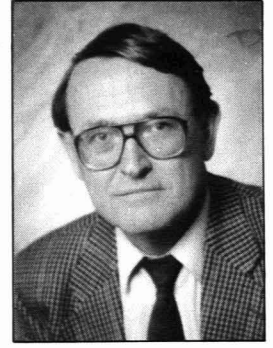


Innovative Produktentwicklung auf dem Gebiet der Stahlerzeugung



Wilfried Krieger

Wilfried KRIEGER, Univ.DoZ. Dipl.-Ing. Dr.mont.; Studium des Eisenhüttenwesens an der Montanistischen Hochschule Leoben; Promotion 1971 bei H. Trenkler; 1971 Eintritt in die VOEST-AG; Lehrauftrag für Eisenhüttenkunde an der Montanuniversität Leoben im WS 1978/79; 1987 Habilitation an der Montanuniversität Leoben auf dem Gebiet «Stahlerzeugung»; seit 1987 Leiter des Bereiches Forschung, Entwicklung und Prüftechnik der VOEST-Alpine Stahl Linz Ges.m.b.H.; Sonstiges: Redakteur und Herausgeber der Gmeling-Durrer-Bände über die Stahlerzeugung (gemeinsam mit Prof. H. Trenkler); Präsidiumsmitglied des Forschungsförderungsfonds für die gewerbliche Wirtschaft; Vorstandsmitglied des Vereins der praktischen Gießereiforschung; Mitglied des F&E-Direktoriums der Austrian Industries; F&E-Koordinator der VOEST-Alpine Stahl AG; Vorstandsmitglied des Österreichischen Normungsinstitutes.



Otto Gründler

Otto GRÜNDLER, Dipl.-Ing.; Studium der Technischen Physik an der Technischen Universität Graz bei den Professoren Gebauer und Ledinegg; Graduierung 1967; 1968 Eintritt bei Gebr. Böhler AG in die Versuchsanstalt; derzeit Böhler Ges.m.b.H., Kapfenberg, verantwortlich für den Bereich Entwicklung.

Zur Situation auf dem Stahlsektor

Der Werkstoff «Stahl» war im vergangenen Jahrzehnt vielfach Gegenstand von Diskussionen.

Die seit etwa Mitte der 70er Jahre laufend zunehmenden wirtschaftlichen Probleme der Industrieländer schlugen voll auf die Stahlerzeuger durch. Stagnierenden oder sinkenden Produktionsziffern standen Überkapazitäten, steigende Rohstoffkosten und eine unerfreuliche Erlösentwicklung gegenüber. Abbildung 1 zeigt die Ent-

welcher dort u.a. auch zu beträchtlichen Personalverringerungen in diesem Industriezweig führte.

Eine Branche, welche sich in einer so schwierigen wirtschaftlichen Lage befand, brauchte sich naturgemäß nicht um kritische Stimmen aus mehr oder weniger berufenem Mund bemühen:

- Die «Schornsteinindustrie» wurde aus Sicht des Umweltschutzes an den Pranger gestellt.
- Die rückläufigen Produktionsziffern wurden in nicht wenigen Diskussionen mental mit einem

Verbindung gebracht. Man war vielfach geneigt, diesen Werkstoffen, nicht jedoch dem «Eisen», den Begriff «high-tech» zuzubilligen. Vom «Ende der Eisenzeit» war die Rede.

