

Forschungsberichtsblatt

MESA

Entwicklung von Methoden zur Einführung eines betrieblichen Stoffstrommanagement in Automobilzulieferbetrieben

Zuwendungsempfänger:

*Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement,
Universität Stuttgart*

TRW Occupant Restraint Systems GmbH & Co. KG

Autoren:

Dr. Uwe Rey, Daniel Heubach

Dr. Elvira Mauz

Projektnummer:

BWA 20011

Laufzeit:

01-03-2001 – 30-09-2003

Zuwendung:

DM 150 000,-

1 Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Im Rahmen des Vorhabens wurden zwei grundsätzlich unterschiedliche Methoden zur Herangehensweise und Einführung eines Stoffstrommanagements intensiv beforscht, bewertet und umgesetzt:

1.1 Vorgehensmodell zur Einführung eines betrieblichen Stoffstrommanagement in einem Automobilzulieferbetrieb

1.1.1 Anwendung von Modellierungsmethoden zur regelmäßigen Berechnung von Stoffströmen

1.1.1.1 Ausgangssituation im Unternehmen

Eine fragebogengestützte Analyse bei TRW zeigte, dass der Informationsbedarf im Umweltcontrolling in den Bereichen Ressourceneinsatz, Abfallmengen und -kosten, Wasser- und Energieverbrauch sowie Materialverluste in Prozessen besonders hoch ist. Diesem Informationsbedarf stehen fehlende Informationssysteme in dem notwendigen Detaillierungsgrad gegenüber; im Einzelnen sind dies:

- Fehlende Betriebsdatenerfassung,
- Wenige Wasser- und Energiezähler,
- Arbeitspläne für eine Stoffstromauswertung nicht nutzbar und
- Prozesswissen nicht mit Stoffströmen dokumentiert.

Besonders der dritte und vierte Punkt ist von großer Bedeutung, da diese Informationen die Grundlage für eine Prozessparametrisierung bilden würden. Damit wäre es möglich, auf der Grundlage von prozessbezogenen Berechnungsalgorithmen dauerhaft die Input- und Outputströme berechnen zu können, ohne detaillierte Messungen vornehmen zu müssen. Bestehende Allokationsalgorithmen, wie sie

es für die Verbrauchszuordnung von Strom und Wasser gibt, sind statisch und nicht parametrisiert, um sie an aktuelle Situationen anpassen zu können.

Um notwendige Informationen zu beschaffen, müssen zudem beispielsweise im Bereich Abfall Originalrechnungsbelege der Entsorgerbetriebe eingesehen werden. Zur Analyse des Wasser- und Energieverbrauchs müssen Zähler manuell abgelesen und Rechnungsbelege ausgewertet werden.

Die Produktion von Gurtsicherungssystemen und Airbag-Systemen bei TRW, Alfdorf, ist gekennzeichnet durch ein geringteiliges Erzeugnis, fehlender Prozessvariation und durchgängiger oder synthetischer Produktion.

1.1.1.2 Analyse und Konzeptentwicklung

Am Beispiel der Produktion von Steckzungen für Gurtsysteme wurde eine einmalige Stoffstromanalyse mit Hilfe eines Stoffstrommodells konzipiert und durchgeführt. Ziel war die Entwicklung eines generalisierten Fachkonzeptes zur regelmäßigen Stoffstromberechnung auf der Basis eines Stoffstrommodells zur Analyse und Bewertung betrieblicher Stoffströme.

Durch die quantitative und modellhafte Beschreibung realer Stoffstromsysteme sollten die Stoffströme prozess- oder produktbezogen analysiert und damit in ihren Zusammenhängen veranschaulicht werden können. Unter dem Blickwinkel einer dauerhaften Integration des betrieblichen Stoffstrommanagements bei TRW waren die folgenden Fragestellungen bei der exemplarischen Bilanzierung von besonderem Interesse:

- Die Datenverfügbarkeit und Möglichkeiten zur Erfassung relevanter Prozessdaten, verbunden mit ihrem Detaillierungsgrad, um kontinuierliche Stoffstrombilanzen auf der Basis der Modellierungsmethode erstellen zu können und
- Die Einbettung der Bilanzierung und Analyse im Rahmen des Stoffstrommanagements in die Aufbau- und Ablauforganisation bei TRW.

Die Durchführung der Modellierungsmethoden zur Berechnung und Analyse der Stoffströme bestand aus den Schritten Datenerhebung, Stoffstrommodellierung sowie Auswertung.

Datenerhebung für die Modellerstellung

Mit Hilfe von Datenerhebungsbogen und Einzelnacherhebung wurden die relevanten Input- und Outputströme der ausgewählten Prozesse

erfasst. Erschwert wurde die Datenerfassung durch eine weitestgehend fehlende Haltung von Prozessdaten in Informationssystemen wie der BDE, in Arbeitsplänen, sowie durch fehlende detaillierte Daten und Prozesswissen auf Ebene der einzelnen Teilprozesses.

Auswahl BUIS und Stoffstrommodellierung

Für die Modellierung der Steckungenproduktion wurde das betriebliche Umweltinformationssystem (BUIS) Umberto ausgewählt. Das Stoffstrommodell bildete die wesentlichen Produktionsprozesse der Steckungenfertigung wie Stanzerei, Härterei, Galvanik und Spritzguss Kunststoff in Teilmodellen ab (siehe Abbildung 1).

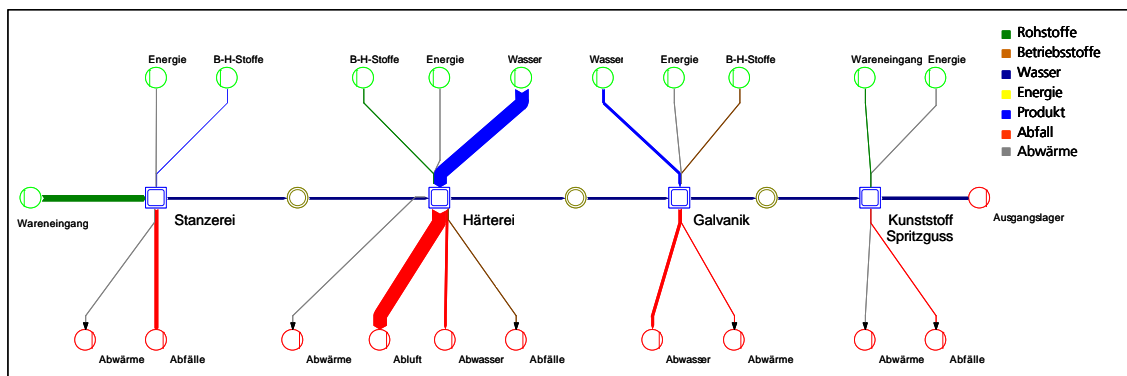


Abbildung 1 Sankey-Diagramm der Massenstoffströme [kg] der Steckungenfertigung, normiert auf 1.000 Stück, erstellt mit Umberto

Auswertung des Stoffstrommodells

Auf der Basis des Stoffstrommodells in dem BUIS Umberto wurden verschiedene Auswertungen vorgenommen. Neben einer mengenmäßigen Auswertung der Stoffströme anhand der Massen (kg) sowie der Energie (kWh) wurde auch eine Kostenanalyse der Stoffströme durchgeführt. Hierzu wurden die Materialkosten in das Modell integriert, um somit den Materialwert der Abfallströme mit anzeigen zu können (Abbildung 2).

