



Ressourcenschonung durch effizienten Umgang mit Metallen in bayerischen EFRE-Gebieten

Bernhard Hartleitner
Christian Borchers
Bernhard Gerstmayr
Lajos Harsányi
Dr. Siegfried Kreibe
René Peche
Dr. Michael Schneider

Auftraggeber



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Gesundheit



Dieses Projekt wurde vom Bayerischen Staats-
ministerium für Umwelt und Gesundheit im Rahmen
der EU-Strukturförderung für regionale Entwicklung
(EFRE) kofinanziert.



Impressum

Alle Rechte (insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung) sind vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Kein Teil der bifa-Texte darf in irgendeiner Form ohne Genehmigung der Herausgeber reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Herausgeber
bifa Umweltinstitut GmbH
Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg

Verfasser
Bernhard Hartleitner
Christian Borchers
Bernhard Gerstmayr
Lajos Harsányi
Dr. Siegfried Kreibe
René Peche
Dr. Michael Schneider

Auftraggeber
Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit
kofinanziert im Rahmen der EU-Strukturförderung für regionale Entwicklung (EFRE)

Gestaltung
Sonja Grazia D'Introno

Druck
Klicks GmbH

1. Auflage 2010
© bifa Umweltinstitut

Ressourcenschonung durch effizienten Umgang mit Metallen: Potenzialanalyse in bayerischen Phasing-Out-Gebieten

Bernhard Hartleitner
Christian Borchers
Bernhard Gerstmayr
Lajos Harsányi
Dr. Siegfried Kreibe
René Peche
Dr. Michael Schneider

Auftraggeber



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Gesundheit



Dieses Projekt wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit im Rahmen der EU-Strukturförderung für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert.



INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung	1
2	Hintergrund und Ziele der Untersuchung	2
3	Die Ökonomie der Metallwirtschaft.....	3
3.1	Verbrauch und Reichweiten von Metallen	4
3.2	Preisentwicklungen bei den Metallen	7
4	Ökologische Wirkungen der Herstellung und Verarbeitung von Metallen in Bayern.....	16
4.1	Untersuchungsansatz.....	16
4.2	Methodik.....	17
4.3	Beispiele aus der ökobilanziellen Betrachtung	17
4.4	Zwischenfazit	23
5	Durchführung der empirischen Arbeiten.....	24
5.1	Methodik.....	24
5.2	Charakterisierung der Stichprobe	25
5.3	Ergebnisse der Auswertung	28
6	Strategien und Potenziale zur Ressourcenschonung	41
6.1	Technologien und Verfahren	41
6.2	Kooperation und Kommunikation	48
6.3	Lifecycle-Management	49
6.4	Normen und Standards.....	51
6.5	Ressourcenkompetenz.....	52
7	Fazit	56
8	Literatur.....	59

Abkürzungsverzeichnis

B2B	Business-to-Business: Geschäfte zwischen Unternehmen
B2C	Business-to-Customer: Geschäfte zwischen Unternehmen und privaten Endkunden
Design-to-cost Management	Bereits beim Produktdesign bzw. bei der Produktentwicklung werden neben Kunden- und Eigenschaftsanforderungen gezielt auch Materialeffizienzkriterien in das Pflichtenheft aufgenommen.
HRC	Rockwell-Härte
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
Nichteisenmetall (NE-Metall)	Im eigentlichen Sinne sind dies alle <i>Metalle</i> außer dem <i>Eisen</i> .
Reserven bzw. Ressourcen	In der Lagerstättenkunde wird unterschieden zwischen Reserven und Ressourcen. Reserven sind der Teil des verbleibenden Potenzials, der mit großer Genauigkeit erfasst wurde und mit den derzeitigen technischen Möglichkeiten wirtschaftlich gewonnen werden kann. Ressourcen dagegen sind der Teil des verbleibenden Potenzials, der entweder nachgewiesen, aber derzeit nicht wirtschaftlich gewinnbar oder aber geologisch „indiziert“ ist, d. h. wissenschaftlich mit ausreichender Sicherheit vermutet wird. Das verbleibende Potenzial ist also die Summe aus Reserven und Ressourcen. Wenn man Angaben zu Reserven und Ressourcen liest, gilt es darauf zu achten, dass die Reserven nicht bereits in den Ressourcen enthalten sind [vgl. BMWA 2002].
Supply Chain	Lieferkette
Zero Loss Management	Hierbei liegt der Fokus auf der Optimierung bestehender Produktions- und Fertigungsprozesse unter Berücksichtigung der gesamten relevanten Vorleistungskette (Supply Chain).

1 Zusammenfassung

Aufgrund der in den vergangenen Jahren weltweit steigenden Preise für metallische Rohstoffe hat das Thema Materialeffizienz im Vergleich zu früheren Zeiten deutlich höhere Bedeutung erlangt. Das anhaltende Wachstum der weltweiten Produktion und der Weltbevölkerung führen zu einer rasant steigenden Nachfrage nach Rohstoffen. Gleichzeitig nimmt die Verfügbarkeit vieler Ressourcen ab. Sinkendes Angebot bei steigender Nachfrage treibt die Preise nach oben. Dadurch steigen die Kosten für diejenigen Unternehmen, die diese Rohstoffe verarbeiten. Dem effizienten Umgang mit Ressourcen kommt deshalb nicht nur aus ökologischer Sicht (Endlichkeit vieler Ressourcen), sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht (Konkurrenzfähigkeit) eine immer größere Bedeutung zu. Die Metall verarbeitende Wirtschaft hat dabei aufgrund ihrer Doppelstellung zwischen Rohstoffbereitstellung und -verarbeitung eine Schlüsselposition inne.

Das Bild, welches sich bei der Betrachtung des Themas Materialeffizienz im Unternehmen bietet, ist uneinheitlich. In jedem Fall sind die Präsenz des Themas und dessen Relevanz auch in den KMU wahrnehmbar. Nach Einschätzung von bifa wird das Streben nach Materialeffizienz auf absehbare Zeit hin bestehen bleiben; dafür spricht auch die verstärkte Präsenz des Themas in Branchenmedien und in der Wirtschaftspresse. Viele Unternehmen verweisen auf eigene umfängliche Effizienzbemühungen. Trotzdem werden nicht nur von Umweltinstitutionen die unausgeschöpften Potenziale zur Steigerung der Materialeffizienz weiterhin als beträchtlich beziffert, denn, so die Diagnose, es fehlt am Bewusstsein der Unternehmen. Vielen Unternehmen sei die volle Höhe der Kosten für Materialverluste nicht bewusst. Zur Kostensenkung würden deshalb andere und auf den ersten Blick schneller wirksame Maßnahmen wie etwa Personalabbau ergriffen. Gleichzeitig weisen die Unternehmen darauf hin, dass Effizienzbemühungen trotz ihres Stellenwerts vielfältige Hindernisse entgegenstünden.

Ziel des Projekts war es, den Potenzialen für einen effizienten Einsatz von Metallen und Metallverbindungen in EFRE-Gebieten nachzugehen, bislang ungenutzte Potenziale aufzuzeigen und zugänglich zu machen. Das Projekt wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG) im Rahmen der EU-Strukturförderung aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert. Die Studie soll unter den geänderten Rahmenbedingungen hoher Rohstoffpreise zu einer Steigerung der Ressourceneffektivität und einer Reduzierung der Abfallströme beitragen. Damit sollen auch die Voraussetzungen für eine Stärkung der Ressourceneffizienz im Mittelstand geschaffen und Weichen für längerfristige Optimierungen gestellt werden. Denn gerade auch in strukturschwachen Regionen hängt die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft davon ab, inwieweit Einsparpotenziale sehr zeitnah genutzt bzw. umgesetzt werden.

Angesichts der voraussichtlich weiterhin steigenden Preise für metallische Roh- und Werkstoffe sollte durch leitfadengestützte Interviews ein detaillierter Einblick in die Situation und Verhaltensweisen kleiner und mittlerer Unternehmen gewonnen werden. Eine fundierte Datenbasis konnte durch die intensiven Explorationen in 30 Interviews, die teilweise über drei Stunden geführt wurden, aufgebaut werden. Dabei wurden vornehmlich Geschäftsführer, Prokuristen, Standortleiter oder die Inhaber selbst, die Abteilungsleiter aus diesen Bereichen und zwei Vertriebsbeauftragte interviewt. Der Gesprächsinhalt umfasste Daten zum jeweiligen Unternehmen (Mitarbeiterzahl, Umsatz, Branche), zur Produktion (eingesetzte Werkstoffe, Art der Produktion) und Fragen zur Materialeffizienz. Diesbezüglich war vor allem die Einschätzung der aktuellen Relevanz der Metalle im Unternehmen, deren zukünftige Bereitstellung und die Möglichkeiten zur Materialeinsparung – auch auf lange Sicht – von zentraler Bedeutung. Die Auswahl der Unternehmen erfolgte gezielt nach verschiedenen Branchen und Produkten und über eine sehr breite Palette an Metallen hinweg. Aus den Befragungen ergaben sich

wertvolle Hinweise bezüglich der unternehmerischen Strategie sowie der Möglichkeiten und Grenzen bei der Optimierung des Rohmaterialeinsatzes.

Die in den Interviews gewonnenen Informationen wurden einer Auswertung in mehreren Stufen unterzogen, um so zu einer empirisch fundierten Einschätzung und Bewertung der Situation zu gelangen. Die in der Analyse der unternehmerischen Praxis ermittelten Verhaltenweisen und Barrieren bildeten die Basis, um auf Potenziale und Optimierungsansätze zu schließen.

Die Validierung und Ausdifferenzierung der Ergebnisse fand in Expertenworkshops mit einem Teil der interviewten Entscheidungsträger statt. Dabei wurden die ermittelten Handlungsweisen und abgeleiteten Handlungsstrategien aus dem Blickwinkel betrieblicher Entscheidungsträger überprüft.

An die Expertenworkshops schloss sich die Durchführung vertiefender Analysen in Form von Fallstudien an. Diese hatten zum Ziel, zusätzliche Erkenntnisse zu gewinnen, die für eine ganzheitliche Analyse und Bewertung der Thematik Ressourceneffizienz in der Metall verarbeitenden Industrie einen Beitrag leisten können. Die praktische Durchführung der Fallstudien erfolgte in Form von vertieften Praxisanalysen bei den Industriepartnern vor Ort.

Auf den ersten Blick zeigt die vorliegende Untersuchung ein klares Bild: Im Allgemeinen wird der Materialeffizienz in Metall verarbeitenden Unternehmen ein hoher bis sehr hoher Stellenwert zugemessen. Mit metallischen Ressourcen und Werkstoffen werden von den Unternehmen durchweg die Kosten und die Verfügbarkeit bzw. Lieferbedingungen assoziiert. Fast alle Unternehmen empfinden die Preissteigerungen der letzten Jahre und insbesondere die hohe Volatilität der Preise als Beeinträchtigung. Preissteigerungen und Preissprünge werden als „ständige und zunehmende Bedrohung“ bezeichnet, weshalb sich die Unternehmen mehr als früher mit der Entwicklung von Märkten und Preisen beschäftigen müssen. Trotz dieser Bemühungen erachten es die Unternehmen für kaum bis gar nicht möglich, Entwicklungen so abzuschätzen, dass sie ihre mittel- bis langfristigen Planungen daran ausrichten können. Insgesamt ist aufgrund dieser Planungsunsicherheit der Wunsch in den Unternehmen sehr groß, sich von Marktschwankungen unabhängiger zu machen, wozu unter anderem eine gesteigerte Materialeffizienz beitragen könnte.

2 Hintergrund und Ziele der Untersuchung

Im Rahmen dieses Projekts sollten ungenutzte Potenziale im Bereich eines effizienten Einsatzes insbesondere hochwertiger Metalle und Metallverbindungen in EFRE-Gebieten ermittelt werden. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag dabei auf produktionsnahen Maßnahmen. Den Unternehmen in den Zielgebieten sollten auf diese Weise Möglichkeiten eröffnet werden, wie sie durch Reduzierung des Einsatzes von Metallen und Metallverbindungen, durch Aufbereitung von Zwischenprodukten zu höherwertigen Qualitäten sowie durch geeignete Wege der Weitergabe an den Markt Kosten senken und zugleich die Umwelt entlasten können. Über die bereits heute nutzbaren Potenziale hinaus sollte damit den Firmen in den EFRE-Gebieten für die Zukunft wichtiges strategisches Handlungswissen zur Verfügung gestellt werden.

Das Projekt wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit im Rahmen der EU-Strukturförderung aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert.

Durch die Analyse der Sichtweisen und Handlungsroutinen von Unternehmensvertretern im Kontext wirtschaftlicher und politischer Rahmenbedingungen können mit dieser Studie nun Handlungsstrategien zum ressourcenschonenden Einsatz von Metallen in Bayern bereitgestellt werden.

Um gezielt die Prozesse, Problemlagen und unternehmerischen Strategien der KMU in strukturschwachen Gebieten Bayerns zu eruieren, basiert die Untersuchung auf einer empirischen Vorgehensweise, die Experteninterviews, Workshops und Fallstudien beinhaltet und so eine sehr praxisnahe Situations- und Potenzialanalyse der Materialeffizienz ermöglichte. Die Experteninterviews fanden in 30 bayerischen KMU aus der Metall verarbeitenden Industrie mit folgenden Zielen statt:

- Einblicke in die Betriebe, deren Geschäftsmodelle, bisherige Erfahrungen mit der Materialeffizienz und Strategien zu ihrer Steigerung gewinnen
- die Treiber und die Barrieren in den Unternehmen hinsichtlich der technischen, ökonomischen und ökologischen Handlungsmöglichkeiten identifizieren
- eine Einschätzung des Umweltentlastungspotenzials, das durch Ressourcen- und Materialeffizienz zugänglich wäre, erhalten
- die Potenziale zur Steigerung der Materialeffizienz ermitteln und dabei die Handlungsspielräume und -grenzen identifizieren
- förderliche und hinderliche Faktoren bei bislang verfolgten Effizienzsteigerungsmaßnahmen analysieren
- Wünsche und/oder Idealvorstellungen der Unternehmen kennenlernen

Um einen fundierten Überblick über den gesamten Bereich des Metalleinsatzes zu erhalten, orientierte sich die Auswahl bei der Akquise der Interviewpartner sowohl an der Branchenzugehörigkeit als auch an den eingesetzten Metallen und der Art der Verwendung der Metalle. Mit den teilnehmenden Betrieben wurde jeweils ein ca. 1,5-stündiges Gespräch geführt. Wichtige Informationen in diesem Zusammenhang sind dabei die Einschätzungen der Unternehmen zur Rohstoffversorgung und zukünftigen Bereitstellung von Metallen sowie die Möglichkeiten zur Materialeinsparung. Die Gespräche wurden in Form eines Leitfadenterviews geführt, hierzu wurde ein eigener Interviewleitfaden entwickelt.

Nach der Durchführung der Interviews sollte in Expertenworkshops eine Validierung und Ausdifferenzierung der Ergebnisse mit ausgewählten interviewten Entscheidungsträgern stattfinden. Am Expertentisch wurden die ermittelten Handlungsweisen und abgeleiteten Handlungsstrategien aus dem Blickwinkel betrieblicher Entscheidungsträger überprüft.

3 Die Ökonomie der Metallwirtschaft

Die Metallwirtschaft in Bayern lässt sich im Wesentlichen in drei Wirtschaftszweige aufgliedern:

- Herstellung von Metallerzeugnissen
- Metallerzeugung und -bearbeitung
- Maschinenbau

Die Betriebe im Wirtschaftszweig *Metallerzeugung und -bearbeitung* befassen sich mit der Erzeugung und der ersten Bearbeitung von Eisen und Nichteisenmetallen. Unter diese Tätigkeiten fällt bspw. das Gießen von Eisen, Bunt- und Leichtmetall. Gemessen an den Branchenbeschäftigten liegen die bayerischen Schwerpunkte in Mittelfranken (28,1 % des Branchenpersonals), gefolgt von Schwaben (22,8 %) [INDUSTRIEBERICHT BAYERN 2006]. Die im Wirtschaftszweig *Herstellung von Metallerzeugnissen* tätigen Unternehmen stellen vorwiegend Produkte für die Automobilindustrie, den Maschinenbau, die Elektronikindustrie und das Baugewerbe her. Die stark untergliederte Branche umfasst den Stahl- und Leichtmetallbau, die verschiedenen Veredelungen (mechanische Bearbeitung von Metallen und deren spezielle Oberflächenbehandlung) und die Fertigung von Eisen-, Blech- und Metallwaren. Die arbeitsin-

tensive Fertigung erfolgt überwiegend in KMU, die sich bei einer vergleichsweise geringen Exportquote von 26,8 % (2006) auf regionale Absatzmärkte konzentrieren. Der dritte maßgebliche Wirtschaftszweig der Metall verarbeitenden Industrie in Bayern, der *Maschinenbau*, umfasst die Herstellung von Maschinen für andere Wirtschaftszweige. Mehr als die Hälfte des Umsatzes dieser Branche wurde 2006 mit Exporten erwirtschaftet.

Die Studie fasst die drei genannten Wirtschaftszweige und damit im Kern die Tätigkeiten Metallherzeugung und -bearbeitung unter dem Oberbegriff *Metall verarbeitende Industrie* zusammen. Die sozio-ökonomische Bedeutung der gesamten Metall verarbeitenden Industrie in Bayern lässt sich anhand folgender Kennzahlen verdeutlichen:

- Beschäftigtenanteil an der gesamten bayerischen Industrie: 25,4 %
- Umsatzanteil an der gesamten bayerischen Industrie: 23,5 %
- 291.750 Mitarbeiter
- 1.967 Betriebe

3.1 Verbrauch und Reichweiten von Metallen

3.1.1 In Bayern verarbeitete Metallmengen

Da die bayerische Produktionsstatistik in Teilbereichen unvollständig ist und die erfassten Daten überwiegend für eine höhere Wertschöpfungsstufe vorliegen (z. B. für die Herstellung von Kühlschränken, worin wiederum auch Kunststoffe erfasst sind), wurde zu einer orientierenden Abschätzung der in Bayern verarbeiteten Metallmengen behelfsweise auf die Einfuhrstatistik des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung zurückgegriffen. Im Folgenden werden aus dieser Statistik exemplarisch Mengen für ausgewählte Metalle und Legierungen angegeben, die in den Jahren 2005 bis 2007 nach Bayern importiert wurden (Direktimporte aus dem Ausland). Vereinfachend wurde angenommen, dass sämtliche importierten Metallmengen in Bayern eine oder mehr Bearbeitungsstufen durchlaufen und somit in die potenzielle Zielgruppe des Projekts fallen. Diese Mengen dienen darüber hinaus als Basis für die Abschätzung möglicher Reduzierungen des Materialverbrauchs durch erhöhte Materialeffizienz.

Die nach Bayern importierte Gesamtmetallmenge nahm von 2005 bis Ende 2007 zu, bei einigen Metallen sogar sehr stark. Eine Abnahme der importierten Mengen *Eisen oder Stahl in Rohformen, Halbzeug aus Eisen oder Stahl* könnte auf die Eigenproduktion und eine darauf gründende Steigerung der Eigenversorgung in Bayern zurückzuführen sein. Zwei Stahlwerke sind derzeit in Bayern in Betrieb, davon hat nur eines überregionale Bedeutung; dieses hat seinen Sitz in Meitingen-Herbertshofen und produziert jährlich rund 1,1 Mio. Tonnen Elektrostahl.

3.1.2 Zukünftige Mengenentwicklung bei Industriemetallen

Die Bestandsaufnahme zur Materialeffizienz in der bayerischen Metall verarbeitenden Industrie umfasst die aktuellen Verbrauchszahlen und darüber hinaus eine Abschätzung der in Zukunft erschließbaren Potenziale. Die absolute Höhe dieser Potenziale hängt in besonderem Maße auch von der zukünftigen Entwicklung des Mengenverbrauchs ab. Es wurde daher versucht, eine orientierende Abschätzung der Mengenentwicklung wichtiger Industriemetalle vorzunehmen. Die zukünftige Verbrauchsentwicklung ist auch aus einem weiteren Grund für die Fragestellungen in der Untersuchung von Bedeutung: Eine hohe Nachfrage führt im Allgemeinen zu steigenden Preisen und damit zu

einem Anstieg der Materialkosten in den Unternehmen. Steigende Materialkosten wiederum können für die Unternehmen ein Anreiz sein, sich verstärkt Gedanken über Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz zu machen.

3.1.2.1 Stahl

Speziell für Bayern und auch für Deutschland sind keine durch empirische Daten begründeten Abschätzungen zur zukünftigen Mengenentwicklung bekannt, weshalb auf Prognosen der Wirtschaftsvereinigung Stahl zum weltweiten Verbrauch zurückgegriffen wurde. Diesen Prognosen zufolge ist der Weltstahlmarkt bis Ende 2008 um rund 6 % oder 80 Mio. t/a gegenüber 2007 gewachsen und auch 2009 ist die Nachfrage um ein vergleichbares Volumen gestiegen. Für die Weltrohstahlproduktion wurden für 2008 1,4 Mrd. t und für 2009 1,5 Mrd. t prognostiziert.

Wesentliche Treiber der aufgezeigten Entwicklung sind insbesondere die stark wachsenden Volkswirtschaften in den Schwellenländern, allen voran China. Das Angebot an Erzen konnte in den vergangenen Jahren trotz erheblicher Expansionsprojekte der Bergbaukonzerne nicht mit der schnell wachsenden Rohstoffnachfrage Schritt halten. Insbesondere unter qualitativen Gesichtspunkten kam es wiederholt zu Einschränkungen in der Versorgung. Die Erschließung neuer Rohstoffvorkommen ist deutlich zeitintensiver als die Errichtung neuer Produktionskapazitäten in der Stahlerzeugung [STAHL-ONLINE 2008].

3.1.2.2 NE-Metalle

Auch der Verbrauch an NE-Metallen wird weltweit voraussichtlich weiter steigen – jedoch nicht so stark wie der Stahlverbrauch. Der Verbrauch an Aluminium und Nickel ist Prognosen zufolge 2009 im Vergleich zum Vorjahr um etwa 5 % gestiegen; der Mengenzuwachs bei Kupfer, Blei und Zink liegt zwischen 3,3 % und 4,3 % liegen, während der Zinnverbrauch nur um rund 2 % gestiegen ist. Für das Jahr 2010 werden insgesamt wieder höhere Zuwachsraten erwartet (vgl. *Tabelle 3-1*).

Diese Prognosen basieren auf den Entwicklungen vor der Zuspitzung der internationalen Finanzkrise im Sommer bis Herbst 2008. Deren Auswirkungen auf die weltweite Realwirtschaft und damit auch auf die Nachfrage nach metallischen Rohstoffen waren zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung noch nicht abschätzbar.

Tabelle 3-1: Weltweiter Metallverbrauch in Tonnen (ab 2008 geschätzt);

Quelle: ROHSTOFFWELT 2008, ECONOMIST 2008

	2006	2007	2008	2009	2010	Steigerung 2008–2010
Aluminium	34.151	38.475	41.122	43.234	45.896	11,61 %
Kupfer	17.360	18.276	19.272	19.940	20.820	8,03 %
Nickel	1.388	1.463	1.530	1.609	1.691	10,52 %
Blei	8.081	8.137	8.240	8.515	8.890	7,89 %
Zink	10.999	11.319	11.650	12.143	12.765	9,57 %
Zinn	374	367	380	388	405	6,58 %

Die prognostizierten Steigerungen des Metallverbrauchs lassen sich hauptsächlich auf einen erwarteten erhöhten Bedarf in Asien im Allgemeinen und China im Speziellen zurückführen.

Für Betriebe in Deutschland und Bayern war angesichts der anhaltenden Nachfragesteigerung in den Jahren 2009 und 2010 mit Preissteigerungen zu rechnen. Zum anderen findet wegen der sinkenden Metallproduktion in Europa auch in der Beschaffung eine Verschiebung nach Asien statt. Ein Großteil der in den Interviews Befragten maß der schnellen und zuverlässigen Verfügbarkeit von Material eine große Bedeutung bei. Dies kann wahrscheinlich nur durch neue Bezugsquellen gewährleistet werden. Eine andere Möglichkeit wäre eine vorausschauende Lagerhaltung, die jedoch aufgrund des gebundenen Kapitals sehr kostspielig ist. Zwei befragte Unternehmen schätzen eine global angelegte Beschaffungsstrategie als optimal ein. Für andere wäre eine solche nur im Verbund mit anderen Unternehmen möglich. Als Hindernis werden mangelnde Materialqualität bzw. fehlende Materialzertifizierung angegeben, was bedeuten könnte, dass manche KMU zwar grundsätzlich bereit sind, neue Wege in der Rohstoffbeschaffung zu gehen, eine tatsächliche Verhaltensänderung aber oftmals an der Sorge über nicht überschaubare Risiken scheitert. Die Dachverbände der Metallwirtschaft und auch die Politik könnten hier gefordert sein, den KMU entsprechende Hilfestellungen zu leisten.

3.1.3 Reichweiten der Metalle

Tabelle 3-2 gibt einen Überblick über die Reichweiten¹ der Grundmetalle, unterschieden in Reserven und Ressourcen².

Tabelle 3-2: Reichweiten der wichtigsten Grundmetalle; Quelle: FRONDEL ET AL. 2005

Metall	Förderung in Mio. t	Reserven		Reichweite in Jahren	
		in Mio. t	in Mio. t	Reserven	Ressourcen
Bauxit	159,0	25.000	> 55.000	157	> 346
Blei	3,15	67	> 1.500	21	> 476
Eisenerz	1.340,0	160.000	> 800.000	119	> 597
Kupfer	14,6	470	> 2.300	32	> 158
Nickel	1,4	62	140	44	100
Zink	9,4	220	1.900	23	202
Zinn	0,26	6,1	> 11	23	> 42

¹ „Reichweite“ definiert den Zeitraum, bis die jeweiligen Ressourcen bzw. Reserven abgebaut bzw. verbraucht sind.

² In einem engeren Sinn bezeichnet „Ressourcen“ die auf der Erde vorhandenen Rohstoffe und Energiequellen. Dabei wird allgemein zwischen Reserven und Ressourcen unterschieden. Die Reserven sind die bekannten, mit heutiger Technik wirtschaftlich abbaubaren Vorkommen. Die Ressourcen sind die mit zukünftiger Technik vermutlich abbaubaren Vorkommen, unabhängig von der Wirtschaftlichkeit.

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass unter Annahme des gegenwärtigen Verbrauchs die Reserven einiger Metalle bereits in ca. zwei Jahrzehnten zur Neige gehen könnten. Vor allem bei Blei, Zink und Zinn, aber auch bei Nickel und Kupfer könnte längerfristig ein Versorgungsengpass eintreten, resultierend aus einem Absinken der Reserven und mit entsprechenden Folgen für die Realwirtschaft und damit auch für die bayerischen KMU. Ein Teil der befragten Unternehmen ist der Auffassung, dass die Preissteigerungen der letzten Jahre zumindest teilweise bereits auf eine „Verknappung“ zurückzuführen seien. („Die Preise sind in letzter Zeit enorm gestiegen, was mit der Verknappung zu tun hat.“) Dabei ist jedoch zu bedenken, dass es sich bei diesen Preissteigerungen auch um einen lediglich temporären Versorgungsengpass handeln könnte, der sich bei Errichtung zusätzlicher Förderkapazitäten auflöst. Dennoch sollten insbesondere jene Metalle im Zuge der Materialeffizienzdiskussion besondere Aufmerksamkeit erfahren, deren errechnete Reichweite bei den Reserven, aber auch bei den Ressourcen auf wenige Jahrzehnte begrenzt ist. Dies gilt vor allem vor dem Hintergrund, dass ein grundsätzliches Umdenken und oder ein Umsteuern in der produzierenden Industrie hin zu materialeffizienteren Prozessen und Verfahren mehrere Jahre bis Jahrzehnte dauern kann.

