

# 1. Umformung von Aluminium-Werkstoff

von Prof. Dr. W. Lehnert

## 1.1 Grundlagen der Umformtechnik und -technologie

### 1.1.1 Charakteristische Merkmale

Seit der Aufnahme der industriellen Produktion von Aluminium vor mehr als 100 Jahren besitzt die Umformtechnik als Fertigungsverfahren der Herstellung und Weiterverarbeitung einen hohen Stellenwert. Über 74 % der durch die Primär- und Sekundärmetallurgie erschmolzenen Aluminiumwerkstoffe werden plastisch umgeformt, oft in mehreren Umformstufen und durch verschiedenartige Verfahren. 1998 wurden weltweit 31,2 Millionen t Aluminium hergestellt, wovon etwa 8,1 Mio. t auf den Formguß und 23,1 Mio. t auf die 1. Stufe der Umformtechnik entfallen.

Das Spektrum der umformtechnisch hergestellten Produkte hat sich bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung, ihres Eigenschaftspotentials und vor allem ihrer Form und Abmessung stetig erweitert und wird jährlich noch größer. In Tafel 1.1.1 sind für wichtige Al-Knetlegierungen die vorrangigen Anwendungsgebiete und Erzeugnisformen angegeben. Neue Werkstoffe und verbesserte Umformverfahren werden entwickelt und gelangen zur Anwendung. Schließlich können die stofflichen Eigenschaften der Al-Werkstoffe wie generell bei Werkstoffen nur dann zur Geltung gebracht werden, wenn die Erzeugnisse auch die für den späteren Einsatz und Verwendungszweck notwendige Form und Größe aufweisen. In den meisten Fällen werden differenzielle Eigenschaftskombinationen der unterschiedlichsten Art bei großer Formenvielfalt und sehr genauen Maßvorgaben verlangt. Die Verfahren der Umformtechnik können sehr rationell und effektiv bei hoher Produktivität und Wirtschaftlichkeit praktiziert werden.

Die große technische Bedeutung und die Vorteilhaftigkeit der Umformtechnik innerhalb der Fertigungsprozesse begründen sich durch das Werkstoffverhalten bei der Umformung, das die charakteristischen Merkmale der Umformung prägt. Es sind dies:

#### - die Inkompressibilität

Die Kompressibilität des Aluminiums ist metalltypisch gering und kann faktisch vernachlässigt werden, so daß von einer Volumenkonstanz ausgegangen werden kann. Das bedeutet, daß  $dV = 0$

$$\gamma \cdot \beta \cdot \lambda = 1$$

$$\varphi_h + \varphi_b + \varphi_l = 0 \quad \text{mithin} \quad \Sigma \varphi = 0$$

sein muß ( $\gamma$  - Stauchgrad  $\gamma = h_0/h_1$ ;  $\beta$  - Breiungsgrad  $\beta = b_0/b_1$ ;  $\lambda$  - Längungsgrad  $\lambda = l_0/l_1$ ;  $\varphi_h$  - Höhenumformgrad  $\varphi_h = \ln \gamma$ ;  $\varphi_b$  - Breitenumformgrad  $\varphi_b = \ln \beta$ ;  $\varphi_l$  - Längenumformgrad  $\varphi_l = \ln \lambda$ ).

Die Dichte bleibt bei der Umformung unverändert.

Ausnahme ist lediglich die Umformung des Stranggusses, der gießtechnisch bedingt durch die Schrumpfung bei der Erstarrung (Volumenänderung 7,5 %) und durch die Wasserstofffreisetzung nicht frei von Blasen, Mikrolunkern und Poren (0,001 ... 0,5 mm) ist.