Im vorliegenden Beitrag soll versucht werden, einige Fakten aufzuzeigen und davon abgeleitet, Szenarien zu den Fragen «hat Stahl Zukunft?» und «kann Stahl ein high-tech Produkt sein?» zu entwickeln. Zunächst zu den Fakten:

- Kein anderer Werkstoff wird auch nur in annähernd so großen Mengen erzeugt, wenn von einfachen Baumaterialien abgesehen wird.
- Stahl kann durch Variation der Zusammensetzung vom unlegierten Stahl bis zum höchstlegierten Edelstahl und der Herstellparameter in einer Eigenschaftsvielfalt bzw. mit Eigenschaftskombinationen erzeugt werden, wie sie von anderen Werkstoffen nicht abgedeckt werden können.
- Die fortschreitende Technik stellt jedoch an die Werkstoffe immer differenziertere Anforderungen. Für neue Werkstoffe haben sich damit auf vielen Gebieten Anwendungsfelder ergeben, auf welchen sie dem Stahl überlegen sind. Derartige spezielle Anforderungen sind z.B. Gewichtsreduzierung, Durchsichtigkeit, elektrische Leitfähigkeit, Säurebeständigkeit, Schalldämmung u.a.m.
- Es ist jedoch ebenso in die Kategorie «Fakten» einzureihen, daß die Weiterentwicklung des Werkstoffes Stahl gerade durch die ins Blickfeld getretenen Konkurrenzwerkstoffe beschleunigt wurde. Wäre diese

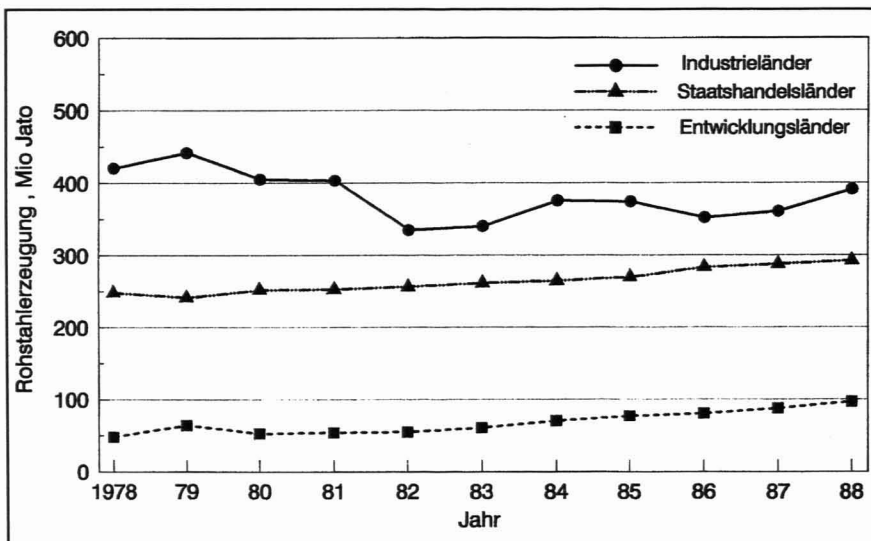


Abb. 1: Entwicklung der Rohstahlerzeugung in verschiedenen Weltregionen von 1978 bis 1988

Industrielländer: Westeuropa, USA u. Kanada, Neuseeland, Südafrika
Staatshandelsländer: COMECON, Kuba, China, Nordkorea
Entwicklungsländer: Lateinamerika, Afrika (ohne Südafrika), Mittlerer Osten, Asien (ohne Japan, China u. Nordkorea)

(Quelle: Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 1989; Herausgeber: Wirtschaftsvereinigung Stahl, Düsseldorf)

wicklung der Rohstahlerzeugung in verschiedenen Weltregionen. Die Folge davon war ein sehr starker Rationalisierungs- und Modernisierungsdruck in den westlichen Industrieländern,

grundsätzlichen Substitutionsprozeß von Eisen und Stahl als Produkt einer «Grundstoffindustrie» durch «moderne» andere Werkstoffe, wie etwa Kunststoff oder Keramik in

Weiterentwicklung nicht eingetreten, so hätte der Stahl bisher deutlich mehr an Boden verloren. Stahl hat zudem ein noch großes weiteres Entwicklungspotential aufzuweisen, wobei dieses insbesondere auch in einer Symbiose mit anderen Werkstoffen zu sehen ist.