3.2 Preisentwicklungen bei den Metallen

Befasst sich ein Unternehmen mit Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz, werden meist Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die einzelnen Maßnahmen vorgenommen. Hierbei wird untersucht, ob die zu erwartenden Materialeinsparungen monetär ausreichend hoch bewertet sind, um einen vollständigen Rückfluss der (verzinsten) Investitionsmittel, die zur Realisierung dieser Maßnahmen eingesetzt werden sollen, zu gewährleisten. Bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen sollte, soweit zu diesem Zeitpunkt möglich, versucht werden, zukünftige Entwicklungen bei den Metallpreisen einzubeziehen. Die Schwierigkeit ist, dass Prognosen zur Preisentwicklung von den Unternehmen nur mit einer großen Unsicherheit getroffen werden können. Während große Unternehmen diese Unsicherheit durch die Nutzung von Informationsdiensten oder mathematischen Modellen zu reduzieren versuchen, sind solche Instrumente bei KMU nach den Erkenntnissen aus den Interviews kaum vorhanden.

Ist, wie es zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung der Fall war, die weitere konjunkturelle Entwicklung in Deutschland, aber auch weltweit sehr ungewiss, kann ein Blick zurück helfen, die Potenziale und Risiken in der Preisentwicklung besser abzuschätzen. Auch bereits realisierte Entwicklungen, Volatilitäten und andere Erkenntnisse aus der Vergangenheit können dazu beitragen, Hinweise auf zukünftige Entwicklungen zu geben.

3.2.1 Preisentwicklungen bei den Edelmetallen und Stahlveredlern im Rückblick

Tabelle 3-3 zeigt für einige ausgewählte Edelmetalle und sogenannte Stahlveredler den Anstieg der nominalen Preise in den Jahren 2001 bis 2005. Für die meisten der hier erwähnten Metalle existiert noch kein im Großmaßstab realisiertes wirtschaftliches Recyclingverfahren, sodass dem effizienten Einsatz der Metalle in der Produktion eine noch höhere Bedeutung zukommt.

Tabelle 3-3: Preisentwicklung und Anwendungsbereiche für ausgewählte Edelmetalle und Stahlveredler;

Quelle: WUPPERTAL INSTITUT 2006

Metall	Beispielhafte Anwendungsbereiche	Preis 2001	Preis 2005	Preisanstieg in %
Indium	LCD-Flachbildschirme, Halbleiter	120	810	575

Metall	Beispielhafte Anwendungsgebiete	Preis 2001	Preis 2005	Preisanstieg in %
Kupfer	Bausektor, Elektronik, Verkehrswesen	71,6	165	230
Molybdän	Edelstahl, Farben, Schmierstoffe, Flugzeugbau, Katalysatoren, Elektronik	5	72	1.340
Platin	Katalysatoren, Brennstoffzellen, Elektronik	533	890	66
Selen	Glasherstellung, Chemie, Elektronik	3,8	52	1.268
Tellur	Stahlerzeugung	7	96	1.271
Wolfram	Edelstahl, Hartmetall, Leuchtmittel	64	140	118
Vanadium	Petrochemie, Metallwirtschaft	1,37	17,5	1.177
Zirkon	Keramikglasuren, Chemie, Gießereien	340	662	95

Hinweise: Preisangaben in US-Dollar, bezogen auf spezifisch relevante Mengen

Den stärksten Preisanstieg (um 1.340 %) hatte Molybdän zu verzeichnen. Dies ist auf zwei Effekte zurückzuführen: Zum einen ist die Nachfrage nach Stahl im Allgemeinen und nach Molybdänstahl im Besonderen gestiegen. Zum anderen wird Molybdän in den meisten Minen als Nebenprodukt von Kupfer gewonnen, weshalb auf Nachfrageveränderungen nicht angemessen reagiert werden kann und große Angebotsdefizite entstehen können.

Neben den Reichweiten und Preisanstiegen ist ein weiterer Aspekt für Unternehmen interessant: die Konzentration der Vorkommen bzw. Lagerstätten wichtiger Metalle auf nur wenige Länder oder Förderunternehmen. Tabelle 3-4 zeigt kritische Konzentrationen für ausgewählte Metalle.

Tabelle 3-4: Konzentration ausgewählter Metallvorkommen auf Länder und Förderunternehmen; Quelle: BARDT 2008 auf Basis der Ursprungsdaten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Metall	So viel Prozent der Vorkommen konzentrieren sich auf lediglich <u>drei</u> ...		Die drei Schwerpunktländer sind ...
	Länder	Unternehmen	
Blei	67	22	Australien, China, USA
Chrom	74	53	Indien, Kasachstan, Südafrika
Lithium	79	58	Argentinien, Australien, Chile
Molybdän	79	49	Chile, China, USA
Niob	99	80	Australien, Brasilien, Kanada
Platin/	92	73	Kanada, Russland, Südafrika

Palladium/ Rhodium			
Tantal	84	68	Australien, Brasilien, Mosambik
Wolfram	95	< 10	China, Österreich, Russland
Zirkon	87	62	Australien, Südafrika, USA

Hinweise: Werte auf Länderebene für Niob von 2004, Werte auf Unternehmensebene für Kobalt und Niob von 2003, für Tantal von 2004

Wie *Tabelle 3-3* in Verbindung mit *Tabelle 3-4* zeigt, werden für die bayerische Industrie, insbesondere für den Automobilbau und die Elektronikindustrie, essenzielle Metalle größtenteils aus lediglich drei Ländern bezogen und dort von wenigen großen Unternehmen abgebaut. Betrachtet man das zum Teil bereits heute absehbare Förderende (vgl. Reichweiten in *Tabelle 3-2*), so kristallisiert sich deutlich heraus, in welcher großen Abhängigkeit sich wesentliche Teile der deutschen Industrie (und damit auch die vielen bayerischen KMU in der Zulieferindustrie) von Entwicklungen befinden, die sie nicht beeinflussen können. Insbesondere KMU sollten diese Abhängigkeit als ein weiteres Argument verstehen, die Prozesse und Verfahren so materialeffizient wie möglich zu gestalten.

3.2.2 Zukünftige Preisentwicklungen

Aus der Mikroökonomie ist das Theorem bekannt, dass Rohstoffpreise langfristig den Grenzkosten ihrer Bereitstellung folgen sollten [ENDRES, QUERNER 2000]. Diese Bereitstellungsgrenzkosten werden durch die Entwicklung a) der Förderkosten und b) der sogenannten Nutzungskosten bestimmt. In der Vergangenheit sorgten aufgrund des technologischen Fortschritts fallende Förderkosten für stabile bzw., wie beschrieben, teilweise sogar für fallende Metallpreise. Nutzungskosten wiederum ergeben sich dadurch, dass ein Rohstoff bzw. eine Ressource zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr zur Verfügung steht und dann keinen Gewinn mehr abwerfen kann, wenn er bereits heute abgebaut wird. Die Nutzungskosten hängen sehr davon ab, ob durch technologische Entwicklungen, die sowohl die zukünftigen Förderkosten als auch die Nachfrage beeinflussen können, sowie durch ökonomisch bedingte Änderungen der Nachfrage der Rohstoff in Zukunft begehrter sein wird. Im Folgenden werden die Einflussfaktoren auf Angebot und Nachfrage auf den Metallmärkten näher beschrieben.

3.2.2.1 Einflussfaktoren auf die Bereitstellungskosten

Erschlossene Ressourcen, Abbaukapazitäten und Metallkonzentrationen

Länger anhaltende Preisbaissen (Zeiten niedriger Preise) bewirken, dass Kapazitäten nicht weiter ausgebaut werden und ein Bestandsabbau der Lager erfolgt. Preishaussen (Zeiten hoher Preise) führen mittelfristig zu neuen Erkundungsarbeiten, was – sofern es sich um längerfristige Hochpreisperioden handelt – den Bau neuer Bergwerke nach sich ziehen kann, wodurch sich die Preis- und Versorgungssituation wieder entspannt. Nachdem die weltweiten Explorationsausgaben seit 1997 kontinuierlich reduziert wurden und 2002 einen Tiefpunkt erreichten, wird angesichts gestiegener Preise für mineralische Rohstoffe wieder zunehmend in die Rohstofferkundung, aber auch in Bergwerksprojekte investiert.

Realwirtschaftliche Entwicklungen

Diese aus der Ressourcenverfügbarkeit resultierenden langfristigen Preiszyklen werden zusätzlich von Ereignissen überlagert, die die Preise einzelner Rohstoffe kurzfristig stark verändern können. In den ersten Monaten 2008 bspw. hat eine eingeschränkte Stromversorgung in Südafrika zu einer erheblichen Einschränkung der Chromerzeugung geführt. Südafrika ist der weltweit bedeutendste Produzent von Ferrochrom (50 %), weshalb sich die Weltmarktpreise in kürzester Zeit verdoppelten [STAHL-ONLINE 2008]. Vor dem Hintergrund eines tendenziell knapper werdenden Angebots belegen manche Länder, z. B. China und Indien, ausgewählte Rohstoffe mit Exportbeschränkungen oder sogar -verboten mit der Konsequenz einer Verknappung des Angebots auf den Weltmärkten. Unterstützt wird diese Entwicklung von dem hohen Konzentrationsgrad bei den Rohstoff fördernden Unternehmen. So kontrollieren Vale, BHP und Rio Tinto heute mehr als 70 % des Überseehandels von Eisenerz. BHP beabsichtigt laut Pressemeldungen eine Übernahme von Rio Tinto. Ist die Verfügbarkeit von Ressourcen entweder mangels erschlossener Gewinnkapazitäten oder aufgrund realwirtschaftlicher Entwicklungen knapp, so sprechen manche Experten von „relativer Ressourcenknappheit“; sind die geologisch vorhandenen Vorräte in – auch bei höherem Preisniveau – abbaubaren Lagerstätten erschöpft, dagegen von „absoluter Ressourcenknappheit“ [vgl. BGR 2007].

Finanzwirtschaftliche Strategien und Spekulationen

Nicht immer steckt ein durch realwirtschaftliche Aktivitäten ausgelöster Bedarf an Rohstoffen hinter den Nachfragen, denn auch Metalle sind Gegenstand des Börsenhandels und damit der Spekulationen. Dies kann dazu führen, dass die von der Industrie zu bezahlenden Preise für Rohstoffe steigen, obwohl die industriellen Aktivitäten nur einen geringen Teil dieses Preisanstiegs erklären können. Der amerikanische Investor und Multimilliardär George Soros fordert aus diesem Grund restriktivere Vorgaben für den Handel mit Rohstoffen. Nach Soros' Auffassung sollte angesichts der explodierenden Preise für Öl und Nahrungsmittel den amerikanischen Pensionsfonds der Handel mit Rohstoffen verboten werden. „Auch Hedgefonds sollten höhere Mindesteinsätze zahlen, wenn sie in Rohstoffmärkte investieren wollen“ [STERN 2008]. Mit ihren Geschäften trieben Spekulanten die Preise vor allem im Rohstoffbereich, „und das ist so, als ob man in einer Hungerkrise heimlich Lebensmittel hortete, um mit den steigenden Preisen Profite zu machen“.

Die Investmentbank Goldman Sachs dagegen stellte in einer im Juli 2008 veröffentlichten Studie fest, dass es „derzeit keine höhere als die übliche Lagerhaltung von Rohstoffen“ gebe [INVESTMENT 2008]. Da die Lagerhaltung der wichtigste Indikator für umfangreiche Spekulationen an den Rohstoffmärkten sei, lägen demnach keine spekulationsgetriebenen Preise vor.

Abhängigkeit der Nebenprodukte von Hauptprodukten

Manche Nebenproduktmetalle, die sogenannten „minor metals“ (z. B. Rhodium, Ruthenium, Indium, Wismut, Selen, Tellur) kommen in der Natur als Spurenelemente in den Erzen der „major metals“ (z. B. Plutonium, Nickel, Kupfer, Zink, Blei) vor. Die „minor metals“ sind somit Nebenprodukte der „major metals“, denen der eigentliche Abbau gilt. Werden „major metals“, aus welchen Gründen auch immer, in geringerem Maße abgebaut, so trifft dies auch auf die „minor metals“ zu. Eine Angebotserhöhung der „minor metals“ findet nur dann statt, wenn die Förderung des Hauptmetalls entsprechend steigt bzw. die Nachfrage nach Hauptmetallen vorhanden ist. In Folge dieser Zusammenhänge weisen die Nebenproduktmetalle keine Preiselastizität des Angebots auf, was bedeutet, dass auch eine erhebliche Preissteigerung keine Produktionssteigerung bewirkt, solange kein adäquater Absatzmarkt für das Hauptmetall besteht.

Bei den sogenannten Koppelprodukten ist die Situation leicht abgewandelt. Es handelt sich hierbei um Metallfamilien, die gemeinsam aus denselben Lagerstätten gewonnen werden. Die Motivation für den Abbau ist die Gewinnung der Metallkombination mit Fokus auf Leitelementen (z. B. Platin, Palladium), aber signifikanten Beiträgen der Koppelprodukte (z. B. Rhodium, Ruthenium). Koppelprodukte weisen eine eingeschränkte Preiselastizität des Angebots auf.

Energiepreise, Klimaschutz- und Energiepolitik

Die Preise der wichtigsten Industriemetalle sind aufgrund der energieintensiven Gewinnung bzw. Herstellung stark von den Energiepreisen abhängig. So besteht z. B. eine fast perfekte Korrelation zwischen Aluminium- und Rohölpreis. Um eine Tonne Aluminium zu erzeugen, werden 15 MWh Energie benötigt. Bei Kupfer ist es mit 13 MWh/t ein ähnlich hoher Energieaufwand, während die Zinkproduktion nur 3,5–4,5 MWh/t benötigt. Bei der Herstellung in Europa hat daher auch die Klimaschutz- und Energiepolitik der EU einen großen Einfluss auf die Preise. In besonderer Weise betrifft dies den Werkstoff Stahl, da über 85 % des in Deutschland verwendeten Stahls aus der EU stammen. Politische Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen (EU-Emissionshandel) und zur Förderung der erneuerbaren Energien (Quotenlösungen, Erneuerbare-Energien-Gesetz in Deutschland etc.) könnten die Herstellung und Weiterverarbeitung von Stahl weiter verteuern. Entsprechende Regelungen, die den globalen Wettbewerb berücksichtigen, sind daher aufgenommen oder werden diskutiert.

3.2.2.2 Wirkung der Einflussfaktoren auf die Metallpreise

Da, wie beschrieben, zahlreiche Einflussfaktoren die Höhe der Förder- wie auch der Nutzungskosten bestimmen, sind Preisprognosen auf Basis antizipierter Trends und Entwicklungen für Metalle äußerst komplex und werden selbst von führenden wirtschaftswissenschaftlichen Instituten nur mit großen Unschärfen und unter Angabe zahlreicher Einschränkungen vorgenommen. Alternative Möglichkeiten zur Prognose bieten trendstationäre und differenzstationäre Zeitreihenanalysen. Auf Basis der verfügbaren Zeitreihendaten einer Vielzahl von Rohstoffen wird mithilfe ökonomischer Tests zunächst geprüft, ob es sich um trend- oder um differenzstationäre Reihen handelt. Prognosen für langfristige Preisentwicklungen gelten nur bei solchen Metallen als sinnvoll, bei denen es Anzeichen dafür gibt, dass ihre Preise das Resultat eines trendstationären Prozesses sind [RWI 2005]. In der RWI-Studie wurde daher lediglich am Beispiel von Zink eine solche Prognose vorgenommen. Das Ergebnis wird in *Abbildung 3-1* gezeigt.

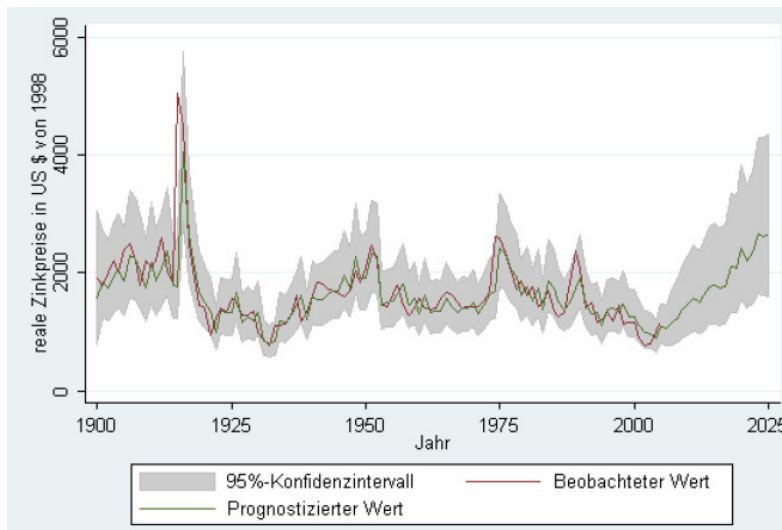


Abbildung 3-1: Der reale Preis von Zink und dessen Prognose

Die graue Fläche repräsentiert die Unsicherheit, die mit der Prognose verbunden ist. Sie wächst mit zunehmendem Prognosehorizont: Je weiter er in der Zukunft liegt, desto breiter wird das 95 %-Konfidenzintervall. Für 2025 ist es nach dieser Abschätzung recht unwahrscheinlich, dass sich der reale Preis, ausgehend vom gegenwärtigen Niveau von rund 1.800 US-Dollar, deutlich nach unten bewegt. Ungeachtet der hohen Unsicherheit, die mit Prognosen über so lange Zeiträume notwendigerweise verbunden ist, lautet das aus diesem Zeitreihenmodell ableitbare qualitative Ergebnis: Für Zink muss – auf Basis von US-Dollar – verglichen mit den 1990er-Jahren und dem Beginn des neuen Jahrtausends mit real steigenden Preisen gerechnet werden. Der reale Preis in Euro hängt von der Entwicklung des Wechselkurses US-Dollar–Euro ab. Zwar gehen Rohstoffanalysten ebenfalls von steigenden Preisen aus, sie betrachten jedoch nur die Nominalpreise. Bei der Annahme einer durchschnittlichen Inflation würde dies zu einer realen Preiskonstanz in Kaufkraftparitäten führen. Hinzu kommt, dass bei Zink wie auch bei den meisten anderen Metallen kurzfristig sehr große Schwankungen, ausgelöst bspw. durch Streiks oder technische Probleme, möglich sind. Insgesamt kann also keine hinreichend verlässliche Prognose gestellt werden. Steigende Preise scheinen jedoch derzeit wahrscheinlicher zu sein als fallende.

Als einfacheres Indiz für die zukünftige Preisentwicklung können Preise von sog. Termingeschäften (insb. Forwards) wegen deren künftiger Erfüllungspflichten herangezogen werden. Ein Termingeschäft ist ein „standardisierter, juristisch verbindlicher Vertrag über den Kauf oder Verkauf eines Gutes mit festgesetzter Menge und Güte an einem bestimmten zukünftigen Lieferdatum“ [BÖRSENLEXIKON]. Ein Forward ist ein unbedingter Terminkontrakt, der außerbörslich übertragen wird. Prognosen basierend auf Terminpreisen werden nachfolgend für die Metalle Stahl, Aluminium und Kupfer exemplarisch dargestellt.

Stahl

Stahl wird erst seit Kurzem an den Rohstoffbörsen gehandelt. Voraus ging in Europa bereits ein starker Preisanstieg von ca. 600 US-\$/t im Sommer 2007 bis auf rund 1.265 US-\$/t im Juni 2008. In Asien sind die Preise grundsätzlich niedriger. Zuletzt sind die Stahlpreise wieder gefallen und auch die Terminkontrakte mit 15-monatiger Frist sprechen für fallende Preise [LME 2008, ROHSTOFFWELT 2008]. Auch die abschwächende Konjunktur in den USA und Europa und der damit einhergehende Nachfragerückgang sind ein Indiz für eher rückläufige Stahlpreise in den nächsten ein bis zwei Jahren.

Aluminium

Der Aluminiumpreis lag Mitte 2008 bei rund 2.800 US-\$/t und damit in etwa beim Doppelten im Vergleich zu 2003. Termingeschäfte mit Erfüllung im Jahr 2013 können aktuell zum Preis von rund 3.300 US-\$/t abgeschlossen werden [LME 2008, ROHSTOFFWELT 2008]. Das bedeutet, dass für die kommenden Jahre ein Preisanstieg erwartet wird, der jedoch im Sinne eines verzögerten Wachstums schwächer ausfällt als in der Vergangenheit und nur knapp über der Inflationsrate liegt. Aufgrund des hohen Energieaufwands bei der Aluminiumerzeugung ist die künftige Preisentwicklung auch maßgeblich von den Energiepreisen abhängig.

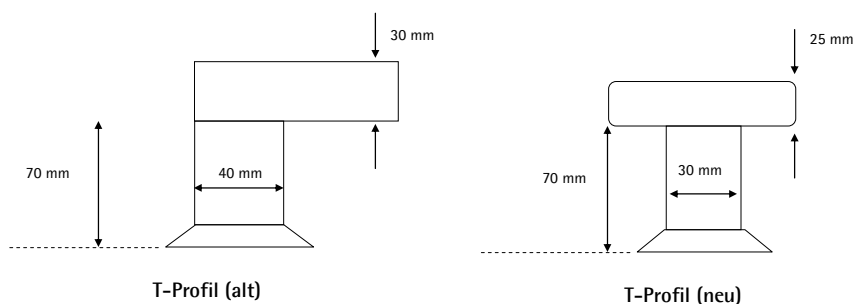
Kupfer

Der Kupferpreis lag im August 2008 bei ca. 7.800 US-\$/t. Wegen neu entdeckter Lagerstätten findet ein weiterer Angebotszuwachs statt, während aufgrund der abflauenden Konjunktur in den USA und Europa die Nachfragesteigerung geringer ausfallen wird als zunächst erwartet. Wie stark der Preis zurückgehen wird, ist unter den Analysten umstritten. Während einige von einem Rückgang von nur etwa 5 % ausgehen, sprechen andere von Preisen um 6.000 US-\$/t Ende 2009, was einem Rückgang von etwa 15 % p. a. entspräche [LME 2008, ROHSTOFFWELT 2008].

3.2.3 Preis- und Mengenschwellen

Preis- bzw. Mengenschwellen liefern im konkreten Projekt Hinweise darauf, ab welchem Metallpreis bzw. ab welcher Menge eines produzierten Gutes die Realisierung von Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz wirtschaftlich rentabel ist. Dieser Zusammenhang wird nachfolgend an zwei Beispielen aus den befragten Unternehmen illustriert.

Beispiel 1: Ersatz eines L-förmigen Aluminiumprofils durch ein T-förmiges



Umsetzungsschritte:

1. statische Neuberechnungen der Anlagenkomponente
2. Reduzierung der horizontalen Trägerkomponente von 30 mm auf 25 mm Stärke
3. Reduzierung des vertikalen Trägers von 40 mm auf 30 mm Breite

Einsparungen:

- 5–6 % Materialersparnis (Aluminium, Preis ca. 1.400 €/kg)
- entspricht 0,2 bis 0,4 t/a je Profiltyp
- entspricht ca. 280–560 €/a je Profiltyp (genaue Einsparung vom Stahlpreis abhängig)

Aufwendungen:

- interner Workshop zur Ideenfindung (Dauer: ca. 2 h, beteiligt: drei Fachabteilungen mit je einer Person; entspricht Kosten von ca. 300 €)
- einmalige Konstruktionskosten ca. 1 Manntag Industriemeister, entspricht ca. 400 € je Profiltyp
- Je weiteren Profiltyp muss mit zusätzlichen Kosten von ca. 400 € gerechnet werden.

Fazit:

Am konkreten Beispiel wird ersichtlich, wie mit verhältnismäßig einfachen Maßnahmen Material eingespart werden kann. Das Problem im konkreten Fall: Die Amortisationszeit einer Konstruktionsveränderung liegt bei ca. zwei bis vier Jahren, je nach Entwicklung der Aluminiumpreise. Das ist auch für mittelständische Unternehmen ein langer Zeitraum. Unternehmen sollten grundsätzlich prüfen, inwieweit bestimmte Anlagenkomponenten derzeit materialeffizient konstruiert werden. Auch einfache Änderungen an der statischen Auslegung können – sofern mit anderen Gesichtspunkten wie bspw. Anlagen-design oder funktionellen Faktoren vereinbar – Materialeinsparungen mit sich bringen.

Materialeffiziente Profil- und Rohrabtrennung auf Basis von Schallwellen

Eine neuartige Technologie erlaubt es, durch den Einsatz von Schallwellen Metalle zu durchtrennen. Dazu werden durch einen extrem kurzen, reproduzierbaren Schlagimpuls mit einer sehr geringen Masse im Millisekundenbereich bis zu 300 Tonnen Trennkraft erzeugt. Der Schlagimpuls erzeugt Schallwellen, die das zu trennende Material in Schallgeschwindigkeit durchlaufen. Vom unteren Ende der Matrize her reflektieren diese Schallwellen und werden mithilfe eines mechanischen Impulsrichtersystems in Zugwellen umgewandelt. Gleichzeitig entsteht durch diesen Impuls an der gewünschten Trennfläche eine Temperatur von ca. 70-80 % des Schmelzpunktes des jeweils zu trennenden Werkstoffs. Da diese Temperatur nur im Millisekundenbereich anliegt, entstehen dadurch keine Verhärtungen oder Gefügeveränderungen.

Als Vorteile der Technologie führt der Erfinder und Hersteller u. a. an:

- gratfreies und kostengünstiges Trennen von Stangen, Rohren und Profilen mit rundem, eckigem oder beliebigem Querschnitt bis 50 mm
- Einsatzmöglichkeit verschiedenartigster Materialien wie Stahl, Alu, Messing usw.
- schnellste Taktzeiten von 1 sec. und damit max. Ausbringung von bis zu 3000 Teilen pro Stunde
- geringe Werkzeugkosten aufgrund hoher Standzeiten und verhältnismäßig kurzer Rüstzeiten
- kein Sägeverschnitt, keine Verunreinigungen durch Späne oder Kühlschmiermittel
- rechtwinklige Trennflächen oder definierte Schrägen, Maß- und Volumengenauigkeit, keine Gefügeveränderungen oder Verhärtungen
- vollautomatische Materialzuführung durch Stangen- oder Bündellader

Die Technologie kann damit u. a. zur materialeffizienten Abtrennung von Kupferrohr-Teilstücken aus einem durchgängigen Rohrstrang (Jahresproduktion: 50.000 m) eingesetzt werden, wie am folgenden Beispiel illustriert wird.

Grunddaten:

- gesamte Jahresproduktion: 50.000 Laufmeter
- Preis Kupfer angenommen mit 2.900 €/t
- Rohrinnendurchmesser: 30 mm
- Rohraußendurchmesser: 36 mm

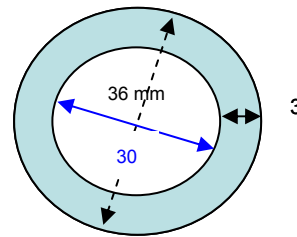


Abbildung 3-2: Rohrdurchschnitt im Beispiel

Im Beispiel wird angenommen, dass ein Betrieb mit einer Jahresproduktion von 50.000 Laufmetern Rohre von unterschiedlicher Länge aus einem zusammenhängenden Rohrstrang herstellt.

Außer Kupfer können laut Herstellerangaben auch andere Metallsorten mithilfe von Schallwellen durchtrennt werden. **Abbildung 3-3** vergleicht die auf diese Weise für die Metalle Kupfer, Aluminium und Stahl erzielbaren Ergebnisse grafisch.

