



Effizient mit Ressourcen umgehen

# MATERIALFLUSS- KOSTENRECHNUNG

Ressourceneffizienz ist wieder ein Thema. Gemeint sind die energetischen und stofflichen Ressourcen, die jedes produzierende Unternehmen und auch jeder Dienstleister braucht. In Deutschland hat der Kostenanteil der eingekauften Materialien kontinuierlich zugenommen. Er liegt im Durchschnitt bei weit über 40 Prozent des Bruttoproduktionswertes im produzierenden Gewerbe, ist also mehr als doppelt so hoch wie die Personalkosten. Dazu zählen Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, Halbzeuge und andere Vorprodukte. Die Gründe liegen in einer sinkenden Fertigungstiefe und in schwankenden Rohstoffpreisen. Damit verbunden sind große Einsparpotenziale, die inzwischen auch ökonomisch interessant sind. Ressourceneffizienz zielt deshalb nicht nur auf die Schonung der natürlichen Ressourcen ab, sondern ist ebenso ein Beitrag zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der produzierenden Wirtschaft, insbesondere des Mittelstandes.

Die Materialflusskostenrechnung ist eine Analyseverfahren, die hilft, Ineffizienzen bei der Materialverwendung in der Produktionswirtschaft aufzudecken (für eine Übersicht über weitere relevante Methoden siehe das Informationsblatt „Energie- und Stoffstromanalyse“). Sie kann gleichermaßen in der Fertigungs- und Prozessindustrie eingesetzt werden. Mit ihr können Kosten in der Produktion verfolgt und insbesondere den dabei entstehenden Reststoffen zugeordnet werden. Die Sichtweise unterscheidet sich wesentlich von klassischen Kostenrechnungssystemen. Es wird auf dem physischen Mengengerüst der Energie- und Materialflüsse im Unternehmen aufgesetzt und diese werden dann monetär bewertet. Durch die Zuordnung der Kosten auch zu den Reststoffen erhält man eine Zusatzinformation, wie viel und welche Kosten eingespart würden, wenn die Reststoffe vermieden werden könnten.

## Deutsche Pioniere, japanische Praktiker

Die Methode wurde in den 1990er Jahren in Deutschland entwickelt. In Praxisprojekten zum Umweltmanagement zeigte sich schnell, dass der Materialeinsatz nur dann optimiert werden kann, wenn die Prozesse und die Material- und Energieflüsse im Unternehmen beherrscht werden. Häufig wurde das Unternehmen wie eine Black Box betrachtet, in die Energie und Rohstoffe hinein und Produkte und Reststoffe herauskommen. Doch Beherrschung setzt Transparenz sowohl der physischen als auch der kostenmäßig bewerteten Material-

und Energiemengen im Unternehmen voraus. Die Materialflussrechnung will genau diese Transparenz herstellen. Wichtige Pionierleistungen hat Prof. Dr. Bernd Wagner aus Augsburg erbracht, der zusammen mit seinen Mitarbeitern die Methode in Unternehmen wie Merkle Ratiopharm, ITT Automotive oder Ciba Geigy Pharma Deutschland getestet und verfeinert hat. Die Grundprinzipien der Methode wurden in verschiedenen Varianten eingesetzt und anfangs auch unterschiedlich benannt: Reststoffkostenrechnung oder Flusskostenrechnung. Ressourcenkostenrechnung wird z. B. eine Variante genannt, die von der Effizienzagentur Nordrhein-Westfalen eingesetzt wird. Doch die größte Beachtung fand die Methode in Japan, wo inzwischen zahlreiche Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen entsprechende Analysen durchgeführt haben. Fallbeispiele gibt es aus Unternehmen wie Canon, Mitsubishi TanabePharma, NittoDenko oder Kosei Aluminium, aber auch aus vielen kleinen Betrieben (METI 2010).