Zur wirtschaftlichen Situation:

- Die Welt erlebte in den letzten Jahren einen Stahlboom, welchen wohl auch die Optimisten aus der Stahlbranche so nicht vorhergesehen haben. In den Jahren 1988 und 1989 wurden mit über 780 Millionen Tonnen Rekordproduktionsziffern erzielt.
- Die positive Preisentwicklung bei relativ günstigen Rohstoffkosten hat zu beträchtlichen Gewinnen bei allen jenen Produzenten geführt, welche Rationalisierungs- und Strukturverbesserungsmaßnahmen in ausreichendem Maße durchgeführt hatten. Besonderen Aufschwung erlebte der Flachprodukte- und Edelstahlsektor, weniger intensiv, aber doch erfreulich stellte er sich am Langproduktesektor ein.
- Wenn wieder ein Rückgang der Stahlkonjunktur eintritt, mit welchem natürlich gerechnet werden muß, wird dieser die innovativen Unternehmen der Stahlindustrie, welche entsprechende Vorkehrungen getroffen haben, nicht mehr im gleichen verheerenden Ausmaß treffen, wie dies Anfang bis Mitte der 80er Jahre der Fall war. Insbesondere werden die Überkapazitäten nicht mehr so hoch sein.
- Was die Mengenentwicklung be-

trifft, so ist nach Weltregionen zu unterscheiden. Abbildung 2 zeigt die Entwicklung des sichtbaren Pro-Kopf-Stahlverbrauches. Dieser wird in den Ländern der Dritten Welt unzweifelhaft weiter ansteigen. Ohne einen derartigen Anstieg ist eine Industrialisierung nicht denkbar. Im Bereich der Planwirtschaftsländer sind je nach Entwicklungsstand unterschiedliche Tendenzen gegeben. Während etwa in China der Stahlbedarf enorm ist und je nach der politischen Lage mehr oder weniger deutliche Zuwächse zu erwarten sind, ergeht man in anderen Ländern, wie etwa in der UdSSR, von der «Massenphilosophie» eher ab und lenkt bei der Stahlerzeugung die Bemühungen dahin, höherwertigere Stahlprodukte rascher an den Verbraucher zu bringen. In den westlichen Industriestaaten schließlich wurden Erzeugungskapazitäten zurückgenommen; die Verbrauchsziffern sanken, wenn man von den letzten Jahren absieht. Die weitere Entwicklung wird nicht zuletzt davon abhängig, inwieweit beim Stahl der eingeschlagene Weg zum high-tech-Werkstoff weiter konsequent beschritten wird.

Was sind die Charakteristika eines high-tech-Werkstoffes?

Es existieren natürlich unterschiedliche Definitionen und Auffassungen. Unbestritten dürften wohl folgende Kriterien sein:

- Zur Erzeugung eines high-tech-Werkstoffes wird ein hohes Maß an

technischem Know-how benötigt.

- Ein high-tech-Werkstoff genügt, was seine Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften betrifft, besonderen Anforderungen.

Es sollte erlaubt sein, ein weiteres Kriterium in die Diskussion zu bringen:

- Ein high-tech-Werkstoff ist Recycling-freundlich; er genügt den ökologischen Anforderungen.

Einige Entwicklungslinien beim Werkstoff Stahl

Nachfolgend werden einige Entwicklungen beispielhaft aufgezeigt, wobei keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird.

Stahl als Werkstoff

Auf dem Gebiet der sogenannten «Grobbleche», das sind Bleche größerer Dicke, welche z.B. für den Fahrzeugbau, die Offshore-Technik, Druckrohrleitungen, Druckbehälter, den Hoch- und Brückenbau eingesetzt werden, ist die Entwicklung über die Jahre in Abbildung 3 skizziert. Wie ersichtlich, führte diese Entwicklung zu immer höheren Festigkeiten und Streckgrenzen, wobei dies erst durch eine Veränderung der Erzeugungsverfahren möglich wurde. Die Festigkeit ist allerdings nur ein Kriterium; gleichzeitig sind Ansprüche etwa an die Zähigkeit, die Schweißbarkeit, die Sauergasbeständigkeit laufend gestiegen. Die für die 90er Jahre vorgesehenen Entwicklungen auf dem Gebiet der hochfesten schweißbaren Stähle entsprechen voll den oben genannten Kriterien in bezug auf Erzeugungs-Know-how und besonderen Gebrauchs- und Verarbeitungseigenschaften. Innovative Stahlerzeuger haben die Typen X 80 und X 100 bereits vorausentwickelt, obwohl sie erst in den Markt eindringen müssen.