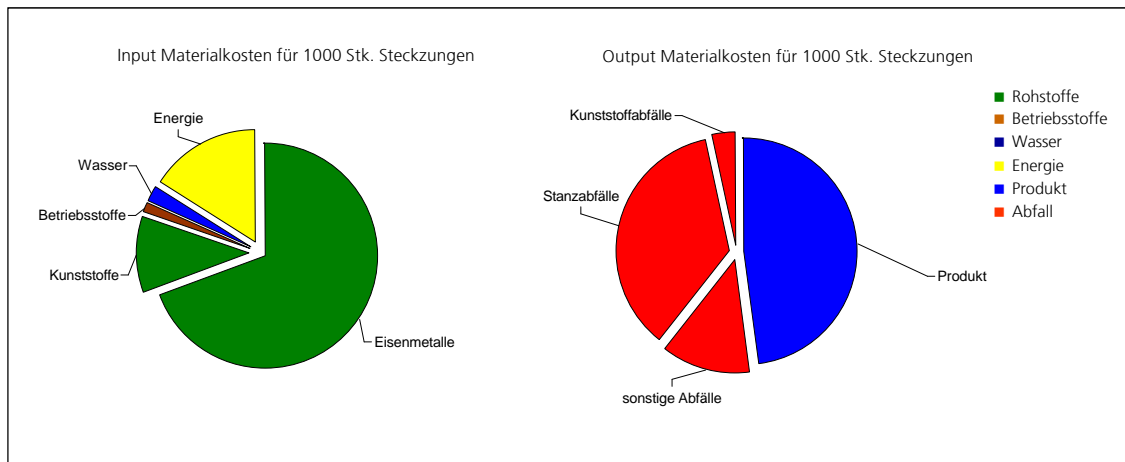


Abbildung 2 Gegenüberstellung der eingesetzten Materialkosten und deren Verbleib in Produkt und Abfall für 1000 Stk. Steckungen

1.1.1.3 Bewertung des Ansatzes

Mit Hilfe des Stoffstrommodells konnten, entsprechend des Detaillierungsgrades der Datengrundlage, sowohl prozess- wie auch produktbezogene Bilanzen erstellt werden. Weiter bot die Kategorisierung der einzelnen Materialien in dem Materialbaum in Umberto die Möglichkeit, die bilanzierten Mengen innerhalb eines Ökokontenrahmens nach Stahl, Kunststoff, Energie, Wasser, Hilfs- und Betriebsstoffe etc. bilanzieren zu können. Jedoch muss zu der einmaligen Stoffstromanalyse unter dem Blickwinkel einer dauerhaften Integration zusammengefasst werden, dass

- die Datenbeschaffung sehr aufwändig, personalintensiv und fehlerbehaftet war – und zwar sowohl hinsichtlich der generellen Verfügbarkeit von Daten über Input- und Outputströme, als auch hinsichtlich der Übertragung der Daten in ein geeignetes Format, um sie einfach und schnell in das Stoffstrommodell einbinden zu können. Somit waren Daten für eine systematische Erfassung nicht ausreichend verfügbar.
- das Modell aufgrund fehlender Daten stark vereinfacht werden musste, um auswertbare Resultate zu erzielen. Damit konnte aber die erhoffte detaillierte Darstellung der Stoffströme, die ja wesentlich von der Struktur und Feinheit des Modells abhängt, nicht erzielt werden.
- mit den oben genannten Einschränkungen die Nutzbarkeit für ein integriertes Stoffstrommanagement eingeschränkt ist. Dies umfasste in diesem Praxisbeispiel sowohl die Frage der Datenverfügbarkeit, als auch der notwendigen organisatorischen Prozesse, um Daten in ein Stoffstrommodell dauerhaft und aktuell einbinden zu können.

Die Produktion bei TRW ist gekennzeichnet durch ein geringteiliges Erzeugnis, fehlender Prozessvariation und durchgängiger oder synthetischer Produktion. Die Produktion der Steckzunge besteht aus vier Arbeitsschritten (vgl. Abbildung 1) Stanzen, Härten, Vergüten und Spritzgießen, die in ihrem Ablauf nicht frei kombinierbar sind, sondern vielmehr in einer festen Reihenfolge ablaufen. Weiter ist davon auszugehen, dass, da es sich um eine Massenproduktion handelt, die Prozesse weitgehend „eingespielt“ sind und insgesamt die Bereitschaft, einen Prozess zu ändern, eher als gering einzustufen ist. Dies vor dem Hintergrund, dass es sich bei den produzierten Gütern – Airbags und Sicherheitsgurtsysteme – um Produkte mit allerhöchsten Qualitätsstandards handelt. Das heißt, die einzelnen Prozessschritte erreichen in ihrem gegenwärtigen Stand hohe Qualitätsanforderungen, ein Änderung in den Prozessen muss die gleichen Anforderungen und Qualitätstest erfüllen. Diese Produktionsstruktur – ein geringteiliges Erzeugnis, fehlender Prozessvariation und durchgängiger oder synthetischer Produktion – ist in der Automobilzulieferindustrie häufig anzutreffen, sodass die Erfahrungen bei der Anwendung von Modellierungsmethoden zur regelmäßigen Berechnung von Stoffströmen generalisiert werden können.

Die exemplarische Anwendung von Modellierungsmethoden zur Berechnung der betrieblichen Material- und Energieströme bei TRW zeigt, dass der Aufwand für die Erfassung prozessbezogener Daten in der Automobilzulieferindustrie mit einem sehr hohen und letztendlich nicht vertretbaren Aufwand verbunden ist. Die Gründe hierfür liegen sowohl im Bereich der Informationssysteme als auch im organisatorischen Bereich:

- Es fehlt die Bereitstellung prozessrelevanter Daten in IT-Systemen (z. B. eine BDE) und durch Messapparaturen wie Wasser- und Energiezähler, die als Datengrundlage systematisch und dauerhaft für die Berechnung der Stoffströme genutzt werden können, um im Sinne der Bilanzierung der geforderten Vollständigkeit, Stabilität im Zeitablauf und Transparenz zu genügen.
- Das Prozesswissen ist nicht detailliert mit Stoffströmen auf Einzelprozessebene vorhanden, als dass mit wenigen Annahmen und unter zur Hilfenahme von Prozessspezifikationen, bspw. Verbrauch an Hilfs- und Betriebsstoffen, das Stoffstrommodell berechnet werden kann. Die Arbeitspläne enthalten nicht die notwendigen Informationen, um die Input- und Output-Bilanz des Stoffstrommodells auf Ebene des Einzelprozesses hinreichend genau aufstellen zu können und sind damit für eine Stoffstromauswertung nicht nutzbar.

1.1.2 Konzeptentwicklung zur Berechnung von Stoffströmen basierend auf ERP-Daten

1.1.2.1 Ausgangssituation im Unternehmen

Parallel zu der Anwendung der Modellierungsmethode zur Berechnung von Stoffströmen wurde bei TRW ebenfalls untersucht, in wie weit Daten aus dem ERP-System SAP R/3 für die Stoffstrombilanzierung ausgewertet werden können.

Bei TRW wurde eine gute Ausgangssituation für die Nutzung von SAP-Daten gefunden. So existiert eine sehr detaillierte Kostenstellenstruktur, die teilweise bis auf Maschinenebene reicht. Damit sind beschaffte Teile der Kostenstelle und Produktion zuordenbar. Weiter werden die folgende Aspekt aus Sicht einer verursachergerechten, zeitbezogenen Verbrauchsmengenberechnung für Materialien über Beschaffungsmengen als hilfreich angesehen:

- die Lagerhaltung bei TRW ist sehr gering, sodass allein die Materialeingangsbuchungen in das Lager in sehr guter Näherung und zeitnah – unter Berücksichtigung der Buchungsart – den Verbrauch repräsentieren.
- die Materialverluste sind prognostizierbar – im wesentlichen sind dies Stanz- und Kunststoffabfälle (siehe Abbildung 2) – sowie auf wenige Abfallarten beschränkt, deren Herkunft leicht einem Prozess (Stanzen, Härten, Galvanik, Spritzgießen) zugeordnet werden kann.
- die sehr hohe Stückzahl der gefertigten Produkte führt dazu, dass geringe Einzelabweichungen für die Gesamtbetrachtung nicht mehr relevant sind.
- Direktmaterialien (Serienmaterial, Hauptrohstoffe) und Indirektmaterialien (Hilfs- und Betriebsstoffe) werden in den Materialstammdaten mit direktem Bezug zu einem Profit Center/Produkt geführt, sodass eine Zuordnung der Verbrauchsmenge zu einer Verursacherstelle möglich ist.

