

# Material-effizienz und versorgungskritische Materialien in der produzierenden Wirtschaft Bayerns

*Ein Leitfaden*



Die Projektkoordination und Durchführung erfolgte durch die bifa Umweltinstitut GmbH.



Die Papiertechnische Stiftung (PTS) war als Projektpartner in die Bearbeitung eingebunden.



Die Studie wurde durchgeführt im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie.

Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie



# Inhalt

1.	Materialeffizienz – lohnt sich das?	4
2.	Versorgungskritische Materialien – was ist das?	5
3.	Versorgungskritische Materialien – ein Thema für Bayern?	6
4.	Materialverluste und Einsparpotenziale für wichtige Einsatzfelder	10
4.1	Einsatzfeld hochwertige Legierungsmetalle	10
4.2	Einsatzfeld Konstruktionsmetalle niedriger Dichte	16
4.3	Einsatzfeld nachwachsende Rohstoffe am Beispiel Papier	22
4.4	Einsatzfeld Gewürzmetalle	28
4.5	Einsatzfeld Pigmente, Farben, Lacke	30
4.6	Einsatzfeld Katalysatoren	32
5.	Wie können Einsparpotenziale erschlossen werden?	34
6.	Welche Barrieren gibt es?	36
7.	Welche Unterstützung gibt es für bayerische Unternehmen?	38
8.	Materialeffizienz – was tun?	42
8.1	Grundlegende Maßnahmen	42
8.2	Die hohe Schule der Materialeffizienz	43
9.	Fazit	44
	Weitere Informationen	45
	Literatur	46

# 1. Materialeffizienz – lohnt sich das?

## Verschiedene Facetten durchleuchten

Die Materialkosten sind für viele produzierende Unternehmen höher als die Personalkosten. Vor allem die Rohstoffpreise können sehr schnell auf ein kritisches Niveau steigen, wie die Jahre 2007 und 2008 gezeigt haben. Auch ein zeitlich begrenzter Preisanstieg kann Unternehmen zu Fall bringen. Das strategische Risiko ist also erheblich. Ein Weg zur dauerhaften Kostenminderung ist die Verbesserung der Materialeffizienz.

### Materialeffizienz – was ist das?

Materialeffizienz ist eine Strategie zur Reduzierung des Materialverbrauchs: Das gleiche Ergebnis soll mit weniger Material erzielt werden. Die Maßnahmen hierzu reichen von Material sparenden Fertigungsverfahren bis zur verbesserten Produktkonstruktion, von der Mitarbeiterschulung bis zur Kooperation mit Zulieferern und Kunden.

### Material sparen – das machen wir doch immer schon

Wissen Sie denn tatsächlich wo und warum Ihre Materialverluste genau anfallen und wie groß sie sind? Sind Sie sicher, dass Sie keine neuen Ideen finden, wenn Sie auch einmal mit externen Kennern der Materie über das Thema reden? Fakt ist: Viele Unternehmen, die sich intensiv mit Materialeffizienz befasst haben, sagen, dass es immer etwas zu verbessern gibt und dass es wichtig ist, nicht damit aufzuhören.

### Unsere Materialkosten sind nicht so hoch – das lohnt sich nicht

Gilt das auch, wenn Sie den Kostenrucksack Ihrer Materialabfälle berücksichtigen? Mit einem fehlerhaften Zwischenprodukt verlieren Sie auch die zu seiner Herstellung investierten Personal- und Sachkosten vom Einkauf des Materials über die Vorbehandlung bis hin zum fehlerhaften Bearbeitungsschritt. Und wenn Sie das Material zum Recycling geben, bekommen Sie deutlich weniger Geld dafür als Sie im Einkauf gezahlt haben.

### Wir sind Lohnfertiger und haben sowieso keinen Einfluss

Lohnfertiger haben begrenzte Handlungsspielräume. Aber auch sie können Fehlerquoten senken, Fertigungsverfahren verbessern, Vorprodukte gezielter einkaufen oder auch einmal gemeinsam mit ihren Lieferanten oder Kunden überlegen, wie der Materialverbrauch vermindert werden könnte.

### Die Konkurrenten haben mit dem Preisanstieg genauso zu kämpfen wie wir

Das ist richtig. Wenn aber die Konkurrenten ihre Materialeffizienz verbessern, haben sie niedrigere Kosten und ein geringeres Preisrisiko. Damit haben sie einen Wettbewerbsvorteil gegenüber Unternehmen, die das Thema vernachlässigt haben.

### Materialeffizienz lohnt sich

Materialeinsparung führt zur Ertragssteigerung: Wenn 1 % der Betriebskosten vermieden werden, steigt auch der Gewinn etwa um 1 %, also z.B. von 2 auf 3 %. Anfänglich wird häufig die Überzeugung geäußert, „man tue schon alles, was möglich sei“. Dennoch finden sich bei systematischer Analyse fast immer Ansätze, um noch besser zu werden. Nur wer seine Spielräume kennt, kann beurteilen, ob es sich lohnt, sie zu nutzen.

Die in dieser Broschüre dargestellten Ergebnisse beruhen auf umfangreichen Literaturanalysen, statistischen Daten, 40 ausführlichen Interviews sowie zwei Gruppendiskussionen mit Praktikern aus Unternehmen und Experten aus Forschung und Beratung.

„Die Rationalisierungen in den nächsten 10, 20 Jahren werden in der Materialeffizienz liegen und nicht mehr in der Reduzierung der Arbeitszeit pro gefertigter Einheit. Denn wenn ich schon vollautomatisch bin, dann bin ich vollautomatisch, dann kann ich nichts mehr wegrationalisieren.“ (Interview)

## 2. Versorgungskritische Materialien – was ist das?

### Rohstoffknappheit kann viele Ursachen haben

**Rohstoffe können zur Neige gehen:** Metalle sind chemische Elemente. Sie werden beim Einsatz nicht zerstört, sondern allenfalls in der Umwelt verteilt. Wir werden wohl immer in der Lage sein, Metalle zu gewinnen. Aber die Vorkommen werden immer ärmer und die Gewinnung immer aufwändiger. Fossile Energieträger, wie Kohle oder Erdöl, werden hingegen zum größten Teil zur Energieerzeugung verbrannt und dabei zerstört. Ihre Mengen nehmen also tatsächlich ab.

**Rohstoffe können aus sehr wenigen Regionen kommen:** Die Lieferung kann dann plötzlich unterbrochen werden, etwa durch Streiks, Naturkatastrophen oder kriegerische Auseinandersetzungen. Zudem können diese Regionen ihre Rohstoffe für den Weltmarkt durch Zölle oder Exportbeschränkungen verteuern und ihren heimischen Unternehmen so erhebliche Preisvorteile verschaffen.

**Rohstoffe können von nur wenigen Unternehmen gewonnen werden:** In solchen monopolartigen Strukturen, haben diese Unternehmen die Möglichkeit, Mengen gezielt zu verknappen und so die Preise zu beeinflussen.

**Der Verbrauch an Rohstoffen kann schneller steigen als neue Abbauprojekte realisiert werden:** Die schnelle Verbreitung neuer Technologien oder rasantes Wirtschaftswachstum, etwa in großen Schwellenländern, können zu einem plötzlichen Verbrauchsanstieg führen. Aufbau und Inbetriebnahme neuer Abbauprojekte können damit aufgrund ihres hohen Zeitbedarfs nicht immer Schritt halten.

**Rohstoffpreise können durch Spekulation überteuert werden:** Marktbedingte Preisanstiege werden durch Spekulation oft zusätzlich verstärkt.

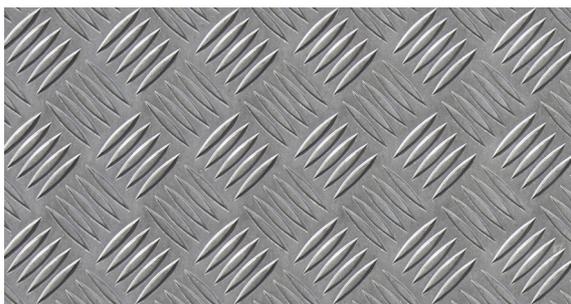
**Rohstofffördermengen können von der Gewinnung anderer Rohstoffe abhängen:** Einige Materialien können nur als Nebenprodukt eines anderen Rohstoffs wirtschaftlich gewonnen werden. Die am Markt verfügbare Menge dieser Nebenprodukte ist dann durch die Abbaumenge des anderen Rohstoffs begrenzt. Steigt die Nachfrage nach dem Nebenprodukt deutlich stärker als die nach dem Hauptprodukt, kann es zu Engpässen kommen.

**Rohstoffe können durch steigende Energiepreise teurer werden:** Energie ist der zentrale Kostentreiber für die Herstellung einiger Materialien. Die Preise solcher Rohstoffe folgen daher der Entwicklung der Energiepreise.

**Auch nachwachsende Rohstoffe sind begrenzt:** Nachwachsende Rohstoffe wie Holz sind zwar erneuerbar, auf gegebenen Anbauflächen können aber nur begrenzte Mengen davon erzeugt werden. Gleichzeitig wächst der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen zur Energieerzeugung.

#### Vor allem Hochpreisphasen bergen Risiken

Preisanstiege und Versorgungsengpässe treten aufgrund dieser Effekte meist nur vorübergehend auf. Hochpreisphasen können aber mehrere Jahre dauern und Unternehmen in große Schwierigkeiten bringen. Zudem können sie für ganze Wertschöpfungsketten kritisch werden.



Im Aufschwung Ende der 1980er Jahre stieg der Aluminiumpreis um über 100%.



Das in Flachbildschirmen verwendete Indium wird als Nebenprodukt der Blei-Zink-Produktion gewonnen.

# 3. Versorgungskritische Materialien – ein Thema für Bayern?

Diese Untersuchung befasste sich mit einer Auswahl versorgungskritischer Materialien. Ausgangspunkt für die Auswahl bildeten die Studie „Kritische Rohstoffe für Deutschland“ (IZT & adelphi 2011) und die vbw-Veröffentlichung „Rohstoffsituation Bayern – keine Zukunft ohne Rohstoffe“ (iw Consult 2011). Zur Analyse wurden die in mindestens einer der Studien als besonders kritisch eingestuften Materialien ausgewählt.

Zusätzlich werden folgende Materialien berücksichtigt, um exemplarisch weitere wichtige Aspekte des Themas anzusprechen:

**Aluminium:** Die Kritikalität von Aluminium wurde in den Studien als eher gering eingestuft. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind aber auch solche Materialien versorgungskritisch, die sich durch Kostenrisiken und große Einsatzmengen in bestimmten Branchen auszeichnen. Der hohe Energieaufwand zur Aluminium- Erzeugung dürfte künftig ein erhebliches Kostenrisiko darstellen.

**Holz:** Als Beispiel für nachwachsende Rohstoffe wurde der Einsatz von Holz in der papiererzeugenden und –

verarbeitenden Industrie untersucht. Auch erneuerbare Rohstoffe wie Holz können auf gegebenen Anbauflächen nur in begrenzter Menge erzeugt werden. Zudem wird in den Industrieländern immer mehr Holz zur Energieerzeugung eingesetzt. Diese Nutzungskonkurrenz reduziert die Verfügbarkeit für die stoffliche Nutzung. Auch der wachsende Anteil an Buchenwald führt zu fallendem Angebot an Holz, das für die stoffliche Nutzung geeignet ist. Zudem ist Altpapier inzwischen ein stark nachgefragter und in der Menge begrenzter Rohstoff für die Papierindustrie.

Fossile Rohstoffe wurden nicht betrachtet, da hierzu bereits zahlreiche Studien vorliegen.

### Viele Materialien können versorgungskritisch sein

Über die hier dargestellten Materialien hinaus können auch andere Materialien in bestimmten Bereichen versorgungskritisch sein. So kam es im Falle von Tantal jüngst zu einem heftigen Preisanstieg aufgrund von Importbeschränkungen der USA für Tantal aus Krisengebieten (sog. Dodd Frank Act).

Erläuterungen zu den Angaben auf den folgenden Seiten:

Bewertung in IZT & adelphi 2011	Kritikalitätszone laut Studie n.b.: nicht bewertet	V u. VI	IV	I, II, III
Bewertung in iw consult 2011	Risikoklasse laut Studie n.b.: nicht bewertet	hoch	mittel	niedrig
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	Steigerung Produktionsmenge 2007- 2011 gegenüber 1997- 2001; eigene Analyse auf Basis von: USGS Mineral Commodity Summaries; für Holz: FAOSTAT 2013	>100	50-100	<50
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	eigene Abschätzung auf Basis von: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung 2011 und: Critical raw materials for the EU (EU 2010)	>300	100-300	<100
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	eigene Abschätzung auf Basis von: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung 2011	>5	1-5	<1
Versorgungskritisch weil	Recycling: Recycling nach Gebrauch der Produkte; Reserven/Produktion: Verhältnis weltweite Reserven zu jährlicher Produktionsmenge (bei kleinen Werten und zu langsamem Aufbau neuer Bergbauprojekte drohen Versorgungsengpässe)			
Wichtige Einsatzbereiche in Bayern	Beispielhafte Einsatzbereiche auf Basis von: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung 2011 und Critical raw materials for the EU (EU 2010)			

Die Bedeutung für Bayern kann auf Basis der vorhandenen Daten nur abgeschätzt werden. In welchem Umfange Unternehmen für die eigene Produktion die Materialien selbst einsetzen oder als Bestandteil von Halbzeugen oder von komplexeren Vorprodukten ist nur begrenzt einschätzbar.

## Aluminium

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
Preisrisiko da oft hoher Anteil am Produktwert und energieintensiv

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Aluminiumhalbzeuge; Bau- und Konstruktionselemente; Ausbauelemente; Erzeugnisse der Leichtmetallgießereien; Karosserie, Aufbauten und Anhänger; Luft- und Raumfahrzeuge

## Bismut

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	n.b.
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
ca. 80 % der Reserven in China und Peru; Gewinnung nur als Nebenprodukt

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Dauermagnete; keramische Waren für technische Zwecke

## Gallium

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil China 75%; schlecht substituierbar; Gewinnung nur als Nebenprodukt; kein Recycling

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Leuchtdioden; Solarzellen; Prozessoren und integrierte Schaltungen; Spektrometer, Photometer etc.

## Graphit

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil China ca. 70%; kaum Recycling

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Elektromotoren, Generatoren, Transformatoren; Akkumulatoren; Blei- und Zeichenstifte; Elektroden für Öfen; Schmiermittel

## Antimon

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	n.b.
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil China ca. 90 %; im Haupteinsatzbereich kaum substituierbar; kaum Recycling; überwiegend fein verteilte Anwendung; Reserven / Produktion <20 Jahre

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Flammschutzmittel für Kunststoffe; Blei-Akkumulatoren; Glaswaren

## Chrom

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
in den meisten Anwendungen nicht substituierbar; ca.90 % der Reserven in Kasachstan und Südafrika; Reserven / Produktion <20 Jahre

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Stahl und Ferrolegierungen; Stahlrohre; Blechformteile; Lager, Getriebe, Zahnräder, Antriebsselemente; Karosserien, Aufbauten und Anhänger

## Germanium

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil China 71%; Gewinnung fast nur als Nebenprodukt; schlecht substituierbar; kein Recycling; Reserven / Produktion <20 Jahre

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Glasfaserkabel; LED

## Holz

Bewertung in IZT & adelphi Studie	n.b.
Bewertung in iw consult 2011	n.b.
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
weltweit zunehmender Einsatz als Energieträger; in Papier nicht substituierbar

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Papier, Pappe und Waren daraus; Konstruktionsteile, Ausbauelemente und Fertigbauteile; Möbel

### Indium

Bewertung in IZT & adelphi Studie	Red
Bewertung in iw consult 2011	Red
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	Red
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	Green
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	Green

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil China ca. 80%; in vielen Anwendungen kaum substituierbar; Reserven / Produktion <20 Jahre

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
veredeltes Flachglas; Leuchtdioden; LED

### Lithium

Bewertung in IZT & adelphi Studie	Yellow
Bewertung in iw consult 2011	Red
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	Yellow
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	Yellow
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	Yellow

**Versorgungskritisch weil:**  
in wichtigen Anwendungen kaum substituierbar; kein Recycling

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
veredeltes und bearbeitetes Flachglas; Keramik; Aluminium und -Halbzeuge; Akkumulatoren

### Molybdän

Bewertung in IZT & adelphi Studie	Yellow
Bewertung in iw consult 2011	Red
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	Red
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	Green
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	Yellow

**Versorgungskritisch weil:**  
in wichtigen Anwendungen schwer substituierbar

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Lager, Getriebe, Zahnräder und Antriebsselemente; Stahlrohre; Aufhängungen

### Palladium

Bewertung in IZT & adelphi Studie	Red
Bewertung in iw consult 2011	Red
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	Green
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	Green
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	Yellow

**Versorgungskritisch weil:**  
in wichtigen Einsatzbereichen außer durch andere Platingruppenmetalle kaum substituierbar

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Katalysatoren; elektronische Bauelemente

### Kobalt

Bewertung in IZT & adelphi Studie	Yellow
Bewertung in iw consult 2011	Red
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	Red
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	Green
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	Green

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil Demokratische Rep. Kongo ca. 50%; kaum substituierbar; Gewinnung überwiegend als Nebenprodukt

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Werkzeuge aus gesinterterem Hartmetall; Teile für Dampf- und Gasturbinen; Akkumulatoren; Dauermagnete

### Magnesium

Bewertung in IZT & adelphi Studie	Green
Bewertung in iw consult 2011	Red
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	Yellow
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	Yellow
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	Red

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil China ca. 90%; in einigen Anwendungen schwer substituierbar

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Aluminium und -Halbzeuge; Erzeugnisse der Leichtmetallgießereien; Bau- und Konstruktionselemente; Luft- und Raumfahrzeuge; Kraftwagen und -motoren

### Niob

Bewertung in IZT & adelphi Studie	Red
Bewertung in iw consult 2011	Red
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	Red
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	Green
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	Green

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil Brasilien ca. 90%; in wichtigen Anwendungen schwer substituierbar