**Tafel 1.1.1** Ausgewählte Knetlegierungen – Anwendung und Erzeugnisformen nach DIN EN 573-4

Bezeichnung der Legierung		Walz- barren	Preß- barren	Schmie- destücke und Vor- material	Draht u. Vordraht für elektro- techni- sche An- wendung	schweiß- techni- sche An- wendung	mechani- sche An- wendung	Preß- und Zieh- produkte	Folie	Vormate- rial für Wärmeaus- tauschler (Finstock)	Bleche, Bänder und Platten	Vormate- rial für Dosen Deckel u. Verschlüsse	Butzen	HF-ge- schweißte Rohre	Legierung für Lebens- mittel kontakt geeignet
Nume- risch	Chemische Symbole														
1199	Al 99,99	B	-	-	-	-	-	B	-	-	B	-	-	-	J
1098	Al 99,98	B	-	-	B	A	A	-	-	-	B	-	A	-	J
1080A	Al 99,8(A)	A	B	-	A	A	A	B	-	-	A	-	A	-	J
1070A	Al 99,7	A	A	-	-	A	A	-	-	-	A	-	A	-	J
1050A	Al 99,5	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	B	A	-	J
1350	EAl 99,5	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	J
1200	Al 99,0	A	A	-	-	-	B	A	A	A	A	-	A	-	J
2007	Al Cu <sub>4</sub> PbMgMn	-	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	-	N
2011	Al Cu <sub>6</sub> Pb	-	A	B	-	-	A	-	-	-	-	-	A	-	N
2011A	Al Cu <sub>6</sub> BiPb	-	A	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	N
2014	Al Cu <sub>4</sub> SiMg	A	A	A	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	N
2014A	Al Cu <sub>4</sub> SiMg(A)	A	A	B	-	-	-	-	-	-	B	-	-	-	N
2017A	Al Cu <sub>4</sub> MgSi(A)	A	A	B	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	N
2117	Al Cu <sub>2</sub> 5Mg	B	-	-	-	-	-	-	-	-	B	-	-	-	N
2024	Al Cu <sub>4</sub> Mg <sub>1</sub>	A	A	A	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	N
2030	Al Cu <sub>4</sub> PbMg	-	A	-	-	-	B	A	-	-	-	-	-	-	N
3003	Al Mn <sub>1</sub> Cu	A	A	-	-	-	-	-	-	-	A	A	-	B	J
3103	Al Mn <sub>1</sub>	A	A	-	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	J
3004	Al Mn <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	A	A	J
3104	Al Mn <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub> Cu	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	J
3005	Al Mn <sub>1</sub> Mg <sub>0,5</sub>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	J
3105	Al Mn <sub>0,5</sub> Mg <sub>0,5</sub>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	-	A	N
3207	Al Mn <sub>0,6</sub>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	A	B	J
4006	Al Si <sub>1</sub> Fe	A	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	J
4007	Al Si <sub>1,5</sub> Mn	A	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	J
5005	Al Mg <sub>1</sub> (B)	A	-	-	-	-	B	A	-	A	-	-	-	-	J
5005A	Al Mg <sub>1</sub> (C)	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	J
5019	Al Mg <sub>5</sub>	-	A	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	J
5040	Al Mg <sub>1,5</sub> Mn	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	J
5042	Al Mg <sub>3,5</sub> Mn	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	J
5049	Al Mg <sub>2</sub> Mn <sub>0,8</sub>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	J
5050	Al Mg <sub>1,5</sub> (C)	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	J
5051A	Al Mg <sub>2</sub> (B)	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	B	-	-	J

Präfix für alle Bezeichnungen EN AW-; (Produktion: A- in großen Mengen; B – in begrenzten Mengen)

