

F·O·R·U·M

Abfallvermeidung



Leitfaden

September 2000



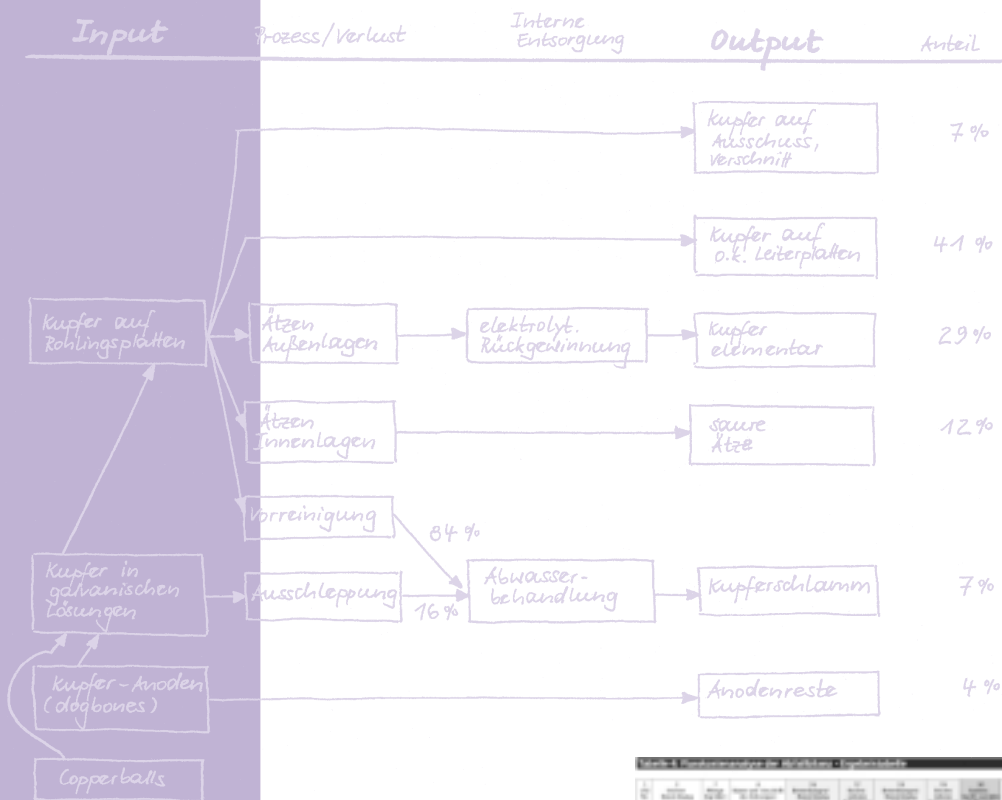
Informationen zur Abfallvermeidung in Brandenburg und Berlin

Herausgegeben von der Sonderabfallgesellschaft Brandenburg/Berlin mbH

Leitfaden

Flusskostenrechnung als Erweiterung der betrieblichen Abfallbilanz

Stofffluss Kupfer



Tabell 4: Flusskostenrechnung der Wählung - Leitfaden

Stoff	Einheit	Produktionsmenge	Verbrauch	Verlust	Abfall	Abfallwert	Abfallkosten	Abfallanteil
1. Kupfer	kg	1000	1000	0	0	0	0	0 %
2. Kupfer	kg	1000	1000	0	0	0	0	0 %
3. Kupfer	kg	1000	1000	0	0	0	0	0 %
4. Kupfer	kg	1000	1000	0	0	0	0	0 %
5. Kupfer	kg	1000	1000	0	0	0	0	0 %

Leitfaden

Flusskostenanalyse als Erweiterung der betrieblichen Abfallbilanz

Inhalt

1	Einleitung und Übersicht	4
1.1	Einleitung	4
1.2	Übersicht	5
2	Die betriebliche Abfallbilanz	6
2.1	Rechtliche Grundlagen der Abfallbilanz	6
2.2	Was enthält die Abfallbilanz?	6
2.3	Zusammenfassung in einer Tabelle	6
3	Flusskostenanalyse der Abfallbilanz: Auswahl der näher zu betrachtenden Abfälle	7
3.1	Vorarbeiten	7
3.2	Zusammenstellung der Kosten für die externe Entsorgung	7
3.3	Abschätzung der Flusskosten	8
4	Flusskostenanalyse für einzelne Materialien	9
4.1	Auswahl des zu untersuchenden, kostenrelevanten Materials	9
4.2	Erstellung eines Flussbilds	9
4.3	Ermittlung der Flusskosten	10
5	Kostenanalyse von Schlämmen aus der Abwasserbehandlung	12
5.1	Flussabhängige Kosten der Abwasserbehandlung	12
5.2	Kostentreibende Substanzen im Schlamm	12
5.3	Ermittlung der Flusskosten	13
6	Schlussbetrachtung	14
7	Literatur	14
	Anhang	15

1 Einleitung und Übersicht

1.1 Einleitung

Hohe Entsorgungskosten bilden meist den Anlass über die Abfallsituation im Betrieb nachzudenken. Dies gilt insbesondere für Unternehmen, die mit Gefahrstoffen arbeiten und bei denen in relevantem Umfang Sonderabfälle anfallen. Dabei wird jedoch häufig nicht erkannt, dass die Entsorgungskosten nur einen Teil der Kosten darstellen, die von Abfällen verursacht werden. Erfahrungen aus der Industrie zeigen sogar, dass die ursprünglich bei der Beschaffung und Verarbeitung der Abfallstoffe entstandenen Kosten um so höher sind, je umweltrelevanter der betrachtete Abfallstoff ist.

Maßnahmen zur Realisierung von Abfallvermeidungspotenzialen sind häufig mit Kosten verbunden. Diese entstehen z. B. durch Investitionen in neue Produktions- oder Umwelttechnik, durch die Umstellung von Produktionsprozessen oder externe Beratungsleistungen. Zur Abschätzung, ob und in welcher Zeit sich diese Kosten amortisieren, werden sie zumeist den potenziell einsparbaren Entsorgungskosten gegenüber gestellt. Um Einsparpotenziale im Bereich der Abfallwirtschaft richtig bewerten zu können, müssen jedoch sämtliche von diesen Stoffflüssen verursachten Kosten berücksichtigt werden. Häufig überschreiten die in den Abfällen enthaltenen Materialkosten und die Kosten, die in der Produktion entstehen, deutlich die Kosten der internen und externen Entsorgung, also die typischen Umweltschutzkosten. Diese Kostenstruktur wird von der klassischen Kostenrechnung nicht angemessen abgebildet. Auch eine systematische Ermittlung der betrieblichen Umweltschutzkosten, wie sie z.B. von einigen Unternehmen für das Umweltstatistikgesetz verlangt wird, hilft hier nicht weiter. Die Umweltschutzkosten stellen in den allermeisten Fällen nur die Spitze des Eisbergs dar. In vielen Fällen, in denen Kostensenkungspotenziale realisiert wurden, waren die Materialkosten der ausschlaggebende Kostenfaktor.

Diesen Sachverhalt berücksichtigt die in den letzten Jahren neu entwickelte Flusskostenrechnung systematisch. Hierbei werden die betrieblichen Stoffflüsse als Kostenverursacher betrachtet (daher der Name

„Fluss“-Kostenrechnung). Die Flusskosten eines Abfalls setzen sich zusammen aus

- den Materialkosten der im Abfall enthaltenen Materialien,
- den anteiligen Personalkosten in den Produktionsabläufen,
- den Personalkosten im Handling und der Verwaltung des Abfalls,
- den anfallenden Sachkosten bei der internen Erfassung, Behandlung und Entsorgung,
- den Abschreibungen für Umweltschutzanlagen wie z.B. Abfallwirtschaftszentren, Filteranlagen etc.,
- den externen Entsorgungskosten.

Betrachtet man diese Positionen, dann stellt man fest, dass sie bei Veränderung der Abfallmenge unterschiedlich reagieren. Häufig sind wesentliche Kostensenkungspotenziale durch die Steigerung der Materialeffizienz zu realisieren, während Personalkosten u. U. nur rein rechnerisch sinken oder Abschreibungen sich lediglich auf kleinere Stoffmengen verteilen. Um diese zeitlichen und sachlichen Abgrenzungsprobleme möglichst gering zu halten, wird in diesem Leitfaden die Flusskostenrechnung in einer vereinfachten Form angewendet. Betrachtet werden im wesentlichen die Materialkosten und die Kosten für die externe Entsorgung. Dies soll jedoch nicht den Blick darauf verstellen, dass in Einzelfällen durchaus die Berücksichtigung von Personalkosten sinnvoll ist.

Neben dem Materialverbrauch pro Produkt stellt das Verhältnis zwischen der angefallenen Abfallmenge und der Produktionsleistung einen typischen Indikator dar. Da in zahlreichen Unternehmen aufgrund des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) Abfallbilanzen bzw. Abfallwirtschaftskonzepte erstellt werden müssen, basiert der Leitfaden auf dem Grundgedanken, diese bereits vorliegenden Informationen zu den Abfallarten und Mengen als Ausgangspunkt für eine Flusskostenanalyse der Abfälle zu verwenden. Mit dieser Analyse sollen Effizienzpotenziale in der Produktion und in der Entsorgung aufgedeckt werden.

Allgemein sind mit der Flusskostenrechnung folgende Vorteile verbunden, die je nach Sachlage auch bei der vereinfachten Anwendung erzielt werden können:

Identifizierung von Kostensenkungspotenzialen: Mit der Erstellung einer Nebenrechnung ist eine detaillierte Betrachtung der betrieblichen Prozesse und die Berechnung der entstehenden Flusskosten für die anfallenden Abfallmengen erforderlich, so dass bereits in diesem Arbeitsschritt erste Kostensenkungspotenziale identifiziert werden, die durch Abfallvermeidende Maßnahmen zu realisieren sind.

Auslösung eines Lernprozesses: Durch die Flusskostenrechnung werden neue Perspektiven auf die betrieblichen Kostenstrukturen gewonnen.

Unterstützung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses: Die Entwicklung der Flusskosten von Abfällen (und anderen umweltrelevanten Stoffflüssen) können mit entsprechenden Berichten und/oder Kennzahlen aufgezeigt und nachvollziehbar gemacht werden, so dass diese Stoffflüsse besser als bisher im Rahmen der Kostenplanung und Kostenkontrolle berücksichtigt werden.

Verbesserung der Informationslage für die Produktentwicklung und die Investitionsrechnung: Die neue Kostenperspektive verdeutlicht die Eigenschaft der betrieblichen Stoffflüsse als Kostentreiber und kann daher Investitionsentscheidungen grundlegend beeinflussen. In der Produktentwicklung erhalten Abfallkosten den ihnen gebührenden Stellenwert und können so schon in der Planung besser berücksichtigt werden.

Identifizierung von Schwachstellen in der Kostenrechnung: Bei der Berechnung der Flusskosten wird durch die Neustrukturierung die Plausibilität der vorhandenen Daten geprüft. Darüber hinaus wird deutlich, dass bestimmte Kostenblöcke, insbesondere die Flusskosten für Abfälle, nicht angemessen in den Berichten des Rechnungswesens abgebildet werden.

Die im vorliegenden Leitfaden vorgestellte Systematik beruht auf den Erfahrungen aus einem Forschungsprojekt, das die SBB in Kooperation mit dem *Institut für ökologische Wirtschaftsforschung gGmbH (IÖW)* durchgeführt hat. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde das Flusskostenrechnungsverfahren in den Unternehmen *hmp Heidenhain-Microprint GmbH*, Berlin, und *OTEK Oberflächentechnik GmbH*,

Brieselang, die als Pilotunternehmen in dem Projekt freundlicher Weise mitgearbeitet haben, umgesetzt.