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Teile für Dampf- und Gasturbinen; Kraftwagen und -Motoren

### Platin

Bewertung in IZT & adelphi Studie	Yellow
Bewertung in iw consult 2011	Red
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	Green
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	Green
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	Yellow

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil Südafrika ca. 80%; in wichtigen Einsatzbereichen außer durch andere Platingruppenmetalle kaum substituierbar

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
metallischer Überzug; Katalysatoren; elektronische Bauelemente

### Rhenium

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	n.b.
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil Chile ca. 50%; in wichtigen Anwendungen kaum substituierbar

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Teile für Dampf- und Gasturbinen; Teile für medizinische Apparate

### Silber

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
in wichtigen Anwendungen schwer substituierbar; Gewinnung überwiegend als Nebenprodukt; Reserven / Produktion <20 Jahre

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
metallische Überzüge; bestückte Leiterplatten; Schmuck, Silberschmiedewaren; Essbestecke; Spiegel; Münzen

### Zinn

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
in wichtigen Anwendungen schwer substituierbar; Reserven / Produktion <20 Jahre

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
veredeltes und bearbeitetes Flachglas; bestückte Leiterplatten; Fenster und Rohre aus PVC; Buntmetallgussprodukte

### Seltenerdmetalle

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil China ca. 95%; in wichtigen Anwendungen schwer substituierbar; nahezu kein Recycling

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Leuchtstofflampen; Elektromotoren, Generatoren, Transformatoren; Glas und Glaswaren; Laser; Dauermagnete; Akkumulatoren

### Wolfram

Bewertung in IZT & adelphi Studie	
Bewertung in iw consult 2011	
Entwicklung Verbrauch weltweit (%)	
Bedeutung für Bayern (Zahl Unternehmen)	
Bedeutung für Bayern (Umsatz, Mrd. €)	

**Versorgungskritisch weil:**  
Marktanteil China ca. 80%; in wichtigen Anwendungen schwer substituierbar

**Wichtige Einsatzbereiche in Bayern:**  
Werkzeuge aus gesintertem Hartmetall; Teile für medizinische Apparate

# 4. Materialverluste und Einsparpotenziale für wichtige Einsatzfelder

## 4.1 Einsatzfeld hochwertige Legierungsmetalle

### Kritische Materialien und Materialbedarfe

#### Versorgungskritische Materialien:

Chrom, Kobalt, Niob, Molybdän, Zinn, Wolfram, Rhenium

Die Eigenschaften von Metallegierungen sind oft entscheidend für die Funktion der Endprodukte. Je nach Einsatzzweck und Anforderung an das Material können sie unterschiedlichste Legierungselemente enthalten. Einzelne Metalle sind dabei häufig nur schwer ersetzbar. In Deutschland findet seit 2002 kein Abbau von Metall-

erzen mehr statt (USGS 2010). Deshalb wird ein Teil des Bedarfs an Legierungsmetallen durch den Import von Erz und Metall, der restliche Bedarf durch Recycling gedeckt. In der folgenden Tabelle sind die für Bayern bedeutendsten Produktgruppen aufgeführt, in denen die ausgewählten versorgungskritischen Legierungselemente verwendet werden. Zu diese Einsatzbereichen sind der im Jahr 2011 produzierte Warenwert und die Anzahl der bayerischen Unternehmen angegeben, die diese Produktgruppen herstellen.

Produktgruppe	Produzierter Warenwert (Mio. €)	Anzahl Unternehmen
Blechformteile aus Stahl	1.264	≥ 49
Lager, Getriebe, Zahnräder und Antriebselemente	4.512	61
Karosserien, Aufbauten und Anhänger	1.780	68
Buntmetallgussprodukte	≥ 48	18
Werkzeuge aus gesintertem Hartmetall	≥ 79	n.b.
Teile für Dampfturbinen	150	6
Teile für Gasturbinen	4	3

n.b.: nicht bekannt (in der Regel wegen geringer Zahl an Unternehmen)

Auf den folgenden Seiten werden beispielhaft die Prozesse zur Herstellung von Blechformteilen sowie von Hartmetallwerkzeugen dargestellt.

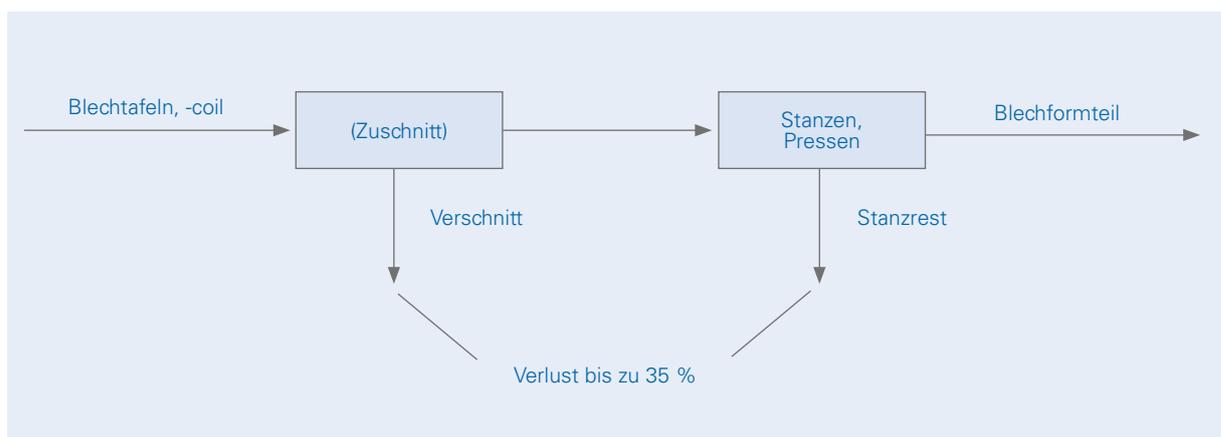


## Produktbeispiele und typische Materialverluste

Bei der Produktion von **Blechformteilen** hängt es von der Geometrie der ausgestanzten Blechteile ab, wie hoch der Stanzrest ausfällt. Unabhängig davon, ob das Material vom Band (Blechcoil) kommt oder aus Tafeln gestanzt wird, fällt der Verschnitt in aller Regel deutlich geringer aus als der Stanzrest.

Die Verluste können, je nach Produkt, sehr unterschiedlich sein. So reichten die Einschätzungen der Befragten bis zu durchschnittlich 35 %.

Verringert werden können diese Anteile durch Kombination mehrerer Aufträge und den Einsatz von sog. Verschachtelungssoftware, wodurch die Materialausnutzung durch optimierte geometrische Anordnung der Blechausschnitte verbessert wird. Für einige Anwendungen kann der Verschnitt im Randbereich der Bleche durch die Verwendung zugeschnittener Blechtafeln verringert werden.

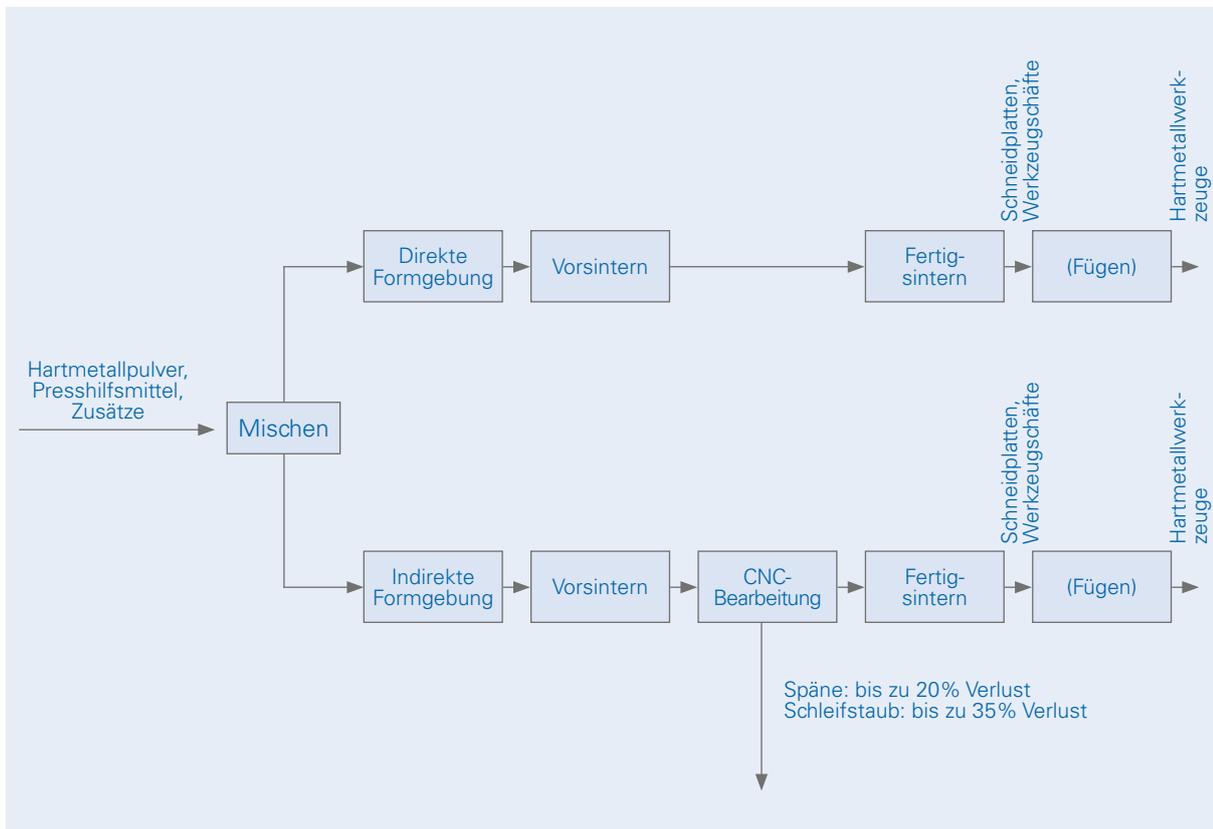


Herstellung von Blechformteilen (Prozentangaben sind Anhaltswerte)

Zur Produktion von **Hartmetallwerkzeugen** werden zwei konkurrierende Verfahren eingesetzt. Es wird zwischen der direkten und indirekten Formgebung unterschieden. Ausgangspunkt für beide Herstellungsarten ist die Mischung von Hartmetallpulvern, Presshilfsmitteln und weiteren Zusätzen. Das erzeugte pressfähige Gemisch geht in der direkten Formgebung zunächst

zum Vorsintern und im Anschluss zum Fertigsintern. Für komplexere Formen wird bei der indirekten Formgebung anschließend eine spanende Bearbeitung durch CNC-Maschinen notwendig, wobei ein Verlust an Hartmetall auftritt. Bei beiden Herstellungsarten wird das Zwischenprodukt fertig gesintert.

„Das geht von fast nichts bis zu sehr hohem Verschnitt - völlig unterschiedlich. Es gibt [...] Stanzteile, die sind sehr verschnittarm, weil die einfach schon daraufhin konstruiert sind, dass da möglichst wenig Verschnitt rauskommt, weil es natürlich bei einer hohen Stückzahl Sinn macht, Material einzusparen. Bei irgendwelchen anderen Sonderteilen [...] haben Sie aber vielleicht 90 % Verschnitt. Das ist ganz schwer zu kategorisieren. Wenn ich den Durchschnitt schätze, bei einem normalen Zuschnitt von Blechtafeln, liegt der um die 30 %.“ (Interview)



Herstellung von Hartmetallwerkzeugen (Prozentangaben sind Anhaltswerte)

Bei den befragten Hartmetallwerkzeugherstellern werden nur die CNC-Bearbeitung sowie Fügen und teilweise Beschichten durchgeführt. Die vorausgehenden Schritte finden bei den Hartmetallherstellern statt, bei denen auch das größte Einsparpotenzial gesehen wird.

Die Verluste bei den Werkzeugherstellern selbst wurden von den Befragten bei Spänen auf bis zu 20 % geschätzt. Beim Schleifstaub bewegen sich die Anteile je nach Werkzeug, das hergestellt wird, zwischen 3 und 35 %. Möglichkeiten, diese Verluste zu verringern, werden vor allem im Vorsintern der Rohlinge gesehen, was jedoch nach Aussage der Befragten eine Kosten- und Zeitfrage ist. Ausschuss, der durch den Bedarf von Einstellteilen entsteht, kann beispielsweise durch den Einsatz von Kunststoffrohlingen vermieden werden.



## Maßnahmen zur Materialeinsparung

### Analyse der Input- und Outputströme zur Verminderung von Verlusten aus der regulären Produktion:

Die Einschätzung der Einsparpotenziale fällt hier sehr unterschiedlich aus. In kleinen Betrieben scheinen entsprechende Strukturen aufgrund von Zeit- und Personalmangel oft zu fehlen. Für große Unternehmen ist hingegen die Erfassung des gesamten Prozesses vom

Angebot bis zur Auslieferung Standard. Besonders die Verminderung von Ausschuss hat meist oberste Priorität. Mit der Verkürzung der Prüfzyklen und der Einführung von Zwischenkontrollen bzw. „Quality Gates“ könne viel Material eingespart werden. Wichtig sind die Erfassung und Prüfung der Ausschussquoten.

„Man braucht eine vernünftige Datenbasis. Ohne Informationen fällt es einfach schwer, Entscheidungen zu treffen. Was meiner Meinung nach hilfreich ist, ist sich den Materialfluss durch das Unternehmen anzuschauen und ihn dann entsprechend zu steuern im Sinne eines Materialflussmanagements. Also nicht nur, dass das Material zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort ist, das ist in diesem Fall nicht so der Hauptaspekt, sondern sich einfach mal entlang seiner Fertigungskette anzuschauen, was denn mit seinem Material passiert.“ (Interview)

**Mehr und verbessertes Recycling:** Ansatzpunkte finden sich im Einsatz von Recyclingmaterial (z.B. für speziellen Recyclin-Produktlinien) und in der Wiederverwendung von Blechresten, die über ein systematisches Monitoring zudem noch wirksamer werden könne. Auch die externe Verwertung von Produktionsresten solle in Betracht gezogen werden. Denn wenn die eigenen Reste von anderen – auch branchenfremden – Unternehmen genutzt werden, werde der Produktionsrest nicht zu Schrott, sondern stehe weiterhin als Rohstoff zur Verfügung.

**Bessere Planung und Konstruktion:** Der Verbesserung der Planung werden die größten Einsparpotenziale zugeschrieben. Mit einer softwaregestützten Kombination von Aufträgen („Verschachtelungssoftware“) benötige man weniger Rüstvorgänge und reduziere man den Verschchnitt deutlich. Es müsse aber immer ein Kompromiss zwischen dem optimalen Fertigungsdurchlauf und der termingerechten Belieferung der Kunden gefunden werden. Wichtig sei es, Materialeffizienz als Entwicklungsziel zu formulieren. Das größere Zeitaufwand für Planung und Konstruktion führe zu effizienteren Produkten. Deshalb müsse Materialeffizienz bereits bei der Produktentwicklung ins Lastenheft aufgenommen werden.

„Von zehn Entwicklungen ist bei neun Materialeffizienz überhaupt kein Thema, unserer Erfahrung nach. Wenn ich aber neue Produkte kreiere, dann ist es ganz wichtig, dass die Materialeffizienz auch im Lastenheft drinsteht.“ (Interview)

Im Bereich der Blechbearbeitung ist die Verringerung von Wandstärken eine Weg, Materialeffizienz zu steigern. Durch dreidimensionale Verformung der Bleche oder Einbringen von Vertiefungen, Sicken und Versteifungen kann ein dünneres Material eingesetzt werden. Bereits während der Konstruktion müssten zudem Qualitätssicherungswerkzeuge, wie z.B. das Poka

Yoke – Prinzip angewendet werden. Dieses beinhaltet technische Vorkehrungen, die qualitativen Fehlern im Fertigungsprozess vorbeugen. Auch seien schon während der Entwicklung der Einkauf und die Fertigung einzubinden („Simultaneous Engineering“), um das vorhandene Wissen zu nutzen und die Anforderungen dieser Bereiche aufeinander abzustimmen.

„Dass man nicht entwickelt, dann übergibt man die Zeichnungen an die Fertigung und dann können die sich einen Kopf machen. Es ist wichtig, frühzeitig miteinander zu kooperieren. Dafür muss man versuchen, das ursprüngliche Organigramm, das verrichtungsbezogen aufgebaut ist, dahingehend aufzulösen, dass man eine Matrixstruktur bekommt und man das Ganze in Prozessen strukturiert.“ (Interview)

**Intensivere und frühzeitige Kommunikation mit Kunden und Zulieferern:** Neben einer verbesserten betriebsinternen Kommunikation erscheint auch der Austausch mit Kunden bereits während der Produktentwicklung als Schlüssel zur Steigerung der Materialeffizienz. Auch die Klassifizierung von Lieferanten und der Aufbau längerfristiger Partnerschaften sei wichtig, um gemeinsame Spezifikationen bezüglich Qualität und notwendiger Messungen erarbeiten zu können.

„In der Entwicklung, sagt man heute, werden 90 % der Produktkosten gemacht. Das heißt, wenn ich im Konzept falsch liege, dann kriege ich das nachher nicht mehr geradegebogen.“ (Interview)

**Bessere Maschinen und andere Be- und Verarbeitungsverfahren:** Wichtig ist es den Befragten zufolge, in neue Maschinen zu investieren um auf dem aktuellen Stand der Technik zu sein. Dies geschehe aber schon, um im Wettbewerb bestehen zu können. Wirtschaftliche Lösungen, um Zeit und Material einzusparen, sind in der Blechbearbeitung der Einsatz von Wasserstrahlschneidern und Laserschneidmaschinen oder Stanzmaschinen, die restgitterfrei arbeiten. Mithilfe neuer Biegemaschinen werden durch Winkelüberwachung weniger Einstellteile benötigt. Bei der Reduzierung von Verlusten beim Schleifen und Abspannen können das Vorsintern von Grünlingen und die Optimierung von Schmiedeprozessen helfen. Auch der Einsatz von Simulationsprogrammen für Schleifprozesse sei eine wichtige Möglichkeit, um zeit- und materialeffizienter zu arbeiten.