Die Berechnung von Verbrauchsmengen wie Wasser und Energie ist über einen Verteilungsschlüssel prinzipiell möglich, der für die Allokation der Material- und internen Leistungskosten verwendet wird. Dieser Schlüssel ist statisch und basiert auf Energieverbrauchsanalysen und Berechnungen über den theoretischen Leistungsbedarf und -aufnahme einzelner Maschinen. Mit Hilfe dieses Schlüssels werden ebenfalls Kosten für „Recycling, Environment, Health & Safety, Plant Maintenance“, Entsorgungskosten, Reststoff Erlöse sowie Kosten für

die Nacharbeit den entsprechenden Kostenstellen in der Kostenstellenrechnung zugewiesen.

Für das Lager wird in einem Bestandskonto der Wareneingang gebucht. Aus dem Bestandskonto wird über den Arbeitsplan, der Stückliste und den Fertigungsauftrag bei Materialentnahme das entnommene Material auf das Profitcenter gebucht (retrograde Buchung).

Informationen über Materialverwendung enthalten die folgenden Listen und Dokumente:

- Die Strukturstückliste (für den Bereich der Fertigung) enthält alle Komponenten mit Mengen, die in das Produkt einfließen,
- Die Baukastenstückliste (für den Bereich der Montage) beinhaltet die Zuordnung der Bauteile zum Produkt, Teile können zugekaufte (Kaufteil) oder selbst produzierte Teile sein.
- Die Arbeitspläne zeigen jeweils den Bedarf an Materialien auf und ermöglichen eine ökonomische Bewertung des Zwischenprodukts.
- Der Materialstamm enthält Informationen über sämtliche Materialien, die durch das Unternehmen beschafft, gefertigt, gelagert und verkauft werden.

Die Hilfs- und Betriebsstoffe sind in dem Materialstamm nicht enthalten, alle Indirektmaterialien werden über eine Bestellanforderung (BANF) getätigt. Die BANF wird in der Finanzbuchhaltung den Kostenarten zugeordnet. Die nicht zuordenbaren Kosten z. B. für Öl, Strom, Wasser gehen auf die Meister-Kostenstelle, alle zuordenbaren Hilfs- und Betriebsstoffe und bspw. Reparaturen gehen direkt auf die Maschinenkostenstelle. Darüber hinaus gibt es bei TRW einen Warengruppenschlüssel für jedes Material im Materialstamm, der zwar geführt, aber unzureichend gepflegt wird.

1.1.2.2 Exemplarische Bereitstellung von SAP R/3-Daten

In einem ersten Schritt wurden SAP R/3-Daten exemplarisch in Excel-Tabellen bereitgestellt und als Grundlage für die weitere Konzeptentwicklung verwendet. Es handelte sich hierbei um den Teileumschlag, gekaufte Teile, produzierte Mengen der ZSB-Produkte (Fertigteile für Zusammenbau) und produzierten Teile pro Profitcenter, Strukturstücklisten am Beispiel von zwei Standardprodukten sowie den Kostenartenschlüssel. Abbildung 3 zeigt eine erste „grobe“ Bilanz der Input- und Outputströme für zwei Profitcenter.

| Input | | Output | |
|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 3. Güter | | 3.5 Verpackungen | |
| 3.1 Rohstoffe | | 3.5.2 Verpackungen der Outputs | 1.580,40 kg |
| 3.1.1 Eisenmetalle | Stahl 6.995.648,00 kg | 3.9 Produkte | 3.997.854,93 kg |
| 3.1.3 Kunststoff | 1.535.772,13 kg | 8. Abfälle | |
| 3.1.4 Farben | 1.104,00 kg | 8.2 Abfälle zur Beseitigung | Schleifschlamm 174.891,20 kg |
| 3.5 Verpackungen | | 8.3 Abfälle zur Verwertung | Stahl 4.057.475,84 kg |
| 3.5.2 Verpackungen der Outputs | 1.663,58 kg | | Kunststoff 476.089,36 kg |
| gesamt | 8.534.187,71 kg | gesamt | 8.707.891,73 kg |

Abbildung 3 Erste „grobe“ Stoffstrombilanz für die Profitcenter „Metall“ und „Plastik“ – basierend auf SAP R/3-Daten, Bilanzzeitraum Mai - Dezember 2001

Weiter wurde der existierende Warengruppenschlüssel dahingehend untersucht, ob eine Kategorisierung und Bilanzierung innerhalb eines Ökokontenrahmen möglich ist. Zwar wird der Warengruppenschlüssel für jedes Material im Materialstamm geführt, aber unzureichend gepflegt.

Eine Analyse der Abfalldaten ergab, dass Informationen zu Mengen und Kosten bzw. Reststofflösen weder in der notwendigen Detaillierung, noch in elektronischer Form vorlagen, sondern vielmehr Abfallrechnung bisher händisch ausgewertet werden mussten.

1.1.2.3 Entwicklung von Stoffstrom-Auswertungsfunktionen in SAP R/3

Auf der Grundlage der bereitgestellten Informationen aus dem SAP R/3-System wurde ein Konzept entwickelt, welches die Bilanzierung von Input- und Outputströmen auf der Basis von SAP R/3-Daten und eine regelmäßige Generierung der Basisdaten über einen automatischen Report in SAP R/3 vorsieht. Hierzu wurden die folgenden zwei Umsetzungsaspekte für notwendig erachtet (Abbildung 4):

- Erweiterung bzw. Anpassung der Datenbasis im SAP R/3-System, um zukünftig stoffstromrelevante Informationen ERP-integriert mit auswerten zu können.
- Anpassung der Funktionalitäten im SAP R/3-System, um zukünftig stoffstromrelevante Daten auslesen zu können.

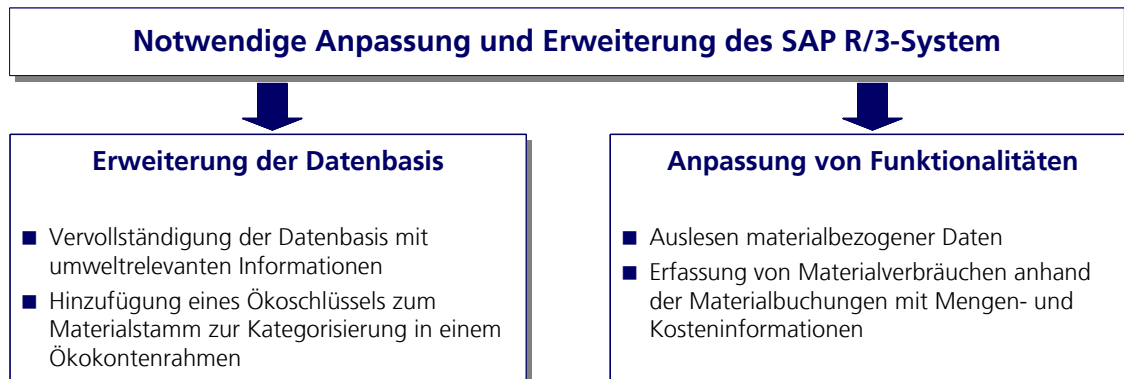


Abbildung 4 Notwendige Anpassungen und Erweiterungen des SAP R/3-Systems

Auf der Grundlage der bereitgestellten SAP R/3-Daten wurden Auswertungsfunktionen entwickelt, die eine Berechnung von Stoffstrombilanzen ermöglichen sollen. Durch deren Anwendung auf zur Verfügung gestellten Daten aus dem Jahr 2001 wurde die Umsetzbarkeit evaluiert. Die Evaluierung umfasste die folgenden drei Schritte:

Analyse der Daten zur Berechnung einer Input-Output Bilanz

Es wurde der Warengruppenschlüssel daraufhin geprüft, ob er für eine Gruppierung nach Konten in einer Input-Output-Bilanz nutzbar ist oder nicht. Ziel ist es, anhand der gesamten Beschaffungsmengen von Direkt- und Indirektmaterial nach Warengruppen eine Gesamtbilanz aufzustellen. Anhand dieser Bilanz könnten umweltbezogene Kennzahlen und eine vereinfachte Input-Output-Analyse erstellt werden.