1.2 Übersicht

Den Ausgangspunkt für die kostenrechnerische Untersuchung der betrieblichen Materialflüsse bildet die im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) geforderte Abfallbilanz. Die wesentlichen Grundlagen der Erstellung einer Abfallbilanz werden hier vorab skizziert, bevor die eigentlichen Rechenschritte beschrieben werden.

Als erster Arbeitsschritt erfolgt eine **Flusskostenanalyse der Abfallbilanz**. Zu diesem Zweck wird eine Kopie der Bilanz erstellt und modifiziert, indem Spalten gelöscht und hinzugefügt sowie Kostenwerte ermittelt werden. Im Ergebnis erhält man einen ersten Überblick zu den Materialien, die in der Summe hohe Kosten bei der Beschaffung, in der Produktion und schließlich bei der Entsorgung verursachen. Die Flusskostenanalyse der Abfallbilanz lässt sich je nach Datenverfügbarkeit und gewählter Betrachtungstiefe in ca. ein bis zwei Stunden erstellen. Man erhält dadurch erste Erkenntnisse über Materialverluste und Hinweise auf mögliche Effizienzpotenziale. Darauf aufbauend

wird entschieden, wo vertiefende Rechnungen oder Überlegungen anzustellen sind. (Vgl. Abbildung 1)

Für die vertiefenden Rechnungen werden zwei Verfahren beschrieben, die unabhängig voneinander ausgeführt werden können. Dies sind

- Flusskostenanalyse für einzelne im Abfall enthaltene Materialien
- Kostenanalyse von Schlämmen aus der Abwasserreinigung

Mit der **Flusskostenanalyse von einzelnen Materialien** wird ein vollständiges Bild zur Verwendung und zum Verbleib von ausgesuchten Einsatzmaterialien erstellt. Diese Sicht ist dann hilfreich, wenn wertvolle oder kostentreibende Materialien an verschiedenen Stellen eingesetzt werden und/oder in verschiedenen Prozessen als Abfall anfallen. Um hier alle relevanten Prozesse berücksichtigen zu können, wird zunächst von Hand ein Flussbild skizziert. Anhand dieses Flussbilds lassen sich dann die Flusskosten der betrachteten Materialströme berechnen. Je nach Umfang lässt sich diese Rechnung in zwei bis drei Stunden durchführen. Erfahrungen aus Unternehmen zeigen, dass auf Grundlage der so gewonnenen Ergebnisse bereits eine erfolgreiche Senkung von Material- und Entsorgungskosten möglich sein kann.

Die **Kostenanalyse von Schlämmen** ist grundsätzlich zu empfehlen, wenn eine Abwasserbehandlungsanlage betrieben wird. Diese Analyse kann auch durchgeführt werden, ohne dass vorab die Abfallbilanz analysiert wurde. Zunächst wird dazu die Zusammensetzung des Schlammes näher analysiert, um dann den enthaltenen Stoffen verursachungsgerecht die Kosten der Abwasserbehandlung, die Entsorgungskosten und nicht zuletzt den Materialwert der Stoffe zuzuordnen. Die Rechnung macht deutlich, welche Materialmengen und damit verbundene Kosten „im Schlamm stecken“ und weist so auf Einsparmöglichkeiten hin. Je nach Datenlage lässt sich diese Rechnung in ein bis zwei Stunden durchführen. In einem Pilotunternehmen waren die so erzielten Ergebnisse Anstoß zu Prozessoptimierungen, mit denen eine Einsparung von 20% der Materialkosten erreicht werden konnte.

Fallen in Ihrem Betrieb Schlämme aus der Abwasserbehandlung an, sollten Sie auf jeden Fall die Berechnungen durchführen, die im Kapitel 5 „Kostenanalyse von Schlämmen aus der Abwasserbehandlung“ beschrieben sind.

Die in dem Leitfaden beschriebenen Rechnungen werden alle mit Hilfe einer Tabel-

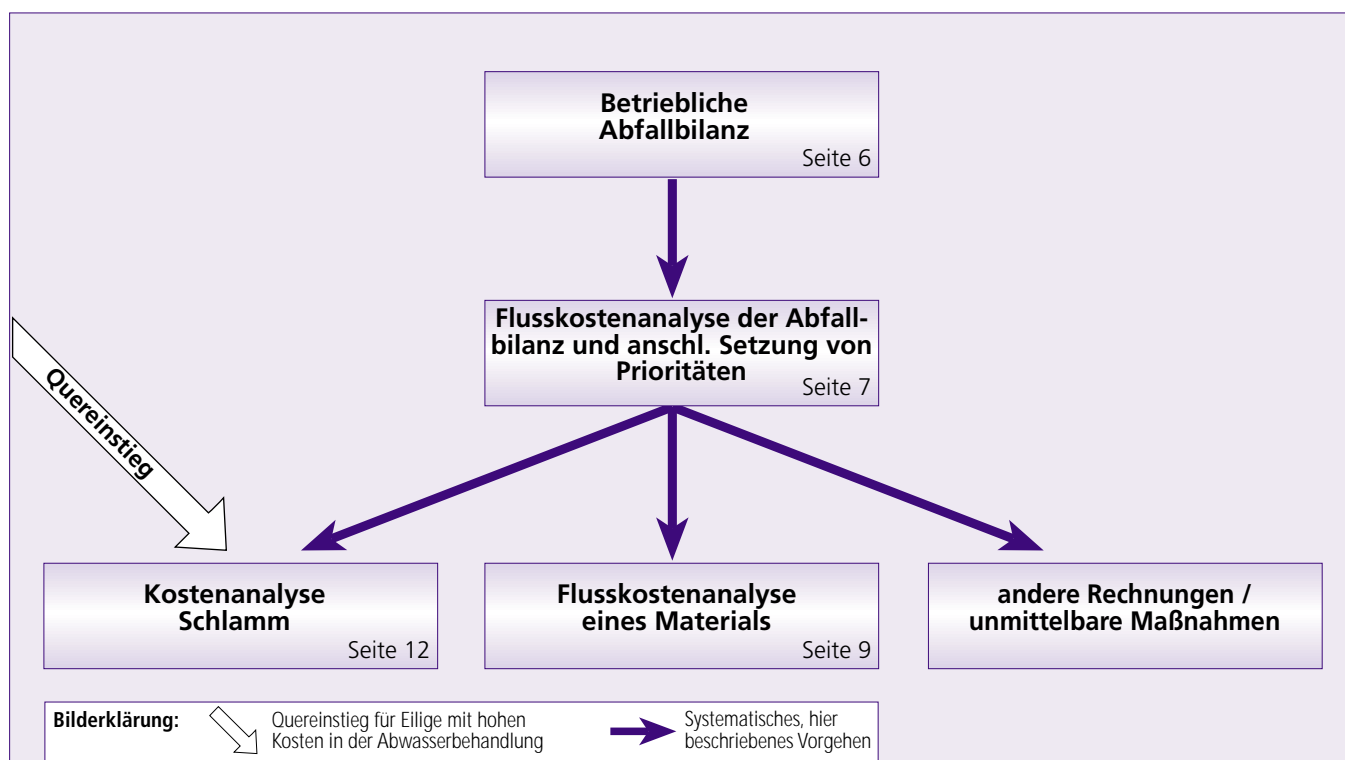


Abbildung 1: Empfohlene und alternative Vorgehensweise

lenkalkulationssoftware (wie z.B. Excel oder Lotus 1,2,3) durchgeführt.

2 Die betriebliche Abfallbilanz

2.1 Rechtliche Grundlagen der Abfallbilanz

Alle Betriebe, bei denen an einem Standort pro Jahr mehr als 2.000 kg besonders überwachtungsbedürftige Abfälle oder 2.000 t eines überwachtungsbedürftigen Abfalls anfallen, sind gemäß §§ 19 und 20 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) zur Erstellung einer Abfallbilanz und eines Abfallwirtschaftskonzepts verpflichtet, die auf Nachfrage der Aufsichtsbehörde vorzulegen sind. In der Abfallbilanz werden die entstandenen Abfallmengen und deren Entsorgungswege für das abgelaufene Kalenderjahr zusammenfassend dargestellt. Das Abfallwirtschaftskonzept dient dazu, darüber hinaus alle fünf Jahre die erwarteten Abfallmengen der folgenden fünf Jahre sowie die geplanten Vermeidungs- und Entsorgungsmaßnahmen darzulegen.

2.2 Was enthält die Abfallbilanz?

Die Verordnung über Abfallwirtschaftskonzepte und Abfallbilanzen (AbfKoBiV) regelt, welche Daten der konzept- und bilanzpflichtige Abfallerzeuger der Behörde vorzulegen hat. Zusammengefasst handelt es sich dabei um Angaben zum Erzeuger, zur Anfallstelle, zu Herkunft, Art und Menge der angefallenen Abfälle, zur Entsorgung (Entsorger, Entsorgungswege und -verfahren) sowie um eine Begründung, falls Abfälle beseitigt wurden. Laut AbfKoBiV können zur Erstellung der Bilanz und des Konzepts die Formblätter „Deckblatt Abfallwirtschaftskonzept/Abfallbilanz“ (KB), „Verantwortliche Erklärung“ (VE), „Annahmeerklärung“ (AE) und „Entsorgungswege/Verbleib“ (EV) genutzt werden, die in der Anlage 1 zu dieser Verordnung beschrieben sind. Bei Eigenentsorgung kommen die Formblätter „Eigenentsorgung“ (EE) und „Beiblatt Eigenentsorgung“ (BE) hinzu. Alle nicht in die Formblätter eintragbaren geforderten Informationen sind dann formlos beizulegen.

2.3 Zusammenfassung in einer Tabelle

Die Nutzung dieser Formblätter führt allerdings zu einem großen Papieraufkommen. Bei acht verschiedenen Abfällen sind z. B. schon 34 Formblätter zur vollständigen Dokumentation notwendig. In Absprache mit der zuständigen Behörde sind jedoch auch andere Darstellungsformen möglich. Für den internen Gebrauch sollten die wesentlichen Daten der Übersichtlichkeit wegen auf jeden Fall in einer Tabelle zusammengefasst werden.

Es hat sich bewährt, diese Tabelle mit der EDV in einem Tabellenkalkulationsprogramm zu erstellen. Auf diese Weise lassen sich leicht Berechnungen über mehrere Felder durchführen, die dann in Folgejahren nur noch aktualisiert werden müssen. Eine solche Übersichtstabelle könnte z. B. folgende Spalten aufweisen:

1. Laufende Nummer
2. Interne Bezeichnung
3. b. ü. / ü. (besonders überwachtungsbedürftig oder überwachtungsbedürftig)
4. EAK-Schlüssel
5. EAK-Bezeichnung
6. Betriebliche Anfallstelle
7. Menge in kg/Jahr
8. Name und Anschrift des Entsorgers
9. Beförderer-Nr.
10. Entsorger-Nr.
11. Entsorgungsnachweis-Nr.
12. Anzeige § 11 Nachweisverordnung
13. Freigestellt nach § 13 Nachweisverordnung
14. R/D Verfahren
15. Begründung der Notwendigkeit der Abfallbeseitigung

Durch Erweiterung der Spalte 7 um die erwarteten Mengen der nächsten fünf Jahre und der Spalte 15 um die getroffenen und geplanten Vermeidungs- und Verwertungsmaßnahmen kann diese Tabelle das Abfallwirtschaftskonzept übersichtlich darstellen.

Eine Übersichtsdarstellung der Abfallbilanz in Tabellenform ist beispielhaft in Tabelle 1 abgebildet.