Auf dem Feinblechsektor ist die Entwicklung in Abbildung 4 skizziert. Auf der einen Seite sind es die weichen Stähle, deren Umformeigenschaften bis zur Supersondertiefziehgüte, wie sie im Automobilbau, aber auch in der Hausgeräteindustrie benötigt wird, durch intensive Entwicklungen verbessert wurden. Auf der anderen Seite wurden die hochfesten Feinbleche mit dem Ziel, Gewichtseinsparungen zu erreichen und auch z.B. um die Fahrgastsicherheit im Automobil zu erhöhen, ständig weiterentwickelt. In diese Stahlgruppen gehören Spezialprodukte, wie

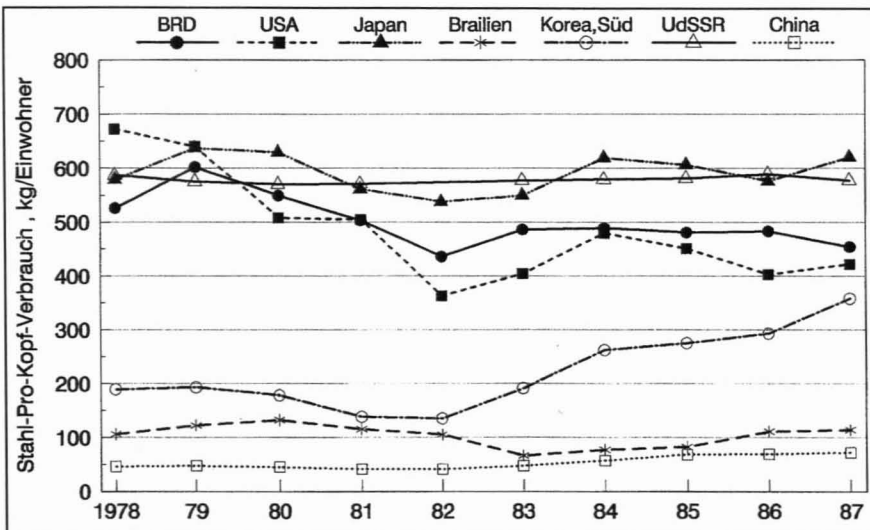


Abb. 2: Entwicklung des Stahl-Pro-Kopf-Verbrauches in verschiedenen Ländern von 1978 bis 1987

(Quelle: Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 1989; Herausgeber: Wirtschaftsvereinigung Stahl, Düsseldorf)