## Mit der ISO-Norm 14051 weltweite Verbreitung

Japan hat auch die Normierung auf internationaler Ebene unter dem Titel Material Flow CostAccounting (MFCA) bei der ISO angestoßen (ISO 14051). Die Norm zur Materialflusskostenrechnung wurde Ende 2011 veröffentlicht und ist im Mai 2012 im Beuth-Verlag erschienen.

## Die Grundidee

Bei vielen Produktionen entstehen Reststoffe, Verschnitt, Abfälle, Abwasser und Emissionen oder allgemein: Materialverluste. Sie können extern entsorgt oder verwertet werden. Manchmal lassen sie sich auch intern wieder einsetzen. Die herkömmlichen Kostenrechnungssysteme in Unternehmen geben keine oder nur begrenzt Auskunft darüber, welche Kosten mit diesen Materialverlusten tatsächlich verbunden sind. Zwar werden die Entsorgungskosten oder manchmal auch die Erlöse aus einer externen Verwertung erfasst. Aber die Materialverluste kosten das Unternehmen oft ein Vielfaches.

Alles was ein Unternehmen an Materialien verlässt, musste einmal teuer eingekauft werden. Dazu kommen Transport und Lagerung, die Bearbeitung der Materialien und möglicherweise die Beanspruchung von Produktionskapazitäten. Berücksichtigt man diese Kostenbestandteile und ordnet sie auch den Materialverlusten als „Verursacher“ zu, so entstehen mitunter beträchtliche Summen. Diese Zahlen werfen ein anderes Licht auf die Materialverluste. Was bislang ökonomisch bedeutungslos oder technisch zwangsläufig erschien, erhält plötzlich eine Bedeutung.

Die Materialflusskostenrechnung zeigt auf,

- wo und bei welchen Materialverlusten im Unternehmen hohe ökonomische Einsparpotenziale bestehen,
- welche versteckten Kosten an den Materialverlusten hängen, die aber an ganz anderer Stelle im Unternehmen auftreten,
- um wie viel die Produktivität des Unternehmens erhöht werden könnte, wenn die Materialverluste verringert werden,
- wie sich technische Maßnahmen zur Verringerung der Materialverluste tatsächlich amortisieren.

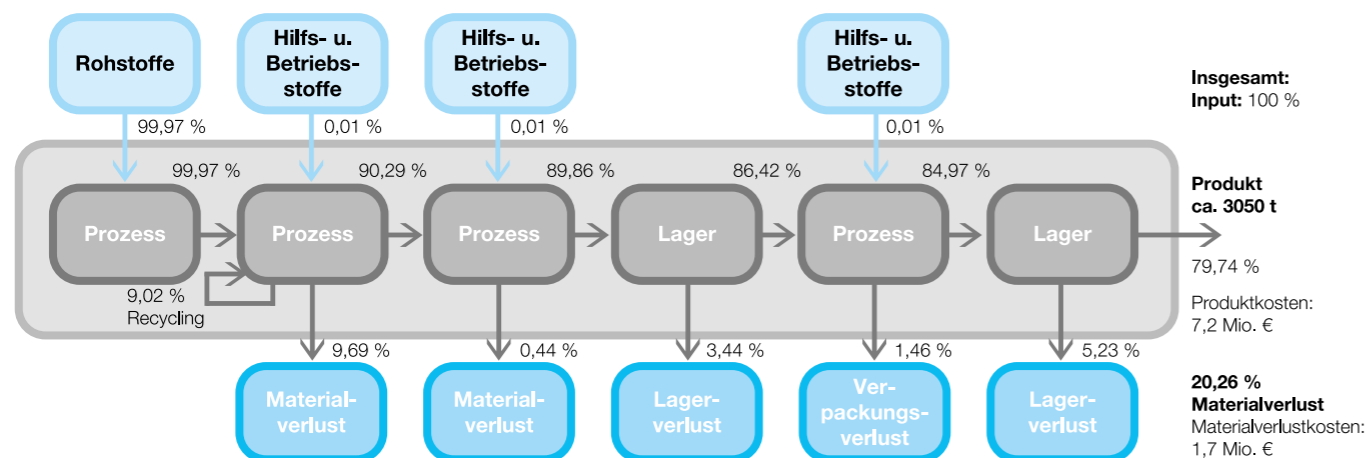
Die ökonomische Analyse zeigt natürlich nicht auf, WIE die Materialverluste verringert werden können, d.h. welche technischen Maßnahmen ergriffen werden müssen. Da sie aber auf den Material- und Energiemengen aufbaut, ist sie die Basis für eine gemeinsame Diskussion und Lösungssuche zwischen den Betriebswirten und den Technikern. Die Materialflusskostenrechnung ist deshalb oft Kristallisationskern für eine abteilungs- und disziplinübergreifende Zusammenarbeit im Unternehmen.

