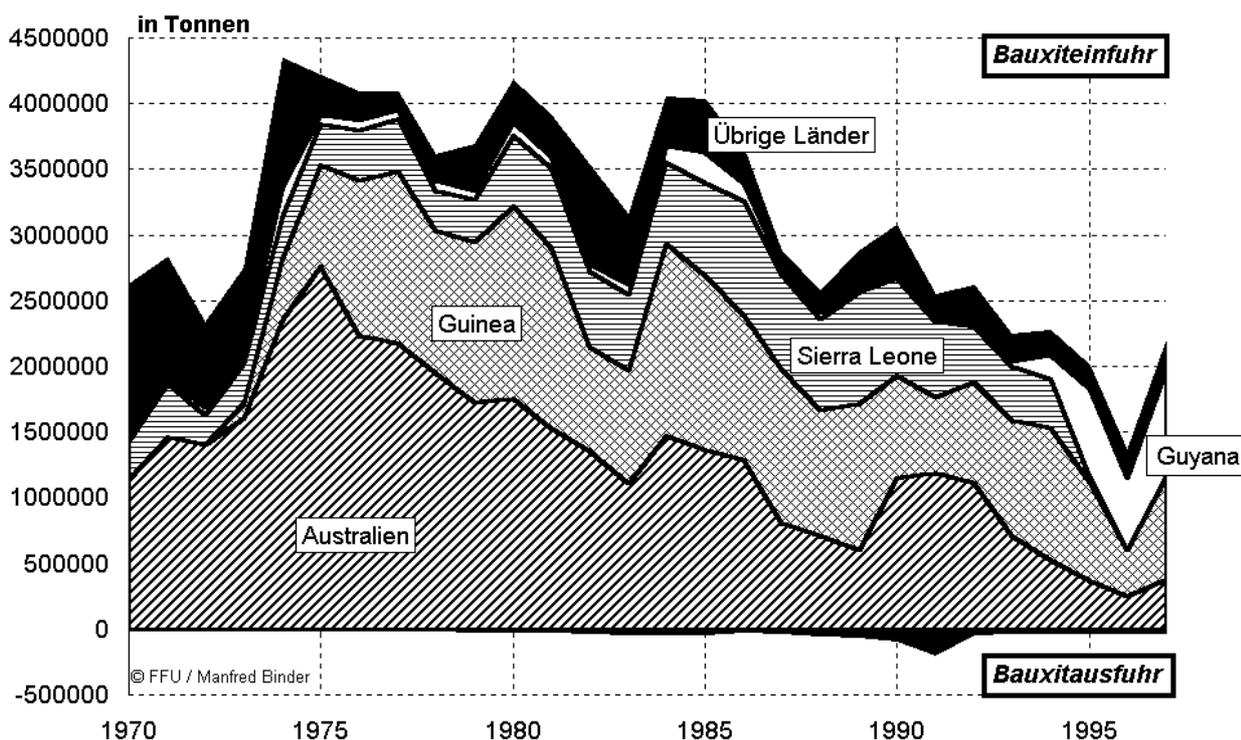
Seit Oktober 1992 werden auch Sekundäraluminium-Legierungen im sogenannten Aluminium Alloy Contract an der LME gehandelt (OEA 1992/93). Auch wenn die LME-Notierung für Sekundäraluminium keine große Akzeptanz besitzt und zur Versorgung mit Aluminium nur wenig genutzt wird, hat sie doch großen Einfluß auf die Preisbildung (Interview Kirchner). Um der unterschiedlichen Verfügbarkeit von Schrotten Rechnung zu tragen, werden in der Sekundärindustrie i.d.R. nur Lieferverträge mit kurzen Laufzeiten abgeschlossen. Die Sekundärhütten können dadurch schnell auf veränderte Marktverhältnisse reagieren (OEA 1989/90).

### 3 Die Aluminiumindustrie in Deutschland

Nach Eisen und Stahl stellt Aluminium in der Wirtschaft der Bundesrepublik Deutschland mengenmäßig das wichtigste Metall dar (Jochem/Bradke 1996). Die Herstellung von Aluminium ist mit anderen Industrieproduktionsbereichen eng verzahnt. Zu diesen gehören der Fahrzeugbau, der Bausektor, der Maschinenbau, der Metallbereich, der Verpackungssektor und die Elektrotechnik. Die Bundesrepublik Deutschland gehört weltweit zu den Ländern mit dem größten Pro-Kopf-Verbrauch an Aluminium (Joliet 1991). 1995 stand sie mit ihrem Verbrauch von 1,5 Mio. t Primäraluminium weltweit an vierter Stelle, nach den USA, Japan und China (Metallstatistik 1996).

Das in der deutschen Aluminiumindustrie verarbeitete Bauxit stammt im wesentlichen aus Australien, Guinea, bis Mitte der 90er Jahre Sierra Leone und neuerdings verstärkt Guyana (Abbildung 3). Die (Wieder-)Ausfuhr von Bauxit ist demgegenüber vernachlässigbar. Der sich daraus im Saldo ergebende Bauxitverbrauch ist schon seit Mitte der 70er, v.a. aber seit Mitte der 80er Jahre rückläufig, also lange vor und deutlich stärker als die Primäraluminiumproduktion.

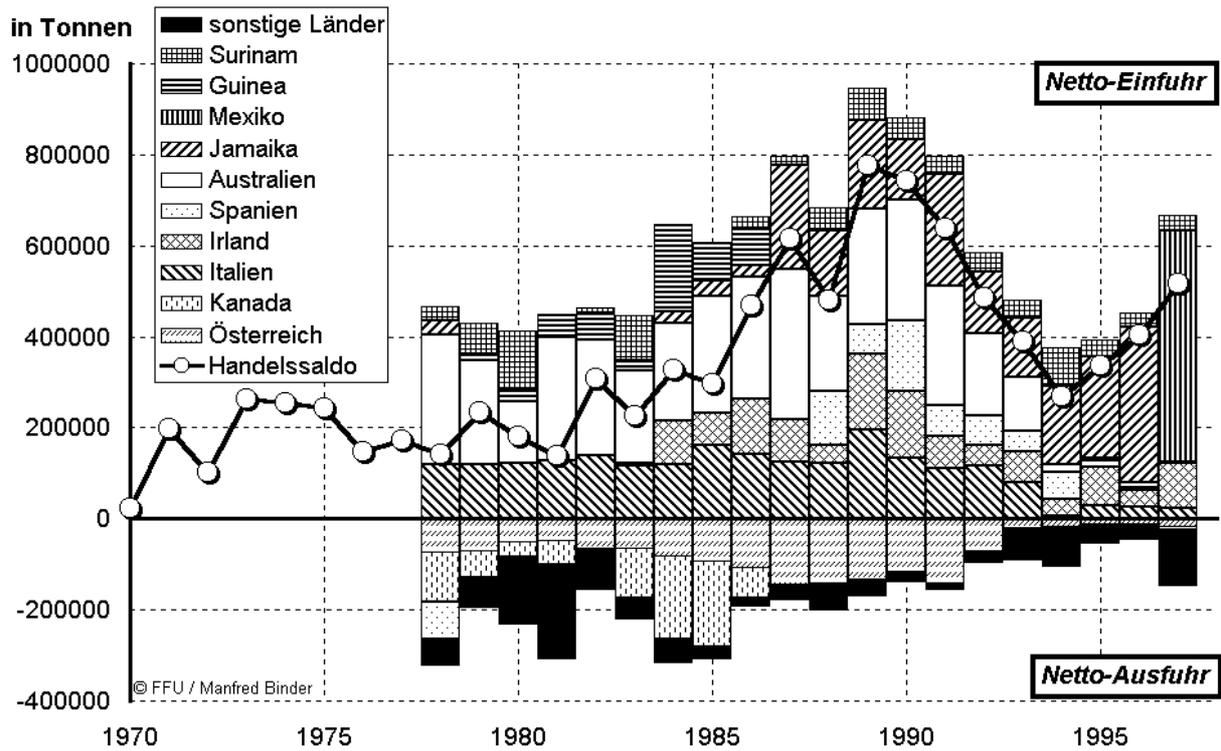
Abbildung 3 Deutscher Außenhandel mit Bauxit 1970-97



Quelle: Metallstatistik div. Jg.; ab 1991 mit neuen Ländern

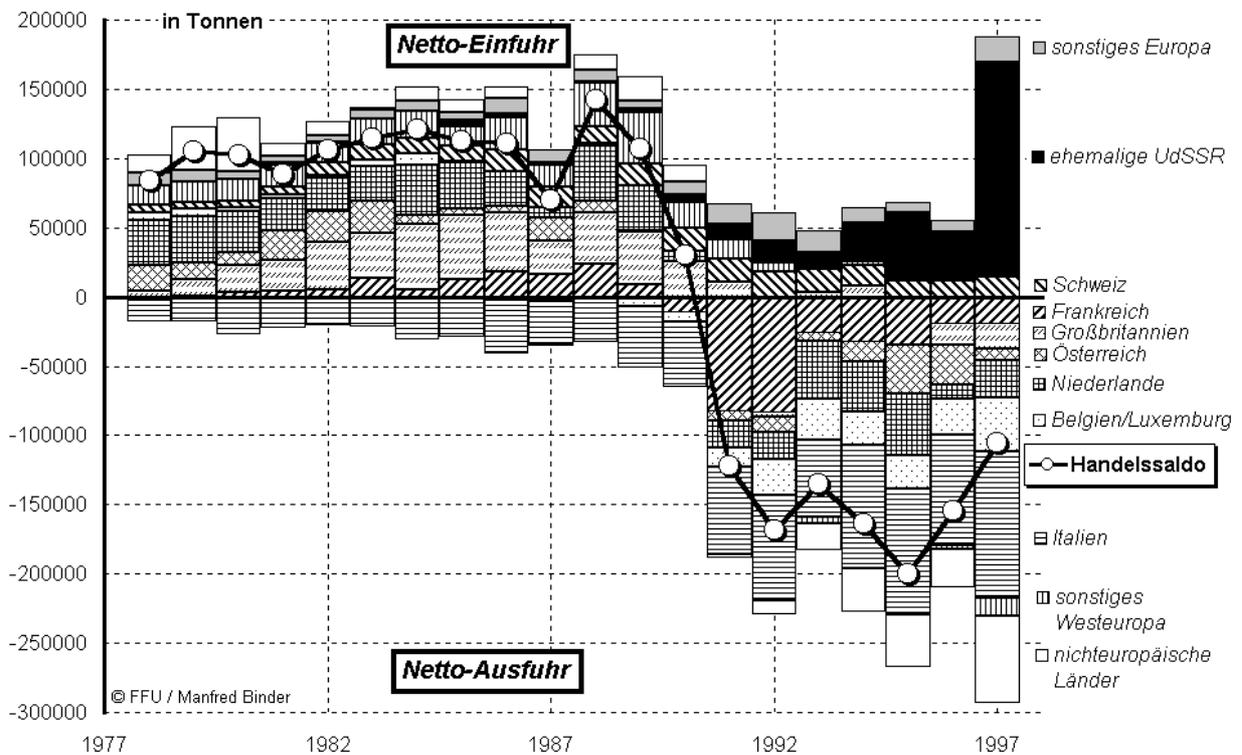
Als Input wurde bis Ende der 80er Jahre in zunehmendem Maße importierte Tonerde statt Bauxit verwendet, die erste Verarbeitungsstufe des Rohstoffs also teilweise ins Ausland verlagert (Abbildung 4). Zum größeren Teil stammen diese Importe aus Übersee (Australien, Jamaika, Guinea, Surinam und neuerdings Mexiko).