**Tafel 1.1.1** Ausgewählte Knetlegierungen – Anwendung und Erzeugnisformen nach DIN EN 573-4

Bezeichnung der Legierung	Walz- barren	Preß- barren	Schmie- destücke und Vor- material	Draht u. Vordraht für elektro- techni- sche An- wendung	schweiß- techni- sche An- wendung	mechani- sche An- wendung	Preß- und Zieh- produkte	Folie	Vormate- rial für Wärmeaus- tauscher (Finstock)	Bleche, Bänder und Platten	Vormate- rial für Dosen Deckel u. Verschlüsse	Butzen	HF-ge- schweißte Rohre	Legierung für Lebens- mittel kontakt geeignet
Nume- risch	Chemische Symbole													
5251	Al Mg2	A	-	-	-	A	A	-	-	A	B	-	A	J
5052	Al Mg2,5	A	-	-	-	A	A	-	-	A	A	-	B	J
5154A	Al Mg3,5(A)	A	-	-	A	A	A	-	-	A	-	-	-	J
5454	Al Mg3Mn	A	B	-	-	A	A	-	-	A	-	-	A	J
5754	Al Mg3	A	A	-	-	A	A	-	B	A	-	A	A	J
5182	Al Mg4,5Mn0,4	A	-	-	-	A	A	-	-	A	A	-	A	J
5083	Al Mg4,5Mn0,7	A	A	-	-	A	A	-	-	A	-	A	A	J
5086	Al Mg4	A	-	-	-	A	A	-	-	A	-	A	A	J
5087	Al Mg4,5MnZr	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	J
6101A	EAl MgSi(A)	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	-	J
6101B	EAl MgSi (B)	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	-	J
6005	Al SiMg	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	-	J
6005A	Al SiMg(A)	-	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	J
6005B	Al SiMg(B)	-	-	-	-	-	B	-	-	-	-	-	-	J
6106	Al MgSiMn	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	J
6012	Al MgSiPb	-	-	-	-	B	A	-	-	-	-	-	-	N
6018	Al AlSiPBMn	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	N
6060	Al MgSi	A	B	-	-	A	A	-	A	-	-	A	-	J
6061	Al Mg1SiCu	A	B	-	-	A	A	-	-	A	-	A	-	J
6063	Al Mg0,7Si	A	-	-	-	A	A	-	A	-	-	-	-	J
6082	Al Si1MgMn	A	-	-	-	A	A	-	A	-	-	-	-	J
7003	Al Zn6Mg0,8Zr	-	A	-	-	-	A	-	-	A	-	A	B	J
7005	Al Zn4,5Mg1,5Mn	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	N
7020	Al Zn4,5Mg1	A	B	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	N
7021	Al Zn5,5Mg1,5	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	N
7022	Al Zn5Mg3Cu	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	N
7049A	Al Zn5MgCu	B	-	-	-	-	A	-	-	B	-	-	-	N
7075	Al Zn5,5MgCu	A	A	-	-	-	A	-	-	A	-	-	A	N
8006	Al Fe1,5Mn	A	-	-	-	-	-	-	A	B	-	-	-	J
8008	Al Fe1Mn0,8	A	-	-	-	-	-	-	A	B	-	-	-	J
8011A	Al FeSi(A)	A	-	-	-	-	-	-	A	A	A	-	-	J
8111	Al FeSi(B)	A	-	-	-	-	-	-	A	B	-	-	-	J
8079	Al FeSi	A	-	-	-	-	-	-	A	B	-	-	-	J

Präfix für alle Bezeichnungen EN AW-; (Produktion: A- in großen Mengen; B – in begrenzten Mengen)

# 3. Oberflächenbehandlung von Aluminium

von Dr. W. Huppatz, Dr. M. Paul und Dr. S. Friedrich

Aluminium und Aluminiumlegierungen sind durch ihre Oxidschicht,

- die sich an der Atmosphäre und in Wässern bildet,
- die durch ihre sehr geringe Leitfähigkeit für Elektronen und Ionen, d.h. durch ihre isolierende Wirkung den Ablauf von Korrosionsreaktionen hemmt und
- die sich auch bei mechanischer Beschädigung in Wässern unter bestimmten Bedingungen und in der Atmosphäre spontan erneuert

für einen breiten Anwendungsbereich geschützt. Dieses günstige Korrosionsverhalten, verbunden mit vorteilhaften Werkstoffeigenschaften bei geringem Gewicht, reicht in der Regel in den Bereichen Bauwesen, Ingenieurbau, Verpackung und Fahrzeugbau aus, die normalen Anforderungen zu erfüllen. Darüber hinausgehende Ansprüche, wie sie beispielhaft durch die Attribute gewünscht werden:

- Dauerhaft dekoratives Aussehen
- Haftgrund für nachfolgende Beschichtungen oder Klebungen
- Erhöhte Verschleißfestigkeit
- Verbesserte Korrosionsresistenz u.a.

erfordern zusätzliche Oberflächenbehandlungen, um die angestrebten Oberflächenqualitäten zu erreichen.

Je nach den angewandten Verfahren der Oberflächenbehandlung wird unterschieden zwischen

- Mechanischer Oberflächenbehandlung
- Chemischer Oberflächenbehandlung
- Anodischer Oxidation (elektrolytischer Oberflächenbehandlung)
- organischem Beschichten
- Abscheiden von Metallüberzügen

## 3.1 Mechanische Oberflächenbehandlung

Zu den mechanischen Oberflächenbehandlungsverfahren zählen unter anderem das Putzen, Schleifen, Bürsten, Polieren, Dessinieren und Strahlen.