Innerhalb TRW Alfdorf wird der Warengruppenschlüssel nicht verwendet. Dies ist ein Grund, warum der Warengruppenschlüssel für eine Verwendung als Ökokontenrahmen ungeeignet ist. Weiter ist die Einteilung an manchen Stellen zu unspezifisch, um eine saubere Trennung und eindeutige Identifizierung zu ermöglichen.

Analyse der Daten zur Berechnung von prozessbezogenen Stoffströmen

Es wurden die Informationen im Materialstamm und die Materialbuchungen im ERP-System dahingehend geprüft, ob eine Zuordnung von verbrauchten Materialien zu den Profit Center eindeutig möglich ist. Eine Zuordnung von Direktmaterialumschlag zu Profitcenter ist aufgrund der 1:1-Beziehung im Materialstamm und im Inventarverzeichnis möglich. Eine Zuordnung der Indirektmaterialien auf die Profitcenter kann über die BANF (Bedarfsanforderung) realisiert werden.

Die mengen- und wertmäßige Zuordnung des Wasser- und Energieverbrauchs kann mit Hilfe eines bereits bestehenden Allokationsschlüssel geschehen, allerdings ist dieser Schlüssel statisch und be-

rücksichtigt nicht etwaige Ausfälle oder Änderungen in der Produktion. Dieser Schlüssel wird nicht im ERP-System geführt, sondern basiert vielmehr auf einmaligen Auswertungen und Messungen sowie Berechnungen zur Leistungsaufnahme von Maschinen.

Analyse der Daten zur Berechnung von produktbezogenen Stoffströmen

Zur Allokation von Stoffströmen auf das Produkt wurde untersucht, in wie weit Stücklisten als Grundlage für die Zuordnung herangezogen werden können. Über die Kenntnis der in einem Profitcenter verbrauchten Materialien kann ebenfalls eine Zuordnung zu einem Produkt hergestellt werden. Allerdings ist diese Art der Zuordnung wesentlich von der Güte der Stückliste und deren Vollständigkeit abhängig. Zusätzlich müssen die jeweiligen Stücklisten der einzelnen Produkte den selben Detaillierungsstand und Struktur haben, um untereinander vergleichbar zu sein. Damit ist es fraglich, ob über eine Auswertung der Stücklisten eine aussagekräftige produktbezogene Materialbilanz erstellt werden kann, zumal wichtige Hilfs- und Betriebsstoffe wie Wasser und Energie, aber auch Abfall in der Stückliste nicht geführt werden.

Allerdings handelt es sich bei dem betrachteten Produkt um ein Erzeugnis einer Massenproduktion mit wenigen Prozessschritten und Rohmaterialien. Dies führt zu einem Größeneffekt, d. h. kleine Schwankungen wie beispielsweise das Einspannen des Bandstahls in der Stanze, wodurch bestimmt wird, wie groß der nicht verwendete Anfang des Stahlbandes ist, werden im Prozess kaum erfasst bzw. wirken sich nur unmerklich auf die Gesamtbilanz aus. Jedoch werden Fehler im Prozess, die zu einem uneffizienten Energie- und Wasserverbrauch führen, erkannt und in der Bilanz ausgewiesen.

Um Stücklisten prinzipiell – unabhängig ihres Detaillierungsgrades und Aussagekraft – auswerten zu können, müssen folgende Punkte erfüllt sein:

- Die tatsächlichen Produktionsmengen pro Bauteil in den Profitcentern werden benötigt, um anhand der Stücklisten den Gesamtverbrauch hochrechnen zu können.
- Die Strukturstücklisten der Produkte müssen die Bauteile als „Knoten“ beinhalten, um auch die Bauteile nach Einzelkomponenten aufsplitten zu können.

Über die Strukturstückliste und die Produktionsmenge kann dann der theoretische Bedarf an Beschaffungsteilen bestimmen (Soll) werden. Gleichzeitig liegt der Ist-Stand der beschafften Teilen vor und kann umgekehrt über die Strukturstückliste den Produkten zuordnet werden. Mit der Information über die tatsächlichen Produktionsmengen kann eine Aussage darüber gemacht werden, wie viele Teile pro

Produkt „verbraucht“ (=beschafft) worden sind und eine Abweichung zwischen Soll und Ist pro Profitcenter kann errechnet werden.

1.1.2.4 **Konzeptentwicklung und Umsetzung im SAP R/3-System**

Aufbauend auf der Analyse der Datengrundlagen im SAP R/3-System bei TRW und deren Verwendung für eine kontinuierliche Stoffstrombilanzierung wurde für TRW Alfdorf ein Konzept entwickelt, welches:

- eine Transparenz der Materialflüsse und -kosten erlaubt,
- die Umweltrelevanz von Materialien berücksichtigt und eine Einordnung in einen Bilanzierungskontenrahmen ermöglicht,
- Umweltaspekten in Entscheidungsprozesse integriert, d. h. die Bilanzierung muss entsprechende Fragestellungen berücksichtigen und
- eine weitgehend automatisierte, einfache und systematische Datenerfassung erlaubt.

Hierzu musste insbesondere die Eingabe bisher informationstechnisch nicht weiter erfasster Abfall-Daten in SAP R/3 ermöglicht werden und die Datenbasis in SAP R/3 ergänzt werden, um die bewegten und gebuchten Materialien in einen Ökokontenrahmen einordnen zu können. Weiter soll zu einem späteren Zeitpunkt der Verteilungsschlüssel für den Bezug elektrischer Energie dynamisiert werden, um den Stromverbrauch verursachungsgerecht den einzelnen Bereichen zuordnen zu können.

Das Konzept umfasst Anpassungen und Änderung hinsichtlich der Abfalldaten, der Abfragefunktionalitäten im SAP R/3-System, sowie der Materialstammdaten. Dies wird im Folgenden detailliert vorgestellt:

Integration von Abfalldaten in das SAP R/3-System

Durch die Zuordnung einer Abfallkategorie zu den einzelnen Positionen der Entsorgerrechnungen bei der Erfassung in der Finanzbuchhaltung wurde die Grundlage für eine automatisierte Erstellung einer Abfallbilanz geschaffen.

Zukünftig werden die Entsorgerrechnung dahingehend detailliert, dass die Abfallarten (Stanzabfälle, Gewerbeähnlicher Hausmüll, etc.) mit einer Abfallkategorien eindeutig gekennzeichnet sind. Diese Abfallkategorie wird bei der Rechnungseingabe für jede Position in einem neuen Feld im SAP R/3-System eingegeben, zusätzlich werden für jede Abfallkategorie die Entsorgungskosten nach „Entsorgung“,

„Transport“ und „Miete“ bzw. die entsprechende Gutschrift aufgeschlüsselt.

Zu diesem Zweck wurden TRW-spezifische Abfallkategorien definiert. Diese Kategorien wurden im SAP R/3-System einer EAK-Nummer¹ und einem Beseitigungs- und Verwertungsverfahren² zugeordnet. Gleichzeitig können eine Vielzahl von Abfallkategorien direkt einem Produktionsprozess zugeordnet werden (Stanzabfälle der Stanzerei, Galvanikschlämme aus der Galvanik etc.).

