

Analyse aktueller Softwareanwendungen zur Durchführung einer Materialflusskostenrechnung (MFCA)

Felix Hemke¹, Volker Wohlgemuth²

Abstract: Die Materialflusskostenrechnung ermöglicht das Auffinden von Material- und Energieeinsparungspotentialen mit einem Fokus auf die Reduzierung von Kosten. Die Methode ist prädestiniert für eine systematische Softwareunterstützung, aber bisher stehen erst wenige Werkzeuge zur Verfügung. Der vorliegende Beitrag soll einen Ansatz vorstellen, mit dem die Materialflusskostenrechnung softwaretechnisch bestmöglich nutzbar gemacht werden kann. Um die Komplexität der Methode zu reduzieren, wird ein besonderer Fokus auf die Einbeziehung von Benutzeranforderungen gelegt.

Keywords: Materialflusskostenrechnung, Ressourceneffizienz, Benutzeranforderungen

1 Beschreibung der Materialflusskostenrechnung

Die Materialflusskostenrechnung (engl. Material Flow Cost Accounting, kurz MFCA-Methode) zielt darauf ab, die Kosten die aus Verlusten während der Erzeugung von Produkten in der Prozess- und Fertigungsindustrie entstehen, aufzudecken und damit eine Entscheidungsgrundlage für eine Reduzierung der Materialkosten zu schaffen. Die Kenntnis dieser Kosten ermöglicht eine messbare Erhöhung der Effizienz und hilft, natürliche Ressourcen zu erhalten. Das physische Mengengerüst einer Fertigung, welches auch bei anderen Methoden des Stoffstrommanagements ermittelt wird, wird bei der MFCA durch eine monetäre Betrachtung erweitert. Die MFCA-Methode wurde in den 1990er Jahren in Deutschland entwickelt, erfuhr seine größte Relevanz seit dem jedoch in Japan, wo sie , mit Hilfe eines ein öffentliches Förderprogramms, bereits in über 300 Unternehmen Anwendung gefunden hat. Die Methode ist unter der Norm ISO 14051 standardisiert [DIN11].

Während der industriellen Fertigung von Produkten fallen in der Regel eine Reihe von Materialverlusten an: Dazu gehören u.A. Verschnitt, Ausschuss, Verpackungsmüll, Abwasser, Emissionen. Während die Messung der direkten, damit verbundenen Kosten durch die Entsorgung bzw. Erträge aus dem Recycling möglich ist, hängen weitere versteckte Kosten an diesen Materialverlusten, die diesen in der klassischen Kostenrechnung nicht verursachungsgerecht zugeordnet werden [Pro11].

¹ Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Wilhelminenhofstr. 75A, 12459 Berlin, felix.hemke@htw-berlin.de

² Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Wilhelminenhofstr. 75A, 12459 Berlin, volker.wohlgemuth@htw-berlin.de

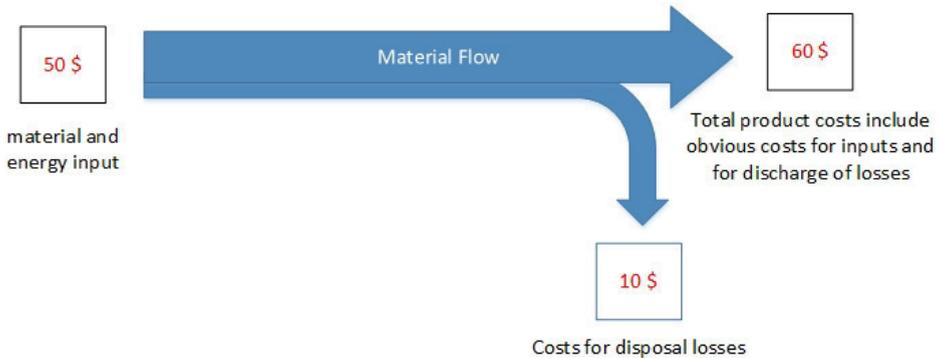


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Materialflusses mit den Kosten für Materialverluste nach klassischer Kostenrechnung

Zu diesen unsichtbaren Kosten zählen z.B. solche aus dem Transport, der Lagerung und der Erzeugung von Verschnitt oder Ausschuss. Auch Systemkosten aus Verwaltungstätigkeiten werden normalerweise nicht den Kosten von Materialverlusten zugeschlagen, genauso wie Energiekosten und die Kosten für den Einkauf des Materials, welches letztlich durch Materialprüfungen oder Verschnitt gar nicht in das Endprodukt einfließt. Die Gesamtkosten, die sich aus Materialverlusten bei der Produktion ergeben, gehen in aller Regel deutlich über die reinen Entsorgungskosten hinaus [ifu17]. Eine realistischere Betrachtung der Kosten, die sich aus solchen Verlusten ergeben, bietet die Materialflusskostenrechnung.

