

**Projektbericht**  
**Research Report**



***Materialeffizienz in der  
niederösterreichischen  
Wirtschaft***



**Projektbericht**  
**Research Report**

# **Materialeffizienz in der niederösterreichischen Wirtschaft**

Raimund Alt, Helmut Berrer, Christian Helmenstein

Februar 2012

Studie im Auftrag der

Wirtschaftskammer Niederösterreich, Sparte Industrie,  
Fachgruppe der Maschinen und Metallwaren Industrie,  
Fachgruppe der Chemischen Industrie,  
Fachvertretung der Nahrungs- und Genussmittelindustrie,  
Fachvertretung der Textil-, Bekleidungs-, Schuh- und Lederindustrie  
und der Industriellenvereinigung Niederösterreich

Kontakt:

Dr. Christian Helmenstein  
Economica Institut für Wirtschaftsforschung  
Schottenfeldgasse 29  
1070 Wien, Österreich  
☎: +43 / 676 / 3200-400  
☎: +43 / 676 / 3200-401  
E-Mail: [christian.helmenstein@economica.at](mailto:christian.helmenstein@economica.at)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Gegenstand der Studie</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Preisentwicklung bei Rohstoffen</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Materialeffizienz – Hindernisse</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Materialeffizienz: Perzeption, Verfahren und Potenziale</b>	<b>12</b>
5.1	Wahrnehmung der Materialeffizienz bei Unternehmen .....	12
5.2	Verfahren der Materialeffizienz.....	13
5.2.1	Design-to-Cost .....	14
5.2.2	Finite-Elemente-Methode.....	18
5.3	Ergebnisse einer Branchen-Potenzialanalyse für KMU in Deutschland.....	21
<b>6</b>	<b>Good-Practice-Beispiele</b>	<b>23</b>
6.1	Chemie .....	23
6.2	Holz .....	23
6.3	Maschinen und Metall .....	23
6.4	Nahrungsmittel .....	25
<b>7</b>	<b>Volkswirtschaftliche Materialflussrechnung und Materialeffizienz</b>	<b>26</b>
<b>8</b>	<b>Bilanzdaten und Materialeffizienz</b>	<b>28</b>
8.1	Berücksichtigung von Fremdleistungen .....	28
8.2	Analyse einzelner Branchen.....	31
8.2.1	Chemie.....	31
8.2.2	Holz.....	34
8.2.3	Maschinenbau.....	36
8.2.4	Metall.....	39
8.2.5	Nahrungsmittel.....	41
8.2.6	Textilien .....	44
8.3	Zusammenfassung der Branchenanalysen.....	46
<b>9</b>	<b>Maßnahmenvorschläge für ein Materialeffizienzprogramm</b>	<b>51</b>
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>54</b>
<b>11</b>	<b>Literatur</b>	<b>59</b>
	<b>Anhang: Beispiele von Internet-Tools</b>	<b>61</b>



## 1 Einleitung

Jenseits der gegenwärtigen Wirtschaftskrise kündigt sich eine neue makroökonomische Normalität japanischer Prägung für die Eurozone an. Wenn die Schätzung der Europäischen Kommission zutrifft, wird sich das Potenzialwachstum von zuvor rund zwei Prozent auf lediglich noch ein Prozent pro Jahr während der kommenden fünf Jahre halbieren. Gesucht sind daher erfolgreiche wirtschaftspolitische Gegenmaßnahmen, um deprimierend hohe und noch weiter zunehmende Arbeitslosenquoten ebenso wie eine dramatisch wachsende Staatsverschuldung auf Werte jenseits der 100 %-Marke (im Durchschnitt der Mitgliedsstaaten) nicht Realität werden zu lassen.

Wege zur Überwindung eines solchen Szenarios einer erneut drohenden Eurosklerose können auf der Ebene der makroökonomischen Globalsteuerung aber kaum gefunden werden: das geldpolitische Maßnahmenarsenal ist ausgereizt, der fiskalpolitische Handlungsspielraum bereits überzogen. Der Prozess der institutionellen Integration ist weitestgehend abgeschlossen, der allfällige Einsatz handelspolitischer Instrumente würde die Krise noch verschlimmern.

Neue Prosperitätspfade werden daher auf mikroökonomischer Ebene gesucht, gefunden und gestaltet werden (müssen). Ihr Zusammenwirken wird, eine kritische Größenordnung des hierdurch induzierten wirtschaftlichen Strukturwandels vorausgesetzt, eine neue makroökonomische Dynamik zu entfachen imstande sein. Regionale und branchenorientierte Initiativen mit Pilotcharakter werden dabei eine entscheidende Rolle spielen. Die Ära des uniformen Maßnahmendesigns ist zu Ende.

Solche Aktivitäten bergen die Chance auf eine spektakuläre Rentabilität, die beträchtlich über dem Niveau der Konkurrenz liegt. Die wirtschaftspolitische Strategie sollte dabei nicht lediglich auf einen Tempoeffekt ausgerichtet sein: Bei gleicher Konjunkturamplitude fährt besser, wer durch unverzügliche Positionierung den Auftriebskräften eher zum Durchbruch verhilft und dadurch den Zuwachs an Wertschöpfung maximiert. Weitaus bedeutender noch ist es, die strukturellen Voraussetzungen zu schaffen, damit die niederösterreichische Wirtschaft und ihre Beschäftigten bestmöglich an den kommenden drei Superzyklen partizipieren, die mit einem herkömmlichen zyklischen Aufschwung wenig gemein haben werden.

Der erste Superzyklus bezieht sich auf die Erzeugung von und Versorgung mit Nahrungsmitteln. In jeder Sekunde wächst die Weltbevölkerung um drei Bewohner. Dies ist, wohlgemerkt, der Nettozuwachs – die Geburtenzahl liegt noch weit darüber. Das heißt, in jedem einzelnen Monat nimmt die Weltbevölkerung in einem Ausmaß zu, welches der Bevölkerungsgröße Österreichs entspricht. Das macht derzeit rund 91 Millionen zusätzliche

Bewohner pro Jahr, die allesamt – ob globale Rezession oder nicht – Nahrung und viele weitere Ressourcen für ein menschenwürdiges Leben benötigen.

Der zweite Superzyklus hängt eng mit dem ersten zusammen und betrifft die nachhaltige Energieerzeugung. Im zeitlichen Naheverhältnis zu Peak-Oil sind knappheits- und gestehungskostenbedingt erhebliche Energiepreisdynamiken absehbar. Steigende Importpreise fossiler Energieträger implizieren eine Verschlechterung der Terms-of-Trade – anders formuliert werden niederösterreichische Unternehmen einen im Zeitablauf zunehmenden Anteil an ihren Verkaufserlösen für den Bezug von Ressourcen leisten müssen, die zu besitzen andere lediglich glücklicher, nicht aber fleißiger waren. Eine solche Aussicht konstituiert ein hinreichendes Argument für einen strukturellen Wandel im niederösterreichischen Energiemix, ohne dass es dazu des Rekurses auf den Klimaschutz bedarf.

Der dritte Superzyklus bezieht sich auf die Materialeffizienz. Wenn es um betriebliche Effizienzsteigerung geht, steht der Produktionsfaktor Arbeit traditionellerweise im Mittelpunkt. Für die Produktion an einem Hoch-Lohn-Standort wie Niederösterreich ist die Kontrolle der Lohnstückkosten (über)lebenswichtig, ein solches Optimierungskalkül daher notwendig. Als Ergebnis jahrzehntelanger, intensiver Anstrengungen zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität haben sich die Kostenanteile in der Produktion jedoch erheblich verschoben. So erreicht etwa beim verarbeitenden Gewerbe in Deutschland das anteilige Gewicht der Personalkosten an der gesamten Kostenbasis inzwischen weniger als die Hälfte des anteiligen Gewichts der Materialkosten (vgl. Tabelle 1).

**Tabelle 1: Kostenstruktur des verarbeitenden Gewerbes (Deutschland, 2004-2007)**

<b>Kostenkomponenten</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Material (ohne Energie)	41,1	42,0	43,0	44,3
Personal	20,0	19,1	18,1	17,3
Handelswaren	11,5	12,0	11,7	10,9
Kostensteuern	3,5	3,5	3,4	3,1
Abschreibungen	3,0	2,9	2,8	2,7
Lohnarbeiten	2,4	2,3	2,4	2,4
Energie	1,6	1,7	1,8	1,6
Dienstleistungen	1,8	1,6	1,6	1,6
Mieten, Pacht	1,5	1,5	1,4	1,4
Sonstiges	13,6	13,4	13,8	14,5

*Quelle: Statistisches Bundesamt (Deutschland), Kostenstruktur der Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes - Fachserie 4, Reihe 4.3 der Jahre 2004 bis 2007.*

Geht man von einer ähnlichen Situation in Österreich aus, so ist bei einer durchschnittlichen Materialkostenquote in der Industrie von über 40 % zu vermuten, dass bei dieser Kostenkomponente enorme Einsparpotenziale und damit auch Chancen zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der niederösterreichischen Industrie noch ungenützt sind. Diese Einschätzung wird insofern noch weiter untermauert, als die Materialkosten aufgrund einer über lange Jahre hinweg günstigen Rohstoffpreisentwicklung in den meisten Unternehmen nicht annähernd so stark wie die ständig zunehmenden Personalkosten optimiert wurden.

Vor dem Hintergrund der in globaler Perspektive stark wachsenden Rohstoffnachfrage ist die Ära stagnierender oder gar sinkender Rohstoffpreise vorüber, sodass zukünftig neben den Lohnstückkosten in zunehmendem Maße auch die Materialstückkosten von ausschlaggebender Bedeutung für die preisliche Wettbewerbsfähigkeit niederösterreichischer Produkte sein werden.

## 2 Gegenstand der Studie

Ausgangspunkt der Untersuchung ist ein bi-dimensionales Verständnis von Material (Rohstoffen): Einerseits ist Material Teil des Umlaufvermögens des einzelnen Unternehmens und bindet als solches Liquidität, andererseits entfällt auf das Material ein wesentlicher Anteil an den Herstellungskosten des/r Erlösträger/s.

Die forschungsleitenden Fragestellungen lauten dementsprechend:

- (a) Welche Optimierungspotenziale bestehen hinsichtlich des innerbetrieblichen Materialeinsatzes in Bezug auf die Bindung von Liquidität? Als empirische Untersuchungsgrößen werden dazu die Vorratsquoten nach Branchen und regionaler Gliederung gegenübergestellt.
- (b) Welche Optimierungspotenziale bestehen hinsichtlich der Materialeffizienz? In der volkswirtschaftlichen Materialflussrechnung versteht man darunter, wie viele BIP-Einheiten je Materialeinheit erzeugt werden können. Eine Verringerung des Materialinputs bewirkt somit eine Erhöhung der Materialeffizienz.
- (c) Welche standortpolitischen Maßnahmen lassen sich aus den Befunden gemäß (a) und (b) ableiten?

Im Fokus der Studie stehen die Branchen Maschinenbau, Stahlbau- und Metallwarenindustrie. Darüber hinaus werden die Branchen Chemie, Holz, Nahrungs- und Genussmittel sowie Textilien/Bekleidung berücksichtigt.

Zur Analyse der aufgeworfenen Fragestellungen werden branchenbezogene Bilanzdaten niederösterreichischer und österreichischer Unternehmen der KMU Forschung Austria herangezogen. Das Untersuchungsdesign für die unter (a) ausgewiesene Fragestellung stellt damit ebenso wie die Umsetzung von (b) die quantitative Analyse in den Mittelpunkt. Es wird angestrebt, Optimierungspotenziale mittels horizontaler (Niederösterreich versus Österreich) und vertikaler (Zeitdimension) Benchmarks sowohl festzustellen als auch zumindest partiell zu beziffern.

In kategorialer Hinsicht ist zu vermuten, dass das Einsparungspotenzial mit der Unternehmensgröße negativ korreliert, das heißt, mit zunehmender Unternehmensgröße sollte das relative, wenngleich nicht das absolute, Einsparpotenzial abnehmen. Dies ist auf verschiedene Gründe wie Personalknappheit und fehlendes Know-how gerade in Kleinbetrieben zurückzuführen. So weist etwa die SWOT-Analyse des operationellen Programms zum Phasing-Out der EU-Förderungen für das Burgenland darauf hin, dass bis dato

*„insbesondere in Kleinst- und Kleinbetrieben (...) ein geringes Qualifikationsniveau bei gleichzeitig geringer Bildungsbereitschaft zu verzeichnen [war].“*

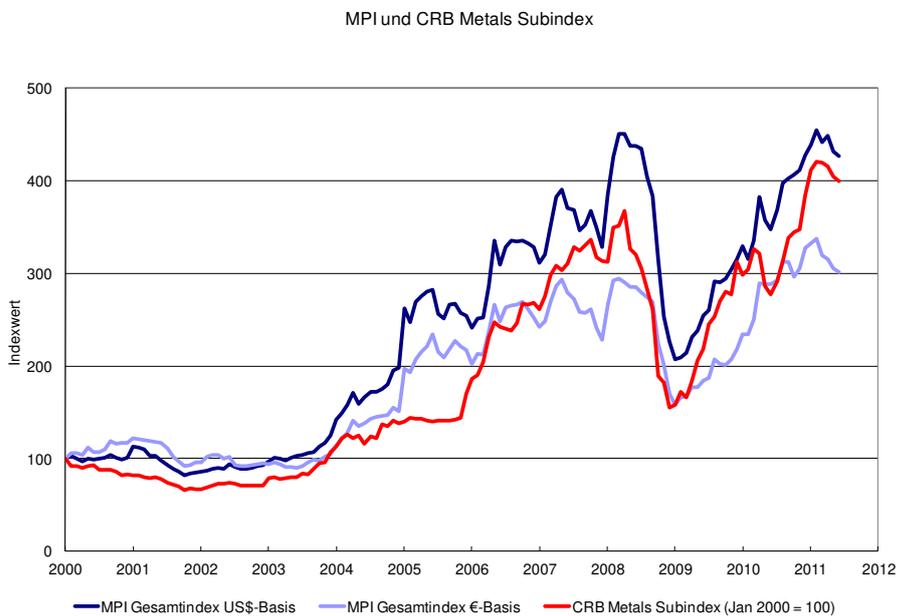
Aufbauend auf den im Rahmen der Punkte (a) und (b) gewonnenen Erkenntnissen soll unter Punkt (c) ein konkretes Maßnahmenprogramm für die niederösterreichische Industrie entwickelt werden, welches auch die argumentative Grundlage für ein Materialeffizienz- (ausbildungs-)programm enthalten soll.

Es folgt ein kurzer Überblick über den weiteren Inhalt der vorliegenden Studie. Im nächsten Kapitel wird die Preisentwicklung diverser Rohstoffe und Rohstoffindizes über die vergangene Dekade dargestellt. Das vierte Kapitel beschäftigt sich mit verschiedenen Hindernissen, die einer Durchführung von Materialeffizienzmaßnahmen in den Unternehmen im Wege stehen. Danach werden die besonderen Potenziale von Maßnahmenaktivitäten aufgezeigt sowie einige Ansätze wie Design-to-Cost, die Finite-Elemente-Methode und Zero-Loss-Management beschrieben, mit deren Hilfe sich der Materialverbrauch systematisch reduzieren lässt. Im sechsten Kapitel werden Good-Practice-Beispiele aus verschiedenen Branchen präsentiert. Danach werden einige Indikatoren aus der Umwelt-Materialflussrechnung vorgestellt und deren empirische Entwicklung für Österreich beschrieben. Im achten Kapitel erfolgt in einer modifizierten Variante eine Übertragung der Indikatorkonzepte auf Bilanzdaten niederösterreichischer und österreichischer KMUs. Anschließend wird eine Reihe von Vorschlägen für Materialeffizienzmaßnahmen in niederösterreichischen KMUs präsentiert. Das letzte Kapitel inkludiert eine Zusammenfassung der Ergebnisse der vorliegenden Studie.

### 3 Preisentwicklung bei Rohstoffen

An den internationalen Rohstoffmärkten war das vergangene Jahrzehnt durch massive Preissteigerungen geprägt. Auch wenn es 2008 mit dem Einsetzen der Finanz- und Wirtschaftskrise zu einem vorübergehenden Einbruch der Preise kam, haben Rohstoffindizes mittlerweile wieder neue Höchststände erreicht. Für viele Unternehmen stellt diese Entwicklung eine neue Situation dar, wenn man zum Vergleich etwa die Preisniveaus der letzten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts heranzieht. Die Materialeinsatzplanung sieht sich mit signifikanten und voraussichtlich dauerhaften Änderungen der Angebots-/Nachfragebedingungen auf den Rohstoffmärkten konfrontiert. Dies hängt nicht nur, aber doch zu einem nicht unwesentlichen Teil vom „Rohstoffhunger“ der aufstrebenden Volkswirtschaften Chinas und Indiens ab, deren Einwohnerzahl immerhin etwa ein Drittel der Weltbevölkerung beträgt. Hinzu kommt, dass Produktionsländer verschiedentlich versuchen, sich durch protektionistische Maßnahmen wie Exportabgaben und Exportbeschränkungen Vorteile im internationalen Wettbewerb zu verschaffen. Als besonderes Risiko erweist sich außerdem der Befund, dass die Produktion vieler Rohstoffe nur auf einige wenige Länder konzentriert ist. Ein zuletzt medial entsprechend beachtetes Beispiel stellt die Gewinnung Seltener Erdoxide dar, bei denen China mit einem Anteil von 97 % de facto eine Monopolstellung besitzt.

**Abbildung 1: Ausgewählte Metallpreisindizes**



Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Börsennotierte Rohstoffindizes bilden die Belastung rohstoffpreissensibler Unternehmen nur unzureichend ab, da sie nicht am für die deutsche Wirtschaft typischen Metalleinsatz ausgerichtet werden. Daher errechnet die Rohstoffberatung der BGR (deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) ab November 2007

Im Folgenden soll beispielhaft auf die Preisentwicklung einzelner Metalle eingegangen werden. Hierbei ist besonders zu beachten, dass der Preisanstieg bei Industriemetallen kein Phänomen der zweiten Hälfte der ersten Dekade dieses Jahrhunderts (siehe Abbildung 1) ist, sondern schon länger anhält, und zwar mit zum Teil astronomischen Steigerungsraten! Die nachfolgende Tabelle weist die Preise für die Jahre 2001 und 2005 sowie den jeweiligen Preisanstieg über diesen Zeitraum aus. Bei den ausgewählten Metallen handelt es sich um Indium, Kupfer, Molybdän, Platin, Selen, Tellur, Vanadium, Wolfram und Zirkon. Hier zeigt sich, dass nicht nur zwei- oder dreistellige, sondern im Falle von Molybdän, Selen, Tellur und Vanadium sogar vierstellige(!) Preissteigerungen gemessen wurden.

**Tabelle 2: Preisanstieg bei ausgewählten Metallen, 2001-2005**

Rohstoff	Anwendungsgebiet	Preis 2001	Preis 2005	Anstieg in %
Indium	LCD-Flachbildschirme, Semikonduktoren	120,0	810,0	575 %
Kupfer	Baubereich, Elektronik, Verkehrswesen	71,6	165,0	130 %
Molybdän	Stahlerzeugung	5,0	72,0	1.340 %
Platin	Katalysatoren	533,0	890,0	66 %
Selen	Glas, Chemie, Elektronik	3,8	52,0	1.268 %
Tellur	Stahlerzeugung	7,0	96,0	1.271 %
Vanadium	Petrochemie, Metallwirtschaft	1,4	17,5	1.177 %
Wolfram	Elektronik	64,0	140,0	118 %
Zirkon	Keramik, Chemie	340,0	662,0	95 %

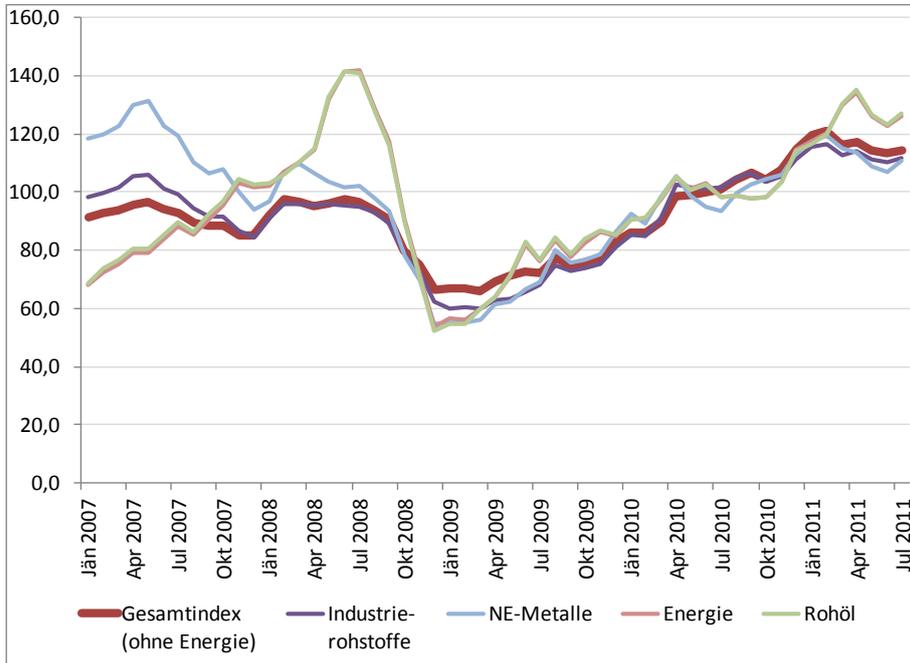
*Quelle: Wuppertal-Institut (2006).*

*Preisangaben in US-Dollar, bezogen auf spezifisch relevante Mengen.*

Betrachtet man z.B. den HWWI-Rohstoffpreisindex (Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut) über die vergangenen fünf Jahre (Abbildung 2), so lässt sich, neben den Preissteigerungen, eine verstärkte Korrelation zwischen den einzelnen Rohstoffklassen feststellen. Dies impliziert zusätzlich eine Einschränkung bei allfälligen Substitutionsmöglichkeiten.