Die praktische Durchführbarkeit des im vorliegenden Leitfaden vorgestellten Verfahrens wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts in zwei Pilotunternehmen getestet. Eines dieser Unternehmen war der Leiterplattenhersteller hmp Heidenhain-Microprint GmbH in Berlin. Die praktischen Beispiele, die im Folgenden das beschriebene Vorgehen veranschaulichen sollen, lehnen sich daher an die Gegebenheiten bei hmp an. Die betriebspezifischen Zahlen sind zur Wahrung der Vertraulichkeit teilweise verändert. Die Tabellen und Abbildungen können -ggf. nach geringfügigen Anpassungen- in gleicher Weise für eine Anwendung in anderen Branchen genutzt werden.

Anmerkungen zu Tabelle 1:

- Um einen vollständigen Überblick über die Abfallsituation im Betrieb zu erhalten ist es empfehlenswert, für den internen Gebrauch alle angefallenen Abfälle in dieser Tabelle aufzuführen. Gegenüber der Behörde müssen nach § 20 KrW-/AbfG lediglich Angaben zu den besonders überwachtungsbedürftigen und den überwachtungsbedürftigen Abfällen gemacht werden.
- Fällt eine große Anzahl verschiedener Abfälle an, ist es u. U. sinnvoll, die An-

Tabelle 1: Übersichtsdarstellung der Abfallbilanz in Tabellenform

1 Lfd. Nr.	2 Interne Bezeichnung	3 b. ü. / ü.	4 EAK- Schlüssel	5 EAK-Bezeichnung	6 Betriebliche Anfallstelle	7 Menge (kg/Jahr)	8 Name und Anschrift des Entsorgers	9 Beförderer- Nr.	10 Entsorger- Nr.	11 Entsorgungsnachweis-Nr.	12 Anzeige § 11 NachwV	13 Freigestellt n. § 13 NachwV	14 R/D Verfahren	15 Begründung der Notwendigkeit der Abfallbeseitigung
1	Kupferhaltiger Galvanikschlamm	b. ü.	110104	zyanidfreie Abfälle, die kein Chrom enthalten	Abwasserbehandlung Galvanik	167.934	Kupferhütte Rothheim, Fördweg 1, 14777 Rothheim	PT8888884	P99999994	ENP000155637	-	-	R4	-
2	Leiterplattenabfälle Verwertung	-	160202	andere gebrauchte elektronische Geräte	-	105.336	Multi-Meier, Wiesendamm 99, 16111 Grundorf	PT8888885	P99999995	ENP000157845	-	-	R3	-
3	Abwässerschlämme Alkaliresist	ü.	070202	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung	Abwasserbehandlung Alkaliresist	101.515	Deponie Blaustadt, Waldstr. 2, 15555 Blaustadt	PT8888886	P99999996	ENP000157468	-	-	D5	Verwertung wirtschaftlich nicht vertretbar
4	gestrippter Fotoresist	b. ü.	080107	Schlämme aus der Farb- und Lackentfernung, die keine halogenierten Lösemittel enthalten	-	40.709	SchlammPro, Dorfstr. 33, 15644 Weisungen	PT8888887	P99999997	ENP000177469	-	-	R3	-
5	goldbeschichtete Leiterplattenabfälle	-	160202	andere gebrauchte elektronische Geräte	-	2.017	Multi-Meier, Wiesendamm 99, 16111 Grundorf	PT8888885	P99999995	SNP000182845	-	-	R3	-
6	goldbeschichtete Leiterplattenabfälle	-	160202	andere gebrauchte elektronische Geräte	-	3.918	Elektronoptica GmbH, Am Flußufer 5, 14888 Schwarzbach	PT8888889	P99999999	SNP000156549	-	-	R3	-
...														

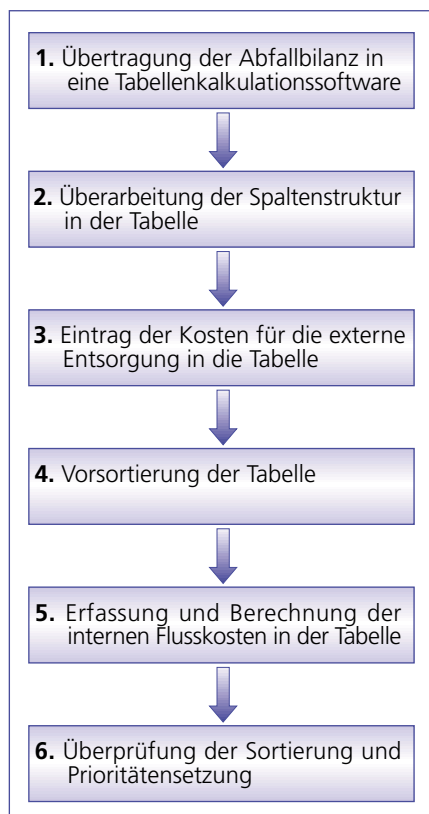
Tabelle 1 (Originalgröße siehe Anhang): Übersichtsdarstellung der Abfallbilanz

schriften der Entsorger in einer gesonderten Liste zu führen und in die Abfallbilanz lediglich deren Namen in Spalte 8 einzutragen.

- Innerhalb einer Betriebsstätte ist eine weitere Differenzierung der betrieblichen Anfallstelle (Spalte 6) i. d. R. nicht gefordert. Für interne Überlegungen kann eine genauere Zuordnung u. U. jedoch trotzdem sinnvoll sein.

3 Flusskostenanalyse der Abfallbilanz: Auswahl der näher zu betrachtenden Abfälle

Die nächsten Arbeitsschritte im Überblick



3.1 Vorarbeiten

Für die Analyse der Flusskosten, die mit den Abfällen verbunden sind, wird auf Basis der Abfallbilanz eine neue Tabelle erstellt. Für diesen Zweck muss eine Kopie der Abfallbilanz in einer Tabellenkalkulationssoftware (z. B. EXCEL, Lotus 1,2,3) vorliegen.

Einige der in der Abfallbilanz enthaltenen Informationen werden für die weiteren Be-

rechnungen nicht mehr benötigt. Deswegen werden die Spalten 9 (Beförderer-Nr.) bis 15 (Begründung der Notwendigkeit der Abfallbeseitigung) gelöscht. Die Spalten 3 bis 6 (b.ü./ü.,

EAK-Schlüssel, EAK-Bezeichnung und Betriebliche Anfallstelle) werden ebenfalls nicht ständig gebraucht, können aber im Einzelfall für die präzise Identifizierung einzelner Bilanzpositionen hilfreich sein. Es bietet sich an, sie in der Tabelle zu belassen, jedoch der Übersichtlichkeit halber auszublenden. Folgende Spalten müssen anschließend in der Tabelle hinzugefügt werden:

- Bemerkungen/Bezeichnung externe Entsorgung
- Kosten externe Entsorgung
- Bemerkungen/Bezeichnung interne Entsorgung
- Kosten interne Entsorgung
- Summe: kurzfristig variable Vollkosten Entsorgung
- Bemerkungen/Bezeichnung enthaltene Materialien
- Materialwert
- Summe der berücksichtigten Flusskosten
- Relevanz/Bemerkungen

"Früher haben wir uns vor allem bemüht, soviel von unseren Abfällen wie möglich zu verwerten statt zu beseitigen. Anhand der Flusskostenberechnungen können wir nun sehen, dass Maßnahmen, die zur Verringerung der Abfallmenge beitragen, unsere Kosten viel drastischer reduzieren."
Frau Löll, Einkauf und Qualitätsbeauftragte der Fa. OTEK

den aufgetretenen Kosten für deren externe Entsorgung durch andere Unternehmen. Da die Mengen bereits in der Abfallbilanz enthalten sind, müssen nur noch die externen Ent-

sorgungskosten aus den Rechnungen der Entsorgungsfirmen bzw. aus der Buchhaltung ergänzt werden. Sie lassen sich aus Tabelle 2, Spalte 17 entnehmen. Wenn in Abfallbilanzen im Prinzip gleichartige Abfälle auf mehrere Positionen verteilt sind, z.B. weil in dem Bilanzjahr verschiedene Entsorgungsfirmen beauftragt wurden, müssen diese Abfälle in einer Zeile zusammengefasst dargestellt werden. (vgl. als Beispiel Zeile 5 in Tabelle 2)

Nun kann eine erste Sortierung der Bilanzpositionen nach ihrer Kostenrelevanz vorgenommen werden, die in späteren Schritten möglicherweise noch anzupassen ist. Diese erste Sortierung erfolgt nach der Höhe der externen Entsorgungskosten, so dass die kostenintensiven Abfälle an erster Stelle betrachtet werden. Dieses Vorgehen basiert auf der Erfahrung, dass gerade diejenigen Abfälle, die hohe Kosten bei der Entsorgung verursachen, insgesamt mit hohen Flusskosten verbunden sind, da sie bereits intern hohe Material- und Handlingkosten verursacht haben, bevor sie zu Abfall wurden.

Tabelle 2: Flusskostenanalyse der Abfallbilanz - struktureller Aufbau und Kosten für externe Entsorgung

1 Lfd. Nr.	2 Interne Bezeichnung	7 Menge (kg/Jahr)	8 Name und Anschrift des Entsorgers	16 Bemerkungen/Bezeichnung externe Entsorgung [DM]	17 Kosten externe Entsorgung [DM]	18 Bemerkungen/Bezeichnung interne Entsorgung	19 Kosten interne Entsorgung [DM]	20 Summe: kurzfr. variable Vollkosten Entsorgung	21 Bemerkungen/Bezeichnung enthaltene Materialien	22 Materialwert [DM]	23 Summe der berücksichtigten Flusskosten [DM]	24 Relevanz/ Bemerkungen
1	Kupferhaltiger Galvanikschlamm	147.934	Kupferhütte Rothheim	Preis 2000: 0,49 DM/kg	82.300							
2	Leiterplattenabfälle Verrentung	105.336	Müll-Meier	Preis 2000: 0,62 DM/kg	65.300							
3	Abwässerschlämme Alkalireisei	101.515	Diponie Baurstadt		40.600							
4	grüngrüner Schlamm	40.709	SchlammPro		34.650							
5	größtbeschnittene Leiterplattenabfälle	5.915	Müll-Meier 8'900 Elektronicycling GmbH 17.300		26.700							zwei Bilanzpositionen zusammengefasst
...												

Tabelle 2 (Originalgröße siehe Anhang): Flusskostenanalyse der Abfallbilanz - struktureller Aufbau und Kosten für externe Entsorgung

Aus den beschriebenen Veränderungen ergibt sich eine Spalten-Struktur wie in Tabelle 2 dargestellt

3.2 Zusammenstellung der Kosten für die externe Entsorgung

Nach diesen Vorbereitungen gilt der erste Blick den angefallenen Abfallmengen und

Es soll also nicht der Fokus auf die Entsorgungskosten gerichtet werden, sondern vielmehr werden die Entsorgungskosten als ein wichtiger Indikator für hohe Flusskosten des gesamten Materialflusses angesehen.

3.3 Abschätzung der Flusskosten

Für die erste Abschätzung der Flusskosten werden die in der Tabelle enthaltenen Abfälle zeilenweise betrachtet. Dabei werden die Flusskosten gegenläufig zum physischen Materialfluss quasi „flussaufwärts“ (upstream) ermittelt oder abgeschätzt, beginnend mit der Entsorgung bis hin zur Beschaffung. Anschließend werden diese Kosten, wo sinnvoll möglich, zu einer Summe addiert. Hierfür werden die neu eingerichteten Spalten in der Tabelle verwendet.