**Qualifizierung und Mitarbeiterbeteiligung:** Weiterbildung und interne Schulungen werden allgemein als wichtig zur Sensibilisierung der Mitarbeiter erachtet. Gerade im Bereich von Ausschussminimierung und Verschnittreduzierung müsse ein Bewusstsein für Material- und Produktionskosten geschaffen werden.

**Andere Materialien:** Die Substitution von Legierungselementen ist häufig nur mit Einbußen bei den Materialeigenschaften möglich. Zudem sind Alternativmetalle oft ebenfalls in ihrer Verfügbarkeit beschränkt.

In der Stahlproduktion ist Chrom zwar bisher nicht ersetzbar, jedoch gibt es für andere Legierungsbestandteile bei Stählen und Hartmetalllegierungen durchaus Alternativen, wie zum Beispiel:

Niob:	Molybdän, Vanadium, Tantal oder Titan
Kobalt:	Tantal oder Titan
Wolfram:	Molybdän oder Titan
Molybdän:	Chrom, Vanadium, Niob oder Bor Zur Erhöhung der Temperaturfestigkeit: Graphit, Wolfram oder Tantal

## Zwischenfazit

In hochwertigen Legierungen werden häufig versorgungskritische Materialien eingesetzt. Durch ihre Verwendung in zahlreichen technisch anspruchsvollen Produkten haben sie für Bayern große wirtschaftliche Bedeutung.

Durch den Einsatz von Stanz-, Dreh- und Zuschneideverfahren sind die Materialverluste in der Produktion meist erheblich. Die Materialreste werden nahezu vollständig dem Recycling zugeführt. Da die Schrottpreise aber weit unterhalb der Neuwarepreise liegen, sind alle Unternehmen bemüht, Materialverluste zu reduzieren. Die Handlungsspielräume zur weiteren Verbesserung der Materialeffizienz sind aufgrund der großen Vielfalt in den Produktdesigns und Produktionsverfahren, aber auch der Lieferantenvorgaben und der gefertigten Stückzahlen sehr unterschiedlich.

Maßnahmenoptionen finden sich im Bereich besserer Maschinen und neuer Be- und Verarbeitungsverfahren. Ihr Einsatz ist aber vor allem in kleineren Betrieben aus Wirtschaftlichkeitsgründen, zum Teil aber auch durch Kundenvorgaben limitiert. Weiterhin ist die Verminderung von Ausschuss durch intensivere Qualitätssicherung auch zwischen einzelnen Fertigungsschritten wichtig sowie vor allem in vielen kleineren Unternehmen die systematische Analyse der Materialströme. Eine bessere Planung der Produktion birgt ebenso Verbesserungspotenziale wie die Optimierung von Bestellprozessen und Lagerhaltung. Im Bereich Recycling werden unter anderem in der Verwendung von Blechresten oder einer besseren Sortentrennung noch gewisse Spielräume gesehen. Auch die optimierte Produktgestaltung bietet interessante Optionen, die jedoch häufig durch Kundenvorgaben limitiert sind. Vor allem haben

sich Materialeffizienzkriterien bei der Konstruktion grundsätzlich Sicherheits-, Funktions- und Kostenaspekten unterzuordnen. Gerade bei kleineren Stückzahlen ist der mögliche Konstruktionsaufwand aus Kosten- aber auch aus Zeitgründen zudem begrenzt.

Ob die Substitution durch andere Werkstoffe technisch, wirtschaftlich oder ökologisch vorteilhaft ist, muss für jedes Produkt separat bewertet werden. Vereinzelt werden durchaus Alternativen gesehen, limitierend wirken hier aber oft Kundenvorgaben und teilweise auch Normen. Dennoch sind bereits Substitutionsprozesse im Gange.



## 4.2 Einsatzfeld Konstruktionsmetalle niedriger Dichte

### Kritische Materialien und Materialbedarfe

#### Versorgungskritische Materialien:

Aluminium, Magnesium

Aluminium und Magnesium sowie ihre Legierungen werden vor allem wegen ihrer niedrigen Dichte als Konstruktionsmetalle eingesetzt. Im Jahr 2011 wurden in Bayern über 500.000 t Aluminium und Aluminiumhalb-

zeug hergestellt. 66 % davon waren Sekundäraluminium. Der bundesdeutsche Durchschnitt lag bei 60 %. Die folgende Aufstellung zeigt für Bayern den im Jahr 2011 produzierten Warenwert wichtiger Produktgruppen, in denen Aluminium und Magnesium als Konstruktionsmetalle eingesetzt werden, und die Anzahl der Unternehmen, die diese Produkte herstellten.

Produktgruppe	Produzierter Warenwert (Mio. €)	Anzahl Unternehmen
Aluminium und -halbzeuge (Primär- und Sekundäraluminium)	1.222	22
Leichtmetallgusserzeugnisse für Kfz	302	14
Bau- und Konstruktionselemente	1.234	≥ 38
Ausbauelemente aus Aluminium (Fenster, Rollläden, Türen, Tore)	323	≥ 59
Karosserien, Aufbauten und Anhänger	1.780	68
Fahrzeurückspiegel	258	7
Kraftwagen und -motoren	n.b.	17
Luft- und Raumfahrzeuge	5.218	30
Pulvermetallurgische Erzeugnisse aus NE-Metallpulvern	120	4
Fahrräder und Behindertenfahrzeuge	47	9

n.b.: nicht bekannt (in der Regel wegen geringer Zahl an Unternehmen)

Auf den nächsten Seiten wird beispielhaft die Herstellung von Aluminium und Aluminium-Halbzeugen, von Blechformteilen sowie von Strangpressprofilen aus Aluminium dargestellt.



## Produktbeispiele und typische Materialverluste

### Aluminium und Aluminium-Halbzeuge

Zur Herstellung von Primäraluminium wird zunächst aus Bauxit im Bayer-Verfahren Aluminiumoxid gewonnen. Je nach Herkunft des Bauxits liegt der Gewichtsanteil von Aluminiumoxid zwischen 37 und 59 %. Aus ca. 2 kg des gewonnenen Aluminiumoxids kann mit dem Hall-Héroult-Verfahren 1 kg Aluminium produziert werden.

Nach der Erzeugung liegt Aluminium in flüssiger Form vor, das vor allem zur Herstellung von Aluminium-Halb-

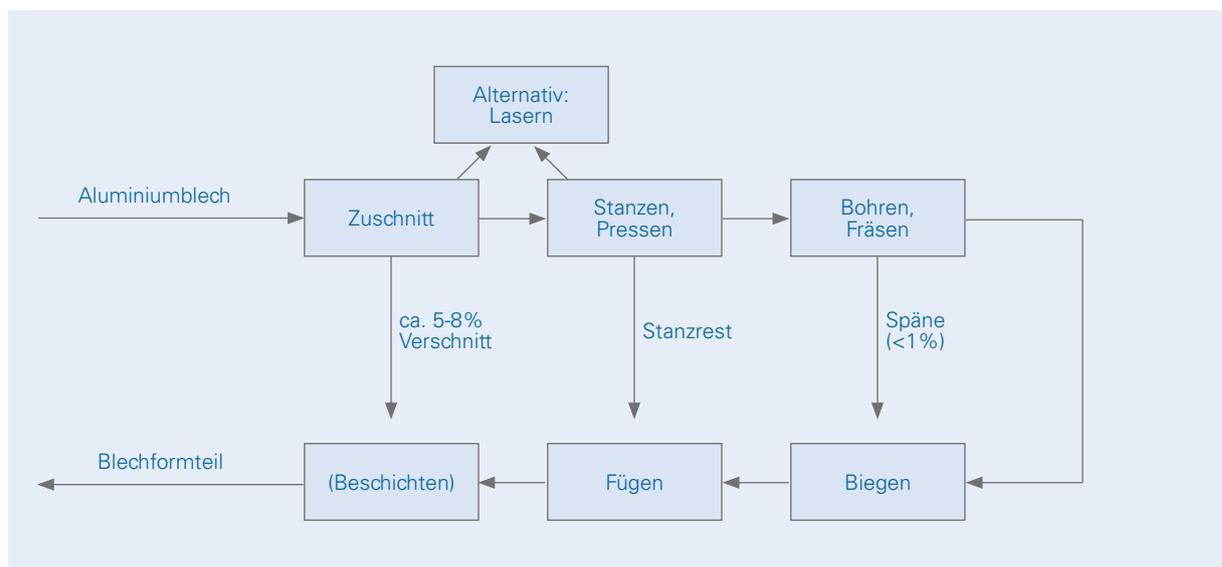
zeugen eingesetzt wird. Je nach Form der Halbzeuge fallen unterschiedliche Materialmengen als Reststoff an. Wird das Material in Barren gegossen, entstehen kaum Verluste. Wird das Aluminium zu Platten oder Blechen gewalzt, besteht die Notwendigkeit die Materialkanten zu besäumen. Dabei entstehen je nach Legierungseigenschaften unterschiedlich große Mengen an Verschnitt. Produktionsabfälle aus Primäraluminium können jedoch wieder in die Aluminiumschmelze zurückgeführt werden.

„Dieser Rundbarren hat 4 bis 6 m, je nach Presse, wird dann abgelängt auf Meterstücke, geht dann an die Matrizenpresse. Das letzte Stück vom Rundbarren darf nicht verpresst werden, denn wenn man das so weit verpresst, hätte man ein schlechtes Profil, auch Materialstreifen etc. Dann wird Block an Block gepresst, dieses Anschweißstück zwischendrin muss rausgeschnitten werden. Dann wird nach jedem Pressen zunächst geprüft: stimmen die Maße? Es gibt dann immer wieder Ausfälle, weil das Profil nicht richtig fließt oder es unterschiedlich schnell fließt. Da muss auch oft mal die komplette Pressung verworfen werden. Und da haben wir schon 20 bis 25 % Verlust. Darum haben wir auch eine eigene Umschmelze, um das wieder kostengünstig einzuschmelzen.“ (Interview)

### Blechformteile aus Aluminium

Bei der Herstellung von Produkten aus Leichtmetallprofilen und -blechen entstehen Verluste vor allem durch Verschnitt und die spanende Bearbeitung der Halbzeuge. Der Verschnitt bei der Blechverarbeitung wird von den befragten Unternehmen auf 5-8 % geschätzt und

damit bereits als sehr gering eingestuft. Je nach Produkt kann er natürlich auch deutlich höher liegen. Der Einsatz eines Lasers anstatt einer Schlagschere kann den Verschnitt reduzieren und eine bessere Ausnutzung des Blechs ermöglichen.



Herstellung von Aluminiumblechformteilen (Prozentangaben: typische Materialverluste ohne Ausschuss)

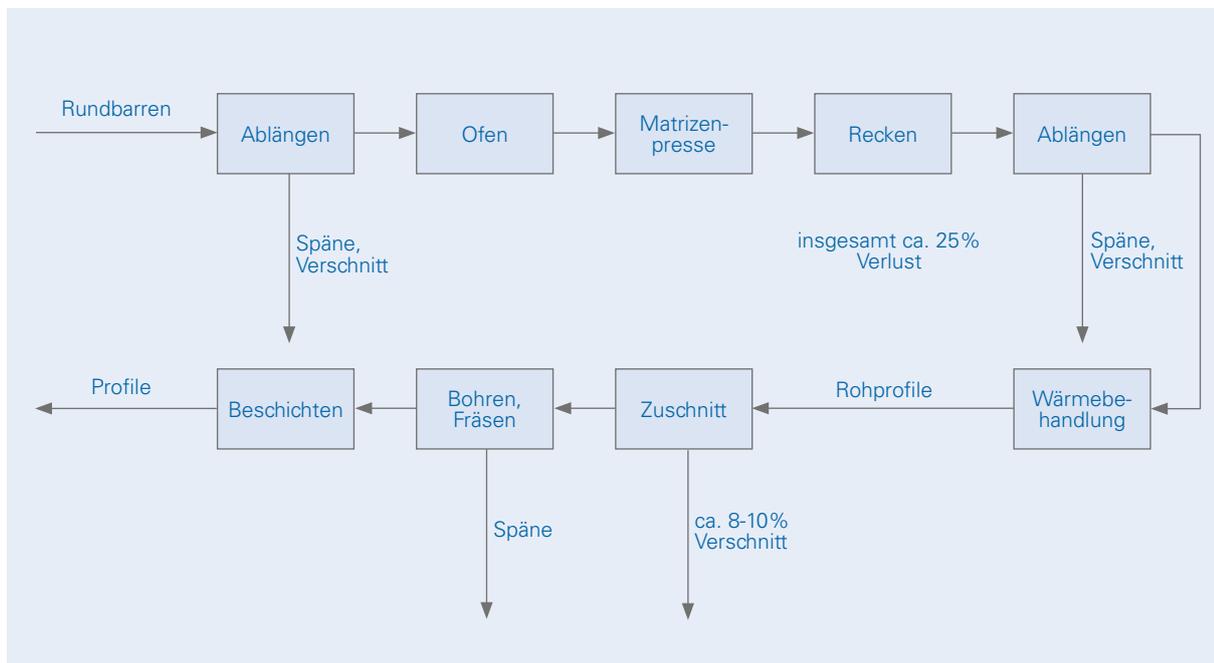
### Strangpressprofile aus Aluminium

Bei der Herstellung und Verarbeitung von Strangpressprofilen, die z. B. im Fenster- und Fassadenbau zum Einsatz kommen, werden die Verluste im Vergleich zur Blechverarbeitung etwas höher eingeschätzt. So kalkulieren die befragten Unternehmen in der Regel 10-15 % Verluste insbesondere durch Zuschnitt der Profile

auf die entsprechenden Längen. Der Zuschnitt variiert je nach Produkt. Die meisten befragten Unternehmen greifen dabei auf Standardprofillängen von 6 bzw. 6,50 Metern je nach Systemhersteller zurück.

Ein Großteil der befragten Unternehmen stellt selbst keine Profile her, sondern bestellt die Rohprofile von Systemherstellern.

„Wir bekommen das als 6-m-Lagerware, Strangpressprofile. Und daraus werden die Kastenelemente, die Führungsschienen zugeschnitten. Und da kann es mal sein, dass ich 5,10 m brauche und dann bleiben 90 cm übrig. Das ist so ein Maß, das kann man eigentlich dann nicht mehr verwerten. Es kann auch sein, wir brauchen 5,98 m, dann fällt mir der Anschnitt ab, das ist sehr unterschiedlich.“ (Interview)



Herstellung von Strangpressprofilen (Prozentangaben: typische Materialverluste ohne Ausschuss)

## Maßnahmen zur Materialeinsparung

**Analyse der Input- und Outputströme zur Vermin- derung von Verlusten aus der regulären Pro- duktion:** Für die meisten Unternehmen ist dies eine Selbstverständlichkeit. Dennoch würden durch Analyse der Input- und Outputströme noch weitere Möglich- keiten eröffnet. So empfehle sich der Aufbau eines Kennzahlensystems sowie die permanente Analyse der

Wertströme und der Abfälle je Bearbeitungsvorgang. Die systematische und regelmäßige Erfassung von Kennzahlen sei entscheidend, um Fehler frühzeitig zu erkennen, Verschwendungen aufzudecken und Projekte zur Verbesserung der Materialeffizienz zu identifizieren.

„Es ist ganz wichtig, Maßnahmen immer weiter zu treiben, auch permanent zu wiederholen. Wir haben ein Kenn- zahlensystem aufgebaut, das wir natürlich immer weiter verfeinern, um sofort zu erkennen, wenn was aus dem Ruder läuft. Das kann ein Anschlag an einer Säge sein, der sich verstellt, wo dann plötzlich 2, 3 Zentimeter mehr Verschnitt ist, was man mit dem Auge nicht erkennt. Aber wenn das einen Tag darüber läuft, dann sind das einige Tonnen Material und der Verschnitt erhöht sich. Wir haben ja Anschlagssysteme, die sich auch mal verstellen können oder durch eine Beschädigung verbogen sind.“ (Interview)

**Mehr und verbessertes Recycling:** Hier sehen die Befragten wenig Verbesserungsmöglichkeiten. Die meisten Unternehmen trennen bereits in verschiedene Aluminiumqualitäten, da sich so oft höhere Schrotterlöse erzielen lassen. Dem vermehrten Einsatz von Recyclingmaterial in Produkten steht zwar häufig der Qualitätsanspruch oder auch die Wirtschaftlichkeit entgegen. Doch es gibt auch Erfolgsbeispiele. So wurde auf den A/U/F e. V. (Aluminium und Umwelt im Fenster- und Fassadenbau) aufmerksam gemacht, in dem sich Metallbauer, Systemhersteller und Recycler zusammen- geschlossen haben mit der Selbstverpflichtung, Profil- reste aus dem Fenster- und Fassadenbereich wieder in diesem Bereich einzusetzen. Es kann aber auch vorteil- haft sein, durch Umstellung der Produktionsabläufe, wie z. B. Zuschnitt vor Beschichtung, die Qualität des Abfallmaterials und damit die Erlöse zu steigern.

**Bessere Planung und Konstruktion:** Erhebliche Potenziale zur Materialeinsparung sehen die befrag-

ten Unternehmen im Bereich der Produktgestaltung. Insgesamt seien dem aber Grenzen gesetzt. Hier seien vor allem Architekten oder Systemhersteller gefragt, da die meisten Unternehmen die Konstruktion nicht selber vornehmen. Auch bestünden z. B. Spielräume im Bereich der Vorgaben für Tragkraft und Festigkeit. Hier wolle aber keiner das Risiko auf sich nehmen und die Entscheidung für reduzierte Wandstärken treffen. Aber auch eine bessere Planung von Bestellprozessen, Lagerung und Auftragsabwicklung biete Möglichkeiten, etwa zur Senkung der Verschnittmengen.

**Die intensivere und frühzeitige Kommunikation mit Kunden und Zulieferern** eröffnet viele Wege zur Materialeinsparung, die sich erst in der Zusammenar- beit erschließen. So könne man den Kunden etwa über vorhandene Raster bzw. übliche Halbzeugabmessungen aufklären, um Schnittreste zu reduzieren.