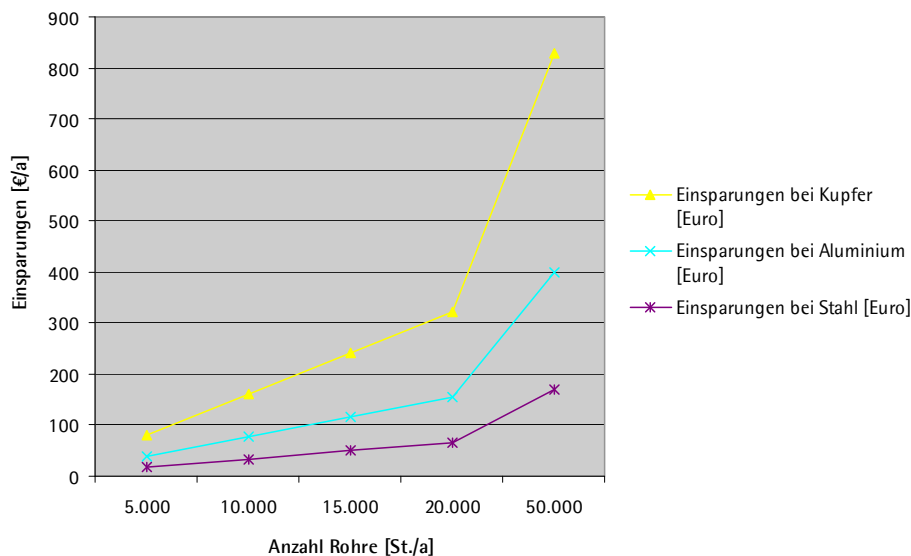


Abbildung 3-3: Durch Schalltrennung realisierbare Materialeinsparungen, ausgedrückt in Euro

Hinweis: Auf die Gegenüberstellung der Einsparungen und der notwendigen Kosten (Investitions- und Betriebskosten für den Impulsgeber und Peripheriegeräte) wurde bewusst verzichtet. Die Kosten sind abhängig von der gewählten Leistungsklasse sowie der Notwendigkeit ergänzender Anlagenkomponenten und müssen mit dem Hersteller verhandelt werden. Darüber hinaus können diese Geräte für unterschiedlichste Metallprodukte eingesetzt werden, sodass nur eine exakte Prozesskostenrechnung Klarheit über die Kosten bringen kann.

Fazit:

Die Trennung von Metallrohren und -profilen mithilfe von Schallwellen ist aus bifa-Sicht ein gutes Beispiel für innovative technologische Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz in Metall verarbeitenden Betrieben. Je mehr Teilstücke mit der neuen Technologie aus einer in Laufmetern gemessenen Jahresproduktion Metallrohr abgetrennt werden, desto größer die Einsparpotenziale. Die Unternehmen sollten daher selektiv Produktionssegmente identifizieren, bei denen die größten spezifischen Potenziale erschlossen werden können. Empfehlenswert sind exakte Berechnungen, um Effekte, die

oftmals vergessen werden (bspw. geht der Rohrradius quadratisch in die Berechnung der eingesparten Wandstärke ein), zu berücksichtigen.

3.2.4 Absicherung gegen Preisschwankungen

Da die Metallpreise eine hohe Volatilität aufweisen, kann eine Absicherung gegen Schwankungen durch Finanzinstrumente sinnvoll sein. Durch eine solche Absicherung müssten Preisänderungen nicht mehr im großen Umfang an die Kunden weitergegeben werden und langfristige Verträge wären mit einem geringeren Risiko verbunden. Eine Studie von KPMG stellte im Jahr 2007 fest, dass nur 62 % der Unternehmen im deutschsprachigen Raum Rohstoffrisiken absichern, während z. B. 78 % Zins- und Devisenrisiken absichern [KPMG 2007]. Gerade auch für mittelständische Unternehmen sind steigende Rohstoffpreise ein zentrales Problem [HAUFE 2005]. Wie die Risikoabsicherung konkret ausgestaltet werden kann, hängt von der unternehmerischen Risikoneigung ab.

Termingeschäfte (z. B. in Form von Swaps) können gegen steigende Preise absichern, nehmen aber auch den Vorteil sinkender Preise. Optionen können Letzteres zwar gewährleisten, sind aber mit relativ hohen Prämienkosten verbunden, also gerade bei annähernd konstanten Preisen nicht empfehlenswert. Bei strukturierten Instrumenten werden die Eigenschaften der einfachen Derivate gezielt modifiziert. So können Termingeschäfte abgeschlossen werden, bei denen auf Kosten der Preisobergrenze auch an fallenden Preisen partizipiert wird. Hybride Derivate verbinden Risiken verschiedener Märkte wie z. B. Rohstoffpreis- und Zinsrisiko miteinander [SCHÜRENKRÄMER 2007]. Die meisten Banken mit Geschäftskundenbereich bieten Produkte zur Minimierung von Rohstoffpreisrisiken an, die häufig direkt auf KMU zugeschnitten sind.

4 Ökologische Wirkungen der Herstellung und Verarbeitung von Metallen in Bayern

4.1 Untersuchungsansatz

Im Allgemeinen ist es umweltverträglicher, für die Deckung des Rohstoffbedarfs der Metall verarbeitenden Industrie Sekundärmaterial einzusetzen als Neuware. Dies gilt zumindest dann, wenn die Aufbereitung des Altmetalls nicht zu Umweltbelastungen führt, die deren ökologischen Nutzen übersteigen. Für Kupfer, Aluminium und Roheisen treffen diese Voraussetzungen zu, weshalb sich in Deutschland schon vor vielen Jahren ein Mix aus Sekundär- und Primärmaterial durchgesetzt hat. Allgemein wird aber davon ausgegangen, dass die Recyclingquoten noch nicht ausgereizt sind und in den nächsten Jahren weiter steigen werden.

Am Beispiel Aluminium wurden mithilfe einer ökobilanziellen Betrachtung Umweltentlastungspotenziale für die bayerische Metallverarbeitung abgeschätzt, die sich mit einer Steigerung der Recyclingquote zwischen 5 % und 20 % ergäben. Eine weitere Möglichkeit zur Entlastung der Umwelt besteht in der Substitution von Metallen/Stählen durch in der Herstellung weniger umweltbelastende Metalle/Stähle. Anhand jeweils eines branchen- und unternehmensbezogenen Beispiels sowie zweier produktbezogener Beispiele werden erreichbare Umweltentlastungspotenziale abgeschätzt bzw. – wenn die Maßnahme ökologisch nachteilig ist – Umweltbelastungen quantifiziert. Selbstverständlich müssen die Machbarkeit und die Vorteilhaftigkeit der Substitutionsmöglichkeiten in jedem Einzelfall geprüft werden. Mit der hier beschriebenen theoretischen Betrachtung soll lediglich eine Abschätzung des Umweltentlastungspotenzials erfolgen, das auf diesem Wege grundsätzlich zugänglich wäre.

Um dies zu untersuchen, wurden Szenarien³ berechnet, durch deren ökologischen Vergleich folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Welche Entlastung der Umwelt kann mit einer weiteren Steigerung der Recyclingquote bei der Bereitstellung von Aluminium erreicht werden?
- Welche ökologischen Wirkungen sind mit dem Einsatz von Aluminium anstelle von Kupfer bei der Kabelherstellung verbunden?
- Sind bei einem Hersteller von Schneidwerkzeugen durch die Verringerung des Kobalt-Anteils in einem Metallpulver für Schneidsegmente zugunsten der anderen Bestandteile Kupfer und Eisen ökologische Vorteile zu erwarten?
- Welche ökologischen Wirkungen sind im Behälter- und Silobau mit dem Einsatz von beschichtetem Normalstahl anstelle von Edelstahl verbunden?
- Sind bei Treppengeländern mit der Substitution von verzinktem Normalstahl durch Edelstahl ökologische Vorteile zu erwarten?

4.2 Methodik

Die in dieser Untersuchung vorgenommene ökobilanzielle Betrachtung liefert als Ergebnis eine Sachbilanz mit einer Vielzahl von Einzelwerten, welche die Umweltwirkungen der Szenarien charakterisieren. Um hieraus Aussagen in Bezug auf die Zielfragen treffen zu können, wird mit einer spezifischen Methodik ein Gesamtergebnis erzeugt, das Vergleiche erlaubt und eine Bewertung ermöglicht. Im Gegensatz zu Ökobilanzen, bei denen aus den differenziert und komplex dargestellten Umweltwirkungen in der Regel verbal-argumentativ eine Rangfolge der untersuchten Szenarien abgeleitet wird, werden die Umweltwirkungen hier mithilfe einer am bifa entwickelten Methode aggregiert [PITSCHKE ET AL. 2003]. Vorteile dieser Methode sind, dass sich die Vorgehensweise, soweit möglich, an den Vorgaben des Umweltbundesamtes zur Bewertung in Ökobilanzen orientiert, die Methode an sich transparent und nachvollziehbar ist und als Ergebnis einen numerischen Wert pro Szenario ergibt. Die Modellierung und Bilanzierung erfolgte mit dem Softwareprogramm UMBERTO®.

4.3 Beispiele aus der ökobilanziellen Betrachtung

4.3.1 Branchenbezogene Maßnahmen

4.3.1.1 Steigerung der Recyclingquote von Aluminium

Im Jahr 2005 wurden in Bayern ca. 291.376 t Aluminium und Aluminiumlegierungen einschl. Abfälle und Schrott verarbeitet. Wird die Primär- und Sekundäraluminiumproduktion in Deutschland zugrunde gelegt, lag der Anteil von Sekundäraluminium bei 60,3 % [GDA 2008]. Das Portfolio in *Abbildung 4-1* zeigt, wie sich eine schrittweise Steigerung der Recyclingquote auf bis zu 80 % auf die Umwelt auswirken würde. Auf der Ordinate sind Ökologie-Indizes aufgetragen. Die Abszisse steht für den Anteil an Sekundärmaterial im Aluminium-Mix.

³ Szenarien sind in diesem Zusammenhang Fallstudien, die Annahmen über mögliche Abfolgen von Ereignissen bezüglich des jeweiligen Untersuchungsgegenstands zusammenstellen, um kausale Zusammenhänge und Entscheidungspunkte herauszuarbeiten [MEYERS 2007].

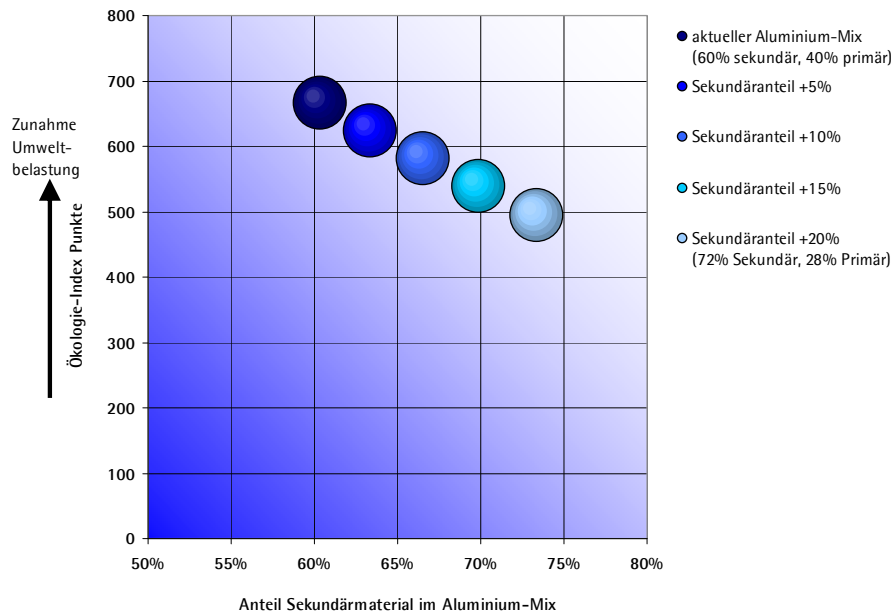


Abbildung 4-1: Portfolio für die Bereitstellung von 291.376 t Aluminium

Der höchste Ökologie-Index und damit die stärkste Inanspruchnahme von Umweltgütern zeigt sich im Szenario *Aktueller Aluminium-Mix*, in dem ca. 40 % der in Bayern benötigten Aluminiummenge aus Primärmaterial bereitgestellt wurde. Die weiteren Ergebnisse zeigen, dass mit steigendem Anteil an Sekundärmaterial der Ökologie-Index fortschreitend besser wird. Würde der Sekundärmaterialanteil um 20 % steigen, hätte das eine Verringerung des Ökologie-Indexes um mehr als 25 % zur Folge. In *Tabelle 4-1* sind die Auswirkungen auf die Umwelt detailliert quantifiziert.

Tabelle 4-1: Gegenüberstellung der Umweltbelastungen für die Bereitstellung von 291.376 t Aluminium

Parameter	aktueller Alu- minium-Mix	Sekundäranteil +20 %	Beitrag zur Umweltentlastung durch die Steigerung der Re- cyclingquote
Aggregierte Werte			
KEA fossil	5.070 GWh	3.740 GWh	Entlastung um 1.330 GWh
Treibhauspotenzial [CO ₂ -Äqu.]	1,78 Mio. t	1,29 Mio. t	Entlastung um 486.100 t
Fotooxidantienbildung [Ethen-Äqu.]	94.900 kg	68.600 kg	Entlastung um 26.300 kg
Versauerungspotenzial [SO ₂ -Äqu.]	4,42 Mio. kg	3,19 Mio. kg	Entlastung um 1,23 Mio. kg
Eutrophierungspotenzial, terrestrisch [PO ₄ -Äqu.]	289.100 kg	209.200 kg	Entlastung um 79.900 kg
Nicht aggregierte Werte			
Cadmium	10,39 kg	9,97 kg	Entlastung um 0,42 kg
Schwefeldioxid	2,72 Mio. kg	1,96 Mio. kg	Entlastung um 759.300 kg
Ammoniak	4.590 kg	3.790 kg	Entlastung um 800 kg
Stickoxide	2,21 Mio. kg	1,6 Mio. kg	Entlastung um 610.000 kg

Für alle betrachteten Wirkungskategorien und Einzelparameter konnten z. T. erhebliche Entlastungspotenziale für die Umwelt ermittelt werden. Beispielsweise würde die Emission an treibhauswirksamen

Gasen um ca. 486.000 t CO₂-Äquivalente sinken, was ungefähr dem von 37.000 Einwohnern in einem Jahr verursachten Treibhauspotenzial entspricht.

4.3.2 Unternehmensbezogene Maßnahmen

4.3.2.1 Verringerung des Kobaltanteils in einem Metallpulver für Schneidsegmente

Ein mittelständisches Unternehmen stellt jährlich eine Tonne eines Metallpulvers her, das zu Schneidsegmenten gesintert wird. Die aufgebrauchten Schneidelemente werden geschliffen, geschärft, poliert und lackiert. Das Metallpulver besteht zu 80 % aus Kobalt sowie zu jeweils 10 % aus Eisen und Kupfer. Das Kobalt ist dabei für die Härte der Segmente verantwortlich.

Da Kobalt fortwährenden Preissteigerungen ausgesetzt ist, wurden im Unternehmen Bemühungen angestoßen, den Kobaltanteil am Metallpulver zugunsten der beiden anderen Bestandteile zu verringern. Auch Wettbewerber des Unternehmens sind auf der Suche nach Substitutionsmöglichkeiten, um günstiger produzieren zu können.

Das Portfolio in *Abbildung 4-2* stellt die Umwelteffekte verschiedener Substitutionsanteile von Kobalt durch Kupfer und Eisen einander gegenüber. Auf der Ordinate sind Ökologie-Indizes aufgetragen. Die Abszisse steht für die substituierte Kobaltmenge.

Bei der Untersuchung wurde näherungsweise davon ausgegangen, dass die Lebensdauer der Schneidelemente unabhängig von der Metallpulverzusammensetzung ist und damit unverändert bleibt.

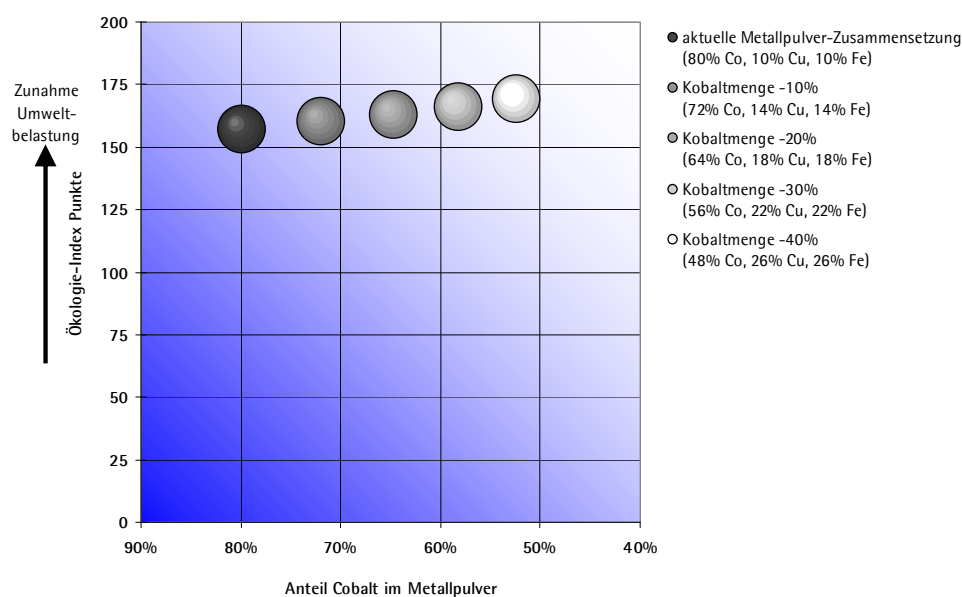


Abbildung 4-2: Portfolio für die Bereitstellung von 1 t Metallpulver

Die Szenarien zeigen, dass mit steigendem Substitutionsanteil die Umweltbelastungen zunehmen. Würde beispielsweise der Kobaltanteil um 40 % sinken und die entsprechende Menge zu gleichen Teilen auf die anderen Bestandteile Kupfer bzw. Eisen aufgeteilt, hätte das eine Erhöhung des Ökologie-Index um fast 10 % zur Folge. In *Tabelle 4-2* sind die Auswirkungen auf die Umwelt detailliert quantifiziert.

Tabelle 4-2: Gegenüberstellung der Umweltbelastungen für die Bereitstellung von 1 t Metallpulver aus Kobalt, Kupfer und Eisen

Parameter	aktuelle Zusammensetzung	Kobaltmenge – 40 %	Beitrag zur Umweltentlastung durch die Substitution
Aggregierte Werte			
KEA fossil	16,5 MWh	12,1 MWh	Entlastung um 4,38 MWh
Treibhauspotenzial [CO ₂ -Äqu.]	6.800 kg	4.750 kg	Entlastung um 2.050 kg
Fotooxidantienbildung [Ethen-Äqu.]	4,25 kg	2,64 kg	Entlastung um 1,62 kg
Versauerungspotenzial [SO ₂ -Äqu.]	67,9 kg	47,6 kg	Entlastung um 20,4 kg
Eutrophierungspotenzial, terrestrisch [PO ₄ -Äqu.]	11,2 kg	6,94 kg	Entlastung um 4,23 kg
Nicht aggregierte Werte			
Cadmium	0,5 g	1,19 g	Belastung um 0,69 g
Schwefeldioxid	7,49 kg	9,98 kg	Belastung um 2,48 kg
Ammoniak	8,1 kg	4,94 kg	Entlastung um 3,16 kg
Stickoxide	64,4 kg	40,2 kg	Entlastung um 24,1 kg

Mit Ausnahme der Emission an Cadmium und Schwefeldioxid ist für alle betrachteten Wirkungskategorien und Einzelparameter eine Entlastung der Umwelt zu verzeichnen. Einer höheren Cadmiumemission um ca. 0,69 kg, was ungefähr der von fünf Einwohnern in einem Jahr verursachten Emission an Cadmium entspricht, steht beispielsweise eine verminderte Stickoxidemission von ca. 24 kg gegenüber, die ungefähr der jährlichen Stickoxidemission von einem Einwohner entspricht. Der gesamte Beitrag zur Entlastung der Umwelt liegt bei ca. 3 Einwohnerwerten.

Die Einwohnerwerte verdeutlichen, dass das Umweltbelastungspotenzial der beiden genannten Parameter deutlich größer ist als das Umweltentlastungspotenzial der übrigen Parameter, deren Ergebnisse sich gegenüber dem Szenario *Aktuelle Metallpulverzusammensetzung* nicht verschlechtern haben. Deshalb ist auch das Gesamtergebnis für die Substitution von Kobalt durch Kupfer und Eisen negativ. Die höheren Emissionen an Cadmium und Schwefeldioxid sind auf die Bereitstellung von Kupfer aus primären Vorstoffen zurückzuführen. Pro Tonne entweichen ca. 3,6 g Cadmium in die Umwelt (pro Tonne Kobalt fallen dagegen 0,0067 g Cadmiumemissionen an). Der Anteil Primärkupfer am hier verwendeten Kupfer-Mix betrug ca. 78 %.

4.3.3 Produktbezogene Maßnahmen

4.3.3.1 Einsatz eines pulverbeschichteten Normalstahlbehälters anstelle eines Edelstahlbehälters

In fast allen Wirtschaftsbereichen werden Anlagen oder Anlagenteile aus funktionalen Gründen aus Edelstahl gefertigt. Aufgrund des stark gestiegenen Preises für Edelstahl gibt es Entwicklungen, Behälter und Silos statt in Edelstahl in Normalstahl mit Beschichtung auszuführen.

Das Portfolio in *Abbildung 4-3* stellt die Umwelteffekte eines pulverbeschichteten Normalstahlbehälters und eines Edelstahlbehälters einander gegenüber. Der ausgewählte Behälter hat bei einem Nutzinhalt von 10 m³ eine Höhe von 3 m und einen Durchmesser von 2,05 m. Die Wandstärke der Stahlbleche beträgt 3 mm. Damit wird für den Behälter eine Stahlmenge von ca. 456 kg benötigt. Als Edelstahl wurde ein 18/8 Chromstahl und als Normalstahl ein niedrig legierter Stahl ausgewählt. Der Anteil

Elektrostahl (hergestellt aus Schrott) beträgt jeweils 37 %. Die Schichtdicke des Pulverlacks beträgt 80 µm. Es wurde davon ausgegangen, dass ein Edelstahlbehälter und ein pulverbeschichteter Normalstahlbehälter eine annähernd gleiche Lebensdauer haben. Bezüglich Recycling ist zu bedenken, dass pulverbeschichteter Normalstahl problemlos zu recyceln ist, wohingegen Edelstahl für ein hochwertiges Recycling sortenrein erfasst werden müsste.

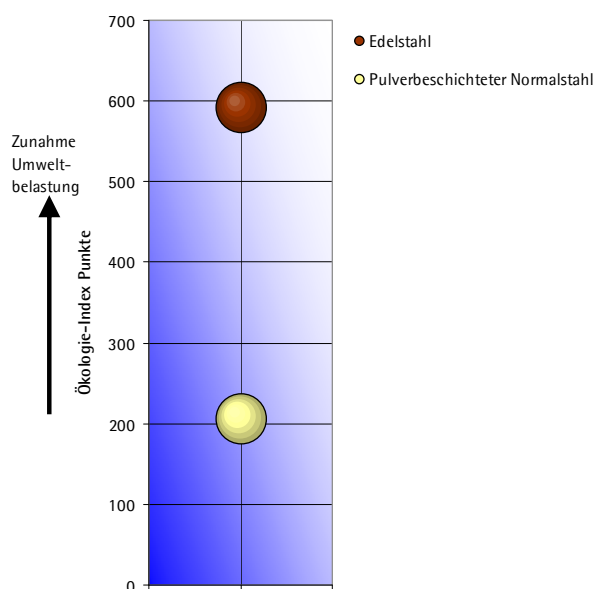


Abbildung 4-3: Portfolio für die Bereitstellung von 456 kg Edelstahl bzw. pulverbeschichtetem Normalstahl für einen 10 m³-Behälter

Im Portfolio schneidet die Bereitstellung der Edelstahlmenge deutlich schlechter ab als die Bereitstellung der pulverbeschichteten Normalstahlmenge. In **Tabelle 4-3** sind die Auswirkungen auf die Umwelt quantifiziert, die mit der Substitution verbunden wären.

Tabelle 4-3: Gegenüberstellung der Umweltbelastungen für die Bereitstellung von 456 kg Edelstahl bzw. pulverbeschichtetem Normalstahl

Parameter	Edelstahl	Pulverbeschichteter Normalstahl	Beitrag zur Umweltentlastung durch die Substitution
Aggregierte Werte			
KEA fossil	8,18 MWh	3,28 MWh	Entlastung um 4,9 MWh
Treibhauspotenzial [CO ₂ -Äqu.]	2.750 kg	950 kg	Entlastung um 1.080 kg
Fotooxidantienbildung [Ethen-Äqu.]	0,31 kg	0,14 kg	Entlastung um 0,17 kg
Versauerungspotenzial [SO ₂ -Äqu.]	9,07 kg	3,56 kg	Entlastung um 5,51 kg
Eutrophierungspotenzial, terrestrisch [PO ₄ -Äqu.]	0,61 kg	0,18 kg	Entlastung um 0,43 kg
Nicht aggregierte Werte			
Cadmium	0,041 g	0,015 g	Entlastung um 0,025 g
Schwefeldioxid	5,46 kg	1,3 kg	Entlastung um 4,16 kg
Ammoniak	1,93 g	2,47 g	Belastung um 0,54 g
Stickoxide	4,7 kg	1,39 kg	Entlastung um 3,31 kg

Mit Ausnahme der Emission an Ammoniak ist für alle betrachteten Wirkungskategorien und Einzelparameter eine Entlastung der Umwelt zu verzeichnen. Diese liegt zwischen 32 % für Stickdioxidemissionen und 43 % für das Fotooxidantienbildungspotenzial. Der Anstieg der Emission an Ammoniak um ca. 28 % resultiert aus einem höheren Natriumcarbonatbedarf als Folge des höheren Roheisenbedarfs. Für eine Tonne Chromstahl aus Primärmaterial werden 530 kg Roheisen benötigt (weitere Bestandteile sind Ferronickel und Ferrochrom), wogegen für eine Tonne niedriglegierter Normalstahl ca. 900 kg Rohstahl nötig sind.

4.3.3.2 Einsatz eines verzinkten Stahlgeländers anstelle eines Edelstahlgeländers

Für Korrosionsschutz wird Edelstahl aufgrund des hohen Preises momentan nur in Anlagen verwendet, in denen es die Prozessparameter notwendig machen. Zumeist kann verzinkter Normalstahl kostengünstiger eingesetzt werden. In der letzten Zeit ist der Preis für den Rohstoff Zink aber deutlich gestiegen, wodurch auch die Feuerverzinkung von Stahl teurer wird. Die Verringerung des Preisvorteils gegenüber Edelstahl führt dazu, dass vermehrt auf Bauteile aus Edelstahl zurückgegriffen wird. Zum Beispiel ist dies bei Treppengeländern zu beobachten. Das Portfolio in *Abbildung 4-4* stellt die Umwelteffekte eines verzinkten Geländers und eines Edelstahlgeländers einander gegenüber. Das ausgewählte Gittergeländer hat eine Länge von 3 m und eine Höhe von 1,1 m. Die Gitterstäbe haben einen Abstand von 10 cm zueinander. Inklusiv Handlauf und Wandbefestigung beträgt das Gewicht 45 kg. Als Edelstahl wurde ein 18/8 Chromstahl und als Normalstahl ein niedrig legierter Stahl ausgewählt. Der Anteil Elektro Stahl (hergestellt aus Schrott) beträgt jeweils 37 %. Die Schichtdicke der Verzinkung beträgt 65 µm. Es wurde davon ausgegangen, dass ein verzinktes Stahlgeländer und ein Edelstahlgeländer eine annähernd gleiche Lebensdauer haben.