Abbildung 4: Deutscher Außenhandel mit Tonerde 1970-97



Aus- und Einfuhren wurden für jedes Land saldiert. Quelle: Metallstatistik div. Jg.; ab 1991 mit neuen Ländern

Abbildung 5: Deutscher Außenhandel mit Aluminiumschrott 1978-97



Aus- und Einfuhren wurden für jedes angeführte Land und jede angeführte Ländergruppe saldiert. Quelle: Metallstatistik div. Jg.; ab 1991 mit neuen Ländern

Anfang der 90er Jahre wandelte sich Deutschland vom Netto-Importeur zum Netto-Exporteur von Sekundärrohstoffen, d.h. aluminiumhaltigen Schrotten – trotz wachsender Schrottimporte aus Osteuropa (Abbildung 5). Der Schrott-Außenhandel findet ganz überwiegend mit dem europäischen Ausland statt.

### **3.1 Der Aufbau der deutschen Aluminiumindustrie bis Ende der 70er Jahre**

In Deutschland wurde Hüttenaluminium seit 1898 erzeugt. Einen ersten großen Aufschwung nahm die Produktion allerdings erst während des 1. Weltkrieges, aufgrund des steigenden Bedarfs im Luftschiff- und Flugzeugbau (Rüstungsindustrie) sowie in der Elektroindustrie als Ersatz für das nicht ausreichend verfügbare Kupfer (Wettig 1980). Seit den 20er Jahren wurden daher verstärkt Aluminium-Produktionsanlagen gebaut, die Hüttenkapazität erreichte 1945 eine Jahreskapazität von über 260.000 t. Die Rohstoffversorgung (Bauxit) konnte aus benachbarten und verbündeten Ländern gesichert werden (ebd.; Treue 1989).

Aufgrund ihres hohen Stromverbrauchs und der Tatsache, daß Aluminiumhütten nur bei niedrigen Energiepreisen rentabel betrieben werden können, entstanden beinahe alle Anlagen in der Nähe von Wasserkraftwerken in Süddeutschland (Rheinfelden/Baden und Töging/Inn) oder Braunkohlekraftwerken in der Mitte Deutschlands (Bitterfeld, Aken, Lauta) und am Niederrhein (Grevenbroich).

Nach dem 2. Weltkrieg wurde die Produktion des als Kriegsmetall angesehenen Aluminiums in Westdeutschland zunächst verboten. Dieses Verbot wurde 1948 gelockert und 1951 schließlich aufgehoben. Aufgrund von Demontage verschiedener Hütten konnte die Produktion zunächst nur in geringem Umfang wieder aufgenommen werden. Die Kapazität und Produktion der einzelnen Unternehmen ab 1956 zeigt Tabelle ANNEX (Anhang).

Trotz Erhöhung der Hüttenkapazität durch Remontage der VAW Hütte bei Grevenbroich und Inbetriebnahme einer neuen Hütte bei Neuß (1962/63) konnte der Verbrauch zusehends weniger aus der inländischen Produktion gedeckt werden. Mitte der 60er Jahre betrug der Grad der Verbrauchsdeckung im Inland nur noch 58%, 1963 waren es noch 66%. Wegen der im internationalen Vergleich hohen Strompreise wurden zunächst keine neuen Hütten gebaut und eine Steigerung der Produktion war nur in geringem Umfang – durch Modernisierung bestehender Anlagen – möglich. Zunehmende Rohmetallimporte waren die Folge (Wettig 1980).

Eine grundlegende Veränderung der Situation bahnte sich in der zweiten Hälfte der 60er Jahre an, als technologische Entwicklungen in der Elektrizitätserzeugung, im Massenguttransport und in der Aluminiumerzeugung und -weiterverarbeitung Hüttenstandorte in Verbrauchernähe begünstigten (ebd.). Infolge der Rezession 1967 förderte die öffentlichen Hand die Errichtung von Aluminiumhütten in strukturschwachen Regionen, z.B. mit einem bis 1973 laufenden Hüttenneubauprogramm (Haas 1990). Darüber hinaus hatte auch die Errichtung von Kernkraftwerken mit niedrigen Stromerzeugungskosten Auswirkungen auf die Planung neuer Hütten, da dadurch neue Standorte in transportgünstiger Lage entstanden. So ist von den Aluminiumhütten in Stade

(1973 eröffnet) und Hamburg (1978 eröffnet) bekannt, daß sie – zumindest bis Anfang der 90er Jahre – Atomstrom zu subventionierten Preisen nutzten (Falk/Schwarz 1991).

Für eine Hütte „am Markt“ sprachen des weiteren die billigeren Massenguttransporte des Rohstoffs zur Hütte verglichen mit den teuren Stückgutfrachten der Hüttenerzeugnisse zum Verbraucher. Hinsichtlich der Entwicklungen in der Aluminiumerzeugung und -verarbeitung war es darüber hinaus sinnvoll, die Weiterverarbeitung des Rohmetalls zu Halbzeug, Gußerzeugnissen und speziellen Legierungen schon an der Hütte und energiesparend „in einer Hitze“ vorzunehmen. All diese Entwicklungen veranlaßten die VAW und weitere Unternehmen zum Bau neuer Primärhütten, die im Laufe der 70er Jahre angefahren wurden: in Essen-Borbeck (1972), Stade (1973), Voerde und Ludwigshafen (1977) und Hamburg (1978) (ABMS div. Jg.). (Tabelle A, Anhang).

Ausschlaggebend für die Konzentration der Hüttenkapazitäten in den nördlicheren Bundesländern waren die preiswerte Energieversorgung und der Anschluß an Seehäfen und große Binnenwasserstraßen. Letzteres war relevant hinsichtlich niedriger Transportkosten für Roh- und Betriebsstoffe, da der Rohstoff Aluminiumoxid zunehmend aus Oxidfabriken in Nähe der Nordseeküste oder aus dem Ausland bezogen wurde (Wettig 1980).

### 3.2 Der Kapazitätsabbau in der deutschen Primäraluminiumerzeugung

Nachdem sich die Primäraluminiumproduktion seit Ende der 70er Jahre stabilisiert hatte, stieg sie zwischen 1982 und 1984 noch einmal leicht an. 1984 erreichte sie ihren Höchstwert. Sie blieb dann von 1985 bis 1988 weitgehend stabil, um anschließend rapide zurückzugehen. Erst nach 1994 scheint sich eine leichte Erholung anzudeuten.

Tabelle 1: Stilllegung von Primäraluminiumkapazitäten

Unternehmen	Ort	Hintergrund	Kapazität	Jahr
VAW aluminium AG Erftwerk	Grevenbroich	zu geringe Kapazität zu hohe Stromkosten	32.000 t	1978
Alcan Aluminiumwerke GmbH	Ludwigshafen	Strompreissteigerungen	44.000 t	1987
VAW aluminium AG Lippewerk	Lünen	veraltete Anlage, Energie zu teuer Kapazität zu gering <sup>11</sup>	47.000 t	1989
Aluminium Hütte Rheinfelden GmbH (Alusuisse)	Rheinfelden	sinkende Aluminiumpreise steigende Produktionskosten	64.000 t	1991
VAW Aluminium AG Innwerk	Töging	zu geringe Größe <sup>12</sup> , zu hohe Stromkosten	90.000 t	1996

Quelle: BT-Drs. 13/6833.

11 Die Kapazität betrug bei Werksstilllegung allerdings nur noch 20.000 t.

12 Die Kapazität betrug zuletzt nur noch 30.000 t. Eines der beiden Ofenhäuser in Töging war bereits im Oktober 1993 stillgelegt worden (Kühnle 1994).

Seit Ende der 70er Jahre wurde in der Primäraluminiumindustrie in der Bundesrepublik Deutschland die Produktionseinstellung von fünf Hütten vollzogen, deren Kapazität 277.000 t umfaßte (Tabelle 1). Der Rückgang der Primäraluminiumproduktion in Deutschland erfolgte zunächst v.a. aufgrund des im internationalen Vergleich hohen Stromkostenniveaus. Hinzu kam mit Beginn der 90er Jahre allerdings ein Überangebot auf dem Aluminiummarkt durch drastisch gestiegene Exporte aus der GUS, das zu einem Lageraufbau an der LME und damit zu einem Preisverfall führte, der die Kostensituation der deutschen Aluminiumindustrie weiter verschlechterte.

Als für die Primärmetallhütten relevant werden in der Regel folgende Standortfaktoren diskutiert (Wettig 1980):

- gute Verkehrsverbindungen für den Transport von Vor- und Hilfsstoffen, Energieträgern und Fertigprodukten,
- die Versorgung mit Energie und Wasser,
- die Lage zu Abnehmern
- und Umweltschutzauflagen.

Während die *Verkehrsanbindung* einen wichtigen Standortfaktor darstellt, werden die Transportkosten selbst für die Aluminiumproduktion nicht als von großer Bedeutung angesehen (Haas 1990). Gestützt wird diese Behauptung durch den zunehmend internationalen Charakter von Beschaffung und Absatz.

Da Aluminium aufgrund seines hohen Wert-Gewichtsverhältnisses relativ transportkostenunempfindlich ist, kommt der *Nähe zu Abnehmern* eher aufgrund inhomogener Absatzbedingungen – etwa technischer und ökonomischer Vorteile von Marktnähe und Produktionsverbund, traditionelle Lieferbeziehungen und Qualitätsdifferenzen – Bedeutung zu (ebd.). Tatsächlich liegt der Absatzschwerpunkt der deutschen Aluminiumindustrie in Deutschland und Europa (StaBu FS 7, 2; Metallstatistik 1996). Allerdings werden die Standortvorteile durch Marktnähe als langfristig weniger relevant als mögliche Kostendifferenzen angesehen (Haas 1990).