---

einen für Deutschland angepassten Rohstoffpreisindex, der fortan in monatlicher Folge eine Rückschau auf die Entwicklungen auf den internationalen Metallmärkten bietet und auf der Internetseite der BGR ([www.bgr.bund.de](http://www.bgr.bund.de)) abrufbar ist. Die beiden wichtigsten Rohstoffpreisindizes weltweit sind der Goldmann Sachs Commodities Index (GSCI) sowie der Reuters CRB-Index. Der Reuters CRB-Index wird in sechs Untergruppen unterteilt, von denen die Subindizes Energie, Edelmetall und Metalle einen Bezug zum Bergbau aufweisen. Der Metall-Subindex wiederum setzt sich aus den Preisen für die Sekundärrohstoffe Kupfer-, Blei- und Stahlschrott sowie aus denen für Zinn- und Zinkmetall zusammen. Der Edelmetall-Subindex stellt die Entwicklung der Preise für Gold, Silber sowie Platin dar, und der Energie-Subindex gibt die Preistendenz für Rohöl, Heizöl und Erdgas wieder.

**Abbildung 2: HWWI-Rohstoffpreisindizes (2007-2011)**

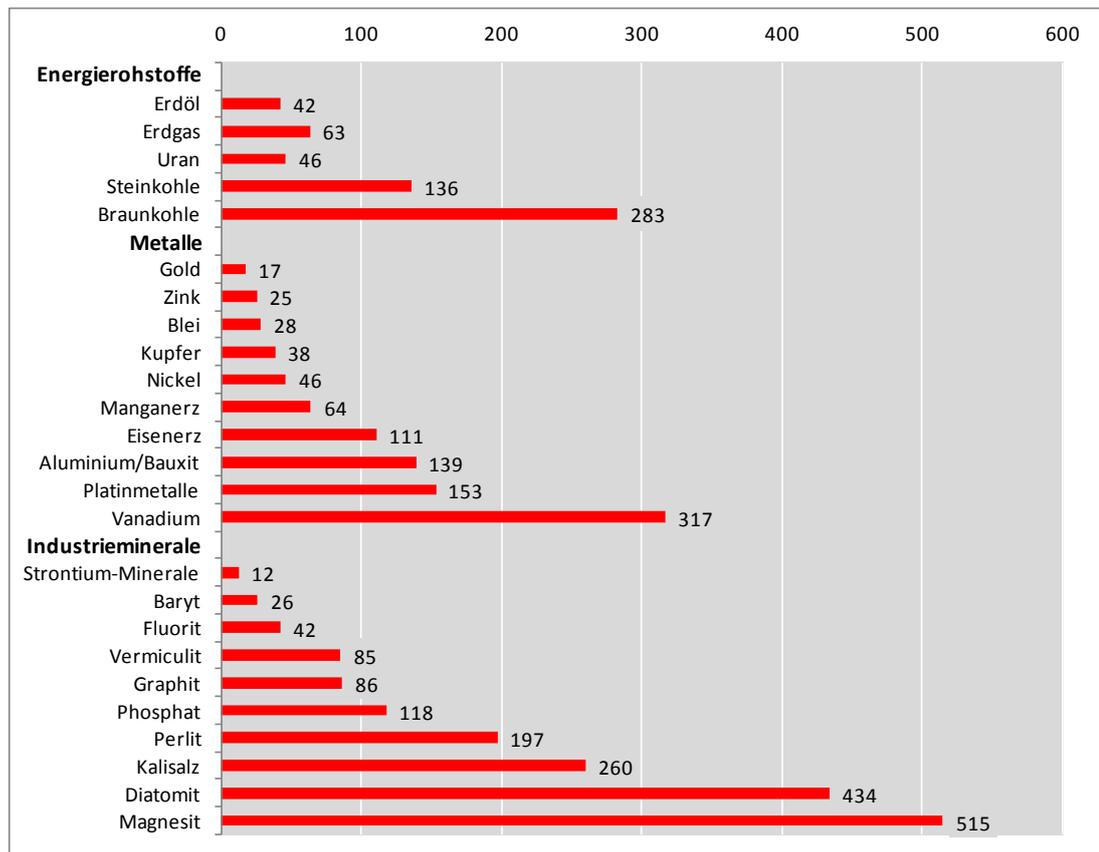
Quelle: *Economica* (2011).

Da auf Grund der stark steigenden Nachfrage nach Konsumgütern mit weiteren signifikanten Preissteigerungen bei Rohstoffen zu rechnen ist<sup>2</sup>, rückt ein Aspekt mehr und mehr in den Vordergrund, der vor allem im Energiesektor seit langem bewusst ist, nämlich die Endlichkeit der Ressourcen. Diese wird häufig durch die sogenannte *statische Reichweite* erfasst. Darunter versteht man den Quotienten aus den bekannten Reserven eines Rohstoffes und der jährlichen Verbrauchsmenge.

Die folgende Tabelle zeigt die statische Reichweite ausgewählter Rohstoffe. Dabei fällt besonders auf, dass die statische Reichweite einiger Metalle (Gold, Zink, Blei, Kupfer) und Industriemineralen (Strontium-Mineralen, Baryt) niedriger ist als diejenige von Erdöl, ohne dass dies bis dato besondere wirtschaftspolitische oder mediale Beachtung gefunden hätte. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die statische Reichweite keinen besonders geeigneten Indikator für die absolute Knappheit eines Rohstoffes darstellt. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass die Erschließung neuer bzw. bisher ungenutzter Lagerstätten in Zukunft einen deutlich höheren Aufwand erforderlich machen wird. Als naheliegende Konsequenz ergibt sich daraus, dass, neben dem Energiesparen, der Fokus künftig verstärkt auf die „Materialersparnis“ gerichtet werden sollte.

<sup>2</sup> Es gibt allerdings auch Stimmen, wie z.B. Frondel und Schmidt (2007), die angesichts der Preisentwicklungen auf den Rohstoffmärkten davor warnen, die Lage zu dramatisieren. Sie weisen darauf hin, dass die realen Preise der meisten Rohstoffe über längere Zeiträume hinweg betrachtet eher gesunken sind. Eine solche Haltung dürfte vor dem Hintergrund des raschen Wiederanstiegs der Rohstoffpreise nach der Großen Rezession in den Jahren 2008/2009 jedoch zunehmend revisionsanfällig sein.

**Abbildung 3: Statische Reichweite von ausgewählten Rohstoffen (in Jahren)**



Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, ) *Economica* (2011).

## 4 Materialeffizienz – Hindernisse

Eine zentrale Frage im Hinblick auf Maßnahmen zur Erhöhung der Materialeffizienz in KMUs ist die nach dem möglichen Einsparungspotenzial, das man sich von derartigen Maßnahmen erwarten kann. In kategorialer Hinsicht ist zu vermuten, dass das Einsparungspotenzial mit der Unternehmensgröße negativ korreliert, das heißt mit zunehmender Unternehmensgröße sollte das relative, wenngleich nicht das absolute, Einsparungspotenzial abnehmen. Bei Großunternehmen wird die Bedeutung der Materialeffizienz als Wettbewerbsfaktor im Allgemeinen seit langem adressiert, schon aufgrund einer entsprechend spezialisierten Humankapitalausstattung und zum Teil auch korrespondierender Forschungs- und Entwicklungskapazitäten.

Bei KMUs stellen sich die Verhältnisse weit überwiegend anders dar. Einen Hinweis auf die Schwierigkeiten, mit denen eine Materialeffizienz-Kampagne bei KMUs konfrontiert ist, gibt die SWOT-Analyse des operationellen Programms zum Phasing-Out der EU-Förderungen für das Burgenland. Dort heißt es, dass bis dato *„insbesondere in Kleinst- und Kleinbetrieben (...) ein geringes Qualifikationsniveau bei gleichzeitig geringer Bildungsbereitschaft zu verzeichnen [war]“*. Dies weist darauf hin, dass Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz bei KMUs insbesondere bei der Ausbildung der Beschäftigten sowie bei der Beratung über Einsparpotenziale ansetzen sollten.

Was sind die eigentlichen Hindernisse oder Hemmnisse für die Einführung von Materialeffizienz-Maßnahmen in KMUs? Von Seiten der Unternehmen wird hierzu eine Reihe von Schwierigkeiten und Befürchtungen vorgebracht (Wied und Brüggemann (2009), Blaeser-Benfer (2010)):

- Zeitmangel und/oder Personalmangel im Alltagsgeschäft
- Fehlendes Wissen über Materialeffizienz (einschließlich unzureichendem Problembewusstsein)
- Vorbehalte wegen des Zeit- und Organisationsaufwandes
- Hohe Investitionskosten bei beschränkter Kapitalverfügbarkeit
- Unsicherheit über die Amortisationszeiten der Maßnahmen.

Blaeser-Benfer (2010) weist darauf hin, dass sich bei der betrieblichen Beratung über Maßnahmen zur Materialeffizienz herausgestellt hat, dass es durchaus möglich ist, in vielen Fällen vor allem die wirksamsten Maßnahmen umzusetzen, da einige der Vorbehalte und Bedenken sich bei eingehender Analyse als unbegründet erwiesen haben. Blaeser-Benfer

(2010) erwähnt dies etwa im Zusammenhang mit Befürchtungen im Hinblick auf den Organisationsaufwand, das Wissen über Materialeffizienz, den Investitionsaufwand sowie die Amortisationszeiten.

ADL et al. (2005) fassen im Rahmen ihrer Studie die Gründe für diverse Schwierigkeiten zusammen, die ihrer Ansicht nach einer Einführung von Materialeffizienz-Maßnahmen entgegenstehen. Diese ergeben sich teilweise aus einem etwas erweiterten Blickwinkel, der auch die öffentliche Hand bzw. die Öffentlichkeit inkludiert:

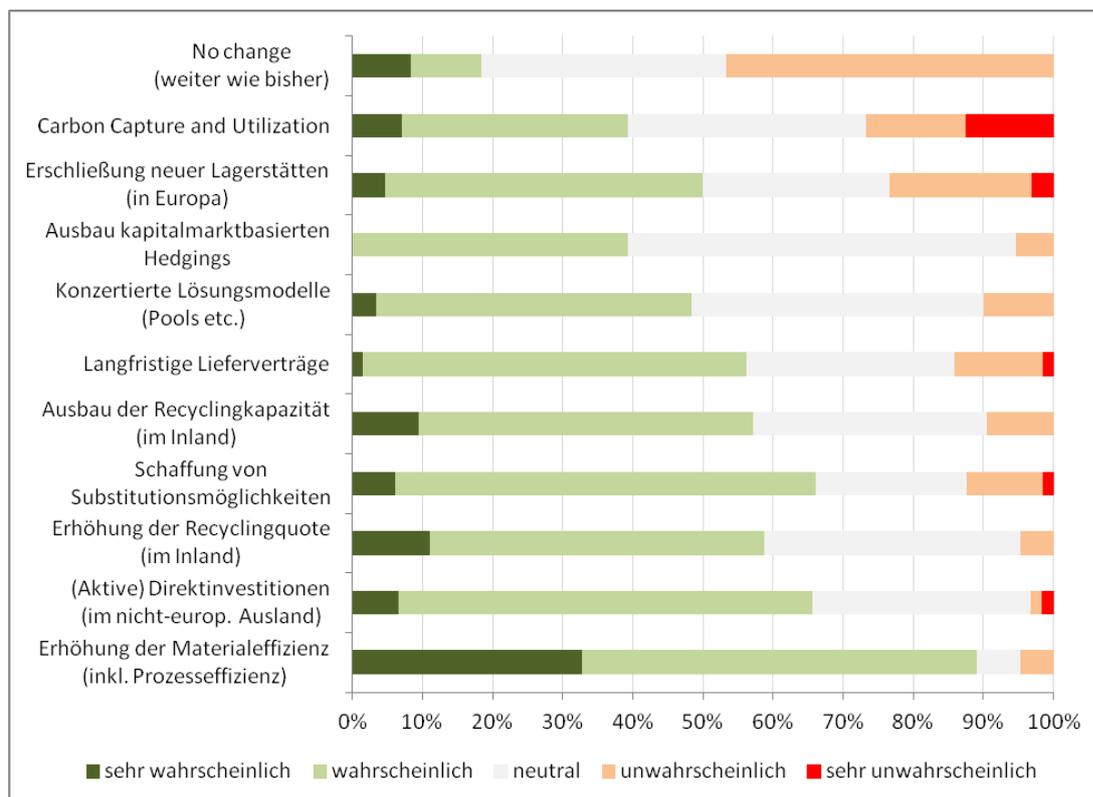
- Mangelnde Managementressourcen im Alltagsgeschäft
- Zu langsame Wissensdiffusion in die mittelständische Wirtschaft bzw. fehlendes Know-how
- Ausgeschöpftes Investitionsbudget
- Unsichere Amortisationsperspektiven investiver Maßnahmen (so geht bei einem unerwarteten Preisverfall die Investitionsrendite verloren)
- Unzureichend belegte Kostensenkungspotenziale für den einzelnen Betrieb
- Aus Gründen der Risikominimierung bestehen Bedenken vor Experimenten im laufenden Produktionsprozess
- Im Gegensatz zu anderen Feldern, wie etwa der Energieeffizienz, bestehen bislang nur wenige Förderanreize
- Anders als Energieeffizienzgewinne müssen Materialeffizienzzuwächse technisch häufig über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg abgestimmt werden – etwa bei einer Materialsubstitution oder einer materialsparenden Werkstückauslegung. Die dazu erforderliche Kooperation stößt auf nicht unerhebliche Schwierigkeiten, u.a. weil Zulieferer rigiden Vorgaben ihrer Kunden oder überholten technischen Normen zu entsprechen haben.

## 5 Materialeffizienz: Perzeption, Verfahren und Potenziale

### 5.1 Wahrnehmung der Materialeffizienz bei Unternehmen

Im Rahmen einer Panelbefragung<sup>3</sup> unter österreichischen Führungskräften aus Wirtschaft und Forschung zur Entwicklung der Rohstoffverfügbarkeit und der Rohstoffpreise wurde eine Vielzahl möglicher Reaktionen zur Auswahl gestellt. Zwei Reaktionsmuster stehen in besonderer Weise hervor. Einerseits wird eine „No-Change“-/„Weiter-wie-bisher“-Strategie weitestgehend verworfen, andererseits wird eine Strategie, welche auf die Erhöhung der Materialeffizienz (inkl. Prozesseffizienz) setzt, mit großem Abstand favorisiert. Fast 90 % der Respondenten halten eine solche Strategie für „wahrscheinlich“ oder sogar „sehr wahrscheinlich“.

**Abbildung 4: RiskPanel: Aktionsfeld Risikomanagement I**



Quelle: RiskPanel der Industriellenvereinigung und der RiskRe; *Economica* (2011).

<sup>3</sup> RiskPanel der Industriellenvereinigung und der RiskRe Agentur für wirtschaftliche Risikoforschung im Rahmen des StratFüsys-Projektes (KIRAS-Programm) zum 2. Semester 2011, halbjährliche Erhebung,  $n=70$ .

## 5.2 Verfahren der Materialeffizienz

Verschiedene Studien belegen die Einsparpotenziale beim Materialverbrauch in Unternehmen (siehe z.B. ADL(2005)). Die Höhe derselben variiert dabei je nach der betrachteten Branche. Zur Hebung dieser Potenziale bieten sich unter anderem die folgenden Ansätze an: effizienteres Produktdesign, Optimierung der Produktionsabläufe, neue Werkstoffe sowie eine Verbesserung des Recyclings.

### *Effizienteres Produktdesign*

Auf einen sparsamen Materialeinsatz ist bereits in der Planungs- und Entwicklungsphase von Produkten zu achten. Interessant sind hier etwa Überlegungen, sich stärker an Optimierungslösungen zu orientieren, die an Naturvorgänge angelehnt sind. Auch wenn die Leichtbauweise, bei welcher bei weniger beanspruchten Produktkomponenten gezielt Material eingespart oder selbiges substituiert wird, bisher vorwiegend in der Automobilbranche zum Einsatz kommt, dürften sich Potenziale dafür auch in anderen Branchen bieten, z.B. im Maschinenbau, im Stahlbau, in der Kunststoff- und oder auch bei der Holzverarbeitung (ADL (2005)).

### *Optimierung der Produktionsvorgänge*

Potenziale für Materialeinsparungen könnten sich auch bei genaueren Analysen des gesamten Produktionsablaufs ergeben. Dazu gehören etwa Einsparungen bei Verpackungs- und Verbrauchsmaterialien sowie durch die Reduktion von Produktionsausschuss und Verschnitt. Faulstich et al. (2009) untersuchen Einsparpotenziale entlang der Wertschöpfungskette und weisen darauf hin, dass auf der Ebene der Güterproduktion nicht nur inkrementelle Verbesserungen, sondern sogar „Effizienzsprünge“ erreicht werden können. Besonderes Interesse gilt hier Innovationen, die zu einem neuen Design von Produkten und Verfahren führen. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die Kombination von Funktionalitäten wie „Drucken“, „Kopieren“, „Scannen“ und „Faxen“ in einem einzigen Gerät. Ein methodischer Ansatz für die Suche nach etwaigen Einsparpotenzialen ist das sogenannte Zero-Loss-Management, bei der eine Analyse der gesamten Wertschöpfungskette erfolgt. Mit Hilfe einer Input-/Output-Bilanz lassen sich dabei für alle Materialien die Input- und Outputströme darstellen.

#### *Exkurs: Zero-Loss-Methode (ZLM)*

Die Zero-Loss-Methode kommt üblicherweise in der Mitte des Produktlebenszyklus‘ zum Einsatz. Sie kann daher an bereits bestehenden Prozessen ansetzen. Es wird die gesamte Supply-Chain durchleuchtet, wobei der Fokus auf dem eigenen Unternehmen liegt und die Betrachtung interdisziplinärer Natur ist. Grundsätzlich zeichnet sich die Methode durch einen mittleren Komplexitätsgrad aus. Sie weist bei einem regelmäßigen Einsatz ein hohes Einsparpotential auf und lässt darüber hinaus eher kurzfristige Kapitalrückflüsse erwarten. Die ZLM-Methode besteht aus drei Phasen: Prozessanalyse, Loss-Kostenanalyse und

Maßnahmenentwicklung. Alle Kostenelemente, die nicht als Endprodukt den Kunden erreichen, werden als Verlust (Loss) verstanden. Sie sind Ziel der Optimierungsanstrengungen.

#### *Neue Werkstoffe*

Bei Knappheit von beziehungsweise erheblichen Kostensteigerungen bei Materialien wäre es aus ökonomischer Sicht sinnvoll, geeignete Substitute in Betracht zu ziehen. Von diesem Bemühen dürfte eine starke Nachfrage nach werkstoffbezogenen Innovationen ausgehen. Die Produktion solcher Werkstoffe sollte nicht nur kostengünstiger, sondern auch möglichst ressourcenschonend erfolgen.

#### *Verbessertes Recycling*

Erhebliche Einsparpotenziale verspricht man sich durch die Wiederverwertung von Materialien. Studien der International Platinum Association ergeben, dass mittlerweile 25-30 % des Angebots an Platinmetallen aus dem Recycling stammt und dass bei manchen Industrieanwendungen die Wiedergewinnungsquote bereits 90 % erreicht. Allerdings ist zu bedenken: „*Verstärkte Recyclingbemühungen lindern das Problem der Knappheit zwar, eignen sich aber zumindest gegenwärtig nur für eine begrenzte Auswahl an Rohstoffen*“ (Wied und Brüggemann [2009]; die Autoren weisen auf hohe Recyclingfähigkeiten etwa bei Gold, Silber, Zink, Blei, Titan, Zinn und Aluminium hin).

#### *5.2.1 Design-to-Cost*

Konkret gibt es eine Reihe methodischer Ansätze, mit deren Hilfe versucht wird, Maßnahmen zur Materialeffizienz in den Produktionsprozess zu integrieren, z.B. die Design-to-Cost- oder die Finite-Elemente-Methode. Diese methodischen Ansätze werden nachstehend dargestellt.

Unter Design-to-Cost (DTC) versteht man das Entwerfen und Konstruieren nach Kostengesichtspunkten unter Berücksichtigung der gegebenen Rahmenbedingungen. Die Konstruktion muss unter Einhaltung des vorgegebenen Kostenziels und unter vorgegebenen Prämissen erfolgen. Somit werden die Kosten neben technischen Leistungen und Terminen zu einem bestimmenden Entwurfparameter und gehen als festgesetzte Größe gleichberechtigt in das Gesamtkonzept ein. Seinen Ursprung hat das DTC-Verfahren bei Vergaben von Entwicklungsaufträgen des US-Verteidigungsministeriums, wo es beim Bau und Betrieb militärischer Großsysteme nach wie vor zum Einsatz kommt.

Die DTC-Methode ist eng mit der **Lebenszykluskosten-Kalkulation (Life Cycle Costing, LCC)** verbunden. Unter Lebenszykluskosten versteht man die Summe aller Kosten, die ein

System während seines gesamten ‚Lebens‘ verursacht. Der Begriff „Lebenszyklus“ umfasst dabei alle ‚Lebensphasen‘ von der Initiierung über die Entwicklung, Produktion und Nutzung bis zur Stilllegung und Beseitigung. Die Lebenszykluskosten dienen als Entwurfparameter für das DTC. Im Maximalfall werden die Teilkosten aller Lebensphasen berücksichtigt, aber je nach Produkt und Zielsetzung bleiben die Teilkosten einzelner Lebensphasen unberücksichtigt. So können z.B. in einem Fall die Herstell- und Entsorgungskosten, in einem anderen die Herstell- und Betriebskosten den Inhalt der Lebenszykluskosten-Kalkulation bilden.