Die mechanische Oberflächenbehandlung dient der Beseitigung von Unebenheiten, fehlerhafter Stellen, Schweißnahtüberhöhungen, Bearbeitungsspuren und anderen Unregelmäßigkeiten der Aluminiumoberfläche bei Halbzeugen aus Knetwerkstoffen und bei Gußstücken sowie bei daraus hergestellten Bauteilen und Strukturen. Sie wird vorwiegend benutzt für die Veredlung von Aluminiumprodukten und für das Erzeugen dekorativer Oberflächeneffekte. Insofern stellt die mechanische Oberflächenbehandlung häufig eine Vorstufe für den nachfolgenden chemischen oder elektrolytischen Prozeß dar, der durch Bildung spezieller resistenter Oberflächenschichten den ästhetisch dekorativen Zustand konserviert.

Die mechanische Oberflächenbehandlung von Aluminium erfolgt in ähnlicher Weise wie die bei anderen Metallen. Allerdings sind die spezifischen Eigenschaften des Aluminiums zu berücksichtigen. So muß z.B. zur Optimierung der Oberflächen-

qualität die Bearbeitungsgeschwindigkeit dem Werkstoff Aluminium angepaßt werden. Die zur Oberflächenbehandlung angewendeten Werkzeuge, wie z.B. Bürsten, dürfen wegen des Abriebs nicht aus Kupferlegierungen oder normalem Stahl bestehen. Es ist auch nicht zulässig, Schleif- oder Polierscheiben sowie Bürsten zu benutzen, mit denen bereits andere Metalle bearbeitet wurden. Eine strikte Werkzeugtrennung ist zwingend, weil an den Werkzeugen anhaftende Metallflitter die Aluminiumoberfläche kontaminieren können. In die Aluminiumoberfläche eingedrückte Fremdmetallflitter können bei Zutritt von Feuchtigkeit Kontaktkorrosion am Aluminium auslösen.

Fremdmetallflitter auf kontaminierten Aluminiumoberflächen lassen sich durch Beizen beseitigen (s. 3.2.2).

Die mechanische Oberflächenbehandlung von Reinst- und Reinaluminium sowie die von Aluminiumlegierungen mit Brinellhärten kleiner als 40 erfordert im Hinblick auf den beim Schleifen und Polieren ausgeübten Druck Vorsicht und Erfahrung, da diese weichen Materialien zum Schmieren neigen und der Veredlungseffekt dann ausbleibt. Bei plattierten Aluminiumwerkstoffen ist zu beachten, daß die dünnen Plattierschichten - häufig 5 bis 10 % der Blechdicke - nicht abgeschliffen oder abpoliert werden. Die günstigsten Ergebnisse beim Polieren werden an den naturharten AlMg- oder den aushärtbaren AlMgSi-Werkstoffen erzielt.

Die Anzahl der einzelnen Arbeitsgänge, die für den gewünschten Endzustand der Oberfläche erforderlich sind, richten sich nach dem Zustand der Ausgangsoberfläche und sollten in detaillierten Arbeitsanweisungen festgelegt werden. Die Tafel 3.1.1 gibt die geeigneten Verfahren für die mechanische Oberflächenbehandlung von Aluminium wieder und führt die günstigen Arbeitsbedingungen auf.

Bei der Durchführung von mechanischen Oberflächenbehandlungen sind nicht nur die in Tafel 3.1.1 aufgeführten qualitätskonformen Arbeitsgänge zu berücksichtigen, die hinsichtlich der verwendeten Maschinen die gute Lagerung und optimale Drehzahl des Werkzeugs, die genaue Zentrierung und Auswuchtung der Scheiben voraussetzen, sondern es sind auch die geltenden Sicherheitsvorschriften einzuhalten. Dazu zählen die