Die nachfolgende Grafik zeigt die anfallenden direkten und versteckten Kosten, die sich aus Materialverlusten ergeben, beispielhaft. Abb. 1 vermittelt den falschen Eindruck, der Kostenansatz von 60 \$ wäre ausreichend, obwohl nur die direkten Entsorgungskosten der Materialverluste berücksichtigt werden. Neben den Kosten für den Einkauf der verwendeten Input-Materialien werden lediglich die Entsorgungskosten für die Materialverluste selbst hinzugerechnet. Abb. 2 zeigt hingegen, dass der Transport, die Herstellung und die Lagerung von anschließend aufgrund von Produktprüfungen aussortierten Ausschüssen, ebenfalls Kosten verursachen, die in eine aussagekräftige Kostenkalkulation des Endprodukts entsprechend einbezogen werden müssen.

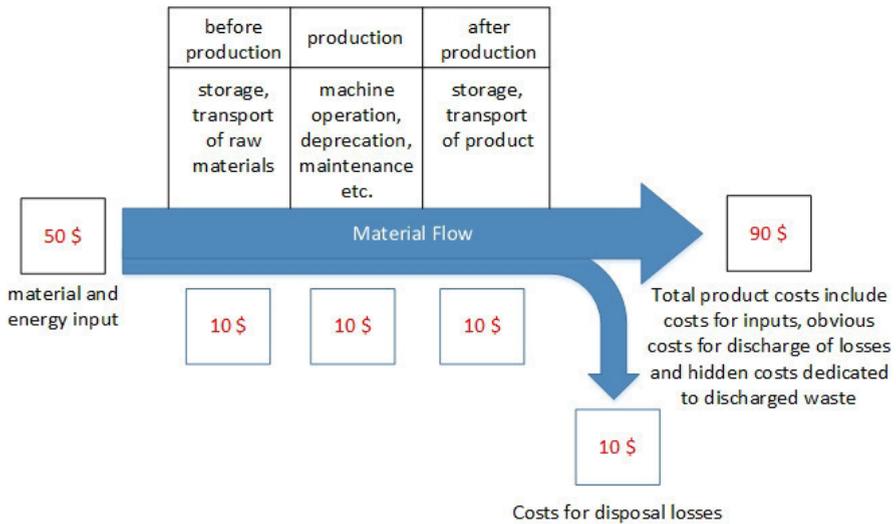


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Materialflusses mit den direkten und den versteckten Kosten

Sind die versteckten Kosten sichtbar gemacht, gibt es eine belastbare Entscheidungsgrundlage für die Senkung dieser Kosten. Das Ergebnis lässt eine stichhaltigere Analyse zu, welche Verluste aus der Produktion die insgesamt höchsten Kosten verursachen und somit am ehesten geeignet wären, die Produktionskosten zu reduzieren. Optimierungen können dann bei den Materialverlusten ansetzen, die neben den Entsorgungskosten die höchsten indirekten Kosten verursachen. Konkrete Reduktions- und Substitutionsansätze sind im Methodenumfang der MFCA nicht enthalten, aber wenn es Möglichkeiten zur Veränderung der stofflichen Zusammensetzung eines Produktes gibt, lassen sich die unterschiedliche Maßnahmen hinsichtlich der finanziellen Amortisation vergleichen. Die geringeren Kosten für Materialverluste sollten schließlich einen Anreiz zur Produktionsoptimierung darstellen.

2 Vorhandene Softwarewerkzeuge zur Anwendung der MFCA-Methode

Im deutschsprachigen Raum gibt es zurzeit drei nennenswerte Softwarewerkzeuge zur Durchführung einer Materialflusskostenrechnung, wobei die beiden letztgenannten anschließend vorgestellt werden: Die Desktopanwendungen Umberto und bw!MFCA der ifu Hamburg GmbH und den browserbasierten Materialflusskostenrechner des VDI Zentrums Ressourceneffizienz.