Auch wenn die *Wechselkursrelationen* für die Ertragssituation der Aluminiumindustrie oft von hoher Relevanz sind, werden sie doch nicht als ausschlaggebend für die Standortwahl der Aluminiumindustrie angesehen (ebd.). Auch für Kapazitätsplanungen dürften sie keine Bedeutung haben, da die Wechselkurse oft kurzfristigen Schwankungen unterliegen.

Obwohl die deutsche Aluminiumindustrie selbst häufig auf Wettbewerbsnachteile durch im internationalen Vergleich höhere *Umweltschutzkosten* hinweist, werden diese weder spezifiziert, noch in direkten Zusammenhang mit Anlagenschließungen gestellt (vgl. etwa Boesken 1992a; Steil 1993).

Ein Hinweis auf die Kostenbelastung durch Umweltschutz, zumindest im nationalen, interindustriellen Vergleich, wird durch eine Betrachtung der Investitionen für Umweltschutz ermöglicht. Tabelle 2 zeigt für drei Vergleichsjahre die gesamten Bruttoanlageinvestitionen, die Um-

weltschutzinvestitionen und deren Anteil an den gesamten Investitionen im Produzierenden Gewerbe und der NE-Metallindustrie. Aus dieser Aufstellung ist ersichtlich, daß die Umweltschutzaufwendungen der NE-Metallindustrie – zumindest für nachgeschaltete Technologien – über dem Durchschnitt der gesamten Industrie lagen. Noch stärker gilt dies für die Aluminiumindustrie, die zur NE-Leichtmetallindustrie gehört.

Tabelle 2: Umweltschutzinvestitionen (Bruttoanlageinvestitionen)

	1980			1989			1993		
	Bruttoanlageinvestitionen	Umweltschutzinvestitionen		Bruttoanlageinvestitionen	Umweltschutzinvestitionen		Bruttoanlageinvestitionen	Umweltschutzinvestitionen	
	in Mio DM	in Mio DM	in v.H.	in Mio DM	in Mio DM	in v.H.	in Mio DM	in Mio DM	in v.H.
Produzierendes Gewerbe (ohne Bergbau)	69653,5	2587,2	3,7	106266,4	7491,5	7,0	125712,9	8188,1	6,5
NE-Metallerzeugung und -halbzeugwerke (ohne NE-Metallgiessereien)	754,4	46,9	6,2	1239,2	135,5	10,9	1499,9	98,3	6,6
davon:									
- NE-Leichtmetallhütten	137,9	14,5	10,5	104,5	17,3	16,5	88,7	10,8	12,2
- NE-Schwermetallhütten	85,0	12,3	14,5	212,1	67,1	31,6	No Value	31,1	
- NE-Metallumschmelzwerke	94,4	8,1	8,6	98,9	23,1	23,4	No Value	4,5	
- NE-Metallhalbzeugwerke	437,1	11,9	2,7	823,8	28,0	3,4	1243,8	51,9	4,2

Quelle: StaBu FS 19,3

Dies ist aber ein allgemeines Merkmal der Aluminiumindustrie und kein Beleg für einen deutschen Wettbewerbsnachteil. Hinweise auf möglicherweise besonders strikte Umweltschutzanforderungen in Deutschland finden sich lediglich hinsichtlich luftgängiger Schadstoffe: So wird etwa berichtet, daß in Deutschland die europäischen Durchschnittswerte von PAKs (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) und gasförmigen anorganischen Fluorverbindungen unterschritten werden. Allerdings wird für letztere auch der Grenzwert der TA Luft deutlich unterschritten (BT Drs. 13/6833).

Stattdessen werden als Ursache für die Produktionsstillegungen in Deutschland vor allem die hohen *Stromkosten* genannt. Obwohl dieser strukturelle Nachteil für die Primäraluminiumerzeugung in der Bundesrepublik bereits frühzeitig deutlich war, blieb die Produktion bis Mitte der 80er Jahre wegen hoher Metallpreise und günstiger Wechselkursrelationen rentabel. Auch waren die Bedingungen der Stromversorgungsverträge zu dieser Zeit teilweise noch günstiger<sup>13</sup> (Seebauer 1989).

Die NE-Metallindustrie zählt generell zu den überdurchschnittlich mit Energiekosten belasteten Branchen: Der Anteil der Kosten für Energieversorgung am Bruttoproduktionswert beträgt derzeit in der NE-Metallindustrie 5,2% im Vergleich zu 2,1% im Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes. Innerhalb dieser Industrie gibt es jedoch erhebliche Unterschiede. Für die Hüttenaluminiumerzeugung wurde für 1985 ein Anteil der direkten Aufwendungen für elektrische Energie am Produktionswert von 23% errechnet (Haas 1990, vgl. Tabelle 3). Eine Berechnung für die alten Bundesländer (Jochem/Bradke 1996) kam zu dem Ergebnis, daß von 98,7 PJ Endenergie-

13 Die Stromlieferungsverträge der zwei größten Hüttenbetriebe liefen bereits 1989 aus (Seebauer 1989).

verbrauch in der NE-Metallindustrie 1989 47,4 PJ allein auf die Hüttenaluminiumerzeugung entfallen.

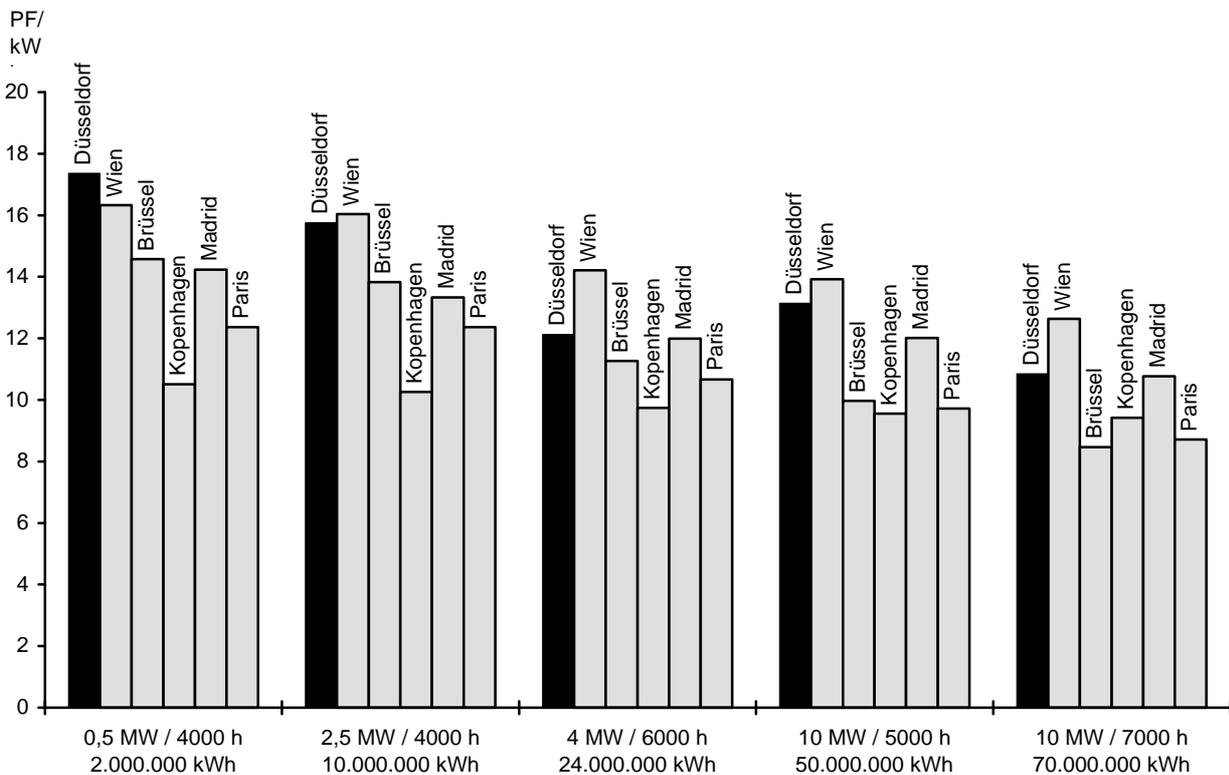
Die Bundesrepublik liegt mit ihren Strompreisen im oberen Bereich der EU-Länder (Abbildung 6; vgl. auch VIK 1997). Einschränkung muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß Informationen über die genauen Konditionen von Stromlieferungsverträgen zwischen Anbietern und einzelnen industriellen Abnehmern nicht vorliegen.

Tabelle 3: Schätzung der mittleren Herstellungskosten für Hüttenaluminium

Bundesrepublik Deutschland 1985		
Kosten für	DM/t Al	in v.H.
Strom	730	23
Aluminiumoxid	890	28
Anoden	380	12
Arbeit	290	9
Instandhaltung / Reparatur / Verwaltung	200	6
Kapital	400	13
Andere	260	8
<b>Herstellungskosten</b>	<b>3150</b>	

Quelle: Haas 1990

Abbildung 6: EU-Industriestrompreise – Preisstand 1.7.1996



Quelle: VIK 1997.

Hohe Energiepreise werden auch als Grund für den Rückgang der Produktion in anderen Ländern Europas (mit Ausnahme von Norwegen) gegen Ende der 80er Jahre genannt. Norwegen weitete aufgrund günstiger Energie aus Wasserkraft seine Produktion deutlich aus und rückte damit 1987 vom Produktionsvolumen her in Europa an die Spitze. Bis dahin hatte Deutschland diese Position inne (OEA 1989/90). Insgesamt erhöhte sich die Produktion der EG 1989, Rückgänge waren 1987, 1988 und 1990 zu verzeichnen. In Gesamt-Europa sank die Produktion ab 1991 (Metallstatistik 1996). Zu den Ländern, in die die Industrie außerhalb Europas verlagert wird, gehören

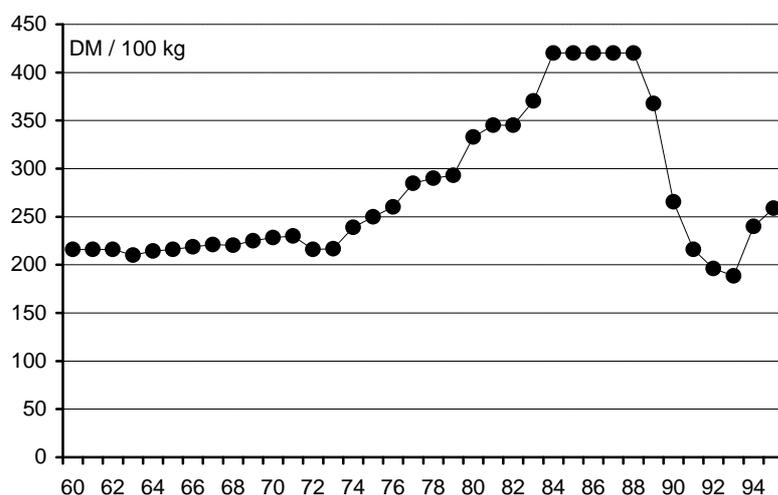
Australien, Brasilien und Kanada (Boesken 1992b). Länder mit einer starken Zunahme der Aluminiumproduktion waren darüber hinaus Venezuela, Bahrain und Indien (Jochem/Bradke 1996).