Auf Basis der in das SAP R/3-System integrierten Abfalldaten ist eine quartalsweise Auswertung der über die Entsorgerrechnungen erfassten Daten sowie die Erstellung der Abfallbilanz möglich. Teilweise können die Abfälle direkt dem verursachenden Prozess zugewiesen werden. Eine Kostenaufschlüsselung zeigt die Kosten für die Entsorgung sowie Transport und Miete.

Für die Implementierung der Abfalldatenpflege und deren Integration in das SAP R/3-System wurde ein TRW-spezifisches Ablaufdiagramm entwickelt, welches die einmaligen und kontinuierlichen Tätigkeiten und Aufgaben der unterschiedlich Beteiligten beschreibt und eine organisatorische Verankerung gewährleistet (Abbildung 5).

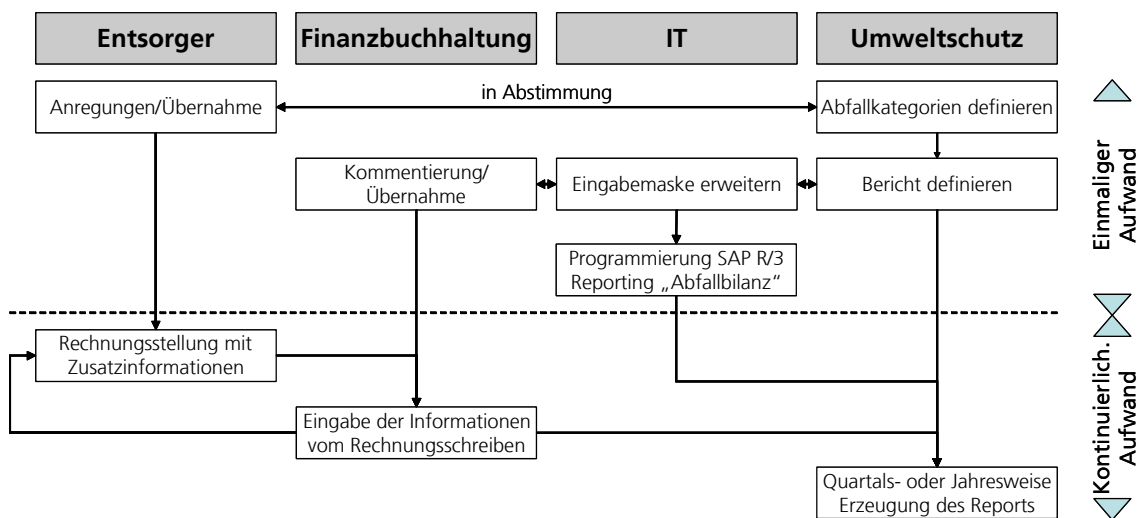


Abbildung 5 Ablauforganisation für die Einführung und Umsetzung der Integration von Abfalldaten in SAP R/3 bei TRW

Implementierung eines Ökoschlüssels im Materialstamm des SAP R/3-Systems

Mit Hilfe des spezifisch für TRW Alfdorf entwickelten Ökoschlüssels können die bilanzierten Stoffströme nach unterschiedlichen Kriterien

¹ Europäischer Abfallkatalog

² Nach Anhang II A und II B des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) in der Fassung vom 27.10.1994

in der Sachbilanz³ in einem so genannten Ökokontenrahmen kategorisiert und ausgewertet werden. Zusätzlich werden die Direktmaterialien um umweltrelevante Aspekte, die für eine Steuerung der Unternehmung nach ökoefizienten Kriterien notwendig sind, ergänzt. Hierfür wurde zusammen mit TRW ein Ökoschlüssel entwickelt und definiert, der diesen Anforderungen genügt. Abbildung 6 zeigt den Aufbau und die Merkmale des TRW-spezifischen Ökoschlüssels. Diese Felder (die Stellen A1 bis A7) werden an jedes Material im Materialstamm angehängt und somit jedem Material bspw. eine Recyclingfähigkeit, oder eine Einteilung in eine Gefahrstoffklasse zugewiesen wird.

| | Material | | | Recycling | | „Umwelteigenschaft“ | | | | |
|----------|--------------------|-----------|----|--------------------|---------------------|---------------------|-----------|------------------------|----------------|-----|
| Stelle | A1 | A2 | | A5 | A6 | A3 | A4 | A7 | A8 | |
| Quelle | TRW _{alt} | VDA | | Recycl.- Anteil | Recycl.- fähigk. | Gefahrst. | VOC | beschränk. Substanz | weitere | |
| Auspräg. | vierstellig. | B1 | B2 | B3 | 0 - 9 | 0 - 6 | ja/nein | ja/nein | Cr3 bis PVC | ... |

Abbildung 6 Aufbau und Merkmale des TRW-spezifischen Ökoschlüssels

Mit Hilfe des Ökoschlüssels können die Materialbuchung (Lagereingang) im SAP R/3-System nach den einzelnen Merkmal ausgewertet werden. Neben einer Einordnung in einen Kontenrahmen (Stelle A2) kann beispielsweise der Anteil an eingesetztem Sekundärrohstoffe (Recyclatanteil, Stelle A5) der Gesamtmenge an verbrauchtem Rohmaterial gegenübergestellt werden.

Die Stelle A2 dient der eindeutigen Kategorisierung der Rohstoffe (Direktmaterialien und Indirektmaterialien), Zukaufteile, Zwischenprodukte und Produkte in einem Ökokontenrahmen nach dem Materialinhalt (bei Rohstoffen) oder Funktionalität (Zukaufteile, Zwischenprodukte und Produkte). Als Kontenrahmen wurde die Klassifizierung nach der VDA-Empfehlung 231-106 ausgewählt.⁴ Die VDA-Klassifizierung ist Grundlage der IMDS-Benennung⁵ in der Automobilindustrie und dient der eindeutigen Zuordnung der Werkstoffe und Werkstoffverbundteile in eine überschaubare Struktur und folgenden Zwecken:

- die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Fahrzeuge in Hinblick auf die verwendeten Werkstoffe,

³ Quantifizierte relevante Input- und Outputflüsse eines Produktsystems (nach DIN 14040ff.)

⁴ VDA-Empfehlung 231-106: Werkstoffklassifizierung im Kraftfahrzeugbau – Aufbau und Nomenklatur, Januar 1997

⁵ IMDS ist das Materialdatensystem der Automobilindustrie in dem alle im Fahrzeugbau verwendeten Werkstoffe archiviert und verwaltet werden (vgl. http://www.mdssystem.de/html/de/home_de.htm)

- die Ermittlung von Werkstoffanteilen im Hinblick auf die gesetzlich vorgeschriebenen Quoten für die Kraftfahrzeugverwertung und
- die Einstufung der Werkstoffangaben aus dem „Materialdatenblatt“ für Bauteile durch die Lieferanten.

Abfragefunktionalitäten im SAP R/3-System

Für die Standortbezogene Bilanzierung werden Materialbuchungen im SAP R/3-System zwischen Lager und den einzelnen Profit Center und Kostenstellen ausgelesen und zusammengestellt. Damit werden verschiedenen Methoden der Buchungen integriert: die Skontrationsmethode und die Inventurmethode. Mit den Abfragen sollen zukünftig bei TRW im einzelnen die folgenden Stoffströme erfasst werden:

- Rohstoffe (Direktmaterial),
- Hilfs- und Betriebsstoffe (Indirektmaterial ohne Energie),
- Energie/ Strom (Indirektmaterial),
- Verbrauchsmedien Heizöl, Wasser (Indirektmaterial),
- Abfall,
- Zukaufteile,
- Zusammenbauteile und
- Produkte.