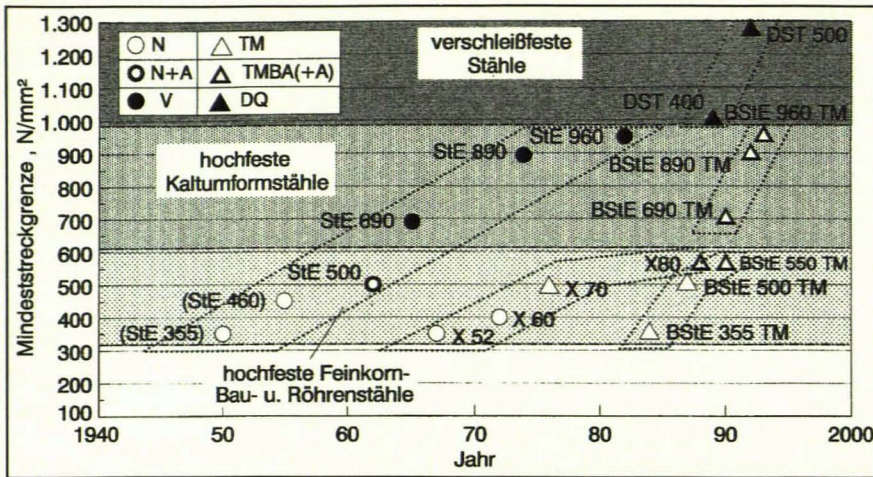


Abb. 3: Weiterentwicklung der hochfesten und verschleißfesten Stähle auf Basis sich verändernder Erzeugungstechniken (N...Normalglühung; N+A...Normalglühung + Anlaßbehandlung; V...Vergütung; TM...Thermomechanische Behandlung; TMBA (+A)...Thermomechanische Behandlung + Beschleunigte Abkühlung + Anlaßbehandlung; DQ...Härten aus Walzhitze „direct quenched“)

etwa die bake-hardening (BH) Stähle, welche sich sehr gut verformen lassen und erst beim Lackeinbrennen höhere Festigkeiten annehmen. Verschiedene Erzeugungskonzepte stehen bei oben genannten Stahlgruppen in Konkurrenz, wodurch die Entwicklung beschleunigt wurde; dem spezifischen Erzeugungs-Know-how kommt immer mehr Bedeutung zu.

Als Beispiel auf dem Langproduktesektor sei die Hochleistungsschiene hervorgehoben. Auf den Bahnen werden immer höhere Lasten bei immer höheren Geschwindigkeiten transportiert. Nunmehr wurden sogenannte HSH (head special hardened)-Schienen entwickelt, welche in Längen bis zu 60 m angeboten werden, ein Pro-

dukt, das den high-tech-Kriterien entspricht.

Der Begriff Edelstahl wurde früher sehr stark auf die Kategorie der mittel- bis hochlegierten Stähle projiziert. Heute trifft gemäß Norm das Prädikat «Edelstahl» schon längst auch auf einen beachtlichen Anteil der niedrig-, mikro- und unlegierten Stähle zu. Dies ist dann der Fall, wenn der Stahl z.B. besonderen Reinheitsgradanforderungen oder letztlich besonderen Gebrauchseigenschaften genügt. Im traditionellen Edelstahlbereich sind Werkzeugstähle, Schnellarbeitsstähle, Edelbaustähle sowie rost-, säure- und hitzebeständige Stähle angesiedelt. Die Produktpalette reicht hier bis zu hoch- und höchstlegierten Stählen und

wird durch Superlegierungen auf Nickel- und Kobaltbasis abgerundet. In einem «Edelstahlwerk» modernen Zuschnitts finden heute auch andere Metalle wie Titan oder Aluminium ihren Platz. Es gilt hier nicht, ein Konkurrenzdenken künstlich aufrecht zu erhalten, sondern es gilt vielmehr, dem Markt die jeweils optimale Problemlösung anzubieten.

Ergänzend zu den verschiedenen schmelzmetallurgischen Erzeugungsverfahren hat die pulvermetallurgische Herstellroute gänzlich neue Möglichkeiten bis hin zu hoch- und höchstlegierten Stählen eröffnet. Immer wieder konnten und können dem Kunden neue Problemlösungen angeboten werden. Spezielle Kaltarbeitsstähle, Schnellarbeitsstähle mit erhöhter Leistungsfähigkeit, Hochleistungspermanentmagnete auf Nd-Fe-B-Basis, Ferritkerne für die induktive Magnetfeldübertragung sind nur wenige Beispiele für pulvermetallurgisch hergestellte Materialien. Solche und andere Produkte werden heute in «Edelstahlwerken» erzeugt, wobei hier sicherlich nicht mehr von «alten Eisen» gesprochen werden kann. Dies gilt auch z.B. für zähe und zugleich verschleißfeste Feinstkornhartmetalle aus Wolframcarbidge-Kobalt-Legierungen, wie sie etwa für Bohrer, Reibahlen, Senker u.a. eingesetzt werden.