Das Einsatzgebiet der DTC-Methode liegt aufgrund der engen Verknüpfung mit der Lebenszykluskostenbetrachtung vor allem im Bereich der Entwicklung komplexer Produkte mit langer Lebensdauer. DTC-Aktivitäten setzen schon zu Projektbeginn an und enden mit der Fertigstellung der Unterlagen, der Einsatzschwerpunkt liegt jedoch in den frühen Phasen der Produktentwicklung (Konzeption, Konstruktion), da hier am meisten Einfluss auf die Kostenstrukturen genommen werden kann. Waren Kosten als Entwurfparameter in den 1970er Jahren nur in der Luft- und Raumfahrtindustrie üblich, so ist der Einsatz der DTC-Methode heute bei Produktentwicklungen weit verbreitet.

Eine innerbetriebliche Hürde, die es für einen erfolgreichen Einsatz der DTC-Methode zu meistern gilt, liegt in der interdisziplinären Natur des Ansatzes. So ist etwa die Zusammenarbeit zwischen technischen und betriebswirtschaftlichen Bereichen des Unternehmens erforderlich. Daher ist neben einer konstruktiven Teamarbeit und einer Sensibilisierung des Kostenbewusstseins auch die Unterstützung des Topmanagements für den erfolgreichen Einsatz der Methode unverzichtbar.

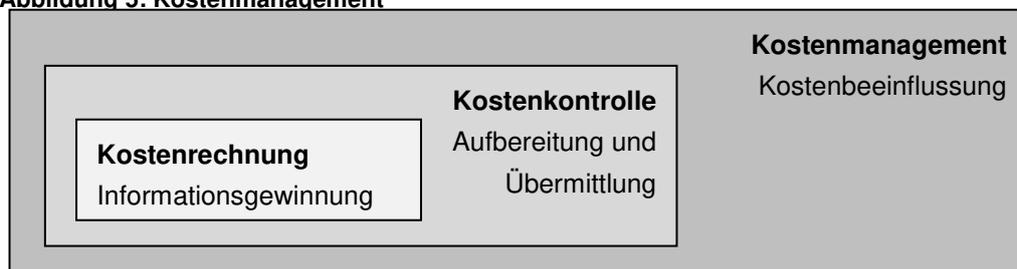
In der praktischen Umsetzung der DTC-Methode lässt sich nicht auf eine einheitliche Aufbauorganisation zurückgreifen, da sich die eingesetzten Organisationsstrukturen projekt- und unternehmensbezogen voneinander unterscheiden. Darüber hinaus kommt der zeitlichen Dimension der Zusammenarbeit der Fachleute aus den unterschiedlichen Disziplinen ebenfalls eine wichtige Bedeutung zu. So kann die Bildung eines DTC-Teams für die Dauer einer Projektabwicklung oder als eigens installierte, feste Organisationseinheit vorgesehen werden, die in Zusammenarbeit mit den relevanten Abteilungen alle Belange der DTC-Methode kontinuierlich bearbeitet.

Die DTC-Methode ist dabei in das überspannende Themengebiet **Kostenmanagement** eingebettet. Kostenmanagement bedeutet die bewusste Beeinflussung der Kosten mit dem Ziel, die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens zu erhöhen. Es stellt insofern eine konsequente Verfolgung des ökonomischen Prinzips dar und dient der Erreichung unternehmensbezogener Formalziele, wie z.B. der Gewinnerzielung oder der Steigerung des Unternehmenswerts. Dies impliziert, dass zum einen sämtliche Aktivitäten zu vermeiden sind, die keinen Kundennutzen stiften und daher vom Kunden nicht über den Preis vergütet werden (nicht wertschöpfende Aktivitäten), und zum anderen, dass alle wertschöpfenden

Aktivitäten so durchgeführt werden, dass bei gleicher Leistung die kostengünstigste Alternative gewählt wird (Franz / Kajüter (2002)).

Im Gegensatz zur Kostenrechnung, die Informationen über die Kostensituation eines Unternehmens bereitstellt, geht es beim Kostenmanagement um die Verwendung dieser Informationen zur Anregung und Fundierung von Entscheidungen über kostenbeeinflussende Maßnahmen (Kajüter (2000)). Neben Informationen aus der Kostenrechnung wird beim Kostenmanagement auch auf andere interne oder externe Daten zurückgegriffen (z.B. Durchlaufzeiten, Kostenbenchmarks von Wettbewerbern).

**Abbildung 5: Kostenmanagement**

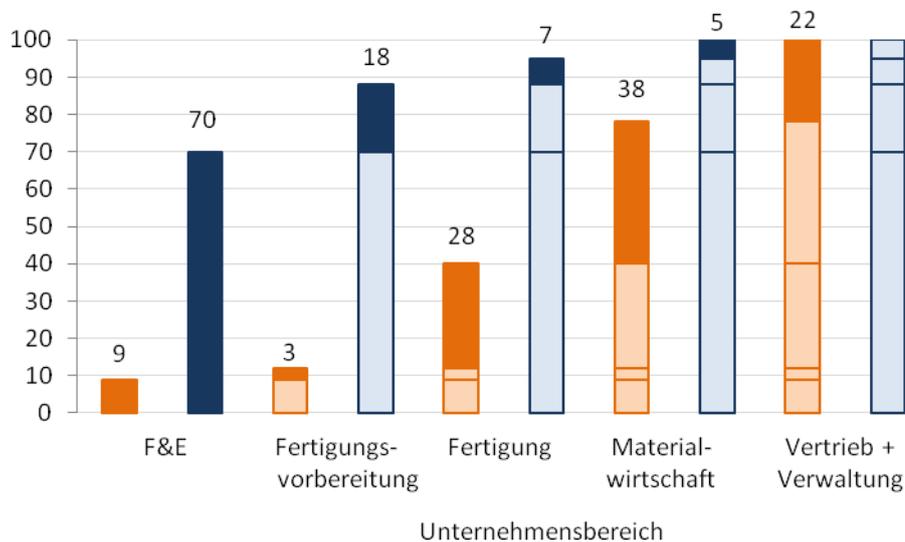


Quelle: Kajüter (2000), *Economica* (2012).

Das Kostenmanagement stellt daher eine

- bewusste,
- systematische und
- gezielte

Beeinflussung der Kosten dar.

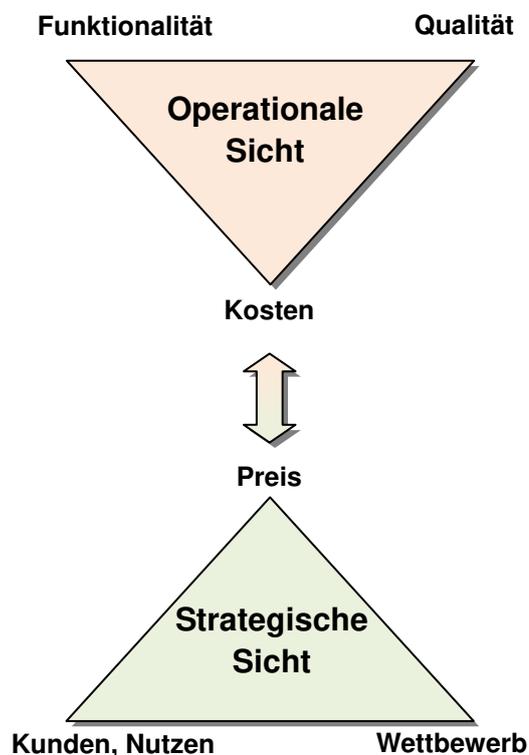
**Abbildung 6: Festgelegte und tatsächliche Kosten der Unternehmensbereiche**

Quelle: Schöler & Partner – Unternehmensberatung: „Eine Einführung in das Kostenmanagement und Vorgehensweise beim Design to Cost“ unter <http://www.wertanalyse-value.de> (abgerufen am 6.02.12), *Economica* (2012).

Festgelegte Kosten rechts in blau. Tatsächliche Kosten links in orange.

In Abbildung 6 werden die festgelegten (prä-determinierten) den tatsächlich anfallenden Kosten nach Unternehmensbereichen gegenübergestellt. Obwohl Forschung und Entwicklung nur neun Prozent der Gesamtkosten ausmachen, werden auf dieser Stufe bereits 70 Prozent der Gesamtkosten bestimmt. Somit wurden 80-90 % der Produktkosten bereits während der Produktplanungs- und -konzeptionsphase fixiert. Genau auf diese Unternehmensbereiche stellt die DTC-Methode ab. Neben den Produkteigenschaften und speziellen Kundenanforderungen sollen bereits zu einem frühen Zeitpunkt Materialeffizienzaspekte berücksichtigt werden.

Die anfallenden Kosten stellen gemeinsam mit der Qualität und Funktionalität der Produkte die Eckpunkte der operationalen Sicht dar. Darüber hinaus kommt den Kosten beim Übergang zum Preis des Produktes eine Verbindungsfunktion zur strategischen Ebene zu, die mit den Eckpunkten ‚Kunden bzw. Nutzen‘ und ‚Wettbewerb‘ beschrieben wird.

**Abbildung 7: Kosten im Spannungsfeld strategischer und operationaler Sicht**

Quelle: Schöler & Partner – Unternehmensberatung: „Eine Einführung in das Kostenmanagement und Vorgehensweise beim Design to Cost“ unter <http://www.wertanalyse-value.de> (abgerufen am 6.02.12), *Economica* (2012).

### 5.2.2 Finite-Elemente-Methode

Die Finite-Elemente-Methode (FEM) bzw. Finite-Elemente-Analyse (FEA) ist ein numerisches Verfahren zur Lösung komplexer Berechnungen. Das Verfahren liefert mittels einer Näherungsfunktion eine Approximation der exakten Lösung einer partiellen Differentialgleichung. Die Analyse beginnt mit einer Einteilung des Berechnungsgebietes in eine beliebig große Anzahl von Elementen, wobei diese „endlich“ (finit) und nicht „unendlich“ (infini) sind. Diese Aufteilung in eine bestimmte Anzahl Elemente finiter Größe, die sich mit einer endlichen Zahl von Parametern beschreiben lassen, war auch namensgebend für die „Finite-Elemente-Methode“ (Clough (1960)). Die Genauigkeit kann dabei durch die Erhöhung der Freiheitsgrade und damit des Rechenaufwandes verbessert werden.

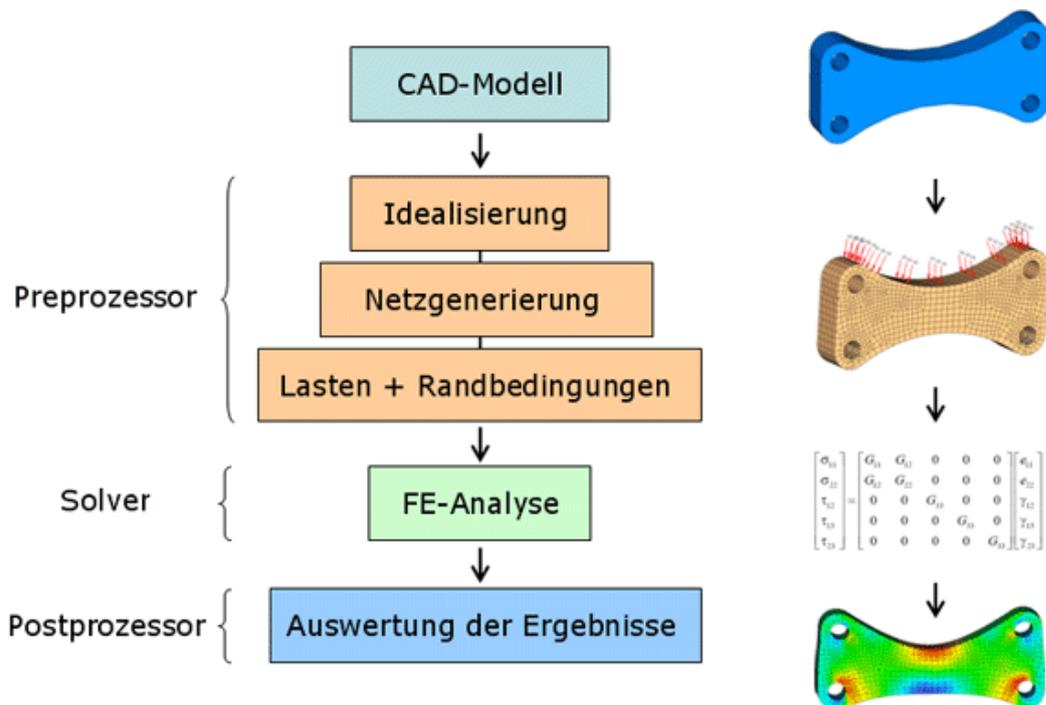
Die Ursprünge der FEM reichen bis in das 19. Jahrhundert zurück. Erste praktische Anwendungen fanden Mitte der 1950er Jahre im Flugzeug- und Hochbau statt. Bedingt durch die rechenintensive Lösung der entstehenden Gleichungssysteme ist die Entwicklung der FEM untrennbar mit der Entwicklung des Computers verbunden. Einen besonderen Schub hat die Nutzung von FEM Berechnungen durch den PC erhalten; heute ist es möglich, selbst auf Notebooks Modelle mit mehreren Millionen Knoten zu rechnen.

Die Finite-Elemente-Methode stellt ein weit verbreitetes modernes Berechnungsverfahren im Ingenieurwesen dar und kommt als das Standardinstrument bei der Festkörpersimulation zum Einsatz, wobei das häufigste Anwendungsgebiet der rechnerische Nachweis von Neukonstruktionen ist. Mittels einer FEM-Berechnung kann an virtuellen Prototypen auf einem Computer überprüft werden, ob die Anforderungen hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften erfüllt sind. Somit können mögliche Schwachstellen bereits frühzeitig in der Entwicklungs- bzw. Konstruktionsphase erkannt und eliminiert werden. Dies ermöglicht eine signifikante Reduktion der Entwicklungszeiten und -kosten, da die Anzahl der erforderlichen Prototypen gesenkt werden kann.

Im praktischen Ablauf einer FEM liegt üblicherweise ein 3D **CAD-Modell** des zu untersuchenden Bauteils bzw. der zu untersuchenden Baugruppe vor, das die geometrischen Verhältnisse exakt beschreibt. Ausgehend von diesem Grundmodell kommt es in einem nachfolgenden Schritt zu einer so bezeichneten **Idealisierung**, bei der Vereinfachungen (wie z.B. das Entfernen oder Unterdrücken unwesentlicher Details wie Bohrungen oder Fasen) vorgenommen werden. Weiters lässt sich das Berechnungsmodell durch den Einsatz von Symmetrie- oder Antimetriebedingungen des Bauteils reduzieren, wodurch die Aussagen des Vollmodells jedoch beibehalten werden. Man erhält dadurch eine geringere Modellgröße bzw. eine reduzierte Datenbasis, was sich wiederum in wesentlich kürzeren Rechenzeiten niederschlägt.

Im nächsten Schritt wird ausgehend von der Geometrie das **FE-Netz** erstellt. Dieses besteht aus den Finiten Elementen und Knoten. Dem Anwender stehen für die Vernetzung diverse Elementtypen wie Balken, Schalen, Solids, Federn, Gaps, Rigid, etc. zur Verfügung. Dieser Schritt wird als **Diskretisierung** bezeichnet und kann in Abhängigkeit von der Komplexität der Struktur einige Sekunden bis mehrere Wochen dauern. Ziel ist es dabei, ein FE-Netz zu erstellen, bei dem die Elemente möglichst wenige Abweichungen von der Idealform haben und an den relevanten Stellen eine ausreichend kleine Kantenlänge besitzen. Der Wahl des richtigen Elementtyps kommt dabei eine große Bedeutung zu.

Abbildung 8: Ablauf FEM



Quelle: SMART Engineering: „FEM Berechnungen und Software für Ihre Produktentwicklung“ unter <http://www.smart-fem.de/fem.html> (abgerufen am 7.02.12).

Für die meisten Berechnungen sind neben dem FE-Netz auch noch **Lasten- und Randbedingungen** erforderlich. Dabei kommen z.B. Kräfte, Momente, Verschiebungen, Drücke, Temperaturen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, etc. zum Einsatz. Die Randbedingungen beschreiben die Lagerung des Modells und etwaige Symmetrien. Nachdem das FE-Modell inkl. der Lasten und Randbedingungen fertiggestellt ist, kann die eigentliche Berechnung durchgeführt werden. Dazu wird das Modell an einen **Solver** übergeben, der zunächst diverse Plausibilitätschecks vornimmt und die Elemente auf die Einhaltung der vorgegebenen Kriterien prüft. Fehlen z.B. Materialkennwerte oder sind Elemente zu stark verzerrt, so wird die Berechnung schon vor der eigentlichen Analyse abgebrochen. Wenn dieser Schritt abgeschlossen ist, dann erfolgt die Umwandlung des physikalischen in ein mathematisches Modell. Dazu wird zunächst die Steifigkeitsmatrix erstellt, welche die Eigenschaften der Elemente repräsentiert. Da es sich hierbei um symmetrische Matrizen handelt, kann der Rechenaufwand erheblich reduziert werden. Zu diesem Zweck wird die Matrix durch eine auf der Gaußschen Elimination basierende Zerlegung soweit reduziert, dass eine Dreieckskoeffizientenmatrix entsteht. Zwar ist dieser Schritt sehr rechenintensiv, jedoch ergibt sich unter dem Strich ein signifikanter Zeitvorteil. Zusammen mit den Lasten

ergibt sich ein Gleichungssystem, welches vom Solver zu lösen ist und als Ergebnis die gesuchten Größen (Verschiebungen, Spannungen, etc.) ergibt.

Der letzte Schritt einer FEA ist die Auswertung der Berechnungsergebnisse. Dazu werden die berechneten Verschiebungen, Kräfte, Spannungen, etc. in den Pre-/Postprozessor eingelesen und können dort visualisiert werden. Im Ergebnis wird mittels der Finite-Elemente-Methode das Werkstück unter dem Gesichtspunkt des optimierten Materialeinsatzes bei gleichzeitiger Einhaltung erforderlicher Eigenschaften auf effizientem Weg entwickelt.

### **5.3 Ergebnisse einer Branchen-Potenzialanalyse für KMU in Deutschland**

Die Studie von ADL et al. (2005) präsentiert auch die Ergebnisse einer Analyse von Materialeffizienz-Potenzialen bei deutschen KMU verschiedener Branchen. Dabei wurden auch Branchen untersucht, die im Rahmen der vorliegenden Studie relevant sind, nämlich die Metall-, die Chemie- und die Holzbranche. Im Folgenden werden die Ergebnisse der drei genannten Branchen zusammengefasst wiedergegeben.

#### **Metall**

Die Herstellung von Metallwaren gehört traditionell zu den materialintensiven Branchen. Die Produktionstechnik beruht auf einer Reihe von Grundformen: Urformen, Umformen, Trennen, Ändern von Stoffeigenschaften (z.B. durch Wärmebehandlung), Fügen und Beschichten bzw. Lackieren. Neben den Werkstoffen werden Werkzeuge und Hilfsstoffe eingesetzt. Es werden überwiegend Produktionstechniken eingesetzt, die bereits seit Jahrzehnten verwendet und laufend verbessert und automatisiert wurden. Es wird davon ausgegangen, dass weitere Fortschritte auch in Zukunft überwiegend eher durch inkrementelle Innovationen als durch größere Technologiesprünge bewirkt werden.

Es wird eine Reihe möglicher Ansatzpunkte zur Verbesserung der Materialeffizienz angeführt. Dazu gehören zum Beispiel bessere Berechnungsverfahren, bessere Werkstoffkenntnisse sowie die weitere Reduktion von Ausschuss und Spanabfall durch automatisierte Fertigung und entsprechende Qualitätskontrolle. Durch Verwendung neuer Materialien für Werkzeuge lässt sich deren Verschleiß und Alterung reduzieren. Kühlschmierstoffe lassen sich zur Gänze oder zumindest teilweise ersetzen. Durch Verwendung des Trockenverfahrens der spanenden Fertigung kann der anschließende Reinigungsprozess mit Hilfsstoffen und Wärmeenergie kostenmäßig optimiert werden.

Da es sich vor allem um gegenüber Innovationen aufgeschlossene Unternehmen handelt, bei denen ein hoher Anteil an Materialkosten entsteht, wird die Herstellung von Metall-

erzeugnissen insgesamt als ein besonders vielversprechender Bereich für die Durchführung von Materialeffizienz-Maßnahmen angesehen.

### **Chemie**

In der chemischen Industrie werden von KMU vor allem Endprodukte hergestellt. Sie bedienen Marktnischen und treten insbesondere auch als Entwickler von Innovationen auf. Die chemische Industrie ist eine klassische Prozessindustrie, daher ist in den Unternehmen die Prozessoptimierung selbst ein zentrales Thema. Prozessinnovationen werden zum Teil von den Unternehmen selbst, zum Teil auch von Anlagen- und Apparatebauern initiiert.

Der durch die Entwicklung von Innovationen erzielte Vorteil wird bei kleineren Unternehmen nicht immer durch Patente abgesichert (u.a. wegen möglicher Patentstreitigkeiten), sondern stattdessen auf eine Beschleunigung der Entwicklungszyklen und eine strikte Geheimhaltungspolitik gesetzt. Diese wirkt sich allerdings nachteilig auf den Wissens- und Erfahrungsaustausch aus.

Materialeffizienzpotenziale ergeben sich z.B. durch moderne Prozessleitsysteme, Automatisierung sowie durch methodische Ansätze wie das Zero-Loss-Management.

### **Holz**

Die Unternehmen der Holzindustrie sind in der Studie der deutschen KMU aufgegliedert in (1) Sägewerke zur Stammholzverarbeitung, (2) Produktionsstätten für Furnier-, Sperrholz-, Holzfaser- und Holzspanplatten und (3) Betriebe zur Herstellung von Konstruktions- bzw. Fertigbauteilen sowie Ausbauelementen, Verpackungsmitteln und Lagerbehältern.

In der Holzverarbeitung und -bearbeitung weisen die Maschinen relativ lange Reinvestitionszyklen auf, Automatisierung ist eher typisch für große Unternehmen. Holzabfälle werden zum Teil thermisch genutzt, zum Teil kompostiert oder für andere Zwecke verwendet. In der Regel werden derzeit die Eigenschaften der Ausgangsmaterialien nicht systematisch erfasst und in den Planungs- und Produktionsprozess integriert.