Als weitere Standortsschwierigkeiten werden mitunter fehlende Bauxitlagerstätten und steigende Arbeitskosten genannt (Boesken 1992a; Kühnle 1994). Darüber hinaus wurde die deutsche Aluminiumindustrie 1992 massiv von der Rezession betroffen, die von den Belastungen durch die deutsche Vereinigung noch intensiviert wurde (Schirner 1993). Sinkende Preise und das schlechte Wechselkursverhältnis zum US-Dollar verschärften die Probleme der Industrie.

### 3.3 Die Exportoffensive der GUS Anfang der 90er Jahre

Die Reduzierung des militärischen Bedarfs und ein nur langsamer Übergang auf zivile Verwendungen führten in den Ländern der GUS zu Beginn der 90er Jahre zu hohen Metallüberschüssen und in Folge zu einem Überangebot auf den Weltmärkten, dem Aufbau hoher Lagerbestände und einem drastischen Verfall der Hüttenaluminiumpreise. 1990 bis 1993 lag die Weltproduktion über dem Verbrauch (Metallstatistik 1996). Der Preisverfall verhinderte die Erzielung von Gewinnen, so daß nur noch bei wenigen westlichen Hütten die Erlöse die Kosten deckten. Innerhalb Europas waren die Hütten der Bundesrepublik aufgrund ihrer allgemeinen Kostennachteile besonders stark betroffen (Wobbe 1992; Seebauer 1992; Boesken 1992a). Der Preisverfall betraf aber auch andere Länder: 1994 arbeiteten 69% der Hüttenkapazität der westlichen Industrie mit Verlusten (Kühnle 1994).

Abbildung 7: Jahresdurchschnittliche Aluminiumpreise



Quelle: Metallstatistik 1996

Erholung erkennbar. Nach einem starken Produktionsrückgang 1993 gegenüber 1992 wendete sich der Trend mit Beginn des Jahres 1994. Die Erholung auf dem Aluminiummarkt manifestierte sich in einer Zunahme der Nachfrage und der Legierungspreise. Allerdings begann mit

Die Preisentwicklung zeigt Abbildung 7. Nach einer Stagnationsphase zwischen 1960 und 1974 stiegen die jahresdurchschnittlichen Aluminiumpreise in der Bundesrepublik Deutschland rapide an, um dann, nach einer erneuten Stagnation zwischen 1983 und 1989 – diesmal allerdings auf hohem Niveau –, bis in die frühen 90er Jahre einzubrechen. Der absolute Preistiefstand im Untersuchungszeitraum wurde 1993 erreicht. Seitdem ist eine

1994 eine anhaltende Schrottknappheit<sup>14</sup>, die die Preise des Schrotts hochhielt und somit hohe Profite verhinderte (OEA 1993/94; Anonym 5 1994).

Industriepolitische Maßnahmen waren die Folge des durch die hohen GUS-Exporte hervorgerufenen Marktüberhangs. Die EAA (European Aluminium Association) versuchte zunächst, einen Informationsaustausch mit der GUS Aluminiumindustrie aufzubauen (Seebauer 1992). Westliche Hütten führten zur Marktstabilisierung kurzfristig ihre Produktion zurück (Wobbe 1992).

Auf Druck von Seiten der Aluminiumindustrie sah sich die Europäische Kommission gezwungen, sich mit den Importen aus der GUS befassen. Der Vorwurf war, daß das importierte Material nicht in Übereinstimmung mit ausreichenden Umweltstandards und damit zu „eco-dumping“ Bedingungen auf den Markt gebracht wurde. Von August bis November 1993 wurden die Importe zunächst auf 60.000 t limitiert (OEA 1993/94; Kühnle 1994). Der Preisverfall konnte so zunächst allerdings nicht aufgehalten werden, da die GUS Exporte stattdessen den US-amerikanischen Markt überschwemmen. In der Folge schlossen sich Europa und die USA zusammen und setzten für den Zeitraum von Dezember 1993 bis Februar 1994 weitere Restriktionen durch. Internationale Regierungstreffen führten schließlich zur Durchsetzung eines „Memorandum of Understanding“, d.h. zu freiwilligen Vereinbarungen zwischen westlichen und östlichen Ländern, die für den Zeitraum von zwei Jahren bedeutende Rückführungen der Produktion vorsahen (OEA 1993/94):

Wegen des durch das Überangebot an Hüttenaluminium hervorgerufenen anhaltenden Preisverfalls, fand im April 1994 eine internationale Konferenz zum Zweck der Marktstabilisierung statt<sup>15</sup>. Neben Australien, Kanada, den USA, Norwegen, Rußland und der EU schlossen sich Brasilien, die Golfstaaten und Venezuela einem System koordinierter Stilllegungen an. Weitere Konferenzen waren geplant (Anonym 1 1994). In diesem Zusammenhang hatte beispielsweise in der BRD VAW schon bis März 1994 seine Produktion um 32.000 t gekürzt<sup>16</sup>. Bereits 1991 hatten zahlreiche westliche Unternehmen ihre Produktion (vorübergehend) zur Marktstabilisierung zurückgefahren (Wobbe 1992). Im Mai 1994 einigten sich die westlichen und östlichen Produzenten schließlich auf Produktionsrückführungen von rund 1,2 Mio. t (OEA 1993/94). Im Laufe des Jahres 1994 hatte auch die GUS ihre Produktion um 300.000 t gesenkt (Anonym 6 1994).

---

14 Die Verfügbarkeit von *Neuschrott* hängt direkt von ökonomischen Situation ab, da *Neuschrott* bei der Produktion und Verarbeitung von Aluminium entsteht. Für *Altschrott* ist die Verbindung zur Konjunktur anders. *Altschrotte* müssen in arbeitsintensiven und daher teuren Prozessen gesammelt und behandelt werden. Sobald die Preise für *Altschrott* diese Kosten nicht ausreichend decken, wird die Sammlung, wie es 1993 der Fall war, eingestellt.

15 Bereits ein Jahr zuvor hatte eine Versammlung des International Aluminium Committee stattgefunden, auf der die Organisation Intercomalum, bestehend aus Vertretern der Aluminiumindustrie der GUS und der westlichen Welt, gegründet wurde. Ziel war eine Beschleunigung der Integration der GUS-Werke in die Weltaluminiumindustrie. Darüber hinaus versucht die Organisation, Kapital zur Modernisierung der GUS-Werke anzuziehen. Verschiedene westliche Unternehmen investierten 1994 bereits in den GUS-Ländern (Pawlek 1994).

16 Der drastische Preisrückgang für Aluminium, der durch die hohen GUS-Exporte verursacht wurde, wird auch als Grund für Kapazitätskürzungen bei VAW angegeben (Anonym 3 1992). VAW verminderte die Kapazität im Innwerk (Töging) 1994 um 60.000 t.

Die Erholung des Aluminiummarktes im Laufe des Jahres 1994 und die sich 1995 andeutende Stabilisierung werden v.a. auf die konzertierte Aktion der Produzenten zurückgeführt, die einen Bestandsabbau ermöglichte und in der Folge zu Preiszuwächsen führte<sup>17</sup>. Unterstützt wurde dies auch durch die generelle wirtschaftliche Erholung (OEA 1993/94).

Allerdings folgten der Stabilisierung des Aluminiummarktes im Laufe des Jahres 1994 schon ab der 2. Jahreshälfte 1995 ein erneuter Preiseinbruch und ein Wiederanstieg der Bestände, die auf überhöhte Erwartungen auf die wirtschaftliche Entwicklung zurückgeführt wurden. Das Wachstum fiel geringer aus als erwartet und insbesondere der für die Aluminiumindustrie relevante Bausektor geriet unter Druck (OEA 1995/96).

### 3.4 Die Entwicklung der deutschen Sekundäraluminiumproduktion

Die Sekundärproduktion von Aluminium begann in Deutschland schon sehr früh: Die kriegsbedingte Isolation Deutschlands von den internationalen Rohstoffquellen führte zu verstärkten Bemühungen, sowohl Alt- als auch Neuschrotte zu erfassen und aufzuarbeiten (Boecker 1992). Die eigentliche Sekundäraluminiumindustrie entstand in Deutschland in den 40er Jahren, als es nicht mehr nur darum ging, Aluminiumschrotte umzuschmelzen. Zu der Zeit wurde auch die Vereinigung Deutscher Schmelzhütten e.V. gegründet. Mit der Etablierung eines Verhüttungsprozesses und der Festlegung von Legierungen wurden so mit der Zeit aus reinen Umschmelzwerken Sekundärhütten (Schirner 1990).

Neben dem hohen Energiebedarf für die Primärerzeugung führte die Notwendigkeit, Reststoffe zu verwerten, Abfall zu vermeiden und Deponien zu entlasten im Laufe der 80er Jahre zu einer deutlichen Steigerung der Sekundärproduktion von Aluminium (Liesegang 1989). Der Zuwachs beim Sekundäraluminium wurde neben der Verminderung der Kapazitäten der Primäraluminiumproduktion auch dadurch gefördert, daß die Schrottmengen aus industriellen Aluminiumprodukten zunahmen (Tschopp 1989). Der für Sekundärmetallhütten relevante Standortfaktor ist v.a. deren Nähe zu Zentren metallverarbeitender Industrien. Dies spielt für die Versorgung mit Rohstoffen (Schrott) und die Energieversorgung eine Rolle und gewährleistet auch die räumliche Nähe der Abnehmer. Umschmelzwerke sind daher in allen größeren Industriezentren zu finden (Wettig 1980). Die Verfügbarkeit von Rohstoffen selbst hängt darüber hinaus vom Einsatz des Primärmaterials und der Lebensdauer der Produkte ab.