2.1 bw!MFCA

Die Anwendung basiert auf der Erstellung eines Sankey-Diagramms und wurde ursprünglich entwickelt, um Material und Energieströme mengenproportional in Form von Pfeilen darzustellen. Diese Sankey-Diagramme wurden um die MFCA-Funktionalität erweitert, da diese auf den bereits vorliegenden Material- und Energiestrommengen basiert. Die Modellerstellung basiert im Wesentlichen auf den Schritten:

1. Festlegen der Systemgrenzen (komplette Fertigung, einzelne Standorte oder Produkte).
2. Erstellung von Mengenstellen³ und Verbindung zu Materialströmen mittels Pfeilen (siehe Abb. 3).
3. Aufteilung von Input- und Outputmaterialien für die Mengenstellen, incl. Verlusten.
4. Eingabe von Kosten pro verwendetem Material.
5. Kennzeichnung von Materialverlusten.
6. Auswertung der Kostenmatrix.

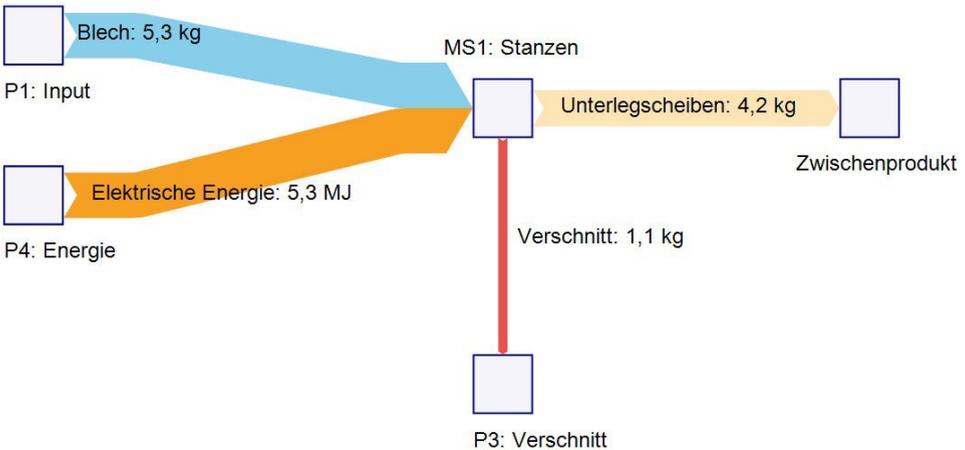


Abb. 3: Sankey-Diagramm einer Materialflussanalyse mit bw!MFCA

Die einzelnen Kosten werden dabei im gleichen Verhältnis wie die eingegebenen Materialmengen den gewünschten Endprodukten bzw. den Verlusten zugeordnet. Das Mengenverhältnis zwischen den Materialverlusten und den gewünschten Endprodukten entspricht damit dem Verhältnis zwischen den Kosten für das gewünschte Endprodukt und den Kosten für unerwünschte Nebenprodukte. Die anteiligen Kosten, die auf die

³ Eine Mengenstelle ist eine funktionelle Einheit. Diese kann ein Fertigungsprozess oder die Lagerung von Materialien sein.

Materialverluste entfallen, können in einer nach ISO 14051 genormten Kostenmatrix ausgegeben werden (siehe Abb. 5). Abb. 3 zeigt exemplarisch ein Sankey-Modell als Ergebnis einer MFCA-Analyse. Das Modell stellt dar, dass aus zwei Mengenstellen Materialien und Energie in eine Mengenstelle fließen, in der aus diesen Inputs Unterlegscheiben produziert werden. Dabei entstehen neben 4,2 kg gewünschtem Produkt, 1,1 kg ungewünschte Materialverluste. Neben der Visualisierung bietet diese Anwendung die Möglichkeit, die zugrundeliegenden Berechnungsdaten aus anderen Quellen (Excel) zu integrieren. Die Anwendung ist geeignet, aufwendigere Analysen mit großer Detailtiefe für die gesamte Produktion zu erstellen und grafische Darstellungen zu generieren.