Materialeffizienzpotenziale ergeben sich gemäß ADL et al. (2005) durch die Optimierung der Schnittführung, Einsatz effizienterer Werkzeuge, Optimierung der Werkzeugstandzeiten, opto-elektronische Fertigungsplanung und -überwachung sowie durch die Weiterverwendung von Rest- und Abfallstoffen. Auch könnten mittels verbesserter Planungsmethoden Einsparungen durch Gewichtsreduktion erzielt werden.

## 6 Good-Practice-Beispiele

Stellvertretend für die steigende Zahl von Materialeffizienzmaßnahmen wird im Folgenden eine Reihe von Good-Practice-Beispielen kurz beschrieben. Bei diesen Beispielen handelt es sich um Maßnahmen verschiedener Unternehmen aus den Branchen Chemie, Holz, Maschinen und Metall sowie Nahrungsmittel. Die angegebenen Informationen stammen von der Website der deutschen Materialeffizienzagentur (demea: <http://www.demea.de>) sowie von Little (2004).

### 6.1 Chemie

#### Wiederaufbereitung von Gummi-Abfällen

Die Deutsche Gumtec AG hat ein Verfahren entwickelt (Gumtec-Verfahren), bei dem vulkanisierte Gummireste aus der Produktion und Verarbeitung in einer Rotormühle zerkleinert werden. Die Gummimehle sind vollwertige Gummisubstitute und lassen sich ohne Qualitätsverlust der spezifischen Kautschukrezeptur wieder zuführen. Insbesondere entstehen durch dieses Verfahren keine Deponie- oder Entsorgungskosten. (Quelle: demea, Deutscher Materialeffizienzpreis 2004)

### 6.2 Holz

#### Verbesserung der Sortiertechnik bei Brettschichtholz

Brettschichtholz ist ein Holzprodukt, das für tragende Konstruktionen verwendet wird. Es verfügt über eine wesentlich höhere Tragfähigkeit als traditionelles Bauholz. Brettschichtholz besteht aus mehreren miteinander verklebten Holzbrettern oder Holzlamellen. Mit Hilfe maschineller Sortierung ist es möglich, Brettschichtholz mit gleicher Festigkeit herzustellen, wobei eine deutliche Materialersparnis erzielt werden kann. Die Festigkeitssortierung erfolgt in vier Klassen, auf der Basis der Parameter Ästigkeit, Rohdichte und Biege-E-Modul. Eines der ersten Unternehmen, bei dem dieses Verfahren eingeführt wurde, war die Poppen-sieker & Derix GmbH & Co. KG. (Quelle: demea, Deutscher Materialeffizienzpreis 2005)

### 6.3 Maschinen und Metall

#### Metallverarbeiter in Baden-Württemberg

Ein Metallverarbeiter aus Baden-Württemberg konnte zwei Verlustquellen (hohe Zerspanungsabfälle und hoher Werkzeugverschleiß) durch eine Abänderung des Produktionsprozesses verringern. Dieses Einsparprinzip wurde durch die Verwendung vorgeformter Rohlinge anstatt von Vollmaterial' umgesetzt.

Als Ergebnis der Rationalisierungsmaßnahme entstand 50 % weniger Materialabfall, damit einher ging auch ein verringerter Werkzeugverschleiß durch geringere Zerspanungskräfte. Aber nicht nur die Material- und Werkzeugkosten konnten gesenkt werden, denn es gab aufgrund der reduzierten Bearbeitungszeiten auch einen weiteren Effizienzgewinn.

Fasst man alle Kostenpositionen zusammen, so verzeichnete das Unternehmen eine Rentabilitätserhöhung um 13,7 %. (Quelle: Deutsche Materialeffizienzagentur (demea))

### **Sondermaschinenhersteller in Bayern**

Die Verlustquellen eines Sondermaschinenherstellers aus Bayern bestanden hauptsächlich aus konventionellen Maschinenkonstruktionen und fehlerhaften Stücklisten. Um Einsparungen zu erzielen, wurden materialeffiziente Konstruktionen (z.B. durch Leichtbau, steifere Querschnitte) umgesetzt und die Stücklistenpflege exakter betrieben.

Die innerbetrieblichen Maßnahmen, die ergriffen wurden, um diese Ziele zu erreichen, waren Workshops und Schulungen zur materialeffizienten Gestaltung von Maschinenkomponenten und die Festlegung von Verantwortlichkeiten und Terminen zur kontinuierlichen Stücklistenpflege.

Durch diese Maßnahmen konnten mehr als fünf Prozent des verwendeten Stahls je Maschine eingespart werden. Die verbesserte Stücklistenpflege schlug sich in einer beträchtlichen Ausschussreduzierung nieder. Insgesamt war es möglich, dadurch 4,1 % des gesamten Materials einzusparen, was einer Kostenreduktion von 50.000 Euro pro Jahr entsprach. (Quelle: Deutsche Materialeffizienzagentur (demea))

### **Glasdach im Innenhof des Reichstagspräsidentenpalais**

Ein prominentes Beispiel einer materialeffizienten Umsetzung eines Bauprojektes ist das Glasdach im Innenhof des Reichstagspräsidentenpalais. Ursprünglich war angedacht, die Dachkonstruktion durch starke Stahlstreben auszuführen, was im Vergleich zu einer Leichtbauweise ungünstiger gewesen wäre.

Die Umsetzung einer alternativen Bauweise wurde durch die Entwicklung einer selbsttragenden Dachkonstruktion und durch dickere Glasscheiben, die die Stützfunktion der Stahlstreben übernehmen, ermöglicht.

Es wurden dadurch sieben Tonnen Stahl und 330 Meter Alu-Profil eingespart, das entspricht 40 % der ursprünglich geplanten Gesamtstahlmenge bzw. 60 % der Kosten. (Quelle: Deutsche Materialeffizienzagentur (demea))

## **6.4 Nahrungsmittel**

### **Hersteller von Tiefkühlkost**

Bei einem Hersteller für Tiefkühlprodukte wurde versucht, die vor allem bei der Rohmaterialverarbeitung und der Primärverpackung auftretenden Verluste zu reduzieren. Dies wurde durch Optimierung von Verpackung und Logistik sowie durch Material- und Energieeinsparungen an verschiedenen Produktionsstandorten erreicht. Dabei konnten die Gesamtproduktionskosten um 3,5 % reduziert werden. Die Kapitalrückflusszeit betrug bei 95 % aller Maßnahmen weniger als ein Jahr. (Quelle: Little (2004))

### **Hersteller von Babynahrung**

Bei einem Hersteller für Babynahrung traten Materialverluste vor allem auf Grund von Qualitätsschwankungen auf. Durch Reduktion der Materialverluste betrug die Gesamtkosteneinsparung 1,2 %. Die Kapitalrückflusszeit belief sich auf sieben Monate. (Quelle: Little (2004))

## 7 Volkswirtschaftliche Materialflussrechnung und Materialeffizienz

Materialflussrechnungen werden sowohl auf mikroökonomischer als auch auf makroökonomischer Ebene durchgeführt. Auf der mikroökonomischen Ebene geht es um die Erfassung und Darstellung der Materialflüsse innerhalb eines Unternehmens. Auf der makroökonomischen Ebene – und diese wird hier betrachtet – werden sämtliche Materialflüsse innerhalb der gesamten Volkswirtschaft aggregiert.

Die volkswirtschaftliche Materialflussrechnung wird von der Statistik Austria durchgeführt. Sie ist gegliedert in Input- und Outputseite. Dabei setzt sich die Inputseite aus der inländischen Materialentnahme sowie den Importen zusammen. Die Outputseite gliedert sich in die Bereiche „Abgabe an die Natur“ sowie die Exporte. Die inländische Materialentnahme ist dann weiter gegliedert in biotische Rohstoffe (Biomasse, Holz, Fischfang und andere Wassertiere und –pflanzen, Jagen und Sammeln) sowie abiotische Rohstoffe (metallische Erze, nichtmetallische Mineralien, fossile Energieträger). Die Importe umfassen Biomasse und Erzeugnisse aus Biomasse, metallische Erze und Konzentrate, nichtmetallische Mineralien, fossile Energieträger, andere Erzeugnisse und importierten Abfall. Bei der Outputseite fallen in den Bereich „Abgabe an die Natur“ Emissionen an die Luft, deponierter Abfall, Emissionen ins Wasser, der dissipative Gebrauch von Gütern und dissipative Verluste. Die Exporte sind analog zu den Importen gegliedert.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Materialflussrechnung lässt sich eine Reihe wichtiger Indikatoren bestimmen. Dazu gehören der DMI (Direct Material Input), der DMC (Domestic Material Consumption) sowie die Quotienten DMC/BIP (Materialintensität) und BIP/DMC, wobei dieser Indikator als Materialeffizienz (oder Materialproduktivität) bezeichnet wird. Die einzelnen Indikatoren sind wie folgt definiert:

- DMI – der direkte Materialinput besteht aus der inländischen Materialentnahme und den Importen.
- DMC – den inländischen Materialverbrauch erhält man, wenn vom DMI die Exporte abgezogen werden.
- DMC/BIP – die Materialintensität gibt an, wie viele Materialeinheiten benötigt werden, um eine Einheit des BIP zu erzeugen.
- BIP/DMC – die Materialeffizienz entspricht dem Kehrwert der Materialintensität. Sie gibt an, wie viele BIP-Einheiten je Materialeinheit erzeugt werden.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die angegebenen Indikatoren ausschließlich auf den Materialmengen basieren (in Tonnen). Qualitätsunterschiede werden daher nicht berücksichtigt.

**Tabelle 3: Indikatoren aus der Materialflussrechnung, Österreich 1995-2008**

Jahr	DMI	DMC	BIP	Materialeffizienz BIP/DMC
	Index 1995=100			
1995	100,0	100,0	100,0	100,0
1996	102,5	102,5	102,2	99,7
1997	107,7	106,8	104,4	97,7
1998	105,3	102,4	108,2	105,6
1999	108,9	105,9	111,8	105,5
2000	108,7	104,5	115,8	110,8
2001	107,2	101,5	116,5	114,8
2002	114,8	109,0	118,4	108,6
2003	111,1	103,8	119,3	115,0
2004	117,2	108,7	122,4	112,6
2005	120,8	111,8	125,4	112,2
2006	123,6	113,5	129,7	114,3
2007	125,4	111,8	134,3	120,1
2008	124,5	110,5	137,1	124,1

Quelle: Statistik Austria 2011.

Das Basisjahr für die Indikatoren wurde mit 1995=100 festgesetzt, da in diesem Jahr Österreich der EU beigetreten ist und damit die europäischen Wirtschaftsklassifikationen NACE (Wirtschaftssektoren) und PRODCOM (Güter) übernommen wurden. Dies erlaubt einen adäquaten Vergleich der Zeitreihenwerte.

Betrachtet man den gesamten Zeitraum 1995-2008, dann stieg der direkte Materialinput um 24,5 %, während der inländische Materialverbrauch um 10,5 % zunahm. Im gleichen Zeitraum erhöhte sich die Materialeffizienz um 24,1 %.

## 8 Bilanzdaten und Materialeffizienz

Während im vorigen Kapitel die Materialeffizienz auf makroökonomischer Ebene für die gesamte Wirtschaft Österreichs betrachtet wurde, wird in diesem Kapitel eine Analyse der Materialeffizienz auf der Grundlage mikroökonomischer Daten für Niederösterreich und Gesamtösterreich durchgeführt. Zu diesem Zweck werden für die nachfolgenden Auswertungen Bilanzdaten herangezogen (Bilanzdatenbank der KMU FORSCHUNG AUSTRIA). Die ausgewiesenen prozentuellen Werte errechnen sich, indem die Absolutwerte jeweils in Bezug zu dem Absolutwert der Betriebsleistung gesetzt werden. Sie beziehen sich jeweils auf das Geschäftsjahr mit allen Bilanzstichtagen zwischen dem 1. Juli und dem 30. Juni des Folgejahres und geben den Gesamtdurchschnitt der betrachteten Unternehmen in der jeweiligen ÖNACE Kategorie als arithmetischen Mittelwert wieder. Berücksichtigt wurden dabei KMU ausgewählter Branchen aus Niederösterreich und Gesamtösterreich. Die Tabellen und Abbildungen weisen Informationen über die Zahl der in den einzelnen Branchen betrachteten Unternehmen, deren Anteile von Materialaufwand, Fremdleistungen und Vorräten (in % der Betriebsleistung bzw. der korrigierten Betriebsleistung) sowie über die Materialeffizienz aus (hier gemessen als Quotient aus Rohertrag und Materialaufwand).

Der bilanztechnische Zusammenhang zwischen Rohertrag und Materialaufwand lässt sich der folgenden Tabelle entnehmen:

**Tabelle 4: Bilanz, Definition Rohertrag und Beispieldaten**

Umsatzerlöse	101,40
- Erlösschmälerungen	1,02
<b>Nettoerlöse</b>	<b>100,38</b>
- Bestandsveränderung, aktivierte Eigenleistung	-0,38
<b>Betriebsleistung</b>	<b>100,00</b>
- Materialaufwand	46,68
- Fremdleistungen	5,33
<b>Rohertrag</b>	<b>47,99</b>

Quelle: *Economica* (2011).

### 8.1 Berücksichtigung von Fremdleistungen

Da die Fremdleistungen ebenfalls einen Materialaufwand beinhalten, der aber nicht explizit in der betreffenden Position ausgewiesen wird, ist zu berücksichtigen, dass eine solche Auswertung den tatsächlichen Materialaufwand noch unterschätzen würde.

Um dieses Problem zu adressieren, werden zwei alternative Ansätze vorgestellt, die den effektiv im Unternehmen angefallenen Materialaufwand bzw. den gesamten Materialaufwand im Endprodukt bestimmen.

#### Variante 1: Bereinigung sämtlicher Bilanzkennzahlen um die Fremdleistungen

Bei der ersten Variante werden die Bilanzkennzahlen um die Fremdleistungen bereinigt. Durch die Annahme, dass die Betriebsleistung gleich der Summe aus Materialaufwand plus Rohertrag ist, kommt es zu einer Reduktion der Betriebsleistung (eben um die Fremdleistungen):

$$BL(\%)* := MA(\%) + RE(\%) = BL(\%) - FL(\%)$$

*MA(%) ... Materialaufwand in Prozent der Betriebsleistung*

*FL(%) ... Fremdleistungen in Prozent der Betriebsleistung*

*RE(%) ... Rohertrag in Prozent der Betriebsleistung*

*BL(%) ... Betriebsleistung normiert auf 100 %*

*BL(%)\* ... fremdleistungsbereinigte Betriebsleistung*

Danach werden die entsprechenden „fremdleistungsbereinigten“ Bilanzkennzahlen Materialaufwand und Rohertrag bestimmt:

$$MA(\%)* := \frac{MA(\%)}{BL(\%)*} = \frac{MA(\%)}{MA(\%) + RE(\%)}$$

$$RE(\%)* := \frac{RE(\%)}{BL(\%)*} = \frac{RE(\%)}{MA(\%) + RE(\%)}$$

*MA(%)\* ... fremdleistungsbereinigter Materialaufwand*

*RE(%)\* ... fremdleistungsbereinigter Rohertrag*

Es kann nun gezeigt werden, dass diese Umformung den ursprünglichen Wert der Kennzahl ‚Materialeffizienz‘ nicht verändert:

$$\begin{aligned} \text{Materialeffizienz} &= \frac{RE(\%)*}{MA(\%)*} \\ &= \frac{RE(\%) \times (MA(\%) + RE(\%))}{MA(\%) \times (MA(\%) + RE(\%))} \\ &= \frac{RE(\%)}{MA(\%)} \end{aligned}$$

Variante 2: Alle Leistungen werden unternehmensintern erbracht

Bei der zweiten Variante gehen wir von der (fiktiven) Annahme aus, dass alle Fremdleistungen von dem Unternehmen selbst erbracht würden. Dementsprechend müssen bei gleicher Betriebsleistung die Werte für Materialaufwand und Rohhertrag erhöht werden. Zu diesem Zweck benötigt man eine Hypothese über die Zusammensetzung der Fremdleistungen, die hier wie folgt lautet:

Fremdleistungen (von Zulieferfirmen) haben die gleiche anteilige Zusammensetzung ihrer Kostenkomponenten wie der Durchschnitt der Unternehmen in der jeweils betrachteten Branche. Somit können die Fremdleistungen über den Schlüssel aus Materialaufwand und Rohhertrag aufgeteilt werden:

$$FL(\%) := FL(\%)x \frac{MA(\%)}{MA(\%) + RE(\%)} + FL(\%)x \frac{RE(\%)}{MA(\%) + RE(\%)}$$

*MA(%) ... Materialaufwand in Prozent der Betriebsleistung*

*FL(%) ... Fremdleistungen in Prozent der Betriebsleistung*

*RE(%) ... Rohhertrag in Prozent der Betriebsleistung*

Die Berechnung der „fremdleistungsbereinigten“ Bilanzkennzahlen ergibt folgende Kennzahlen:

$$MA(\%)^{**} := MA(\%) + FL(\%)x \frac{MA(\%)}{MA(\%) + RE(\%)}$$

$$RE(\%)^{**} := RE(\%) + FL(\%)x \frac{RE(\%)}{MA(\%) + RE(\%)}$$

Auch bei dieser Variante verändert sich der Wert der Kennzahl ‚Materialeffizienz‘ nicht:

$$\begin{aligned} \text{Materialeffizienz} &= \frac{RE(\%)^{**}}{MA(\%)^{**}} \\ &= \frac{RE(\%) + FL(\%)x \frac{RE(\%)}{MA(\%) + RE(\%)}}{MA(\%) + FL(\%)x \frac{MA(\%)}{MA(\%) + RE(\%)}} \\ &= \frac{RE(\%)x (MA(\%) + RE(\%) + FL(\%))}{MA(\%)x (MA(\%) + RE(\%) + FL(\%))} \\ &= \frac{RE(\%)}{MA(\%)} \end{aligned}$$

Im Ergebnis lässt sich also der Materialaufwand der Fremdleistungen durch beide vorgestellten Varianten berücksichtigen, ohne dass dabei die Kennzahl Materialeffizienz selbst verändert würde. Wir werden bei den anschließenden Branchenbetrachtungen auf die Variante 1 zurückgreifen.

## 8.2 Analyse einzelner Branchen

### 8.2.1 Chemie

Bei den folgenden Auswertungen für die chemische Industrie ist zu beachten, dass die jeweilige Zahl der ausgewerteten niederösterreichischen Unternehmen, insbesondere im Vergleich zu einigen anderen untersuchten Branchen, nicht allzu groß ist. Die Ergebnisse sind daher mit größerer Unsicherheit behaftet, was bei deren Interpretation entsprechend zu berücksichtigen ist.

**Tabelle 5: Chemie: Anzahl der ausgewerteten Betriebe**

Region / Geschäftsjahr	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
Österreich	334	368	378	417	380	395	398	365	367	331	156
Niederösterreich	42	62	66	76	73	67	76	72	77	69	33

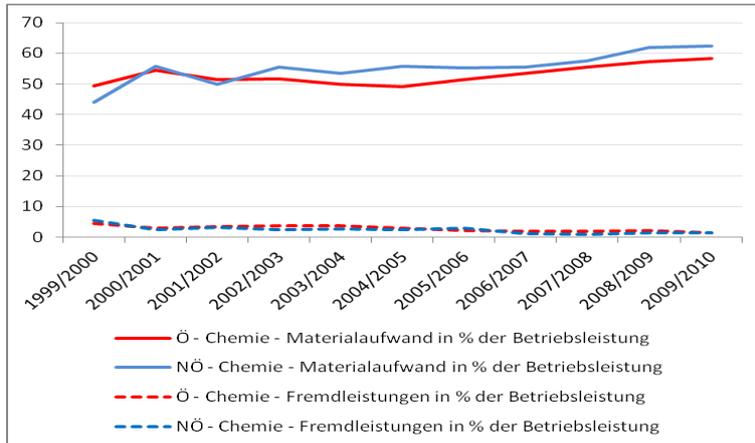
Quelle: *KMU FORSCHUNG AUSTRIA (2011)*.

ÖNACE 2003: DG - Herstellung von Chemikalien und chemischen Erzeugnissen

Abbildung 9 zeigt für den Zeitraum von 1999 bis 2010 den Umfang des Materialaufwands und der Fremdleistungen (jeweils in % der Betriebsleistung) in der chemischen Industrie Österreichs und Niederösterreichs. Dabei ist ein leichter Aufwärtstrend beim Materialaufwand zu erkennen, der in Niederösterreich in den letzten Jahren sogar die 60 %-Marke überschritten hat (immer unter Berücksichtigung der gegebenen Unsicherheit). Die Fremdleistungen scheinen sich leicht nach unten zu bewegen. Für die Jahre 2008 bis 2010 müssen allerdings die Auswirkungen der Wirtschafts- und Finanzkrise ins Kalkül gezogen werden. Bei Abbildung 10 wurde die Betriebsleistung um die Fremdleistung reduziert (korrigierte Betriebsleistung). Da die Fremdleistungen in der Chemiebranche gegen Ende der Dekade ohnehin immer geringer wurden und zwischen Niederösterreich und

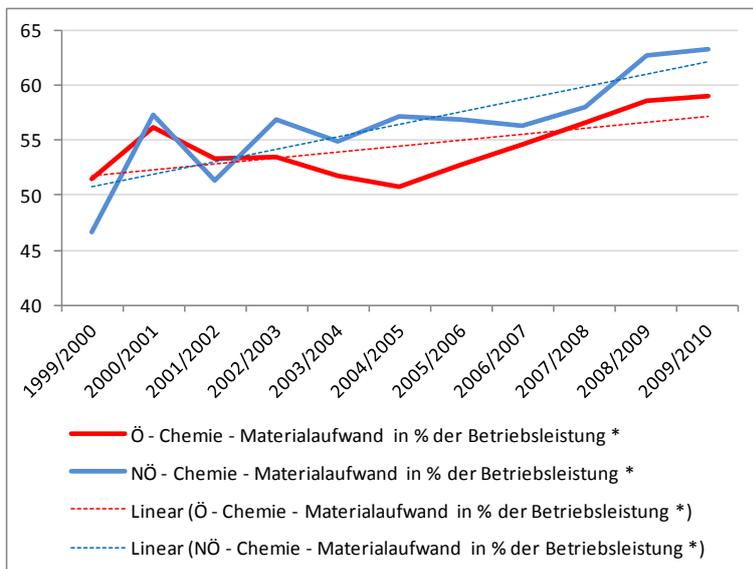
Gesamtösterreich keine größeren Unterschiede gegeben waren, zeigen Abbildung 9 und Abbildung 10 tendenziell den gleichen Verlauf.<sup>4</sup>

**Abbildung 9: Chemie: Materialaufwand und Fremdleistungen**



Quelle: *Economica* (2011).