Trotz steigender Produktion sah sich die europäische Sekundäraluminium-Industrie bereits nach 1983 einer sich kontinuierlich verschlechternden Situation gegenüber: Die Margen, d.h. die Differenzen zwischen dem Verkaufspreis des Metalls und dem Rohstoffpreis (etwa Schrott), verschlechterten sich ständig. Dies war z.T. auf ein zu hohes Angebot zurückzuführen, z.T. auch auf kontinuierlich steigende Kosten, die nicht über den Preis abgewälzt werden konnten (OEA 1989; OEA 1992/93).

---

<sup>17</sup> Auch nach Auslaufen der Vereinbarungen 1996 hielten die GUS Länder ihre Exporte weiterhin zurück (OEA 1995/96).

Seit 1988 verlangsamte sich das Produktionswachstum der deutschen Sekundäraluminiumindustrie. Die Importe bei Sekundäraluminium stiegen von 57.000 t/Jahr im Jahre 1982 auf 94.000 t 1985 und rund 160.000 t 1992. 1995 wurden erstmals über 200.000 t Sekundäraluminium importiert (Konzelmann 1992; Metallstatistik, diverse Jahrgänge). Demgegenüber wurden beim Schrott Nettoexport-Rekordhöhen erzielt, die mit für die Verknappung des Rohstoffs verantwortlich waren (OEA 1995/96).

Vertreter der Sekundäraluminiumindustrie führen jedoch gerade die Behinderung des internationalen Schrotthandels durch abfallrechtliche Regelungen als Grund für die Verschlechterung des Schrottangebots und damit der Erhöhung der *Schrottpreise* an (Kirchner 1989a; Steil 1993; Hempel 1992). Dabei wird beispielsweise auf die EG-Regelung 259/93 verwiesen, die die Baseler Konvention in europäisches Recht überführt und damit den Transport von Abfällen in und aus Europa verstärkt kontrolliert. Durch eine Klassifizierung von sekundären Metallen in gleicher Weise wie andere Abfälle werde das Rohstoffangebot behindert. Bei verschiedenen aluminiumhaltigen Reststoffen mit hohem Metallgehalt werde so der grenzüberschreitende Handel zusätzlichen bürokratischen Formalitäten unterworfen, was zu Verzögerungen und zusätzlichen Kosten führe (OEA 1993/94).

Generell werden Probleme bei der Verfügbarkeit sowie steigende Preise von Schrotten höherer Qualitäten auch darauf zurückgeführt, daß die Verarbeitende Industrie, etwa die Halbzeugwerke, z.T. selbst Sekundärmaterial in ihren Produktionsprozeß einsetzt und damit als Konkurrent um die Rohstoffe auftritt (OEA 1992/93; Kirchner 1989a). Dasselbe gilt für die Primärindustrie (OEA 1989/90).

Während die Schrottpreise in Europa jedoch recht einheitlich waren, wurden die Unterschiede bei den Blockpreisen als Indiz für stark unterschiedliche Produktionskosten angesehen. Eine steigende Bedeutung wird dabei neben den Lohnkosten den *Umweltschutzkosten* zugewiesen. Der europäische Verband der Sekundärerzeuger weist letztere als in der Bundesrepublik im Vergleich extrem hoch aus und beziffert ihren Anteil für 1990 auf 15% – und z.T. auch mehr – der Gesamtkosten der Werke (OEA 1989/90; vgl. auch Konzmann 1992 und oben Tabelle 2, S. 17).

Innerhalb der Sekundärindustrie haben die Refiner die höheren Umweltschutzkosten zu verzeichnen, was u.a. verfahrensbedingt ist. Die Produktionsstruktur der Refiner in Deutschland weicht dabei deutlich vom europäischen Durchschnitt ab (OEA 1989/90; Interview Kirchner). Die Mehrzahl der Unternehmen liegt derzeit im Produktionsbereich von über 20.000 Jahrestonnen (jato). In Europa insgesamt liegen deutlich mehr Unternehmen im Bereich unter 20.000 jato. Von 233 Refiner-Hütten wiesen sogar 102 Unternehmen eine Jahresproduktion unter 1000 t auf. Das andere Extrem ist Großbritannien, wo mehr als 50% der Unternehmen eine Jahresproduktion unter 1000 t aufweisen. Bei diesen kleinen Kapazitäten handelt es sich weniger um Sekundäraluminiumwerke als vielmehr um Schmelzöfen, die etwa Handelsbetrieben angegliedert sind (Interview Kirchner).

Die Struktur der Produktionsgrößenklassen ist insofern relevant, als die kleineren Schmelzwerke i.d.R. geringeren Umweltauflagen unterliegen. Für Ende der 80er Jahre wurde berichtet, daß 16% der europäischen Sekundärproduktion gar nicht oder nur in geringem Umfang mit Umweltschutzkosten belastet waren und insofern Wettbewerbsvorteile genossen. Längerfristig wird allerdings davon ausgegangen, daß in Europa keine Unterschiede in Umwelanforderungen hinsichtlich der Unternehmensgrößenklassen mehr gemacht werden (OEA 1989/90).

Die größten Kostenbelastungen treten neben der notwendigen Aufarbeitung der Salzschlacke in zwei Bereichen auf: bei Emissionen und Filterstäuben (Interview Kirchner).

- In Deutschland darf Salzschlacke nicht deponiert werden und muß insofern aufbereitet werden<sup>18</sup>. 1986 betrieb die Metallgesellschaft die weltweit erste zentrale Aufbereitungsanlage für diese Schlacke (Konzelmann 1992; Neumann 1992). Mittlerweile sind die Kapazitäten und die Zahl der Anlagen erhöht worden. Deren Kapazitäten ermöglichten die Aufbereitung der in Deutschland anfallenden Salzschlacke (Konzelmann 1992). Die Entwicklung von Möglichkeiten zur Salzschlackeaufbereitung vermindert die ökologisch bedenklichen Nebenwirkungen des Recycling. Die Anlagen ermöglichen es, 65% der angelieferten Mengen an Salzschlacke in Form von zurückgewonnenem Salz und Aluminium wiederzuverwerten, der Rückstand von 35% enthält einen Salzgehalt von max. 1%. Das bei der Aufbereitung anfallende Salz und Metall wird wieder in den Produktionsprozeß eingesetzt, das als Rückstand verbleibende Aluminiumoxid wird als Zuschlagstoff in der Zementindustrie verwendet (ebd.; Interview Kirchner)<sup>19</sup>.
- Im Emissionsbereich bestehen über die TA Luft hinaus Anforderungen bzgl. der Verminderung von Dioxin. Die Emission von Dioxinen entsteht durch den Einsatz von Schrotten, die i.d.R. Mehrstoffgemische mit Aluminiumanhaftungen darstellen. Ein Grenzwert für Dioxine besteht lediglich in der 4. BImSch-VO für Müllverbrennungsanlagen. Der Zielwert von 0,1 Nanogramm ist allerdings häufig Bestandteil von Genehmigungsverfahren für Anlagen der Aluminiumerzeugung, was im internationalen Vergleich als führend gilt und erhebliche finanzielle Anstrengungen erfordert (Interview Kirchner).
- Der dritte große Kostenbereich im Umweltschutz ist die Deponierung von Filterstäuben. Sie werden als Sonderabfall behandelt und müssen aufwendig deponiert werden, da sie dioxinhaltig sind. Im Vergleich zu anderen Ländern fallen durch höhere Erfassungsanforderungen über die Erfassung größerer Mengen auch hier höhere Kosten an. Möglichkeiten zur Aufbereitung dieser Filterstäube sind in der Entwicklung, allerdings sind die damit verbundenen

---

18 Zum Teil wurden Verfahren entwickelt, die salzlos schmelzen bzw. Schrott kalt aufbereiten. Diese Verfahren können jedoch nur für bestimmte Schrottsorten angewandt werden (Kirchner 1989a; Interview Kirchner).

19 Abgesehen von den Investitionskosten für diese Anlagen wird z.T. allerdings auch berichtet, daß die Salzschlackenaufbereitung zu Kostensenkungen bei der Sekundärproduktion führt: Einsparungen ergeben sich durch Gutschriften der zurückgewonnenen Schlackenbestandteile (Natriumchlorid, Kaliumchlorid und Aluminium) und durch die Vermeidung der Ablagerung auf Sondermülldeponien (Anonym 8 1989). Aufgrund des wiedergewinnbaren Aluminiums ist die Aufbereitung von Salzschlacke auch energetisch betrachtet günstiger als ihre Deponierung (Krone et al. 1990).

Kosten noch zu hoch, als daß die Aufbereitung bereits eine breite Anwendung finden könnte (Kirchner 1989a; Interview Kirchner).

*Schwächen in der Nachfrage* verschiedener Industriezweige wirkten sich zumindest auf einzelne Bereiche der Sekundärerzeugung aus (OEA 1988/89; Kirchner 1989a). Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Automobilindustrie, die in Deutschland mehr als 50% der Sekundäraluminiumproduktion an sich bindet (OEA 1989). Neben hohen Stückzahlen verkaufter Wagen wirkt sich hierbei der kontinuierlich steigende spezifische Einsatz von Aluminiumguß im Automobil aus. Der Maschinenbau, die Elektrotechnik und der Bausektor stellen weitere relevante Sektoren dar. Die krisenhafte konjunkturelle 1992 und der daraus folgende Einbruch der Automobilindustrie und anderer bedeutender Sektoren führten zu einem sinkenden Verbrauch von Sekundäraluminium. Der Maschinenbau, die Elektrotechnik und die Stahlindustrie etwa, wurden von dem Rückgang betroffen. Lediglich der Bausektor war von der Krise ausgenommen (OEA 1992/93). Problemverstärkend kommt für die Sekundärindustrie hinzu, daß die Automobilindustrie ihren Bedarf an Aluminiumformguß aus Kostengründen verstärkt durch Importe aus dem Ausland deckt (Schirner 1991). Der heftige Nachfrageeinbruch Ende 1992 führte zum Konkurs verschiedener Unternehmen; 1992/93 und 1996 wurden sogar ganze Unternehmensgruppen von Konkursen betroffen (OEA 1992/93; Interview Kirchner).

Des Weiteren wurden die Sekundäraluminiumhütten von dem Preisverfall zu Beginn der 90er Jahre im Zuge der hohen GUS-Einfuhren von Primäraluminium ebenfalls betroffen, wenn auch nur indirekt. Da normalerweise eine Interdependenz zwischen Primär- und Sekundäraluminiumpreisen besteht, brachte der Preiseinbruch des Primäraluminiums die Sekundärlegierungspreise auf ein historisches Tief (OEA 1993/94). Bis Mai 1993 sank das Preisniveau auf so niedrige Werte, wie sie seit Beginn der 70er Jahre nicht mehr aufgetreten waren. Auf der anderen Seite standen Kostensteigerungen – steigende Schrottpreise –, die die Margen verschlechterten und zu Verlusten führten (OEA 1993/94; Schirner 1993).