Die Stoffströme werden jeweils mit Bezug zu einem Zeitpunkt/ Zeitraum, einem Verursacher (Profit Center, Kostenstellen – Bezug zu der Unternehmensstruktur), mit Mengen und Kosten ausgelesen. Weiter dienen die Bewegungsarten bei TRW dazu, die Buchungen nach

- Zugang,
- Verbrauch,
- Abgang und
- Inventurdifferenz

einzuteilen, um die Input- und Outputbilanz für den Standort aufstellen zu können. Die gebuchten Materialbewegungen werden anhand der Bewegungsarten im SAP R/3-System bei TRW Alfdorf zusammengestellt. Ziel ist die Auflistung aller Materialbewegungen nach Input- und Outputströmen sowie die Inventurdifferenz, um eine vollständige Bilanz zu erhalten. Hierzu wurden die Bewegungsarten gruppiert und dem Input bzw. Output der Bilanz zugeordnet.

Für die Bilanzierung wurden zunächst drei Abfragen definiert, die das Umweltmanagement aktiv bei deren Aufgaben unterstützen sollen:

- **Sachbilanz**
Die Standardabfrage „Sachbilanz“ erstellt für einen gewählten Unternehmensteil eine Sachbilanz mit Input- und Outputströmen aller im gewählten Zeitraum gebuchten Materialien. Angezeigt werden die Ströme kategorisiert nach Bewegungsart und Ökokontenrahmen mit Mengen und Kosten. Zur Auswahl steht der Zeitbezug (Monat – Quartal – Jahr), der Unternehmensbezug (Profitcenter oder Produktbereich). Anhand der Materialklassifizierung (Stelle A2, Abbildung 6) wird dann die Bilanz erstellt.
- **Überwachung Umweltrelevanz**
Die Standardabfrage „Umweltrelevanz“ zeigt – ebenfalls für einen gewählten Zeitraum – ausgehend von einem ausgewählten Merkmal des Ökoschlüssels (bspw. VOC-Gehalt, Schwermetallanteil, etc.) alle Materialien gruppiert nach diesem Merkmal und mit dem Buchungsort (ProfitCenter), den Mengen und den Kosten an. Damit können bestimmte Materialien besonders überwacht werden, sowie auf der Basis eines Problembewusstseins neue Umweltziele aufgestellt werden.
- **Abfallbilanz**
Die Abfallbilanz stellt die Abfallarten nach dem Europäischen Abfallkatalog mit den zugehörigen Mengen und verschiedenen Kosten sowie dem Beseitigungs- oder Verwertungsverfahren⁶ in einer Übersicht zusammen. Dieser Bericht soll quartalsweise für die Umweltschutzabteilung erstellt werden.

1.1.2.5 Bewertung des Ansatzes

Die Aussagekraft einer Stoffstrombilanzierung auf der Grundlage von Materialbuchungen im ERP-System hängt wesentlich von der Qualität und der Vollständigkeit der im ERP-System gepflegten Material- und Buchungsdaten ab. Es ist im Einzelfall zu analysieren, nach welchem Schema und mit welchem Detaillierungsgrad die Materialbuchungen im System vorgenommen werden und ob damit den spezifischen Anforderungen des betrieblichen Stoffstrommanagement genügt werden kann. Die Fertigungsstruktur bei TRW bot eine recht gute Ausgangssituation:

- die Lagerhaltung bei TRW ist sehr gering, sodass allein die Materialeingangsbuchungen in das Lager in sehr guter Näherung und zeitnah den Verbrauch repräsentieren,
- die Materialverluste sind prognostizierbar – im wesentlichen sind dies Stanz- und Kunststoffabfälle (siehe Abbildung 2) – sowie auf wenige Abfallarten beschränkt, deren Herkunft leicht einem Prozess (Stanzen, Härten, Galvanik, Spritzgießen) zugeordnet werden kann und

⁶ Nach Anhang II A und II B des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) in der Fassung vom 27.10.1994

- Hauptrohstoffe und Hilfs- und Betriebsstoffe werden in den Materialstammdaten mit direktem Bezug zu einem Profit Center/ Produkt geführt, sodass eine Zuordnung der Verbrauchsmenge zu einer Verursacherstelle möglich ist.

Bei dem ERP-integrierten Ansatz konnten bei TRW die Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe relativ einfach für Stoffstromauswertungen herangezogen werden. Wasser- und Energieverbrauch sowie Abfall waren hingegen nicht in dem notwendigen Detaillierungsgrad im System geführt. Deshalb müssten Anpassungen für den Bereich Abfall vorgenommen werden, für den Bereich Wasser und Energie ist die Definition von Allokationsalgorithmen geplant – das Problem der Datenverfügbarkeit in diesem Bereich tritt aber auch zutage, wenn mit Hilfe eines Stoffstrommodells die Bilanz erstellt werden soll. Die bei dem Umsetzungspartner TRW im SAP R/3-System notwendigen spezifischen Anpassungen können mit vertretbarem einmaligem Aufwand getätigt werden und erleichtern deutlich das Management bei der kontinuierlichen, aufwandsarme Erfassung und Bilanzierung der betrieblichen Stoffströme.

Der Ansatz, Stücklisten für eine produktbezogene Stoffstromanalyse zu verwenden, ist hingegen kritisch zu bewerten. Stücklisten sind in der Praxis oft sehr fehlerbehaftet oder es fehlen aus Sicht des Stoffstrommanagements wichtige Ströme. Ein durchgängiger Algorithmus zu Stücklistenauflösung über alle Fertigungs- und Dispositionsstufen hinweg ist sehr komplex und bedarf der genauen Auswertung. Häufig wird in der Fertigung von der Stückliste abgewichen, was die Auswertung erschwert. Trotzdem bietet dieser Ansatz einen ersten Schritt, sich im Unternehmen mit den produktbezogenen Stoffverbrauch und Abfällen und der Qualität von Stücklisten auseinander zu setzen. Daraus folgend kann als Teil eines Stoffstrommanagements auch die Materialbuchungen harmonisiert oder die Stücklisten erweitert werden.

Mit dem vorgestellten ERP-integrierten Ansatz sind einige wesentliche organisatorische Nutzeneffekte verbunden:

- Stoffstromauswertungen stehen bei Bedarf unterschiedlichsten Geschäftsprozessen und Unternehmensbereiche in einem System zur Verfügung. Damit wird der direkte Informationszugang wesentlich erleichtert. Die Client-Server-Architektur des ERP-Systems erlaubt die zentrale Datenverwaltung und Eingabe (bspw. Abfalldaten) und eine dezentrale, anwenderspezifische Sicht auf die Informationen. Damit können Stoffstromauswertungen unterschiedlichen Akteuren im Unternehmen bereitgestellt werden. Rollenkonzepte unterstützen dabei die nutzerspezifische Bereitstellung und fördern die Integration umweltrelevanter Fragestellungen in die betrieblichen Abläufe.

- Mit der ERP-integrierten Anwendung kann eine redundante Datenhaltung, bspw. für die Kostenstellenstruktur oder die Materialbuchungen, vermieden werden. Von Vorteil ist in diesem Zusammenhang, falls das ERP-System im Unternehmen bereits für Teilaufgaben des operativen Umweltmanagement, Gefahrstoff- oder Abfallmanagement eingesetzt wird. Damit können bereits Umweltinformationen über Abfälle oder Gefahrstoffe im System gepflegt sein und ebenfalls Verwendung finden.
- Die gewonnene Vertrautheit im Umgang und der Anwendung mit dem ERP-System kann zu einer größeren Akzeptanz und Nutzbarkeit der Stoffstrom-Funktionalitäten durch die Mitarbeiter im Unternehmen führen. Allerdings ist bisher der Einsatz von ERP-Systemen im Umweltmanagement in der Praxis auf wenige Fragestellungen, bspw. Gefahrstoff- und Abfallmanagement oder Arbeitssicherheit beschränkt.