**Abbildung 10: Chemie: Materialaufwand in % der Betriebsleistung\***

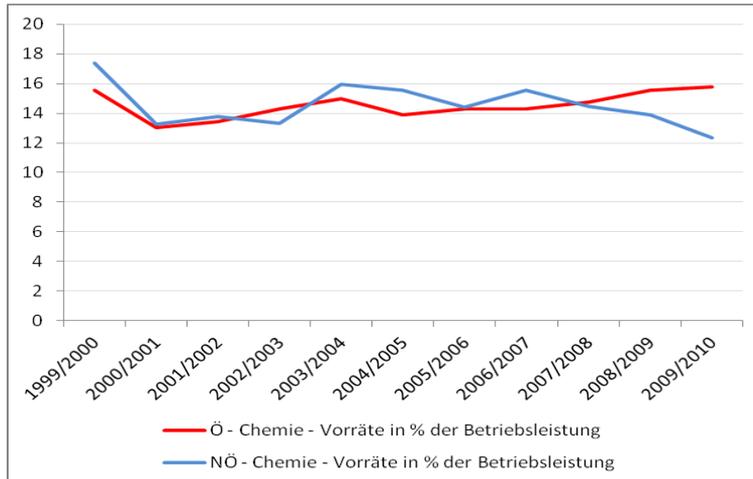


Quelle: *Economica* (2011). \* Die Betriebsleistung wurde um den Anteil der Fremdleistungen reduziert.

<sup>4</sup> Um die Unterschiede zwischen Niederösterreich und Österreich klarer darstellen zu können, wurde für die zweite Abbildung eine andere Skalierung der vertikalen Achse gewählt. Diese Vorgehensweise wird auch in den folgenden Branchenbetrachtungen beibehalten.

Die Zahlen für die Vorräte (in % der Betriebsleistung) bewegen sich für Niederösterreich im Bereich zwischen 10 % und 20 % (grob geschätzt). Dabei scheinen die Werte für Niederösterreich, entgegen dem Bundestrend, leicht rückläufig zu sein.

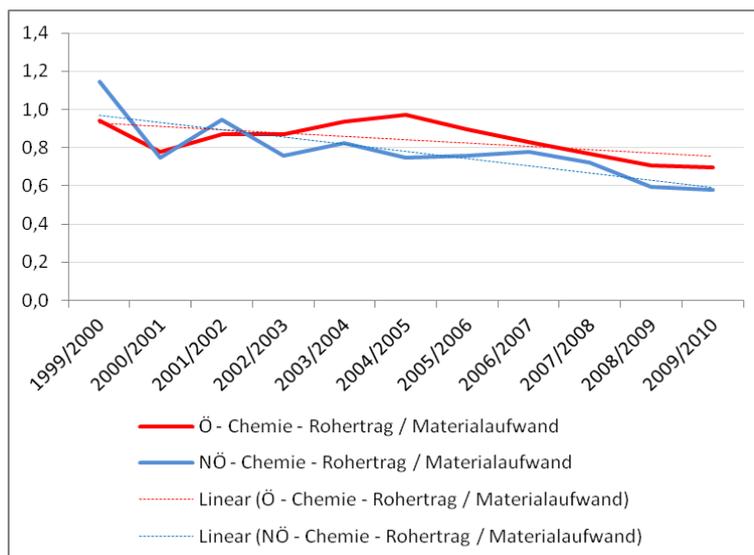
**Abbildung 11: Chemie: Vorräte**



Quelle: *Economica* (2011).

Die für die chemische Industrie berechnete Materialeffizienz (Rohertrag/Materialaufwand) weist für die vergangenen fünf Jahre einen rückläufigen Trend auf. Betrachtet man die lineare Approximation, dann gilt dies sogar für das gesamte letzte Jahrzehnt.

**Abbildung 12: Chemie: Materialeffizienz**



Quelle: *Economica* (2011).

### 8.2.2 Holz

Die Daten für die Holzbranche beruhen auf deutlich größeren Stichproben. Dabei werden für Niederösterreich, abgesehen von der letzten Periode 2009/2010, etwa 250 bis 400 Unternehmen betrachtet.

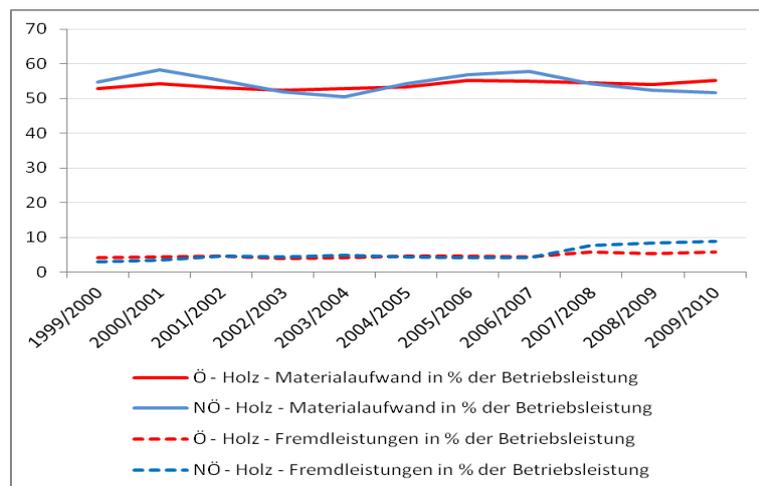
**Tabelle 6: Holz: Anzahl der ausgewerteten Betriebe**

Region / Geschäftsjahr	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
Österreich	1.447	1.597	1.655	1.922	1.890	1.754	1.626	1.621	1.622	1.477	564
Niederösterreich	248	294	313	399	401	370	281	282	276	271	138

Quelle: *KMU FORSCHUNG AUSTRIA (2011)*.

ÖNACE 2003: DD - Be- und Verarbeitung von Holz (ohne Herstellung von Möbeln).

**Abbildung 13: Holz: Materialaufwand und Fremdleistungen**



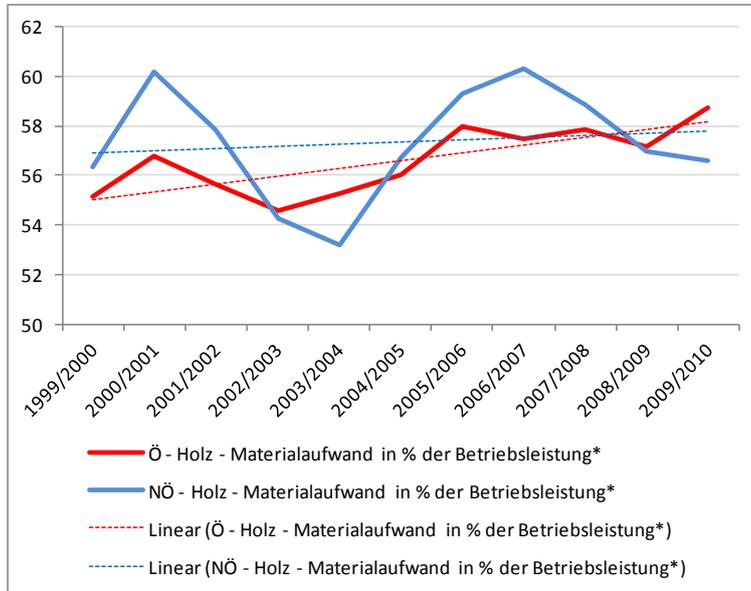
Quelle: *Economica (2011)*.

Abbildung 13 zeigt den Materialaufwand und die Fremdleistungen für Österreich und Niederösterreich, wobei sich der Materialaufwand zwischen 50 % und 60 % bewegt, während die Fremdleistungen unter 10 % liegen. Bei letzteren ist allerdings für die vergangenen Jahre ein leichter Aufwärtstrend zu beobachten. Verwendet man als Bezugsgröße die korrigierte Betriebsleistung, dann erhält man eine ähnliche Darstellung, allerdings auf etwas höherem Niveau.

Die Vorräte (Abbildung 15) liegen in etwa im Bereich von 15 % und 20 % (von einigen Ausnahmen abgesehen). Besonders fällt die höhere Volatilität bei den Werten für

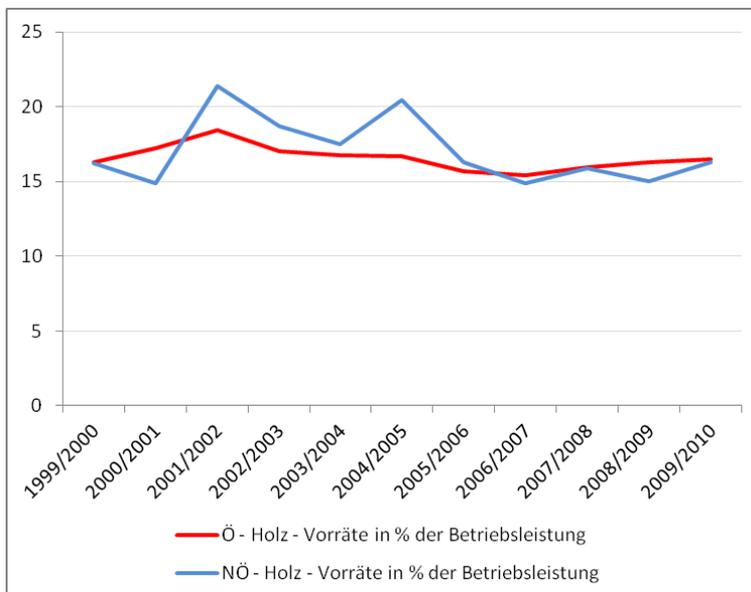
Niederösterreich sowie eine gewisse Annäherung an den gesamtösterreichischen Trend in den vergangenen Jahren auf.

**Abbildung 14: Holz: Materialaufwand\***



Quelle: *Economica* (2011). \* Die Betriebsleistung wurde um den Anteil der Fremdleistungen reduziert.

**Abbildung 15: Holz: Vorräte**

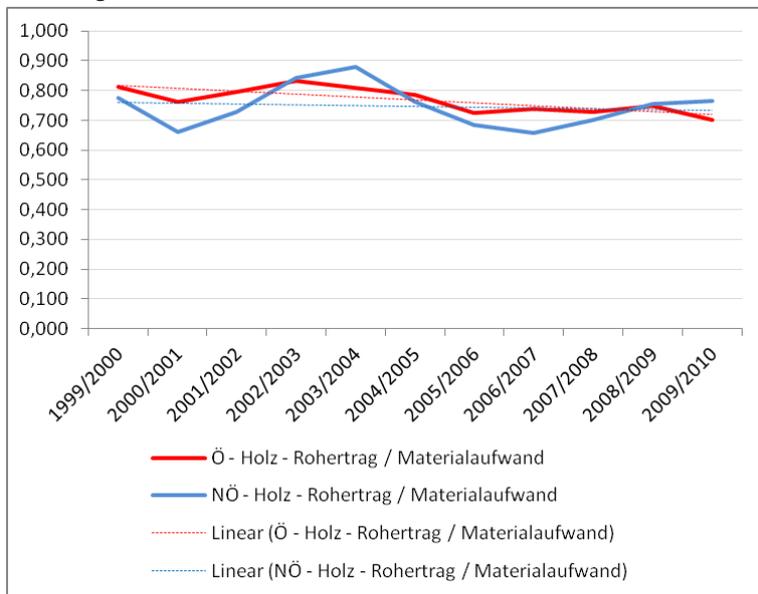


Quelle: *Economica* (2011).

Die Materialeffizienz zeigt über den untersuchten Zeitraum für Niederösterreich keinen Trend. Die Werte bewegen sich im Intervall von etwa 0,6 bis 0,9. Für Gesamtösterreich

scheint ein leichter Rückgang vorzuliegen, insbesondere, wenn man die lineare Approximation betrachtet.

**Abbildung 16: Holz: Materialeffizienz**



Quelle: *Economica* (2011).

### 8.2.3 Maschinenbau

Tabelle 7 gibt eine Übersicht über die Zahl der ausgewerteten Unternehmen im Bereich der Maschinenbaubranche in Österreich und Niederösterreich.

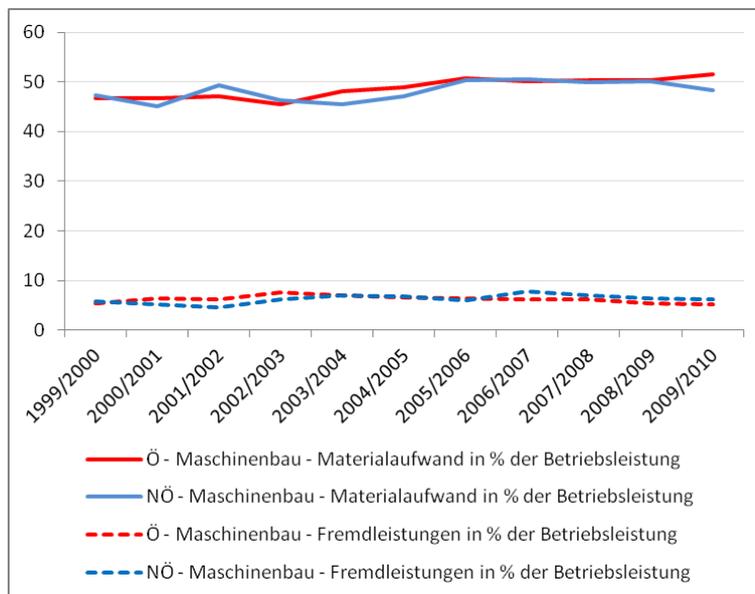
**Tabelle 7: Maschinenbau: Anzahl der ausgewerteten Betriebe**

Region / Geschäftsjahr	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
Österreich	850	1.024	1.203	1.292	1.292	1.286	1.397	1.391	1.462	1.258	574
Niederösterreich	127	170	190	203	201	209	232	233	245	200	89

Quelle: *KMU FORSCHUNG AUSTRIA* (2011).

ÖNACE 2003: DK - Maschinenbau

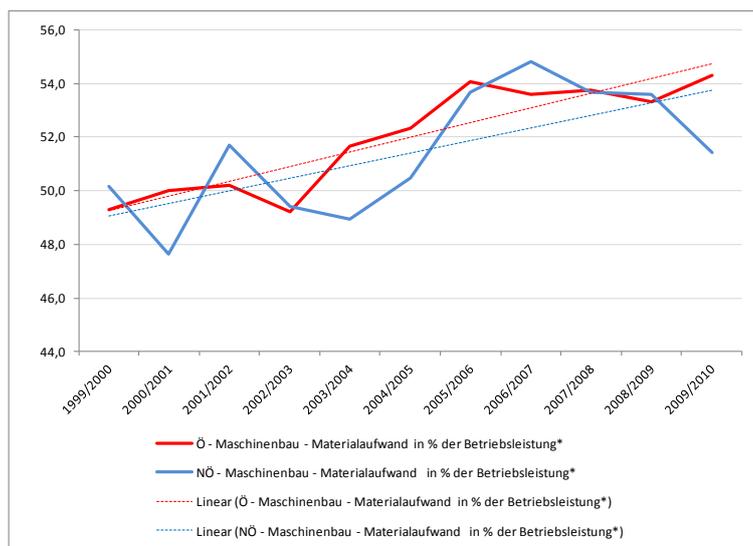
**Abbildung 17: Maschinenbau: Materialaufwand und Fremdleistungen**



Quelle: *Economica* (2011).

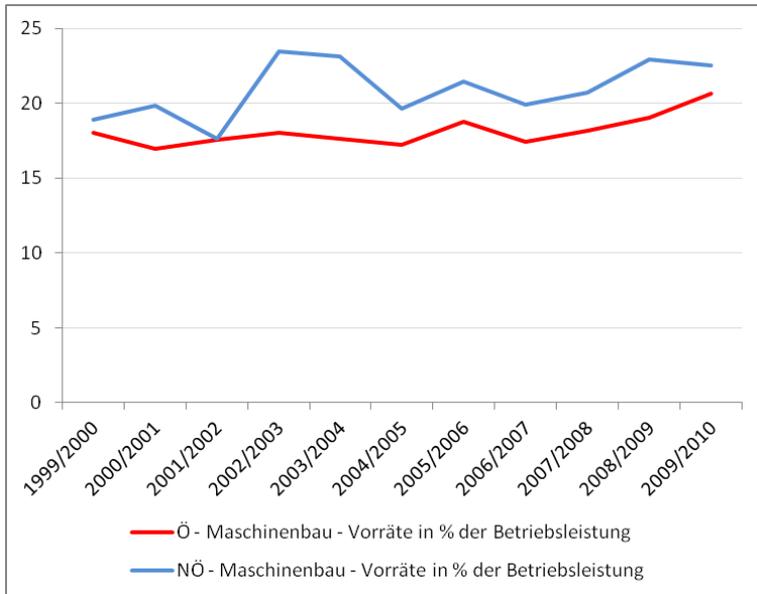
In Niederösterreich liegt der Materialaufwand etwa im Bereich zwischen 45 % und 50 %. Die Fremdleistungen rangieren etwa zwischen 5 % und 10 %. Ein Trend lässt sich hier nicht erkennen. Die Werte liegen nahe den Werten für Gesamtösterreich. Die entsprechenden Werte unter Berücksichtigung der korrigierten Betriebsleistung zeigen keinen Hinweis auf einen systematischen Unterschied zwischen Niederösterreich und Österreich.

**Abbildung 18: Maschinenbau: Materialaufwand\***



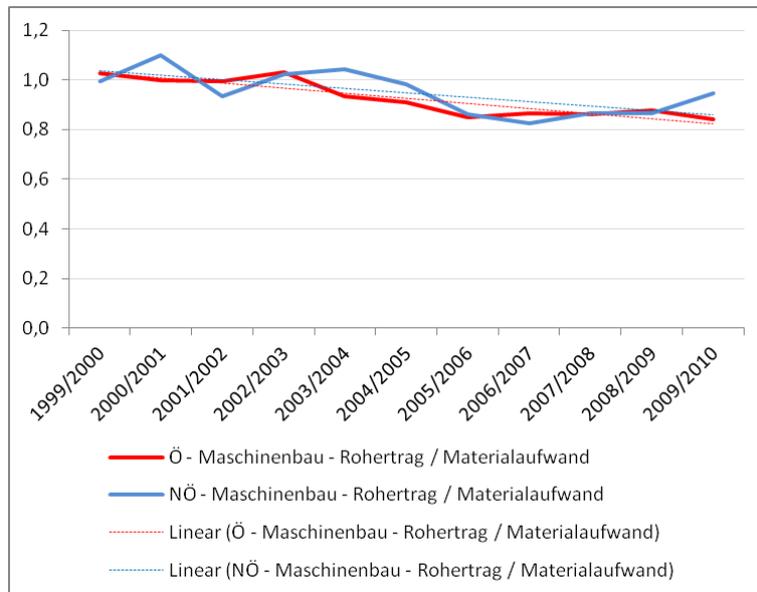
Quelle: *Economica* (2011). \* Die Betriebsleistung wurde um den Anteil der Fremdleistungen reduziert.

**Abbildung 19: Maschinenbau: Vorräte**



Quelle: *Economica* (2011).

**Abbildung 20: Maschinenbau: Materialeffizienz**



Quelle: *Economica* (2011).

Die Vorräte (in % der Betriebsleistung) in Niederösterreich liegen praktisch während des gesamten Zeitraums deutlich oberhalb der österreichischen Werte, was auf einen signifikanten Unterschied hinweist. Die Entwicklung der Materialeffizienz scheint im Wesentlichen derjenigen für Gesamtösterreich zu entsprechen. Dabei ist ein leicht sinkender Trend

festzustellen. Zu Beginn des Jahrzehnts lag die Materialeffizienz etwa bei 1 (und darüber), in den vergangenen Jahren bei etwa 0,8 bis 0,9.

### 8.2.4 Metall

Die Zahl der ausgewerteten Betriebe (KMU) der Metallbranche beträgt für Niederösterreich zwischen 300 und 500 (abgesehen von der Periode 2009/2010).

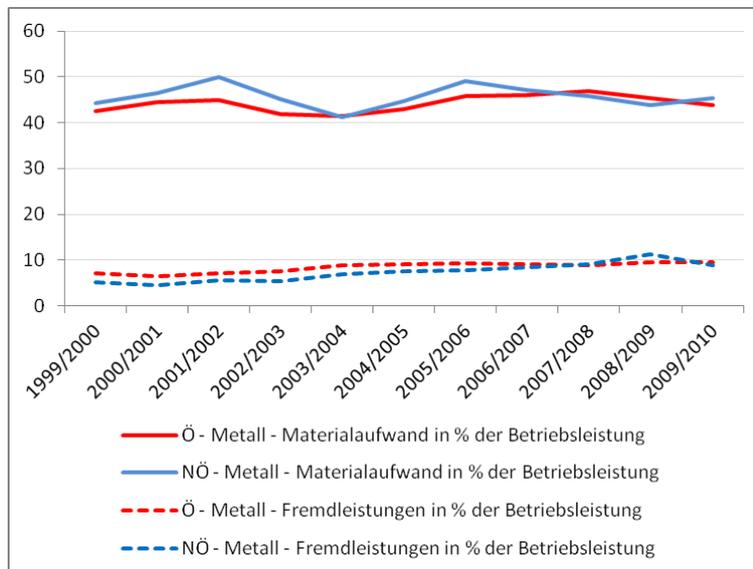
**Tabelle 8: Metall: Anzahl der ausgewerteten Betriebe**

Region / Geschäftsjahr	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
Österreich	1.850	2.157	2.220	2.325	2.295	2.413	2.616	2.716	2.802	2.574	1.088
Niederösterreich	304	367	363	370	389	377	451	464	502	460	202

Quelle: *KMU FORSCHUNG AUSTRIA (2011)*.