### 3.5 Die aktuelle Situation in der deutschen Aluminiumindustrie

1996 existierten in der Bundesrepublik Deutschland noch fünf *Primäraluminiumhütten*. Seit Ende der 70er Jahre hat sich die Zahl der Hütten damit halbiert (Tabelle 4).

*Sekundäraluminium* wurde 1997 von elf Unternehmen produziert (vgl. Tabelle 5). Trotz erheblich gestiegener Produktion hat sich die Anzahl der Sekundärunternehmen im Vergleich zu 1970 geringfügig vermindert, wobei allerdings nur noch vier der ursprünglichen Unternehmen bestehen und insofern erhebliche Umstrukturierungen stattgefunden haben (vgl. VDS 1970). Die Sekundärunter-

Tabelle 4: *Unternehmen und Jahreskapazität der deutschen Primäraluminiumindustrie 1996*

VAW aluminium AG, Rheinwerk	Neuss	210.000t
Hamburger Aluminium-Werk GmbH	Hamburg	120.000t
Aluminium Essen GmbH	Essen	95.000t
Hoogovens Aluminium GmbH	Voerde	78.000t
VAW aluminium AG, Elbwerk	Stade	70.000t
<b>Gesamtkapazität</b>		<b>573.000t</b>

Quelle: BT Drs. 13/6833

Tabelle 5: Aluminiumschmelzhütten 1997

Aluminium Rheinfelden GmbH	Rheinfelden
Aluminiumschmelzwerk Oetinger GmbH	Weißenhorn
BAS Brinker Aluminium-Schmelzwerk GmbH	Hannover
Gottschol Aluminium GmbH	Ennepetal
Karl Konzelmann GmbH	Neu-Ulm
Metallhüttenwerke Bruch GmbH	Dortmund
Metallwerke Bender GmbH	Krefeld
Metallwarenfabrik Stockach GmbH	Stockach
VAW-IMCO Guß und Recycling GmbH	Grevenbroich
Wuppermetall GmbH	Wuppertal
Aluminium Essen GmbH	Essen

Quellen: VDS 2/97; OEA 1/1997.

Nichteisenmetall-Industrie statistisch erfaßt wurde. Eine Untersuchung der Beschäftigtenentwicklung im Zeitvergleich und damit der sozio-ökonomischen Auswirkungen des Produktionsrückgangs insbesondere in der Primäraluminiumindustrie ist damit nicht möglich.

1996 umfaßte die gesamte Aluminiumindustrie – Primär- und Sekundärerzeugung und -Verarbeitung – fast 600 Betriebe mit 70.000 Beschäftigten (BT Drs. 13/6833)<sup>20</sup>. Im Rezessionsjahr 1993 hatte die Aluminiumindustrie noch 75.000 Beschäftigte<sup>21</sup> verzeichnet (Anonym 5 1994). In einer Veröffentlichung von 1991 wird die Beschäftigtenzahl noch auf rund 80.000 beziffert (Joliet 1991). Trotz der Stilllegung erheblicher Kapazitäten, wurde die Beschäftigungsproblematik nicht breit in der Öffentlichkeit diskutiert, und es sind keine gravierenden Arbeitskämpfe bekannt geworden.

Aus technischer Sicht sieht die deutsche Industrie selbst keine Gründe für eine weitere Umstrukturierung. Die Primärindustrie – so wird argumentiert – gehöre zu den international fortschrittlichsten und produktivsten, deren technisch sinnvoller Lebenszyklus bis weit über das Jahr 2000 hinausreiche (Schirner 1993). Neben dem Standortnachteil hoher inländischer Kosten und den Problemen im Zuge hoher GUS-Exporte sieht die Industrie das Problem, daß einige konkurrierende Unternehmen, auch in Europa, staatlich gestützt werden und nicht nur unter Marktbedingungen operieren müssen. All dies zusammen habe die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Primärindustrie geschwächt (Schirner 1993). Andere Autoren betonen als Grund für die nicht mehr vorhandene Konkurrenzfähigkeit die weltweit zu niedrigen Energie- und Rohstoffpreise, die nur durch Raubbau und Freistellung von sozialen Kosten erreicht würden (Kühnle 1994).

Die Erwartung einer weiteren Umstrukturierung, an die sich die europäische Industrie anpassen muß, scheint dennoch unstrittig zu sein. Während erwartet wird, daß die westlichen Länder sich

nehmen veröffentlichen keine Daten über ihre Kapazitäten, Produktionsdaten liegen darüber hinaus nur für die Refiner vor.

Datenreihen über die Beschäftigung in der deutschen Aluminiumindustrie vor 1995 waren weder beim Statistischen Bundesamt noch bei den Industrieverbänden erhältlich, da in der Vergangenheit systematisch nur die gesamte

20 Betrachtet man nur die Erzeugung und erste Bearbeitung von Aluminium, dann waren 1996 in 102 Betrieben mit mehr als 20 Beschäftigten rund 30.000 Personen beschäftigt, dies sind fast 50% der in der gesamten NE-Metallindustrie Beschäftigten (rund 62.000 Personen). Die gesamte Bruttolohn- und Gehaltssumme betrug etwa 2 Mrd. DM bei rund 32 Mio. geleisteten Arbeitsstunden (StaBu 1996a). Der Umsatz betrug 15,5 Mrd. DM bei einer Exportquote – berechnet als Anteil des Auslandsumsatzes am Gesamtumsatz – von 42%.

21 Ihr Branchenumsatz betrug knapp 20 Mrd. DM.

stärker auf Forschung und Entwicklung konzentrieren, werden Massenproduktionen in anderen Ländern stattfinden (Pawlek 1994), insbesondere in Regionen in denen es transportgünstige Lagerstätten und kostengünstige Energieversorgung gibt (Neumann 1992). Zum Teil werde auch in Deutschland bereits in dem Sinne umstrukturiert: Die inländische Hüttenkapazität wird reduziert, die Kapazität der Weiterverarbeitung ausgeweitet. Während einige Autoren argumentieren, daß v.a. Hütten in Venezuela und Kanada zukünftig die Lücke in der Metallversorgung schließen würden (ebd.), meinen andere, daß osteuropäische Länder bessere Aussichten bieten würden (Pawlek 1994).

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Primäraluminiumproduktion in der Bundesrepublik Deutschland erreichte 1984 ihren Höchstwert. Von 1985 bis 1988 blieb sie weitgehend stabil, um anschließend rapide zurückzugehen. Erst nach 1994 deutete sich eine leichte Erholung an. Der Verbrauch an Primäraluminium ist vom Trend her steigend. In der Sekundäraluminiumproduktion fand seit 1988 eine Verlangsamung des Produktionswachstums statt. Produktionrückgänge waren zwischen 1991 und 1993 sowie 1994 und 1995 zu verzeichnen. Die Nachfrage verminderte sich ebenfalls zwischen 1991 und 1993. Daneben zeigen sich in beiden Industriesparten konjunkturelle Einbrüche im Zusammenhang mit den Ölpreisschocks der 70er Jahre. Konjunkturelle Einflüsse auf Produktionsrückgänge waren des weiteren v.a. zu Beginn der 90er Jahre relevant. Von besonderer Bedeutung für die Aluminiumindustrie ist die Entwicklung der Sektoren Verkehr, insbesondere Automobilbau, Bau, Maschinenbau, Metalle, Elektrotechnik und Verpackungen.

Überwiegend jedoch ist der Produktionsrückgang bei Aluminium auf strukturelle Einflußfaktoren zurückzuführen. Die gesamte Aluminiumproduktion ist – soweit sie in der Statistik ausgewiesen ist – seit Ende der 80er Jahre rückläufig. Erst zwischen 1994 und 1995 war eine Erholung zu erkennen. Daß der Verbrauch im Trend hohe Wachstumsraten aufweist, deutet darauf hin, daß – im Unterschied etwa zur Stahlindustrie –, Veränderungen in der Endnachfrage von geringerer Bedeutung für die Produktionsentwicklung waren und statt dessen eher eine Umstrukturierung innerhalb des Aluminiumsektors – sowohl national als auch international – die erklärende Variable ist.

Aufgrund der restriktiven Datenlage hinsichtlich der Beschäftigung in der Aluminiumindustrie lassen sich keine Zeitreihen über *soziale Folgeprobleme* erstellen. Vereinzelt zu findende Angaben lassen jedoch darauf schließen, daß die Beschäftigung allein in den 90er Jahren um ca. 10.000 Personen verringert wurde. Diese Zahlenangaben beziehen sich auf die gesamte Aluminiumindustrie, d.h. Primär- und Sekundärerzeugung und -verarbeitung. Trotz dieses Rückgangs und obwohl erhebliche Kapazitäten im Bereich der Aluminiumerzeugung stillgelegt wurden, sind keine gravierenden Arbeitskämpfe bekannt geworden.

Vor allem die steigenden Energiepreise werden als Grund dafür angeführt, daß die Primärerzeugung ins Ausland verlagert wird. Dies gilt auch für Europa allgemein. Zu den Ländern, in die die

Industrie verlagert wird, gehören Australien, Brasilien und Kanada. Weitere Länder mit einer starken Zunahme der Aluminiumproduktion waren etwa Venezuela, Bahrain, Indien und Norwegen. Zum Teil engagiert sich die deutsche Primäraluminiumindustrie auch selbst im Ausland.

Die Frage, ob eines Tages die gesamte Primärerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland stillgelegt wird, ist umstritten. Während verschiedene Autoren diese Entwicklung für möglich halten (vgl. dazu etwa Jochem/Bradke 1996), argumentieren andere für einen Erhalt der Primärerzeugung in Deutschland. Da technische Entwicklungen es mittlerweile erlauben, Sekundärlegierungen in Qualitäten der Primärlegierungen herzustellen, wird angenommen, daß Sekundäraluminium mehr und mehr in Anwendungsbereiche vordringen wird, die bisher dem Primäraluminium vorbehalten waren (Jochem/Bradke 1996). Ein vollständiger Ersatz des Primäraluminiums durch Sekundäraluminium wird jedoch überwiegend nicht für möglich gehalten. Insbesondere während der 90er Jahre waren auch große Unternehmensgruppen der Sekundärindustrie von Konkursen betroffen. Ob sich der rückläufige Trend in der Sekundärproduktion fortsetzen wird, ist derzeit noch nicht abzusehen.