2.2 Materialflusskostenrechner

Der Materialflusskostenrechner des VDI Zentrum Ressourceneffizienz [VDI114] ist ein leichtgewichtiges browserbasiertes Tool, welches schnelle Analysen von einfachen Fertigungslinien zulässt. Es besitzt einen deutlich kleineren Funktionsumfang als bw!MFCA, ermöglicht aber eine schnelle und zielgerichtete Analyse der Verlustkosten. Das Vorgehen ähnelt dem der Anwendung bw!MFCA mit dem Unterschied, dass kein Sankey-Modell gezeichnet wird, sondern alle Mengenstellen und Materialmengen in tabellarischen Formularen eingegeben werden. Die Ausgabe erfolgt nicht in Matrixform, sondern ebenfalls in einer tabellarischen Anordnung (siehe Abb. 4). Die Anwendung lässt unterschiedliche Detailtiefen bei der Dateneingabe zu. Der Materialflusskostenrechner ist auf einen leichten Einstieg fokussiert, da er die Möglichkeit bietet, zunächst nur einen Teil der Fertigung abzubilden, um schnell erste Ergebnisse zu erhalten. Sind diese positiv, haben die Benutzer eine Veranlassung, die Daten zu verfeinern.

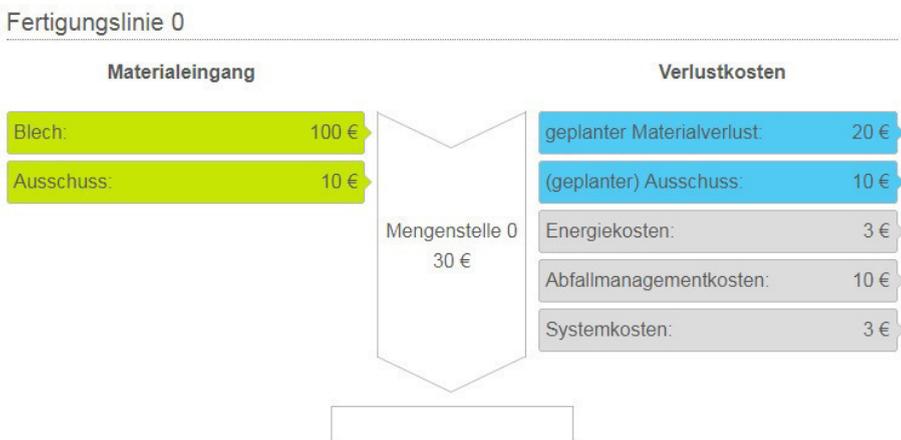


Abb. 4: Zusammenfassung der Kosten mittels Materialflusskostenrechner

3 Benutzeranforderungen an eine MFCA-Anwendung

Im Februar 2018 wurde an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin eine Usability-Studie mit der Anwendung bw!MFCA durchgeführt. Dabei wurden sechs Testpersonen eingeladen, eine festgelegte Aufgabensammlung zu bearbeiten, um ihre Anforderungen an eine MFCA-Anwendung zu ermitteln. Die Aufgaben spiegeln eine typische Materialflusskostenrechnung einer Unterlegscheibenproduktion wider und wurden durch einen anschließenden Fragenkatalog ergänzt, den alle Testpersonen nach der Aufgabenbearbeitung beantwortet haben. Einige Erkenntnisse aus dieser Untersuchung sind:

- Im Rahmen der Usability-Studie mussten die Testpersonen zunächst ein 45 minütiges Tutorial durchlaufen, um sich mit Begriffen und Funktionsweisen der Methode auseinander zu setzen. Die Ausdauer zu dieser Einarbeitung setzt ein gewisses Interesse am Einsatz der Methode voraus.
- Ein besonderer Fokus ist auf eine ausführliche Dokumentation bzw. Hilfe zu setzen, da die Anwendung der Methode spezifisches Fachwissen erforderlich macht, welches speziell bei der Einführung der Methode in ein Unternehmen nicht vorhanden sein wird.
- Da die MFCA-Methodik, speziell im Zuge der Datenermittlung relativ komplex ist, könnte die Anwendung dies durch einen einfachen Einstieg kompensieren. Wenn mit relativ granularen Daten erste Ergebnisse erzielt wurden, ist der Anreiz größer, für eine schrittweise Vertiefung der Methodenanwendung einen größeren Aufwand zu betreiben. Insofern muss die Anwendung einen leichten Einstieg ermöglichen und anschließend dazu motivieren, die Methode durch ein Ausweiten der Eingabedaten, die Nutzung von grafischen Analysen und Vergleichsanalysen, vertieft anzuwenden. Der Materialflusskostenrechner bietet einen vergleichsweise einfachen Zugang zu der Methode.
- Die Einführung der MFCA-Methode verursacht zunächst Kosten z.B. für die Anschaffung der Software, die Einführung einer Mengenerfassung für Materialverluste und die Eingabe der Daten selbst ohne, dass eine spätere Kostenreduzierung aufgrund geringerer Materialverluste gesichert ist. Die positiven Erfahrungen aus der Nutzung der MFCA-Methode in Japan könnten genutzt werden, um das Potential zu verdeutlichen (Vgl. [Sch131]).
- Neben dem Fachwissen zur Benutzung der Anwendung selbst erfordert das Erfassen von Stoffstromdaten unternehmensbezogenes Fachwissen. Eine MFCA-Anwendung kann hier zumindest allgemeine Hilfestellungen für die Datenerfassung bereitstellen. So könnte es z.B. Hinweise zum Erfassen von Schüttgut-Mengen bereitstellen oder eine Schnittstelle zu digitalen Mengenzählern beinhalten.