Da die Kosten für die externe Entsorgung bereits aus dem letzten Arbeitsschritt vorhanden sind, werden nun zunächst die anfallenden Materialkosten der internen Entsorgung ermittelt. Hier handelt es sich z.B. um Verpackungsmittel für Abfälle, Mieten für Container, Filter, Chemikalien für die Abwasserbehandlung, Energie, etc. Sind die genauen Kostenwerte ohne großen Aufwand zu ermitteln, lassen sie sich in der Spalte „Kosten interne Entsorgung“ erfassen und in der zugehörigen Spalte für Bemerkungen benennen. Sofern für einen Abfall mehrere Materialkosten in der Entsorgung anfallen, werden zusätzliche Zeilen eingefügt (vgl. Tabelle 3, Zeile 1). Möglicherweise werden für einige Abfälle von den Entsorgern nicht nur Kosten berechnet sondern auch Gutschriften für enthaltene Wertstoffe erstellt. Diese Erlöse sind ebenfalls in zusätzlichen Zeilen zu berücksichtigen (vgl. Tabelle 3, Zeile 4). Anstelle genauer Werte können falls notwendig auch Schätzwerte verwendet werden, dies ist dann entsprechend deutlich zu machen. Sind die Kosten für die interne Entsorgung geringfügig, ohne dass ein angemessener Schätzwert ermittelt werden kann, sollte diese Überlegung ebenfalls in der Tabelle festgehalten werden.

Die Kosten und Erlöse lassen sich nun gemeinsam mit den Kosten für die externe Entsorgung in der Spalte „Summe: kurzfristige variable Flusskosten Entsorgung“ zusammenrechnen. Anschließend werden die Zeilen der Tabelle nach dieser Summe absteigend neu sortiert, woraus sich das Bild wie in Tabelle 3 ergibt.

Anmerkung zu Tabelle 3:

- Werden bei der Entsorgung eines Abfalls Erlöse erzielt, wie z. B. bei der Ver-

Tabelle 3: Flusskostenanalyse der Abfallbilanz - Eintrag interner Entsorgungskosten

1 Lfd. Nr.	2 Interne Bezeichnung	7 Menge (kg/Jahr)	8 Name und Anschrift des Entsorgers	16 Bemerkungen/ Bezeichnung externe Entsorgung [DM]	17 Kosten externe Entsorgung [DM]	18 Bemerkungen/ Bezeichnung interne Entsorgung	19 Kosten interne Entsorgung [DM]	20 Summe: kurzfr. variable Vollkosten Entsorgung	21 Bemerkungen/ Bezeichnung enthaltene Materialien	22 Materialwert [DM]	23 Summe der berücksichtigten Flusskosten [DM]	24 Relevanz/ Bemerkungen
1	Kupferhaltiger Galvanischschlamm	167.934	Kupferhütte Rothlein	0,49 DM/kg	82.300	BIG BAG SWL 1250 15,50 DM/Rück Abwasserchemikalien	5.673 163.190	251.863				
3	Abwasserchlamm Alkalireisig	101.515	Deponie Blaustadt		40.600	Abwasserchemikalien	56.464	97.064				
4	gestrippter Folienrest	40.709	SchlammPro		34.650	1368 PE-Deckelfasser 25-40 Lit. m. Sperrring Entsorgung der Deckelfasser	6.772 3.222	44.644				
2	Leiterplattenabfälle Verwertung	105.336	Müll-Meier	0,42 DM/kg Kupfergehalt 12,743 kg/Erz	45.300 -30.690			34.610				
5	goldbeschichtete Leiterplattenabfälle	5.915	Müll-Meier: 8.900 Elektronicycling GmbH: 17.800		26.700			26.700				zwei Bilanzpositionen zusammengefasst

Tabelle 3 (Originalgröße siehe Anhang): Flusskostenanalyse der Abfallbilanz - Eintrag interner Entsorgungskosten

wertung von Leiterplattenabfällen, so werden diese in der Spalte „Kosten externe Entsorgung“ mit einem negativen Vorzeichen (Minuszeichen) versehen.

Ebenso wie bei den Kosten für die interne Entsorgung wird auch bei den Materialkosten (Spalte 21 „Bemerkungen/ Bezeichnung enthaltene Materialien“ und Spalte 22 „Materialwert“) vorgegangen. Hier handelt es sich um die anteiligen Materialwerte der Stoffe, die in den Abfällen enthalten sind, wie z.B. Verschnitt, Farbe, Verpackung. Es gilt also festzustellen, inwiefern Materialkosten gesenkt werden könnten, wenn der betrachtete Stoff in geringeren Mengen eingesetzt und damit entsprechend weniger als Abfall anfallen würde. Allerdings ist die genaue Bestimmung oder eine verlässliche Abschätzung dieser Kosten oftmals aufwendig. In solchen Fällen kann man sich zunächst darauf beschränken, diese Kosten rein qualitativ abzuschätzen, indem sie als „hoch“, „mäßig hoch“ oder „geringfügig“ eingestuft werden. Dieses Vorgehen ist angemessen, da mit der ersten Analyse der Abfallbilanz in kurzer Zeit ein guter Überblick erlangt werden soll, ohne dass man unnötig Zeit für Details verliert. Bei Bedarf können ge-

nauere Kostenwerte oder Schätzungen später ergänzt werden.

Da die Tabelle bisher nach der Höhe der Entsorgungskosten sortiert ist, werden die Flusskosten der einzelnen Abfälle zum Tabellenende hin abnehmen. Ausnahmen stellen jedoch solche Abfälle dar, für die Entsorgungserlöse erzielt werden. Hier sind die Materialkosten der im Abfall enthaltenen Stoffe in der Regel deutlich höher als die Entsorgungserlöse, was zu entsprechend hohen Flusskosten führt. Deswegen wird im Anschluss an die zeilenweise Abschätzung der Flusskosten für jeden Abfall überprüft, ob die bisherige Sortierung der Tabelle immer noch der Kostenrelevanz entspricht. Gegebenenfalls sind einzelne Abfälle umzustellen. Im Ergebnis sollen die Abfälle entsprechend der Höhe der gesamten Flusskosten sortiert sein. Damit lässt sich schnell erkennen, bei welchen Stoffen sich bei einer Verbesserung der Effizienz besonders hohe Einsparungen erzielen lassen.

Anmerkung zu Tabelle 4:

- Sollte sich im Rahmen der Kostenermittlung zeigen, dass neben Entsorgungs- und Materialkosten auch andere Kostenarten eine bedeutende Rolle

Tabelle 4: Flusskostenanalyse der Abfallbilanz - Ergebnistabelle

1 Lfd. Nr.	2 Interne Bezeichnung	7 Menge (kg/Jahr)	8 Name und Anschrift des Entsorgers	16 Bemerkungen/ Bezeichnung externe Entsorgung [DM]	17 Kosten externe Entsorgung [DM]	18 Bemerkungen/ Bezeichnung interne Entsorgung	19 Kosten interne Entsorgung [DM]	20 Summe: kurzfr. variable Vollkosten Entsorgung	21 Bemerkungen/ Bezeichnung enthaltene Materialien	22 Materialwert [DM]	23 Summe der berücksichtigten Flusskosten [DM]	24 Relevanz/ Bemerkungen
2	Leiterplattenabfälle Verwertung	105.336	Müll-Meier	0,42 DM/kg Kupfergehalt 12,743 kg/Erz	45.300 -30.690			34.610	Basismaterial Kupferfolien Prepress	1.900.000	1.934.610	
3	Abwasserchlamm Alkalireisig	101.515	Deponie Blaustadt		40.600	Abwasserchemikalien	56.464	97.064	Alkal. Trockenreste Soda calciniert	1.445.039 21.891	1.563.994	
1	Kupferhaltiger Galvanischschlamm	167.934	Kupferhütte Rothlein	0,49 DM/kg	82.300	BIG BAG SWL 1250 15,50 DM/Rück Abwasserchemikalien	5.673 163.190	251.863	Metalwerte Cu, Sn, Ni, Al	106.586	358.449	
4	gestrippter Folienrest	40.709	SchlammPro		34.650	1368 PE-Deckelfasser 25-40 Lit. m. Sperrring Entsorgung der Deckelfasser	6.772 3.222	44.644	Kaillauge	60.634	105.278	
5	goldbeschichtete Leiterplattenabfälle	5.915	Müll-Meier: 8.900 Elektronicycling GmbH: 17.800		26.700			26.700	hohe Kosten, sollen zu einem späteren Zeitpunkt ermittelt werden!		26.700	zwei Bilanzpositionen zusammengefasst

Tabelle 4 (Originalgröße siehe Anhang): Flusskostenanalyse der Abfallbilanz - Ergebnistabelle

spielen, die durch eine Veränderung der Materialströme beeinflussbar sind (z. B. Personalkosten, Versicherungen, etc.), sollte der Tabelle eine weitere Spalte zugefügt werden, die mit „Sonstige Kosten“ überschrieben werden könnte.

Auf Basis der vorgenommenen Kostenermittlung und -abschätzung werden nun die Abfälle und Stoffflüsse ausgewählt, deren Kostenverhalten näher analysiert werden soll. Für die Auswahl sind folgende Kriterien zugrunde zu legen:

- Höhe der Flusskosten: Je höher die Flusskosten, desto eher sind relevante Kostensenkungspotenziale zu erwarten.
- Anfallhäufigkeit: Fällt der Abfall nicht regelmäßig, sondern nur in manchen Jahren an, dürfte eine nähere Kostenanalyse i. d. R nicht erforderlich sein.
- Berücksichtigung der verbundenen Kosten bei der Entscheidung über die Entstehung des Abfalls: Entstehen Abfälle im Rahmen von bewusst vorgenommenen Einzelentscheidungen, wie z.B. Auswechseln eines galvanischen Bads aufgrund eines Neuauftrags, dann werden die damit verbundenen Kosten i.d.R. angemessen berücksichtigt. Ob dies tatsächlich der Fall ist oder nicht, kann möglicherweise bereits jetzt anhand der Tabelle beurteilt werden.

Das Ergebnis dieses Auswahlprozesses lässt sich in der letzten vorbereiteten Spalte „Kostenrelevanz“ dokumentieren. Hier kann eine ABC-Klassifizierung mit folgenden Abstufungen zugrunde gelegt werden:

A= vertiefend analysieren

B= später analysieren

C= offensichtlich nicht kostenrelevant

Die weiteren Analyseschritte erfolgen nicht mehr in dieser Tabelle, sondern anhand von neuen Rechnungen. Hier bestehen zwei Möglichkeiten:

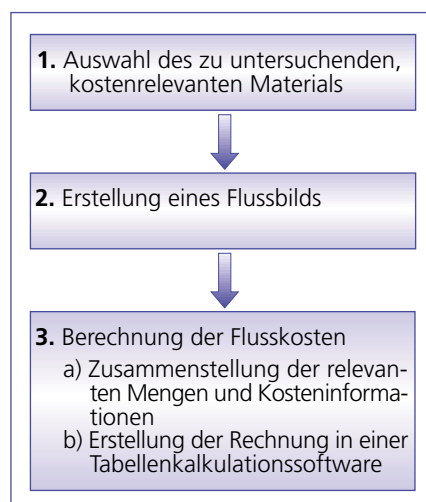
- Setzt sich ein offensichtlich kostenrelevanter Abfallstrom überwiegend aus einem oder zwei Materialien zusammen, dann kann die im folgenden beschriebene „Flusskostenanalyse für ausgewählte Materialien“ durchgeführt werden.
- Handelt es sich um einen komplex zu-

sammengesetzten, kostenintensiven Abfall, wie er z. B. beim Betrieb einer Abwasserbehandlungsanlage entsteht, lassen sich die damit verbundenen Flusskosten anhand der „Kostenanalyse der Schlämme aus der Abwasserbehandlung“ näher betrachten. Die Vorgehensweise ist in Kapitel 5 beschrieben.

4 Flusskostenanalyse für einzelne Materialien

Häufig werden kostenintensive Abfälle von wenigen Materialien verursacht. Oder aber es verbleiben wertvolle Einsatzmaterialien in verschiedenen Abfällen, die insgesamt hohe Flusskosten verursachen. In beiden Fällen sollte eine Flusskostenanalyse dieser Materialien vorgenommen werden.