„Zum Beispiel unser Rohblech, das wir immer auf Lager haben, ist 1.600 breit. Es gibt Kunden oder Auftragge- ber, die sagen, „ich brauche jetzt unbedingt 1.650“. Okay. Um das Blech herzubringen, muss ich unsere nächst größere Blechtafel nehmen, und die hat im Rohformat 2 m. Also habe ich einen Schnittrest von 250, 300 mm, was absolut nicht akzeptabel wäre. Wenn der Kunde aber sagt, „ich brauche es unbedingt“, dann ist das tatsächlich ein Verschnitt von 20 %. Das ist aber Unfug. Wenn ich mit dem Kunden reden kann, und zwar frühzeitig, dass er nicht die ganze Planung noch mal umwerfen muss, dann kann ich sagen, „bleib im Raster, du sparst irrsinnig Material“.“(Interview)

### **Bessere Maschinen und andere Be- und Verarbeitungsverfahren:**

Einige befragte Unternehmen sehen hier kaum Möglichkeiten, andere empfehlen, immer wieder zu prüfen, ob man auf dem aktuellen Stand sei. Dies gilt auch für Softwareprodukte, etwa zur Optimierung von Auftragsabwicklung, Bestellprozessen und Längenplanung. Einsparmöglichkeiten durch neue Be- und Verarbeitungsverfahren werden vor allem in der Blechverarbeitung gesehen. Hier bieten Laser, Stanznippelmaschinen oder Plasmaschneideanlagen interessante Möglichkeiten. So können etwa bereits im Vorfeld aus geplanten Reststücken Kleinteile für andere

Zwecke herausgeschnitten werden. Aus Kostengründen wird dennoch häufig gestanzt. Laser werden vorwiegend in Lohnfertigungsbetrieben eingesetzt, die sich diese Technik leisten können. Vor allem bei größeren Stückzahlen lohnt es, immer wieder über neue Verfahren nachzudenken. Ob neue Maschinen wirtschaftlich sind, hängt neben den Kosten vor allem vom Alter der vorhandenen Anlagen und von den verarbeiteten Stückzahlen ab. Immer wenn vorhandene Maschinen ausgemustert werden müssen, lohnt es sich auf jeden Fall, neue Lösungen zu prüfen.

„Das kommt auch von früher her, weil, früher ist alles gestanzt worden. Laser oder Plasmaschneiden - solche Verfahren, sind ja erst in den letzten 15 Jahren auf den Vormarsch gekommen.“ (Interview)

**Qualifizierung und Mitarbeiterbeteiligung:** Die stärkere Einbeziehung von Mitarbeitern kann helfen Materialverluste zu minimieren weil so Fehler vermieden werden. Mindestens ebenso wichtig sei es aber, die Erfahrungen und Ideen der Mitarbeiter bei der Suche nach Verbesserungsmöglichkeiten zu nutzen.

**Andere Materialien:** Ob die Substitution von Aluminium oder Magnesium durch andere Werkstoffe technisch, wirtschaftlich oder ökologisch vorteilhaft ist, muss für jeden Einzelfall gesondert bewertet werden. Aluminium kann in bestimmten Bereichen durch Magnesium ersetzt werden und Magnesium oft durch

Aluminium. So kann Magnesium im Leichtbau trotz seines höheren Preises wirtschaftlicher sein als Aluminium, da es leichter ist und im Warmkammer-Druckguss kostengünstiger verarbeitet werden kann. In der Luft- und Raumfahrt sind kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe eine Option, in anderen Fällen Magnesium, Titan oder korrosionsfester Stahl. Bei der Verkleidung von Fassaden kämen auch Holz, Kunststoffe und beschichtete Materialien in Frage. Im Maschinenbau erscheint für einzelne Bereiche der Ersatz von Aluminium durch Stahl möglich. Hier müsse jedoch aufgrund des höheren Gewichts von Stahl die Konstruktionen modifiziert werden.

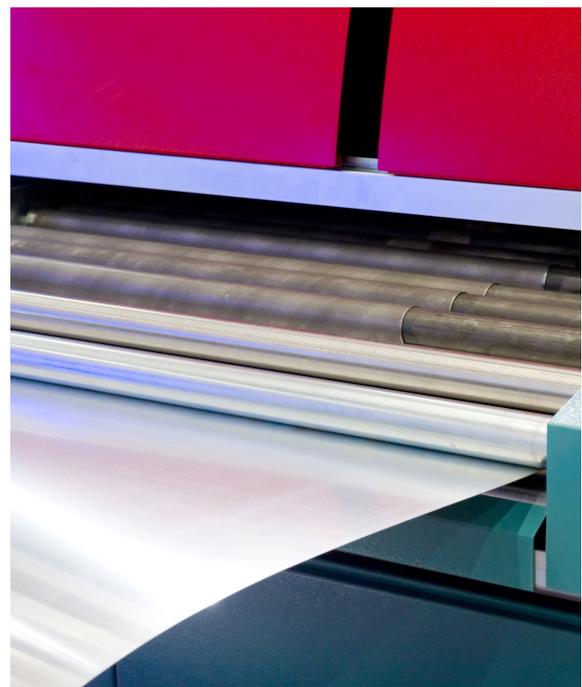
„Wir haben diesbezüglich jetzt Anfang dieses Jahres mal einen Workshop gestartet, um diese Schrottraten gezielt nach Fehlerursache auszuwerten und so mehr Möglichkeit zu haben, um das zu verringern.“ (Interview)

## Zwischenfazit

Konstruktionsmetalle niedriger Dichte haben in Bayern erhebliche wirtschaftliche Bedeutung. Sie sind unter anderem Hauptbestandteile vieler Produkte aus den Anwendungsbereichen „Bau- und Konstruktionselemente“ sowie „Fenster, Rollläden, Türen und Tore“. Die Wichtigkeit eines effizienten und verlustarmen Materialeinsatzes ist den Unternehmen schon wegen des hohen Materialkostenanteils bewusst. Die Suche nach Möglichkeiten zur Steigerung der Materialeffizienz ist daher in den Unternehmen meist geübte Praxis. Dennoch werden Ansätze zur weiteren Verbesserung gesehen.

Zu Materialverlusten von bis zu ca. 30 % kommt es insbesondere beim Zuschneiden, Stanzen und Ablängen von Halbzeugen. Als Handlungsoptionen werden zum einen technische Maßnahmen, etwa bessere Maschinen oder andere Be- und Verarbeitungsverfahren genannt. Ob deren Nutzung wirtschaftlich zweckmäßig ist, hängt neben den Kosten für neue Maschinen vor allem vom Alter der vorhandenen Anlagen und von den zu verarbeitenden Stückzahlen ab. Weiterhin werden Möglichkeiten durch bessere Planung und Koordination der Entwicklung und der internen Logistik gesehen. Generell öffnet eine detaillierte Kenntnis der internen Materialströme sowie der Material- und Wertverluste den Weg zur weiteren Verbesserung der Materialeffizienz. In einer besseren Koordination der Auswahl und Dimensionierung von Halbzeugen - auch gemeinsam mit Zulieferern - sowie der Produktgestaltung gemeinsam mit den Kunden wurden Optimierungsansätze gesehen. Eher geringe Spielräume wurden in einer weiteren Verbesserung des Recycling und des Einsatzes größerer Verschnitt- oder Stanzreste für andere Produkte gesehen.

Die wechselseitige Substitution von Aluminium und Magnesium ist häufig möglich, ersetzt jedoch ein versorgungskritisches Material durch ein anderes. Je nach Einsatzbereich werden auch Zink, Titan, Kunststoffe oder Holz als Alternativen genannt. In geeigneten Einsatzbereichen können faserverstärkte Kunststoffe oder auch leichtbauoptimierte Stahlprodukte eine Option sein. Ob die Substitution durch andere Werkstoffe technisch, wirtschaftlich oder ökologisch vorteilhaft ist, muss aber für jedes Produkt separat bewertet werden.



## 4.3 Einsatzfeld nachwachsende Rohstoffe am Beispiel Papier

### Kritische Materialien und Materialbedarfe

#### Versorgungskritische Materialien:

Holz

Im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe werden holzbasierte Materialien und entsprechend der wirt-

schaftlichen Bedeutung die Wertschöpfungskette Papier untersucht. Die folgende Tabelle zeigt den im Jahr 2011 in Bayern produzierten Warenwert und die Zahl der bayerischen Unternehmen, die mit der Produktion von Papier und Papierprodukten befasst sind.

Produktgruppe	Produzierter Warenwert (Mio. €)	Anzahl Unternehmen
Papier und Pappe	3.075	30
Wellpapier/-pappe; Verpackungsmittel aus Papier, Karton, Pappe	1.659	72
Davon größter Einzelposten: Schachteln u. Kartons aus Wellpapier od. Wellpappe	1.082	35
Druck von Zeitungen	k.A.	15
Andere Druckerleistungen	2.676	219
Davon andere Werbedrucke, -schriften im Offsetdruckverfahren	721	115

Die jährlichen Produktionsmengen von Papier und Pappe in Bayern in den wichtigsten Anwendungen sind (BayPapier 2012):

- Informationsträger (grafische Papiere) 3,3 Mio. t
- Verpackungen (Verpackungspapiere) 1,1 Mio. t
- Papierprodukte für die Hygiene (Hygienepapiere, Tissue) und spezielle technische Zwecke (Spezialpapiere) 0,18 Mio. t

Im Jahr 2011 wurden für die Papierherstellung 4,6 Mio. Tonnen Faserstoff eingesetzt, davon (BayPapier 2012):

- Altpapier 3,4 Mio. t
- Zellstoff 0,6 Mio. t
- Holzstoff 0,6 Mio. t

Grafische Papiere werden in Bayern anteilig aus Altpapier hergestellt, Verpackungspapiere fast ausschließlich.



## Produktbeispiele und typische Materialverluste

Als Beispielprodukte, die in Bayern hohe wirtschaftliche Bedeutung haben, werden betrachtet:

- Grafische Druckpapiere
- Verpackungsmittel aus Wellpapier und Wellpappe
- Werbedrucke und andere Drucke im Offsetverfahren

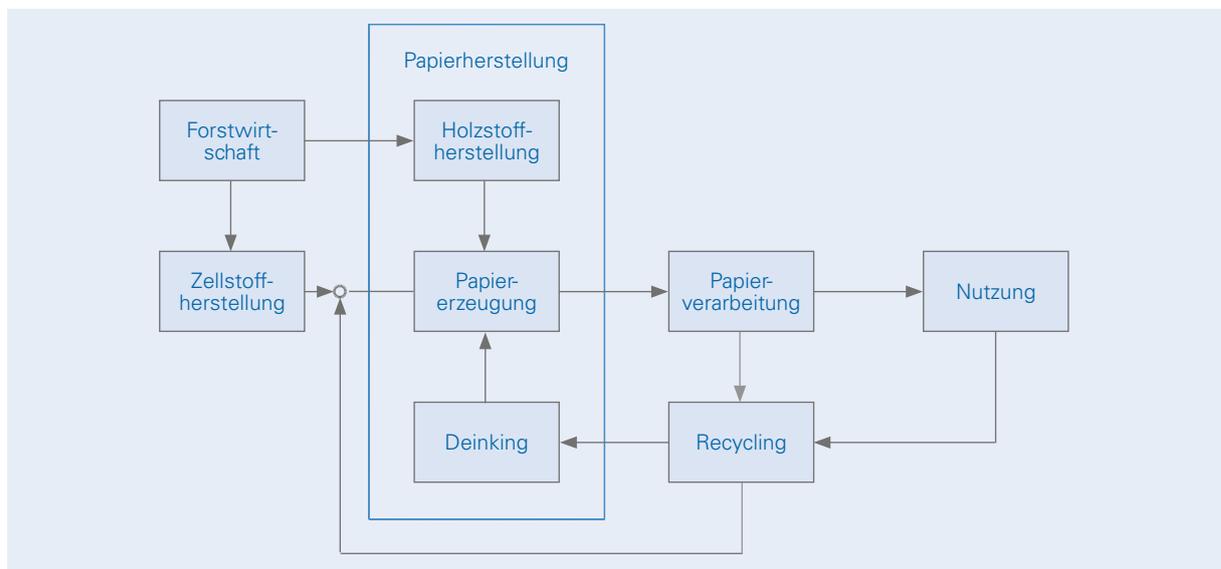
Aspekte der Materialeffizienz lassen sich dabei weitgehend auf die Herstellungsprozesse anderer Papierprodukte übertragen.

76 % des gebrauchten Papiers werden in Deutschland als Altpapier erfasst. Die Einsatzquote von Altpapier bei der Papierherstellung beträgt 72 % (VDP 2013). In der Wertschöpfungskette Papier liegt die Recyclingrate damit deutlich höher als in anderen Branchen.

Materialverluste sind dennoch von Bedeutung:

- Die Kreislaufführung ist mit Kosten verbunden. Der Rückführungsaufwand unterscheidet sich je nach Stufe der Wertschöpfungskette und Einzelprozess.
- Die Papierfasern verlieren über den Wiedereinsatz an Gebrauchswert. Ein Downcycling tritt auf. Auch können Recyclingfasern nicht für alle Papierprodukte eingesetzt werden: Fasern wandern über das Recycling aus dem grafischen Sektor in den Verpackungssektor, jedoch nicht zurück. Zum einen resultiert daraus eine stetige anteilige Zufuhr von teuren Frischfaserstoffen in den Altpapierkreislauf, zum anderen ist diese notwendig, damit auch die Altpapier verarbeitenden Werke geforderte Produktqualitäten erzielen können.

Die folgende Abbildung stellt die Wertschöpfungskette Papier dar:



Wertschöpfungskette Papier

## Papierherstellung

Verluste von eingesetztem Rohstoff entstehen notwendigerweise bei der Aufreinigung des Stoffes in der Papierherstellung. So werden in einer Deinkinganlage Kunststoffe, nicht papiergeeignete Fasern, Druckfarben und Mineralstoffe abgetrennt. Dabei kann ein gewisser Verlust von werthaltigen Fasern nicht vermieden

werden. Die Verluste an Fasern liegen im Bereich 2,9 – 6,3 %. Eigener Produktionsausschuss wird produktionsintern wieder eingesetzt. Dies verursacht zusätzlichen Betriebsaufwand, jedoch keine Materialverluste. Die folgende Tabelle zeigt Produktionsmengen und Verluste bei der Papierherstellung in Bayern.

Mengen in Bayern, 2011 in t, Trockenmasse	Produkte der Papierherstellung				Gesamte Papierprod. (hochgerechnet)
	Zeitungsdruck	Magazin gestrichen	Magazin ungestrichen	Wellpappenroh papier	
Produktionsmenge	1.120.000 t	1.110.000 t	820.000 t	750.000 t	4.600.000 t
Eingesetzte Fasermenge	966.000 t	653.000 t	594.000 t	613.000 t	3.421.000 t
Faserverlustmenge	61.000 t	23.000 t	17.000 t	18.000 t	144.000 t
Verlustrate bezogen auf Fasern	6,3 %	3,5 %	2,9 %	2,9 %	4,2 %

Produktionsmengen in Bayern 2011, Fasermengenströme und Faserverluste bei der Papierherstellung (BayPapier 2012, PTS)

## Schachteln und Kartons aus Wellpapier oder Wellpappe

Bei der Herstellung von Wellpappenkartons entstehen bis zu 10 % Verlust bezogen auf die eingesetzten Papiermengen. Dabei sind

- 4-8 % bedingt durch Verschnitt: Die Arbeitsbreite der Wellpappenanlage ist festgelegt, die Breite lässt sich aufgrund von Formatwünschen der Kunden nicht immer vollständig auslasten.
- <1 % bedingt durch Rüsten (Anfahrvorgänge), Anlagenstörungen und Beschädigung des Produkts in der Logistik

Durch den im Verpackungsbereich niedrigen Frischfaseranteil bedeuten die Verluste ein geringes Downcycling. Verluste werden der Wellpappenroh papier-Herstellung wieder zugeführt.

## Werbedrucke im Offsetdruckverfahren

Bei der Werbedruckerei treten nach Angaben der befragten Unternehmen 15-20 % Verluste auf, die bedingt sind durch Randbeschnitt, Rüsten (insbesondere Einrichten der Druckmaschine) sowie Vordruck-Phasen und Waschzyklen, bei denen die Papierbahn weiterläuft.

Die Verlustmengen können nicht wieder zur Herstellung gleichwertiger Papierprodukte eingesetzt werden, da großteils grafische Papiere aus Frischfaser eingesetzt werden. Die Verluste sind also mit einem deutlichen Downcycling verbunden.

### Hersteller und Verarbeiter

- Kontrolle und Optimierung der Reinigungs- und Sortieraggregate in der Papierherstellung, um verschleißbedingte Verluste und den Stand der Technik zu gewährleisten.
- Erhöhung der Selektivität der Reinigung und Sortierung von Faserstoffen, um über den Stand der Technik hinaus eine fraktionsreinere Trennung von Verunreinigungen, Mineralstoffen und Faserstoff zu erzielen. Hierzu sind Forschungs- und Entwicklungsarbeiten nötig.
- Designoptimierungen und Produktentwicklungen, um bei gleicher Funktionalität weniger Material einsetzen zu müssen. In der Papierherstellung kann dies z. B. durch einen geschichteten Produktaufbau erreicht werden. Die Hürden für leichtere Papiere sind im ersten Schritt technischer Natur und bedürfen Innovation. In einem zweiten Schritt ist die Akzeptanz im Markt zu beachten. Dies würde deutlich unterstützt durch eine Bemessung von Verkaufsmengen nach Fläche (Quadratmeter) statt, wie bisher, nach Masse (Tonne).
- Anteiliger Einsatz nicht-holzbasierter Rohstoffe, z. B. Reststoffe aus der Agrarwirtschaft. Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sind hierzu notwendig. Die Potenziale liegen eher bei Verpackungspapieren als bei grafischen Massendruckpapieren.
- Stoffliche Nutzung von Reststoffen (Rejekten, Schlämmen) der Papierherstellung, die noch Fasern enthalten.
- Steigerung der Altpapier-Einsatzquote bei den Papierherstellern und der Recyclingpapier-Einsatzquote bei den Papierverarbeitern. Dies bedarf flankierender Maßnahmen zur Qualitätssicherung der Papierprodukte.
- Innovation und Automatisierung bei Papierverarbeitern (Drucktechnologien, Produktionsplanung, Farbauftragsoptimierung beim Drucken) sowie Standardisierung von Einsatzmaterialien zur Reduzierung von Zuschnittverlusten und Makulatur.