- VBG1 Unfallverhütungsvorschrift (UVV): <sup>1)</sup> Allgemeine Vorschriften vom 01.07.1991 mit Durchführungsanweisungen vom 01.04.1996 - in denen unter anderem die Themen: Persönliche Schutzausrüstungen, die Anforderungen an die Arbeitsplätze einschließlich der Beleuchtung, der Fußbodenbeschaffenheit, der Verkehrswege sowie Maßnahmen zur Verhinderung von Explosionen angesprochen sind.
- VBG4 UVV: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel vom 01.04.1979 mit Durchführungsanweisungen vom April 1986 und dem Anhang zu den Durchführungsanweisungen vom 01.04.1996
- VBG7n6 UVV: Metallbearbeitung; Schleifkörper, Pließ- und Polierscheiben; Schleif- und Poliermaschinen vom 01.01.1993, aktualisierte Fassung 1995 - in der u.a. Vorschriften über Schleifmaschinen und ihre

<sup>1)</sup> VBG bedeutet: Verband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, zu beziehen: Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Str. 449, 50939 Köln

Umfangsgeschwindigkeiten sowie über Schutzhauben gemacht werden.

- VBG49 UVV:  
Schleif- und Bürstwerkzeuge vom 01.10.1994 mit Durchführungsanweisungen vom 01.10.1994, in der u.a. verbindliche Aussagen zu Bau und Ausrüstung, Kennzeichnung und Arbeitshöchstgeschwindigkeit sowie Prüfung der Werkzeuge gemacht sind.
- VBG48 UVV:  
Strahlarbeiten vom 01.04.1994 mit Durchführungsanweisungen vom 01.04.1994, in der u.a. neben der Beschaffenheit der Arbeitsräume und den Anforderungen an die Absaugvorrichtungen der maximale Gehalt an gefährlichen Stoffen in Strahlmitteln gesetzlich geregelt ist. Weiterhin wird auf die Verwendungsbeschränkungen für Strahlmittel hingewiesen.

Über die Unfallverhütungsvorschriften hinaus sind die geltenden Richtlinien und Sicherheitsregeln bei der mechanischen Oberflächenbehandlung von Aluminiumwerkstoffen und -bauteilen zu beachten.

- ZH1/32 Richtlinien zur Vermeidung der Gefahren von Staubbränden und Staubexplosionen beim Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium und seinen Legierungen vom 01.04.1990 - in denen u.a. Aussagen über die Anforderungen an ortsfeste Schleif- oder Poliermaschinen, ihre Absaugeinrichtungen und Abscheider sowie über Behälter zum Lagern und Transportieren von Aluminiumstäuben und Löscheinrichtungen enthalten sind.
- ZH1/33 Merkblätter für Metallschleifmaschinen (Schutzhauben, Schleifkörper, Schleifen) vom 01.05.1977
- ZH1/385 Richtlinien für die Kennzeichnung von Schleifwerkzeugen vom 01.10.1989
- ZH1/390 Richtlinien für Zwischenlagen zum Befestigen von Schleifkörpern mittels Spannflansche vom 01.10.1989
- ZH1/393 Richtlinien für die Prüfung von Schleifwerkzeugen im Herstellerwerk vom 01.10.1989

Die Zusammenstellung der hier zur mechanischen Oberflächenbehandlung genannten sicherheitsrelevanten Vorschriften, Richtlinien und Regeln erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, deckt aber den wichtigsten Teil der mechanischen Oberflächenveredlung ab.

## 4. Recycling und Ökologie

von Dr. C. Kammer, Goslar

Im Rahmen des Sustainable Development (nachhaltige Entwicklung, s. auch 4.1) spielen der sorgsame Umgang mit endlichen Ressourcen und damit das Recycling eine Schlüsselrolle.

Wesen des Recyclings ist es, nach einer Produktentstehungs- und Produkt-nutzungsphase für das Produkt selbst oder seine Werkstoffe in einem Kreislauf eine erneute Nutzung zu finden (s. 4.2 und 4.3). Auf diese Weise kann das Recycling zur Einsparung von Rohstoffen (Werkstoffen, Energie) als den wesentlichsten Ressourcen der Erde beitragen, da deren Verknappung vorprogrammiert ist. Jedes Recycling ist zudem für die Entsorgung von Bedeutung, damit die Nutzungszeit von Deponieraum verlängert werden kann. Für den Einzelfall ist zu entscheiden, welcher Recyclingprozeß aus ökologischen und wirtschaftlichen Gründen anzustreben ist.