Die nächsten Arbeitsschritte im Überblick



4.1 Auswahl des zu untersuchenden, kostenrelevanten Materials

Eine Flusskostenanalyse für ein ausgewähltes Material sollte dann erfolgen, wenn sich ein offensichtlich kostenrelevanter Abfallstrom überwiegend aus einem oder zwei Materialien zusammensetzt. Sinnvoll ist eine solche Analyse darüber hinaus für Materialien, die im Einkauf oder in der Produktion hohe Kosten verursachen und sich in verschiedenen Abfallströmen in wesentlichen Mengen wiederfinden.

4.2 Erstellung eines Flussbilds

Für jedes zu untersuchende Material wird ein Flussbild erstellt, das die Wege und Prozesse beschreibt, die das Material in der Produktion durchläuft. Das Flussbild dient dazu, ein vollständiges Bild der Materialverluste und der damit verbundenen Kosten zu erhalten. Dazu gehört auch die Betrachtung der Materialmengen, die im Produkt verbleiben. Die Erstellung des Flussbilds ist ein Prozess, bei dem das Wissen über die betrachteten Materialien zusammengetragen wird. Wie die Erfahrung zeigt, ist einzelnen Mitarbeitern oftmals nur ein Teilbereich der Materialflüsse näher bekannt bzw. in den täglichen Arbeitsabläufen bewusst. Das Flussbild und die entsprechenden Entwürfe bei der Erstellung, sind also eine wichtige Diskussionsgrundlage für die Kommunikation mit den Mitarbeitern, die Sachkenntnisse zu den Prozessen und Abläufen einbringen sollen. Es stellt sicher, dass bei der anschließenden Kostenanalyse alle relevanten Prozesse angemessen berücksichtigt werden.

Für das Flussbild wird als Ausgangspunkt nicht die Entsorgungsseite, sondern der Materialeinsatz, also die Inputseite gewählt. Nur bei der Betrachtung entlang des Materialflusses „flussabwärts“ (downstream) werden alle kostenrelevanten Prozesse sicher erkannt. In der folgenden idealtypischen Darstellung (Abbildung 2) durchläuft das betrachtete Material einen Bearbeitungsschritt und fällt im darauffolgenden zweiten Bearbeitungsschritt als Abfall an. Dieser Abfall durchläuft einen internen Entsorgungsprozess, bevor er von einer Entsorgungsfirma kostenpflichtig abgenommen wird. Da aber auch ein Teil des eingesetzten Materials im Produkt verbleibt, wird auch dieser Weg in dem Flussbild dargestellt.

In der betrieblichen Praxis sind die Materialflüsse natürlich deutlich komplexer. Die Materialien durchlaufen mehrere Bearbeitungsschritte, bis sie als Abfall anfallen. Der Abfall entsteht in verschiedenen Bearbeitungsstufen und verbleibt in unterschiedlichen Abfällen. Das Flussbild gewinnt, wenn es möglichst übersichtlich Prozesse zusammenfasst und auf das Wesentliche fokussiert. Unterschiedliche Abfallströme, die in der bereits erstellten Tabelle „Flusskostenanalyse der Abfallbilanz“ getrennt stehen, sollten auch im Flussbild nicht zusammengefasst werden.

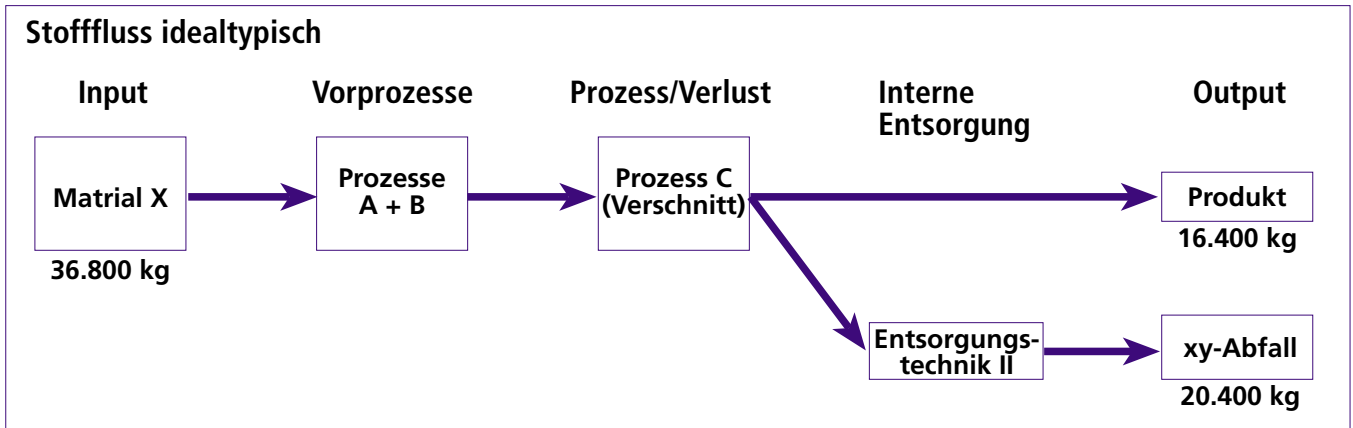


Abbildung 2: Idealtypische Darstellung eines Flussbilds

Beispiel: Materialfluss Kupfer

Kupfer ist einer der Haupteinsatzstoffe in der Leiterplattenherstellung. Bei hmp wird es in Form von galvanischen Lösungen und Anoden eingesetzt. Das Kupfer verbleibt nur zu ca. 50% auf den Produkten. Der Rest gelangt auf unterschiedlichen Wegen verschiedene Abfälle, die verwertet oder beseitigt werden müssen. Um die Größenordnungen zu verdeutlichen, wurden die jeweiligen Mengenanteile ermittelt.

da diese im Rahmen der Flusskostenanalyse ausschließlich internen Zwecken dient. Nur wenn Flussbild für eine Präsentation (z. B. vor der Geschäftsführung) genutzt werden soll, ist eine EDV-gestützte Zeichnung unter Verwendung der Zeichenfunktion der im Hause bereits vorhandenen Tabellenkalkulationssoftware oder eines Graphikprogramms sinnvoll.

Erfahrungsgemäß sind zwei bis drei Versuche bzw. Änderungen erforderlich, bis die geeignete und sachlich richtige Darstellung gefunden worden ist. Die Zwischenergebnisse sollten mit Kollegen, die die Prozesse

und Abläufe gut kennen, durchgesprochen werden, um sicher zu stellen, dass nichts wesentliches übersehen wurde.

4.3 Ermittlung der Flusskosten

Auch die Berechnung der Flusskosten erfolgt mit Hilfe einer Tabellenkalkulationssoftware. Für das betrachtete Material werden die Kosten zusammengestellt, die bei der Beschaffung, beim Durchlauf durch Produktionsprozesse und bei der Entsorgung verursacht werden. Dazu muss zunächst die Menge des Materials ermittelt werden, die in dem jeweiligen Prozess in den Abfallstrom eingetragen wird und nicht im Produkt verbleibt. Anschließend werden alle Kostenfaktoren, die direkt von dieser Stoffmenge abhängen, erfasst. Damit erhält man für jeden getrennt betrachteten Prozess die Summe der relevanten Kosten, die in einem zweiten Schritt in einer Tabelle zusammengeführt werden. Eine Vorstellung, wie eine solche Tabelle aussehen könnte, vermittelt Tabelle 5.

Anmerkung zu Abbildung 3:

- Eine Bleistiftskizze reicht für die übersichtliche Darstellung der Materialflüsse aus,

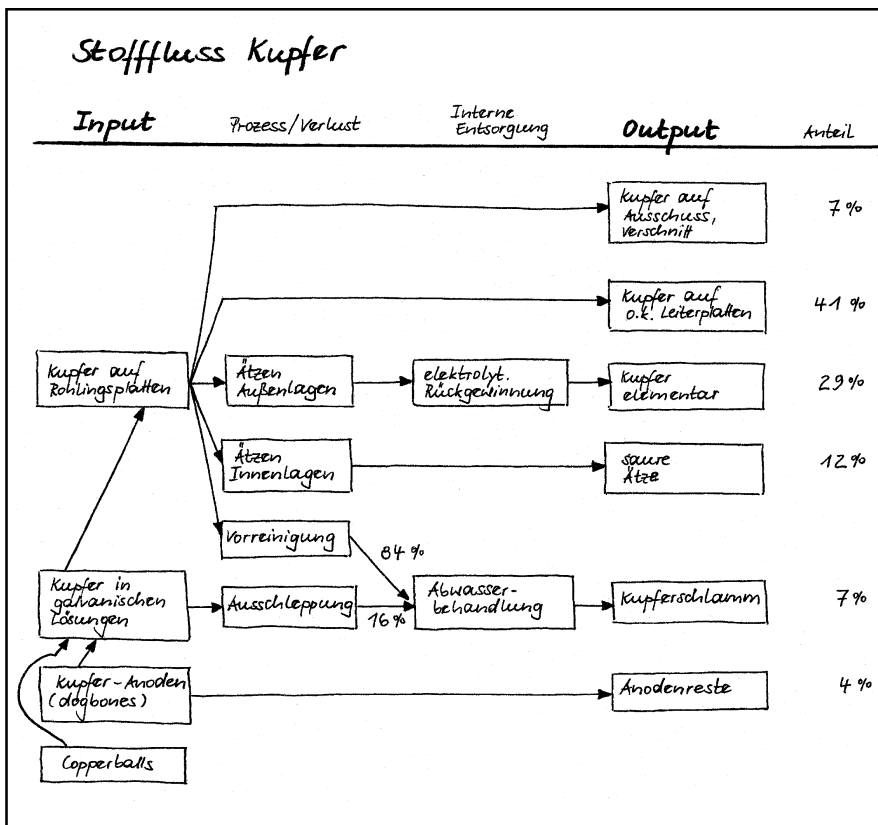


Abbildung 3: Materialfluss Kupfer in der Leiterplattenherstellung

Bei der Erstellung dieser Nebenrechnung treten regelmäßig drei Fragestellungen auf, die beantwortet werden müssen:

Welche Prozesse sollen getrennt betrachtet werden? Antwort: Grundsätzlich muss zwischen Prozessen, die vor der Abtrennung des Abfalls liegen und den Entsorgungsprozessen unterschieden werden. Je nachdem, wie die Kosten aus diesen Prozessschritten auf die betrachteten Materialströme zu verteilen sind, können die Prozessschritte unterschiedlich stark differenziert in der Rechnung abgebildet werden.

Welche Kosten, die in den Prozessen anfallen sind zu berücksichti-

gen? Antwort: Im Prinzip sind die Kosten zu berücksichtigen, die wegfallen würden, wenn das betrachtete Material den Prozess nicht mehr durchlaufen würde. Damit sind vergleichsweise viele Kostenpositionen

"Die genaue Verfolgung der Stoffflüsse hat uns schnell gezeigt, wo unnötige Verluste auftreten. Durch neue, präzisere Betriebsanweisungen an die Mitarbeiter konnte sofort Material eingespart werden, das zuvor im Abfall gelandet ist. Die Zeit, die wir dafür investiert haben, macht sich durch die reduzierten Kosten mehr als bezahlt."

Herr Neils, Fertigungsleiter der Fa. OTEK

Sind die mengenvariablen Kosten in den berücksichtigten Prozessen auf die betrachteten Materialflüsse verteilt, müssen nur noch die Summen gebildet werden, um die Flusskosten zu bestimmen. Die so

ermittelten Flusskosten geben nun Auskunft darüber, in welchem Umfang sich unmittelbar die Kosten verändern, wenn der betrachtete Materialfluss abnimmt. Diese Information ist nun Anstoß dafür gezielt nach Änderungsmöglichkeiten im bestehenden Produktionsablauf zu suchen. Häufig werden diese Möglichkeiten bereits bei der Zusammenstellung des Flussbilds und der Kosteninformationen erkannt und nicht erst mit der Fertigstellung der Rechnung. Zusätzlich werden bei der Erstellung der Rechnung oder später durch die vorliegenden Daten bei den einbezogenen Mitarbeitern Ideen für Verbesserungsvorschläge angeregt, die nun vergleichsweise einfach auf Ihre Wirtschaftlichkeit überprüft werden können. An welcher Stelle im Verlauf des Prozesses Einsparpotenziale identifiziert werden, ist stark vom Einzelfall abhängig und kann hier nicht explizit beschrieben werden.