ÖNACE 2003: DJ - Metallherzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallzeugnissen

**Abbildung 21: Metall: Materialaufwand und Fremdleistungen**

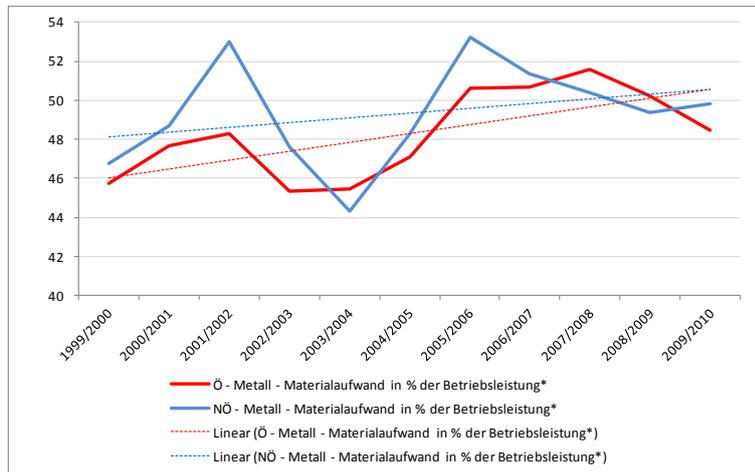


Quelle: *Economica (2011)*.

In der Metallbranche lag der Materialaufwand zwischen 40 % und 50 % (der Betriebsleistung). Ein ausgeprägter Trend lässt sich weder für Niederösterreich noch für Gesamtösterreich erkennen. Über einen Großteil der Dekade lag der Materialaufwand für Niederösterreich einige Prozentpunkte oberhalb der Werte für Österreich. Ähnlich ist dies auch bei Heranziehung der korrigierten Betriebsleistung, allerdings zeigen die Werte einen

gewissen Niveauanstieg. Etwas anders sieht die Situation bei den Fremdleistungen (in % der Betriebsleistung) aus. Für Niederösterreich kann man hier über den gesamten Zeitraum hinweg einen leichten Anstieg von etwa 5 % bis auf etwa 10 % konstatieren.

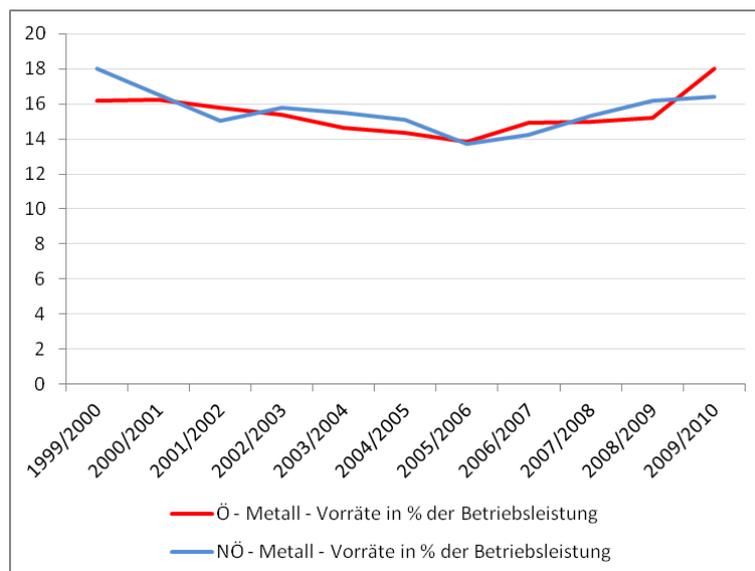
**Abbildung 22: Metall: Materialaufwand\***



Quelle: *Economica* (2011). \* Die Betriebsleistung wurde um den Anteil der Fremdleistungen reduziert.

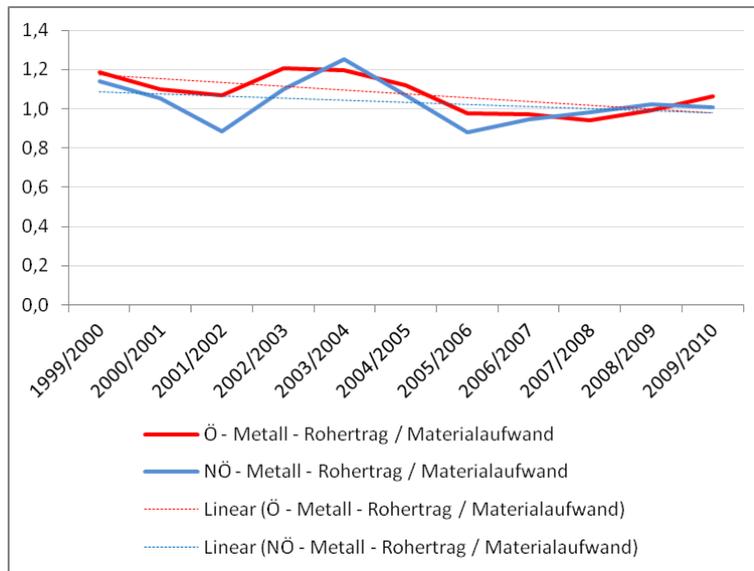
Bei den Vorräten (in % der Betriebsleistung) ist bis etwa Mitte des letzten Jahrzehnts ein gewisser Rückgang (18 % auf etwa 14 %) zu beobachten, seitdem erfolgte aber wieder ein Anstieg.

**Abbildung 23: Metall: Vorräte**



Quelle: *Economica* (2011).

**Abbildung 24: Metall: Materialeffizienz**



Quelle: *Economica* (2011).

Im Hinblick auf die Materialeffizienz zeigen die Werte für Niederösterreich ein recht volatiles Verhalten, sie liegen etwas über 1,0 bzw. unter 1,0. Die lineare Approximation weist einen leichten Rückgang auf, von etwa 1,1 auf 1,0.

### 8.2.5 Nahrungsmittel

Die Zahl der ausgewerteten Betriebe (KMU) der Nahrungsmittelbranche lag zwischen 370 und etwa 560 (abgesehen von der Periode 2009/2010).

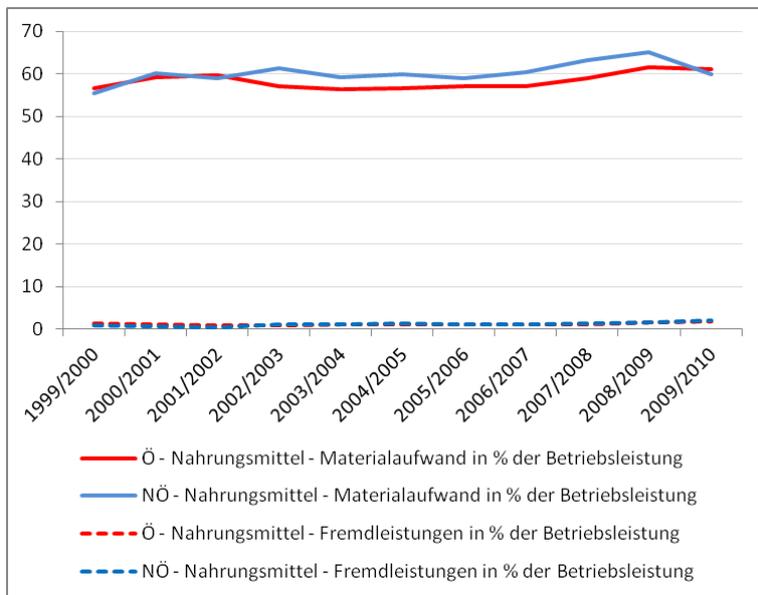
**Tabelle 9: Nahrungsmittel: Anzahl der ausgewerteten Betriebe**

Region / Geschäftsjahr	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
Österreich	1.724	1.865	1.941	2.134	2.215	2.223	2.302	2.271	2.271	2.011	881
Niederösterreich	370	407	431	446	480	501	549	544	556	501	244

Quelle: *KMU FORSCHUNG AUSTRIA* (2011).

ÖNACE 2003: DA - Herstellung von Nahrungs- und Genussmitteln und Getränken; Tabakverarbeitung.

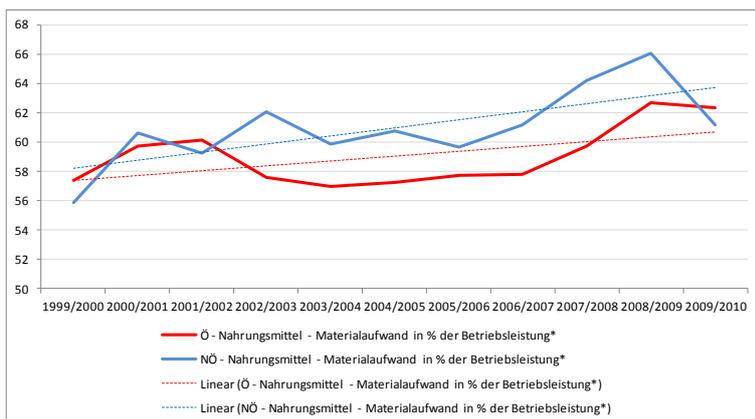
**Abbildung 25: Nahrungsmittel: Materialaufwand und Fremdleistungen**



Quelle: *Economica* (2011).

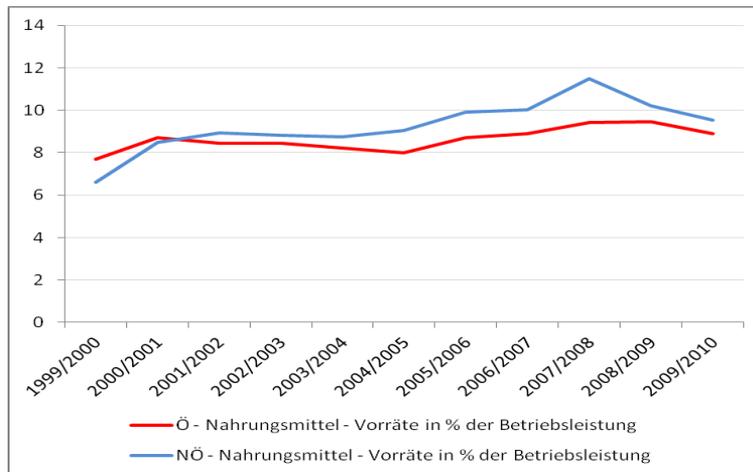
Der Materialaufwand (in % der Betriebsleistung) hat sich, ausgehend von etwa 55 %, auf etwas über 60 % erhöht. Die Werte für Niederösterreich liegen in den meisten Jahren oberhalb derer für Österreich (ähnlich wie auch bei der korrigierten Betriebsleistung). Bei den Fremdleistungen gab es praktisch keine Veränderung, diese weisen hier nur einen sehr geringen Anteil (in % der Betriebsleistung) auf.

**Abbildung 26: Nahrungsmittel: Materialaufwand\***



Quelle: *Economica* (2011). \* Die Betriebsleistung wurde um den Anteil der Fremdleistungen reduziert.

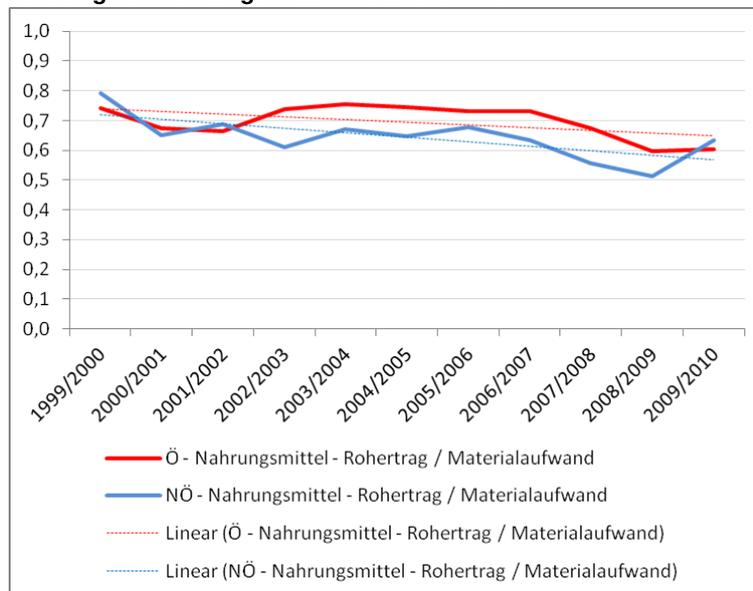
**Abbildung 27: Nahrungsmittel: Vorräte**



Quelle: *Economica* (2011).

Bei den Vorräten stiegen die Anteilswerte (in % der Betriebsleistung) seit Ende der 1990er Jahre bis etwa zum Beginn der Wirtschafts- und Finanzkrise stetig an und zwar von knapp über 6 % auf knapp unter 10 %. Danach sind sie wieder etwas zurückgegangen.

**Abbildung 28: Nahrungsmittel: Materialeffizienz**



Quelle: *Economica* (2011).

Bei der Materialeffizienz lässt sich tendenziell ein Rückgang über den gesamten Zeitraum feststellen (abgesehen von der letzten Zeitperiode). Ausgehend von einem Wert in Höhe von etwa 0,8 (1999/2000) sank der Wert für die Materialeffizienz zwischenzeitlich fast bis auf 0,5 (2008/2009).

### 8.2.6 Textilien

Bei den Ergebnissen dieses Abschnitts ist zu beachten, dass, ähnlich wie für die Chemiebranche, auch für die Textilbranche die Zahl der ausgewerteten Betriebe eher klein ist.

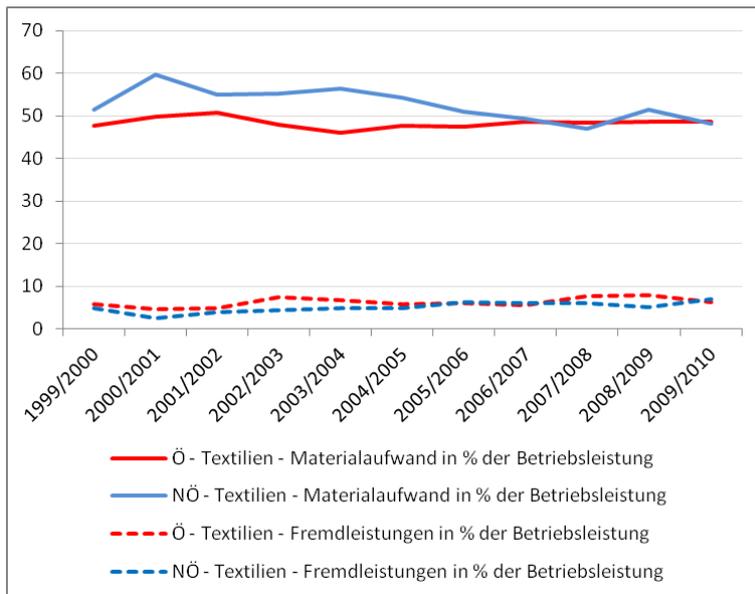
**Tabelle 10: Textilien: Anzahl der ausgewerteten Betriebe**

Region / Geschäftsjahr	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
Österreich	473	521	563	614	571	560	585	553	537	443	151
Niederösterreich	40	43	54	71	67	69	58	59	57	44	20

Quelle: *KMU FORSCHUNG AUSTRIA (2011)*.

ÖNACE 2003: DB - Herstellung von Textilien, Textilwaren und Bekleidung.

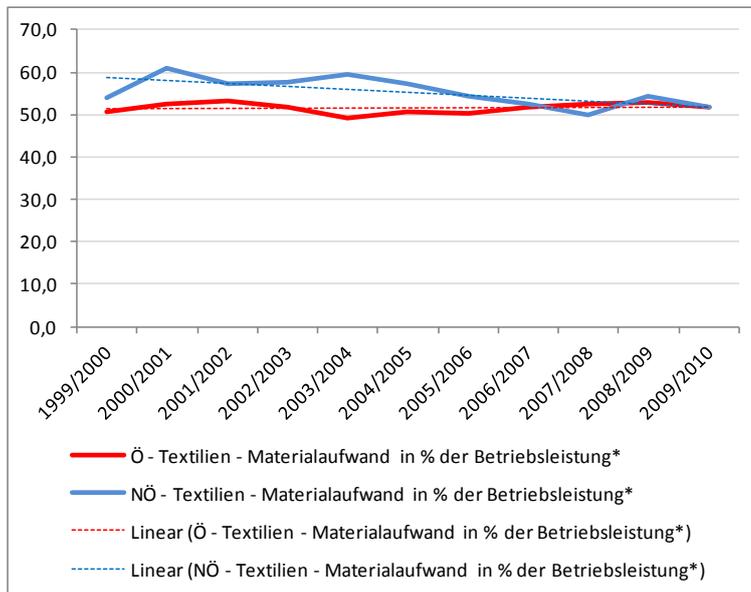
**Abbildung 29: Textilien: Materialaufwand und Fremdleistungen**



Quelle: *Economica (2011)*.

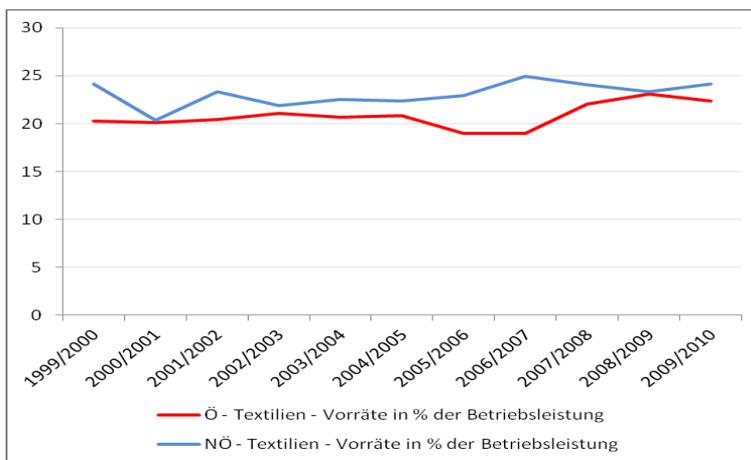
Der Materialaufwand (in % der Betriebsleistung) liegt für Niederösterreich deutlich über dem Wert von 0,5 bzw. nur knapp darunter (Abbildung 29). Dabei lässt sich ein leichter Rückgang über die Dekade beobachten, ebenso in Abbildung 30. Die Fremdleistungen (in % der Betriebsleistung) liegen deutlich unter 10 % und zeigen keinen Trend.

**Abbildung 30: Textilien: Materialaufwand\***



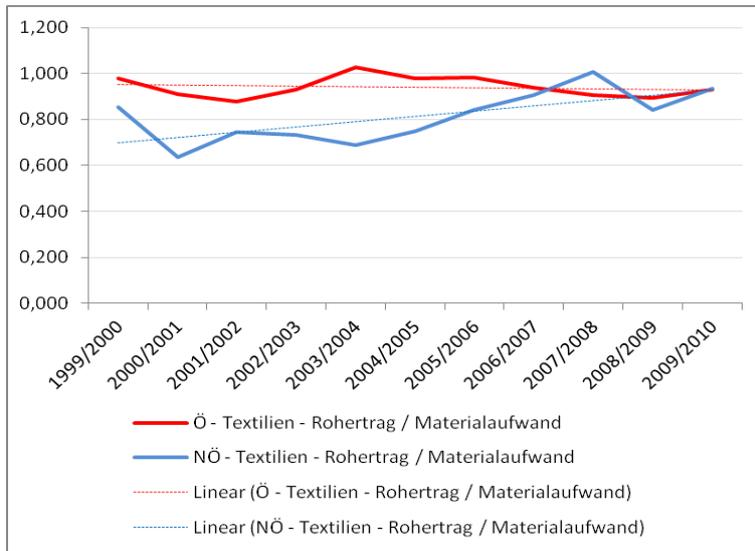
Quelle: *Economica* (2011). \* Betriebsleistung wurde um den Anteil der Fremdleistungen reduziert.

**Abbildung 31: Textilien: Vorräte**



Quelle: *Economica* (2011).

Die Werte für die Vorräte (in % der Betriebsleistung) bewegen sich zwischen 20 % und 25 %, ohne einen erkennbaren Trend aufzuweisen.

**Abbildung 32: Textilien: Materialeffizienz**

Quelle: *Economica* (2011).

Die Werte für die Materialeffizienz streuen recht stark und liegen im Intervall von etwa 0,6 bis etwa 1,0.

### 8.3 Zusammenfassung der Branchenanalysen

Dieses Kapitel fasst die Ergebnisse der verschiedenen Branchenanalysen zusammen und stellt sie in Übersichtstabellen dar. Wir beginnen mit der Bindung von Liquidität, die anhand der Variable Vorräte in Prozent der Betriebsleistung untersucht wird. Hier wurde unterstellt, dass das Volumen der Vorräte zum Bilanzstichtag stellvertretend für den durchschnittlichen betrieblichen Lagerstand im Geschäftsjahr herangezogen werden kann.

In drei der sieben untersuchten Branchen waren die Vorräte in Prozent der Betriebsleistung in den niederösterreichischen Unternehmen höher als im Österreich-Durchschnitt. Zuletzt war jedoch eine positive Entwicklung zu beobachten, denn im Bilanzjahr 2003 / 2004 gelang es noch keiner Branche, die durch Vorräte verursachte Kapitalbindung unter dem nationalen Wert zu halten. Hervorzuheben ist hierbei besonders die Branche Chemie, der es im letzten Bilanzjahr gelang, die Vorräte um 3,46 Prozentpunkte unter den heimischen Vergleichswert zu drücken. Am anderen Ende des Effizienzspektrums der niederösterreichischen Branchen liegen der Maschinenbau und die Textilindustrie, die den österreichischen Vergleichswert in der gesamten Untersuchungsperiode nicht zu unterschreiten vermochten.