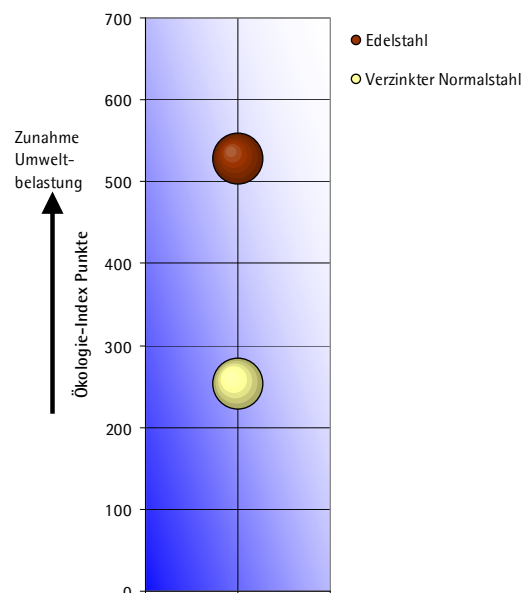


Abbildung 4-4: Portfolio für die Bereitstellung von 45 kg Edelstahl bzw. verzinktem Normalstahl für ein 3 m Geländer

Im Portfolio schneidet die Bereitstellung der Edelstahlmenge deutlich schlechter ab als die Bereitstellung der verzinkten Normalstahlmenge. In *Tabelle 4-4* sind die Auswirkungen auf die Umwelt quantifiziert, die sich mit der Substitution ergäben.

Tabelle 4-4: Gegenüberstellung der Umweltbelastungen für die Bereitstellung von 45 kg Edelstahl bzw. verzinktem Normalstahl

Parameter	Verzinkter Normalstahl	Edelstahl	Beitrag zur Umweltentlastung durch die Substitution
Aggregierte Werte			
KEA fossil	333 kWh	807 kWh	Belastung um 475 kWh
Treibhauspotenzial [CO ₂ -Äqu.]	99 kg	271 kg	Belastung um 172 kg
Fotooxidantienbildung [Ethen-Äqu.]	0,013 kg	0,03 kg	Belastung um 0,017 kg
Versauerungspotenzial [SO ₂ -Äqu.]	0,31 kg	0,9 kg	Belastung um 0,59 kg
Eutrophierungspotenzial, terrestrisch [PO ₄ -Äqu.]	0,02 kg	0,06 kg	Belastung um 0,04 kg
Nicht aggregierte Werte			
Cadmium	4,48 mg	4 mg	Entlastung um 0,48 mg
Schwefeldioxid	0,19 kg	0,54 kg	Belastung um 0,35 kg
Ammoniak	2,22 g	0,19 g	Entlastung um 2,03 g
Stickoxide	0,15 kg	0,46 kg	Belastung um 0,31 kg

Mit Ausnahme der Emission an Cadmium und Ammoniak ist für alle betrachteten Wirkungskategorien und Einzelparameter eine Belastungszunahme der Umwelt zu verzeichnen. Diese liegt zwischen 24 % für Schwefeldioxidemissionen und 45 % für das Fotooxidantienbildungspotenzial. Der Verringerung der Emission von Ammoniak um mehr als 1.000 % sowie von Cadmium um ca. 12 % ist auf den Wegfall der Stückverzinkung inklusive der Zinkgewinnung zurückzuführen.

Auch wenn die Ammoniakemission extrem stark gesunken ist, ist das Umweltentlastungspotenzial der beiden genannten Parameter deutlich geringer als das Umweltbelastungspotenzial der übrigen Parameter, deren Ergebnisse sich gegenüber dem *Edelstahlgeländer* verschlechtert haben. Deshalb ist auch das Gesamtergebnis für die Substitution von verzinktem Normalstahl durch Edelstahl negativ.

4.4 Zwischenfazit

Die branchenbezogene Maßnahme „Steigerung der Recyclingquote von Aluminium“ hat wie erwartet bestätigt, dass die Belastung der Umwelt mit steigendem Anteil an Recyclingmaterial abnimmt. Es kann davon ausgegangen werden, dass dies nicht nur auf die Bereitstellung von Aluminium, sondern auch auf die Bereitstellung von Kupfer und Roheisen zutrifft.

Die Substitution von Metallen/Stählen durch andere Metalle/Stähle führt nicht immer zu einem positiven Ergebnis.

Entsprechende bei den Unternehmen durchgeführte bzw. geplante Maßnahmen orientieren sich ausschließlich an den Kosten. Auf ökologische Wirkungen wird meistens gar nicht oder nur bedingt Rücksicht genommen. Dadurch kann es zu Ergebnissen kommen wie in der unternehmensbezogenen Maßnahme „Verringerung des Kobaltanteils in einem Metallpulver für Schneidsegmente“ und der produktbezogenen Maßnahme „Einsatz eines verzinkten Stahlgeländers anstelle eines Edelstahlgeländers“, wo der kostengünstigere Einsatz eines neuen Metalls/Stahls zu einer höheren Belastung der Umwelt führt. Das zeigt deutlich, wie wichtig es ist, die Unternehmen so zu sensibilisieren, dass ökologische Faktoren in ihren Überlegungen eine wichtigere Rolle als bisher spielen.

Es gibt aber auch Substitutionsmaßnahmen, die positive Umwelteffekte haben. Die Maßnahme „Einsatz eines pulverbeschichteten Normalstahlbehälters anstelle eines Edelstahlbehälters“ hat gezeigt, dass auch mit dem Einsatz kostengünstigerer Metalle/Stähle Umweltentlastungspotenziale einhergehen können.

5 Durchführung der empirischen Arbeiten

5.1 Methodik

Von zentraler Bedeutung für diese Untersuchung ist der empirische Teil, in dem durch Interviews mit Entscheidungsträgern aus Metall verarbeitenden kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) die Realität bei der Nutzung von Metallen analysiert wird.

Experteninterviews, die in 30 Unternehmen in Bayern durchgeführt wurden, zwei Workshops sowie fünf Fallstudien stellten die empirische Grundlage der Datenerfassung dar.

5.1.1 Untersuchungseinheiten

Bei den Untersuchungseinheiten handelte es sich um Metall verarbeitende Unternehmen. In den Experteninterviews wurden 32 Personen aus 30 Unternehmen befragt. *Tabelle 5-1* zeigt, dass in der Mehrzahl Geschäftsführer und leitende Angestellte befragt wurden.

Tabelle 5-1: Funktionen der Befragten

Funktion	Anzahl
Geschäftsführung	16
Vertrieb	3
Produktion	2
Kommunikation	1
Sonstige leitende Angestellte	11
Gesamt	32

Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Personen den besten Überblick über den Gesamtzusammenhang ihres Unternehmens haben.

5.1.2 Experteninterviews

Bei den Experteninterviews handelte es sich um persönliche „Face-to-face“-Interviews. Dabei bildet die Einschätzung der Befragten zur Versorgung und zukünftigen Bereitstellung von Metallen und zu Möglichkeiten der Materialeinsparung eine wichtige Information. Die Gespräche wurden in Form eines Leitfadeninterviews geführt, für das ein eigener Interviewleitfaden entwickelt wurde. Offene Fragen wurden an zwei Stellen mit Listen mit Likert-Skalen kombiniert, die den Befragten vorgelegt wurden: zum einen bezüglich Faktoren, die durch Rohstoffpreise beeinflusst werden, zum anderen bezüglich des Bedarfs an Metallen in den Unternehmen.

Der Gesprächsleitfaden für die Interviews gliedert sich in vier Themenkomplexe:

1. Produkte & Prozesse, Materialflüsse & Definition Materialeffizienz: Welche Produkte und Leistungen bieten die Unternehmen an? Was sind die wesentlichen Herstellungsprozesse? Welche Metalle werden verarbeitet? In welchen Mengen? Wie viel Abfall fällt an? Welchen Anteil haben die Rohstoffkosten am Gesamtumsatz? Wie wird Materialeffizienz definiert?
2. Entwicklungen zu Preisen und Verfügbarkeit (ausgesuchter Metalle): Gibt es Substitutionsmöglichkeiten? Wie sehen die Befragten die Entwicklung der Rohstoffpreise? Welche Faktoren beeinflussen die Preise auf welche Weise? Ab welchem Preis müsste die Produktion umgestellt werden? Wie entwickelt sich der Bedarf im Unternehmen und darüber hinaus? Welchen Einfluss haben der Weltmarkt und neue technologische Entwicklungen?
3. Materialeffizienz: Maßnahmen, Möglichkeiten, Strategien, Potenziale: Welchen Stellenwert hat die Materialeffizienz im Unternehmen? Welche Strategien werden verfolgt? Was sind die Ergebnisse? Was für Barrieren gibt es? Wie sähe das ideale materialeffiziente Unternehmen aus?
4. Umwelt-/Qualitätsmanagement im Unternehmen

5.1.3 Workshops

Auf die Zwischenauswertung der Leitfadengespräche folgten zwei Expertenworkshops. Ziel war es, die Zwischenergebnisse zu präsentieren und eine Rückmeldung zu erhalten. Dieser Feedbackprozess war zwar relativ offen gestaltet, orientierte sich jedoch an der Methodik der Delphi-Analyse, bei der Ergebnisse in einen Expertenkreis zurückgespeist werden, um wiederum bewertet und kommentiert zu werden. Als Experten wurden für die Workshops gezielt Teilnehmer der Leitfadengespräche mit einem ausgeprägten Interesse an Optimierungen und strategischen Ideen angefragt. Die Erkenntnisse sollten zur Vorbereitung und Durchführung der Fallstudien genutzt werden. Die beiden Workshops wurden aufgezeichnet und die Ergebnisse in die qualitative Auswertung integriert.

5.1.4 Fallstudien

Primäre Aufgabe der Fallstudien war es, die in den Expertengesprächen und Workshops gewonnenen Erkenntnisse durch exemplarische Analysen in ausgewählten Betrieben weiter zu vertiefen. Zu diesem Zweck wurden in einem ersten Schritt die zentralen Fragestellungen herausgearbeitet, die mithilfe von Fallstudien näher erörtert werden sollten. Jede Fallstudie sollte sowohl auf Fragestellungen mit Relevanz für das betriebliche Handeln als auch auf solche mit Relevanz für überbetriebliche Handlungsempfehlungen Antworten geben können. Die praktische Durchführung der Fallstudien erfolgte in Form von vertieften Einzel- und Gruppeninterviews bei den Industriepartnern vor Ort. Die Auswertung der Erkenntnisse aus den Fallstudien erfolgte entlang den zentralen Fragestellungen und diente dazu, die Ergebnisse aus den Leitfadengesprächen und den Expertenworkshops zu überprüfen.

5.2 Charakterisierung der Stichprobe

Im Projektverlauf wurde aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse eine Einteilung in sechs Kategorien vorgenommen, die jeweils durch ähnliche Rahmenbedingungen im Umgang mit Metallen geprägt sind:

- Anlagen- und Maschinenbau: Metalle werden für Maschinen und Anlagen eingesetzt, die der Produktion dienen. Deren Lebensphase ist durch einen ungleich größeren Umsatz an Materialien und Energien als bei der Herstellung dieser Anlagen und Maschinen gekennzeichnet. In der Regel fallen in diesen Unternehmen weniger große Mengen an metallischen Abfällen an, da zum einen weniger hohe Durchsätze vorhanden sind und zum anderen viele Bauteile vorgefer-

tigt bzw. von Zulieferern bezogen werden. Die Rohstoffkosten sind von untergeordneter Bedeutung. Der Metalleinsatz ist Mittel zum Zweck.

- Herstellung von Halbzeugen, Normteilen und Werkzeugen: Das Geschäftsziel ist die Herstellung von Metallprodukten, die in Serie hergestellt werden und nicht an den Endkunden gehen. Dies sind beispielsweise Schneidwerkzeuge, Drähte oder Gussteile. Der Metalleinsatz kennzeichnet die Unternehmenstätigkeit, bspw. die Herstellung von Metalldraht. Der Absatz erfolgt an Industrie und Gewerbe.
- Herstellung von Endprodukten: Serienprodukte mit größeren Metallanteilen, Endprodukte wie Schrauben und Sägeblätter; Bauelemente im Baubereich wie Fensterrahmen und Rolltore; Konsumprodukte wie Elektrogeräte und Elektronikgeräte. Kennzeichnend sind der Absatz an den privaten Verbraucher, große Stückzahlen und eine intensivere Auseinandersetzung mit den Materialkosten.
- Herstellung von Endprodukten für Unternehmen: Serienprodukte mit größeren Metallanteilen, Endprodukte wie Schrauben und Sägeblätter; Bauelemente im Baubereich wie Fensterrahmen und Rolltore; Konsumprodukte wie Elektrogeräte und Elektronikgeräte. Kennzeichnend ist der Absatz an Unternehmen.
- Dienstleistung mechanisch: Zulieferer oder Dienstleister, die Metallteile und -produkte im Auftrag der produzierenden Industrie liefern. Dem Unternehmen werden die Schritte im Umgang mit Metall durch den Kunden vorgegeben. Es fallen größere Mengen an metallischem Abfall z. B. beim Zuschneiden von Blechen oder der spanenden Bearbeitung des Materials oder als Ausschuss an.
- Dienstleistung Veredelung: In der Regel wird auf ein Produkt ein metallischer Auftrag aufgebracht, um Eigenschaften wie Korrosionsfestigkeit, Verschleißfestigkeit oder Aussehen zu erzielen. Das Unternehmen kann gezielt an einer Optimierung des Metalleinsatzes arbeiten. Die Werkstoffkosten haben einen wesentlichen Anteil am Umsatz.

Eine Häufigkeitsverteilung der befragten Unternehmen auf die Branchengruppen wird in *Abbildung 5-1* wiedergegeben.

	Metalle											
	Stahl / Edel- stahl	Al	Ti	Cu	W	Co	Mg	Zn	Nickel	Bronze	Chrom	Messing
Nr. 14								x	x		x	
Nr. 15												
Nr. 16		x									x	
Nr. 17	x			x		x						
Nr. 18	x	x										x
Nr. 19	x	x	x			x	x					
Nr. 20	x	x	x	x				x				
Nr. 21	x								x	x		
Nr. 22	x	x										
Nr. 23	x	x	x						x			x
Nr. 24	x	x		x								x
Nr. 25	x				x						x	
Nr. 26	x	x										x
Nr. 27	x			x								
Nr. 28	x	x	x							x		x
Nr. 29				x								
Nr. 30	x											
Gesamt	22	17	6	7	2	3	1	3	4	2	3	9

Verarbeitete Metalle

Laut den Antworten der befragten Unternehmen (vgl. *Tabelle 5-2*) werden Stahl (bei 22 Firmen), Aluminium (bei 17 Firmen) und Messing (bei 9 Firmen) am häufigsten verwendet. Kupfer und Titan finden bei 7 bzw. 6 Firmen Anwendung. Mengenmäßig ist in der Stichprobe Stahl mit ca. 80.000 t/a das meistverarbeitete Metall, an zweiter Stelle folgt Aluminium mit Legierungen mit knapp 20.000 t/a, gefolgt von Titan-Zink mit einer verwendeten Menge von ca. 3.000 t/a und Zink mit einer verwendeten Menge von 2.000 t/a.

5.3 Ergebnisse der Auswertung

Produkte und Prozesse

Aufgrund der während der Befragung wahrgenommenen Charakteristika beim Umgang mit metallischen Ressourcen wurde die in *Kapitel 5.2* dargestellte Kategorisierung erarbeitet. Entsprechend dieser Kategorisierung lassen sich die von den Befragten beschriebenen Prozesse schematisch folgendermaßen darstellen:

- Anlagenbauer beziehen meist fertig zugeschnittene Teile in Form von Blechen und Stangen. Diese werden in spanenden und formenden Prozessen weiterverarbeitet, montiert, verschweißt, oft extern gebeizt und lackiert, kontrolliert und ausgeliefert.
- Hersteller von Halbzeugen, Normteilen oder Werkzeugen bearbeiten das metallische Ausgangsmaterial, das in Form von z. B. gewalzten oder geschmiedeten Stangen oder Drähten bezogen wird. Prozessschritte sind spanende (Schälen, Schleifen, Drehen) und umformende (Walzen, Rändeln) Verfahren.
- Bei Endproduktherstellern fällt neben ähnlichen Prozessen wie bei den Anlagenbauern die Endmontage am Einsatzort an. Außerdem werden häufig noch andere Materialien für das fertige Produkt eingesetzt.
- Aus den bisher geführten Gesprächen lässt sich erkennen, dass bei der mechanischen Bearbeitung von Metallprodukten, die als Dienstleistung erbracht wird, in der Regel eine Spezialisierung auf ein Bearbeitungsverfahren vorliegt, bspw. Lasern bei der Blechbearbeitung oder Drehen bei der Herstellung zylindrischer Werkstücke.
- Veredelung von metallischen Bauteilen und Produkten oder Auftrag von metallischen Schichten erfolgen in der Regel durch spezialisierte Dienstleister wie Galvanisierer, Verzinker etc. Die Prozesse sind verfahrenstechnisch sehr aufwendig und erfordern komplexe betriebliche Einrichtungen.

Entwicklung bei Preisen und Verfügbarkeit

„Preise sind klar ein großes Thema, wenn nicht gar eine existenzielle Frage“, so die Antwort eines Befragten. Generell deuten die Antworten der Unternehmen allesamt in diese Richtung. Die Markt-Preis-Entwicklung spielt immer eine Rolle. Inwiefern dies jedoch wichtig ist, darüber gehen die Meinungen weit auseinander. Preisentwicklungen sind nicht für jede Firma von größter Bedeutung.

Aus der Vielfalt der eingesetzten Materialien in unterschiedlichen Mengen für die verschiedensten Verwendungszwecke ergibt sich ein extrem heterogenes Bild an Einschätzungen, was die Entwicklung und Wichtigkeit der Materialpreise und -versorgung betrifft. Immerhin: Trotz dieser Vielfalt sind sich die meisten Befragten darin einig, dass die Preise zukünftig steigen werden.

Als Beispiel für die Heterogenität der Einschätzungen seien die unterschiedlichen Preisentwicklungen im Bereich Aluminium, Kupfer, Wolframcarbid/Kobalt (WCCo), Zink und Titan näher betrachtet. Bei Aluminium war nach Unternehmerangaben im Schnitt ein Preisanstieg von 20–30 % zu verzeichnen, der Preis für Kupfer hat sich vervierfacht, WCCo zeigte einen Preisanstieg von 300 %, Zink ist von Januar 2006 bis September 2006 um 60 % teurer geworden und Titan momentan steigend, aber, so die Schätzung eines Befragten, „in 10 bis 12 Monaten sinkend“. Bei Firmen, in denen der Anteil der Kosten für die metallischen Werkstoffe an den Gesamtkosten gering ist, spielen die Preisentwicklungen der Rohstoffe eine eher untergeordnete Rolle.

Im Fall von Zink gab eine Firma an, dass der momentane Preis von 3–4 €/kg „noch in Ordnung“ sei. Ab einem Preis von 6 €/kg werde das Unternehmen sicherlich deutlich größere Anstrengungen unternehmen müssen, um den Materialeinsatz weiter zu reduzieren. Ab einem Preis von 10 €/kg würden beim Kunden Überlegungen angestellt, auf Edelstahl umzusteigen. Dies war das einzige Unternehmen, das derart konkrete Angaben über „Trigger-Zahlen“, also Preisschwellen, die unmittelbar eine Verhaltensänderung auslösen, machen konnte oder wollte. Solche Aussagen stellen somit die Ausnahme dar.

Weiter verbreitet waren allgemeine Aussagen wie: „Wegen des erhöhten Wettbewerbs auf dem Markt wird es immer schwieriger sein, an Material bzw. Rohstoffe heranzukommen.“

Die entstandene Situation stark steigender Kosten wird von vielen mit dem „Wirtschaftsaufschwung in Asien“ erklärt. „China verbraucht ungeheure Mengen an Rohstoffen, weshalb einige KMU nur schwer Material beziehen können.“ – „Die großen Firmen kommen immer an Rohstoffe und wir müssen schauen, wie wir unseren Bedarf decken“. Andere erklären die Preiserhöhungen mit „monopolistischen Strukturen“ und damit, dass die „knappen“ Metalle meist aus politisch instabilen Regionen kommen.

Aufgrund solcher und ähnlicher Reaktionen entstand der Eindruck, dass insgesamt über die Versorgungssituation sowie die Marktentwicklungen ein eher intuitives Wissen vorhanden ist, das einem reinen Bauchgefühl gleichkommt. Angesichts des komplexen Gemenges von Marktgeschehen, Materialspekulationen, Rohstoffvorkommen und -nachfrageentwicklungen erstaunt dies nicht weiter. Hier vollständige und belastbare Prognose-Information zu erlangen, über die weitgehend Einigkeit besteht, überfordert schon spezialisierte Marktanalysten, erst recht die Einkaufsabteilungen mittelständischer Unternehmen. Dies zeigt auch folgendes Zitat aus einem Expertenworkshop zur Situation bei Kupfer:

„[Es geht ja nicht um wirkliche] Verknappung. Nein, das ist es ja nicht. Da sind ja die Vorräte. Im Moment regelt der Markt nicht den Preis! Es ist ja genügend Kupfer da auf der Welt.“ (Workshop 1)

Dies deutet auf ein Gefühl hin, einem diffusen Preisspekulationsgeschehen gegenüberzustehen, das kaum kalkulierbar ist. In einem anderen Expertenworkshop wurde dies bestätigt:

„Eine Metallbörse hat nichts mehr mit Marktwirtschaft zu tun, das ist ein Kasino, da wird nur spekuliert. Die Verbraucher und die Anbieter sind in der Minderzahl, die Fonds bewegen die Märkte; die Instrumente, die früher zur Absicherung gedient haben, werden nur zum Zocken benutzt – früher gab es diese Schwankungen nicht. Anders: Die Schwankungen, wo Sie sich früher abgesichert haben, die waren lächerlich, da haben Sie heute am Tag, was wir teilweise sonst in Monaten hatten.“ (Workshop 2)

Aus dieser Erkenntnis folgt, dass letztlich für Handlungsoptionen hinsichtlich Materialeffizienz, was die gesamte Branche betrifft, nicht so sehr die Entwicklung einzelner Metalle im Fokus stehen kann. Dies scheint kaum zu bewerkstelligen und aufgrund der Heterogenität der Branche wenig effizient zu sein. Solche Daten können nur in weiter gehenden und sehr speziell auf den jeweiligen Industriezweig zugeschnittenen Untersuchungen geliefert werden – wenn überhaupt.

Die Problematik, welche die ganze Branche betrifft und die sich aus den Expertenworkshops und der Befragung extrahieren lässt, ist folgende:

Die Beschaffung von Metallen, Märkte und Preise sind zwar generell von Bedeutung. Dabei sind aber manche Unternehmen je nach Geschäftstätigkeit weit stärker betroffen als andere. Preissteigerungen sind nicht immer dramatisch, da diese nach Angaben der Unternehmen mitunter an den Kunden weitergereicht werden können. Allen Unternehmen bereitet jedoch die starke Volatilität der Metallpreise an den Rohstoffbörsen große Schwierigkeiten. Diese erschwert eine langfristige Planbarkeit immens und kann im ungünstigsten Fall durch nicht kalkulierbare Schwankungen die Unternehmensbilanz stark belasten.

Begriffsverständnis in den befragten Unternehmen

Über 55 %⁴ der befragten Unternehmen antworteten auf die Frage nach dem Verständnis des Begriffs Materialeffizienz, dass es darum gehe, Material optimal einzusetzen und Verschnitt zu reduzieren. Diese Antwortkategorie lässt auf das ausgeprägteste Effizienzverständnis schließen. Immerhin ein Unternehmensvertreter gab an, den Begriff zum ersten Mal gehört zu haben.

Bei genauerer Betrachtung (s. **Abbildung 5-2**) zeigt die Verteilung der Antworten zum Materialverständnis aufgespalten nach Branchengruppenzugehörigkeit Folgendes:

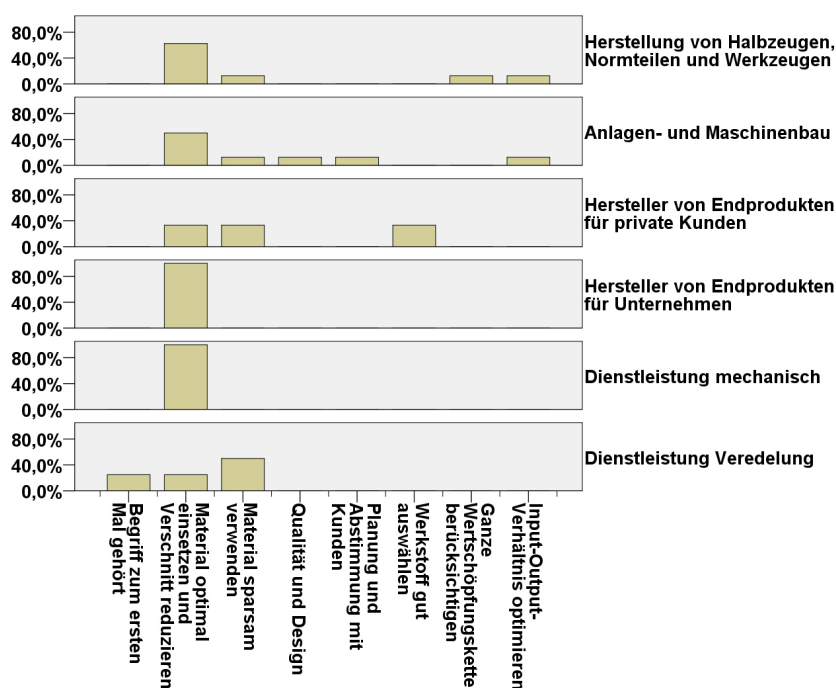


Abbildung 5-2: Verständnis von Materialeffizienz nach Branchengruppen („Dienstleistung mechanisch“: nur ein befragtes Unternehmen)

100 % der Befragten aus der Branchengruppe „Hersteller von Endprodukten für Unternehmen“ sowie das eine befragte Unternehmen aus der Branchengruppe „Dienstleistungen mechanisch“ antworten sinngemäß, Materialeffizienz bedeute „Material optimal einsetzen und Verschnitt reduzieren“.

Obgleich in dieser Kategorie auch insgesamt die meisten Antworten zu finden sind, ist es doch bemerkenswert, dass die Branchengruppe „Hersteller von Endprodukten für Unternehmen“ hier mit 100 % ihrer Befragten zu finden ist.

⁴ Anmerkung: Prozentangaben der Befragungsergebnisse in diesem Kapitel beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf die gültigen Antworten. Dies hat folgenden Grund: Die Befragung wurde im Rahmen eines teilstandardisierten Leitfadengesprächs durchgeführt. Auch wenn Fragen bzw. Antwortalternativen vorgegeben waren, sollten die Befragten immer die Möglichkeiten bekommen, in ihren eigenen Worten zu antworten. Die Antworten wurden für die Auswertung codiert und es wurden Kategorien gebildet. Wenn Befragte in einer Kategorie nicht geantwortet hatten, ist dies daher nicht als Antwortverweigerung im Sinne einer quantitativen Befragung zu werten. Umgekehrt sind die Anteile der positiven Antworten deutlich aussagekräftiger zu werten als in quantitativen Interviews, da diese Antworten unabhängig voneinander und ohne Vorgabe gegeben wurden.

Dies deutet auf zweierlei Zusammenhänge hin:

1. Im Falle der mechanischen Bearbeitung handelt es sich oft um spanende Prozesse. Hier fällt besonders viel Verschnitt an, demzufolge sind diese Betriebe höchst interessiert an einer materialeffizienten Produktion. Diese These wird durch folgende Tatsache gestützt: Das befragte Unternehmen im Bereich der mechanischen Dienstleistungen befand sich mit einer Menge > 20 T/Jahr in der höchsten abgefragten Kategorie.
2. Bei Herstellern von Endprodukten von Unternehmen ist zu vermuten, dass diese Betriebe unter besonderem Kostendruck stehen. Dies erfordert eine besondere Beachtung von Materialeffizienz aus Kostengründen.