Da Sekundäraluminium in seiner Umweltbilanz hinsichtlich der Indikatoren Energie- und Wasserverbrauch, Abfallaufkommen und Emissionen mengenmäßig deutlich günstiger abschneidet als Primäraluminium, darüber hinaus zur Ressourcenschonung beiträgt, Eingriffe in die Natur durch Erzbergbau vermindert und die Entsorgungsseite (Deponie) entlastet, kann die Umstrukturierung hin zur Sekundärindustrie zumindest als relativ umweltentlastend gewertet werden.

Einschränkungen müssen aber bzgl. des Risikopotentials verschiedener Abfälle gemacht werden. So sind etwa die Filterstäube der Sekundärerzeugung dioxinhaltig. Auch bezog sich die bisherige Wertung nur auf das Inland. Da Primäraluminium zunehmend re-importiert wird, steigen die mit der Produktion verbundenen Umweltbelastungen in den Exportländern. Relative Entlastungen, etwa hinsichtlich klimarelevanter Emissionen, treten allerdings dann auf, wenn Primäraluminium im Ausland unter Einsatz von aus Wasserkraft erzeugtem Strom hergestellt wird.

**ANNEX: Aluminiumhütten und Kapazität in 1000 Jahrestonnen \***

Gesellschaft	Ort	1956		1966		1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	
<b>Baden-Württemberg</b>																	
Aluminium Rheinfelden GmbH (1)	Rheinfelden	43		56		66	69	69	55	56	56	64	64	64	64	64	
<b>Bayern</b>																	
Vereinigte Aluminium-Werke AG	Töging	50		66		71	71	71	55	55	55	55	55	55	55	55	
<b>Hamburg</b>																	
Hamburger Aluminiumwerke GmbH	Hamburg														100	100	
<b>Niedersachsen</b>																	
Vereinigte Aluminium-Werke AG	Stade									65	65	65	65	65	65	65	
<b>Nordrhein-Westfalen</b>																	
Hoogovens Aluminium Hüttenwerk GmbH (2)	Voerde														72	72	
Aluminium Essen (3)	Essen-Borbeck								84	130	130	134	134	134	133	133	
Vereinigte Aluminium-Werke AG	Grevenbroich	28		37		38	37	37	37	38	38	38	32	20	20	8	
	Lünen	38		45		47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	
	Stuettgen/Neuß			45		45	90	140	141	145	145	145	145	145	145	145	
<b>Rheinland-Pfalz</b>																	
Alcan Aluminiumwerke GmbH (4)	Ludwigshafen														49	49	
<b>NBL</b>																	
Lautawerk	Lauta	**		**		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
V.E.B. Elektrochemisches Kombinat	Bitterfeld	**		**		50	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	
<b>Kapazität insgesamt</b>		<b>159</b>		<b>249</b>		<b>347</b>	<b>399</b>	<b>449</b>	<b>504</b>	<b>621</b>	<b>621</b>	<b>633</b>	<b>627</b>	<b>736</b>	<b>835</b>	<b>818</b>	
		<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
<b>Baden-Württemberg</b>																	
Aluminium Rheinfelden GmbH (1)	Rheinfelden	64	64	64	64	64	64	64	64	64	42	42					
<b>Bayern</b>																	
Vereinigte Aluminium-Werke AG	Töging	***	68	80	80	80	80	80	80	80	80	30	30	87	90	30	30
<b>Hamburg</b>																	
Hamburger Aluminiumwerke GmbH	Hamburg	100	100	100	100	100	100	100	100	100	110	110	110	120	120	120	120
<b>Niedersachsen</b>																	
Vereinigte Aluminium-Werke AG	Stade	65	65	65	64	65	68	68	68	68	68	70	70	70	70	70	70
<b>Nordrhein-Westfalen</b>																	
Hoogovens Aluminium Hüttenwerk GmbH (2)	Voerde	72	72	72	72	72	72	72	78	78	78	78	78	78	78	78	78
Aluminium Essen (3)	Essen-Borbeck	133	133	133	133	133	133	133	133	133	136	136	136	136	136	136	136
Vereinigte Aluminium-Werke AG	Grevenbroich	65															
	Lünen	47	35	35	35	20	20	20	20	20	20						
	Stuettgen/Neuß	145	150	165	180	205	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
<b>Rheinland-Pfalz</b>																	
Alcan Aluminiumwerke GmbH (4)	Ludwigshafen	44	44	44	44	44	43	43									
<b>NBL</b>																	
Lautawerk	Lauta	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
V.E.B. Elektrochemisches Kombinat	Bitterfeld	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
<b>Kapazität insgesamt</b>		<b>820</b>	<b>816</b>	<b>843</b>	<b>857</b>	<b>868</b>	<b>875</b>	<b>875</b>	<b>838</b>	<b>838</b>	<b>829</b>	<b>761</b>	<b>719</b>	<b>786</b>	<b>789</b>	<b>729</b>	<b>729</b>

\* Originalüberschrift "Aluminium Ingot Production Capacity". Die Daten beziehen sich nicht vollständig, jedoch weitgehend auf die Erzeugung von Primäraluminium. Während die Daten für Westdeutschland weitgehend mit denen anderer Quellen übereinstimmen, wird z.T. berichtet, daß die zwei ostdeutschen Hüttenbetriebe Anfang der 90er Jahre stillgelegt wurden (Schirner 1991; Jochem/Bradke 1996).

\*\* Keine Datenangabe vorhanden. Die Werke existierten vermutlich bereits zu dieser Zeit. Das ist auch bei den Angaben zur Gesamtkapazität zu beachten.

\*\*\* Töging und Grevenbroich zusammen ausgewiesen.

(1) Vormalis Aluminium-Hütte Rheinfelden / (2) Vormalis Kaiser-Aluminium Europe Inc. / (3) Vormalis Leichtmetall-Gesellschaft mbH. / (4) Vormalis Gebr. Giuliani GmbH.

Quellen: Wettig 1980; ABMS, diverse Jahrgänge.

## 5 Literatur

- ABMS: Non-Ferrous Metal Data. American Bureau of Metal Statistics Inc. Howell/New Jersey. Diverse Jahrgänge.
- Aluminium-Zentrale 1: Aluminium und Umwelt. Aluminium-Zentrale e.V. im Gesamtverband der Deutschen Aluminiumindustrie (GDA). Düsseldorf.
- Aluminium-Zentrale 2: Aluminium und Rotschlamm. Aluminium-Zentrale e.V. im Gesamtverband der Deutschen Aluminiumindustrie (GDA). Düsseldorf.
- Anonym 1 1992: Westliche Welt: Lage am Primäraluminiummarkt. In: Aluminium. 70. Jg. Heft 5/6. S. 308.
- Anonym 2 1992: Germany's Secondary Aluminium Industry has Designed its Recycling with the Environment in Mind. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 12. S. 1062.
- Anonym 3 1992: VAW kürzt deutsche Hüttenkapazität um 26 Prozent. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 11. S. 918.
- Anonym 4 1990: Neuer LME-Kontrakt für Sekundäraluminium. In: Metall. 44. Jg. Heft 12. S. 1125.
- Anonym 5 1994: Aluminiumkonjunktur gewinnt in Deutschland an Fahrt. In: Aluminium. 70. Jg. Heft 11/12. S. 617-618.
- Anonym 6 1994: Westliche Welt: Aluminiumgespräche vertagt. In: Aluminium. 70. Jg. Heft 7/8. S. 400.
- Anonym 7 1994: Deutsche Metallhändler verhalten sich optimistisch in Erwartung steigender Metallpreise. In: Aluminium. 70. Jg. Heft 7/8. S. 400.
- Anonym 8 1989: Verbesserte Rückgewinnung bei Aufbereitung von Aluminiumschlacke. In: Aluminium. 65. Jg. Heft 12. S. 1195.
- Anonym 9 1992: 6. Duisburger Recycling-Tage: Wiederverwertung von Verpackungsmaterial. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 5. S. 388-389.
- Arlyuk, B.I. 1994: The world aluminium industry status and assessment of prospects for 1994. In: Aluminium. 70. Jg. Heft 3/4. S. 162-168.
- Asbeck, O.W. 1992: Strukturwandel ist Herausforderung und Chance zugleich. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 3. S. 187.
- Bald, L. 1990: Ökologie – Argumente für den Werkstoffkreislauf. In: Metall. 44. Jg. Heft 12. S. 1187-1190.
- Boecker, R. 1992: Betrachtungen zum Stand des Metall- und Kunststoffrecyclings. In: Erzmetall. 45. Jg. Nr. 10. S. 531-539.
- Boesken, D.H. 1990: Federal Republic of Germany. In: Aluminium. 66. Jg. Heft 7/8. S. 631-635.
- Boesken, D.H. 1991: Federal Republic of Germany. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 8. S. 626-628.
- Boesken, D.H. 1992a: Strukturwandel in der Aluminiumindustrie. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 5. S. 357.
- Boesken, D.H. 1992b: Federal Republic of Germany. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 8. S. 626-628.
- Boesler, K.-A./Breuer, H. 1989: Standortrisiken und Standortbedeutung der Nichteisen-Metallhütten in der Bundesrepublik Deutschland. Wechselwirkungen zwischen Ressortpolitik, Industriestruktur und Raum. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 233. Trier.
- Bridenbaugh, P.R. 1989: The Future of Aluminium in the Materials Marketplace. In: Aluminium. 65. Jg. Heft 7/8. S. 771-782.
- BT Drs. 13/6833: Deutscher Bundestag. 13. Wahlperiode. Drucksache 13/6833. 28.1.1997.
- Dermer, D. 1993: Review 1992 – Outlook 1993. The basic facts about the European aluminium market. In: Aluminium. 69. Jg. Heft 11. S. 956-958.
- Deipenwisch, R. 1992: Es tut sich was. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 9. S. 713.
- Eyerer, P./Schuckert, M./Pfleiderer, I./Bohnacker, A./Kreißig, J./Harsch, M./Saur, K. 1996: Stoffbilanzen als Grundlage für die technische, ökonomische und ökologische Beurteilung von Produktionspro-