## Ein Beispiel

In Abb. 1 ist ein Beispiel aus einem Chemieunternehmen aus Japan dargestellt. Die Materialverluste werden im Unternehmen explizit über den Einkauf, die Herstellung, Lagerung usw. verfolgt und den einzelnen Prozessen zugeordnet. Das können prozessbedingte Verluste sein, aber auch Verluste, die beim Lagern von Zwischen- oder Endprodukten oder bei der Verpackung entstehen. Die Verluste können sich aus Reststoffen aus dem jeweiligen Produktionsprozess, aus Verschnitt, aus entsorgten Betriebsstoffen, aus fehlerhaften Produkten oder aus verdorbenen bzw. wertlosen Lagerbeständen zusammensetzen. Sie werden mengenmäßig, d.h. in Kilogramm, erfasst. Der Ort ihres Entstehens ist wichtig für die spätere Frage, wer verantwortlich dafür ist und was geändert werden kann.

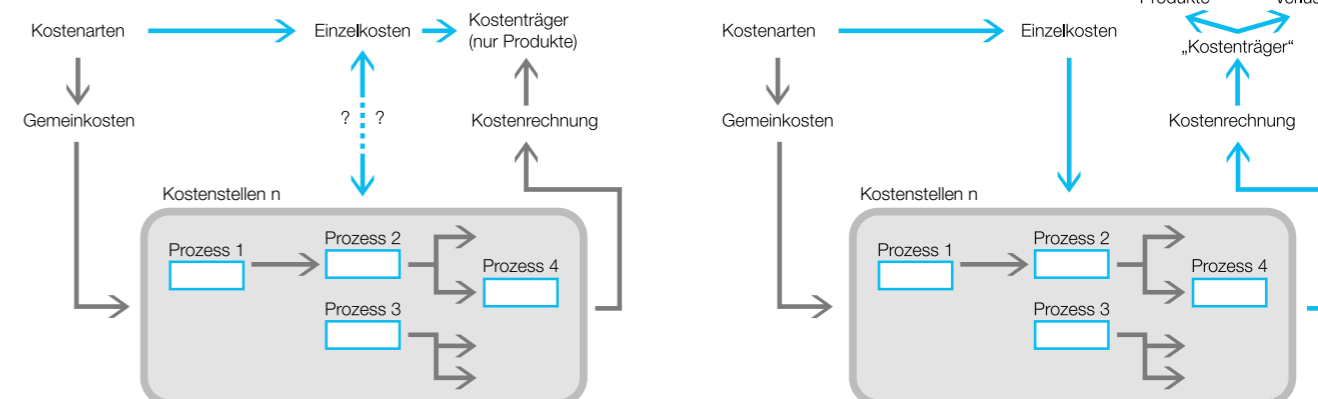
Die Herstellkosten werden nun sowohl den Produkten als auch den Materialverlusten anteilig zugeordnet. Dies wird bei jedem einzelnen Prozess durchgeführt. Hierbei sind auch Personalkosten, Transportkosten usw. enthalten. Insgesamt treten in dem Beispiel in der Summe ca. 20 Prozent Materialverluste auf, die einem Kostenanteil von 1,7 Mio.€ entsprechen. Könnte man alle Materialverluste auf einen Wert Null reduzieren, so wäre dies die Summe, die eingespart werden könnte. Sie liegt deutlich über den bisher ermittelten Zahlen.