Folgende Aspekte werden demnach durch das Ergebnis dieser Frage in den Vordergrund gerückt:

1. Dort, wo eine verschnittintensive Produktion zu finden ist, ist offenbar der Druck hoch, sich mit dem Thema Materialeffizienz auseinanderzusetzen, denn Verschnitt bedeutet finanziellen Verlust.
2. Dort, wo Endprodukte für Unternehmen gefertigt werden, bspw. Zulieferer für die Autoindustrie, besteht ebenfalls die Notwendigkeit, sich mit Materialeffizienz eingehend zu befassen. Es ist zu vermuten, dass hier Unternehmen als Kunden einen größeren Preisdruck ausüben als andere Kunden, was die Aufmerksamkeit auf Effizienzsteigerungen und Materialeffizienz lenkt.

Substitutionsmöglichkeiten

Im Rahmen der Befragung wurden die Unternehmen gefragt, ob sie Möglichkeiten sehen, die von ihnen eingesetzten Materialien zu substituieren.

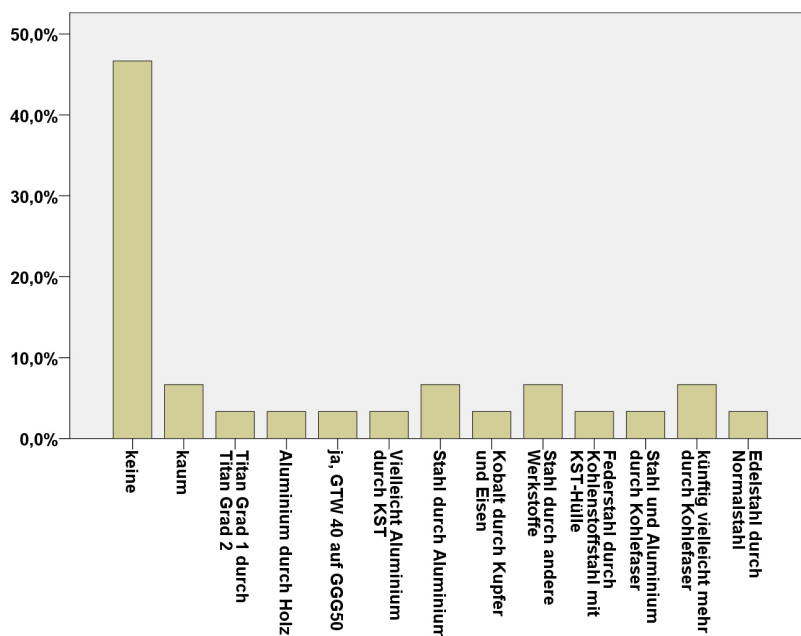


Abbildung 5-3: Substitutionsmöglichkeiten

Abbildung 5-3 zeigt, dass ein großer Teil der Unternehmen (47 %) keine Substitutionsmöglichkeiten sieht. Jeweils zwei Unternehmen sehen die Möglichkeit, Stahl durch Aluminium zu ersetzen bzw. künftig mehr Kohlefasern einzusetzen. Acht weitere Substitutionsmöglichkeiten wurden jeweils einmal von einem Unternehmen genannt.

Dies deutet darauf hin, dass Substitution ein sehr individuelles Thema ist, das in erster Linie von der Funktionalität des Produkts und vom Preis abhängt.

Betrachtet man die einzelnen Branchengruppen, zeigt sich, dass die Anlagen- und Maschinenbauer die am breitesten gefächerten Substitutionsmöglichkeiten sehen. Kein Anlagen- und Maschinenbauer antwortet, dass er keine Substitutionsmöglichkeiten sehe.

Hierzu lässt sich folgende Vermutung anstellen: Anlagen- und Maschinenbauer liefern in der Regel komplexere Produkte als beispielsweise Hersteller von Halbzeugen und Normteilen, wo ein großer Anteil der Befragten antwortete, er sehe keine Substitutionsmöglichkeiten (75 %). Innerhalb der Konstruktion einer kompletten Anlage bzw. Maschine hat der Hersteller offenbar gewisse Freiheiten zu substituieren. Hersteller von Halbzeugen oder Normteilen sind bei ihrem Produkt in der Regel eng an Normen und Standardmaße gebunden. Dies bestätigt *Abbildung 5-4*.

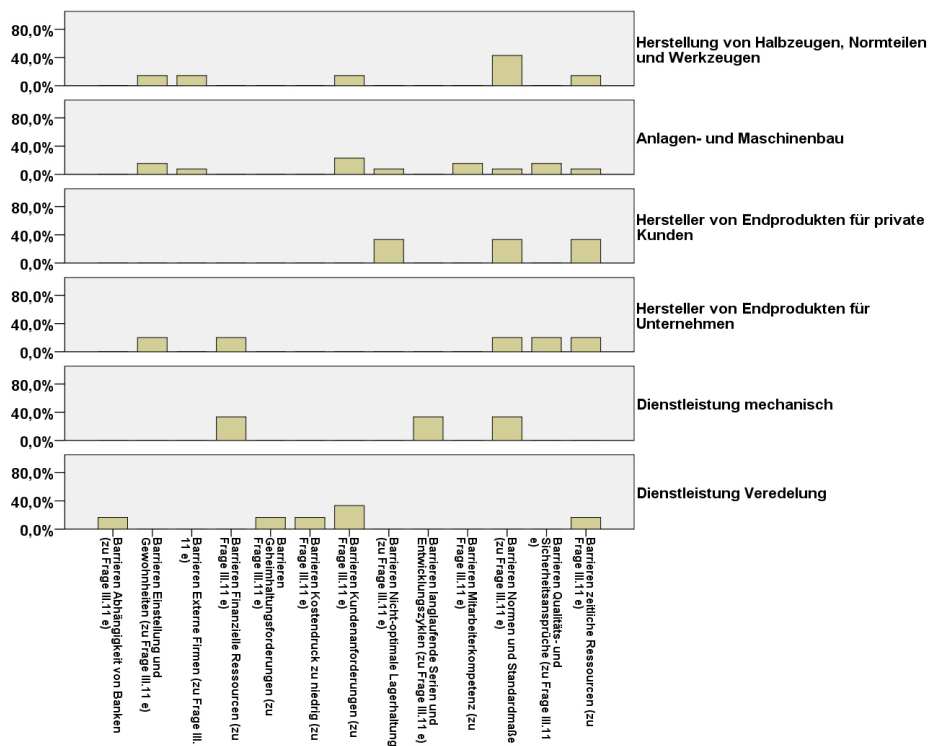


Abbildung 5-4: Barrieren für Materialeffizienz nach Branchengruppen

Hier ist zu erkennen, dass unter den Herstellern von Halbzeugen, Normteilen und Werkzeugen der größte Anteil (38 %) Normen und Standardmaße als eine Barriere für den Einsatz materialeffizienzsteigernder Maßnahmen betrachtet.

Dies lässt den Schluss zu: Je höher die Fertigungstiefe, desto größer die Möglichkeiten der Substitution, da die Abhängigkeit von Normen und Standardmaßen innerhalb komplexer Produkte eher kompensiert werden kann. Hier können ganze Systemkomponenten auf alternative Konstruktionsmöglichkeiten abgestimmt werden.

Stellenwert von Materialeffizienz und Erfahrungen mit materialeffizienzsteigernden Maßnahmen

Ein weiteres Ergebnis bestärkt diese These: Mit 27 % liegt der Anteil der Maschinen- und Anlagenbauer, die angeben, Erfahrungen mit materialeffizienzsteigernden Maßnahmen im Bereich der Konstruk-

tion zu haben, fast dreimal so hoch wie der entsprechende Anteil der Hersteller von Halbzeugen und Normteilen (10 %) (s. *Abbildung 5-5*).

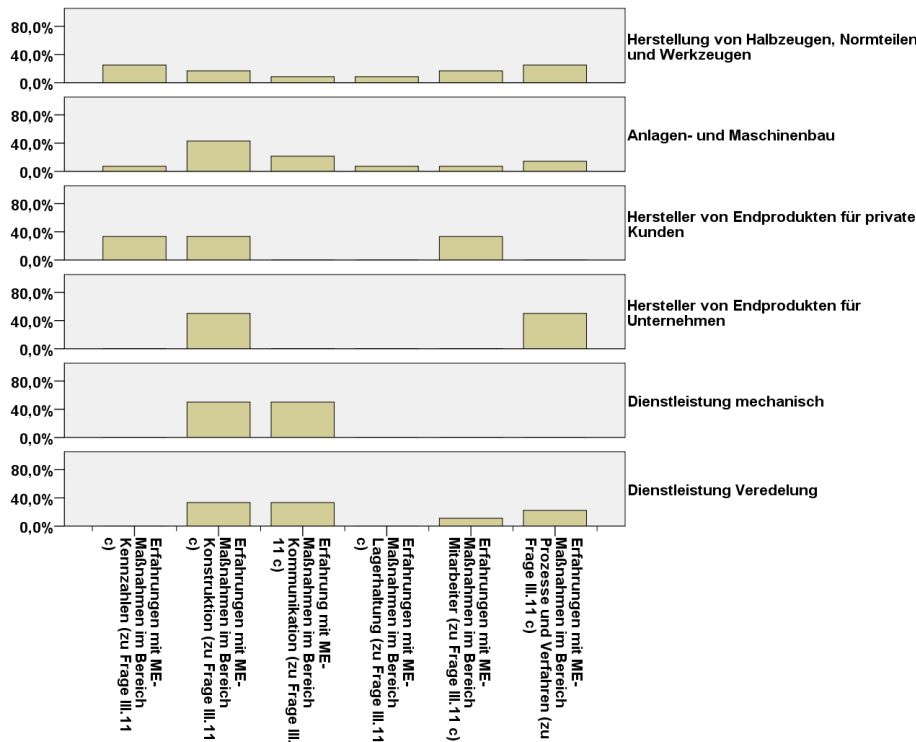


Abbildung 5-5: Erfahrung mit materialeffizienzsteigernden Maßnahmen

Den Aussagen der Unternehmensvertreter zufolge genießt Materialeffizienz insgesamt einen hohen Stellenwert. Gut 50 % der befragten Unternehmen maßen Materialeffizienz mindestens einen hohen Stellenwert bei. Dies deckt sich gut mit den Erkenntnissen zum Verständnis von Materialeffizienz: Über 50 % der Befragten konnten ein gutes Verständnis von Materialeffizienz aufweisen. Interessanter ist jedoch die Frage, ob sich der vorgeblich hohe Stellenwert der Materialeffizienz auch in praktischen Maßnahmen widerspiegelt oder ob Anspruch und Wirklichkeit eventuell auseinanderklaffen.

Insgesamt scheint der hohe Stellenwert mit praktischen Maßnahmen unterfüttert zu sein. Knapp 90 % der Unternehmen gaben an, bereits praktische Erfahrungen mit materialeffizienzsteigernden Maßnahmen zu haben.

Im Rahmen der Befragung wurde zum Zweck einer weiteren Ausdifferenzierung untersucht, in welchen Bereichen Erfahrungen mit materialeffizienzsteigernden Maßnahmen vorhanden sind. Dabei handelt es sich um folgende Bereiche:

- Kommunikation und Kooperation zwischen Unternehmen und anderen Akteuren (Kunden, Zulieferern, etc.)
- Konstruktion
- Prozesse und Verfahren
- Lagerhaltung
- Mitarbeiter
- Kennzahlensysteme

Hier zeigen sich interessante Unterschiede zwischen den Unternehmen, die Rückschlüsse über die tatsächlichen Bemühungen im Bereich Materialeffizienz zulassen.

Im Durchschnitt hat jedes Unternehmen immerhin in mehr als zwei Bereichen Erfahrung mit Materialeffizienzsteigerungsmaßnahmen. Ein Unternehmen aus der Gruppe der Maschinen- und Anlagenbauer konnte sogar Erfahrung in sechs Bereichen vorweisen. Dies bestätigt erneut die Erkenntnisse des vorangegangenen Abschnitts, dass in dieser Gruppe vielfältiges Potenzial zur Materialeffizienzsteigerung besteht. Drei Unternehmen, also etwa 10 %, gaben an, bisher noch keinerlei Erfahrung mit Maßnahmen zur Materialeffizienzsteigerung zu haben.

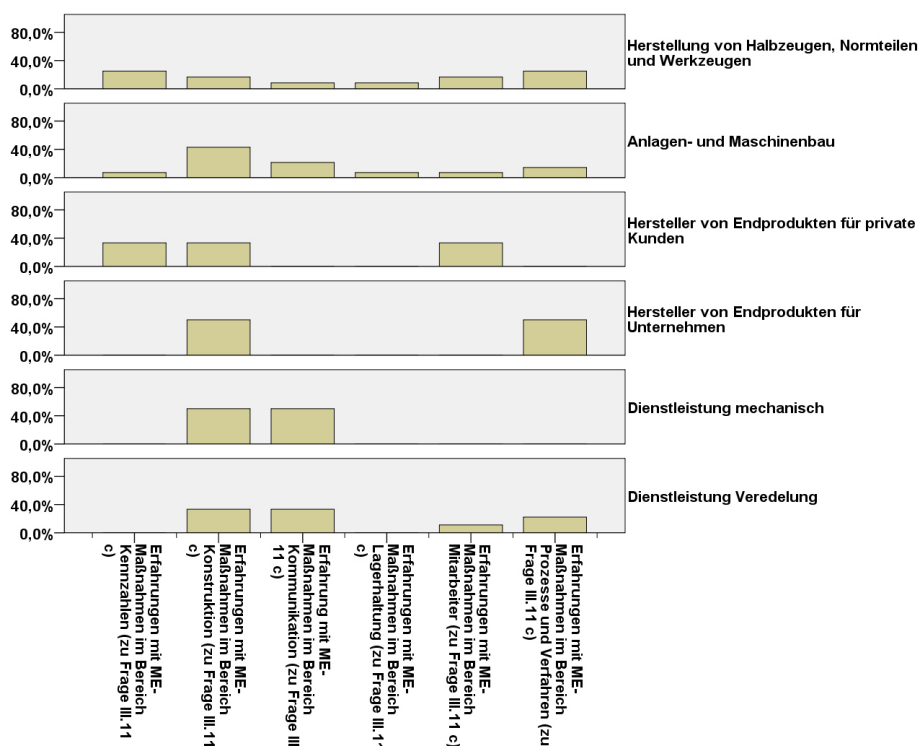


Abbildung 5-6: Erfahrungen mit Materialeffizienzsteigerungsmaßnahmen nach Bereichen und Branchengruppen

Abbildung 5-6 zeigt, dass im Bereich der Anlagen- und Maschinenbauer das breiteste Spektrum an umgesetzten oder durchgeführten materialeffizienzsteigernden Maßnahmen zu suchen und zu finden ist – aber auch die Hersteller von Halbzeugen, Normteilen und Werkzeugen sind in allen Bereichen der materialeffizienzsteigernden Maßnahmen zu finden.

Die Maßnahmen selbst, die zur Materialeffizienzsteigerung umgesetzt wurden, scheinen Wirkung zu zeigen. Wie sich herausstellte, schätzen die Unternehmen ihre Maßnahmen tendenziell durchweg positiv ein. Kein einziges Unternehmen war nicht zufrieden. Jeweils 21 % der Befragten waren „relativ zufrieden“ beziehungsweise „sehr zufrieden“. Die große Mehrheit von 58 % war „zufrieden“.

Es ist zu vermuten, dass Unternehmen, die positive Erfahrungen mit materialeffizienzsteigernden Maßnahmen gesammelt haben, auch weiteren Maßnahmen in diese Richtung gegenüber aufgeschlossen sein werden. Die Tatsache, dass kein einziges Unternehmen negative Erfahrungen gemacht hat, deutet darauf hin, dass man Unternehmen ermutigen sollte, einen ersten Schritt zu tun.

Barrieren

Trotz der offenen Einstellung gegenüber Materialeffizienz, dem Interesse, der positiven Erfahrungen und der Zufriedenheit scheint es dennoch starke und vielfältige Barrieren zu geben. Auch dieser Aspekt wurde in der Untersuchung beleuchtet.

Die Auswertung spricht diesbezüglich eine deutliche Sprache: Sämtliche (relativ zufrieden: 21,05 %; zufrieden: 57,89 %; sehr zufrieden: 21,05 %) Befragten beantworteten die Frage, ob sie Erfahrungen mit Barrieren haben, wenn es darum gehe, materialeffizienzsteigernde Maßnahmen umzusetzen, mit Ja.

Für den Transfer von Konzepten der Materialeffizienzsteigerung scheint die Beschäftigung mit Barrieren unverzichtbar zu sein. Aus diesem Grund wurde im Rahmen der Untersuchung eine differenzierte Beleuchtung dieses Bereichs vorgenommen. Es wurden verschiedene Arten von Barrieren untersucht. *Abbildung 5-7* zeigt die Bereiche, in denen die Befragten auf Barrieren hinwiesen.

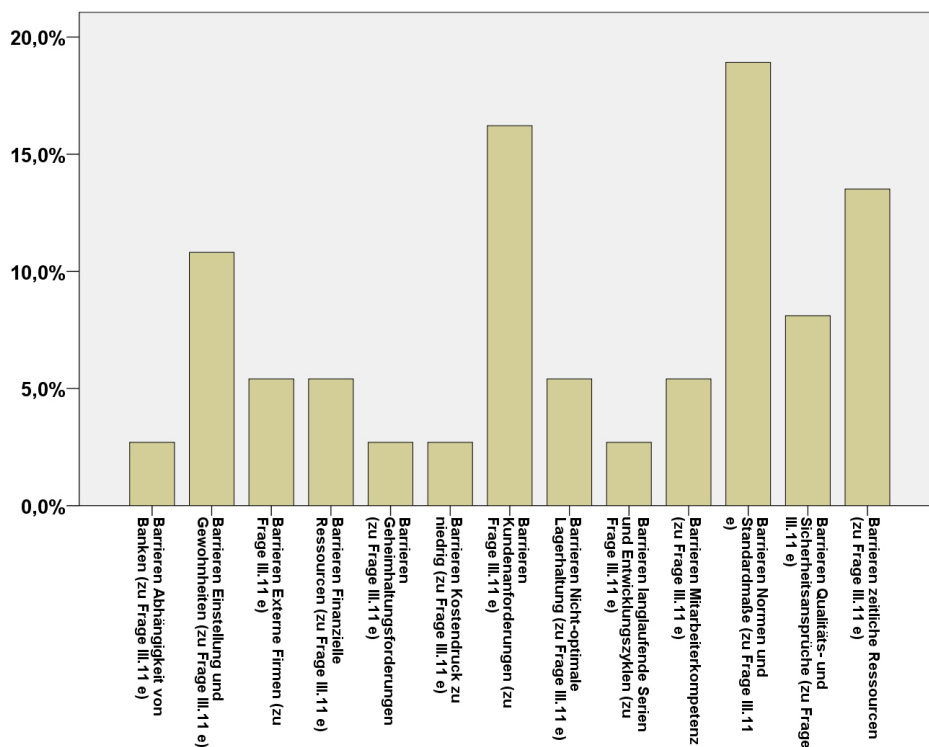


Abbildung 5-7: Barrieren bei der Umsetzung materialeffizienzsteigernder Maßnahmen

Demnach erleben verhältnismäßig viele Befragte (19 %) vorgegebene „Normen und Standardmaße“ als eine Barriere für materialeffizienzsteigernde Maßnahmen.

Dies unterstreicht ein Zitat eines Unternehmensvertreters aus einem der Expertenworkshops:

„Wir produzieren halt nach Normen, nach DIN, nach Vorschrift, und da sind uns eigentlich im Prinzip die Hände gebunden.“ (Workshop 1)

Auf „Normen und Standardmaße“ folgen „Kundenanforderungen“, die 16 % der Befragten als Barriere nannten. Auf den Plätzen 3 und 4 der Barrieren finden sich „zeitliche Ressourcen“ (14 %) bzw. „Einstellung und Gewohnheiten“ (11 %), auf Platz 5 liegen „Qualitäts- und Sicherheitsansprüche“ (8 %). Weitere Barrieren wurden jeweils von 3–5 % der Befragten genannt (s. *Abbildung 5-7*).

Von besonderem Interesse dürften bei Letzteren noch die Barrieren im Bereich „Mitarbeiterkompetenz“ (5 %) und „Lagerhaltung“ (5 %) sein. Beides sind Barrieren, die bisher in der Debatte um Materialeffizienz selten genannt werden. Dass der einzelne Mitarbeiter zur Materialeffizienzsteigerung beitragen kann (oder im negativen Fall: sie verschlechtern kann), könnte Strategien fordern, die sich auf Mitarbeiterschulungen und -fortbildung konzentrieren.

Der Aspekt der Lagerhaltung ist insofern interessant, als in den letzten Jahrzehnten branchenübergreifend ein starker Trend zur Reduzierung von Lagerkapazitäten zu verzeichnen war. Ziel dieser Bestrebungen war und ist, die Kosten für Lagerhaltung zu senken. Die Möglichkeit, dass eine umfangreichere Lagerhaltung beispielsweise durch Vorhandensein der optimal zugeschnittenen Teile Verschnitt reduziert, somit die Materialeffizienz wesentlich steigert und damit Kosten spart, wirft ein neues Licht auf die Kostenrechnung im Bereich der Lagerhaltung und Logistik. Im Zuge steigender Rohstoffpreise ist es bedenkenswert, Effizienzanalysen in dieser Richtung anzustellen, die den Trade-off von Lagerkosten und Verschnitt berücksichtigen. In bestimmten Fällen könnte das Ergebnis sein, dass aufwendigere Lagerhaltung sowohl ökonomisch als auch ökologisch die materialeffizientere Alternative gegenüber der Minimierung von betriebseigenen Lagerflächen ist.

Die fünf meistgenannten Barrieren lassen sich schließlich zu drei Kategorien verdichten:

1. Barrieren, die durch Vorgaben von außen entstehen („Normen und Standardmaße“, „Qualitäts- und Sicherheitsansprüche“, „Kundenanforderungen“)
2. Barrieren, die Bewusstsein und Wissen betreffen („Einstellung und Gewohnheiten“)
3. Barrieren, die durch betriebliche Ressourcen entstehen („zeitliche Ressourcen“)

Um den Transfer materialeffizienzsteigernder Handlungsoptionen zu forcieren, sollten diese Barrieren in Transferstrategien berücksichtigt werden.

Während die dritte Kategorie „Barrieren durch betriebliche Ressourcen“ in der Regel ein sehr individuelles Problem sein dürfte, lassen sich Bereiche wie „Bewusstsein und Wissen“ und „Vorgaben von außen“ durchaus allgemeiner behandeln: Wissen und Bewusstsein können vermittelt werden. Im Fall von externen Vorgaben können zunehmende Kooperation und Kommunikation zwischen Akteuren helfen, die Anforderungen der Auftraggeber und Auftragnehmer im Hinblick auf eine gesteigerte Materialeffizienz abzustimmen. Diese Erkenntnis lenkt die Aufmerksamkeit auf einen weiteren Untersuchungsaspekt: Kooperation.

Kooperation mit Kunden und Zulieferern

Kooperation zwischen Kunden und Zulieferern kann eine Abstimmung von Anforderungen seitens der Kunden und optimalen Produktionsmöglichkeiten seitens der Produzenten ermöglichen, die zu einer Steigerung der Materialeffizienz führt. Es war deshalb von Interesse zu erkunden, wie die Situation hinsichtlich solcher Kooperationen derzeit aussieht.

Immerhin 61 % der befragten Unternehmen gaben an, mit ihren Kunden in Austausch zu stehen, zu kommunizieren und sich abzusprechen. Weniger ausgeprägt war diese Kooperation in Richtung der Zulieferer: Deutlich weniger als die Hälfte der Befragten (39 %) gaben an, hier intensiv zu kooperieren.

Zwar wurden Kundenanforderungen, wie oben gesehen, als eine Barriere wahrgenommen. Dennoch scheint in diesem Bereich mittlerweile eine gewisse Dialogkultur entstanden zu sein, auch wenn ein Anteil von nur etwa 60 % bedeutet, dass es noch ein weiter Weg sein dürfte, bis Kommunikation und Kooperation, die über vertragliche Angelegenheiten hinausgehen, über Unternehmensgrenzen hinweg generell die Regel sind. Im Fall der Kommunikation zum Zulieferer gilt es, noch weit mehr Potenzial

auszuschöpfen. Seine Lieferanten in Planungen kooperativ einzubinden ist mit knapp 40 Prozent der entsprechenden Antworten noch wesentlich weniger üblich.

Einen Hinweis darauf, was die Kooperation erschwert, gibt *Abbildung 5-7*. Dort wird als Barriere unter anderem genannt: „Geheimhaltung“. Dies spricht eine Problematik an, die Kommunikation deutlich erschwert. Die Angst vor Know-how-Abzug bei Kooperationen über die Unternehmensgrenze hinweg ist groß. Unter Berücksichtigung dieser Ängste gilt es, zu Kooperationen zu motivieren. Gezielt könnten dabei Konzepte verfolgt werden, die Kooperation entlang der Wertschöpfungskette propagieren. Bei dieser Art von Kooperation ist die Gefahr des Know-how-Abzugs geringer als bei Branchennetzwerken, da alle Akteure der Wertschöpfungskette von Effizienzgewinnen profitieren können.

Die Wichtigkeit dieser Thematik bestätigen auch Kommentare der Experten aus den Workshop-Veranstaltungen des Projekts. Ein Unternehmer äußerte dort:

„Viele Sachen geben die Entwickler vor, solche Dinge wie Tragfähigkeit. Wir können dann eigentlich nur schauen, dass wir den Kunden richtig beraten, falls er nicht weiß, was er genau braucht. Aber großen Einfluss – dass wir sagen können: „Nein, wir nehmen doch den kleineren Querschnitt, das wird dann schon klappen“ – diesen Einfluss haben wir nicht.“ (Workshop 1)

Oder auch:

„Ich bin der Meinung, wenn man effektiv an der Materialeffizienzschraube drehen möchte, dann darf man jetzt nicht bloß innerhalb von einem Unternehmen den Fokus richten, sondern man muss im Prinzip die gesamte Wertschöpfungskette betrachten, die Lieferanten, aber auch die Kunden mit einbeziehen – das Potenzial wurde ja aufgezeigt, was möglich ist, wenn der Kunde auf bestimmte Feinheitsgrade oder eine Detaillierung ein bisschen verzichtet und dafür aber genauso gut wegkommt.“ (Workshop 1)

Dies deutet darauf hin, dass eine strategische branchenübergreifende Sensibilisierung für ein aktiveres Kommunikations- und Kooperationsklima zu Abstimmungsprozessen führen könnte, die der Materialeffizienzsteigerung zugutekommen.

Mitarbeiter

Abbildung 5-7 gibt Anlass, eine weitere Barriere, „Mitarbeiterkompetenz“, genauer zu betrachten. Der bereits angesprochene Einfluss des Mitarbeiters auf die Materialkompetenz kann mit den Ergebnissen der Befragung noch etwas genauer beleuchtet werden. Insgesamt antworteten 45 % der befragten Unternehmen auf die Frage nach der Bedeutung des Mitarbeiters für die Materialkompetenz, dass der Mitarbeiter „sehr wichtig“ sei. Noch aufschlussreicher wird dieses Ergebnis bei Betrachtung der nach Branchengruppen aufgespalteten Antworthäufigkeiten.