Wie sind die ermittelten Kosten auf die Materialflüsse zu verteilen?

Antwort: Verursachungsgerecht. Wie schon bei der Frage nach den anzusetzenden Kostenpositionen sollte auch hier die Überlegung angestellt werden,

Spalte zugefügt werden, die mit „Sonstige Kosten“ überschrieben werden könnte.

Beispiel: Materialfluss Kupfer

Das Vorgehen soll wiederum am Beispiel des Materialflusses von Kupfer verdeutlicht werden. Aus dem Flussbild in Abb. 3 ist zu entnehmen, dass vier Prozesse näher betrachtet werden müssen: Ätzen Außenlagen, Ätzen Innenlagen, Vorreinigung, und Ausschleppung aus galvanischen Lösungen. Ein weiterer abfallrelevanter Kupferstrom endet im Ausschuss und Verschnitt.

Bei hmp wurde entschieden, im Rahmen des Projekts zunächst die Kupferströme detailliert zu betrachten, die im kupferhaltigen Schlamm aus der Abwasserbehandlung enden (vgl. Tabelle 6). Alle dem Kupferfluss zuzuordnenden Beschaffungs- und Entsorgungskosten resp. -erlöse wurden hierfür ermittelt. Andere Kosten (siehe Anmerkung zu Tabelle 5) erschienen nicht in relevantem Umfang veränderbar.

Für die anderen drei Ströme (Ätzen Außenlagen, Ätzen Innenlagen, Ausschuss/Verschnitt) wurde in einer ersten Näherung lediglich der Erlös aus der Verwertung der resultierenden Abfälle den Beschaffungskosten für das Kupfer gegenüber gestellt. Als Beschaffungspreis wurde für das Kupfer in einer Mischkalkulation zur Vereinfachung ein durchschnittlicher Wert von 5,50 DM pro Kilogramm angesetzt.

Das Beispiel erscheint auf den ersten Blick sehr komplex. Der Stofffluss des Kupfers in der Leiterplattenherstellung ist in der Tat vielschichtig. Viele Ströme, bei denen ein Stoff ein oder zwei Prozesse durchläuft, bevor ein Teil davon im Produkt und ein anderer im Abfall endet, sind wesentlich überschaubarer, was schon am Flussbild abzulesen sein wird. Das Beispiel zeigt aber auch, dass selbst komplexere Stoffflüsse in einer solchen Rechnung mit vertretbarem Aufwand erfasst werden können. Zudem wird daran deutlich, dass nicht sämtliche Flussdaten sofort bis ins Detail ermittelt werden müssen, sondern mit sinnvollen Abschätzungen gearbeitet werden kann, bis die Notwendigkeit einer Präzisierung erkennbar wird.

Tabelle 5: Schema zur Berechnung der Flusskosten eines Materials im Abfall

Prozess	Produktion			Entsorgung		Flusskosten gesamt [DM]
	Eintrag betrachtetes Material [kg]	Beschaffungskosten betrachtetes Material [DM]	Beschaffungskosten Hilfs-/Betriebsstoffe [DM]	intern Kosten [DM]	extern Kosten [DM]	
Prozess 1						
Prozess 2						
Prozess 3						
Prozess n						
Summe Prozesse 1 bis n						

Tabelle 5 (Originalgröße siehe Anhang): Schema zur Berechnung der Flusskosten eines Materials im Abfall

wie sich die Kosten verändern würden, wenn der betrachtete Materialfluss signifikant reduziert würde. So sind z. B. die Entsorgungskosten unabhängig von der Menge des Materials, das im Produkt verbleibt. Verringert sich jedoch die absolute Menge des Materialverlusts, dann sinken auch die Kosten in der Entsorgung. Deswegen werden in dieser Rechnung die mengenabhängigen Entsorgungskosten vollständig dem Material im Abfall zugeordnet (vgl. Tabelle 5).

Anmerkungen zu Tabelle 5:

- Wie bereits im Text erwähnt wird in der Spalte „Eintrag betrachteter Stoff“ die Menge eingetragen, die im Abfall endet.
- Sollte sich im Rahmen der Kostenermittlung zeigen, dass neben Entsorgungs- und Materialkosten auch andere Kostenarten eine bedeutende Rolle spielen, die durch eine Veränderung des Stoffflusses des betrachteten Materials beeinflussbar ist (z. B. Personalkosten, Versicherungen, Abschreibungen, etc.), sollte (wie bereits bei Tabelle 4 erläutert) der Tabelle eine weitere

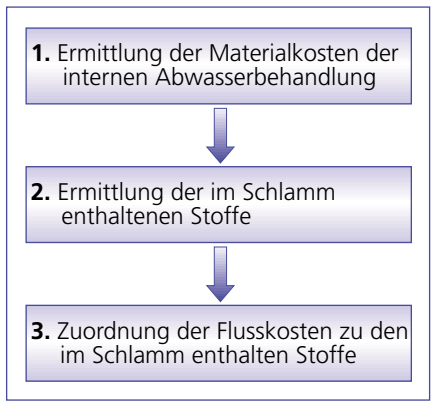
Tabelle 6: Berechnung der Flusskosten von Kupfer im Abfall

Prozess	Kupfereintrag	Einkauf Kupfer (5,50 DM/kg)	Hilfsstoffe/Betriebsstoffe	Abwasserbehandlung	Entsorgung	Flusskosten gesamt
Ausschuss / Verschnitt	12.870 kg	70.785 DM	-	-	-31.600 DM	39.185 DM
Ätzen Außenlagen	54.450 kg	299.470 DM	-	-	-78.700 DM	220.770 DM
Ätzen Innenlagen	22.770 kg	125.235 DM	-	-	-26.400 DM	98.835 DM
Vorreinigung	11.461 kg	63.035 DM	135.254 DM	73.934 DM	321.345 DM	593.568 DM
Ausschleppung						
Ätzen Innenlagen durchschnittlich 30 µm (120 g/l Kupfer)	50 kg	275 DM	3.224 DM	323 DM	1.402 DM	5.224 DM
galvanisches Anschlagkupfer bei der Durchkontaktierung 20 g/l Kupfer	140 kg	770 DM	12.722 DM	903 DM	3.925 DM	18.320 DM
galvanischer Leiterbilddaufbau 20 g/l Kupfer	143 kg	787 DM	25.483 DM	923 DM	4.009 DM	31.202 DM
Ätzen Außenlagen durchschnittlich 30 µm	1.516 kg	8.338 DM	5.825 DM	9.780 DM	42.506 DM	66.449 DM
Summe Ausschleppung	1.849 kg	10.170 DM	47.254 DM	11.929 DM	51.842 DM	121.195 DM
Kupfereintrag in das Abwasser insgesamt	103.400 kg	568.695 DM	182.508 DM	85.863 DM	236.487 DM	1.073.553 DM

Tabelle 6 (Originalgröße siehe Anhang): Berechnung der Flusskosten von Kupfer im Abfall

5 Kostenanalyse von Schlamm aus der Abwasserbehandlung

Die nächsten Arbeitsschritte im Überblick



Die Behandlung der betrieblichen Abwässer ist für viele Unternehmen v. a. der Metallverarbeitenden Industrie eine selbstverständliche Notwendigkeit, die nicht unerhebliche Kosten verursacht. Diese Kosten werden in der Regel in ihrer Gesamtheit betrachtet, ohne dass sie systematisch analysiert werden. Mit der folgenden Rechnung lässt sich innerhalb von ein bis zwei Stunden eine neue Perspektive auf die Kosten werfen, die in dem anfallenden Schlamm stecken. Betrachtungsgegenstand ist also nicht die Abwasserbehandlung als solche, sondern der anfallende Schlamm und die dort enthaltenen Stoffe. Diesen Stoffen sollen die verursachten Flusskosten zugeordnet werden.

5.1 Flussabhängige Kosten der Abwasserbehandlung

Allgemein fallen bei der Abwasserbehandlung Materialkosten (inkl. Energie), Personalkosten, Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie Abschreibung an. Für

die Flusskostenanalyse des Schlammes werden nur solche Kosten betrachtet, die sich unmittelbar bei der Reduzierung der Menge oder bei der Veränderung der Zusammensetzung des Schlammes verändern.

Dies sind in der Abwasserbehandlung in der Regel nur die Materialkosten. Stromkosten sollten hingegen nicht angesetzt werden, da der Stromverbrauch eher von der behandelten Wassermenge als von den im Wasser vorhandenen Substanzen abhängt. Personalkosten, Kosten für Instandhaltung etc. sowie Abschreibungen sind stärker zeit- als mengenabhängig und werden daher in dieser Flussanalyse ebenfalls nicht in Betracht gezogen.

Im Regelfall werden für die weiteren Berechnungen daher nur die Materialkosten der Abwasserbehandlung benötigt. Im einfachsten Fall kann dieser Wert unmittelbar aus der Kostenrechnung abgerufen werden. Sofern jedoch weitere Kalkulationen erforderlich sind, z. B. weil an der Kostenstelle „Abwasserbehandlung“ weitere Materialkosten gebucht werden, die nicht direkt zur Abwasserreinigung verwendet werden, empfiehlt sich eine ein-

Tabelle 7: Materialkosten pro Jahr in der Abwasserbehandlung

Produkt	Menge [kg]	Beschaffungskosten [DM]	Gesamtkosten [DM]	Anteil [%]
Wasserstoffperoxid (H ₂ O ₂) 50%	44.055	2,90	127.759,50	67,31
Ätznatron (NaOH) 40%	30.000	0,60	18.000,00	9,48
Aktivator CN	257	36,00	9.252,00	4,87
Salzsäure techn. (HCl) 20%	25.345	0,50	12.672,50	6,68
TMT 15-Degussa	515	9,60	4.944,00	2,60
Caroat	59	7,20	424,80	0,22
Natriumsulfid (Na ₂ S)	1.485	2,90	4.306,50	2,27
TMT 185	100	9,50	950,00	0,50
Eisen-III-Chlorid	396	3,00	1.188,00	0,63
Natronbleichlauge 25 BE	59	1,60	94,40	0,05
GGVS-Zuschläge	102.290	0,10	10.229,00	5,39
Gesamtbetrag			189.820,70	100,00

Tabelle 7: (Originalgröße siehe Anhang) Materialkosten pro Jahr in der Abwasserbehandlung

fache Aufstellung der relevanten Einsatzstoffe und ihrer Kosten wie in dem folgenden Beispiel dargestellt (Tabelle 7).

Anmerkung zu Tabelle 7:

- In unserem Beispiel aus der Leiterplattenherstellung fielen in dem beschriebenen Jahr 19.800 kg Schlamm aus der Behandlung von 1.680 m³ Wasser an. Das bedeutet, dass sich die Beschaffungskosten für die Abwasserchemikalien je Kubikmeter Wasser auf ca. 113,- DM und je Kilogramm resultierenden Schlamm auf ca. 9,60 DM beliefen.

5.2 Kostentreibende Substanzen im Schlamm

Die Flusskostenanalyse des Schlammes aus der Abwasserbehandlung erfolgt wiederum mit Hilfe einer Tabellenkalkulation. Bei der Erstellung der Tabelle wird im wesentlich spaltenweise vorgegangen. Nur Anfangs sind die Zeilen zu sortieren.