Abb.1: Aufteilung der Materialverluste auf einzelne Produktions-, Lager und Verpackungsprozesse



Quelle: In Anlehnung an Sekisui Chemical aus METI (2010)

Abb.2: Klassische Kostenverteilung (links) und Kostenverteilung in der Materialflusskostenrechnung (rechts)



Quelle: In Anlehnung an Kunsleben (2010)

## Unterschied zur herkömmlichen Rechnung

Die Besonderheit der Materialflusskostenrechnung liegt darin, dass die Kosten entlang der Material- und Energieflüsse analysiert werden. Dazu sind Mengenangaben für die Material- und Energieflüsse im Unternehmen erforderlich. Darüber hinaus werden die Mengen und in Folge auch die Kosten einzelnen Kostenstellen zugeordnet. In der Materialflussanalyse ist oft von „Mengenstellen“ die Rede. In Abb. 2 ist erkennbar, was der Unterschied zwischen der herkömmlichen Kostenrechnung und der Materialflusskostenrechnung ist. Klassisch werden alle Kosten nur auf das Produkt als Kosten-träger verrechnet. In der Materialflussrechnung werden aber auch die Materialverluste wie Kostenträger behandelt. Die Kosten werden auf Produkt und Materialverluste nach einem geeigneten Schlüssel verteilt, meistens ist das das Mengenverhältnis zwischen Produkt und Materialverlust.

Allerdings sollten alle Kosten direkt auf die Kostenstellen bezogen werden. Sowohl die Gemeinkosten als auch die Einzelkosten werden also an den Mengenstellen festgemacht. Nur so kann festgestellt werden, wo die Kosten anfallen und wie die Kosten auf das (Zwischen-) Produkt und den Materialverlust aufgeteilt werden können.

## Einige Begrifflichkeiten

- **Mengenstelle:** Darunter wird ein ausgewählter Teil oder Teile eines Prozesses verstanden, für die Inputs und Outputs mengenmäßig in physikalischen oder monetären Einheiten erfasst werden. Die Mengenstelle ist mit der Kostenstelle aus der konventionellen Kostenrechnung vergleichbar.
- **Materialverlust:** Dies ist jeglicher Materialoutput einer Mengenstelle, mit Ausnahme der geplanten Produkte. Dazu gehören also genauso Emissionen in die Luft, Abwasser, Reststoffe und Feststoffabfälle. Kuppelprodukte können je nach Situation entweder als Materialverluste oder als Produkte angesehen werden.

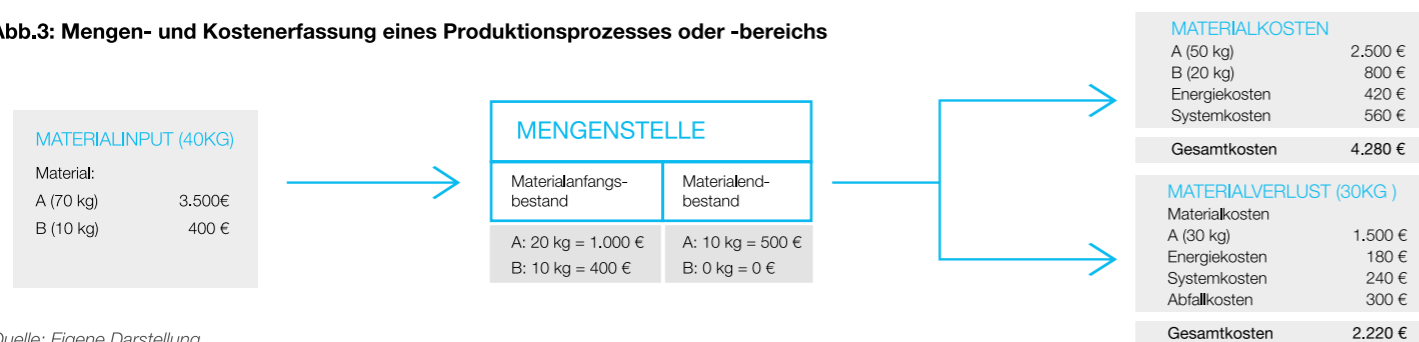
**Kosten:** Die Kosten im Unternehmen werden in die Materialkosten, die Energiekosten, die Abfallkosten und die Systemkosten unterschieden. Diese Kosten werden dann den Produkten und dem Materialverlust zugeordnet bzw. zwischen ihnen aufgeteilt.