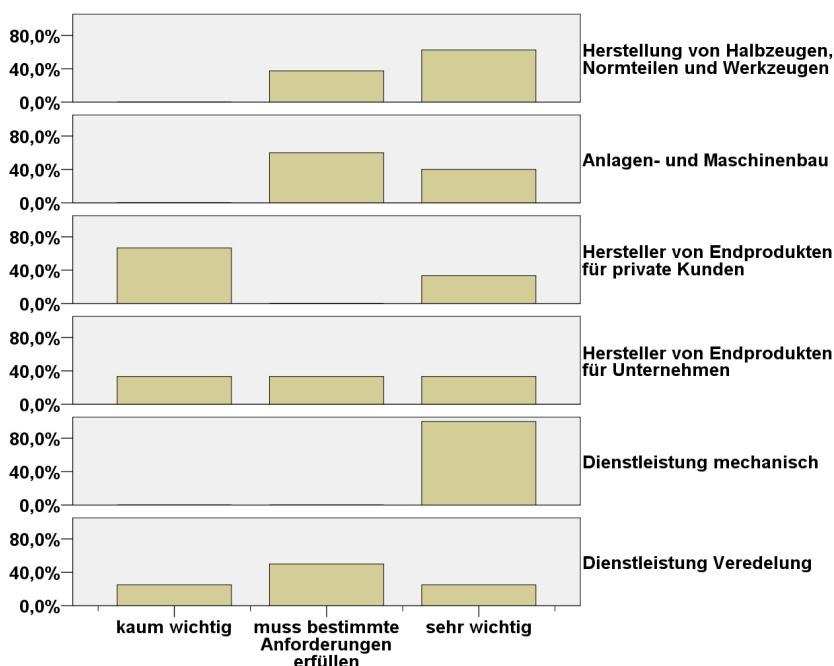


Abbildung 5-8: Rolle des Mitarbeiters („Dienstleistung mechanisch“: nur ein befragtes Unternehmen)

Abbildung 5-8 zeigt wieder eine Ähnlichkeit bei den Branchengruppen mit in der Regel geringerer Fertigungstiefe: „Herstellung von Halbzeugen, Normteilen und Werkzeugen“ sowie „Dienstleistungen mechanisch“. Diese beiden Bereiche sind mit ihren Verfahrensschritten am dichtesten am Rohmaterial angesiedelt. Hier finden die Metall bearbeitenden Schritte statt, die potenziell den größten Einfluss auf die Verschnittmenge haben (Fräsen, Zuschneiden etc.). Die Tatsache, dass gerade in diesen beiden Branchengruppen die Rolle des Mitarbeiters für die Materialeffizienz vielfach als „sehr wichtig“ eingeschätzt wird, bestärkt die These, dass der Einfluss und damit die Kompetenz des Mitarbeiters in diesen Bereichen wesentlich mitbestimmt, wie hoch die Verschnittmenge ist.

Dies genauer zu betrachten könnte Gegenstand gesonderter Untersuchungen sein. Die hier gefundenen Ergebnisse legen nahe, dass Mitarbeiterkompetenz im Bereich der Materialeffizienz, also gewissermaßen eine „Ressourcenkompetenz“, in manchen Branchengruppen ein wesentlicher Baustein für eine Strategie zur Materialeffizienzsteigerung sein könnte.

Das ideale Unternehmen

Schließlich wurden die Unternehmen aufgefordert, ihre Fantasie schweifen zu lassen und das im Hinblick auf Umsetzungschancen von Materialeffizienzsteigerungsmaßnahmen ideale Unternehmen zu skizzieren. Die Befragten sollten Aspekte nennen, die von zentraler Bedeutung sind und ein solches ideales Unternehmen charakterisieren. Ziel der Fragestellung war, das Wissen und die Erfahrung der Befragten zu erkunden, ohne dabei an den begrenzenden Begebenheiten der betrieblichen Realität innehalten zu müssen. Vorhandenes Wissen und Erfahrungen, die unter Alltagsbedingungen nicht aktiviert werden, können so exploriert werden.

Das ideale Unternehmen sollte im Hinblick auf „Beschaffung“, „Produktion“ und „Entsorgung“ skizziert werden.

Die Antworten zum idealen Unternehmen hinsichtlich Beschaffung bestätigen deutlich die bislang angestellten Vermutungen. Spontan am häufigsten (23 % der Unternehmen) wurde als Voraussetzung von Materialeffizienzsteigerungsmaßnahmen im idealen Unternehmen die „verbesserte Lagerhaltung“

genannt. Zum einen erstaunt es erneut, dass dieser sonst eher nicht prominente Aspekt der Materialeffizienzdebatte hier nicht unter „ferner liefern“ genannt wird, sondern an erster Stelle. Zum anderen bestätigt es den oben bereits gewonnenen Eindruck, dass diesem Bereich mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte. Hierzu scheint es sinnvoll, Untersuchungen des Trade-offs zwischen Verschnitt und Lagerhaltung vorzunehmen, um den Effekt auf die ökologischen wie ökonomischen Aspekte der Materialeffizienz bestimmen zu können (s. o.).

Der Aussage zur Lagerhaltung folgen Nennungen wie „bessere Lieferanten“ und „Einkaufsverbund“ (jeweils 14 %). Dies führt ebenfalls zu einem bereits oben beschriebenen Ergebnis, es weist erneut auf den Aspekt der Kooperation hin. Diese beiden Voraussetzungen für das ideale Unternehmen sind vermutlich weit weniger schwer zu erfüllen als vermutet. Absprachen, Netzwerke und Kommunikationslösungen könnten dazu beitragen, diese Bedingungen zu schaffen. Die Weckung von Bereitschaft und Interesse für solche Kooperationslösungen sollte Bestandteil von Sensibilisierungsstrategien und Bewusstseinsarbeit sein.

Diese beiden Merkmale eines idealen Unternehmens, Lagerhaltung und Kooperation, bekommen umso mehr Bedeutung, wenn man sich die Ergebnisse aus der Befragung zum idealen Unternehmen hinsichtlich der Produktion und der Entsorgung anschaut.

In beiden Fällen fallen Antworten auf, die einer ähnlichen Logik folgen. Im Fall der Produktion wurde „keine Änderung erwünscht“ am häufigsten genannt (31 % der Unternehmen), im Fall der Entsorgung „bereits alles umgesetzt“ (38 % der Unternehmen). Beide Angaben entziehen sich letztlich der Fragestellung und der Aufforderung, Wissen und Erfahrung in Form eines fiktiven Soll-Zustands kreativ einzubringen, sondern verweisen auf den Ist-Zustand. Dieser Ist-Zustand wird offenbar von jeweils etwa einem Drittel der Befragten als nicht weiter verbesserungsbedürftig erachtet. Ob dies im Einzelnen tatsächlich zutrifft und kein Steigerungspotenzial mehr vorhanden ist, ist ohne eine detaillierte Einzeluntersuchung nicht zu beurteilen.

Zwischenfazit

- Preise und Marktentwicklungen beschäftigen die Unternehmen. Künftige Entwicklungen können jedoch nur grob eingeschätzt werden. Insgesamt wird der Bedarf deutlich, sich von Marktschwankungen unabhängiger zu machen.
- Im Allgemeinen ist ein gutes Verständnis von Materialeffizienz vorhanden.
- Besonderer Kostendruck durch Unternehmen als Kunden wie auch Verschnitt produzierende Verarbeitung scheinen Anreiz zu sein, sich mit Materialeffizienz zu beschäftigen.
- Der überwiegende Teil aller Unternehmen sieht keine Substitutionsmöglichkeiten für ihre Werkstoffe. Substitution scheint ein sehr individuelles Thema zu sein, das werkstoff- und prozessbezogene weiter gehende Untersuchungen erfordert.
- Wenn Substitution möglich ist, zeigt sich, dass die breitesten Spannen an Substitutionsmöglichkeiten dort zu finden sind, wo die Fertigungstiefe ausgeprägt ist (Anlagen- und Maschinenbauer), und weniger bei geringer Fertigungstiefe und hohen Vorgaben durch Kunden oder Normen (Halbzeug- und Normteilhersteller).
- Im Allgemeinen wird der Materialeffizienz ein hoher Stellenwert beigemessen.
- 90 % der Unternehmen geben an, bereits praktische Erfahrungen mit materialeffizienzsteigernden Maßnahmen zu haben.

- Fast alle Unternehmen sind mit bereits durchgeführten Maßnahmen zufrieden. Unternehmen zu einem ersten Schritt zu bewegen könnte demzufolge eine Strategie sein, das Thema durch positive Erfahrungen weiterzuverbreiten.
- Sämtliche Unternehmen haben Erfahrungen mit Barrieren, wenn es darum geht, materialeffizienzsteigernde Maßnahmen umzusetzen.
- Normen und Standardmaße, Kundenvorgaben sowie Einstellungen und Gewohnheiten sind die meistgenannten Barrieren.
- Für Strategien zum Transfer von Maßnahmen sollten demnach folgende Bereiche fokussiert werden: Barrieren, die durch Vorgaben von außen bestehen, durch Kooperation beseitigen; Barrieren, die Bewusstsein und Wissen betreffen, durch Bildungs- und Bewusstseinsbildung beseitigen; Barrieren, die individuelle Ressourcen betreffen, durch Detailstudien erforschen.
- Kooperation mit Kunden praktizieren ca. 60 % der Befragten, mit Zulieferern ca. 40 %. Motivation zu Kommunikation, Kooperation und Sensibilisierung für Lebenszyklusdenken sind mögliche Strategieelemente für Transferkonzepte.
- Die Rolle des Mitarbeiters bzgl. Materialeffizienz wird dort für sehr wichtig gehalten, wo spannende und verschnittintensive Verfahren zur Anwendung kommen. Hier ist eine Art „Ressourcenkompetenz“ gefragt, die in den genannten Bereichen ein wesentlicher Baustein einer Materialeffizienzstrategie zu sein scheint. Weitere Analysen und Untersuchungen in diesem Bereich könnten Aufschluss über den Mitarbeiterinfluss geben und helfen, Schulungs- und Fortbildungsstrategien zu entwickeln.
- Lagerhaltung ist ein wesentlicher Aspekt der Materialeffizienz. Optimale Lagerhaltung reduziert Verschnitt. Diese Angabe stellt das Konzept der Lagerflächenreduzierung infrage. Hier empfiehlt sich eine Analyse, die den Trade-off von Lagerhaltung und Verschnitt bezüglich des Effekts auf die ökonomischen wie ökologischen Aspekte der Materialeffizienz untersucht.

6 Strategien und Potenziale zur Ressourcenschonung

6.1 Technologien und Verfahren

Auf die Frage nach umgesetzten oder geplanten technischen Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz konnten die befragten Unternehmen zahlreiche Beispiele benennen. Primärer Anreiz für solche Maßnahmen ist für die allermeisten Unternehmen die Kosteneinsparung („Wir müssen Kosten sparen, sonst sind wir weg vom Markt“). Die Schonung der natürlichen Ressourcen ist eher ein Nebeneffekt im Sinne einer „doppelten Dividende“. Ein Befragter bekannte jedoch: „Umwelt, ich weiß, dass es sich nicht schön anhört, spielt aber keine Rolle.“

Tabelle 6-1 zeigt ausgewählte Ansätze zur Materialeinsparung einschließlich der jeweils gewählten Umsetzungsstrategie und des geschätzten Einsparpotenzials, um einen Eindruck von der großen Bandbreite der technisch erschließbaren Potenziale⁵ zu vermitteln.

⁵ „Potenzial“ wird in diesem Kontext als die Gesamtheit an Möglichkeiten zur Steigerung der Materialeffizienz verstanden.

Tabelle 6-1: Maßnahmen der Kategorie Technologien und Verfahren zum effizienten Materialeinsatz in den befragten Unternehmen; Quelle: Interviews

Firma Nr.	Stellschraube	Umsetzungsstrategie	Geschätztes Einsparpotenzial
5	Wechsel von L-förmigem Profil auf T-förmiges Profil	Zusammenarbeit mit einem externen Berater	5-6 % Materialersparnis bzw. 0,2-0,4 t/a
6	Pressform beim Sintern berücksichtigen; d. h. passende Form verwenden, damit nachher kein Material abgetragen werden muss	interne Optimierung	2 % weniger Material; würde 15.000 Euro ausmachen
8	Verwendung des Verschnitts als Halterung	interne Optimierung	Abfall „geht gegen null“
10	vollautomatische Überwachung	Toyota-Prinzip	Einsparungen bei Material- und Personalkosten
12	Beschichtungsdicke nach DIN wurde stark reduziert	Optimierung der Temperatur, Eintauchzeit und Zugabe von Legierungselementen	30 % Materialeinsparung
18	Gießen statt Bohren → bei der Bearbeitung weniger Abfall	Konstruktion	10 % Materialeinsparung
26	Trockenzerspannung mit Ultraschall	Innovation/Entwicklung	2 mm Materialeinsparung: bei 50.000 Rohren werden 100 m Rohrlänge eingespart
1	Zusatz von zerspanungsfördernden Elementen	Entwicklung/Werkstoffforschung	bis zu 10 %
17	Vollautomatisierung der Prozesse	Verfahrensplanung, Entwicklung, Optimierung	„Es gibt keinen Ausschuss und keinen Abfall. Nichts von Hand versauen.“
23	Bei Serienteilen wird versucht, mit dem Rohdurchmesser möglichst nah an das Fertigungsmaß heranzukommen.	Konstruktion/Einkauf	Potenzial hoch, Menge abhängig vom Durchsatz
29	„Material wird bei mehreren aufeinander folgenden Projekten verwendet“	Prozessoptimierung/Fertigungsabläufe mit Einkauf in Einklang bringen	Potenzial hoch, „bisher größte Einsparung“

6.1.1 Strategien und Potenziale

Die von den Unternehmen genannten Maßnahmen wurden um Beispiele aus der Fachliteratur ergänzt – mit dem Ziel, allgemeingültige Potenziale und Strategien zur Steigerung der Materialeffizienz in Metall verarbeitenden KMU abzuleiten. Die technischen Potenziale und Strategien sind in unterschiedlichen Bereichen angesiedelt, die im Folgenden näher erläutert werden.

6.1.1.1 Konstruktion und Materialeinsatz

Der für ein Produkt notwendige Materialeinsatz wird im Wesentlichen bereits in der Produktplanungs- und Konstruktionsphase bestimmt. Potenziale liegen dabei in einer optimalen Verwendung und Kombination von bekannten, aber auch von neuen Konstruktionsmethoden.

Beispiele:

- Genaue Festigkeitsberechnungen bei der Bauteilauslegung ermöglichen eine Reduzierung des Sicherheitsfaktors und damit des Materialüberschusses.
- Das Abstimmen der Konstruktionsmaße auf Normmaße führt zu minimalem Zerspanaufwand und einer Minimierung der Reststoffe.
- Die Wahl des Fertigungsverfahrens ist entscheidend für die notwendige Materialmenge. So bedeutet z. B. ein endabmessungsnahes Gießen weniger Späne bei der anschließenden Bearbeitung mittels Drehen oder Fräsen.
- Die Verwendung mathematischer Verfahren (z. B. Finite-Elemente-Methode) hilft bei der Vorhersage des Verschleißes und der Rissbildung.
- Eine Optimierung der Rohmaterialausnutzung kann durch numerische Verfahren unterstützt werden.

Das Potenzial liegt insbesondere darin, in der Produktplanungs- und Konstruktionsphase alle relevanten Aspekte der Verarbeitungsschritte zu antizipieren. Dabei sollte das sogenannte Prinzip des minimalen Zwanges verfolgt werden: „Die Kunst des Planens ist, so wenig Material wie nötig zu benötigen.“

6.1.1.2 Leichtbau

Leichtbauweisen spielen insbesondere in mobilen Anwendungsbereichen wie im Automobil- und Luftfahrtsektor eine wichtige Rolle. Neben der Materialeinsparung in der Fertigung kann als weiterer positiver Effekt die Einsparung von Ressourcen während der Nutzungsphase genannt werden.

Der Kraftstoffverbrauch eines Fahrzeugs hängt wesentlich von dessen Masse ab, da Roll-, Beschleunigungs- und Steigungswiderstand masseabhängig sind. Folgende Zahlen belegen die Relevanz von Leichtbaustrategien im Automobilbau: Ausgehend von einem Fahrzeuggewicht von 1000 kg geben VAN DEN BRINK ET AL. 1999 eine Verbrauchsminderung von 7 % pro 100 kg Gewichtseinsparung auf 100 km an. In SCHWARZ ET AL. 2002 wird angegeben, dass das Fahrzeuggewicht durch Leichtbauweise von 1200 kg auf rund 360 kg reduziert werden könne. Dies führe zu einer Verbrauchseinsparung an Kraftstoffen im Umfang von 13–25 %.

6.1.1.3 Oberflächenbehandlung

In der Metallverarbeitung wird die Materialeffizienz in besonderem Maße auch durch die Oberflächenbehandlung bestimmt. Welches Behandlungsverfahren zur Anwendung kommt, hängt in erster Linie von den Anforderungen an das Produkt ab. Die bei den Verfahren zur Oberflächenbehandlung jeweils einzuhaltenden Parameter sind in Normen geregelt.

Am Beispiel des Feuerverzinkens sei dies im Folgenden näher erläutert: Die DIN EN ISO 1461 („Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge [Stückverzinken]“) regelt die beim Stückverzinken geltenden Mindestauftragsstärken. Um unnötige Kosten und Umweltbelastungen durch übermäßige Beschichtung zu vermeiden, sollten die in der DIN genannten Werte nicht überschritten werden.

Die Norm gilt nicht für weitere Verfahrensvarianten des Feuerverzinkens. Diese werden in anderen Normen geregelt. So gibt es eigenständige Normen und Richtlinien für bestimmte Serienprodukte, die abweichende Festlegungen zum Feuerverzinken dieser Teile treffen (z. B. hinsichtlich der Schichtdicke). So gilt für das Feuerverzinken von Stahlrohren für Installationszwecke, die in automatischen Anlagen feuerverzinkt werden, die DIN EN 10240 (früher DIN 2444); das kontinuierliche Feuerverzinken von Band- und Feinblech ist in der DIN EN 10326 bzw. DIN EN 10327 geregelt. Das Feuerverzinken von Stahldraht erfolgt wiederum nach DIN EN 10244-2 und das Feuerverzinken von Verbindungsmitteln (Schrauben, Muttern) ist in der Norm DIN EN ISO 10684 geregelt.

Das Feuerverzinken erfolgt üblicherweise im Lohnauftrag und unterliegt damit in Deutschland den Regelungen des Werkvertragsrechts. Individuelle Vereinbarungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer sowie Festlegungen in Leistungsverzeichnissen, die Bestandteil eines Auftrags sind, haben daher Gültigkeit, auch wenn sie teilweise andere Festlegungen treffen als die sie tangierenden Normen. Wird also vom Auftraggeber eine dünnere Oberflächenbeschichtung gewünscht, um Material einzusparen, so ist dies möglich, muss aber mit dem Auftragnehmer individuell geregelt werden.

In der Praxis kommt es hin und wieder vor, dass verschiedene Werkstoffe, z. B. feuerverzinkte Gitterroste, gemeinsam mit Bauteilen oder Konstruktionen verbaut werden, die aus Edelstahl sind. Korrosionstechnisch können sich hieraus Probleme ergeben, wenn aufgrund der elektrochemischen Eigenschaften der verschiedenen Metalle Unverträglichkeiten untereinander auftreten. Solche Mischkonstruktionen sollten daher nach Möglichkeit vermieden werden.

6.1.1.4 Substitution

In der Metall verarbeitenden Industrie gibt es durchaus Möglichkeiten, die Materialeffizienz durch Materialsubstitution zu steigern und die mit dem Produkt verbundenen Umweltwirkungen zu reduzieren. Die Substitution eines Metalls durch ein anderes oder durch einen Nichtmetall-Werkstoff lässt sich insbesondere im Maschinenbau feststellen. Anlass für Substituierungen ist dort meist weniger das Bestreben, die Materialeffizienz zu steigern, als vielmehr der Wunsch des Kunden nach leichten Anlagen und Maschinen. „Solange sich der Kunde nichts Neues wünscht, machen wir es auch nicht“ – diese Aussage eines befragten Geschäftsführers drückt ein sehr reaktives Verhalten aus, ist jedoch nicht repräsentativ für die gesamte mittelständische Metallwirtschaft. Im Bereich der Herstellung von Endprodukten für private Kunden („B2C-Geschäft“) wird das Material unter ständiger Abwägung zwischen Zweckmäßigkeit auf der einen und Sparsamkeit auf der anderen Seite ausgewählt.

Demgegenüber konzentriert sich Materialeffizienz in der mechanischen Dienstleistungsbranche auf die Materialeinsparung, während Substitution meist an fehlender Kundenakzeptanz scheitert.

6.1.1.5 Prozessinnovationen

Innovationen sind von zentraler Bedeutung für die Materialeffizienz. Einer Studie im Auftrag der Deutschen Materialeffizienzagentur zufolge nimmt die Bedeutung der Innovationen mit der Größe des Unternehmens zu (*Abbildung 6-1*).

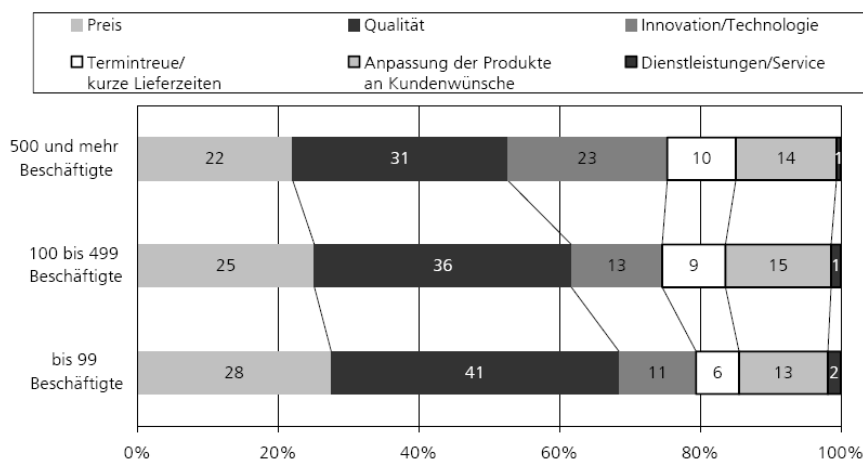


Abbildung 6-1: Prioritäre Wettbewerbsfaktoren im verarbeitenden Gewerbe; Quelle: ARTHUR D. LITTLE 2005

Innovationen können in Produkt- und Prozessinnovationen unterteilt werden. Produktinnovationen können zum einen bereits bekannte Produkte mit neuen Eigenschaften und zum anderen gänzlich neue Produkte oder Produktsysteme sein. Bei Prozessinnovationen handelt es sich um neue Prozesse (aber auch Verfahren), mit denen dieselben Produkte wie mit herkömmlichen Prozessen (oder Verfahrenen) gefertigt werden können, dies jedoch kostengünstiger und mit höherer Qualität. EDQUIST ET AL. 2001 unterscheiden bei Prozessinnovationen:

- **technologische Prozessinnovationen** wie neue Herstellungsverfahren oder Modifikationen bestehender Verfahren
- **organisatorische Prozessinnovationen** wie neue Formen der Unternehmensorganisation oder Gestaltung der Geschäftsabläufe

In den Befragungen im Projekt wurden beide Varianten der Prozessinnovation vorgefunden (vgl. **Tabelle 6-1**). In der Fachliteratur sowie in Branchen- und Unternehmensberichten wird von weiteren innovativen Ansätzen berichtet, die Potenzial zur Steigerung der Materialeffizienz in der Metall verarbeitenden Industrie besitzen. Dazu gehören:

- **Innenhochdruckumformen (IHU)**
Das Verfahren dient dem Umformen von Hohlprofilen und Blechen mithilfe flüssiger Hilfsmitteln. Als Vorteil des Verfahrens gilt die gleichmäßige Festigkeit des verformten Teils. Das Verfahren eignet sich für Bereiche, in denen es besonders auf Leichtigkeit und zugleich hohe Festigkeit ankommt. In der Automobilindustrie böte sich etwa die Fertigung von Kühlrohren, Abgaskrümmern, Dachrahmen, Antriebswellen, Sitzrahmen und Überrollbügel mit dem IHU an.
- **Metal Injection Moulding (MIM)**
Beim Metal Injection Moulding wird Metallpulver zu Formteilen spritzgegossen. Bei gleicher Festigkeit haben die Produkte eine wesentlich geringere Dichte als Stahl. Das Verfahren wird als geeignet gesehen, durch Wahl des entsprechenden Metallpulvers korrosionsbeständige Formteile hervorzubringen.
- **Tiefziehen mit radialem Nachschieben von Werkstoff**
Im Maschinenbau wird zunehmend versucht, geschmiedete und gegossene Teile durch leichtere Blechkonstruktionen zu ersetzen. Eine verstärkte Anwendung der Teilefertigung aus Blech wird jedoch häufig durch verfahrensbedingte Grenzen – insbesondere bei der Weiterverarbeitung mittels Tiefziehverfahren – eingeschränkt. Das Tiefziehen mit radialem Nachschieben verspricht hierfür eine materialeffiziente Lösung.

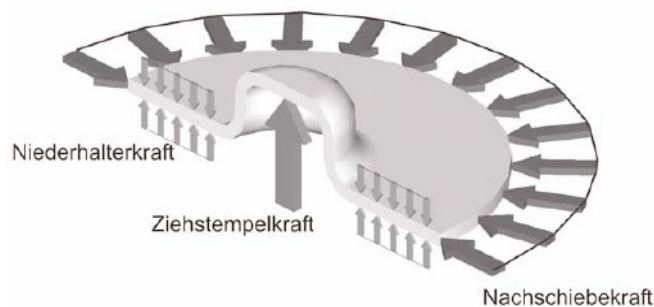


Abbildung 6-2: Prinzipskizze des Tiefziehverfahrens mit radialem Nachschieben; Quelle: UTFSCIENCE 2004

Beim Tiefziehvorgang wird Material in Richtung Stempel radial nachgeschoben. Somit lassen sich die durch die Halterung bedingten Spannungen besser abbauen. Durch das gleichmäßige Nachschieben des Materials ergeben sich konstantere Wandstärken als beim herkömmlichen Tiefziehvorgang. Da auf Gleitmittel verzichtet werden kann, ist ein doppelter Vorteil für die Materialeffizienz gegeben.

- Rewitec-Nanobeschichtung

Der Firma Rewitec ist es nach eigenen Angaben gelungen, ein Nanobeschichtungsverfahren zu entwickeln, mit dem sich Metalloberflächen veredeln lassen. Es wird eine Verbindung zwischen Silikat- und Metallatomen hergestellt und auf diese Weise ein Metallsilikat gebildet, das sehr günstige Reib- und Verschleißigenschaften aufweisen soll. Das Verfahren wird als vielseitig einsetzbar beschrieben: Von der Oberflächenbehandlung bis hin zur Anwendung in Verbrennungsmotoren und Lagern soll es vor Verschleiß schützen [REWITEC 2003].

Demgegenüber werden im Rahmen *organisatorischer Prozessinnovationen* bestehende Systeme zur Qualitätssicherung und zum Qualitätsmanagement genutzt, um Auskunft über den aktuellen Grad der Materialeffizienz und Verbesserungspotenziale im Unternehmen zu erhalten. Den formalen Rahmen für Prozessmanagement und Prozesse zur kontinuierlichen Verbesserung (KVP) können Managementsysteme entsprechend den einschlägigen Normen liefern. Für ein konsequent ressourceneffizientes Wirtschaften empfiehlt es sich daher, entweder eine Erweiterung des bestehenden Qualitätsmanagementsystems zu einem integrierten Qualitäts- und Umweltmanagementsystem vorzunehmen oder das Qualitätsmanagementsystem zumindest um ressourcenorientierte Kennzahlen zu ergänzen.