**Tabelle 11: Vorräte in Prozent der Betriebsleistung**

Vorräte in % der Betriebsleistung	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
<b>Österreich</b>											
Chemie	15,56	13,02	13,41	14,28	14,96	13,89	14,28	14,27	14,77	15,54	15,8
Holz	16,3	17,23	18,47	17,01	16,73	16,71	15,66	15,4	15,94	16,32	16,51
Maschinenbau	18,05	16,99	17,58	18,03	17,66	17,23	18,75	17,43	18,15	19,02	20,62
Metall	16,17	16,23	15,75	15,35	14,64	14,37	13,83	14,94	14,99	15,23	18,02
Nahrungsmittel	7,69	8,72	8,44	8,43	8,24	7,98	8,7	8,9	9,43	9,47	8,9
Textilien	20,28	20,12	20,41	21,11	20,69	20,87	19,01	18,97	22,01	23,08	22,38
<b>Niederösterreich</b>											
Chemie	17,38	13,24	13,75	13,33	15,96	15,56	14,41	15,55	14,48	13,86	12,34
Holz	16,24	14,87	21,38	18,69	17,48	20,43	16,26	14,85	15,88	15,04	16,27
Maschinenbau	18,94	19,85	17,64	23,48	23,1	19,66	21,48	19,92	20,7	22,91	22,5
Metall	18,02	16,5	15,05	15,8	15,48	15,08	13,71	14,21	15,32	16,16	16,41
Nahrungsmittel	6,6	8,48	8,94	8,82	8,76	9,06	9,92	10,01	11,49	10,23	9,55
Textilien	24,17	20,38	23,35	21,88	22,55	22,34	22,95	24,93	24,06	23,31	24,17
<b>Österreich - Niederösterreich</b>											
Chemie	-1,82	-0,22	-0,34	0,95	-1	-1,67	-0,13	-1,28	0,29	1,68	3,46
Holz	0,06	2,36	-2,91	-1,68	-0,75	-3,72	-0,6	0,55	0,06	1,28	0,24
Maschinenbau	-0,89	-2,86	-0,06	-5,45	-5,44	-2,43	-2,73	-2,49	-2,55	-3,89	-1,88
Metall	-1,85	-0,27	0,7	-0,45	-0,84	-0,71	0,12	0,73	-0,33	-0,93	1,61
Nahrungsmittel	1,09	0,24	-0,5	-0,39	-0,52	-1,08	-1,22	-1,11	-2,06	-0,76	-0,65
Textilien	-3,89	-0,26	-2,94	-0,77	-1,86	-1,47	-3,94	-5,96	-2,05	-0,23	-1,79

Quelle: *KMU FORSCHUNG AUSTRIA (2011), Economica (2012)*

Die Kennzahl Vorräte in Prozent des Materialaufwandes beinhaltet auch Informationen über die Umschlagshäufigkeit des Lagervorrats, die sich als Kehrwert dieser Größe ergibt. Es wird also der effektive Materialeinsatz der untersuchten Branche bei der Effizienzbetrachtung der Lagerhaltung ebenfalls berücksichtigt. Im Vergleich zur vorherigen Betrachtung führt dies aufgrund der verringerten Bezugsgröße zu einer Erhöhung der Kennzahl, wobei sich die Größenrelationen und -verhältnisse zwischen dem niederösterreichischen und dem österreichischen Wert je nach der Höhe des Materialaufwandes verändern.

Die Branche Chemie in Niederösterreich erweist sich auch bei der Betrachtung des letzten Bilanzjahres nicht nur hinsichtlich der Lagerhaltung effizienter als der nationale Durchschnitt, sondern versteht es sogar, den Abstand noch zu vergrößern. Darüber hinaus findet man in diesem Wirtschaftsbereich über die gesamte Beobachtungsperiode hinweg betrachtet in Niederösterreich (26,7 %) mit einem kleineren Lagervolumen als in Österreich (27,5 %) das Auslangen. Das gleiche gilt auch für die Branche Metall, die zuletzt ebenfalls unter dem Wert für Österreich lag.

Das höchste Verbesserungspotential ist bei der Branche Maschinenbau in Niederösterreich zu erkennen, die nur in einem Bilanzjahr besser als der nationale Vergleichswert lag.

**Tabelle 12: Vorräte in Prozent des Materialaufwandes**

Vorräte in % des Materialaufwandes	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
<b>Österreich</b>											
Chemie	31,56	23,89	26,03	27,71	30,05	28,21	27,71	26,64	26,58	27,10	27,16
Holz	30,86	31,72	34,76	32,41	31,61	31,29	28,33	28,04	29,24	30,16	29,86
Maschinenbau	38,67	36,31	37,32	39,66	36,75	35,24	37,00	34,69	35,99	37,73	40,00
Metall	38,10	36,46	35,09	36,59	35,31	33,51	30,12	32,41	31,89	33,54	41,14
Nahrungsmittel	13,58	14,75	14,17	14,78	14,60	14,07	15,25	15,57	15,96	15,36	14,54
Textilien	42,57	40,31	40,29	44,02	45,02	43,87	40,11	38,96	45,46	47,46	46,04
<b>Niederösterreich</b>											
Chemie	39,40	23,71	27,62	23,97	29,89	27,92	26,11	27,97	25,17	22,41	19,78
Holz	29,73	25,56	38,75	36,04	34,55	37,67	28,58	25,70	29,24	28,77	31,51
Maschinenbau	40,06	43,95	35,70	50,63	50,79	41,79	42,59	39,38	41,45	45,72	46,63
Metall	40,67	35,49	30,07	35,06	37,45	33,79	27,97	30,19	33,46	36,87	36,15
Nahrungsmittel	11,92	14,08	15,16	14,38	14,80	15,12	16,81	16,55	18,15	15,73	15,94
Textilien	47,08	34,17	42,45	39,64	39,98	41,09	45,01	50,47	51,33	45,32	50,28
<b>Österreich - Niederösterreich</b>											
Chemie	-7,84	0,18	-1,59	3,73	0,16	0,30	1,60	-1,33	1,41	4,70	7,38
Holz	1,13	6,16	-3,98	-3,63	-2,94	-6,37	-0,25	2,33	-0,01	1,39	-1,65
Maschinenbau	-1,39	-7,64	1,62	-10,96	-14,05	-6,55	-5,60	-4,69	-5,46	-7,99	-6,63
Metall	-2,57	0,96	5,02	1,53	-2,14	-0,28	2,15	2,22	-1,56	-3,33	5,00
Nahrungsmittel	1,66	0,67	-0,98	0,40	-0,20	-1,05	-1,56	-0,98	-2,18	-0,37	-1,39
Textilien	-4,51	6,14	-2,17	4,38	5,04	2,78	-4,90	-11,50	-5,88	2,14	-4,24

Quelle: *KMU FORSCHUNG AUSTRIA (2011), Economica (2012)*

Bei der Analyse des Materialaufwandes in Prozent der Betriebsleistung sieht das Bild erheblich anders aus. Einzig die Branche Maschinenbau in Niederösterreich hatte zwischen 1999 und 2010 einen geringeren durchschnittlichen Materialeinsatz als die österreichische Benchmark.

Über die gesamte Beobachtungsperiode gesehen gab es den größten Aufholbedarf in der Branche Textilien in Niederösterreich, abzuwarten bleibt, ob der zuletzt positive Trend beibehalten werden kann. Der Branchenwert der Sparte Chemie in Niederösterreich liegt ebenfalls in neun von elf Fällen (Bilanzjahre) über dem korrespondierenden Österreichtniveau, wobei es in dieser Branche sogar zu einer tendenziellen Erhöhung des Materialaufwandes kam.

Über alle betrachteten Branchen hinweg scheint es einen gewissen Aufholprozess in Niederösterreich zu geben, so lagen im letzten Bilanzjahr nur mehr zwei Branchen über dem Österreich-Durchschnitt.

**Tabelle 13: Materialaufwand in Prozent der Betriebsleistung**

Materialaufwand in % der Betriebsleistung	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
<b>Österreich</b>											
Chemie	49,3	54,49	51,52	51,54	49,78	49,23	51,53	53,57	55,56	57,34	58,18
Holz	52,82	54,32	53,13	52,49	52,93	53,4	55,27	54,93	54,52	54,11	55,29
Maschinenbau	46,68	46,79	47,1	45,46	48,06	48,89	50,68	50,24	50,43	50,41	51,55
Metall	42,44	44,52	44,89	41,95	41,46	42,88	45,92	46,1	47	45,41	43,8
Nahrungsmittel	56,63	59,12	59,56	57,04	56,44	56,71	57,05	57,16	59,07	61,66	61,19
Textilien	47,64	49,91	50,66	47,96	45,96	47,57	47,4	48,69	48,42	48,63	48,61
<b>Niederösterreich</b>											
Chemie	44,11	55,83	49,78	55,6	53,4	55,74	55,18	55,6	57,52	61,86	62,4
Holz	54,63	58,17	55,18	51,86	50,59	54,24	56,89	57,78	54,3	52,27	51,63
Maschinenbau	47,28	45,16	49,41	46,38	45,48	47,04	50,43	50,58	49,94	50,11	48,25
Metall	44,31	46,49	50,05	45,07	41,33	44,63	49,02	47,07	45,79	43,83	45,4
Nahrungsmittel	55,38	60,24	58,99	61,32	59,19	59,92	59	60,5	63,31	65,04	59,92
Textilien	51,34	59,64	55	55,2	56,41	54,37	50,99	49,4	46,87	51,43	48,07
<b>Österreich - Niederösterreich</b>											
Chemie	5,19	-1,34	1,74	-4,06	-3,62	-6,51	-3,65	-2,03	-1,96	-4,52	-4,22
Holz	-1,81	-3,85	-2,05	0,63	2,34	-0,84	-1,62	-2,85	0,22	1,84	3,66
Maschinenbau	-0,6	1,63	-2,31	-0,92	2,58	1,85	0,25	-0,34	0,49	0,3	3,3
Metall	-1,87	-1,97	-5,16	-3,12	0,13	-1,75	-3,1	-0,97	1,21	1,58	-1,6
Nahrungsmittel	1,25	-1,12	0,57	-4,28	-2,75	-3,21	-1,95	-3,34	-4,24	-3,38	1,27
Textilien	-3,7	-9,73	-4,34	-7,24	-10,45	-6,8	-3,59	-0,71	1,55	-2,8	0,54

Quelle: KMU FORSCHUNG AUSTRIA (2011), *Economica* (2012)

Die Berücksichtigung der fremdleistungsbereinigten Kennzahlen verändert lediglich Einzelergebnisse, die vorher getroffenen Grundaussagen verbleiben gültig.

**Tabelle 14: Materialaufwand in Prozent der Betriebsleistung\* (fremdleistungsbereinigt)**

Materialaufwand in % der Betriebsleistung*	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
<b>Österreich</b>											
Chemie	51,54	56,19	53,41	53,54	51,70	50,72	52,72	54,64	56,58	58,55	59,03
Holz	55,15	56,80	55,68	54,61	55,24	56,00	57,98	57,49	57,88	57,17	58,74
Maschinenbau	49,31	49,99	50,18	49,19	51,66	52,33	54,08	53,60	53,75	53,31	54,31
Metall	45,72	47,64	48,31	45,36	45,48	47,12	50,63	50,66	51,57	50,22	48,45
Nahrungsmittel	57,39	59,74	60,13	57,58	56,99	57,27	57,71	57,79	59,71	62,68	62,31
Textilien	50,51	52,31	53,24	51,79	49,33	50,54	50,41	51,58	52,48	52,80	51,82
<b>Niederösterreich</b>											
Chemie	46,61	57,26	51,38	56,93	54,88	57,19	56,84	56,31	58,09	62,74	63,27
Holz	56,37	60,21	57,84	54,24	53,20	56,75	59,33	60,33	58,84	56,99	56,61
Maschinenbau	50,16	47,63	51,71	49,42	48,95	50,47	53,66	54,82	53,65	53,57	51,43
Metall	46,75	48,71	52,99	47,59	44,35	48,31	53,21	51,35	50,40	49,39	49,84
Nahrungsmittel	55,85	60,63	59,23	62,03	59,82	60,73	59,62	61,17	64,18	66,03	61,17
Textilien	53,91	61,10	57,29	57,66	59,29	57,19	54,35	52,51	49,82	54,26	51,65

<b>Österreich - Niederösterreich</b>											
Chemie	4,93	-1,06	2,02	-3,38	-3,18	-6,47	-4,12	-1,67	-1,51	-4,19	-4,24
Holz	-1,21	-3,41	-2,16	0,37	2,04	-0,74	-1,35	-2,84	-0,95	0,19	2,13
Maschinenbau	-0,85	2,36	-1,53	-0,23	2,70	1,87	0,42	-1,22	0,10	-0,26	2,89
Metall	-1,02	-1,07	-4,69	-2,23	1,13	-1,20	-2,58	-0,69	1,17	0,83	-1,39
Nahrungsmittel	1,54	-0,89	0,89	-4,46	-2,83	-3,46	-1,91	-3,38	-4,47	-3,35	1,14
Textilien	-3,40	-8,79	-4,06	-5,88	-9,96	-6,65	-3,94	-0,93	2,66	-1,46	0,17

Quelle: KMU FORSCHUNG AUSTRIA (2011), *Economica* (2012)

Die Kennzahl Materialeffizienz, definiert als Rohertrag in Relation zum Materialaufwand auf betrieblicher Ebene, weist bei nahezu allen Branchen unabhängig von der regionalen Zuordnung eine sinkende Tendenz auf. Einzige Ausnahme bildet die Branche Textilien in Niederösterreich, die jedoch anfangs weit unter dem Wert für Österreich lag und sich erst in den letzten Jahren auf das nationale Niveau bewegt hat.

Über die gesamte Beobachtungsperiode betrachtet kann sich in Niederösterreich im Vergleich zu Österreich die Branche Maschinenbau am besten behaupten. Alle anderen Branchen liegen im Untersuchungszeitraum mehrheitlich unter dem nationalen Vergleichswert. Die Branche Chemie in Niederösterreich kämpft dabei auch noch mit einem massiven Effizienzurückgang.

**Tabelle 15: Materialeffizienz; Rohertrag in Relation zu Materialaufwand**

<b>Rohertrag / Materialaufwand</b>	<b>1999/ 2000</b>	<b>2000/ 2001</b>	<b>2001/ 2002</b>	<b>2002/ 2003</b>	<b>2003/ 2004</b>	<b>2004/ 2005</b>	<b>2005/ 2006</b>	<b>2006/ 2007</b>	<b>2007/ 2008</b>	<b>2008/ 2009</b>	<b>2009/ 2010</b>
<b>Österreich</b>											
Chemie	0,940	0,780	0,872	0,868	0,934	0,972	0,897	0,830	0,767	0,708	0,694
Holz	0,813	0,760	0,796	0,831	0,810	0,786	0,725	0,739	0,728	0,749	0,702
Maschinenbau	1,028	1,000	0,993	1,033	0,936	0,911	0,849	0,866	0,861	0,876	0,841
Metall	1,187	1,099	1,070	1,205	1,199	1,122	0,975	0,974	0,939	0,991	1,064
Nahrungsmittel	0,742	0,674	0,663	0,737	0,755	0,746	0,733	0,730	0,675	0,595	0,605
Textilien	0,980	0,912	0,878	0,931	1,027	0,979	0,984	0,939	0,905	0,894	0,930
<b>Niederösterreich</b>											
Chemie	1,146	0,747	0,946	0,757	0,822	0,749	0,759	0,776	0,721	0,594	0,580
Holz	0,774	0,661	0,729	0,844	0,880	0,762	0,686	0,657	0,700	0,755	0,767
Maschinenbau	0,994	1,099	0,934	1,023	1,043	0,982	0,864	0,824	0,864	0,867	0,944
Metall	1,139	1,053	0,887	1,101	1,255	1,070	0,879	0,947	0,984	1,025	1,006
Nahrungsmittel	0,791	0,649	0,688	0,612	0,672	0,647	0,677	0,635	0,558	0,514	0,635
Textilien	0,855	0,637	0,745	0,734	0,687	0,749	0,840	0,904	1,007	0,843	0,936
<b>Niederösterreich - Österreich</b>											
Chemie	0,205	-0,033	0,074	-0,111	-0,112	-0,223	-0,138	-0,054	-0,046	-0,114	-0,114
Holz	-0,039	-0,100	-0,067	0,013	0,069	-0,023	-0,039	-0,082	-0,028	0,006	0,064
Maschinenbau	-0,034	0,099	-0,059	-0,009	0,107	0,071	0,014	-0,042	0,003	-0,009	0,103
Metall	-0,048	-0,046	-0,183	-0,103	0,056	-0,053	-0,096	-0,027	0,045	0,033	-0,058
Nahrungsmittel	0,048	-0,024	0,025	-0,125	-0,083	-0,100	-0,055	-0,096	-0,117	-0,081	0,030
Textilien	-0,125	-0,275	-0,133	-0,197	-0,340	-0,230	-0,144	-0,034	0,102	-0,051	0,006

Quelle: KMU FORSCHUNG AUSTRIA (2011), *Economica* (2012)

## 9 Maßnahmenvorschläge für ein Materialeffizienzprogramm

### **Materialberater**

Um die Materialeffizienz-Potenziale in den KMU zu nutzen, sollte ein geeignetes Maßnahmenpaket vor allem an den oben genannten Hindernissen auf Unternehmensseite ansetzen. Hier wäre zunächst an einschlägige externe Beratung zu denken. Eine Maßnahme dazu könnte die Ausbildung von Materialberatern (evtl. in Modifikation des niederösterreichischen Innovationsassistenten) sein, die Unternehmen der materialintensiven Kernbranchen Beratungsdienste im Hinblick auf eine Erhöhung der Materialeffizienz anbieten. Ziel wäre die Anhebung des materialbezogenen Qualifikationsniveaus in den Unternehmen sowie der materialbezogenen Prozess- und Produkteffizienz.

### **Materialeffizienz-Assistent**

In Zusammenarbeit mit dem AMS könnte die Ausbildung von Materialeffizienz-Assistenten überlegt werden, wobei insbesondere ältere Erwerbspersonen berücksichtigt werden könnten.

### **Chemikalien-Management**

Im Sinne einer Fokusverschiebung ist neben der sachgerechten Entsorgung von Chemikalien verstärkt auf den optimalen Einsatz von Chemikalien über deren gesamten Lebenszyklus hin abzielen. So verursachen erstbeschaffte Chemikalien im Laufe ihres Lebenszyklus Kosten in bis zu zehnfacher Höhe (Schreuer, 2006). Durch die Schaffung des Berufsbildes eines staatlich geprüften Chemikalienmanagers ließe sich ein Entwicklungsprogramm für Dienstleister definieren, die in Ergänzung zu den Entsorgungsunternehmen vorgelagertes Chemikalien-Management betreiben. Deren Dienstleistung sollte sich auf die Optimierung von Einkauf, Abnahme, Inventur, Gebrauch, Lagerung, Entsorgung, Notfallbereitschaft und Haftung beziehen.

### **Aus- und Weiterbildung an Schulen und Berufsschulen**

Ein weiterer zentraler Aspekt ist die Aus- und Weiterbildung der Beschäftigten im Bereich Materialeffizienz. Parallel dazu sollten Materialeffizienz-Themen schon im Schulunterricht sowie in Studiengängen an Hochschulen einen sichtbaren Niederschlag finden. Auch im Lehrplan von Lehrlingen sollte das Thema Materialeffizienz aufgegriffen werden.

### **Akademische Ausbildung**

In Betracht kommen könnte zudem die Entwicklung eines Studiengangs ‚Ressourcen-effizienz‘, welcher das Thema Materialeffizienz inkludiert. Daneben sollten auch akademische Lehrgänge angeboten werden, die berufsbegleitend absolviert werden können.

### **Öffentliche Ausschreibung von Materialeffizienzprojekten**

Universitäten und Fachhochschulen ließen sich in das Thema Materialeffizienz eingebunden werden, indem entweder die Weiterentwicklung von bestimmten Verfahren oder die Effizienzverbesserung eines bestimmten Betriebes per Call ausgeschrieben wird. Auf diese Weise sollte ein Wissensaustausch zwischen Academia und Wirtschaft auf dem aktuell industrierelevanten Stand beschleunigt werden können.

### **Materialeffizienz-Netzwerk**

Zum Zwecke des Informationsaustausches dürfte für KMU eine stärkere (infra)strukturelle Vernetzung im Bereich der Materialeffizienz von erheblichem Nutzen sein. Dazu könnte eine Ausschreibung für die Koordination und das Management eines solchen Materialeffizienz-Netzwerkes für bestimmte Branchen und die Bereitstellung von entsprechendem fachlichen Know-how in Betracht gezogen werden. Dieses Netzwerk sollte als social medium fungieren, mit dessen Hilfe Informationen bereitgestellt und Erfahrungen geteilt werden können.

### **Kommunikation: Internet-Tools und Newsletter**

Weitere Hinweise auf Materialeffizienzpotenziale könnte man durch die Entwicklung und Pflege eines speziell auf KMU ausgerichteten Internet-Tools sowie einen Newsletter (welcher aus Kostengründen als elektronische Variante mittels E-Mail realisiert werden könnte) anbieten. Unternehmen sollten dabei eigenständig durch Auswahl der entsprechenden Branche ihren Materialeinsatz vergleichen und dadurch beurteilen können, ob es Ineffizienzen in ihrem Betrieb gibt. Als Inspiration mag hier das Tool „demea Selbstcheck“ der Deutschen Materialeffizienzagentur (<http://www.materialeffizienz-selbstcheck.de/demea-selbstcheck>) herangezogen werden. Dieses Internet-Tool sollte mit den Aktivitäten des Materialeffizienz-Netzwerkes verbunden sein.

### **Potentialanalyse der Branchen in NÖ**

Weiters könnte die Durchführung einer Potentialanalyse über alle Branchen hinweg in Betracht kommen. Als Vergleichsgröße für die niederösterreichischen Betriebe könnten jene aus anderen österreichischen Bundesländern sowie eventuell Betriebe aus Deutschland herangezogen werden.