- **Materialkosten:** Darunter werden die Aufwendungen für Materialien verstanden, die in einer Mengenstelle gebraucht oder verbraucht werden. Die Materialkosten ergeben sich aus dem Preis multipliziert mit der eingesetzten Materialmenge. Sie können als Standardkosten, Durchschnittskosten oder Anschaffungskosten angesetzt werden.
- **Energiekosten:** Energie kann in vielen Fällen als Material behandelt werden (z.B. bei Erdöl, Kohle, Holz). Oft wird es aber gesondert als Energie aufgeführt (insbesondere bei elektrischem Strom). Die Energiekosten sind dann die Aufwendungen für die Energie, die für die betrieblichen Abläufe erforderlich sind.
- **Abfallkosten:** Das sind die Aufwendungen für den Umgang mit Materialverlusten, die in einer Mengenstelle durch Entsorgung, Aufbereitung etc. entstehen.
- **Systemkosten:** Hierunter werden alle sonstigen Aufwendungen einer Materialstelle verstanden, die ansonsten noch nicht erfasst sind. Das können Arbeitskosten, Abschreibungen, Wartungskosten, Transportkosten usw. sein.

## Verteilung der Kosten in der Mengenstelle

In Abb. 3 ist dargestellt, wie mit den Kosten an einer einzelnen Mengenstelle umgegangen wird. Es wird davon ausgegangen, dass es einen Materialinput gibt und dass auf der Outputseite ein (Zwischen-) Produkt und ein Materialverlust auftritt. Es werden verschiedene Materialien A und B angenommen. Natürlich wird das Produkt bzw. der Materialverlust nur mit jenem Material wertmäßig belastet, das sich im Produkt bzw. im Materialverlust auch wiederfindet. In diesem Fall setzt sich der Materialverlust nur aus dem Material A zusammen.

Abb.3: Mengen- und Kostenerfassung eines Produktionsprozesses oder -bereichs



Quelle: Eigene Darstellung

Erschwerend kommt bei dem Beispiel hinzu, dass die Materialien A und B auch in Form von Anfangsbeständen in der Mengenstelle bereits vorhanden sind. Damit soll deutlich werden, dass in der Materialflusskostenrechnung neben den Flüssen auch die Bestände berücksichtigt werden. Eine durchgehende Materialbilanz, bei der die Materialverluste ermittelt werden, wäre sonst kaum möglich.

Materialinput, die interne Bestandsveränderung und der Output jeder Mengenstelle müssen natürlich rechnerisch aufgehen. Kostenrechnerisch ist oft noch die Frage, mit welchen Preisen die Lagerbestände bewertet werden. Dies sollte mit auf einen Betrachtungszeitraum fixierten Preisen, z.B. Standardpreisen, erfolgen. Damit können bereits im Vorfeld Preisschwankungen eliminiert werden, die hier nicht im Fokus der Analyse stehen.