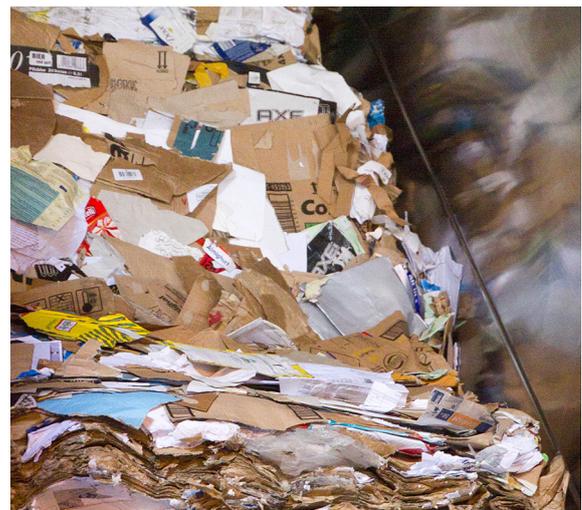
### Recycling

- Möglichst sortenreine Erfassung des Altpapier-Anfalls insgesamt (Getrenntsammlung). Ausbau und Verbesserung der Sammel- und Sortiersysteme.
- Selektives, auf die Papieranwendungen ausgeprägtes Recycling – damit weniger ausgeprägtes Downcycling in der Nutzungskaskade.
- Technische Lösungen zum Recycling von Fasern in z. B. Verbundwerkstoffen.

### Gesellschaft

- Förderung des Einsatzes von Recyclingpapier.

„Wir reden [...] nicht mehr von einfachen Papiererzeugnissen, wie es ein Magazin oder eine Tageszeitung darstellt, sondern auch mehr und mehr von Verbundwerkstoffen mit Papier und diversen Fremdmaterialien. Ist unsere haushaltsnahe oder gewerbliche Erfassung und die anschließende Sortierung schon das Nonplusultra?“ (Teilnehmer Gruppendiskussion)



Mit dem Ziel, den Holzbedarf zu reduzieren, haben Maßnahmen umso mehr Potenzial, je stärker sie auf Frischfaserpapiere ausgerichtet sind und das Downcycling verhindern.

So mindert ein Reduzieren der Verluste bei der Herstellung von Sekundärfaser basierten Verpackungen die rezirkulierte Menge und über die Verlusten der Papierherstellung in geringem Maße den Faserbedarf des Teilsystems Papierhersteller–Papierverarbeiter. Dies reduziert den Bedarf an Frischfaser jedoch nur geringfügig und indirekt. Enthält das Produkt dagegen Frischfaser, bewirken reduzierte Verluste direkt einen

geringeren Bedarf an Frischfaser. Unabhängig davon resultieren in beiden Fällen Kosteneinsparungen bei den betroffenen Unternehmen.

Die Umwandlung von Vor-, Zwischen- und Nebenprodukten der heutigen Prozessketten zu neuen werthaltigen Endprodukten ist ein weiterer wichtiger Zukunftsaspekt für die Unternehmen der Wertschöpfungskette Papier. Vor dem Hintergrund eines abnehmenden Marktes für grafische Papiere und steigender Rohstoffpreise muss es Ziel sein, eine maximale Wertschöpfung aus dem Rohstoff Holz zu generieren.

„Aus Holzmasse können Sie Zellstoff machen, daraus Papier. Sie können aber aus einem Zellstoffnebenprodukt auch Biodiesel machen, aus dem Tallöl. Das ist dann keine Konkurrenz zu der Holzmasse an sich, sondern es kommt aus einem Nebenprodukt. Sie können dann zum Schluss auch die Schlämme thermisch verwerten und können auch diese Asche [...] noch in anderen Branchen einsetzen. Also, auf diese Art und Weise, wenn Sie dort das gesamte Spektrum betrachten, auch das, was über die eigene Branche oder über die eigene Industrie hinausgeht, haben Sie natürlich große Ansatzmöglichkeiten, um [...] die Ressourceneffizienz zu erhöhen.“ (Teilnehmer Gruppendiskussion)

„Der andere Punkt ist, dass [...] man durch den Einsatz von Naturfasern oder von Faserstoffen möglicherweise auch eine Ressourceneffizienz steigern kann in anderen Branchen, in anderen Ressourcen, die nicht nachwachsend sind, die vielleicht teurer sind. Also, dass Sie da Kunststoffe ersetzen können, dass Sie vielleicht Metalle oder was auch immer ersetzen können. Voraussetzung für diese Denkweise ist natürlich, dass Sie branchenübergreifend vorgehen, dass Sie auf dem Radarschirm haben müssen, was setzen die ein und wo hätten wir möglicherweise mit unserem Stoff, auf den wir Zugriff haben, die Möglichkeit, dort dann an anderer Stelle zur Ressourceneffizienz beizutragen.“ (Teilnehmer Gruppendiskussion)

Die befragten und an der Gruppendiskussion beteiligten Experten vertraten einvernehmlich die Auffassung, dass viele der genannten Lösungsansätze Branchen- und Wertschöpfungsketten-übergreifend angegangen

werden müssen, um ein Gesamtoptimum erarbeiten zu können. Ein Gremium „Plattform Holz“ wurde vorgeschlagen.

## Zwischenfazit

Die Verfügbarkeit von Holz als Rohstoff für Papier und Papierprodukte wie auch für Holzwerkstoffe wird nicht allein durch ein begrenztes Marktvolumen bestimmt. Auch politische Weichenstellungen im Waldanbau sowie die verstärkte energetische Nutzung von Holz nehmen hier Einfluss. Die stoffliche Nutzung ist Voraussetzung für eine Kaskadennutzung von Holz, führt also zu höherer Ressourceneffizienz.

In der Wertschöpfungskette Papier sind Pflanzenfasern als primärer, das Produkt prägender Rohstoff nicht substituierbar, ohne den Werkstoff Papier in Frage zu stellen. In der Papierherstellung liegen nur geringe Potenziale vor, um Verluste zu minimieren. In der Papierverarbeitung werden bei 10-20 % Materialverlusten noch Potenziale gesehen, insbesondere in den Bereichen Verschnitt und Anfahrvorgänge. Beim Drucken können Verlustmengen nicht wieder zur Herstellung gleichwertiger Papierprodukte recycelt werden, da vorrangig grafische Papiere aus Frischfaser eingesetzt werden. Diese Verluste sind also mit einem deutlichen Downcycling verbunden. Weitere Einsparpotenziale sind im Produktdesign zu sehen, durch weniger Material bei gleicher Funktionalität und durch verstärkten Einsatz von Altpapier. Dies bedarf flankierender Innovationen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung der Papierprodukte. Die befragten Industrievertreter regten an, Lösungen Branchen- und Wertschöpfungsketten-übergreifend anzugehen, um ein Gesamtoptimum erzielen zu können.



## 4.4 Einsatzfeld Gewürzmetalle

### Kritische Materialien und Materialbedarfe

#### Versorgungskritische Materialien:

Gallium, Germanium, Palladium, Silber, Indium, Seltenerdmetalle

In vielen Anwendungen werden nur geringe Mengen der Metalle eingesetzt, ohne die jedoch die Produkte nicht funktionieren würden. Der Bedarf an diesen „Gewürzmetallen“ wird zum Teil durch den Import von

Erz und in geringerem Umfang durch Metallimport gedeckt. Ein großer Anteil des eingesetzten Materials gelangt jedoch durch den Import von Vorprodukten nach Deutschland. Wichtige in Bayern produzierte Produktgruppen und der 2011 erzeugte Warenwert sowie die Anzahl der Herstellerunternehmen zeigt die folgende Tabelle.

Produktgruppe	Produzierter Warenwert (Mio. €)	Anzahl Unternehmen
Elektromotoren mit Bauteilen „aus Seltenerdmetallen“ (Einsatz der Bauteile i.d. Regel als Zulieferteile)	969	n.b.
Andere elektronische integrierte Schaltungen, Mikrocontroller und –computer (Einsatz der gewürzmetallhaltigen Bauteile i.d. Regel als Zulieferteile)	518	8
Teile für Maschinen zum Abtragen von Stoffen durch Laserstrahl usw.	300	35
Elektronische Thermometer und Pyrometer	71	8
Glasfaserkabel	67	5
Leuchtdioden, Laserdioden und Leuchtstofflampen	n.b.	3
Prozessoren und integrierte Chipschaltungen	n.b.	3
Dauermagnete	n.b.	1

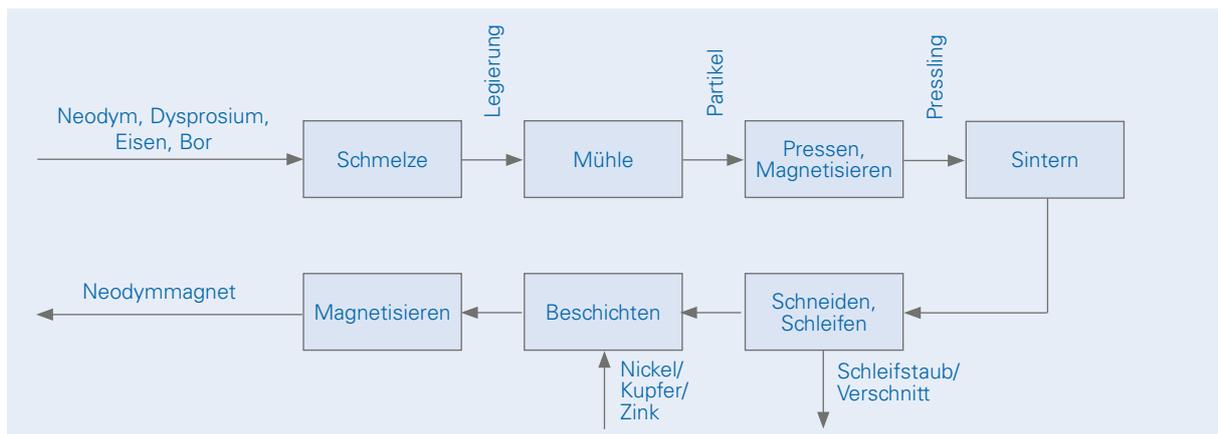
Beispielhaft wird die Herstellung von Dauermagneten für Elektromotoren dargestellt.

### Produktbeispiele und typische Materialverluste

In **Elektromotoren** kommen aufgrund ihrer hohen Magnetfelddichte in großem Umfang Neodym-Dauermagnete zum Einsatz. Bei der Herstellung der Magnete treten Verluste beim Sintern, Zuschneiden und Schleifen auf. Die Höhe der Verluste richtet sich nach dem

Herstellungsprozess und der gewünschten Magnetform (z. B. quader- oder schalenförmig). Bayerische Motorenhersteller sind von diesen Verlusten meist nicht betroffen, da diese die Magnete in der Regel zukaufen.

„[U]m Magnete in bestimmten Formen herzustellen, gibt es grundsätzlich zwei Methoden. Die eine wird hauptsächlich in Deutschland verwendet oder in Europa, da wird eine Form gemacht, die das spätere Magnetmaß hat, das der Kunde haben möchte, und da wird der Magnet genau in dieser Form und Größe gefertigt. Da kommt vielleicht noch ein bisschen Schleifprozess drauf, um den auf die Endmaße zu bringen. - Die andere Methode ist die chinesische Methode, sagen wir ganz grob, da wird ein großer Block gepresst, der wesentlich größer ist als alle Magnete, die jemals daraus werden sollen, und dieser Block wird anschließend auf die Endmaße geschnitten. Dabei tritt natürlich eine ganze Menge Verschnitt oder Materialverlust auf. Der ist aber auf jeden Fall in China, dieser Materialverlust.“ (Interview)



Herstellung von Neodym-Dauermagneten für Elektromotoren

## Maßnahmen zur Materialeinsparung

Das Thema bei den Unternehmen, die im Bereich der Produktgruppe „Elektromotoren“ tätig sind, präsent. Vor allem in der Entwicklung wird nach Möglichkeiten gesucht, die Abhängigkeit von Seltenerdmetallen zu reduzieren. Nach wie vor bleiben sie aber in vielen Anwendungen unverzichtbar.

**Andere Materialien:** Die Veränderung der Materialauswahl ist nach Angabe der Befragten immer wieder Thema, scheitert aber häufig am Wirkungsgrad der Alternativen. In der Fahrzeuganwendung haben Neodym-Eisen-Bor-Magnete die besten Eigenschaften.

**Produktkonstruktion:** Die größten Potenziale werden im Bereich der Produktkonstruktion gesehen. Hier sei in den letzten Jahren schon vieles geschehen. Maßnahmen betreffen meist die Umgestaltung der Motorgeometrie, um die Magnetmasse zu reduzieren. Einer der Befragten berichtete, dass durch eine geänderte Geo-

metrie kleinere und weniger Magnete benötigt würden und so die Magnetmasse um 50 % reduziert werden konnte. Die dadurch geringere Gegenfeldbelastung ermöglichte zudem die Reduktion des Dysprosium-Anteils.

Prinzipiell würden alle Maßnahmen, die einen Beitrag zur Verbesserung des Wirkungsgrades leisten, helfen, den Einsatz versorgungskritischer Materialien in Neodym-Eisen-Bor-Magneten zu reduzieren. Es werde z. B. über den effizienteren Einsatz von Kupfer nachgedacht, indem Wicklungen mit rechteckigen statt runden Drähten vorgenommen würden. Hierüber könne man die Leistungsdichte erhöhen und evt. im Grenzfall den Sprung zu Ferriten schaffen. Auch die Auslegung des Magnetkreises könne geprüft und ggf. modifiziert werden (z. B. Größe der Magnete oder des Luftspalts zwischen Rotor und Stator); oder es seien Konfigurationen denkbar, die Magnete vom Starter aus weniger in Richtung Entmagnetisierung belasten.

## Zwischenfazit

Gewürzmetalle werden von bayerischen Unternehmen meist nicht selbst verarbeitet. Sie sind üblicherweise in Zulieferprodukten enthalten, die aus dem Ausland stammen. Dadurch kann auch kein Einfluss auf die Materialeffizienz der Produkte genommen werden. Werden ressourcenbeschränkte Metalle aber von bayerischen

Unternehmen selbst eingesetzt, wie bei Leuchtstoffen für Lampen, integrierten Schaltungen, YAG-Kristallen für Laseranlagen zur Materialbearbeitung oder in Elektromotoren, erscheint Substitution recht schwierig. Einsparpotenziale sind schwerpunktmäßig in einer Optimierung der Produktkonstruktion zu finden.

## 4.5 Einsatzfeld Pigmente, Farben, Lacke

### Kritische Materialien und Materialbedarfe

#### Versorgungskritische Materialien:

Aluminium, Bismut, Chrom, Kobalt, Molybdän, Zinn, Graphit, Seltenerdmetalle

Die versorgungskritischen Materialien sind Bestandteile von anorganischen Buntpigmenten oder Effektpigmenten oder sind funktionale Zusätze (Korrosionsschutz, Trocknungsbeschleuniger) von Farben, Lacken, Druckfarben und anderen Färbemitteln. Die Erzgewinnung und -aufbereitung findet außerhalb Bayerns statt.

Für Bayern nennt die Statistik sechs Pigmenthersteller; produziert wird in 14 Betrieben (GP). Mindestens zwei Hersteller von Pigmenten setzen ressourcenbeschränkte Elemente ein. 2010 stellten in Bayern 45 Betriebe Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte in einem Wert von 1513 Mio. EUR her (GP).

Die Oberflächenbehandlung mit den produzierten Farben und Lacken ist als technischer Grundprozess vielfältig und nicht mit Umsatzzahlen zu hinterlegen.

### Produktbeispiele und typische Materialverluste

In der Herstellung von Farben und Lacken liegen die Verluste an Pigmenten insgesamt unter 1 %. Etwas höher können Verluste bei Aluminiumpasten sein (1-5 %). Die Höhe der Verluste stehe dabei nicht im Zusammenhang mit der Produktqualität.

Ursachen für Verluste sind nach Angabe der Befragten unter anderem das Eintrocknen von Pigment-Suspensionen, ungenutzte Restbefüllungen in Gebinden, Stauben aus offenen Gebinden, Qualitätsabweichungen des Produkts wie unzureichendes Erzielen des geforderten Farbtons sowie Probleme in den Abfüllanlagen, die zu Ausschuss an Fertiggebinden führen.

Als Gefahrstoffe unterliege eine Reihe von Pigmenten einer innerbetrieblichen Überwachung. Dies bewirke gleichzeitig, dass unbeabsichtigte Verluste weitgehend vermieden werden. Ebenso müssen Verluste im Bereich von entzündlichen Stauben aus sicherheitstechnischen Gründen vermieden werden.

Die Verlustraten bei verschiedenen Pigmenten unterscheiden sich. Schwere Pigmente (Bismutpigmente, Chromoxid) neigen weniger zum Stauben, also zu Verlusten über den Luftweg. Das Eintrocknungsrisiko ist bei Aluminiumpasten vergleichsweise höher. Wenn nicht durch betriebsinterne Maßnahmen auffangbar, müssen Verlustmassen, sogenannte Lackschlämme, als Sondermüll entsorgt werden.