Beschichteter Stahl

Eine Art von Metall-Metall-Verbund sind die metallischen Beschichtungen. Auslösendes Moment für diese Entwicklung war das Bestreben, insbesondere für den Automobilbau und die Hausgeräteindustrie die Vorteile des Stahlbleches gegenüber den Konkurrenzwerkstoffen, wie z.B. die exzellente Verformbarkeit, zu erhalten, gleichzeitig jedoch einen Nachteil, nämlich die Korrosionsanfälligkeit, zu beseitigen. Inzwischen sind verschiedenste Schmelztauchbeschichtungen oder elektrolytisch aufgetragene Beschichtungen auf Basis Zn, ZnNi, ZnFe, ZnAl u.a. entwickelt worden. Alle diese Schichten weisen unterschiedliche Eigenschaftsprofile auf (Abb. 5), wobei es Aufgabe des Erzeugers ist, den Kunden durch eine anwendungstechnische Beratung jeweils bei der Suche nach konkreten Problemlösungen für seinen ganz speziellen Anwendungsfall zu unterstützen. Die unmittelbare Kooperation auf dem Gebiet der Entwicklung zwischen Erzeuger und Verbraucher ist ganz allgemein zu einer unabdingbaren Notwendigkeit geworden.

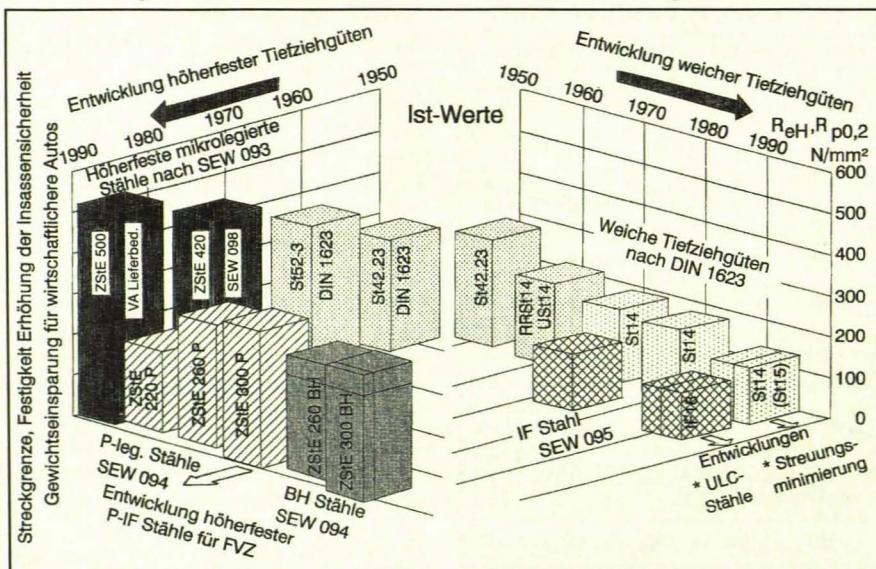


Abb. 4: Entwicklung bei der Feinblecherzeugung (ReH; Rp0...Streckgrenzen bzw. Dehngrenzen; DIN...Deutsches Institut für Normung; SEW...Stahl-Eisen-Werkstoffblatt; IF...intentional free; BH...bake-hardening; ULC...ultra low carbon; FVZ...Feuerverzinkung)



STILL

Das Beste oder nichts

**STILL
Diesel-Stapler
R 70**



Bei STILL ist Staplerkauf kein Risiko, weil man entscheidet wie 90% der 500 größten deutschen Unternehmen und über die Hälfte der größten Firmen in Westeuropa.