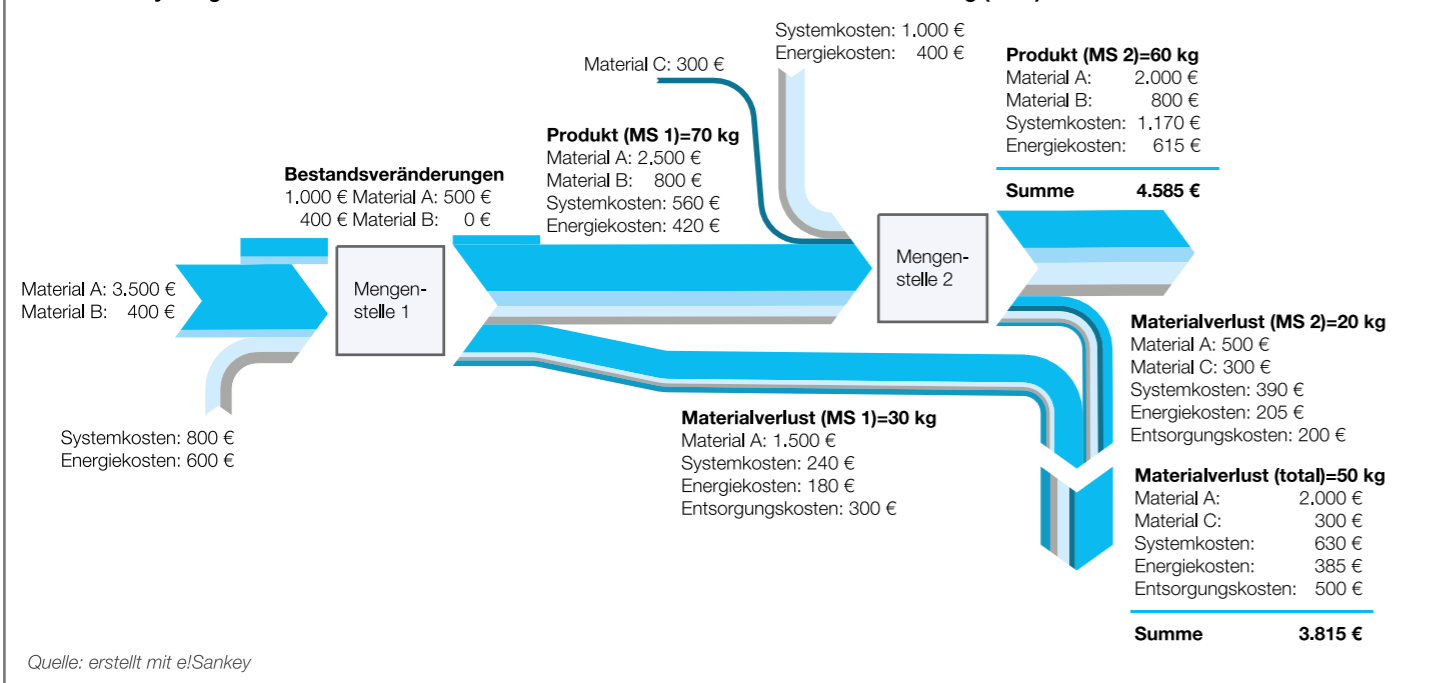
Aber neben den Materialkosten treten auch weitere Kosten auf. Die Abfallkosten werden nur dem Materialverlust zugeordnet. Nach welchen Verteilungsschlüssen die Energiekosten und die restlichen Kosten, also die Systemkosten (einschließlich der Personal- und Transportkosten, Abschreibungen etc.) umgelegt werden, hängt vom

konkreten Produktionsprozess ab. Meistens werden diese Kosten aber entsprechend der Menge zwischen Produkt und Materialverlust verteilt – in diesem Fall also in einem Verhältnis 70:30.

In der herkömmlichen Kostenrechnung wären letztendlich alle Kosten dem Produkt als Kostenträger zugewiesen worden. Für die Materialverluste hätte man höchstens die Abfallkosten ausgewiesen. Nun werden aber auch die Materialkosten und die anteiligen Energie- und Systemkosten einbezogen. Der wertmäßige Verlust ist deutlich höher. Könnte der Materialverlust vermieden werden, wäre der Materialbedarf geringer, würden keine Abfallkosten anfallen und die Energie- und Systemkosten würden geringer ausfallen – bzw. der Durchsatz in dem Prozess könnte ggf. erhöht werden.