1.2 Entwicklung eines web-basierten Unterstützungssystems

Es wurde ein Tool konzipiert und implementiert, welches interessierte Anwender an die Thematik des betrieblichen Stoffstrommanagements heranführt. Dazu soll dem Anwender die Möglichkeit gegeben werden, die Produktionsabläufe seines Unternehmens grob zu modellieren und dabei vor allem auch Abfälle, Energiebedarfe, Betriebs- und Hilfsstoffe mit aufzunehmen. Hierfür werden verschiedene Templates in Abhängigkeit der Fertigungsart in der vorliegenden Produktion, als Ausgangsbasis für eine Modellierung zur Verfügung gestellt. Umgesetzt ist das Tool namens MAX – **M**aterialflow **A**nalysis **eX**perience in Java und wird über das Internet (siehe Kapitel 1.2.3) zur Verfügung gestellt.

1.2.1 Anwendungskonzept und Zielszenario

Mit dem Tool werden neben dem Hauptziel, Interesse für die Thematik des Stoffstrommanagement zu wecken, zwei Intentionen verfolgt, die sich an die im Rahmen des Vorhabens untersuchten Methoden zur Herangehensweise und Einführung eines betrieblichen Stoffstrommanagements anlehnen.

Daraus lassen sich grundlegende Anforderungen an das Tool ableiten:

- Die Prozesse und Stoffe im Fertigungsablauf müssen einfach zu beschreiben und zu visualisieren. In einer Abbildung sind diese Bestandteile mit Stoffströmen zu verbinden.
- Die modellierten Stoffe sind deutlich in „Gut“ und „Übel“ zu unterscheiden (Dykhoff 2000). Rohmaterial, Zwischenprodukte und das Endprodukt sind eindeutig von Abfällen zu unterscheiden.
- Um Gesamtzusammenhänge besser erkennen zu können, sind einfache Auswertefunktionen zu realisieren. Dazu gehören die Darstellung von Abhängigkeiten, z. B. in Bezug auf die Abfallentstehung, bei der Produktion eines Zwischen- oder des Endproduktes.

Der zweite Punkt ist die Auswertung von ERP-Daten zur Berechnung von Stoffströmen. Das Tool MAX stellt dazu eine normierte Schnittstelle nach PAS 1025 bereit. Die PAS 1025 wurde in enger Zusammenarbeit der beiden miteinander kooperierenden Institute, das Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart und das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, zusammen mit der infor business solutions AG, welche ein System für das Enterprise Resource Planning anbietet und die TechniData AG als Entwicklungspartner der SAP AG sowie das ifu - Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH als Entwickler eines Betrieblichen Umweltinformationssystems (BUIS) entwickelt. Ziel war die Veröffentlichung einer Publicly Available Specification (PAS), welche eine Schnittstelle für den Datenaustausch zwischen BUIS und ERP-Systemen definiert.

MAX kann ein solches vom ERP-System erzeugtes XML-basierendes Schnittstellendokument ebenfalls einlesen und als Grundlage für die Modellerstellung nutzen. Ein von MAX erzeugtes Dokument kann aber auch in das BUIS Umberto importiert werden, um dort das umfangreichere Funktionsangebot für Berechnungen und Analysen nutzen zu können.

1.2.2 Funktionsweise und Verfügbarkeit

Die Benutzungsoberfläche setzt sich aus der Menüleiste am oberen Bildschirmrand und dem geteilten Arbeitsbereich darunter zusammen. Der Arbeitsbereich zeigt rechts das interaktiv bearbeitbare Stoffstrommodell und auf der linken Seite eine Auflistung der geladenen Stoff- und Prozessdatenbank. Über Drag-and-Drop lassen sich Stoffe oder Prozesse aus dem rechten Bereich übertragen und mit entsprechenden Strömen in das Modell einbetten.

Zunächst werden die Stoffe angelegt und in der dazugehörigen Datenbank verwaltet (vgl. Abbildung 7). Die verschiedenen Typen werden farblich unterschieden und entsprechend auf der Modellierungsoberfläche dargestellt.

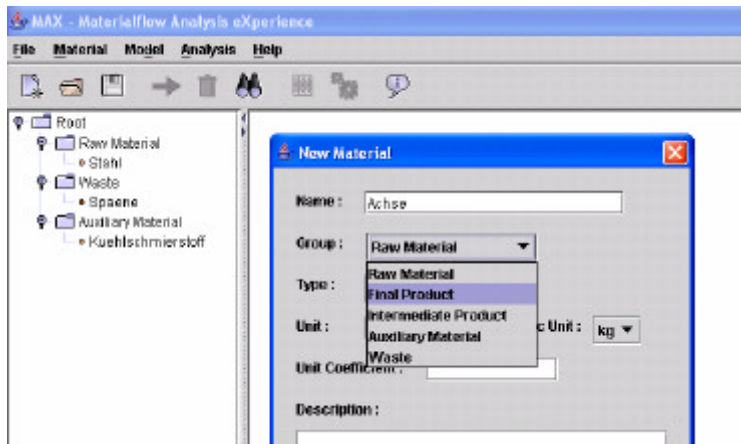


Abbildung 7 Verwaltung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie dem Produkt und von Abfällen

Dort werden dann die Stoffe mit den Prozessen mittels der Definition von Stoffströmen (als Pfeile dargestellt) in eine gerichtete Verbindung gebracht (siehe Abbildung 8).

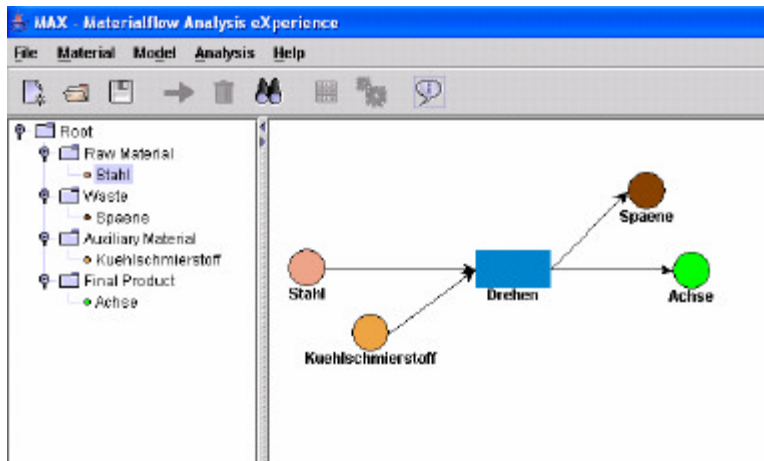


Abbildung 8 Prozess „Drehen“ mit Input- und Outputströmen (Stofftypen farblich hervorgehoben)

Die eingegebenen Stoffströme können dann, je nachdem, welche Prozesse bzw. Produkte ausgewählt werden, über verschiedene Bilanzgrenzen zusammengefasst und tabellarisch bzw. grafisch dargestellt werden.

1.2.3

Bewertung und Verfügbarkeit des Tools

Mit MAX wurde ein einfaches Tool geschaffen, welches aufgrund der Umsetzung in Java auf den meisten Betriebssystemplattformen lauffähig ist.

Die übersichtliche Gestaltung der Benutzungsoberfläche und die unkomplizierte Benutzerführung mit einem nicht zu umfangreichen Funktionsumfang, legt Wert auf eine einfache Erfassung der zu modellierenden Stoffe und Prozesse sowie die Stoffströme als das verbindende Glied. Abläufe bestimmen die Vorgehensweise der Modellierung und Stoffe, die ansonsten nicht im Hauptaugenmerk der Betrachtungen liegen, rücken in den Vordergrund.

Der wichtigste Aspekt ist der, die üblicherweise eingeschränkte Aufmerksamkeit auf das Endprodukt für den Ressourcenverbrauch und die anfallenden Abfälle zu öffnen. Allein die Überlegungen und Durchführung der Modellierung sowie eine evtl. erste Datenaufnahme wird einen Erkenntnisgewinn anstoßen, der zu Verbesserungspotenzialen führen kann, zumindest aber zu einem Transparenzgewinn im Unternehmen führt.