Ein Ideenmanagement kann das Forum für die Mitarbeiter bilden, ihre Ideen und Vorstellungen zur Steigerung der Materialeffizienz durch (organisatorische) Verbesserungen an Produkten oder Produktionsprozessen einzubringen. Auf diese Weise werden die Erfahrungen und das fachspezifische Wissen aller Beschäftigten nutzbar gemacht. Um Anreize zur Ideengenerierung zu schaffen, können die Mitarbeiter am Erfolg ihrer Vorschläge beteiligt werden.

6.1.1.6 Fördergelder

Die genannten Aspekte der technischen Strategien zur Materialeffizienzsteigerung sind häufig mit Investitionen im Bereich der Material- und Prozessforschung verbunden. Dies bedeutet gerade für KMU Belastungen durch hohe F&E-Kosten.

Dies belegen Erkenntnisse der empirischen Untersuchung (s. *Abschnitt 5.1.2* unter „Barrieren“). „Zeitliche Ressourcen“ wurden an vierter Stelle von 14 % der Unternehmen spontan als Barriere für die Umsetzung materialeffizienzsteigernder Maßnahmen genannt. KMU haben in der Regel über den betrieb-

lichen Alltag und die übliche Produktfortentwicklung hinaus kaum Kapazitäten, sich um Verfahren zu kümmern, welche die Materialeffizienz steigern.

Ein Vertreter eines Unternehmens äußerte dazu:

„Ein zweifaches Problem: Das eine ist natürlich, dass nicht viele da sind, die die Routine haben, an die Gelder ranzukommen, und das andere ist oft, dass diese Antragsprozesse so kompliziert sind, dass der normale Mittelständler sagt: ‚Nee, das tue ich mir nicht an, den Antrag.‘ Vor allem, wenn Sie in den europäischen Bereich mit reinkommen, haben Sie solche Bücher auszufüllen, was alles gemacht werden muss, dann schreckt das die kleineren Firmen ab.“

Dennoch haben nach Aussagen der Teilnehmer der Expertenworkshops gerade die KMU hohes Innovationspotenzial – insbesondere im Bereich der Material- und Prozessinnovation. Fördergelder könnten nach Auffassung eines Workshopteilnehmers einen weit höheren Nutzen als bisher bringen, würden sie gezielter eingesetzt:

„Bis man einen Stahl trocken zerspannen kann, da gehören ja mehrere Sachen dazu. Da gehört die Maschine dazu, da gehört das Hartmetall dazu, dann die Grundlagenbeschichtung, wie bringe ich die Hartmetallplatte auf den Werkzeugträger, wie komme ich mit der Kühlung hin. Das sind Prozesse, die sich aneinanderreihen. Und da muss man zusammenarbeiten, und da haben die Herren, die Fördergelder vergeben, kein Auge für. Das muss ich auch mal sagen: Für die kleinen mittelständischen Firmen ist dieser Prozess gigantisch. Und wann kommt eine kleine Firma in so ein Förderprojekt mit rein? Ganz, ganz selten. Wer saht die Fördergelder ab? 98 % in München drüben die Firma Siemens. Wann bekommt der Mittelständler mal was ab? Das sind Sachen, wo der Staat viel Geld sparen kann, wenn er diese kleinen Leute unterstützt, die wirklich Forschung betreiben, die sich um ihr Hartmetall kümmern und um sonst einen Prozess. Hier fehlt es ganz gewaltig.“

6.1.2 Zwischenfazit

Im Rahmen des Projekts konnten zahlreiche Technologien und Verfahren identifiziert werden, mit denen KMU der Metall verarbeitenden Industrie die Materialeffizienz im Betrieb steigern können. Diese sind nicht für alle Unternehmen in gleicher Weise geeignet. Jedes Unternehmen muss deshalb genau prüfen, inwieweit eine innovative Technologie oder ein Verfahren zur individuellen Problemlösung beitragen kann. Innovative Technologien und Verfahren sind in der Anfangszeit meist mit hohen Kosten und gleichzeitig unklaren Erfolgsaussichten verbunden. KMU sollten daher vorab sorgfältig und ggf. unter Einschaltung eines externen Beraters oder Sachverständigen die Erfolgsaussichten und das Kosten-Nutzen-Verhältnis analysieren. Bei der Identifizierung und Umsetzung von Innovationen gilt es für KMU, die Scheu vor Forschungs- und Entwicklungsdienstleistern abzulegen und, wo sinnvoll und notwendig, externe Hilfe in Anspruch zu nehmen. Auch große Unternehmen gestehen sich eigene Wissenslücken zu und versuchen, diese durch externe Hilfe zu schließen. Um mit Innovativen erfolgreich zu sein, hilft auch ein gutes Standing bei den Kunden: Konnte man bereits einmal erfolgreich seine Innovationsfähigkeit unter Beweis stellen, so werden zukünftige Innovationen gewiss auf offenere Ohren stoßen. Um Innovationen marktfähig zu machen, kann zudem auf Förderprogramme zurückgegriffen werden. Exemplarisch genannt sei hier das Bayerische Technologieförderungs-Programm (BayTP). Wichtig ist auch: Innovationsprojekte sollten Teil einer ganzheitlichen Innovationsstrategie sein und nicht nur punktuell stattfinden.

6.2 Kooperation und Kommunikation

Dem Austausch von Informationen kommt auch in der Metall verarbeitenden Industrie eine bedeutende Rolle zu. Informationen sind integrale Bestandteile von Werkstoffsystemen auf allen Ebenen. In den Interviews wurde deutlich, dass der Rohstoff, den die Werkstoffindustrie liefern kann, nicht nur das Material an sich ist, sondern auch das dazugehörige Wissen um die Werkstoffe. Werkstoffwissen als Rohstoffeigenschaft zu begreifen ist ein wichtiger Punkt, um in modernen Märkten bestehen zu können. Ein Interviewpartner meinte dazu: „Viele Kunden wissen gar nicht, was Stahl kann.“ Dieses Werkstoffwissen ist zum Teil branchen-, zum Teil aber auch unternehmensspezifisch. Sich dieses Wissen zugänglich zu machen ist ein Hauptzweck der Kooperation und Kommunikation.

Die befragten Unternehmen sehen hierbei Potenziale zur Materialeffizienzsteigerung u. a. durch

- a) die Möglichkeit, bereits an der Projektentwicklung des Kunden teilzunehmen und so schon im Vorfeld mögliche Materialeinsparungen zu besprechen, sowie durch
- b) ein optimiertes Zusammenspiel zwischen Entwicklung, Konstruktion und Lohnfertigung.

Die Untersuchung lieferte eindeutige Hinweise, dass eine frühestmögliche Kommunikation die Chancen erheblich vergrößert, den Aspekt Materialeffizienz bei der Produktentwicklung und -realisierung einzubringen. Ist eine Produktserie bereits angelaufen, ist es aufgrund der komplexen Lieferketten und Fertigungsprozesse nahezu unmöglich, an den Produkten noch Optimierungen vorzunehmen. Kommunikation und Kooperation sollten nicht nur die Kunden, sondern auch den Dialog mit weiteren Akteuren einschließen. Darunter sind die vorgelagerten Stufen der Lieferkette ebenso zu verstehen wie Forschungseinrichtungen. Sucht das Unternehmen aktiv den fachlichen Austausch mit anderen Akteuren und pflegt es diese Kontakte, so bildet sich über die Zeit ein Netzwerk heraus, das für das Unternehmen einen mittel- bis langfristig nutzbaren Erfolgsfaktor darstellen kann.

Beispiele für Netzwerkaktivitäten:

- Informations- und Erfahrungsaustausch zu neuen Technologien: Bringen sich alle Partner ein, kann sich das Netzwerk zu einer wichtigen Informations- und Wissensquelle für alle Beteiligten entwickeln.
- Gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Reduzierung des Risikos und des individuellen Aufwands: Risiko und Aufwand werden von mehreren Schultern getragen. Dies macht langwierige und kostspielige F&E-Vorhaben oftmals erst möglich.
- Bildung von Einkaufsverbänden: Bei Rohstoffknappheit ist die Bündelung von Nachfragern oft die einzige Möglichkeit, in der vom Kunden vorgegebenen Zeit an die benötigten Metalle heranzukommen.
- Gründung von Arbeits- oder Projektgemeinschaften: Spezielle Kundenanforderungen können von KMU oftmals nur dann erfüllt werden, wenn Partnerunternehmen Kapazitäten und Ressourcen, die im eigenen Unternehmen fehlen, einbringen. Kennen sich Unternehmen bereits über gemeinsame Tätigkeiten in einem Netzwerk, erleichtert das die Vertrauensbildung und Zusammenarbeit in einem konkreten Projekt.

Der Austausch in Netzwerkzusammenhängen ist in der Regel von Angestellten aus dem mittleren bis oberen Management dominiert. Die Mitarbeiter unterer Ebenen (gewerbliche Mitarbeiter) werden in die Netzwerkarbeit nur selten oder gar nicht eingebunden. Es sollte überlegt werden, auch diese Mitarbeiter etwa durch Betriebsbesuche in Partnerunternehmen und einen Erfahrungsaustausch über Good Practices in die Netzwerkarbeit aktiv einzubinden.

6.3 Lifecycle Management

6.3.1 Potenziale und Strategien

Effizienzpotenziale mit Umweltnutzen in der Metall verarbeitenden Industrie lassen sich nur durch eine ganzheitliche Betrachtung des gesamten Lebenszyklus der Produkte erschließen. Bei dieser Lebenszyklusanalyse steht nicht nur die Materialeffizienz im Fokus. Vielmehr spielen auch der mit der Produktnutzung verbundene Ressourcenaufwand und damit auch der Energieverbrauch eine Rolle.

Es gibt mehrere Gründe, die für eine Abkehr von herkömmlichen Vorgehensweisen hin zu einem Denken in Produktlebenszyklen sprechen. So sind heute die Kunden im Investitionsgüter- wie im Konsumgüterbereich besser als früher über erforderliche Betriebsmittel und -energie informiert; Medien berichten häufiger über die Auswirkungen von Produkten auf die Umwelt und das Klima, und der Gesetzgeber versucht, mit Vorgaben zum Energieverbrauch – bspw. mit der EU-Richtlinie EcoDesign of Energy using Products (EuP-Richtlinie) – den mit der Produktnutzung verbundenen Ressourcenverbrauch zu reduzieren. Der Begriff „Lifecycle Management“ beschreibt im Kontext der Ressourcenschonung das aktive Bemühen von Unternehmen, den Ressourcenverbrauch von Produkten über den Lebenszyklus hinweg zu reduzieren und somit die Ressourceneffizienz zu erhöhen. Neben der Materialeinsparung in der Fertigung fallen darunter sämtliche produktbezogenen Maßnahmen, die bei gleichem Produktnutzen den Ressourceneinsatz reduzieren oder bei gleichem Ressourceneinsatz den Produktnutzen erhöhen. Eine Auswahl solcher Maßnahmen wird im Folgenden exemplarisch vorgestellt.

6.3.1.1 Langlebigkeit von Produkten

Die Ressourceneffizienz steigt mit der Nutzungsdauer eines Produkts. Gelingt es, unter verträglichem Ressourceneinsatz die Lebensdauer eines Produkts zu erhöhen, kann die Steigerung der Ressourceneffizienz gelingen. **Abbildung 6-3** zeigt beispielhaft die Überlegenheit mechanischer Fügeverfahren bei schwingender Beanspruchung gegenüber dem Punktschweißen bei Variation der Lebensdauer. Das Stanznieten ist demnach bei höheren Lebensdauern sowohl dem Punktschweißen als auch dem Durchsetzfügen überlegen.

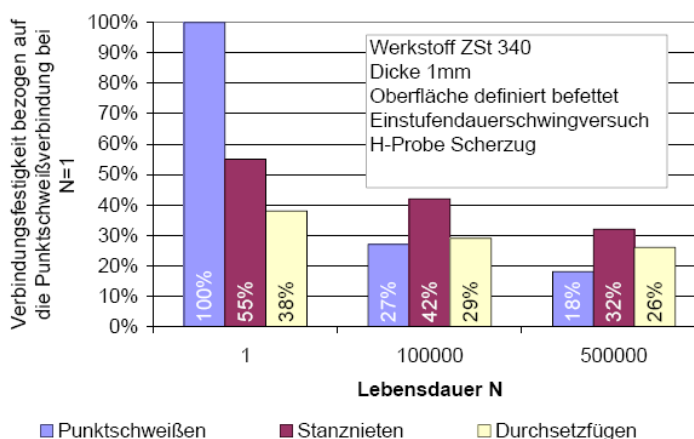


Abbildung 6-3: Vergleich von punktgeschweißten, stanzgenieteteten und durchsetzgefühten Verbindungen bei Lebensdauern von $N = 1$, $N = 10^5$ und $N = 5 \times 10^5$

Quelle: STUDIENGESELLSCHAFT 2000

Das Beispiel unterstreicht die Bedeutung von langfristig ausgerichteten Produktstrategien auf die ausführenden Prozesse in der Produktion. Um die mit Lifecycle Management erschließbaren Potenziale nutzen zu können, ist jedoch oftmals bereits ein Umdenken in den Beschaffungsprozessen zwingende Voraussetzung. Die Einkäufer werden heutzutage überwiegend an der Reduzierung von Stückpreisen gemessen und weniger an den Lifecycle Costs der beschafften Anlagen und Materialien. Die Überarbeitung der Systeme zur Messung und Bewertung des individuellen Erfolgs könnte in dieser Hinsicht einen Beitrag zu höherer Ressourceneffizienz leisten.

6.3.1.2 Recycling von Metallen

Bereits heute werden in beträchtlichem Umfang Schrotte bei der Metallgewinnung eingesetzt. Im Jahr 1955 wurden noch 2,45 Tonnen Erz, Schrott und Legierungen verbraucht, um eine Tonne Walzstahl herzustellen. Heute genügen 1,55 Tonnen. Möglich wurde dies durch neue Technologien, das Kreislaufführen von Stoffen und das Recyceln von Schrott. Was beim Stahl und bei anderen Industriemetallen bereits umfassend praktiziert wird, sollte auch bei den übrigen Metallen konsequent umgesetzt werden.

6.3.1.3 Betriebsmedien aufbereiten

Bei den meisten Metall verarbeitenden Prozessen werden Partikel feigesetzt, die sich mit Betriebsmedien wie Wasser oder Öl vermischen. Ein Beispiel ist die Herstellung von Glühwendeln für Lampen: Bei diesem Prozess wird Molybdän abgetragen, das sich im Kühlmedium anreichert und regelmäßig mit dem verunreinigten Kühlmedium verworfen wird. Trotz der in den letzten beiden Jahren enorm gestiegenen Preise von Molybdän wird eine Rückgewinnung nur eingeschränkt betrieben. Aufgrund der unsicheren Situation im Lampenmarkt (Diskussion um ein Verbot der Glühbirne) werden Investitionen eher vermieden, solange eine Aufbereitung des Betriebsmediums nicht für die Verbesserung oder Aufrechterhaltung des Prozesses unbedingt erforderlich ist.

6.3.1.4 Denken in Lebenszyklen intern fördern

Die Entwicklung von Lifecycle-optimierten Produkten erfordert mehr als die Anwendung von Methoden zur ökologischen Beurteilung. Strategie, Kommunikation, Abläufe und Entscheidungsprozesse im Unternehmen müssen darauf abgestimmt werden. Ein erster Schritt kann die Verankerung des neuen Denkens im Produktentwicklungsprozess sein. Voraussetzung hierfür ist die Definition klarer Entwicklungsziele durch die Geschäftsleitung. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, weil der mit der späteren Realisierung ressourceneffizienter Produkte verbundene Mehraufwand von den Entwicklern und der Fertigung gegenüber der Geschäftsleitung vertreten werden muss. Erschwerend kommt hinzu, dass sich die positiven Effekte meist erst mit einer gewissen Verzögerung zeigen. Als Instrumente zur Untersuchung und Kommunikation von Lebenszyklusaspekten können Ökobilanzen oder Ökoeffizienzanalysen benutzt werden.

6.3.1.5 Einkaufsmanagement

Das Streben nach ressourceneffizienten Produkten erfordert auch ein Umdenken bei der Beschaffung von Rohstoffen und Maschinen. Die Beschaffungsstrategie sollte diesen Bemühungen Rechnung tragen und Aspekte des Lifecycle Costings beinhalten. Es empfiehlt sich, für den Einkauf ein Kalkulations- und Entscheidungsinstrument zu entwickeln, das Folgekosten wie bspw. notwendige Nacharbeiten, Reklamationen etc. berücksichtigt und somit die tatsächlichen Produktkosten ersichtlich macht.

Darüber hinaus ist es heutzutage unabdingbar, permanent die Entwicklungen auf den Rohstoffmärkten zu verfolgen. Dies sollte zu einer ständigen Pflichtaufgabe der Einkäufer werden. Es empfiehlt sich zudem, ein Frühwarnsystem einzurichten, mit dem die potenziellen Risiken aus dem Bereich der Rohstoffbeschaffung überwacht werden können. Die Rohstoffbeschaffung sollte mit der Lagerwirtschaft abgestimmt werden, um die optimale Balance zwischen hoher Versorgungssicherheit und geringen Lagerkosten zu erreichen.

6.3.1.6 Rücknahmesystem anbieten

Das Angebot eines Rücknahmesystems kann in manchen Fällen die Möglichkeit bieten, auf verhältnismäßig einfache und günstige Weise an Sekundärmetalle heranzukommen. Die Anlieferung von Ware kann bspw. mit der Abholung von Metallabfällen oder gebrauchten Produkten gekoppelt werden.

6.3.2 Zwischenfazit

Das Denken in Lebenszyklen ist für die meisten Mitarbeiter in Metall verarbeitenden KMU neu. Dies gilt sowohl für gewerbliche Mitarbeiter als auch für jene, die mit der Entwicklung und Konstruktion der Bauteile befasst sind. Ihnen gilt es ein besseres Verständnis für die Zusammenhänge von Konstruktion, Material, Verarbeitung, Nutzung und Entsorgung zu vermitteln. Es zeigt sich, dass auch hier die Kompetenzentwicklung von größter Wichtigkeit ist, um langlebige und weniger ressourcenintensive Produkte realisieren zu können.

Auch in den Beziehungen zu Kunden und Lieferanten sollte der Lebenszyklus des Produkts immer wieder thematisiert und auf seine Wichtigkeit für das Unternehmen hingewiesen werden. Die Kunden könnten bspw. durch das Angebot eines Rücknahmesystems für die in Verkehr gebrachten Produkte des Herstellers für die Thematik sensibilisiert werden.

Ein Produkt kann sich durch eine höhere Ressourceneffizienz von Konkurrenzprodukten absetzen. Dieses Argument sollte im Marketing und Vertrieb der Produkte durchaus eingesetzt werden. Die Botschaft sollte gut verständlich und glaubwürdig kommuniziert werden.

6.4 Normen und Standards

Normen und branchenweite Standards können als kaum veränderliche Vorgaben Optimierungsbemühungen mit dem Ziel einer höheren Ressourceneffizienz entgegenstehen.

Das Potenzial liegt hier in einer konsequenten und intelligenten Nutzung der bestehenden Möglichkeiten sowie in einem Hinarbeiten auf offenere und flexiblere, den jeweiligen Umständen anpassungsfähige Rechtsnormen und Standards, wo immer dies sachlich geboten ist.

Um die Potenziale der Ressourceneffizienz innerhalb der Leitplanken, die Rechtsnormen und Standards insbesondere in Bezug auf Werkstoffe setzen, ausschöpfen zu können, ist eine gute Kenntnis der einschlägigen Normen und Standards unabdingbare Voraussetzung. Hilfreich kann sein, sich ein Frühwarnsystem für Änderungen in diesen Bereichen aufzubauen. Hier kann bspw. auf Fachdatenbanken oder spezialisierte Anwälte und Berater zurückgegriffen werden.

Von zentraler Bedeutung ist auch, dass sich KMU nicht völlig aus Normungs- und Richtlinienausschüssen zurückziehen, sondern sich um eine angemessene Berücksichtigung von Aspekten der Ressourceneffizienz und ihrer Interessen in diesem Zusammenhang bemühen. Gegebenenfalls sollte zumindest eine indirekte Beteiligung über Dachverbände angestrebt werden. Auch Dialogangebote von Vertretern

der verschiedenen politischen Ebenen sollten genutzt werden, um auf unzureichend gelöste Schwierigkeiten und Barrieren hinzuweisen.

6.5 Ressourcenkompetenz

6.5.1 Potenziale und Strategien

Ressourcenkompetenz als Sammelbegriff für die gesamten sich mit Materialeffizienz beschäftigenden Kenntnisse und Fähigkeiten ist eine notwendige Bedingung, um Potenziale zu erkennen und Strategien zu entwickeln. Die Bedeutung von Materialeffizienz und Ressourcenkompetenz wird vom Gros der Unternehmen zwar erkannt, dennoch zeigen sich Unsicherheiten bei der Potenzialabschätzung und der Vorgehensweise bei der Potenzialausschöpfung.

Der Zweck optimaler Ressourcenkompetenz ist also das selbstständige kontinuierliche Identifizieren, Bewerten und Ausschöpfen von Materialeffizienzpotenzialen. Dabei geht Ressourcenkompetenz über das reine Fachwissen hinaus: Der Begriff umfasst neben dem Fach- und Methodenwissen sowie sozialen Kompetenzen auch ein „Bewusstsein“ für Materialflüsse und -verbrauch. Dies meint die Präsenz des Themas Materialeffizienz bei der Ausführung der alltäglichen Aufgaben. Bewusstsein trägt so das Fachwissen in die Tätigkeit hinein und sorgt dadurch für eine tatsächliche Wissensanwendung; gleichzeitig ist es aber auch Motivation, vorhandenes Wissen zu erweitern oder neues zu erlernen. Insofern umfasst der Begriff „Ressourcenkompetenz“ auch Sozialkompetenzen, die das Wissen erst nutzbar machen. Im Management ist soziale Kompetenz meist in Form von Führungskompetenz erforderlich. Erst die soziale Kompetenz stellt die Verbindung zwischen Wissen und Individuum bzw. zwischen Wissen und Unternehmen her. Sie ist erforderlich, damit Wissen als solches identifiziert, kombiniert, weitergegeben und in unternehmerische Entscheidungen eingebunden werden kann.

6.5.1.1 Kompetenzen aufbauen und weiterentwickeln

Trotz der vielfältigen Facetten des Themas Ressourcenkompetenz ist zunächst Fachwissen die notwendige Basis. Bestimmt wird dieses Fachwissen zunächst von der Qualifikation, die Mitarbeiter in der Ausbildung und in der Hochschule erhalten. Darüber hinaus umfasst es betriebsrelevante und unternehmensspezifische Kenntnisse, die in der Ausbildung nicht vermittelt werden können. Materialflussmanagement und Materialeffizienz spielen in klassischen wirtschaftlichen und technischen Ausbildungen bislang nur eine untergeordnete Rolle.

Zum nötigen Fachwissen gehört technisches Wissen im engeren Sinne. Es ist Voraussetzung für ein solides Management und eine hochwertige Produktion. Auch die Unternehmensführung sollte grundlegendes technisches Wissen besitzen, denn sonst besteht die Möglichkeit, dass sich die Unternehmenspolitik vom ursprünglichen Kerngeschäft – somit von produktions- und fertigungstechnischen Aspekten – entfernt. Die Wahrscheinlichkeit einer solchen Entwicklung steigt bei zunehmender Anzahl Hierarchieebenen innerhalb des Unternehmens und ist daher bei KMU meist geringer als bei Großunternehmen.

Außerdem ist technisches Wissen wichtig für die Generierung von Innovationen, ein ökologisches und materialeffizientes Design (EcoDesign) und ein optimales Lifecycle Management. Ohne genaue Kenntnisse über Material- oder Produkteigenschaften ist es beispielsweise nur schwer möglich, ein funktionierendes Recyclingsystem aufzubauen oder ein materialeffizienteres Design zu entwickeln.

Neben dem technischen Wissen ist Methodenkenntnis ein wesentlicher Bestandteil der Ressourcenkompetenz. So ist das Wissen über die Anwendung und Bedeutung von Normen wichtig bei der Quali-

tätssicherung und der Standardisierung. Beispiele sind die Auslegung und die Interpretation von Qualitätsnormen, die Handhabung von Dokumentationspflichten oder das Wissen über Prüfverfahren. In der Interaktion mit Kunden und Zulieferern haben Kenntnisse über Normen und Zertifizierungen eine große Bedeutung. Ebenso ist das theoretische und praktische Wissen über Produkt, Werkstoff und Prozess wichtig. Methodenkenntnis erweitert das technische Wissen, das im Unternehmen ohnehin vorhanden sein muss, und baut darauf auf.

Soziale Kompetenzen sind wichtig, damit das Fachwissen optimal genutzt wird. Gerade in diesem Bereich müssen die notwendigen Kompetenzen an die Organisationsebene des Mitarbeiters angepasst sein. Im Management ist eher Führungskompetenz gefordert: „Wie setze ich Innovationen und Normen durch?“, „Wie kann ich meine Mitarbeiter motivieren?“ oder „Wie kann ich Informationen an meine Mitarbeiter weitergeben?“ sind klassische Fragestellungen. Des Weiteren sind natürlich auch andere Soft Skills von großer Bedeutung. So spielen Verhandlungs- und Beratungskompetenz eine wichtige Rolle bei Kooperationen mit Kunden und Zulieferern; Moderationsfähigkeiten wiederum sind vor allem bei der Einbindung der Mitarbeiter, z. B. in Innovationsprozessen, entscheidend.

Auf der Mitarbeiterebene ist Teamfähigkeit eine grundlegende Sozialkompetenz. Um Innovationen und materialeffiziente Lösungen zu entwickeln, ist in der Regel abteilungs- und hierarchieübergreifendes Arbeiten notwendig. Dies kann nur in einem funktionierenden Team bewältigt werden. Zur Teamkompetenz gehört die Fähigkeit, sich in Gruppen zu integrieren und konstruktiv einzubringen, aber auch faires Verhalten gegenüber den anderen Teammitgliedern.

6.5.1.2 Wissensmanagement

Als „Wissensmanagement“ bezeichnet man Konzepte zum strukturierten Umgang mit Wissen in einer Organisation [SCHLICHER 2006]. Ziel ist eine optimale Nutzung des vorhandenen internen und externen Wissens. Zum Wissensmanagement gehören die Identifikation von Wissen und Wissensbedarf, die Generierung, Kombination und Vernetzung von Wissen, die Aktivierung (Externalisierung) von nicht artikulierbarem (implizitem) Wissen und die langfristige Sicherung von Wissen. Ob für KMU stets ein umfangreiches Wissensmanagementsystem erforderlich ist, scheint fraglich. Dennoch sind einzelne Elemente oder eine Grundstruktur gerade im Hinblick auf Ressourcenkompetenz äußerst sinnvoll bzw. sogar nötig. So ist insbesondere die Vernetzung von Wissen für Materialeffizienzsteigerungen enorm wichtig. Produkt- oder Prozessinnovationen fußen meist auf Erkenntnissen aus verschiedenen Bereichen oder Prozessschritten.

6.5.1.3 Innovationsmanagement

Innovationen sind essenziell für den Unternehmenserfolg. Daher ist es Aufgabe des Managements, die Rahmenbedingungen für eine hohe Innovationsdynamik im Unternehmen zu setzen. Dabei sind zwei Komponenten entscheidend: Zum einen muss ein gutes Innovationsklima geschaffen werden. Die meisten Ideen für Neuerungen kommen von den Mitarbeitern selbst, daher sollten Freiräume für kreatives Denken und Handeln vorhanden sein. Diese können durch eine Einzelmaßnahme oder im Rahmen eines konzeptionellen Ideenmanagements eingerichtet werden. Zum anderen müssen die Führungskräfte die Fähigkeit besitzen, Innovationen auch gegen Widerstände durchzusetzen.