In Abb. 4 wird diese Rechnung mit einer zweiten Mengenstelle fortgeführt. Die Darstellungsform ist in diesem Fall ein so genanntes Sankey-Diagramm, bei dem die Mengenflüsse monetär bewertet und dann die Pfeildicke dem Wert entsprechen. In diesem Bild wurden die Bestandsveränderungen der Mengenstelle 1 (MS1) auch entsprechend dargestellt.

Abb.4: Sankey-Diagramm mit den Materialflusskosten einschließlich der Bestandsdarstellung (MS1)



Quelle: erstellt mit e!Sankey

### Materialflusskostenmatrix

Wer keine grafische Darstellung der Kosten wie in Abb. 4 möchte, kann die Kosten in einer so genannten Materialflusskostenmatrix zusammenstellen (Tab. 1). Sie enthält im Prinzip die gleichen Informationen wie die Grafik. Diese Matrix wird auch von der ISO 14051 als mögliche Darstellungsform empfohlen.

Die Kostenbestandteile der einzelnen Mengenstellen werden dabei fortführend als Spalten geführt. Für jede Mengenstelle werden die neuen Materialeinsätze und sonstigen Kosten eingetragen. Die Kosten werden zwischen Produkt und Materialverlust aufgeteilt – außer den Abfallkosten, die nur dem Materialverlust angerechnet werden. Dazu kommen die Materialien aus den vorhergehenden Mengenstellen mit den entsprechend kumulierten Kosten (graue Zeilen). Sie werden also von Mengenstelle zu Mengenstelle weitergereicht. Auch die Materialverluste werden zwischen den Mengenstellen weitergereicht (blaue Zeilen). So ist an jedem Punkt im System erkennbar, wie hoch die aufgelaufenen Materialverlustkosten sind. Im vorliegenden Beispiel betragen sie 3.815 € von den Gesamtkosten in Höhe von 8.400 €.

Schwieriger ist die Kostenberechnung in Systemen, in denen Rücklaufmaterialien auftreten, z.B. durch betriebsinternes Recycling. Grundsätzlich lassen sich solche Systeme auch lösen. Sie haben sogar eine besondere Bedeutung für die Ressourceneffizienz, da Recyclingsysteme oft suboptimal betrieben werden. Denn das Material durchläuft mehrmals die gleichen Bearbeitungsprozesse und verbraucht dabei jedes Mal Betriebsstoffe und Energie. Allerdings ist die Berechnung dann methodisch aufwendiger (Viere et al. 2010).

### Wie im Unternehmen durchführen?

Die Materialflusskostenrechnung ist kein Rechenverfahren, das an eine einzelne Person delegiert werden kann. Es müssen Informationen einfließen, die erfahrungsgemäß aus unterschiedlichen Unternehmensbereichen oder Informationssystemen stammen. Nur so lassen sich auch Inkonsistenzen und bisher unentdeckte Verluste aufdecken. Deshalb sollte die Materialflusskostenrechnung immer von einem Team aus verschiedenen Bereichen begleitet werden. Der damit angestoßene Kommunikationsprozess ist außerdem wichtig, wenn es um nachfolgende Maßnahmen zur Verringerung der Materialverluste geht.

### Ist Materialflusskostenrechnung alles?

Die Materialflusskostenrechnung fokussiert auf jene Materialien, die nicht in das Produkt eingehen. Manche reden auch von nicht-wertschöpfenden bzw. wertschöpfenden Materialien. Dabei sollte nicht vergessen werden, dass auch die Produkte selbst Ansatzpunkte zum Reduzieren des Materialeinsatzes liefern. Wie kann man das Produkt bei gleicher Funktion und Qualität leichter machen oder andere Rohstoffe einsetzen? Kann man den Nutzen des Produktes bei gleichem Materialeinsatz erhöhen? Diese Fragen haben ebenfalls eine große Bedeutung für die Ressourceneffizienz. Oft ziehen Veränderungen am Produktdesign auch Änderungen am Herstellungsprozess nach sich. Immerhin: Mit der Materialflusskostenrechnung liegt ein Datengerüst über den Material- und Energieeinsatz im Unternehmen vor, das dafür weiter genutzt werden kann. Teilweise sind aber zusätzliche Instrumente, wie z.B. das Life Cycle Assessment, erforderlich.