In der Anwendung von Farben und Lacken sind je nach Auftragsverfahren deutlich höhere Verluste als in ihrer Herstellung zu verzeichnen. Bei Lackierprozessen treten die Verluste auf in folgenden Formen auf (UM-BW 2012):

- beladene Filter aus der Trockenabscheidung von Lackoverspray
- Farb- und Lackschlämme aus der Nassabscheidung von Lackoverspray
- Farb- und Lackreste
- verunreinigte Lösemittel aus Reinigungsvorgängen (z. B. beim Farbwechsel)
- Schleifstäube und -schlämme

Die Verluste durch Overspray variieren je nach Auftragsart und Anwendung von 2 % bis über 50 %. Coil Coating, Elektrotauchlackierung und Pulverlackierung sind fast verlustfrei, wenn Rückgewinnungsverfahren genutzt werden. Der bei Sprühapplikation auftretende Overspray kann dagegen typischerweise nicht zurück gewonnen werden. Die in Deutschland im Jahr 2000 industriell anfallenden Lackschlammengen wurden zu 90.000 t abgeschätzt. Das entspricht 4 % der verarbeiteten Lackmenge (BASF 2002 und Internetangaben).

## Maßnahmen zur Materialeinsparung

Zur **Vermeidung von Verlusten** in der Produktion werden folgende Möglichkeiten gesehen:

- Restentleerung von Gebinden
- Vermindern der Eintrocknungsgefahr
- Weiternutzung von Restmaterial in niedrigwertigeren Produkten bzw. in unterschiedlichen Qualitätsstufen
- Vermeiden von Stauben

Im **Produktdesign** werden keine Einsparpotenziale gesehen: Eine Reduzierung des Gehalts für Farbe, Effekt oder Funktion gebenden Pigmente im Produkt sei ohne Qualitätsverlust typischerweise nicht möglich.

**Substitutionspotenziale** bei einzelnen Pigmenttypen werden wie folgt eingestuft:

- Aluminium sei als Korrosionsschutz ersetzbar, wengleich derzeit zu höheren Preisen oder bei verminderter Effektstärke. Eine Substitution von Aluminium in Metallic-Lacken sei nur bei Hinnahme einer Verschiebung des optischen Eindrucks der Glanzeffekte möglich.

- Chrom(VI)-Verbindungen (Chromate) würden aus Gründen des Gesundheitsschutzes schon weitgehend substituiert, beispielsweise für Korrosionsschutzschichten im Fahrzeugbau aufgrund der Altautoverordnung von 2002.
- Bismutvanadat-Pigmente können zum Teil durch organische Pigmente ersetzt werden. Auch chrom- oder nickeldotierte Titandioxidpigmente bieten Alternativen, enthalten dann aber wiederum Chrom oder Nickel als Gefahrstoffe.
- Alternativen zu Kobalt als Lack-Sikkativ (Trocknungsbeschleuniger) sind mangan- oder zirkonhaltige Pigmente oder auch Bariumsalze. Die Umstellung kann relativ kostenneutral bei vergleichbarer Qualität erfolgen. Dabei wird erwartet, dass Kobalt vor dem Hintergrund der Gefahrstoffverordnung im Bereich der Farben und Lacke in einigen Jahren keine Rolle mehr spielen wird.

Zu Potenzialen bei der Anwendung von Farben und Lacken gibt es einschlägige Literatur (z.B. BASF 2002, Breuning 2005, UM-BW 2012).

## Zwischenfazit

Die Erzgewinnung und -aufbereitung für Pigmente spielt in Bayern keine, die Pigmentherstellung eine untergeordnete Rolle. Die Herstellung von Farben und Lacken hat in Bayern mit 1,5 Mrd. Euro Umsatz geringe bis mittlere Bedeutung. Die Verluste bei der Herstellung liegen unter 1 %; die Potenziale zur Steigerung der Materialeffizienz sind entsprechend als gering einzustufen.

Bei der Anwendung der Farb- und Lackprodukte werden hingegen durchaus noch Möglichkeiten zur Vermeidung von Verlusten gesehen.



## 4.6 Einsatzfeld Katalysatoren

### Kritische Materialien und Materialbedarfe

#### Versorgungskritische Materialien:

Platin, Rhenium, Palladium, Silber, Aluminium, Antimon, Bismut, Chrom, Gallium, Germanium, Indium, Kobalt, Lithium, Magnesium, Molybdän, Niob, Seltenerdmetalle, Wolfram und Zinn

Katalysatoren ermöglichen und unterstützen unterschiedliche chemische Reaktionen, ohne dabei selbst umgewandelt zu werden. Fast alle ressourcenbeschränkten Elemente kommen als Bestandteile von Katalysatoren in Betracht.

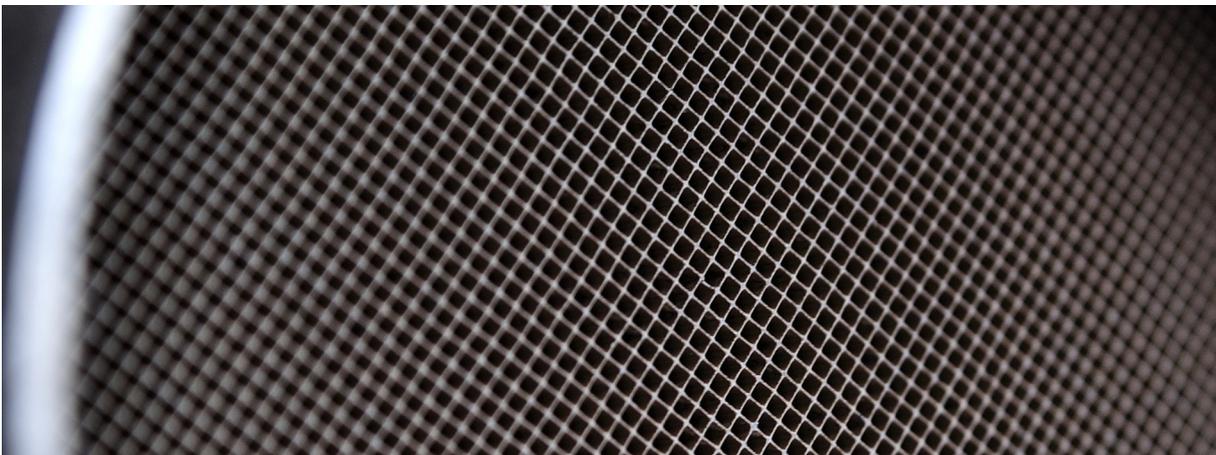
### Produktbeispiele und typische Materialverluste

Katalysatoren werden insbesondere in folgenden Bereichen eingesetzt:

- Chemische Industrie
- Erdölraffinerie
- Stationäre Abgasreinigung
- Kfz-Abgasreinigung

Katalysatormaterialien für industrielle Umsetzungsprozesse werden in Bayern nur von einem Unternehmen der chemischen Großindustrie hergestellt. Das Aufbringen von Katalysatormaterialien auf Träger erfolgt für die stationäre Abgasreinigung bei zwei Unternehmen in Bayern; für Kfz-Katalysatoren weltweit bei nur drei Herstellern außerhalb Bayerns. Die nachfolgenden Stufen der Prozesskette, Canning (Erstellen von einbaubaren Modulen) und/oder Einbau, sind in Bayern vertreten, jedoch annähernd verlustfrei.

Die Nutzung von Katalysatoren in der chemischen Industrie in Bayern erfolgt vorrangig in zwei Großunternehmen, mit insgesamt geringen Verlusten. Hier ist zudem schon aus Kostengründen mit einem hohen Bewusstsein für Ressourcenkritikalität zu rechnen. Dies gilt ebenso für die drei bayerischen Erdölraffinerien. Die Verluste bei Katalysatoren, die in Raffinerien eingesetzt werden, entstehen nicht im katalysierten Prozess, sondern bei der Wiederaufbereitung der Katalysatoren. In diesem Verarbeitungsprozess, der bei spezialisierten Recyclingunternehmen oder auch direkt bei den Katalysatorherstellern stattfindet, werden die Edelmetalle vom Trägermaterial entfernt. Die Verluste werden hier je nach Katalysator mit 1 und 5 % abgeschätzt. Bei Kfz-Katalysatoren treten Verluste auf, sie werden jedoch als gering eingestuft.



## Maßnahmen zur Materialeinsparung

Die Substitution von Katalysatormaterialien ist nach Angabe der Befragten häufig möglich, jedoch sei damit aufgrund unterschiedlicher Eigenschaften in den meisten Fällen eine Umstellung der Verfahren und Prozessbedingungen verbunden, die eine mehrjährige Entwicklungsarbeit voraussetzt. Dabei seien Umstellungen innerhalb der Katalysatorgruppen Edelmetallkatalysatoren, saure Katalysatoren, Redoxkatalysatoren und sulfidische Katalysatoren häufig möglich. Zum Teil stiegen dadurch jedoch die Kosten. Der Wechsel auf nicht ressourcenbeschränkte Materialien stelle eine höhere Hürde dar oder sei mit Einbußen im Reaktionsumsatz verbunden. Zu Potenzialen bei der Anwendung von Farben und Lacken gibt es einschlägige Literatur (z.B. BASF 2002, Breuning 2005, UM-BW 2012).

Einsparpotenziale liegen in der Wiederaufbereitung von Katalysatoren, soweit verbesserte Verfahren entwickelt werden können, die Edelmetall-Verluste minimieren.

Weitere Materialeinsparung sowie Substitution ist nach Expertenmeinung Aufgabe der Hersteller, da Anwender

hierauf keinen Einfluss hätten: Es werden fertige Katalysatoren verwendet, an welchen beim Anwender keine Modifikation mehr erfolge. Einsparpotenzial wird auf Anwenderseite lediglich durch die Wahl des passenden Katalysators gesehen. Wichtige Kriterien seien die Standzeit und das Aktivitätsniveau eines Katalysators. Beim Wechsel können die Anlagen nicht produzieren. Es entstehen Verluste, die durch einen selteneren Katalysatoraustausch verringert werden können. Zudem kann die Nutzungsdauer eines Katalysators durch eine mehrfache Verwendung auf unterschiedlichen Anforderungsniveaus verlängert werden.

Insgesamt darf davon ausgegangen werden, dass die Katalysator nutzenden Unternehmen, da zumeist Großunternehmen, selbst Materialeffizienzprojekte und -monitoring betreiben. Aspekte der Ressourcenkritikalität und Versorgungsrisiken gehen nach Angabe der Befragten bei Prozessentwicklungen und im Einkauf systematisch in die Entscheidungsfindung mit ein.

## Zwischenfazit

Als vorrangig kritisch für Katalysatoranwendungen werden die Seltenerdmetalle eingestuft. Innerhalb der Katalysatorgruppen gibt es wechselseitige Substitutionsmöglichkeiten. Eine Umstellung ist jedoch aufwändig. Der wirtschaftliche Nutzen hängt stark von den Randbedingungen ab. Die Umstellung auf nicht ressourcenbeschränkte Materialien ist nicht oder nur mit Effizienzverlusten möglich.

Katalysatoren werden in Bayern nur in wenigen Betrieben hergestellt und weiter verarbeitet, die Großunternehmen sind und/oder annähernd verlustfreie Prozesse betreiben. Die Produkte werden dann vorrangig in der Großindustrie eingesetzt. Es darf von weitgehend ausgeschöpften Effizienzpotenzialen ausgegangen werden. Auch bewerten und mindern die Unternehmen selbst systematisch die Versorgungskritikalität von Einsatzstoffen.

„Wo es kritisch ist, das ist einfach der Preis. Wo es immer geht, werden Sie versuchen, Platingruppenmetalle zu ersetzen, einfach weil der Preis hoch ist. [...] Also, was immer Sie mit Eisen, Kobalt, Nickel ersetzen können, ersetzen Sie. Aber es gibt einen guten Grund, warum man Platinmetalle verwendet, die sind einfach aktiver.“  
(Interview)

# 5 Maßnahmen zur Erschließung von Einsparpotenzialen

## Produkt und Fertigung

- Maßnahmen am Produkt – sehr spezifisch und facettenreich  
Einige grundsätzliche Herangehensweisen:
  - Machen Sie Materialeffizienz zum Entwicklungsziel, nehmen Sie sie ins Lastenheft auf.
  - Beziehen Sie alle betroffenen Abteilungen in den Entwicklungsprozess ein.
  - Optimieren Sie die Konstruktion gezielt auf die Materialeigenschaften hin.
  - Setzen Sie Recyclingmaterial ein.
  - Prüfen Sie ob Sie Fertigungstoleranzen anpassen können.
- Maßnahmen im Prozess – abhängig von Produkten und Fertigungsprozessen (siehe Kapitel 4)
- Einsatz neuer Technologien – abhängig von Produkten und Fertigungsprozessen (siehe Kapitel 4)
  - Informieren Sie sich ständig über technische Innovationen, um große Entwicklungsschritte nicht zu verpassen.
  - Berücksichtigen Sie auch die Nebeneffekte von Investitionsentscheidungen wie Möglichkeiten zur Einsparung von Bearbeitungsschritten oder Vorteile für die Prozessüberwachung.

„In der Entwicklung, sagt man heute, werden 90 % der Produktkosten gemacht. Das heißt, wenn ich im Konzept falsch liege, dann kriege ich das nachher nicht mehr geradegebogen.“ (Interview)

## Interne Prozesse

- Materialströme und Fehlerquellen analysieren
  - Erfassen und analysieren Sie Materialverluste, Ausschussquoten, Ursachen für Verluste und Einsparmöglichkeiten zu jedem Prozessschritt.
  - Ermitteln Sie den tatsächlichen Wertverlust durch fehlerhafte Zwischenprodukte. (einschließlich der ins Zwischenprodukt investierten Bearbeitungskosten, Logistikkosten etc.).
  - Prüfen Sie Ihre Lager- und Bestellprozesse.
  - Führen Sie Kennzahlen ein und überprüfen Sie sie regelmäßig.
- Qualitätssicherung
  - Verkürzen Sie Ihre Prüfzyklen.
  - Führen Sie Qualitätskontrolle und Funktionsprüfung auch an Zwischenprodukten durch; Prüfung von Zwischenprodukten vermeidet die Komplettierung fehlerhafter Vorprodukte.
- Setzen Sie Informationssysteme ein.
- Führen Sie Managementsysteme zur Strukturierung von Innovationsprozessen ein.

„Ausnutzung und Fehlerreduzierung, das sind die zwei Hauptmöglichkeiten, die ich habe, um in der Produktion möglichst wenig Abfall zu erzeugen. Weil, ich habe da Zeit und Energie reingesteckt, das Teil zu produzieren, und hinten sortiere ich es aus. Und das Zweite ist, ich muss es ja danach häufig genug entsorgen, also das heißt, ich habe die Rückkosten. Auf Qualitätskosten wird bei uns sehr geachtet, und da würden diese Fehlerkosten ja mit hineinfallen.“ (Interview)

## Mitarbeiter

- Mitarbeitern einbinden
  - Machen Sie die Steigerung der Materialeffizienz zum Teil der Unternehmenskultur.
  - Führen Sie ein betriebliches Vorschlagswesen und ein Ideenmanagementsystem ein.
  - Sorgen Sie dafür, dass die Ideen Ihrer Mitarbeiter Anerkennung erfahren.
  - Schaffen Sie eine Atmosphäre, in der jeder seine Meinung äußert; mindern Sie Störungen durch betriebsinterne Hierarchien.
- Mitarbeiter sensibilisieren und qualifizieren
  - Betrachten Sie die Mitarbeiter-Qualifizierung als permanenten Prozess, auch für Arbeiter und Hilfskräfte.
  - Schaffen Sie Bewusstsein für Materialpreise, Verfahrenskosten, Materialeinsatz und Kosten von Nachbearbeitungen; setzen Sie hierzu z. B. Plakate und Bilder am Arbeitsplatz ein.
  - Schaffen Sie Bewusstsein dafür, dass ein effizienterer Umgang mit den eingesetzten Rohstoffen zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit führt und somit einen Wettbewerbsvorteil darstellt.
- Zusammenarbeit fördern
  - Bringen Sie verschiedene Unternehmenseinheiten miteinander ins Gespräch, z.B. durch Workshops oder durch
  - Einrichtung einer Arbeitsgruppe Materialeffizienz.
  - Holen Sie alle Beteiligten zusammen um zu besprechen, wie Ausschuss und Nacharbeiten vermieden und Reibungen vermindert werden können.

**Hinweis:** Aus vielen Untersuchungen ist bekannt, dass die Einbindung und Kooperation von Mitarbeitern nicht immer auf effektive Weise erfolgen.

„Es gab Kommunikationsprobleme. Zum Beispiel haben sich die Monteure immer beklagt, ‚Das sagen wir schon seit 20 Jahren, aber in den anderen Abteilungen ist es nirgends angekommen.‘“ (Interview)

„Es ist wichtig, dass auch wirklich jeder der Mitarbeiter sich traut sich zu äußern. Das ist immer ein bisschen schwierig, dass auch wirklich alle ihre Meinung sagen. Dazu müssen sie natürlich erst mal das Gefühl haben, dass sie da auch Anerkennung oder Wertschätzung bekommen. In der Fertigung ist das noch ein bisschen schwierig, weil da doch die Wertigkeiten innerhalb der Mitarbeiter sehr gepflegt werden, also die Hackordnung.“ (Interview)

## Wertschöpfungskette

- Bauen Sie vertrauensvolle und längerfristige Partnerschaften mit Lieferanten auf.
- Verstärken Sie Austausch und Kooperation mit Kunden und Lieferanten; sensibilisieren Sie Kunden und Lieferanten für das Thema.
- Suchen Sie Rat bei Forschungseinrichtungen und Experten.

**Hinweis:** Kooperation und Kommunikation in der Wertschöpfungskette über die direkten Beziehungen hinaus (z. B. Kunden der Kunden, Lieferanten der Lieferanten) werden wenig praktiziert, können aber ungeahnte Möglichkeiten eröffnen.