Unabdingbare Voraussetzungen für ein wirtschaftliches und qualitativ hochwertiges Recycling sind eine recyclinggerechte Produktgestaltung (s. 4.2.2.2) sowie leistungsfähige und umweltverträgliche Aufarbeitungs- und Aufbereitungsverfahren (s. 4.2.5.2.) Das heißt: Während einer Produktentwicklung muß bereits eine Abschätzung hinsichtlich des zweckmäßigsten späteren Recyclingprozesses erfolgen. Dies ist schwierig, da Technikentwicklungen, das Marktverhalten und auch gesellschaftliche Zwänge nur schwer zu prognostizieren sind.

Zur umfassenden ökologischen Beurteilung eines Werkstoffes ist die alleinige Entscheidung bezüglich der Recyclierbarkeit nicht ausreichend. Derartige Zusammenhänge lassen sich nur unter Berücksichtigung von Ökobilanzen und auch dann nur für ein bestimmtes Produktsystem klären (s. 4.1.2).

Nachfolgend sollen die mit dem Recycling und dessen ökologischer Wertung im Zusammenhang stehenden Begriffe erläutert und, soweit notwendig, diskutiert werden. Verfahrens- und konstruktionstechnische Aspekte bilden einen weiteren Schwerpunkt des Kapitels.

### 4.1 Ökologische Betrachtung des Werkstoffes Aluminium

von Dr. Catrin Kammer, Goslar und Dr. Günther Kehlenbeck, Göttingen

#### 4.1.1 Grundlegende Zusammenhänge

Für die Auswahl eines Werkstoffes für einen bestimmten Anwendungsfall waren bisher neben den Materialkosten vor allem die mechanischen, chemischen und physikalischen Materialeigenschaften ausschlaggebend, da diese die Gebrauchs- und Fertigungseigenschaften bestimmen. In letzter Zeit treten unter dem Ziel des „Sustainable development“ neben diesen Eigenschaften immer stärker die Recyclierbarkeit sowie Ökobilanzaspekte bei der Auswahl eines Funktionswerkstoffes in den Vordergrund. Diese Entwicklung wird nicht zuletzt stimuliert von

der Umweltgesetzgebung der Bundesregierung (Kreislaufwirtschaftsgesetz, Verpackungsverordnung, diverse Rechtsverordnungen, geplante Öko-Steuer usw.).

Was aber bedeutet „Sustainable development“? Die leider unscharfe Übersetzung des Begriffes lautet „nachhaltige Entwicklung“. Definiert wird diese gemäß des UN-Berichts „Our Common Future“ (1987) als:

“Sustainable development – eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der gegenwärtigen Menschen entspricht, ohne die Fähigkeiten zukünftiger Generationen zur Befriedigung ihrer Bedürfnisse zu gefährden“.

Bei genauerer Betrachtung wird derzeit nicht einmal das erste Kriterium erfüllt, denn über eine Milliarde Menschen können nicht ihren Grundbedarf decken. Hinsichtlich der zweiten Bedingung, der Deckung des Bedarfs zukünftiger Generationen, sind gerade erste zaghafte Ansätze, z.B. das Recycling, vorhanden. Damit erhält die gesellschaftspolitische Hinwendung zu diesen Themen, also auch zu mehr Umweltschutz, eine wettbewerbsstrategische Bedeutung für die Unternehmen. Diese Herausforderung zeigt sich bereits in der Gesetzgebung und in marktlicher Umsetzung. "Sustainable development" ist also mehr als ein Modetrend, es handelt sich um ein Erfordernis.

Die Idee des „Sustainable development“ wurde zum zentralen Begriff der Agenda 21, einem Dokument der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung, das im Juni 1992 in Rio 178 Staaten unterzeichneten. Sie kann als Aktionsprogramm zur Lösung der zentralen gesellschaftlichen Probleme des 21. Jahrhunderts gelten, denn enthalten sind wichtige Festlegungen zur Bekämpfung der Armut, zur Bevölkerungspolitik sowie zur Klima-, Energie- und Abfallpolitik der Industrie- und Entwicklungsländer. Das Dokument gibt Ziele, Maßnahmen und Instrumente zur Umsetzung vor. Vordringlichstes Ziel ist die Integration von Umweltaspekten in allen Politikbereichen, doch dies unter Verknüpfung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Zielen. Dies bedeutet also, daß die Verbesserung der wirtschaftlichen und sozialen Lebensverhältnisse mit der Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen in Einklang zu bringen ist.