Um den Innovationsgrad eines Unternehmens zu steigern, empfiehlt es sich, eine Innovationsstrategie aufzusetzen, in der die beschriebenen Freiräume eine ebenso wichtige Rolle spielen wie effektive Innovationsmethoden. Es kann auch daran gedacht werden, einen externen Innovationscoach oder einen unabhängigen Moderator in Innovationsprozesse einzubinden.

6.5.1.4 Differenzierter Umgang mit Erfahrungswissen

Erfahrungswissen kann unterschiedlich definiert und bewertet werden. Verschiedene andere Begriffe werden in ähnlichen Zusammenhängen genutzt oder stehen in enger Verbindung zum Begriff Erfahrungswissen (z. B. „implizites Wissen“, „tacit dimension of knowledge“, „learning by doing“).

Allen Definitionen ist gemein, dass sie als Kern des Erfahrungswissens das Wissen verstehen, das bei einer Tätigkeit selbst, also nicht durch gesonderte Schulung, erlernt, eben *erfahren* wird. Dieses Erfahrungswissen beinhaltet sehr wertvolle Informationen, denn es zeigt sich immer wieder, dass viele Probleme erst bei der konkreten Fertigung erkennbar hervortreten. Da die Gefahr besteht, dass dieses Erfahrungswissen wieder aus dem Bewusstsein des Mitarbeiters verschwindet und dadurch ungenutzt bleibt, sind Instrumente vonnöten, die genau diesem Prozess gegensteuern. Es muss ein Gespür dafür entwickelt werden, wo Erfahrungswissen angesiedelt ist und wie es hervorgebracht werden kann. Ist dies gelungen, muss es gesammelt und zusammengeführt werden. Problematisch ist zunächst, dass dem Mitarbeiter selbst dieses Wissen meist nicht bewusst ist. Daher müssen Möglichkeiten geschaffen werden, dieses vorbewusste Erfahrungswissen des Mitarbeiters zu aktivieren. So können institutionalisierte formelle oder informelle Besprechungsunden und Treffen bei geeigneter Strukturierung zur stärkeren Einbindung des Erfahrungswissens der Mitarbeiter genutzt werden. Solche Besprechungsunden sind in vielen Unternehmen bereits Teil eines Qualitätsmanagementsystems und müssten daher nur mit Blick auf Materialeffizienz inhaltlich erweitert werden. Problematisch ist, dass ein großer Teil des Wissens aus nicht ausdrückbaren Informationen besteht. Die beste Möglichkeit, diese weiterzugeben und damit kollektiv zur Verfügung zu stellen, ist das „nonverbale Zeigen“; gelernt wird durch Nachmachen und Nachahmen. Beispiele sind handwerkliche Tätigkeiten wie das Arbeiten an einer Drehbank oder das richtige Schweißen.

Fasst man den Begriff des Erfahrungswissens weit, so meint er auch die Fähigkeit, aus den Erfahrungen ein intuitives Wissen für zukünftige Sachverhalte ziehen zu können. Diese Art von Erfahrungswissen ist für die Weiterentwicklung des Unternehmens unentbehrlich. Standardisierungen und Objektivierungen würden das Unternehmen ohne dieses Wissen seiner Innovationsmöglichkeiten berauben [BÖHLE 1997]. Erfahrungswissen, begrenzt auf das intuitiv an der Vergangenheit orientierte Verhalten, kann aber auch eine Innovationsbarriere sein. Häufig haben sich bestimmte Muster in den Tätigkeiten derart etabliert, dass sie für die Mitarbeiter als unverzichtbar gelten. Innovationen und materialeffiziente Lösungen können nur schwer gegen solche Gewohnheiten durchgesetzt werden.

6.5.1.5 Instrumente

Erster Ansatzpunkt, um eine möglichst hohe Kompetenz im Unternehmen zu erzielen, ist die richtige Personalrekrutierung. Materialeffizienzwissen und -bewusstsein sind Aspekte, die bei der Auswahl von Mitarbeitern durchaus berücksichtigt werden können. Bei Mitarbeitern, die im Unternehmen ausgebildet werden, ist eine Integration des Themas Ressourceneffizienz in das Ausbildungsprogramm zu empfehlen. Dennoch wird eine Differenz zwischen vorhandener und gewünschter Kompetenz unvermeidlich sein. Dies gilt sowohl für neue als auch für erfahrene Mitarbeiter. Diese Differenz muss durch zielgerichtete Qualifizierungsmaßnahmen reduziert werden.

Die Schaffung eines Bewusstseins für die Bedeutung der Materialeffizienz ist dagegen eher ein langfristiger Prozess. Problematisch ist, dass der „Bewusstseinsstand“ und dessen Entwicklung kaum zu messen ist. Es ist daher schwierig, den Erfolg von Maßnahmen in diesem Bereich zu überprüfen. Die Ausgestaltung der Einzelmaßnahme hängt maßgeblich vom konkreten Bedarf ab. So kann z. B. die Bearbeitung von Reklamationen durch die Fertigungsabteilung dazu führen, dass dort ein stärkeres Bewusstsein für Ausschuss und damit Materialsparbarkeit entsteht.

Sozialkompetenzen sind nur begrenzt neu erlernbar. Gewisse Voraussetzungen müssen durch die Persönlichkeit des Einzelnen gegeben sein. Darauf aufbauend gibt es verschiedene Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen. Für das Management gibt es zahlreiche Führungskompetenz- oder Kommunikationsseminare. Solche Fortbildungen können sowohl unternehmensintern als auch unternehmensextern durchgeführt werden. Interne Seminare haben den Vorteil, dass auf betriebspezifische Aspekte mehr eingegangen werden kann; externe hingegen haben den Vorteil, dass durch andere Teilnehmer neue Denkpulse gegeben werden können. Intern sind aber auch andere Maßnahmen möglich, die sich positiv auf die Sozialkompetenzen auswirken. So können gemeinsame Besprechungsunden Teamwork und Gruppendynamik in der Belegschaft verbessern.

Für das Fachwissen gilt grundsätzlich Ähnliches wie für die Sozialkompetenzen. Auch hier können interne oder externe Fortbildungen vorgenommen werden. Da für jede Tätigkeit eigene Qualifizierungen nötig sind, muss auch hier der Schulungsbedarf individuell festgestellt werden. Fachwissen kann auch kurzfristig und durch alternative Maßnahmen erweitert werden. So ist z. B. eine regelmäßige Jobrotation ein Werkzeug, durch das die Mitarbeiter ihre Qualifikationen in verschiedenen Bereichen ausbauen und so einen vertieften Einblick in den Umgang mit Materialien im Unternehmen gewinnen können. Einen ähnlichen, aber nach außen gerichteten Effekt erzielen Fortbildungen eigener Mitarbeiter bei Zulieferern und Kunden durch deren Mitarbeiter.

Insgesamt muss die einzelne Fortbildungsmaßnahme den individuellen Gegebenheiten im Betrieb und in der Personalstruktur angepasst werden. Die Maßnahmen sollten dabei auf die verschiedenen Dimensionen der Ressourcenkompetenz abzielen, wodurch diese insgesamt gesteigert wird.

6.5.2 Zwischenfazit

Den meisten der befragten Unternehmen ist im Grundsatz bewusst, dass der effiziente Materialeinsatz neben der Energieeffizienz eine wichtige Säule des betriebswirtschaftlichen Erfolgs darstellt. Ein großes Defizit ist v. a. in zwei Bereichen erkennbar:

- a) Potenzialabschätzung: Welches Einsparpotenzial ist realistisch?
- b) Vorgehensweise: Wie kann das Potenzial ausgeschöpft werden?

Zusammenfassend kann man feststellen, dass Mitarbeiter oft nicht durchgehend über das Know-how zur Ausschöpfung der vollen Potenziale von Effizienzsteigerungsmaßnahmen verfügen. Die meisten der hierzu möglichen Vorgehensweisen und Strategien sind nicht sehr kompliziert, sie gehören aber auch nicht zum Standardrepertoire in der Ausbildung, weder in der beruflichen Ausbildung noch im Hochschulbereich. Die Potenziale liegen daher in der Stärkung von Kompetenzen, die für einen effizienten Materialeinsatz wichtig sind.

Die zur praktischen Umsetzung von Materialeffizienz erforderlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten sind für einen gewerblichen Mitarbeiter in der Produktion andere als für einen Vertriebsmitarbeiter oder einen Angestellten in der Fertigungsplanung oder Entwicklung. Die Grundkompetenzen, die jemanden zur Wahrnehmung und zum Verhalten im Sinne von Materialeffizienz befähigen, unterscheiden sich dagegen nur in geringerem Maße.

Wichtig ist, die Fachkompetenz mit Blick auf Materialeffizienz in den Unternehmen aufzubauen und weiterzuentwickeln, um Ressourcen noch effizienter einzusetzen. Damit sind alle Mitarbeiter angesprochen – von der Geschäftsleitung bis zum Auszubildenden. Denn sie sind es, die mit neuen oder modifizierten Verfahren zurechtkommen müssen, die ein anderes, ganzheitliches Prozessverständnis entwickeln müssen und die v. a. auch bereit sein müssen, stärker auf Materialeffizienz zu achten.

7 Fazit

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung verdeutlichen, dass das Thema Materialeffizienz in Metall verarbeitenden Unternehmen einen hohen bis sehr hohen Stellenwert einnimmt. 90 % der Unternehmen gaben an, bereits praktische Erfahrungen mit materialeffizienzsteigernden Maßnahmen zu haben. Fast alle Unternehmen sind mit den durchgeführten Maßnahmen zufrieden. Dies bietet aus unserer Sicht günstige Voraussetzungen, an diese Erfahrungen anzuknüpfen. Die Tatsache, dass die Zufriedenheit mit den Erfahrungen in diesem Bereich hoch ist, spricht dafür, dass vor allem zu einem „First Step“ in diese Richtung motiviert werden sollte. Die Wahrscheinlichkeit, dass Unternehmen, wenn eine First-Step-Maßnahme Zufriedenheit ausgelöst hat, eigeninitiativ weitere Schritte anstoßen, ist den Untersuchungsergebnissen zufolge hoch.

Anhand der von den Befragten genannten Maßnahmen hat sich gezeigt, dass die Unternehmen unter dem Begriff „Ressourcen- und Materialeffizienz“ auch Maßnahmen zur Substitution teurer Werkstoffe durch kostengünstigerer Werkstoffe oder Werkstoffzusammensetzungen verstehen.

Bei den ökobilanziellen Betrachtungen hat sich hinsichtlich einer branchenbezogenen Effizienzsteigerung durch eine höhere Recyclingrate bei Aluminium wie erwartet bestätigt, dass die Belastung der Umwelt durch Einsatz eines steigenden Anteils an Recyclingmaterial abnimmt. Die Untersuchung hat auch insgesamt konkrete Hinweise dafür geliefert, dass in Zukunft auch der Erschließung von metallischen Fraktionen im Abfall eine höhere Bedeutung zukommen wird. Lenkt man den Blick weg von den Betriebsgrenzen hin auf die Abfallwirtschaft in Deutschland, so ergibt sich die Frage, wie es gelingen kann, Reststoffe stärker als Rohstoffquelle zu nutzen und dem industriellen Kreislauf zuzuführen.

Die Berechnung der Auswirkungen von Substitutionsbemühungen hat mögliche ökologische Vorteile bei einer Änderung der Werkstoffart bzw. der Ausführungsform von Anlagenteilen oder Produkten aufgezeigt. Allerdings führen selbst Substitutionen, die unter dem Gesichtspunkt der Reduzierung des Verbrauchs begrenzter metallischer Ressourcen wünschenswert wären, nicht immer zu einem positiven Ergebnis hinsichtlich der ökologischen Aspekte. Zu beachten ist auch, dass evtl. Unterschiede in der Lebensdauer eines Produkts, eine Minderung oder Steigerung der Produkteigenschaften oder der Nutzungsqualität eines Produkts, die durch Effizienzmaßnahmen bedingt werden, wiederum Einfluss auf das ökologische Gesamtergebnis haben. Wichtig sind deshalb gezielte Lebenszyklusbetrachtungen zur Abschätzung von Wirkungen und Nebeneffekten. Noch nicht in zufriedenstellendem Maße verfügbar ist eine Methodik, mit der die Aspekte des Ressourcenschutzes mit denen der üblichen ökobilanziellen Parameter verrechnet werden können. Auch die Datenbasis für die Gesamtbilanzierung der ökologischen Wirkungen von metallischen Werkstoffen und Verarbeitungsverfahren weist noch Inkongruenzen auf, wenn z. B. eine besondere Belastung beim Erzabbau durch einen toxischen Parameter auftritt, jedoch eine Vielzahl anderer toxischer Stoffe nicht erfasst wurde. Vollständig außen vor bleiben bei einer Bilanzierung der Auswirkungen des Verbrauchs und der Verarbeitung metallischer Ressourcen und Materialien die Aspekte einer problematischen Herkunft, der Wirkungen auf die geopolitische Lage und der sozialen Wirkungen, die bei einer Nachhaltigkeitsbetrachtung durchaus sehr relevant sind.

Insgesamt fällt auf, dass Bemühungen zur Ressourcen- und Materialeffizienz selten auf ihre ökologische Wirkung hin analysiert werden. Bei einer Einsparung von Ressourcen und Materialien, vor allem auch im Rahmen von Substitutionsbestrebungen, wird kaum berücksichtigt, dass auch negative ökologische Effekte eintreten können. Bei Materialsubstitutionen im Bereich der Metall verarbeitenden Wirtschaft, die in der Regel von einem teureren zu einem günstigeren Werkstoff oder einer günstigeren Werkstoffformulierung erfolgen, sind die ökologischen Wirkungen für die Unternehmen nur schwer abzuschätzen.

Knapp die Hälfte der befragten Unternehmen sehen allerdings keine einfachen Substitutionsmöglichkeiten für ihre Werkstoffe. Die Unternehmen, die doch Substitutionsmöglichkeiten erkennen, weisen eine höhere Fertigungstiefe auf; es sind dies überwiegend Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus. Diese Unternehmen verfolgen neben der Substitution insbesondere noch Strategien der Prozessoptimierung und des Innovationsmanagements, um die Materialeffizienz zu steigern. Weniger Handlungsspielraum wird von Unternehmen mit geringerer Fertigungstiefe gesehen. Eine geringe Fertigungstiefe bedeutet vor allem, dass beim Unternehmen nur wenige Bearbeitungsschritte stattfinden und/oder dies nur einen untergeordneten Teil innerhalb der Gesamtwertschöpfungskette darstellt. Das verarbeitende Unternehmen ist zumeist starren Vorgaben ausgesetzt, die durch den Kunden oder durch Normen etc. vorgegeben werden. Optimierungen erfordern unter diesen Randbedingungen eine frühzeitige Abstimmung mit anderen in der Produktwertschöpfungskette beteiligten Akteuren.

Hier konnte durch die Untersuchung in den befragten Unternehmen zwar die Tendenz zu einer stärkeren Abstimmung mit dem Kunden, z. B. bei Halbzeugfertigern, wahrgenommen werden, insgesamt messen wir diesem Bereich jedoch noch deutlich größere Potenziale zu. Effizienzstrategien können beispielsweise durch netzwerkartige Optimierungsanstrengungen gemeinsam mit anderen Unternehmen realisiert werden. Aus Sicht von bifa liegen in einer engeren Zusammenarbeit von Unternehmen über die Wertschöpfungsketten hinweg die größten Potenziale zur Steigerung der Materialeffizienz in bayerischen KMU der Metall verarbeitenden Industrie. Gleichzeitig ist hinsichtlich der Substitutionspotenziale durch werkstoff- und prozessspezifische vertiefte Untersuchungen eine deutliche Unterstützung der KMU möglich.

Dass Kooperation und Kommunikation entlang den Wertschöpfungsketten nicht in ausreichendem Maße umgesetzt werden, zeigt sich darin, dass lediglich ca. 60 % der Befragten an einer entsprechend engen Kooperation mit Kunden und sogar nur 40 % der Befragten an einer solchen mit ihren Lieferanten arbeiten. Aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht könnte die Wettbewerbsanalyse nach Michael E. Porter einen Erklärungsansatz liefern: Ein Unternehmen steht demnach im ständigen Wettbewerb mit seinen Lieferanten und Kunden. Diese könnten ihm durch Vorwärtsintegration (vonseiten der Lieferanten) oder Rückwärtsintegration (vonseiten der Kunden) Marktanteile abnehmen. Gerade bei KMU, die nur wenige Kunden beliefern und nicht breit aufgestellt sind, könnte ein solches Vorgehen vonseiten der eigenen Lieferanten oder Kunden eine Gefahr bedeuten. Daher sind gezielte Bemühungen gefragt, die zur Optimierung der Materialeffizienz beitragen, indem sie über das übliche Maß technischer Modernisierung oder Substituierung von einzelnen Werkstoffen hinausgehen und sich stärker an den komplexen Strukturen und Abhängigkeiten in Fertigungsprozessen orientieren.

In den Unternehmen wird, wie bereits geschildert, Ressourcen- und Materialeffizienz vor allem unter dem Aspekt der Kosten und der Verfügbarkeit bzw. der Verlässlichkeit und Schnelligkeit des Materialbezugs gesehen. Dies ist vermutlich der Grund dafür, dass in der Wahrnehmung der Mehrzahl der befragten Unternehmen ein effizienter Materialeinsatz eine wichtige Säule des betriebswirtschaftlichen Erfolgs darstellt. Den Unternehmen fällt es allerdings schwer, ihr eigenes Verbesserungspotenzial zu erfassen und eine systematische Vorgehensweise für die Analyse und Realisation von materialeffizienten Maßnahmen umzusetzen.

Die Rolle der Mitarbeiter bei der Steigerung der Materialeffizienz wird von den Unternehmen zwar durchgängig als sehr hoch eingeschätzt, allerdings bezieht sich dies in erster Linie auf die korrekte Bedienung und Führung der bestehenden Prozesse, z. B. um Ausschuss und damit Abfall zu vermeiden. Das innovative Potenzial der Mitarbeiter für eine Optimierung der Abläufe, Prozesse und Rahmenbedingungen wird von den Unternehmen kaum angesprochen. Hier ist eine individuelle und unternehmensweite Ressourcenkompetenz die Voraussetzung, Maßnahmen zur Materialeffizienz in stärkerem Maße umsetzen zu können. Um Potenziale im unmittelbaren betrieblichen Umfeld erkennen zu kön-

nen, sollten spezifische Kompetenzen wie ein breiteres Verständnis für die Prozesse und Stoffumsätze gefördert werden. Die spezifischen Fähigkeiten und Fertigkeiten zu fördern heißt auch, die unterschiedlichen Einflussmöglichkeiten der Mitarbeiter zu identifizieren und so zu schulen, dass sie in ihrem individuellen Wirkungsumfeld den bestmöglichen Beitrag zur Materialeffizienz leisten können. Eine stärkere Sensibilisierung und Thematisierung von Ressourcenkompetenz im Bereich der Aus- und Weiterbildung wäre zu wünschen.

Wie Rückmeldungen ergaben, empfanden befragte Unternehmen die Interviews und insbesondere die vertiefenden Workshops und Fallstudien als wichtige Impulse zum richtigen Zeitpunkt, um sich mit Materialeffizienz auch aus einem über Ökologie und Kosten hinausgehenden Aspekt noch intensiver auseinanderzusetzen: der Unsicherheit über die zukünftige Rohstoffversorgung. Insbesondere die branchenbezogene Vorgehensweise der Studie fand großen Anklang bei den Unternehmen, versprechen sich einige Teilnehmer davon doch mehr konkreten Nutzen als von branchenübergreifenden Ansätzen. Durch den unternehmensübergreifenden Dialog in den verschiedenen Workshops und die von bifa durchgeführten individuellen Fallstudien konnten den Unternehmen Handlungsalternativen aufgezeigt und neue Perspektiven erschlossen werden.

Im Rahmen der Untersuchung konnten in den Unternehmen eine Reihe Erfolg versprechender Ansätze zur Steigerung der Materialeffizienz identifiziert werden. Das eingangs erwähnte klare Bild, das sich beim Stellenwert der Materialeffizienz zeigt, relativiert sich beim Blick auf mögliche Handlungsstrategien. Die Untersuchung hat gezeigt, dass sich für die Metall verarbeitende Industrie angesichts komplexer Prozesse, Produkte und Akteursstrategien keine allgemeingültige Vorgehensweise im Sinne eines festen Fahrplans aufstellen lässt.

Schließlich darf eine Erkenntnis aus der Untersuchung nicht ungenannt bleiben: Ressourceneffizienz stellt unweigerlich die Frage nicht nur nach der Effizienz, sondern vor allem auch nach der Zweckmäßigkeit stofflich-energetischer Umsätze in den Unternehmen. Da Suffizienz vor diesem Hintergrund nicht zwangsläufig dem gesellschaftlichen Wohlstand entgegensteht und immer mehr aufgeklärte Verbraucher bereit sind, ihren Konsum nachhaltig auszurichten, gilt es in verstärktem Maße darauf hinzuweisen, dass mit einem effizienteren Einsatz von Ressourcen auch eine Minderung der allgemeinen Stoffumsätze verbunden sein sollte.

8 Literatur

- Bardt, H. (2008): Sichere Energie- und Rohstoffversorgung: Herausforderung für Politik und Wirtschaft? IW-Positionen 36, Beiträge zur Ordnungspolitik aus dem Institut der deutschen Wirtschaft
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (2006): Industriebericht Bayern 2006
- BDSV (2001): Bundesverband deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen: Stahlschrott – ein „grüner“ Rohstoff (vgl. www.bdsv.de)
- BGR (2007): Der BGR-Preisindex für metallische Rohstoffe (BGR-MPI) Erschienen in: Bundesrepublik Deutschland, Rohstoffsituation 2006. Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
- Böhle, F. (1997): Verwissenschaftlichung als sozialer Prozess. Zum Einfluss der Naturwissenschaft auf die Organisation und Ziele technischer Entwicklungen. In: Daniel Bieber (Hg.): Technikentwicklung und Industriearbeit. S. 153–179
- Börsenlexikon: Ad Hoc News. Aktienkurse und Aktien News im Internet
- Brown, S. P. A.; Wolk, D. (2000): Natural Resource Scarcity and Technological Change, Economic and Financial Review, First Quarter 2000, Federal Reserve Bank of Dallas
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2005): Datenbestand der BGR
- Der Stern (2008): Tiefste Krise seit den 30er Jahren. Interview mit George Soros
- Deutsches Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (seit 2005: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) (2002): Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2002, Dokumentation Nr. 519
- Deutsches Kupferinstitut (1997): Kupfer – Vorkommen Gewinnung Eigenschaften Verarbeitung Verwendung
- Eichhorn A.; Otto M. (2004): Tiefziehen mit radialem Nachschieben von Werkstoff in der Flanschebene (TrNW); (vgl. www.utfscience.de/pdf/50670_UT-04-04_002xx0404ut.pdf)
- Endres, A.; Querner, I. (2000): Die Ökonomie natürlicher Ressourcen
- fona ISN (2008): Funktionsangepasste Oberflächen durch Polieren mit Laserstrahlen. Bericht aus dem Programm des BMBF Innovationen als Schlüssel zur Nachhaltigkeit (vgl. www.nachhaltige-innovationen.de)
- Frondel M.; Grösche P. et al. (2005): Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen, Endbericht
- Gesamtverband der Aluminiumindustrie e. V. (2008): Produktionszahlen; www.aluinfo.de/index.php/produktion.html
- Goldman, S. (2008): Rohstoff-Hausse ist keine Blase. Bericht vom 07.07.2008 (vgl. www.dasinvestment.com/news_single.html)
- Götz, K. (2003): Keramik-Walzen beweisen Industrietauglichkeit. Fachsymposium präsentiert erste Ergebnisse. Meldung vom 19.12.2003 im Innovationsreport (vgl. www.innovations-report.de)
- Hagelücken, C. (2007): Ressourcenknappheit bei Edelmetallen und Sondermetallen? Vortrag beim Ausschuss Sondermetalle der Gesellschaft Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik e. V.
- Hammer V. (2005): Cross-Curricular Competencies – ihre Bedeutung für erfahrungsorientierte Qualifizierung in Unternehmen. In: Weiterbildung auf dem Prüfstand. Mehr Innovation und Integration durch neue Wege der Qualifizierung (Hrsg.: Forschungsinstitut Betriebliche Bildung – f-bbgGmbH)

- Haufe Akademie (2005): Wirtschaftsunioren Deutschland „Management-Studie 2005 – Mittelstand in Deutschland“ (www.haufe-akademie.de/gmp/downloads/managementstudie.pdf)
- Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (2004): Nachhaltige Bestandsbewirtschaftung nicht erneuerbarer knapper Ressourcen
- Kram, W. (2006): Energie leicht gemacht. Automobil-Elektronik
- Little, A. (2005): Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in mittelständischen Unternehmen.
- London Metal Exchange (2008): Internetplattform mit Markdaten (vgl. www.lme.co.uk)
- Mogyorosi, P. (2003): Umkehrelektrolysesystem zur Metallrückgewinnung. Innovationsreport, 08.04.2003 (vgl. www.innovations-report.de/html/berichte/verfahrenstechnologie/bericht-17678.html)
- Olho Sinsheim GmbH (2008): Metallsubstitution. Es muss nicht immer Metall sein ... Produktdarstellungen im Internetauftritt
- Pitschke, T.; Roth, U. et al. (2003): Optimierung von Entsorgungsstrukturen
- Plinke, E.; Schonert, M. et al. (2000): Ökobilanz für Getränkeverpackungen II. UBA-Text 37/00
- Rewitec (2003): Car Clean HomeService: Rewitec – das Verfahren (vgl. www.cchs-service.de)
- Rohstoffwelt (2008): Internetplattform ROHSTOFFWELT der Bank ABN-AMRO (vgl. www.rohstoff-welt.de)
- Schlicher, C. (2006): Implizite Dimensionen des Wissens und ihre Bedeutung für betriebliches Wissensmanagement
- Schürenkrämer, U. (2007): Planungssicher auf Kurs – Instrumente zur Absicherung von Rohstoffpreisen. Unternehmermagazin der Deutschen Bank. Ausgabe 09/2007
- Schwarz, D.; Urban, P. (2002): Ansätze und Optimierungsmethoden für die Konzeption einer Leichtbaukarosserie, VDI-Seminar – Leichtbau mit metallischen Werkstoffen
- STAHL-ONLINE (2008): Steigende Rohstoffpreise verteuern die Stahlerzeugung. 10 Fakten und Hintergründe
- Studiengesellschaft Stahlanwendung e. V. (2000): Der Werkstoff Stahl im Vergleich zu Konkurrenzwerkstoffen in wichtigen Anwendungsgebieten
- The Economist (2008): Economist Intelligence Unit. WorldData (vgl. www.eiu.com)
- TiJet O. (2008): We shape Titanium. Verfahrensbeschreibung der Firma Tijet.
- U.S. Department of the Interior, U.S. (2006): Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2006 (vgl. www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2006/mcs2006.pdf)
- UBS Research (2006): Rohstoffe: Knappheit im Überfluss (vgl. www.erdoel-vereinigung.ch/UserContent/Documents/Oilfacts/STudien/06_ubs_Rohstoffe.pdf)
- Van den Brink, R.; Van Wee, B. (1999): Passenger car fuel consumption in the recent past: Why has passenger car fuel consumption no longer shown a decrease since 1990? Paper prepared for the workshop "Indicators of Transportation Activity, Energy and CO₂ emissions"
- Wirtschaftswoche (2008): Zinn bald so teuer wie Nickel. Artikel vom 06.05.2008
- Wolters, J. (2002): Neuere Entwicklungen in der ökonomischen Analyse aggregierter Zeitreihen
- Wuppertal Institut (2006): Ressourceneffizienz – eine Herausforderung für Politik und Wirtschaft www.finanzen.net/rohstoffpreise

bifa Umweltinstitut GmbH

Am Mittleren Moos 46

86167 Augsburg

Tel. +49 821 7000-0

Fax. +49 821 7000-100

www.bifa.de