„Es ist wichtig Entwicklungspartnerschaften aufzubauen und wirklich Neuland zu erarbeiten, auch für Materialeffizienz. Hier ist es wichtig, dieses längere und nachhaltigere Denken reinzukriegen, wir kommen nicht weiter, wenn wir immer die Günstigsten nehmen, wir müssen auch den nehmen, der uns weiterbringt und mit dem wir eine Partnerschaft eingehen können.“ (Interview)

# 6 Barrieren bei der Steigerung der Materialeffizienz

## Kundenwünsche

- Oft erschweren Kundenanforderungen Maßnahmen wie Änderungen an der Produktkonstruktion, den Einsatz anderer Materialien oder von Recyclingmaterialien. Im Leistungsverzeichnis ist vieles bereits festgelegt, und der Zulieferer hat wenig Möglichkeiten daran etwas zu ändern.
- Die Beratung von Kunden hin zu einer optimierten Produktgestaltung scheitert vielfach daran, dass diese eine offene Diskussion aus Wettbewerbsgründen verweigern.
- Nicht immer ist es im Sinne von Zulieferern, den Materialbedarf zu reduzieren. Dies gilt vor allem, wenn die Erträge der Zulieferer von den Materialmengen bestimmt sind.
- Vor allem kleinere Unternehmen haben oft nur begrenzte Einflussmöglichkeiten auf ihre Kunden.

**Hinweis:** Die gefühlte Abhängigkeit und die Delegation des Problems an vorgelagerte Prozesse hindern viele Unternehmen, über Möglichkeiten zur Steigerung der Materialeffizienz nachzudenken. Suchen Sie mit anderen Unternehmen in der Wertschöpfungskette nach Wegen, wie Sie gemeinsam Vorteile erzielen können.

„Das ist schwierig, weil sich die Auftraggeber nicht in die Karten schauen lassen wollen, frühzeitig. Die sind oft ja selber an Aufträgen dran und wollen nicht, dass ein anderer den kriegt. Wollen oft auch Daten nicht preisgeben, was sie selber gemacht haben.“ (Interview)

## Zeitmangel

- Im Tagesgeschäft fehlt grundsätzlich oft die Zeit.
- Im Zuge immer kürzer werdender Entwicklungszyklen werden auch die Zeitfenster zur Verbesserung der Materialeffizienz in der Produktentwicklung und der Fertigung immer enger.
- Die Zeitfenster für die Bearbeitung von Aufträgen werden immer enger. Dies erschwert eine bessere Planung von Bestell- und Produktionsabläufen.
- Der Einsatz von Fabrik- und Produktionsplanungssoftware, erfordert einen Mehraufwand in der Planung und Arbeitsvorbereitung.
- Für Unternehmen, die nur geringe Stückzahlen oder gar Einzelteile fertigen, ist die Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen oft nur begrenzt möglich. Unternehmen mit Serienfertigung können hierzu mehr Zeit aufwenden.

**Hinweis:** Wenn Aktivitäten zur Steigerung der Materialeffizienz beschlossen werden, ist es wichtig, den betroffenen Mitarbeitern hierfür ein verbindliches und verlässliches Zeitbudget zu geben und die Wichtigkeit des Themas deutlich zu machen.

„Wenn Sie ein Produkt haben, das Sie zu hundert Prozent produzieren, dann können Sie das natürlich bis auf die letzten Promille optimieren. Wenn Sie jeden Tag was anderes machen, dann geht das einfach nicht und macht dann wahrscheinlich auch keinen Sinn. Die Stückzahl ist wahrscheinlich der größte Knackpunkt an der Sache.“ (Interview)

## Mangel an Information

- Die Flut an Informationen wird immer größer. Es fehlt vor allem an bedarfsgerecht aufbereiteten Informationen.
- Vielfach sind Informationen verfügbar, aber jedes Unternehmen muss sie selbst erarbeiten. Innerhalb der Branche findet oft kaum Erfahrungsaustausch statt, weil jeder sein Wissen als Konkurrenzvorteil sieht.
- Mitarbeiter mit den Kenntnissen und Erfahrungen sind häufig aufgrund anderer Aufgaben nicht verfügbar.

**Hinweis:** Um den Aufwand bei der eigenen Informationsrecherche zu vermindern, ist es hilfreich, externe Unterstützung durch Berater, Hochschulen oder Institute zu nutzen.

## Hemmende Denkweise

- Viele Befragte nennen als hemmenden Faktor die teils eingefahrenen Denkweisen der Mitarbeiter. So wird insbesondere bei historisch gewachsenen Betrieben oft eine gewisse Betriebsblindheit und Bequemlichkeit beklagt, die Fehler in der Bearbeitung zulässt. Solche eingefahrenen Muster aufzubrechen und Widerstände zu reduzieren wird als schwierig empfunden.
- Vielfach behindern Defizite in Informationsaustausch und Zusammenarbeit zwischen den Unternehmensbereichen die Erkennung und Beseitigung von Schwachstellen. Dies wirkt sich insbesondere dort negativ aus wo in den Kernabläufen kaum Schnittstellen bestehen, etwa zwischen Konstruktion und Einkauf oder zwischen Fertigung und Vertrieb.

**Hinweis:** Die Überwindung hemmender Denkweisen ist wohl das schwierigste Problem bei der Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Materialeffizienz. Wenn es aber gelingt Denkweisen zu ändern, dann hat dies einen Nutzen der weit über Materialeffizienz hinaus reicht.

„Alle, die wir hier selber ausgebildet haben oder die seit Jahren hier mitarbeiten, die haben dieses, „das haben wir schon immer so gemacht.“ Und es ist schwierig, so was rauszubekommen.“ (Interview)

## Hohe Kosten und fragliche Rentabilität

- Optimierungen im Bereich der Unternehmens- und Produktionsabläufe sind immer eine Abwägung zwischen Aufwand und Nutzen. Es genügt nicht, dass Materialeffizienz sich rechnet, solange Aktivitäten an anderer Stelle deutlich mehr Nutzen bringen.
- Oft vertreten Unternehmen die Auffassung, sie hätten bereits eine hohe Materialeffizienz. Für die Erschließung weiterer Einsparpotenziale sei daher ein erheblicher und unwirtschaftlicher Mehraufwand erforderlich.

**Hinweis:** Viele befragte Unternehmen betrachten Investitionen zur Verbesserung der Materialeffizienz als Notwendigkeit, um auch in Zukunft am Markt Chancen zu haben. Für viele Maßnahmen würden aber gar keine großen Investitionen erforderlich sein, sondern die vorhandenen Personalressourcen ausreichen.

„Die Unternehmen, die heute nicht in der Lage sind, sich innovativ aufzustellen, gibt es morgen nicht mehr.“ (Interview)

Um den Unternehmen trotz dieser Barrieren die Steigerung der Materialeffizienz zu erleichtern, gibt es vielfältige Unterstützungsangebote, die im folgenden Abschnitt dargestellt werden.

# 7. Welche Unterstützung gibt es für bayerische Unternehmen?

## 7.1 Wichtige Fördermöglichkeiten

### „Innovationsgutscheine für kleine Unternehmen / Handwerksbetriebe“ (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie)

<p><b>Was wird gefördert?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovationsgutschein 1: Planung, Entwicklung und Umsetzung neuer Produkte, Produktionsverfahren oder Dienstleistungen bzw. deren wesentliche Verbesserung.</li> <li>• Innovationsgutschein 2: finanzintensivere und damit wirtschaftlich riskantere innovative Projekte mit einem externen Auftragsvolumen von mindestens 25.000 €.</li> </ul>	<p><b>Wie wird gefördert?</b></p> <p>Zuwendungsfähig* sind 50 bzw. 60 Prozent der förderfähigen Ausgaben je Innovationsgutschein</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovationsgutschein 1: max. 7.500 € bzw. 9.000 €</li> <li>• Innovationsgutschein 2: max. 15.000 € bzw. 18.000 €</li> </ul>
<p><b>Wer wird gefördert?</b></p> <p>Ausschließlich Leistungen externer Entwicklungs- oder Forschungseinrichtungen. Dazu zählen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tätigkeiten im Vorfeld der Entwicklung innovativer Produkte / Dienstleistungen oder Verfahreninnovationen</li> <li>• Umsetzungsorientierte Entwicklungs- und Forschungstätigkeiten</li> </ul>	<p><b>Vorgehen bei Beantragung?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Online-Anträge unter: <a href="http://www.innovationsgutschein-bayern.de">www.innovationsgutschein-bayern.de</a></li> <li>• Prüfung der Anträge fortlaufend und zeitnah.</li> <li>• Entscheidung innerhalb von 4 Wochen nach Antragstellung.</li> </ul>

**Weitere Informationen:**  
[www.innovationsgutschein-bayern.de](http://www.innovationsgutschein-bayern.de)  
 Ansprechpartner: ITZB, Hotline: 0800-0268724 (kostenfrei)

### BayTP: Bayerisches Technologieförderungs-Programm (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie)

<p><b>Was wird gefördert?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklungsvorhaben: Entwicklung technologisch neuer Produkte oder Verfahren von der Idee bis zum im Kern funktionsfähigen Vorprototyp (Phase I) oder vom Vorprototyp bis zu einem, alle Funktionen erfüllenden ersten Prototypen (Phase II)</li> <li>• Anwendungsvorhaben: Einführung neuer Technologien in Unternehmen, die vom Antragssteller in wesentlichen Teilen nicht selbst entwickelt worden sind</li> </ul>	<p><b>Wie wird gefördert?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklungsvorhaben: Darlehen oder Zuschüsse</li> <li>• Anwendungsvorhaben: Darlehen</li> </ul>
<p><b>Wer wird gefördert?</b></p> <p>Entwicklungsvorhaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittelständische Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft mit höchstens 400 Beschäftigten</li> <li>• Sitz oder Niederlassung im Freistaat Bayern</li> </ul> <p>Anwendungsvorhaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kleine und mittlere Unternehmen (KMU**) der gewerblichen Wirtschaft</li> </ul>	<p><b>Entwicklungsvorhaben:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronische Antragstellung (ELAN) über <a href="http://www.fips.bayern.de">www.fips.bayern.de</a></li> </ul> <p><b>Anwendungsvorhaben:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drei bzw. vier ausgefüllte Vordrucke</li> <li>• Über die Hausbank bei der Regierung einzureichen, in deren Bezirk das Vorhaben durchgeführt werden soll</li> </ul>

**Weitere Informationen:**  
[www.stmwivt.bayern.de/service/foerderprogram-me/technologiefoerderung](http://www.stmwivt.bayern.de/service/foerderprogram-me/technologiefoerderung)  
 Ansprechpartner: ITZB, Hotline: 0800-0268724 (kostenfrei)

## BMWi-Innovationsgutscheine – Modul: go-effizient (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie)

<p><b>Was wird gefördert?</b></p> <p>Externe Beratungsleistungen (Beratung, Coaching, Schulung) m. d. Ziel, Rohstoff- und Materialeinsatz im Unternehmen zu verringern. Beratung in zwei Stufen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Potentialanalyse: meist Stoffstromanalyse, Ermittlung der Materialverluste, materialeffiziente Produktgestaltung, Vorschlag geeigneter Maßnahmen</li> <li>2. Vertiefungsberatung: meist: detaillierte Maßnahmenplanung, vertiefte Analyse von Einsparpotenzialen, fachliche Umsetzungsbegleitung, Beratung zu Fördermöglichkeiten</li> </ol>	<p><b>Wie wird gefördert?</b></p> <p>Gefördert werden 50 Prozent der Beratungskosten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenzialanalyse: max. 17.000 €</li> <li>• Vertiefungsberatung: max. 80.000 €</li> </ul>
<p><b>Wer wird gefördert?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KMU** des produzierenden Gewerbes mit Produktionsbetrieb in Deutschland und relevantem Rohstoff- und Materialfluss</li> <li>• Bei besonders innovativen und risikoreichen Vorhaben auch Unternehmen mit bis zu 999 Mitarbeitern (Obergrenze für Jahresumsatz entfällt)</li> <li>• Es müssen von der demea autorisierte Beratungsunternehmen zum Einsatz kommen.</li> </ul>	<p><b>Vorgehen bei Beantragung?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl eines autorisierten Beraters über <a href="http://www.demea.de/beraterpool/berater/suche">www.demea.de/beraterpool/berater/suche</a></li> <li>• Der Berater generiert über das Online-Portal PROTON einen Gutschein. Dieser ersetzt die Antragstellung – das Vorhaben kann sofort starten.</li> </ul>

### Weitere Informationen:

[www.demea.de/foerderung](http://www.demea.de/foerderung)

Ansprechpartner: Deutsche Materialeffizienzagentur; Hotline: 030/310078 220; E-Mail: [info@demea.de](mailto:info@demea.de)

## BayNW: Neue Werkstoffe (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie)

<p><b>Was wird gefördert?</b></p> <p>Erforschung, Entwicklung und Erprobung von modernen Werkstoffen und neuen Verfahrenstechnologien; Schwerpunktthemen u. a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leichtbauwerkstoffe</li> <li>• Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde</li> <li>• Substitution ressourcenbeschränkter Materialien und Verfahren zur Wiederverwertung</li> <li>• Modellierung und Simulation von Material- und Werkstoffeigenschaften sowie Verarbeitungsprozessen</li> </ul>	<p><b>Wie wird gefördert?</b></p> <p>Zuschüsse im Rahmen einer Projektförderung ***</p> <p>Für Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft beträgt der Zuschuss</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• max. 50 Prozent, im Falle der industriellen Forschung</li> <li>• max. 25 Prozent, im Falle der experimentellen Entwicklung</li> </ul>
<p><b>Wer wird gefördert?</b></p> <p>Vorhaben muss Zusammenarbeit von Unternehmen bzw. von Unternehmen und Forschungseinrichtungen sein (Verbundvorhaben). Antragsberechtigt sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KMU** mit Sitz oder Niederlassung in Bayern</li> <li>• Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Einrichtungen staatlicher Hochschulen in Bayern</li> <li>• Sonstige Antragsteller (bei fachlicher Qualifikation und ausreichenden Kapazitäten)</li> </ul>	<p><b>Entwicklungsvorhaben:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronische Antragstellung (ELAN) über <a href="http://www.fips.bayern.de">www.fips.bayern.de</a></li> <li>• Skizzen und Anträge an Projektträger richten</li> <li>• Frühzeitige Kontaktaufnahme mit Projektträger wird empfohlen</li> <li>• Antragsteller müssen für die Projektdurchführung ausreichende Bonität haben und diese ggf. nachweisen</li> </ul>

### Weitere Informationen:

[www.fips.bayern.de](http://www.fips.bayern.de)

Ansprechpartner: Projektträger PT – J; Forschungszentrum Jülich GmbH; Geschäftsbereich NMT

E-Mail: [c.wadewitz@fz-juelich.de](mailto:c.wadewitz@fz-juelich.de); Telefon: 02461/61-3564

## KMU-innovativ: Ressourcen- und Energieeffizienz (Bundesministerium für Bildung und Forschung)

<p><b>Was wird gefördert?</b></p> <p>FuE-Vorhaben zu Ressourcen-/Energieeffizienz einschließlich Klimaschutz, die wichtig für die Positionierung am Markt sind. Schwerpunkte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ressourceneffizienz v.a. in rohstoffintensiven Produktionssystemen (z. B. Verarbeitung metallischer und mineralischer Rohstoffe, Herstellung chemischer Grundstoffe)</li> <li>• Verbesserung der Rohstoffproduktivität durch Optimierung von Wertschöpfungsketten</li> <li>• Innovative Recycling- und Verwertungsverfahren</li> <li>• Funktionalisierung von Oberflächen für den erweiterten Einsatz von biogenen Rohstoffen</li> </ul>	<p><b>Wie wird gefördert?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Förderung beträgt max. 50 Prozent der entstehenden zuwendungsfähigen Kosten.</li> <li>• Durch Gewährung eines KMU-Aufschlags (Bonus) kann sich der Förderanteil erhöhen</li> <li>• Das maximale Projektvolumen ist vom Leistungsvermögen der beteiligten KMU abhängig.</li> </ul>
<p><b>Wer wird gefördert?</b></p> <p>KMU**</p>	<p><b>Vorgehen bei Beantragung?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektskizzen können jederzeit eingereicht werden.</li> <li>• An zwei Stichtagen im Jahr (15. April und 15. Oktober) erfolgt Bewertung der Projektskizzen.</li> <li>• Spätestens 2 Monate danach wird über das Ergebnis informiert.</li> <li>• Bei positiver Bewertung ist ein Projektantrag einzureichen.</li> <li>• Ist das Prüfungsergebnis positiv, geht der Bewilligungsbescheid innerhalb von 2 Monaten zu.</li> </ul>

### Weitere Informationen:

www.ptj.de/kmu-innovativ; Ansprechpartner: André Greif, Telefon: 030 20199-564, E-Mail : a.greif@fz-juelich.de  
 Dr. Ingo Fitting, Telefon: 030 20199-439, E-Mail: i.fitting@fz-juelich.de  
 Lotsendienst für Unternehmen: Hotline: 0800 2623-009; E-Mail: lotse@kmu-innovativ.de

\* Zuwendungsfähig (beihilfefähig): Die gemäß dem Zweck der Förderung erforderlichen und vom Fördergeber vorgesehenen Ausgaben. Einzelheiten sind in den Förderrichtlinien beschrieben.

\*\* KMU (Kleine und mittelständische Unternehmen) sind definiert als Unternehmen mit < 250 Beschäftigten und entweder einen Jahresumsatz von < 50 Mio. € oder eine Jahresbilanzsumme von < 43 Mio. €.

\*\*\* Projektförderung: Zuschüsse zur Durchführung von Projekten mit bestimmten Themenstellungen

**Hinweis:** Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl weiterer, nicht direkt auf Materialeffizienz zugeschnittener Förderprogramme, die Projekte mit anderen Schwerpunkten unterstützen, welche auch der Materialeffizienz dienen können. Als ein Beispiel sei das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie genannt. Nähere Informationen hierzu unter: [www.zim-bmwi.de](http://www.zim-bmwi.de).

## 7.2 Weitere Unterstützung

### Fortbildung und Arbeitsgruppen

Erkundigen Sie sich, ob Ihr Wirtschaftsverband oder Ihre IHK Fortbildungsveranstaltungen oder eine Arbeitsgruppe zum Thema Materialeffizienz anbietet. Wenn Sie hier mitarbeiten oder sich schulen lassen, bekommen Sie wertvolle Informationen und Kontakte. Fortbildungsveranstaltungen werden auch von privatwirtschaftlichen Unternehmen und Instituten angeboten.