Tab.1: Materialflusskostenmatrix

in €	Mengenstelle 1 (MS1)					Mengenstelle 2 (MS2)				
	Materialkosten	Energiekosten	Systemkosten	Abfallkosten	Summe in MS1	Materialkosten	Energiekosten	Systemkosten	Abfallkosten	Summe in MS1
Materialeinsätze vorheriger MS						3.300	420	560	—	4.280
Neue Materialeinsätze in MS	4.800	600	800	300	6.500	300	400	1.000	200	1.900
Summe in jedem MS	4.800	600	800	300	6.500	3.600	820	1.560	200	6.180
Produkt	3.300	420	560	—	4.280	2.800	615	1.170	—	4.585
Materialverlust	1.500	180	240	300	2.220	800	205	390	200	1.595
Gesamtkosten Materialverluste in MS1 und MS2						2.300	385	570	500	3.815
Gesamtkosten	4.800	600	800	300	6.500	5.100	1.000	1.740	500	8.400

Quelle: in Anlehnung an ISO (2010)

---

## Literatur und Links für weitere Informationen

- IMU (Hrsg.) (2003): Flussmanagement für Produktionsunternehmen. Material- und Informationsflüsse nachhaltig gestalten. Augsburg.
- ISO 14051 (2011): Die Norm zur Materialflusskostenrechnung. Beuth-Verlag: Berlin
- Jasch, C. (2009): Environmental and Material Flow Cost Accounting: Principles and Procedures (Eco-Efficiency in Industry and Science). Springer Netherlands.
- Kunsleben, A., Tschesche, J. (2010): Resource Cost Accounting (RKR) – A Synthesis of Business Management and Technology. Chemical Engineering & Technology 2010, 33, No. 4, 589-592
- METI (2010): Material Flow Cost Accounting. MFCA Case Examples. Ministry of Economy, Trade and Industry Japan. March 2010.
- LfU Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1999): Betriebliches Material- und Energieflussmanagement. Öko-Effizienz durch nachhaltige Reorganisation. Karlsruhe.
- Schmidt, M. (2008): The Sankey Diagram in Energy and Material Flow Management. Part II: Methodology and Current Applications. Journal of Industrial Ecology Vol. 12 No. 1, 173-185
- Viere, T., Möller, A., Schmidt, M. (2010): Methodische Behandlung interner Materialkreisläufe in der Materialflusskostenrechnung, Umweltwirtschaftsforum Vol. 18, 203-208.
- Wagner, B., Nakajima, M., Prox, M. (2010): Materialflusskostenrechnung – die internationale Karriere einer Methode zur Identifikation von Ineffizienzen in Produktionssystemen. Umweltwirtschaftsforum Vol. 18, 197-202.

---

## Impressum

### Herausgeber:

Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit  
Geschäftsstelle bei der  
Klimaschutz- und Energieagentur  
Niedersachsen  
Osterstr. 60 | 30159 Hannover  
www.nachhaltigkeitsallianz.de

Gefördert durch:



Niedersächsisches Ministerium  
für Umwelt, Energie und Klimaschutz

### Erstellung:

Rationalisierungs- und Innovationszentrum  
der Deutschen Wirtschaft e.V.  
Kompetenzzentrum  
Düsseldorfer Straße 40 | 65760 Eschborn



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Autor:** Prof. Dr. Mario Schmidt,  
Hochschule Pforzheim

**Redaktion:**  
Rabena Ahluwalia

**Verantwortlich:**  
Dr. Andreas Blaeser-Benfer /  
Dr. Ingrid Voigt