Ausgangspunkt ist eine chemisch-physikalische Analyse des Schlammes anhand einer Probe. Die Analyseergebnisse mit den identifizierten Metallen und anderen Stoffen lassen sich in den ersten Spalten der Tabelle festgehalten. Darauf aufbauend werden in der anschließenden Spalte die Jahresmengen hochgerechnet. Da die vorgenommene Analyse nur eine Stichprobe darstellt, erhält man bei schwankenden Zusammensetzungen des Schlammes nur eine grobe Abschätzung, die in der Regel aber ausreicht.

6 Schlussbetrachtung

Die Ergebnisse aus der Kostenanalyse der Schlämme aus der Abwasserbehandlung und die Flusskostenanalysen der betrachteten relevanten Materialien lassen sich nun mit der Flusskostenanalyse der Abfallbilanz zusammenführen, um bisherige Schätzungen durch genauere Werte zu ersetzen. Diese Aktualisierung ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Arbeitsergebnisse Dritten vorgestellt werden. Inkonsistenzen führen sonst zu Missverständnissen und senken die Glaubwürdigkeit der Berechnungen.

Mitunter bekommt man bei der Durchführung der Flusskostenrechnung das Gefühl, bereits nach einer ersten Abschätzung die Mengen- und Kostensituation und die daraus resultierenden Möglichkeiten hinreichend genau überblicken zu können. Das verleitet dazu, bereits an dieser Stelle die Sinnhaftigkeit oder Effizienz weiterer Berechnungen in Frage zu stellen. Die Erfahrungen in den beteiligten Pilotunternehmen haben uns jedoch deutlich gezeigt, dass ein wesentlicher Lernprozess im Unternehmen bei der Erstellung und der Diskussion der Rechnung vollzogen wird. Dies wurde explizit von den beteiligten Mitarbeitern geäußert. Auch wenn, wie an entsprechender Stelle angemerkt, in frühen Phasen der Berechnungen die Notwendigkeit erster Maßnahmen erkannt wird, sollte das Verfahren bis zum Ende durchgeführt werden, um sich die Möglichkeit weiterer wichtiger Einsichten, die u. U. zu deutlichen Kosteneinsparungen führen, nicht zu verschließen.

Ist das System der sich ergänzenden Tabellen erst einmal in einer Tabellenkalkulation angelegt, so lassen sich die Rechnungen in der Folge mit relativ geringem Aufwand wiederholen. Dies kann in regelmäßigen Abständen (z. B. jährlich) geschehen, um zum einen die Entwicklung der abfallbezogenen Kosten zu verfolgen und zum anderen erneut zu überprüfen, ob sich neue Ansätze zur Reduktion der Abfallmengen und der damit verbundenen Kosten ergeben haben. Es ist aber auch möglich bei der Planung einer Veränderung im Produktionsablauf deren Einfluss auf die Abfallkosten vorab abzuschätzen und das Ergebnis in die Entscheidungsprozesse zu integrieren. Sollen die Rechnun-

gen regelmäßig wiederholt werden, ist es sinnvoll, vorab einen Informationsflussplan zu erstellen. Dieser regelt, wer zu welchem Zeitpunkt welche Informationen bereit zu stellen hat und bei wem diese Informationen abgelegt und weiterbearbeitet werden.

Um eine Entwicklung transparent zu machen, bietet es sich an, aus der erhaltenen Datenmenge sinnvolle und vergleichbare Kennzahlen zu bilden. Werden die ermittelten Flusskosten auf die produzierten Güter (z. B. in kg oder m²) oder auf das behandelte Wasservolumen oder die Schlammmenge bezogen oder wird das Verhältnis der Materialmengen betrachtet, die sich im Produkt bzw. im Abfall wiederfinden, so lassen sich daraus z. B. Aussagen über die Effizienz der Nutzung eingesetzter Materialien oder der Abwasserbehandlung treffen und die Zahlen lassen sich unabhängig vom Produktionsvolumen des betrachteten Zeitraums vergleichen.

7 Literatur

7.1 Abfallwirtschaftskonzepte und -bilanzen:

Als Hilfe zur Erstellung betrieblicher Abfallwirtschaftskonzepte und -bilanzen haben die Länder Brandenburg und Berlin verschiedene Leitfäden veröffentlicht. In Brandenburg gibt es für diverse Branchen spezifische Leitfäden, die unter dem Titel „Betriebliches Umweltmanagement“ beim **Landesumweltamt Brandenburg (LUA)** in Potsdam unter Tel.: 0331/ 23 23 -259, Fax: -21 08 oder per eMail: infoline@lua.brandenburg.de bezogen werden können.

In Berlin ist ein Leitfaden „Betriebliche Abfallwirtschaftskonzepte und Abfallbilanzen“ bei der **Senatsverwaltung für Stadtentwicklung** unter Tel. 030/ 90 25 -22 33 oder per eMail: heinz.edel@senstadt.verwaltung-berlin.de erhältlich.

7.2 Weiterführende Literatur

Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde (Hrsg.): Betriebliche Abfallwirtschaftskonzepte und -bilanzen. Abfallcontrolling für mittelständische metallverarbeitende Unternehmen Hamburgs. Ne-

ben Vorschlägen zur Gestaltung der Konzepte und Bilanzen bietet dieser Leitfaden einen Einstieg in das Abfallcontrolling sowie einige Beispiele für konkrete Kennzahlen im Produktionsbereich.

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung und Hessische Technologiestiftung (Hrsg.): Leitfaden Flusskostenrechnung - Kostensenkung und Umweltentlastung durch eine Materialflussorientierung in der Kostenrechnung, Wiesbaden 1999, (Bearbeitet durch, Fichter, K., Loew, T., Redman, C. und Strobel, M.). Der Leitfaden bietet eine umfassende Darstellung der Flusskostenrechnung an und zeigt, wie dieser Ansatz in das laufende Rechnungswesen integriert werden kann. 106 Seiten, Bezug: Hessische Technologiestiftung Wiesbaden Tel: 0611/ 774 -600, Fax: -620 e-mail: bracht@htl.de, Preis 39,—DM

Bundesumweltministerium, Umweltbundesamt (Hrsg.): Handbuch Umweltcontrolling, 2. Auflage, Vahlen Verlag, München, Veröffentlichung geplant für Ende 2000. Das umfassende Handbuch vermittelt einen praxisgerechten Einstieg in alle Fragen des betrieblichen Umweltmanagements. Unter anderem enthält es auch ein ausführliches Kapitel zur Umweltkostenrechnung. Ca. 500 Seiten, Bezug über den Buchhandel, Preis ca. 60,— DM

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, LfU (Hrsg.): Arbeitsmaterialien zur Einführung von Umweltkennzahlensystemen, erstellt von Loew, T., Kottmann, H., Karlsruhe, März 1999. Mit den Arbeitsmaterialien wird Unternehmen wie Beratern die Einführung eines betrieblichen Umweltkennzahlensystems erleichtert. Die Unterlage verschaffen Ihnen die Möglichkeit, auf ein Verfahren mit zugehörigen Arbeitsmitteln zurückzugreifen, das sich bereits im Rahmen des Pilotprojekts „Zielorientiertes Umweltmanagement mit Hilfe von Umweltkennzahlen“ bewährt hat. 43 Seiten. Bezug über die Verlagsauslieferung der LfU, Fax 0621/ 398370. Ansicht und Download auch im Internet unter <http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt2/oaudit/kennzahl/index.htm>

Tabelle 1: Übersichtsdarstellung der Abfallbilanz in Tabellenform

1 Lfd Nr.	2 Interne Bezeichnung	3 b. ü./ ü.	4 EAK- Schlüssel	5 EAK-Bezeichnung	6 Betriebliche Anfallstelle	7 Menge [kg/Jahr]	8 Name und Anschrift des Entsorgers	9 Beförderer- Nr.	10 Entsorger- Nr.	11 Entsorgungs- nachweis-Nr.	12 Anzeige §11 NachwV	13 Freigestell. n. §13 NachwV	14 R/D Verfahren	15 Begründung der Notwendigkeit der Abfallbeseitigung
1	kupferhaltiger Galvanikschlamm Verwertung	b. ü.	110104	zyanidfreie Abfälle, die kein Chrom enthalten	Abwasser- behandlung Galvanik	167.934	Kupferhütte Rotheim, Forstweg 1, 14777 Rotheim	PT8888884	P99999994	ENP000155637	-	-	R4	-
2	Leiterplattenabfälle Verwertung	-	160202	andere gebrauchte elektronische Geräte		105.336	Müll-Meier, Wiesendamm 99, 16111 Grundorf	PT8888885	P99999995	ENP000157845	-	-	R3	-
3	Abwasserschlamm Alkaliresist	ü.	070202	Schlämme aus der Farb- betriebsbeigenen Abwasserbehandlung	Abwasser- behandlung Alkaliresist	101.515	Deponie Blaustadt, Waldstr. 2, 15555 Blaustadt	PT8888886	P99999996	ENP000157468	-	-	D5	Verwertung wirtschaft- lich nicht vertretbar
4	gestrippter Fotoresist	b. ü.	080107	Schlämme aus der Farb- und Lackentfernung, die keine halogenierten Lösemittel enthalten		40.709	SchlammPro, Dorfstr. 33, 15666 Weislingen	PT8888887	P99999997	ENP000177469	-	-	R3	-
5	goldbeschichtete Leiterplattenabfälle	-	160202	andere gebrauchte elektronische Geräte		2.017	Müll-Meier, Wiesendamm 99, 16111 Grundorf	PT8888885	P99999995	SNP000182845	-	-	R3	-
6	goldbeschichtete Leiterplattenabfälle	-	160202	andere gebrauchte elektronische Geräte		3.918	Elektrorecycling GmbH, Am Flußufer 5, 14888 Schwarzbach,	PT8888889	P99999999	SNP000156549	-	-	R3	-
...														

Tabelle 2: Flusskostenanalyse der Abfallbilanz - struktureller Aufbau und Kosten für externe Entsorgung

1 Lfd Nr.	2 Interne Bezeichnung	7 Menge (kg/Jahr)	8 Name und Anschrift des Entsorgers	16 Bemerkungen/ Bezeichnung externe Entsorgung [DM]	17 Kosten externe Entsorgung [DM]	18 Bemerkungen/ Bezeichnung interne Entsorgung	19 Kosten interne Entsorgung [DM]	20 Summe: kurzfr. variable Vollkosten Entsorgung	21 Bemerkungen/ Bezeichnung enthaltene Materialien	22 Materialwert [DM]	23 Summe der berücksichtigten Flusskosten [DM]	24 Relevanz/ Bemerkungen
1	kupferhaltiger Galvanikschlamm	167.934	Kupferhütte Rotheim	Preis 2000: 0,49 DM/Kg	82.300							
2	Leiterplattenabfälle Verwertung	105.336	Müll-Meier	Preis 2000: 0,62 DM/Kg	65.300							
3	Abwasserschlamm Alkaliresist	101.515	Deponie Blaustadt		40.600							
4	gestrippter Fotorest	40.709	SchlammPro		34.650							
5	goldbeschichtete Leiterplattenabfälle	5.915	Müll-Meier: 8.900 Elektrorecycling- GmbH: 17.800		26.700							zwei Bilanzpositionen zusammengefasst
...												