STILL Qualitäts-Stapler

STILL Ges. m. b. H.: Industriezentrum N. Ö. Süd, Straße 3, Objekt 6
2351 Wiener Neudorf, Tel. (02236) 615 01, Telex 7 9 207 still a, Telefax (02236) 617 04

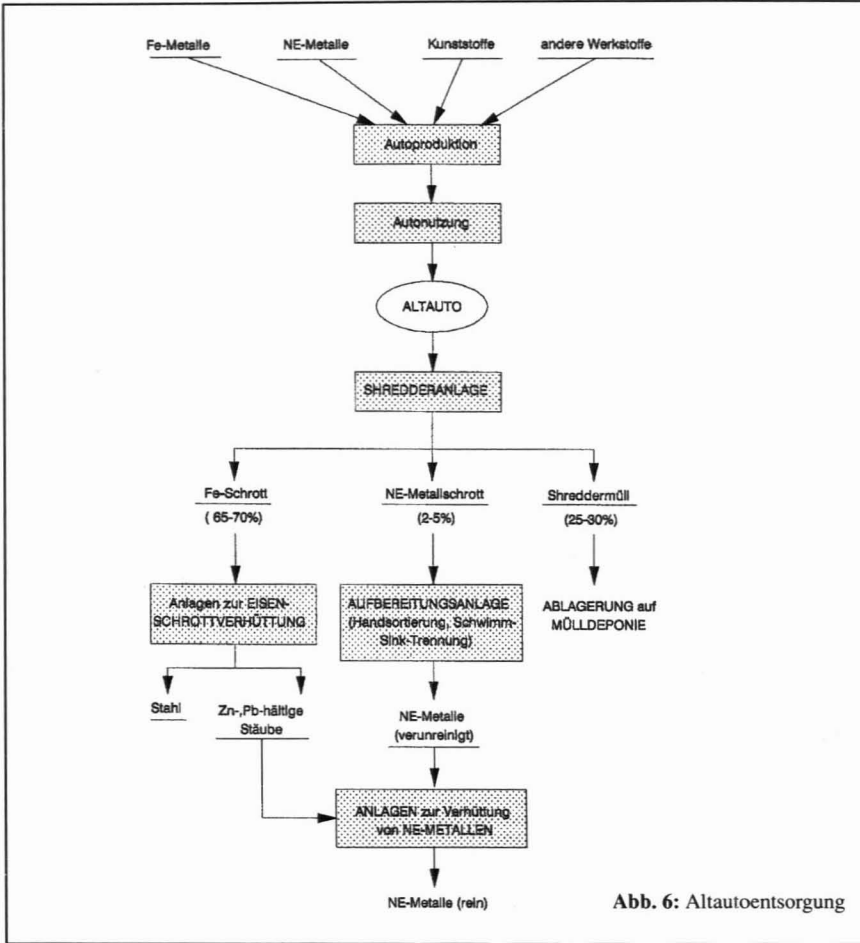


Abb. 6: Altautoentsorgung

Zusammenfassung und Ausblick

Stahl ist nach wie vor der bedeutendste Werkstoff. In der Dritten Welt und einer Reihe von Planwirtschaftsländern werden die Stahlverbräuche, insbesondere was den Massenstahl betrifft, weiter ansteigen. In den hoch-industrialisierten Ländern hat Stahl nicht zuletzt aufgrund der von den Konkurrenzwerkstoffen ausgehenden kompetitiven Momente seinen Weg zum high-tech-Produkt eingeschlagen. Stähle mit spezifischen Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften, Stahl-Metall- Verbunde sowie komplexe Beschichtungssysteme wurden entwickelt, welche in einer Vielzahl von Fällen nach wie vor die bessere Problemlösung darstellen. Die Erzeugung dieser Produkte verlangt ein hohes Maß an spezifischem Know-how.