### **Prämierung von Good-Practice-Beispielen**

Ergänzend könnte eine öffentliche Ausschreibung zur Einreichung von Good-Practice-Beispielen auf dem Gebiet der Materialeffizienz gestartet werden. Die Prämierung könnte in Form eines (evtl. mit anderen Prämierungen verbundenen) Festaktes stattfinden, der gleichzeitig als Informationsveranstaltung dient.

### **Informationskampagne mit Breitenwirkung**

Im Mittelpunkt einer solchen Informationskampagne würde die Sensibilisierung der Bevölkerung gegenüber dem Thema Materialeffizienz bzw. Ressourceneffizienz analog zum Thema Energieeffizienz stehen.

### **Bestandsaufnahme des (Primär-)Ressourcenverbrauchs der niederösterreichischen Wirtschaft.**

Darauf aufbauend kann die technische Möglichkeit zum Recycling der Rohstoffe untersucht und in weiterer Folge die aktuellen Recyclingquoten erhoben werden. Dadurch lassen sich Stoffe identifizieren, die einerseits eine hohe Nachfrage aufweisen, andererseits aber auch durch Recycling (rück-)gewonnen werden können.

## 10 Zusammenfassung

Das Thema Ressourcenknappheit ist grundsätzlich schon seit langem in der öffentlichen Diskussion präsent, auch wenn sich die Anzahl und der Charakter der betroffenen Rohstoffe über die Zeit hinweg verändert bzw. erweitert hat. Man denke nur an die beiden Erdölkrisen in den 1970er und 1980er Jahren oder an den seinerzeitigen weltweiten Bestseller *Grenzen des Wachstums* (Meadows, 1972). Allerdings lag in den vergangenen Jahrzehnten der Fokus der öffentlichen Wahrnehmung wie der Aktivitäten vor allem auf dem Energiesektor, hingegen kaum im Bereich der Industriemetalle.

An den internationalen Rohstoffmärkten war die letzte Dekade durch erhebliche Preissteigerungen bei hoher Volatilität geprägt. Obwohl es im Jahr 2008 mit dem Beginn der Finanz- und Wirtschaftskrise zu einem vorübergehenden Einbruch der Preise kam, haben die Rohstoffindizes in der Zwischenzeit neue Höchststände erreicht. Ein besonderes Risiko im Hinblick auf die Versorgungssicherheit sowie die erwartete Preisdynamik liegt zudem in der Tatsache begründet, dass die Produktion vieler Rohstoffe auf nur wenige Länder konzentriert ist.

Dem Kostenfaktor Energie wird mittlerweile nicht nur bei großen Unternehmen, sondern auch bei KMU eine entsprechend große Aufmerksamkeit gewidmet. Die vorliegende Studie beschäftigt sich im Gegensatz dazu mit einem weiteren Kostenfaktor, dem - insbesondere bei KMU – bis dato weitaus weniger Beachtung geschenkt wird. Selbst wenn ein knapper werdendes Rohstoffangebot die Erschließung neuer beziehungsweise die Reaktivierung bekannter Lagerstätten attraktiviert, so werden derartige Aktivitäten mit einem deutlich höheren Aufwand für die Produzenten und damit korrespondierenden Preissteigerungen einhergehen.

Im Fokus dieser Untersuchung stehen die Materialkosten – und damit eng verbunden die Materialeffizienz, welche sich vereinfacht als Verhältnis von Output zu Input definieren lässt. Als Ergebnis jahrzehntelanger, intensiver Anstrengungen zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität ist mittlerweile festzustellen, dass sich die Kostenanteile in der Produktion erheblich verschoben haben. So hat etwa beim Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland im Zeitraum von 2004 bis 2007 der Ausgabenfaktor „Materialkosten (ohne Energie)“ an der gesamten Kostenbasis von 41,1 % auf 44,3 % zugelegt, während die anteilmäßig auf den nachfolgenden Rängen liegenden Kosten für Personal bzw. Handelswaren von 20,0 % auf 17,3 % bzw. von 11,5 % auf 10,9 % gesunken sind. Die Personalkosten weisen somit inzwischen weniger als die Hälfte des anteiligen Gewichts der Materialkosten auf.

Geht man von einer ähnlichen Situation in Österreich aus, so ist bei einer durchschnittlichen Materialkostenquote in der Industrie von über 40 % zu vermuten, dass bei dieser Kostenkomponente enorme Effizienzpotenziale und damit auch Potenziale zur Erhöhung der Wett-

bewerbsfähigkeit der (nieder)österreichischen Industrie noch ungenutzt sind. Hinzu kommt, dass die Materialkosten aufgrund einer über lange Jahre hinweg günstigen Rohstoffpreisentwicklung in den meisten Unternehmen nicht annähernd so stark wie die ständig zunehmenden Personalkosten optimiert wurden.

Aufgrund der internationalen Rohstoffpreisentwicklung ist dementsprechend zu erwarten, dass zukünftig neben den Lohnstückkosten in zunehmendem Maße auch die Materialstückkosten von ausschlaggebender Bedeutung für die preisliche Wettbewerbsfähigkeit (nieder)österreichischer Produkte sein werden.

Eine zentrale Frage ist die nach dem möglichen Einsparungspotenzial infolge von Maßnahmen zur Erhöhung der Materialeffizienz. Bei Großunternehmen ist davon auszugehen, dass aufgrund des höheren Spezialisierungsgrades bei den Beschäftigten und der entsprechenden Forschungs- und Entwicklungskapazitäten die Bedeutung der Materialeffizienz als signifikanter Kostenfaktor nachdrücklicher adressiert wird. Dies gilt sowohl für den Bereich der Serienfertigung als auch für den Bereich der Sonderanfertigung. Bei KMU sollte hingegen noch ein großes Potenzial mobilisierbar sein. Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz bei KMU sollten insbesondere bei der Ausbildung der Beschäftigten sowie bei der Beratung über Einsparungspotenziale ansetzen.

Der Umsetzung von Materialeffizienz-Maßnahmen in KMU steht allerdings eine Reihe von Hindernissen entgegen. Von Seiten der Betriebe werden dabei vor allem genannt: Zeit- und Personalmangel, fehlendes materialeffizienzbezogenes Problembewusstsein und/oder Know How, Finanzierungsbeschränkungen sowie der Organisationsaufwand und das Amortisationsrisiko bei entsprechenden Investitionsvorhaben. In starkem Gegensatz zu anderen Bereichen, insbesondere der Energieeffizienz, bestehen bislang auch nur wenige Förderanreize zur Erhöhung der Materialeffizienz.

Anders als Energieeffizienzgewinne müssen Materialeffizienzzuwächse technisch häufig über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg abgestimmt werden – etwa bei einer Materialsubstitution oder einer materialsparenden Werkstückauslegung. Die dazu erforderliche Kooperation stößt auf nicht unerhebliche Schwierigkeiten, u.a. weil Zulieferer rigiden Vorgaben ihrer Kunden oder überholten technischen Normen zu entsprechen haben.

Die Höhe der Materialeffizienzpotenziale variiert von Branche zu Branche. Zur Hebung dieser Potenziale bieten sich vor allem die folgenden Ansätze an: effizientes Produktdesign, Optimierung der Produktionsabläufe, neue bzw. alternative Werkstoffe sowie ein verbessertes Recycling. Es existiert eine Reihe methodischer Ansätze, mit deren Hilfe Maßnahmen zur Materialeffizienz in die betrieblichen Prozesse integriert werden können. Dazu gehört der sogenannte Design-to-Cost-Ansatz, der auf den gesamten Produktlebenszyklus abstellt und eine Optimierung bereits an dessen Beginn beabsichtigt, da bereits hier ein hoher Teil der (später anfallenden) Produktkosten determiniert wird. Sein Ziel ist die Herstellung

eines geeigneten Produkts bei minimalen Kosten. Bei der Finite-Elemente-Methode handelt es sich hingegen um ein Standardinstrument für die Festkörpersimulation, wobei diese Methode vor allem für den rechnerischen Nachweis von Neukonstruktionen verwendet wird. Dadurch können mögliche Schwachstellen in der Produktauslegung bereits frühzeitig in der Entwicklungs- bzw. Konstruktionsphase erkannt und beseitigt werden.

Stellvertretend für die zunehmende Zahl von Materialeffizienzmaßnahmen führt die Studie eine Reihe von Good-Practice-Beispielen an. Bei diesen Beispielen handelt es sich um Maßnahmen verschiedener Unternehmen aus den Branchen Chemie, Holz, Maschinen und Metall sowie Nahrungsmittel.

Materialflussrechnungen können sowohl auf mikroökonomischer als auch auf makroökonomischer Ebene durchgeführt werden. Bei letzteren Analysen geht es um die Aggregation sämtlicher Materialflüsse innerhalb einer Volkswirtschaft. Auf Grundlage der von der Statistik Austria für Österreich durchgeführten Materialflussrechnung werden einige wichtige Indikatoren bestimmt, wie der DMI (direkter Materialinput = inländische Materialentnahme + Importe), der DMC (inländischer Materialverbrauch = DMI - Exporte) sowie die Quotienten DMC/BIP (Materialintensität) und BIP/DMC (Materialeffizienz oder Materialproduktivität). Die Materialeffizienz (BIP/DMC) gibt dabei an, wie viele BIP-Einheiten pro Tonne Material erzeugt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die angegebenen Größen ausschließlich auf Materialmengen basieren (in Tonnen). Qualitätsunterschiede werden daher nicht berücksichtigt. Betrachtet man den gesamten Zeitraum von 1995 bis 2008, dann stieg der direkte Materialinput um 24,5 %, während der inländische Materialverbrauch nur um 10,5 % zunahm. Im gleichen Zeitraum erhöhte sich die Materialeffizienz um 24,1 %.

Ein zentraler Teil der Studie befasst sich mit der Analyse der Materialeffizienz auf mikroökonomischer Ebene für Niederösterreich im Vergleich zu Österreich. Für die empirische Auswertung wurden Bilanzdaten der KMU FORSCHUNG AUSTRIA verwendet. Als Benchmark für die niederösterreichischen Kennzahlen auf Jahresbasis diente jeweils der entsprechende Wert der betrachteten Branche für Gesamtösterreich. Dies erlaubt einerseits eine Analyse über die Zeit (vertikale Dimension) hinweg, andererseits ermöglicht dies auch die Bestimmung von Effizienzunterschieden hinsichtlich des Materialeinsatzes in den Betrieben in Niederösterreich im Vergleich zum Durchschnitt aller Betriebe in Österreich (horizontale Dimension). Der Differenzierungsgrad wurde dabei durch branchenspezifische Analysen nochmals erhöht (Chemie, Holz, Maschinenbau, Metall, Nahrungsmittel und Textilien).

Grundlage der (Effizienz-)Analyse waren die Kennzahlen *Materialaufwand*, *Fremdleistungen* und *Vorräte* (in % der Betriebsleistung) sowie die *Materialeffizienz* (hier gemessen als Quotient aus Rohertrag und Materialaufwand). Da Fremdleistungen den innerbetrieblichen Kostenmix beeinflussen können, wurde eine entsprechende Korrekturrechnung implementiert.

Zur Ermittlung der Liquiditätsbindung im Bereich der Materialwirtschaft erfolgte eine Auswertung der Vorräte in Relation zur Betriebsleistung. Bei dieser Variable gibt es in zumindest vier von sechs analysierten Branchen in Niederösterreich Handlungsbedarf. Wird der Wert der Vorräte in Bezug zur Betriebsleistung gesetzt, liegt der durchschnittliche Wert über alle Branchen in Niederösterreich innerhalb der Beobachtungsperiode von 1999 bis 2010 über dem nationalen Gegenstück. Zieht man den Materialaufwand als normierende Größe heran, so war während der Beobachtungsperiode das durch Vorräte gebundene Kapital in der Chemieindustrie in Österreich mit 27,5 % höher als in Niederösterreich 26,7 %. Dies trifft auch auf die Metallindustrie (Ö: 34,9 %, NÖ: 34,3) zu. Die übrigen Branchen verzeichneten eine höhere Liquiditätsbindung in Niederösterreich: Nahrungsmittel (14,8 %; 15,3 %), Holz (30,7 %; 31,5 %), Textilien (43,1 %; 44,3 %) und Maschinenbau (37,2 %; 43,5 %).

Aufgrund eines teilweise beträchtlichen Umfangs an Fremdleistungen erfolgte eine modifizierte Berechnung des Materialaufwandes, der nicht nur den innerbetrieblichen Materialeinsatz, sondern auch den in Fremdleistungen beinhalteten Materialinput berücksichtigt und somit den gesamten endproduktbezogenen Materialaufwand erfasst. Die durchschnittliche Kennzahl im Untersuchungszeitraum liegt lediglich für die Branche Maschinenbau in Niederösterreich unter dem Vergleichswert Österreichs (Ö: 52,0 %, NÖ: 51,4 %). Alle übrigen untersuchten Branchen in Niederösterreich hatten einen höheren Materialaufwand: Holz (56,6 %; 57,3 %), Metall (48,3 %; 49,4 %), Nahrungsmittel (59,0 %; 61,0 %), Chemie (54,4 %; 56,5 %) und Textilien (51,5 %; 55,4 %).

Die Materialeffizienz als Quotient zwischen Rohertrag und Materialaufwand gibt Auskunft darüber, in welchem Verhältnis sich die Ausgaben für Material und die Erlöse reduziert um die Materialkosten zueinander verhalten. Hier ist ein möglichst hoher Wert erstrebenswert, der im niederösterreichischen Durchschnitt (bezogen auf die Beobachtungsperiode) nur in der Branche Maschinenbau mit 0,949 höher als in Österreich 0,927 lag. Die folgenden niederösterreichischen Branchen liegen im nationalen Vergleich unterdurchschnittlich: Holz (Ö: 0,767; NÖ: 0,747), Metall (1,075; 1,032), Nahrungsmittel (0,696; 0,643), Chemie (0,842; 0,782) und Textilien (0,942; 0,812).

Insgesamt ist festzustellen, dass es bei einer Betrachtung über alle Branchen hinweg sowohl in Niederösterreich als auch in Österreich tendenziell zu einem Rückgang der (preislich bewerteten, nicht der technischen) Materialeffizienz gekommen ist. Die einzige Ausnahme stellt hier die Textilindustrie in Niederösterreich dar.

Den Abschluss der Studie bildet eine Reihe von Vorschlägen zur Förderung der Materialeffizienz insbesondere auf der Ebene der KMU. Dazu gehört unter anderem die Ausbildung von Materialberatern (eventuell in Form eines modifizierten Innovationsassistenten), die Unternehmen materialintensiver Kernbranchen Beratungsdienste im Hinblick auf eine Erhöhung der Materialeffizienz anbieten.

Insoweit hierzu eine stärkere (infra)strukturelle Vernetzung erforderlich ist, könnte eine Ausschreibung für die Koordination und das Management eines Materialeffizienz-Netzwerkes für bestimmte Branchen und die Bereitstellung von entsprechendem fachlichen Know-how in Betracht gezogen werden.

Für das Chemikalienmanagement wird ein Entwicklungsprogramm für Dienstleister angeregt, die (ergänzend zu den Entsorgungs-Unternehmen) vorgelagertes Chemikalien-Management betreiben.

Die Entwicklung eines Internet-Tools zur Materialeffizienz dürfte die Kommunikation mit und zwischen KMU erleichtern.

Um die Thematik der Materialeffizienz in weiteren Teilen der Bevölkerung zu verankern, könnte neben einer Potenzialanalyse über alle Branchen hinweg auch eine allgemeine Informationskampagne zur Materialeffizienz in Betracht kommen

## 11 Literatur

ADL (Little, A.D.) / Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung / Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2005) „Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in mittelständischen Unternehmen“, Abschlussbericht.

Allwood, J.M., Ashby, M.F., Gutowski, T.G. und E. Worrell (2011) „Material efficiency: A white paper“, *Resources, Conservation and Recycling*, 55, 362-381.

Blaeser-Benfer, A. (2010) „Mit Materialeffizienz gewinnen – Kosten senken und Rendite erhöhen“, Faktenblatt 8/2010 des RKW Rationalisierungs- und Innovationszentrums der Deutschen Wirtschaft.

Brüggemann, A. (2009) „Materialeffizienz in Unternehmen birgt großes Kostensenkungspotenzial“, KfW-Research, Akzente, Nr. 15.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2011) „Indikatoren-Bericht für das Monitoring Nachhaltiger Entwicklung (MONE)“.

Clough, R. W. (1960) „The finite element method in plane stress analysis“.

Faulstich, M., Leipprand, A., Mocker, M., Lauber, U., Brüggemann, A. und T. Wied (2009) „Perspektive Zukunftsfähigkeit: Steigerung der Rohstoff- und Materialeffizienz“, KfW-Research.

Faulstich, M., Leipprand, A. und M. Mocker (2009) „Strategieelemente zur Steigerung der Ressourceneffizienz“, in: Faulstich et al. (2009) „Perspektive Zukunftsfähigkeit: Steigerung der Rohstoff- und Materialeffizienz“, KfW-Research, 9-32.

Franz, K.-P., P. Kajüter (2002) „Proaktives Kostenmanagement“, in Kostenmanagement.

Frondel, M. und C.M. Schmidt (2007) „Von der baldigen Erschöpfung der Rohstoffe und anderen Märchen“, RWI Positionen, Nr. 19.

Kajüter, P. (2000) „Proaktives Kostenmanagement“.

KOM (2011) 25 „Grundstoffmärkte und Rohstoffe: Herausforderungen und Lösungsansätze“, Mitteilung der Europäischen Kommission

Kristof, K. und P. Hennicke (2010) „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRess) Projekt-Endbericht, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.

Lauber, U. (2009) „Gesamtwirtschaftlicher Rohstoff- und Materialeinsatz in Deutschland“, in: Faulstich et al. (2009) „Perspektive Zukunftsfähigkeit: Steigerung der Rohstoff- und Materialeffizienz“, KfW-Research, 53-78.

Little, A. D. (2004) „Methoden zur Nutzung rentabler Material- und Energieeinsparpotenziale“, Fachgespräch Materialeffizienz, 16.11.2004.

Schöler & Partner – Unternehmensberatung: „Eine Einführung in das Kostenmanagement und Vorgehensweise beim Design to Cost“ unter <http://www.wertanalyse-value.de> (abgerufen am 6.02.12).

Schreuer (2006), Reduktion des Ressourcenverbrauchs: Von der Vision zur Praxis. SERI Background Paper Nr. 8.

SMART Engineering: „FEM Berechnungen und Software für Ihre Produktentwicklung“ unter <http://www.smart-fem.de/fem.html> (abgerufen am 7.02.12).

Statistik Austria (2007) „Materialflussrechnung, Inputreihe 1960-2005“.

Stocker et al. (2007) „Wachstums-, Beschäftigungs-, und Umweltwirkungen von Ressourceneinsparungen in Österreich“, SERI Studies, Nr. 7.

Wied, T. und A. Brüggemann (2009) „Material- und Rohstoffeffizienz in Unternehmen“, in: Faulstich et al. (2009) „Perspektive Zukunftsfähigkeit: Steigerung der Rohstoff- und Materialeffizienz“, KfW-Research, 33-51.

Wuppertal-Institut (2006) „Ressourceneffizienz – Eine Herausforderung für Politik und Wirtschaft“, Hintergrundpapier zur Tagung `Ressourceneffizienz – Innovationen für Umwelt und Arbeitsplätze` des Bundesumweltministeriums (D) und der IG Metall, Berlin.

## Anhang: Beispiele von Internet-Tools

### (1) Business Resource Intensity Index (BRIX)

Dieser Index wurde im Rahmen eines Projekts entwickelt, an dem verschiedene wissenschaftliche Institute und Unternehmen teilgenommen haben. Zu den wissenschaftlichen Partnern gehörten SERI, das Faktor 10 Institut, plenum, das ÖIN und das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Unternehmenspartner waren die Lenzing AG, die Rhomborg Bau GmbH und die Grüne Erde GmbH.

Hauptziel des Projektes war es, einen ressourcenbasierten Index zu entwickeln, der es Unternehmen ermöglicht, den Ressourcenverbrauch und die Ökoeffizienz ihrer Standorte sowie ihrer Produkte und Dienstleistungen zu messen und zu optimieren.

Detaillierte Ziele des BRIX-Projekts: Harmonisierung verschiedener methodischer Ansätze, Verbesserung der Datenverfügbarkeit und Datenqualität, Integration verschiedener Methoden in einen Index (BRIX), Entwicklung eines computergestützten Berechnungstools (BRIX-Tool), Test und Implementierung des Tools in den drei Unternehmen.

Das BRIX-Tool kann anhand eines Beispiels mit eingeschränkter Funktionalität auf der Webseite des BRIX-Projekts getestet werden.

<http://www.brix-index.net/>

### (2) Deutsche Materialeffizienzagentur: demea-Selbstcheck

Dieses Internet-Tool wird auf der Website der Deutschen Materialeffizienzagentur (demea: <http://www.demea.de/>) für Unternehmen als sogenannter Selbstcheck zur Verfügung gestellt. Der Selbstcheck-Prototyp wurde von der imu Augsburg GmbH & CO KG zusammen mit dem Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie „Entwicklung von Frühwarnindikatoren für die Bewertung materialintensiver Prozesse in KMU des verarbeitenden Gewerbes hinsichtlich ihrer Effizienz“ im Auftrag des Bundesministeriums (D) für Wirtschaft und Technologie entwickelt.

Der Selbstcheck kann sowohl online als auch in einer Offline-Version verwendet werden.

<http://www.materialeffizienz-selbstcheck.de/demea-selbstcheck>



---

Autoren: Raimund Alt, Helmut Berrer und Christian Helmenstein

Materialeffizienz in der niederösterreichischen Wirtschaft  
Projektbericht  
Research Report

© 2012 Economica Institut für Wirtschaftsforschung/Economica Institute of Economic Research.  
Schottenfeldgasse 29, A-1070 Wien • ☎ +43 676 3200-401 • [www.economica.at](http://www.economica.at)

---