Tabelle 3: Flusskostenanalyse der Abfallbilanz - Eintrag interner Entsorgungskosten

1 Lfd Nr.	2 Interne Bezeichnung	7 Menge [kg/Jahr]	8 Name und Anschrift des Entsorgers	16 Bemerkungen/ Bezeichnung externe Entsorgung [DM]	17 Kosten externe Entsorgung [DM]	18 Bemerkungen/ Bezeichnung interne Entsorgung	19 Kosten interne Entsorgung [DM]	20 Summe: kurzfr. variable Vollkosten Entsorgung	21 Bemerkungen/ Bezeichnung enthaltene Materialien	22 Materialwert [DM]	23 Summe der berücksichtigten Flusskosten [DM]	24 Relevanz/ Bemerkungen
1	kupferhaltiger Galvanikschlamm	167.934	Kupferhütte Rothenm	0,49 DM/kg	82.300	BIG BAG SW1.1250 15,50 DM/Stück	5.673	251.863				
3	Abwasserschlamm Alkaliresist	101.515	Deponie Blautadt		40.600	Abwasserchemikalien	163.190	97.064				
4	gestrippter Fotoresist	40.709	SchlammPro		34.650	1368 PE-Deckelfässer 25-40 Ltr. m. Spannung	6.772	44.644				
2	Leiterplattenabfälle Verwertung	105.336	Müll+Meier	0,62 DM/kg Kupfergehalt: 12.743 kg Erlös: -	65.300 -30.690	Entsorgung der Deckelfässer	3.222	34.610				
5	goldbeschichtete Leiterplattenabfälle	5.915	Müll+Meier: 8.900 Elektrorecycling- GmbH: 17.800		26.700			26.700				zwei Bilanzpositionen zusammengefasst
...												

Tabelle 4: Flusskostenanalyse der Abfallbilanz - Ergebnistabelle

1 Lfd Nr.	2 Interne Bezeichnung	7 Menge [kg/Jahr]	8 Name und Anschrift des Entsorgers	16 Bemerkungen/ Bezeichnung externe Entsorgung [DM]	17 Kosten externe Entsorgung [DM]	18 Bemerkungen/ Bezeichnung interne Entsorgung	19 Kosten interne Entsorgung [DM]	20 Summe: kurzfr. variable Vollkosten Entsorgung	21 Bemerkungen/ Bezeichnung enthalten Materialien	22 Materialwert [DM]	23 Summe der berücksichtigten Flusskosten [DM]	24 Relevanz/ Bemerkungen
2	Leiterplattenabfälle Verwertung	105.336	Müll-Meier	0,62 DM/kg ----- Kupfergehalt 12.743 kg Erlös:	65.300 ----- -30.690			34.610	Basismaterial Kupferfolien Prepregs	1.900.000	1.934.610	
3	Abwasserschläm Alkaliresist	101.515	Deponie Blaustadt		40.600	Abwasserchemikalien	56.464	97.064	Alkal Trockenresiste ----- Soda calciniert	1.445.039 ----- 21.891	1.563.994	
1	kupferhaltiger Galvanikschlamm	167.934	Kupferhütte Rotheim	0,49 DM/kg	82.300	BIG BAG SWL1250 15,50 DM/Stück Abwasserchemikalien	5.673 ----- 163.190	251.863	Metalwerte Cu, Sn, Ni, Al	106.586	358.449	
4	gestrippter Fotoresist	40.709	SchlammPro		34.650	1368 PE-Deckelfässer 25-40 Ltr. m. Spannung Entsorgung der Deckelfässer	6.772 ----- 3.222	44.644	Kallauge	60.634	105.278	
5	goldbeschichtete Leiterplattenabfälle	5.915	Müll-Meier: 8.900 Elektrorecycling- GmbH: 17.800		26.700			26.700	hohe Kosten, sollen zu einem späteren Zeitpunkt ermittelt werden!		26.700	zwei Bilanzpositionen zusammengefasst
...												

Tabelle 5: Schema zur Berechnung der Flusskosten eines Materials im Abfall

Prozess	Produktion			Entsorgung		Flusskosten gesamt [DM]
	Eintrag betrachtetes Material [kg]	Beschaffungskosten betrachtetes Material [DM]	Beschaffungskosten Hilfs-/Betriebsstoffe [DM]	intern Kosten [DM]	extern Kosten [DM]	
Prozess 1						
Prozess 2						
Prozess 3						
Prozess n						
Summe Prozesse 1 bis n						

Tabelle 6: Berechnung der Flusskosten von Kupfer im Abfall

Prozess	Kupfereintrag	Einkauf Kupfer (5,50 DM/kg)	Hilfsstoffe/Betriebsstoffe	Abwasserbehandlung	Entsorgung	Flusskosten gesamt
Ausschuss / Verschnitt	12.870 kg	70.785 DM	-	-	-31.600 DM	39.185 DM
Ätzen Außenlagen	54.450 kg	299.470 DM	-	-	-78.700 DM	220.770 DM
Ätzen Innenlagen	22.770 kg	125.235 DM	-	-	-26.400 DM	98.835 DM
Vorreinigung	11.461 kg	63.035 DM	135.254 DM	73.934 DM	321.345 DM	593.568 DM
Ausschleppung						
Ätzen Innenlagen durchschnittlich 30 µm (120 g/l Kupfer)	50 kg	275 DM	3.224 DM	323 DM	1.402 DM	5.224 DM
galvanisches Anschlagkupfer bei der Durchkontaktierung 20 g/l Kupfer	140 kg	770 DM	12.722 DM	903 DM	3.925 DM	18.320 DM
galvanischer Leiterbauaufbau 20 g/l Kupfer	143 kg	787 DM	25.483 DM	923 DM	4.009 DM	31.202 DM
Ätzen Außenlagen durchschnittlich 30 µm	1.516 kg	8.338 DM	5.825 DM	9.780 DM	42.506 DM	66.449 DM
Summe Ausschleppung	1.849 kg	10.170 DM	47.254 DM	11.929 DM	51.842 DM	121.195 DM
Kupfereintrag in das Abwasser insgesamt	103.400 kg	568.695 DM	182.508 DM	85.863 DM	236.487 DM	1.073.553 DM

Tabelle 7: Materialkosten pro Jahr in der Abwasserbehandlung

Produkt	Menge [kg]	Beschaffungskosten [DM]	Gesamtkosten [DM]	Anteil [%]
Wasserstoffperoxid (H ₂ O ₂) 50%	44.055	2,90	127.759,50	67,31
Ätznatron (NaOH) 40%	30.000	0,60	18.000,00	9,48
Aktivator CN	257	36,00	9.252,00	4,87
Salzsäure techn. (HCl) 20%	25.345	0,50	12.672,50	6,68
TMT 15-Degussa	515	9,60	4.944,00	2,60
Caroat	59	7,20	424,80	0,22
Natriumsulfid (Na ₂ S)	1.485	2,90	4.306,50	2,27
TMT 185	100	9,50	950,00	0,50
Eisen-III-Chlorid	396	3,00	1.188,00	0,63
Natronbleichlauge 25 BE	59	1,60	94,40	0,05
GGVS-Zuschläge	102.290	0,10	10.229,00	5,39
Gesamtbetrag			189.820,70	100,00

Tabelle 8: Flusskostenanalyse Schlamm aus der Abwasserbehandlung

Ausgangswerte		19,8 t	45 %	8,91 t	189.821 DM	Kosten externe Entsorgung gesamt		10.000 DM	Errechnete Parameter	
Gesamtmenge Schlamm nass						Kosten externe Entsorgung		10.000 DM	Masse kostentreibende Stoffe	3.456 kg
Feststoffanteil						Vergütung Ag		125 DM/kg	Materialkosten Abwasserbehandlung	
Trockensubstanz						Vergütung Ni		10 DM/kg	je kg kostentreibender Stoff	54,92 DM/kg
Materialkosten Abwasserbehandlung									Kosten externer Entsorgung Schlamm (trocken)	1.122 DM/t

Stoffe im Schlamm	Menge	Einheit	absolut	Materialkosten interne Abwasserbehandlung	Kosten externe Entsorgung	Erlöse für Metallgehalt	Summe variable Flusskosten Entsorgung	aktuelle Metallnotierung	Metallwert absolut	Variable Kosten Entsorgung +Kurswert	Einsatzmenge (in kg)
A Stoffe, die Materialkosten Abwasserbehandlung verursachen											
Zinn (Sn)	17,35	%	1.545,9 kg	84.907 DM	1.735 DM		86.642 DM	11,57 DM	17.886 DM	104.528 DM	20.251 kg
Nickel (Ni)	14,13	%	1.259,0 kg	69.149 DM	1.413 DM	-12.590 DM	57.972 DM	19,36 DM	24.374 DM	82.346 DM	4.834 kg
Kupfer (Cu)	4,82	%	429,5 kg	23.588 DM	482 DM		24.070 DM	3,81 DM	1.636 DM	25.706 DM	1.219 kg
Blei (Pb)	0,6	%	53,5 kg	2.936 DM	60 DM		2.996 DM				
Zink (Zn)	0,57	%	50,8 kg	2.789 DM	57 DM		2.846 DM				
Silber (Ag)	5,098,8	mg/kg	45,4 kg	2.495 DM	51 DM	-5.679 DM	-3.133 DM	361,44 DM	16.420 DM	13.288 DM	751 kg
Magnesium (Mg)	3,518	mg/kg	31,3 kg	1.722 DM	35 DM		1.757 DM				
Chrom_gesamt (Cr)	0,19	%	16,9 kg	930 DM	19 DM		949 DM				
Aluminium (Al)	1,734	mg/kg	15,4 kg	849 DM	17 DM		866 DM	2,86 DM	44 DM	910 DM	
Selen (Se)	210	mg/kg	1,9 kg	103 DM	2 DM		105 DM				
Fluorid (F)	0,02	%	1,8 kg	98 DM	2 DM		100 DM				
Antimon (Sb)	188	mg/kg	1,7 kg	92 DM	2 DM		94 DM				
Mangan (Mn)	152	mg/kg	1,4 kg	74 DM	2 DM		76 DM				
Barium (Ba)	88	mg/kg	0,8 kg	43 DM	1 DM		44 DM				
Arsen (As)	38	mg/kg	0,3 kg	19 DM	0 DM		19 DM				
Cadmium (Cd)	33	mg/kg	0,3 kg	16 DM	0 DM		16 DM				
Beryllium (Be)	15	mg/kg	0,1 kg	7 DM	0 DM		7 DM				
Quecksilber (Hg)	8	mg/kg	0,1 kg	4 DM	0 DM		4 DM				
Zwischensummen A			3.456,0 kg	189.821 DM	3.879 DM	-18.269 DM	175.431 DM				

B Materialkostenneutrale Stoffe											
Eisen (Fe)	1,88	%	167,5 kg		188 DM						
Calcium (Ca)	3,45	%	307,4 kg		345 DM						
Chlorid (Cl)	1,09	%	97,1 kg		109 DM						
Zwischensummen B			572,0 kg		642 DM						

C Nicht identifizierte Stoffe											
identifizierte Stoffe	45,2	%	4.028,1 kg		5.479 DM						
nicht-identifizierte Stoffe	54,8	%	4.881,9 kg		10.000 DM	-18.269 DM					
Summen			8.910,0 kg	189.821 DM	10.000 DM	-18.269 DM	181.552 DM				

SBB

F·O·R·U·M

Abfallvermeidung



Leitfaden



September
2000

**Informationen
zur Abfallvermeidung
in Brandenburg und Berlin**

Herausgeber:

Sonderabfallgesellschaft
Brandenburg/Berlin mbH

Besuchsadresse:

Berliner Straße 27a, 14467 Potsdam

Postadresse:

Postfach 601352, 14413 Potsdam

Kommunikation:

Telefon (0331) 27 93-0

Telefax (0331) 27 93-20

e-mail pr@sbb-mbh.com

Internet www.sbb-mbh.com

Redaktion :

Thomas Loew (IÖW)

Dr. Gösta Jancke (SBB)

Schlussredaktion (v.i.S.d.P.):

Dr. Gösta Jancke

(Goesta.Jancke@SBB.Brandenburg.de)

Nachdruck:

auch auszugsweise nur mit schriftlicher
Genehmigung des Herausgebers

gedruckt auf 100% Altpapier