- Einsteigerworkshops, wie sie bereits in Baden-Württemberg angeboten werden [Umw18], erleichtern den Einstieg und tragen zur Verbreitung der Methode bei. Ein vergleichbares Angebot für Fortgeschrittene liegt jedoch nicht vor.
- Die maßgebende Norm ISO 14051 schlägt als Grundlage der Ergebnisdarstellung eine Flusskostenmatrix vor (siehe Abb. 5). Diese bietet zwar einen Gesamtüberblick, überfrachtet Erstanwender jedoch auch mit zu vielen Informationen. Zusätzlich zu der Anwendung dieser detaillierten Matrix können die errechneten Kosten der Materialverluste auch zunächst in einzelnen, besonders aussagekräftigen, Kennzahlen dargestellt werden (z.B. Gesamtkosten aller Materialverluste).

	QC 1					QC 2					
	Material costs	Energy costs	System costs	Waste management costs	Total	Material costs	Energy costs	System costs	Waste management costs	Total	
Inputs from previous QC						\$ 5 200	\$ 350	\$ 700			\$ 6 250
New inputs in QC	\$ 6 200	\$ 400	\$ 800	\$ 300	\$ 7 700	\$ 400	\$ 300	\$ 1 200	\$ 400	\$ 6 200	
Total in each QC	\$ 6 200	\$ 400	\$ 800	\$ 300	\$ 7 700	\$ 5 600	\$ 650	\$ 1 900	\$ 400	\$ 8 550	
Products	\$ 5 200	\$ 350	\$ 700			\$ 6 250	\$ 4200	\$ 433	\$ 1 267	\$ 400	\$ 5 900
Material losses	\$ 1 000	\$ 50	\$ 100	\$ 300	\$ 1 450	\$ 1 400	\$ 217	\$ 633	\$ 400	\$ 2 650	
Total costs of material losses in this process						\$ 2 400	\$ 267	\$ 733	\$ 700	\$ 4 100	
Total costs in this process						\$ 6 600	\$ 700	\$ 2 000	\$ 700	\$ 10 000	

Abb. 5: Materialflusskostenmatrix nach ISO 14051 (Quelle: [Sch12])

- Zur grafischen Analyse bieten sich Sankey-Diagramme an, die die ermittelten Kostenströme proportional darstellen (vgl. [Pro11]). Dadurch werden die Materialverluste, die den größten Anteil zu den Kosten beitragen, ersichtlich.
- Eine Vernetzung von Benutzern der Anwendungen könnte dazu führen, dass unerwünschte Nebenprodukte bei einem anderen Unternehmen weiter genutzt werden. Im besten Fall würde die Anwendung selbst ermitteln, dass Unternehmen A die Abwärme benötigt, die Unternehmen B aufwendig entsorgt und eine Zusammenarbeit beider Unternehmen vorschlagen.
- Aus ökologischer Sicht ist es sinnvoll, die Betrachtung der Kosten mit einer Betrachtung der Umweltauswirkungen zu kombinieren, da eine Reduzierung der Kosten eines Materials nicht zwangsläufig auch die Umweltauswirkungen verringert, bzw. kein linearer Zusammenhang existiert. Lediglich beim Energieverbrauch führt eine Reduzierung der Kosten gleichermaßen zu einer Reduzierung von negativen Umweltauswirkungen.