Die fortschreitende Technik hat zu einer eklatanten Zunahme der Anforderungsvielfalt an die Werkstoffe geführt. Damit haben sich unzweifelhaft für neue Werkstoffe aber auch für Stahl zusätzliche Möglichkeiten eröffnet. Der Stahl bringt seinerseits in diese aufbrechende Werkstofflandschaft eine überaus große und auch zukünftig unverzichtbare Eigenschaftsvielfalt ein. Immer mehr werden andere Werkstoffe nicht nur als Konkurrenz-, sondern vielmehr als potentielle Symbiosmaterialien empfunden.

Es wäre sicherlich fehl am Platz, den derzeit in den Industrieländern mit Rekorderzeugungsmengen gedanklich in die Zukunft zu projizieren. Eine intensive weitere Forschungs- und Entwicklungstätigkeit in Richtung einer Erhöhung des high-tech-Anteiles an der Produktpalette ist Gebot der Stunde. Ein gesundes Wechselspiel mit allen anderen Werkstoffen wird zur Aufgabe, aber auch zur Übernahme von Einsatzfeldern führen.

Wenn man die ökologische Komponenten als Kriterium für einen high-tech Werkstoff gelten läßt, so hat Stahl einen deutlichen Entwicklungsvorsprung gegenüber den meisten anderen Werkstoffen.

Die Autoren danken den Mitarbeitern aus dem Bereich Forschung und Entwicklung, Herrn Dipl.-Ing. G. Aigmüller, Herrn Dipl.-Ing. Dr. H. Ponschab, Herrn Ing. J. Szinyur, Herrn Dipl.-Ing. Dr. M. Pimminger und Herrn Dipl.-Ing. Dr. J. Fohl für die Zurverfügungstellung von Bildmaterial aus ihren F&E-Ergebnissen.

Die Mengenverhältnisse sind natürlich je nach Autotype und Baujahr verschieden. Wie ersichtlich, wird Stahl bzw. Gußeisen zu hohen Prozentsätzen recycelt, d.h. der Fe-Schrott wird wieder Stahlerzeugungsprozessen zugeführt und zu Stahl verarbeitet. Nicht ganz so hoch, aber doch beachtlich ist die Recyclingrate bei Nichteisenmetallen (im wesentlichen Aluminium). Kunststoffe, Glas und Reststoffe gehen, sofern sie nicht den Metallen anhaften, heute zu 100% auf die Deponie. Die Deponiekosten werden pikanterweise heute noch über den Shredderschrottpreis von den Metallern getragen; die Diskussion über diese Situation ist inzwischen voll im Gange.

Auf einige zusätzliche Aspekte sei nur kurz verwiesen:

- Metallische Beschichtungen auf Stahlblechen (hauptsächlich Zink) werden in den Stahlerzeugungsprozess zurückgeführt und gelangen in den Staub. Inzwischen sind Techniken bekannt, nach welchen das Zink im Staub angereichert und schließlich wieder den Metallhütten zugeführt werden kann.

- Was die Aluminiumerzeugung betrifft, so ist der Primärenergieeinsatz ungleich höher als jener bei der Stahlerzeugung (Faktor 10). Das Interesse daran, den Al-Schrott mit vergleichsweise niedrigem Energieverbrauch lediglich wieder umzuschmelzen, ist daher groß. Ein Problem besteht heute allerdings darin, daß auf diese Weise zwar Al-Guß, jedoch nur schwer Al-Knetlegierungen erzeugbar sind. Demgemäß wird, was das Automobil betrifft, den Al-Gußlegierungen die größere Chance eingeräumt.

Abschließend zu dieser Thematik kann festgestellt werden, daß der Werkstoff Stahl einer ökologischen Analyse standhält.

Die gesamte Recyclingproblematik wird inzwischen intensiv und auf breiter Basis diskutiert. Die Überlegungen reichen von der recyclingfreundlichen Konstruktion des Automobils (z.B. demontagefreundliches Auto mit leicht abnehmbaren Teilen) bis hin zur energetischen oder stofflichen Verwertung der derzeit zu deponierenden Materialien.