### Bachelor- und Masterarbeiten

Mit Bachelor- oder Masterarbeiten können Sie neue Ideen ins Haus holen, Erfolgsaussichten prüfen oder erste Schritte zur Realisierung einer Maßnahme tun. Scheuen Sie sich nicht auf die Hochschulen zuzugehen:

- Beschreiben Sie auf etwa einer halben Seite, welche Aufgabe bearbeitet werden soll.
- Fragen Sie die Wissens- und Technologietransferstellen der Hochschulen Ihrer Region nach geeigneten Lehrstühlen oder Fakultäten. Auch Ihre IHK oder Ihr Wirtschaftsverband kann Kontakte vermitteln.
- Die Professoren sagen Ihnen, ob das Thema geeignet ist, ob sie die Betreuung übernehmen wollen und stimmen das weitere Vorgehen mit Ihnen ab.
- Der/die Studierende braucht dann einen Ansprechpartner in Ihrem Unternehmen. Ein Professor / eine Professorin übernimmt die Betreuung seitens der Hochschule.

Die Vergütung für den/die Studierende/n beträgt wenige hundert Euro pro Monat. Die Bearbeitungszeit liegt für Bachelorarbeiten bei etwa 3, für Masterarbeiten bei etwa 6 Monaten. Bachelorarbeiten haben eher einfache Themenstellungen mit hohem Praxisbezug, für Masterarbeiten sind anspruchsvollere Themen erforderlich.

### Externe Moderation

Fragen zur Materialeffizienz betreffen oft mehrere Unternehmensbereiche und sie rühren an gewohnte Abläufe. Die gemeinsame Suche nach internen Schwachstellen und Verbesserungsansätzen in Arbeitsgruppen ist oft wesentlich ergiebiger wenn die ersten Sitzungen von einem externen Moderator begleitet werden. Wählen Sie einen erfahrenen Moderator aus, der auch über technischen Sachverstand verfügt.

### Forschungsprojekte

Mit Forschungsprojekten können Sie aufwändigere Entwicklungsarbeiten in Angriff nehmen. Meist ist ein hoher Neuigkeitsgrad erforderlich. Die Bearbeitung erfolgt meist gemeinsam mit Forschungsinstituten. Setzen Sie sich frühzeitig mit einem geeigneten Hochschulinstitut oder außeruniversitären Forschungsinstitut in Verbindung. Bei Interesse übernehmen die Institute oft große Teile der Antragsformulierung. (Weitere Informationen: Kapitel 7.1.)

### Beratungs- und Entwicklungsaufträge

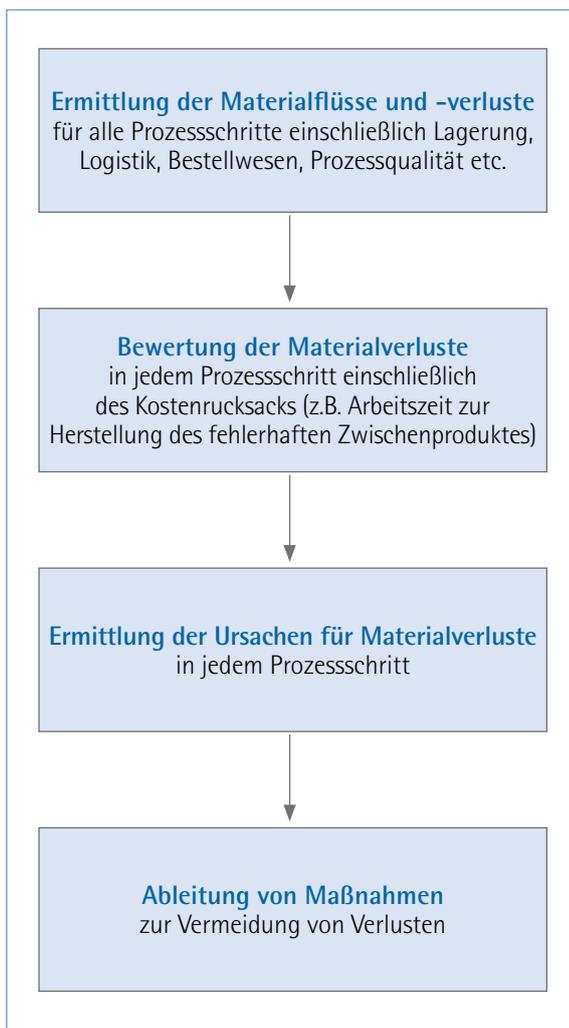
Auch wenn Sie keine Fördermittel in Anspruch nehmen, steht Ihnen an den bayerischen Hochschulinstituten eine Vielzahl an Experten zur Verfügung. Gehen Sie auch auf praxisorientierte außeruniversitäre Forschungsinstitute zu. Das sind etwa die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft, aber auch Institute wie das bifa Umweltinstitut oder die PTS. Alle diese Partner können Sie direkt beauftragen. Dies gilt natürlich auch für die zahlreichen privatwirtschaftlichen Beratungsunternehmen und Ingenieurbüros.

# 8. Materialeffizienz – was tun?

## 8.1 Grundlegende Maßnahmen

In Unternehmen, die noch nicht systematisch und in allen Bereichen nach Wegen zur Steigerung der Materialeffizienz gesucht haben, bestehen meist interessante Verbesserungsmöglichkeiten. Dies dürfte insbesondere bei einem Teil der kleinen und mittelständischen Unternehmen der Fall sein. Hier sind oft auch durch einfache und kostengünstige Maßnahmen gute Fortschritte möglich.

**Bei der Analyse der Produktionsprozesse sind folgende Schritte zu empfehlen:**



Für diese Analyse empfiehlt sich der Einsatz von demea-Beratern über die „go-effizient“ Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Bei der Antragstellung helfen die demea-Berater meist gerne (s. Kapitel 7.1).

Die Mitarbeiter sollten von Anfang an in diesen Prozess eingebunden werden. Je nach Qualifikation und Aufgabenbereich kann dies durch Information und Sensibilisierung bis hin zur aktiven Beteiligung an der Analyse und der Identifizierung und Umsetzung wirksamer Maßnahmen erfolgen. Die Beteiligung fördert die Bereitschaft, den Prozess und die Maßnahmen mit voranzutreiben.

Auch mögliche einfache Maßnahmen zur materialeffizienteren Produktgestaltung sollten frühzeitig geprüft werden.

Bei der Suche nach technischen Maßnahmen haben KMU oft nicht die Möglichkeit, aktuelle Entwicklungen in der Fertigungstechnik im Blick zu behalten. Hier empfiehlt es sich, externen Sachverstand einzubinden. Auch für kleinere Unternehmen kann es interessant sein, Hochschulen über Bachelor- oder Masterarbeiten einzubinden.

Für komplexere Themen kann die Einbindung von Instituten und Beratern vorteilhaft sein. Der finanzielle Aufwand kann durch Inanspruchnahme von Förderprogrammen deutlich vermindert werden. Hier sind vor allem zwei Programme des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie zu nennen: Die „Innovationsgutscheine für kleine Unternehmen / Handwerksbetriebe“ und das Bayerische Technologieförderungs-Programm“ (s. Kapitel 7.1).

## 8.2 Die Hohe Schule der Materialeffizienz

Insbesondere große, aber auch viele kleinere Unternehmen kennen die Ursachen ihrer Materialverluste und haben einfache und kostengünstige Maßnahmen bereits weitgehend umgesetzt. Wenn sie darüber hinaus ihre Prozesse mit Hilfe von Kennzahlen überwachen und regelmäßig prüfen, ob neuer Handlungsbedarf besteht, dann gilt es anspruchsvollere und aufwändigere Wege zur Steigerung der Materialeffizienz zu gehen. Dies können Prozess- oder Produktinnovationen mit

hohem Entwicklungsaufwand bis hin zur kompletten Neuentwicklung von Produkten und Dienstleistungen sein. Es können aber auch unternehmens- und wertschöpfungskettenübergreifende Ansätze sein, die ein hohes Maß an Kooperation und Kommunikation erfordern. Materialeinsparungen sind dabei meist eher ein Zusatznutzen. Folgende Tipps können Ihnen helfen, bei diesen komplexen Ansätzen noch erfolgreicher zu werden:

### **Verstärken Sie die interne Kooperation und Kommunikation**

Holen Sie Vertreter aller an der Prozesskette beteiligten Bereiche des Unternehmens zusammen. Suchen Sie gemeinsam nach Handlungsmöglichkeiten, die auch bereichsübergreifende und grundlegende Änderungen umfassen können. Externe Moderation hilft, dabei Zuständigkeitsgrenzen und Vorbelastungen zu entschärfen. Gerade größere Unternehmen können auf diesem Wege unerwartete neue Optionen identifizieren.

### **Suchen Sie die Kooperation in der Wertschöpfungskette**

Suchen Sie gemeinsam mit Kunden und Zulieferern nach Handlungsmöglichkeiten. Nehmen Sie dabei auch weitere Akteure in den Blick, etwa die Zulieferer der Zulieferer oder die Kunden der Kunden. Als Einstieg empfiehlt sich ein Prozess mit drei gut vorbereiteten Workshops. Meist haben Maßnahmenoptionen erst danach einen Reifegrad erreicht, der ihre Bewertung erlaubt. Die Moderatoren sollten gerade hier möglichst von außen kommen, damit der Prozess eine neutrale Steuerung hat.

### **Steuern Sie den Innovationsprozesse gezielt und aktiv**

Steuern Sie jeden Schritt nach seinen Notwendigkeiten. Wenn es gilt Kreativität zu mobilisieren, Informationen und Ideen zu suchen, dann sollten viele unterschiedliche Sichtweisen eingebunden und ein weiter Suchhorizont geschaffen werden. Kommt es darauf an, Ergebnisse präzise auszuarbeiten oder Entscheidungen zu treffen, sind eher wenige Personen zu beteiligen und der Rahmen eng einzugrenzen. Lassen Sie Innovationen treibende Mitarbeiter und Mitarbeiter mit Entscheidungsbefugnis mitwirken. Nutzen Sie Moderatoren mit Erfahrung in der Steuerung von Innovationsprozessen. Binden Sie möglichst auch externe Personen ein.

### **Bewerten Sie Maßnahmen unter strategische Gesichtspunkten**

Bei aufwändigeren Ansätzen zur Verbesserung von Fertigungsprozessen und Produkten ist eine langfristige Perspektive erforderlich. Häufig werden Projekte in Phasen hoher Rohstoffpreise gestartet und wieder abgebrochen sobald die Preise zurückgehen. Nehmen Sie bewusst eine Langfristperspektive ein, die berücksichtigt, dass es gerade im Bereich der kritischen Materialien auf absehbare Zeit immer wieder zu Preisspitzen kommen wird.

Auch hier können Förderprogramme und externe Experten sehr hilfreich sein. Insbesondere für anspruchsvolle technische Neuentwicklungen kommen zahlreiche Forschungsförderprogramme, wie z.B. „Neue Werkstoffe“, in Frage. Aber auch Förderprogramme wie „KMU innovativ“, das Bayerische Technologieförderungs-Programm oder die „demea Vertiefungsberatung“ sind für komplexere Themen geeignet. (s. Kapitel 7.1).

## 9. Fazit

Mit dieser Studie liegt erstmals eine umfassende und fundierte Analyse über Materialverbrauch und Materialeffizienz in Bayern mit Schwerpunkt auf besonders ressourcenbeschränkte Materialien vor.

Der Tenor der Befragten zum Stand der Materialeffizienz lautet: Die wesentlichen Hausaufgaben sind in vielen Unternehmen erledigt. Mit einfachen Mitteln sind oft nur noch kleinere Fortschritte möglich. Vor allem Unternehmen mit hohen Materialkosten sind meist schon sehr effizient. Dennoch ist es wichtig, kontinuierlich am Thema zu arbeiten, denn es gibt immer wieder neue Möglichkeiten, den Materialeinsatz weiter zu reduzieren. Eine verbesserte Materialeffizienz hilft Kosten zu senken, und sie mindert strategische Risiken durch vorübergehende, aber in ihrem Ausmaß kritische Preisausschläge. Diese Risiken sind bei ressourcenbeschränkten Materialien besonders groß.

Die zu ergreifenden Maßnahmen sind in den Unternehmen sehr unterschiedlich. Vor allem in kleinen und mittelständischen Unternehmen ist die systematische Erfassung der Materialverbräuche und -verluste und ihrer Ursachen oft ein Weg zu weiteren Verbesserungen bei überschaubaren Kosten. In größeren Unternehmen können Fortschritte durch intensivere Kooperation entlang der Wertschöpfungskette zugänglich werden sowie durch grundlegende Änderungen an den Produkten. Für Verbesserungen an Fertigungsprozessen und

Produkten bieten sich schon aufgrund der ständigen technischen Weiterentwicklung immer wieder neue Möglichkeiten, die jedes Unternehmen im Blick behalten wird, das konkurrenzfähig bleiben will.

Erhebliche Verbesserungsmöglichkeiten bieten sich in vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen durch wirksamere Mitarbeiterbindung. In größeren Unternehmen gilt es eher die Zusammenarbeit über die Bereichs- und Abteilungsgrenzen hinaus zu verbessern. Aktivitäten in diesen Feldern bringen die Materialeffizienz voran und fördern zugleich Zusammenarbeit und Innovationsfähigkeit im Unternehmen.

Zur Überwindung der Materialeffizienz-Barrieren empfiehlt es sich, die vielfältigen Angebote zur Unterstützung in Anspruch zu nehmen, die von staatlichen Förderprogrammen bis hin zu Angeboten der Wirtschaftsverbände sowie der Industrie- und Handelskammern reichen. Die Einbindung externer Experten und Moderatoren macht neue Herangehensweisen und den Blick von außen zugänglich und kann sehr effizient zu neuen und unerwarteten Einsichten führen.

Wir wünschen den Unternehmen der bayerischen produzierenden Wirtschaft dabei viel Erfolg und eine weiterhin ausgeprägte Bereitschaft, auch im Bereich der Materialeffizienz neue und auch ungewohnte Wege zu gehen.



# Weitere Informationen



**Deutsche Materialeffizienzagentur:**

[www.demea.de](http://www.demea.de)

**Selbstcheck der deutschen Materialeffizienzagentur mit  
Überblick über Maßnahmen:**

[www.demea.de/selbstcheck](http://www.demea.de/selbstcheck)

**Informationen über weitere Förderprogramme des Bundes,  
der Länder und der EU:**

[www.foerderdatenbank.de](http://www.foerderdatenbank.de)

**Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien,  
Energie und Technologie:**

[www.stmwi.bayern.de](http://www.stmwi.bayern.de)

**Haus der Forschung:**

[www.hausderforschung.bayern.de](http://www.hausderforschung.bayern.de)

# Literatur

**Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (2011):** Produktion des Verarbeitenden Gewerbes in Bayern 2011 (sowie Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden); Statistische Berichte (Kennziffer: E I 5 j 2011)

**BASF (2002):** BASF Handbuch Lackiertechnik, 12. Auflage, Vincentz Network 2002

**BayPapier (2012):** Daten & Fakten – Papiererzeugung. BayPapier.  
Internetveröffentlichung: [www.baypapier.com/papier-verpackung/daten-fakten/papiererzeugung](http://www.baypapier.com/papier-verpackung/daten-fakten/papiererzeugung),  
Zugriff 1.2013

**Breuning (2005):** Bewältigung der Abluftproblematik im Metall und Kunststoffbereich, In: Vollzug der 31. BImSchV bei der Metall und Kunststoffbeschichtung, Fachtagung Bayerisches Landesamt für Umwelt 25.10.2005

**Europäische Union (2010):** Critical raw materials for the EU – Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials

**FAOSTAT (2013):** Statistische Daten der Food and Agriculture Organization of the United Nations;  
[www.faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor](http://www.faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor) Zugriff 16.09.2013

**GP (2009):** Produktionsstatistiken basierend auf dem Güterverzeichnis 2009. Statistisches Bundesamt sowie Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung; Angaben für 2011

**UM-BW (2012):** Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Informationszentrum für betrieblichen Umweltschutz (IBU): Betrieblicher Umweltschutz-Beschichtungsverfahren;  
[www.umweltschutz-bw.de/?vl=458](http://www.umweltschutz-bw.de/?vl=458), Zugriff 30.11.2012

**IW Consult (2011):** Rohstoffsituation Bayern: Keine Zukunft ohne Rohstoffe – Strategien und Handlungsoptionen.  
vbw, München

**IZT & adelphi (2011):** Kritische Rohstoffe für Deutschland. Identifikation aus Sicht deutscher Unternehmen wirtschaftlich bedeutsamer mineralischer Rohstoffe, deren Versorgungslage sich mittel- bis langfristig als kritisch erweisen könnte. Abschlussbericht, Berlin

**USGS (2010):** Mineral Commodity Summaries; [www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/](http://www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/)

**vdp (2013):** Papier 2013 – Ein Leistungsbericht. Verband Deutscher Papierfabriken, Bonn

## Impressum

Herausgeber: bifa Umweltinstitut GmbH  
Am Mittleren Moos 46  
86167 Augsburg

Internet: [www.bifa.de](http://www.bifa.de)  
E-Mail: [marketing@bifa.de](mailto:marketing@bifa.de)  
Stand: März 2014



© bifa Umweltinstitut GmbH, alle Rechte vorbehalten

Foto:  
S. 1: ©Andrey Kuzmin/fotolia.com; ©steven/fotolia.com; ©simplemade/fotolia.com  
S. 5: ©Tiberius Gracchus/fotolia.com; ©playstuff/fotolia.com  
S. 10: ©CBreywisch/fotolia.com; ©simplemade/fotolia.com  
S. 12: ©steven/fotolia.com  
S. 15: ©Siana Avramova/fotolia.com  
S. 16: ©AK-DigiArt/fotolia.com  
S. 21: ©richterfoto/fotolia.com  
S. 22, 25, 27: [vdp-online.de](http://vdp-online.de)  
S. 31: ©Schlierner/fotolia.com  
S. 32: ©Karol Sobolewski/fotolia.com  
S. 44: ©fotomek/fotolia.com

Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Publikation wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.

Der Inhalt wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.