- Am erfolgreichsten zur Umsetzung einer Anwendung, die die Bedürfnisse der Benutzer bestmöglich erfüllt, ist die Einbindung von Usability-Methoden in den gesamten Softwareentwicklungszyklus. Das bedeutet, dass die Anforderungen der Benutzer an die Anwendung ermittelt werden, bevor diese entwickelt wird. Außerdem werden die Usability-Methoden mehrfach im Entwicklungszyklus iteriert angewandt. [Mey17] schlagen die Methode des UX Thinking vor, um die Einbeziehung der Benutzeranforderungen im gesamten Entwicklungszyklus zu gewährleisten. Bisherige Ansätze bei den vorliegenden Anwendungen sind nicht bekannt, sollten aber aufgrund der Komplexität des Themas erwogen werden.

4 Fazit

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die bisherigen Softwareanwendungen eher aus technischen Erwägungen und weniger aus Benutzereinbeziehung entwickelt wurden und die Testpersonen sich in der softwaregestützten Umsetzung der MFCA-Methode relativ schwer taten. Da es sich um ein kompliziertes und bisher nicht massenadaptiertes Thema handelt, ist ein besonders leichter Zugang notwendig, um die Einstiegshürden zu senken. Der Materialflusskostenrechner des VDI bietet einen vergleichsweise leichten Einstieg, bietet aber wenige Hilfestellungen für das Verständnis der Methode oder die komplizierte Erfassung von Stoffstromdaten. Die Anwendung bw!MFCA erfordert einen größeren Aufwand für den Einstieg, bietet aber auch eine detailliertere Ergebnisdarstellung. Eine Verbindung der Stärken der beiden Anwendungen, könnte ein sinnvoller Ansatz sein. Die Usability-Studie an der HTW Berlin hat eine Reihe von Anknüpfungspunkten zu Tage gefördert, die für die Weiterentwicklung des Themas genutzt werden können, um der Materialflusskostenrechnung in Zukunft zu einer größeren Verbreitung zu verhelfen. Zukünftig ist geplant, die weiteren Benutzeranforderungen, durch den Ansatz des User-centered-Design genau zu bestimmen und somit einen Vorschlag für eine Anwendung zu entwickeln, die die Potentiale der Materialflusskostenrechnung nutzbar macht. Hierzu sollen weitere Interviews mit Unternehmensvertretern geführt werden, die bereits Erfahrungen mit anderen Methoden des Stoffstrommanagements gesammelt haben.

Literaturverzeichnis

- [DIN11] DIN Deutsches Institut für Normung (2011): *DIN EN ISO 14051: Environmental Management – Material Flow Cost Accounting – General Framework (ISO 14051:2011)*. Berlin.
- [ifu17] ifu Hamburg GmbH (2017): Ressourceneffizienz und Verbesserung der Ökobilanz durch Live LCA. In: *6. Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongress*. Stuttgart.

- [Mey17] Meyer H. und Wrba H. (2017): *UX Thinking*. <https://de.slideshare.net/screaminwrba/ux-thinking-and-product-visions>, zuletzt geprüft am 09.05.2018.
- [Pro11] Schmidt P.D.M. (2011): Materialflusskostenrechnung. *Faktenblatt RKW Kompetenzzentrum*, 6.
- [Sch12] Schmidt M. (2012): Material Flow Cost Accounting in der produzierenden Industrie. In Hauff M.I.R.M.-C.G. (Hg.), *Industrial Ecology Management*. Wiesbaden, Germany: Springer Gabler. S. 241–255.
- [Sch13] Schmidt A.; Hache B.; Herold F. et al. (2013): *Material Flow Cost Accounting with Umberto*. Auerbach.
- [Sch131] Schmidt M. und Nakajima M. (2013): Material Flow Cost Accounting as an Approach to Improve. *Resources*. S. 358-369.
- [Umw18] Umwelttechnik BW (2018): *Portal Umwelttechnik Ressourceneffizienz Baden-Württemberg*. <http://pure-bw.de/de/mfca-schulung>, zuletzt geprüft am 09.05.2018.
- [VDI14] VDI Zentrum Ressourceneffizienz (2014): *Materialflusskostenrechner*. <http://kostenrechner.ressource-deutschland.de/#/materialverluste>, zuletzt geprüft am 09.05.2018.