- zessen und Produkten. In: Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik. Band 2: Produktions- und produktintegrierter Umweltschutz. H. Brauer (Hrsg.). Berlin et al.
- Falk, S./Schwarz, R. 1991: Aluminium – Metall der Moderne. In: Aluminium. Das Metall der Moderne. Gestalt – Gebrauch – Geschichte. W. Schäfke, T. Schleper, M. Tauch (Hrsg.). Köln.
- Gebhardt, A. 1983: Auswirkungen von Energiepreiserhöhungen auf die Wettbewerbsfähigkeit energieintensiver Produktionen der deutschen Industrie. ifo studien zur industriewirtschaft 25. München.
- Gebhardt, A./Knörndel, K.D. 1977: NE-Metallindustrie. Struktur und Wachstum. Reihe Industrie Heft 28. ifo-Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.). Berlin/München.
- Gilgen, P.W. 1991: Aluminium in der Kreislaufwirtschaft. In: Erzmetall. Jg. 44, Nr. 6. S. 293ff.
- Glimm, St. 1989: Recyclingrate bei Aluminium über 70%. In: Aluminium. 65. Jg. Heft 11. S. 1088-1094.
- Haas, U. 1990: Standortperspektiven stromintensiver Produktionen in der Bundesrepublik Deutschland. Mögliche Konsequenzen umweltschutzinduzierter Strompreise bei Aluminium und Chlor. Weltwirtschaftliche Studien 22. Institut für Europäische Wirtschaftspolitik der Universität Hamburg. H. Jürgen (Hrsg.). Göttingen.
- Hempel, H.-W. 1992: Europa braucht den freizügigen Metallhandel. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 7. S. 529.
- Jeschar, R./Dombrowski, G./Hoffmann, G. 1996: Produktionsintegrierter Umweltschutz bei Industrieofenprozessen unter besonderer Berücksichtigung der Stahlindustrie. In: Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik. Band 2: Produktions- und produktintegrierter Umweltschutz. H. Brauer (Hrsg.). Berlin et al.
- Jochem, E./Bradke, H. 1996: Energieeffizienz, Strukturwandel und Produktionsentwicklung der deutschen Industrie. Monographien des Forschungszentrums Jülich. Band 19. Jülich.
- Joliet, H. 1991: Aluminium heute. In: Aluminium. Das Metall der Moderne. Gestalt – Gebrauch – Geschichte. W. Schäfke, T. Schleper, M. Tauch (Hrsg.). Köln.
- Kirchner, G. 1989a: 1988 war ein gutes Jahr für die Sekundäraluminiumindustrie. In: Aluminium. 65. Jg. Heft 7/8. S. 783-785.
- Kirchner, G. 1989b: Aluminium – a modern recycling material. In: Aluminium. 65. Jg. Heft 5.
- Konzelmann, G. 1992: Die deutsche Aluminium-Sekundärindustrie gestaltet Recycling umweltverträglich. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 12. S. 1058-1061.
- Konzelmann, G. 1992b: Recycling von Aluminium – Trotz vieler Hemmnisse immer wichtiger. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 11. S. 909.
- Krol, W./Steil, H.-U. 1987: Auswirkungen der Umweltschutzpolitik auf die deutsche NE-Metallindustrie. In: Metall. 41. Jahrgang. Heft 9.
- Krone, K./Krüger, J./Orbon, H./Sommer, H.W./ Vest, H. 1990: Ökologische Aspekte der Primär- und Sekundäraluminiumerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland. In: Metall, 44. Jahrgang, Heft 6. S. 559-569.
- Kühnle, H. 1994: Aluminium global. Der Weltmarkt und die sozial-ökologischen Folgen. In: Wechselwirkung. Nr. 66. S. 33-36.
- Liesegang, D. 1989: Aluminiumrecycling und Umweltschutz. In: Aluminium. 65. Jg. Heft 5. S. 428-431.
- Lindequist, O.v. 1989: Nach 40 Jahren ein Blick in die Zukunft. In: Aluminium. 65. Jg. Heft 7/8. S. 789.
- Metall 12/1990: Neuer LME-Kontrakt für Sekundäraluminium. In: Metall. 44. Jg. Heft 12. S. 1125.
- Metallstatistik. Diverse Jahrgänge. Metallgesellschaft AG; World Bureau of Metal Statistics.
- Minet, G.-W. 1991: Aluminium im Kreislauf. In: Aluminium. Das Metall der Moderne. Gestalt – Gebrauch – Geschichte. W. Schäfke, T. Schleper, M. Tauch (Hrsg.). Köln.
- Müller-Ohlsen, L. 1981: Die Weltmetallwirtschaft im industriellen Entwicklungsprozeß. Kieler Studien 165. Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität Kiel. H. Giersch (Hrsg.). Tübingen.
- Neumann, J.C. 1992: Recycling und Energiesparen. In: BWK. Bd. 44. Nr. 9. S. 392-398.
- OEA 1/1997: Membership List January 1997. Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters. Düsseldorf.

- OEA 1988/89: Aluminium Smelters Europe Japan USA 1988 and 1989. Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters. Düsseldorf 1989.
- OEA 1989: Sekundäraluminium Europa Japan USA 1989. Organisation Europäischer Aluminium-Schmelzhütten (OEA). Düsseldorf 1989.
- OEA 1989/90: Sekundäraluminium Europa Japan USA 1989 und 1990. Organisation Europäischer Aluminium-Schmelzhütten (OEA). Düsseldorf 1990.
- OEA 1992/93: Secondary Aluminium Europe Japan USA 1992 and 1993. Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters. Düsseldorf 1993.
- OEA 1993/94: Secondary Aluminium Europe Japan USA 1993 and 1994. Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters. Düsseldorf 1994.
- OEA 1995/96: Secondary Aluminium Europe Japan USA 1995 and 1996. Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters. Düsseldorf 1996.
- OECD 1977: Pollution Control Costs in the Primary Aluminium Industry. Organisation for Economic Co-Operation and Development. Paris.
- Oostland, F. 1989: Present Situation of the European Aluminium Market. In: Aluminium. 65. Jg. Heft 7/8. S. 740.
- Pawlek, R. 1994: The Primary Aluminium Industry at the Turn of the Year. In: Aluminium. 70. Jg. Heft 1/2. S. 10-20.
- Sames, C.-W. 1993: Die Kreislaufwirtschaft und ihre Folgen – einige quantitative Abschätzungen. In: Metall. 47. Jg. Heft 2. S. 171-174.
- Saßmannshausen, G. 1982: Perspektiven und Aspekte der Rohstoffversorgung in der Nichteisen-Metallindustrie. In: Energie- und Rohstoffpolitik. Probleme, Trends und Perspektiven in einer sich wandelnden Weltwirtschaft. A. Bülow et al. Bonn.
- Schäfer, W./ Schleper, T./Tauch, M. 1991: Aluminium. Das Metall der Moderne. Gestalt – Gebrauch – Geschichte. W. Schäfer et al. (Hrsg.). Köln.
- Schirner, J. 1990: Perspektiven des Werkstoffs Aluminium. In: Metall. 44. Jg. Heft 12. S. 1184-1186.
- Schirner, J. 1991: Federal Republic of Germany. In: Aluminium. 67. Jg. Heft 7/8. S. 624-629.
- Schirner, J. 1992: Facing the ecological challenge – without a CO<sub>2</sub>/energy tax. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 8.
- Schirner, J. 1993: Federal Republic of Germany. In: Aluminium. 69. Jg. Heft 8. S. 696-701.
- Schirner, J. 1996: CO<sub>2</sub>-/Energiesteuer – der Umwelt zuliebe? In: Aluminium. 72. Jg. Heft 1/2. S. 3.
- Schirner, J. 1996b: 50 Jahre Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V.: Wo steht die NE-Metallindustrie heute? In: Aluminium. 72. Jg. Heft 5. S. 278-279.
- Schucht, S. 1996: Emission Reduction Through Restructuring of the Non-Ferrous Metal Industry in the Ruhr Area. A Historical Record. Working Paper. WP-96-36. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Laxenburg/Österreich.
- Seebauer, H. 1989: Federal Republic of Germany. In: Aluminium. 65. Jg. Heft 7/8. S. 669-674.
- Seebauer, H. 1992: Ein Silberstreif am Horizont. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 10. S. 813.
- StaBu 1996a: Monatsbericht im Verarbeitenden Gewerbe sowie im Bergbau und in der Gewinnung von Steinen und Erden. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden.
- StaBu, FS 7, 2: Statistisches Bundesamt. Fachserie 7, Reihe 2. Außenhandel nach Waren und Ländern (Spezialhandel). Diverse Jahrgänge. Wiesbaden.
- StaBu, FS 19, 3: Statistisches Bundesamt. Fachserie 19, Reihe 3. Investitionen für Umweltschutz im Produzierenden Gewerbe. Diverse Jahrgänge. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt: Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung und Produktionsindex. Statistisches Bundesamt Wiesbaden.
- Stegmann, J. 1994: 1993 war ein schlechtes Jahr für Aluminium. In: Aluminium. 70. Jg. Heft 5/6. S. 307f.

- Steil, H.-U. 1993: Der Einfluß gesetzlicher Umweltschutzvorgaben auf das Recycling metallhaltiger Rückstände. In: Metall. 47. Jg. Heft 5. S. 480-485.
- Treue, W. 1989: Wirtschaftshistorische Einführung. In: Aluminium. Die ersten hundert Jahre. H. Joliet (Hrsg.). Düsseldorf.
- Tschopp, Th.M. 1989: The European Aluminium Industry in the 90's. In: Aluminium. 65. Jg. Heft 7/8. S. 736-740.
- VDS 1970: Mitgliederverzeichnis der VDS 1970. Vereinigung Deutscher Schmelzhütten. Bundesverband Deutscher Aluminium-Schmelzhütten. Düsseldorf.
- VDS 2/97: Mitgliederverzeichnis Februar 1997. Vereinigung Deutscher Schmelzhütten. Bundesverband Deutscher Aluminium-Schmelzhütten. Düsseldorf.
- VIK 1997: VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. VIK Mitteilungen. 2-1997. 47. Jg. S. 41.
- Wettig, E. 1980: Erzeugung und Verarbeitung von NE-Metallen in der Bundesrepublik Deutschland. Standorte und Entwicklungstendenzen. Stuttgart.
- Wirtschaftsvereinigung Metalle 1993: Mitglieder- und Produktionsverzeichnis. Directory of German Non-Ferrous Primary and Secondary Smelters. Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V. Düsseldorf.
- Wirtschaftsvereinigung Metalle 1993: NE-Metallstatistiken 1993. Bundesrepublik Deutschland. Haus der Metalle. Düsseldorf.
- Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V.: Statistiken über die (westdeutsche) Metallindustrie. Düsseldorf.
- Wobbe, K.-D. 1992: Der Zusammenbruch der Sowjetunion – Bedrohung und Chance für die westliche Hüttenaluminiumindustrie. In: Aluminium. 68. Jg. Heft 1. S. 3.