Damit wird deutlich, „Sustainable Development“ bedeutet nicht, alle Prozesse auf ökologische Fragen zu reduzieren, wie dies oft in der öffentlichen Diskussion der Fall ist. Gemeint ist vielmehr, die Gleichberechtigung ökonomischer, ökologischer und sozialer Ziele durchzusetzen und nicht das Primat in der Umweltpolitik zu sehen. Gefordert wird also auch kein genereller Verzicht auf Wachstum; allerdings sollte ein Wachstum mit der sozialen und umweltgerechten Entwicklung einhergehen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Innovationskraft des Marktes ohne staatliche Regulierung und Dirigismus, obgleich letzteres zuweilen politisch gefordert wird. Der Grund: Ein staatliches Verbot bestimmter Produkte bzw. Prozesse zugunsten anderer verhindert ökologische Verbesserungen in den Verliererbereichen, nimmt aber auch den Gewinnern jegliche Motivation, ihre Produkte bzw. Prozesse weiterzuentwickeln. Notwendig sind also ein offener Wettbewerb und – damit einhergehend – ein offener Welthandel.

Die Aluminiumindustrie hat sich auf die neuen Aufgaben eingestellt (s. 4.1.3). Beispiele sind die forcierte Nutzung der Wasserkraft, die Nutzung von Abwärme aus



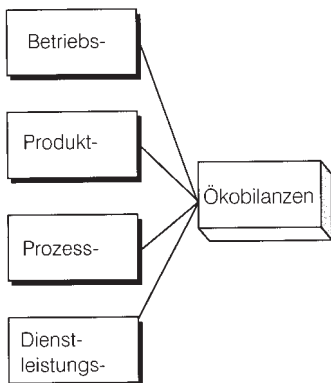
Aluminiumhütten, das konsequente Recycling (s. 4.2.2) oder auch Rekultivierungsmaßnahmen in Bauxitabbaugebieten. Produziert und fortlaufend weiterentwickelt werden qualitativ hochwertige Produkte mit ökologischen Vorteilen (s. 4.3 und 4.4). Dennoch kämpft die Aluminiumindustrie mit sachlich nicht gerechtfertigten Vorurteilen, die sich sowohl auf die Metallherstellung selbst beziehen als auch auf bestimmte Aluminiumprodukte. Sowohl befürwortende als auch ablehnende Argumente werden dabei häufig aus „Ökobilanzen“ abgeleitet, ein Analyseverfahren, das – wie nachfolgend gezeigt wird – nicht unumstritten ist.

### 4.1.2 Ökobilanzen

Bei der noch jungen Disziplin der Ökobilanzforschung handelt es sich um einen neuen Ansatz, mit einer durchgängigen Methodik die umweltrelevanten Aspekte und potentiellen Umweltbeeinflussungen von Produktsystemen über den gesamten Produktlebenszyklus zu beurteilen, d.h. von der Rohstoffgewinnung über die Herstellungs- und Nutzungsphase bis zur Entsorgung oder zum Recycling. Die Ökobilanz<sup>1)</sup> ist also ein Instrument zur Erhebung und Bewertung von Stoff- und Energieeinflüssen.

Ökobilanzen werden auf verschiedenen Ebenen angewandt (Bild 4.1) und können beispielsweise zur Unterstützung folgender Aufgaben dienen:

- Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verbesserung der umweltrelevanten Aspekte von Produkten an verschiedenen Stellen ihres Lebenszyklusses
- Entscheidungsprozesse in der Industrie, in der Verwaltung oder in Nichtregierungsorganisationen (z.B. strategische Planung, Prioritätensetzung, Produkt- oder Prozeßdesign oder Redesign)
- Auswahl relevanter Indikatoren der Umweltqualität einschließlich Erhebungsverfahren und
- Marketing (z.B. umweltbezogene Werbung, Umweltkennzeichnung oder Produktdeklaration).



**Bild 4.1** Anwendung von Ökobilanzen auf unterschiedlichen Ebenen (CUTEC, TU Clausthal)

<sup>1)</sup> International spricht man statt von der Ökobilanz von der Lebenszyklus-Analyse (LCA = Life Cycle Analysis; gleichwertige z.T. verwendete Begriffe sind die Lebensweg-Bewertung oder die Lebensweg-Analyse).