Die geplante Einbindung in das durch den Projektträger BWPLUS geförderte Projekt zum Aufbau des Portals IKARUS – Internet Katalog betrieblicher Umweltinformationssysteme ist noch nicht vollzogen, da sich der Server (<http://www.ikarus.iao.fhg.de>) in einer Überarbeitungsphase befindet. Es muss vorübergehend auf die Adresse <http://www.bum.iao.fhg.de/max/max.html> ausgewichen werden. Dort befinden sich aktuell Optionen für den Start des Tools und den Download von Beispielmodellen. Über <http://www.bum.iao.fhg.de/max/download.html> kann das Tool direkt gestartet werden. Beide setzen voraus, dass die aktuelle frei zugängliche Java Version (JDK) von <http://www.java.com/> auf dem eigenen Computer installiert ist und das Tool dann über die Webstart Option gestartet werden kann. Das bedeutet, dass der Programmcode beim Start auf den Rechner geladen wird und daher deutlich schneller ausgeführt wird, als z. B. ein Applet direkt im Browser.

Gerade die Automobilzulieferindustrie ist gezwungen Lebenszyklusdaten zu ihren Produkten vorzuhalten. Zum einen ist aufgrund von Kundenanforderungen und gesellschaftlichen Ansprüchen der Handlungsdruck in der Automobilindustrie im Hinblick auf die Verringerung von Umweltauswirkungen an den Produktionsstandorten und bzgl. der hergestellten Produkte sehr hoch und zum anderen verpflichten die Endproduzenten der Automobilindustrie ihre Zulieferunternehmen dazu, detaillierte Sachbilanzen zu Ressourcenverbrauch und Emissionen bzgl. der gelieferten Bauteile zu liefern.

MESA bietet für interessierte Unternehmen den Zugang zu aktuellen Methoden und Vorgehensweisen des betrieblichen Stoffstrommanagement. Es werden Vor- und Nachteile zweier Ansätze der informationstechnischen Unterstützung bzw. dauerhaften Umsetzung aufgezeigt.

Diese Ansätze sind, die

- Anwendung von Modellierungsmethoden zur Berechnung von Stoffströmen und
- Auswertung von ERP-Daten zur Berechnung von Stoffströmen.

Die Anwendbarkeit der Methoden hängt von Betriebsstrukturen sowie Anforderungen und verschiedenen Einflussfaktoren im Unternehmen ab. Es hat sich gezeigt, dass ein direkter Branchenbezug nicht gegeben ist. Die Fertigungsart stellt jedoch eine wichtige Determinante dar und die Automobilzuliefererindustrie ist gekennzeichnet durch eine auf ein Produkt ausgerichtete Massenfertigung mit eher geringteiliger Erzeugnisstruktur bei niedriger Fertigungstiefe.

Bei ähnlichen Voraussetzungen wie bei TRW lässt dies die Schlussfolgerung zu, dass dann von der Anwendung von Modellierungsmethoden abzuraten ist und auf eine Funktionsintegration in das vorhandene ERP-System zu drängen ist.

Empfehlungen für die Praxis

Im Rahmen des Vorhabens wurden zwei grundsätzlich unterschiedliche Methoden zur Herangehensweise und Einführung eines Stoffstrommanagements intensiv beforscht und umgesetzt:

- Anwendung von Modellierungsmethoden zur Berechnung von Stoffströmen und
- Auswertung von ERP-Daten zur Berechnung von Stoffströmen.

Mit Hilfe der Modellierungsmethoden konnte für TRW auf der Grundlage eines in einem BUIS erstellten Stoffstrommodell sowohl prozess- wie auch produktbezogene Bilanzen erstellt werden. Jedoch zeigt die exemplarische Modellierung eines Beispielprodukts, dass die Datenbeschaffung sehr aufwändig, personalintensiv und fehlerbehaftet war. Dies betraf sowohl die generelle Verfügbarkeit von Daten über Input- und Outputströme, als auch die Übertragung der Daten in ein geeignetes Format, um sie einfach und dauerhaft in das Stoffstrommodell einbinden zu können. Das Modell musste aufgrund fehlender Daten stark vereinfacht werden, um auswertbare Resultate zu erzielen. Damit konnte aber die erhoffte detaillierte Darstellung der Stoffströme, die ja wesentlich von der Struktur und Feinheit des Modells abhängt, nicht erzielt werden.

Somit musste abschließend erkannt werden, dass mit den oben genannten Einschränkungen hinsichtlich Datenverfügbarkeit und Integration in das Stoffstrommodell die Anwendbarkeit für ein integriertes Stoffstrommanagement bei TRW eingeschränkt war. Dies umfasste in diesem Praxisbeispiel sowohl die Frage der Datenverfügbarkeit, als auch der notwendigen organisatorischen Prozesse, um Daten in ein Stoffstrommodell dauerhaft und aktuell einbinden zu können. Der Aufwand für die Erfassung prozessbezogener Daten war mit einem sehr hohen und letztendlich nicht vertretbaren Aufwand verbunden. Die Gründe hierfür liegen sowohl im Bereich der Informationssysteme als auch im organisatorischen Bereich: Zum einen fehlt die Bereitstellung prozessrelevanter Daten in IT-Systemen (z. B. eine BDE) und durch Messapparaturen wie Wasser- und Energiezähler, die als Datengrundlage systematisch und dauerhaft für die Berechnung der Stoffströme genutzt werden könnten. Zum anderen war das Prozesswissen nicht detailliert mit Stoffströmen auf Einzelprozessebene vorhanden, als dass mit wenigen Annahmen und unter zur Hilfenahme von Prozessspezifikationen, bspw. Verbrauch an Hilfs- und Betriebsstoffen, das Stoffstrommodell hätte berechnet werden können.

Allerdings unterstützte das gezeichnete Stoffstromnetz das Verständnis über die Produktionsstruktur und die Prozessabläufe. Mit

Hilfe des Modells konnte eine gemeinsame Sprache und ganzheitliche Sicht auf die betrieblichen Stoffströme gewonnen werden. Zudem hob das Modell die zu erfassenden relevanten Stoffströme hervor. Das berechnete Stoffstrommodell bestätigte dann auch die These, dass Materialverluste prognostizierbar sind. Somit diente es der Sensibilisierung und Verdeutlichung der Beteiligten für die Anforderungen und Herangehensweisen eines betrieblichen Stoffstrommanagement. Diese Erfahrung stützt die angepasste Zielformulierung für die Entwicklung des web-basierten Unterstützungssystems MAX (Kapitel 1.2): Demnach soll der interessierte Anwender an die Thematik des betrieblichen Stoffstrommanagements herangeführt werden, indem ihm die Möglichkeit gegeben wird, die Produktionsabläufe seines Unternehmens grob zu modellieren und dabei vor allem auch Abfälle, Energiebedarfe, Betrieb- und Hilfsstoffe mit aufzunehmen.

Die Produktion bei TRW ist gekennzeichnet durch ein geringteiliges Erzeugnis, fehlender Prozessvariation und durchgängiger oder synthetischer Produktion. Die Produktion der Steckzunge besteht aus vier Arbeitsschritten „Stanzen“, „Härten“, „Vergüten“ und „Spritzgießen“, die in ihrem Ablauf nicht frei kombinierbar sind, sondern vielmehr in einer festen Reihenfolge ablaufen. Weiter ist die Lagerhaltungsdauer bei TRW, auch aufgrund der Massenproduktion, sehr gering. Materialeingangsbuchungen in das Lager repräsentieren damit in sehr guter Näherung und zeitnah den Verbrauch. Materialverluste sind relativ gering und prognostizierbar und beschränken auf wenige Abfallarten, deren Herkunft leicht einem Prozess zugeordnet werden kann. Zudem werden im SAP R/3-System bei TRW die Rohstoffe direkt einem Produkt und Profit Center zugeordnet, sodass damit eine direkt Verbrauchszuordnung möglich ist.

Aus diesen Gründen und den oben genannten Schwierigkeiten bei der Anwendung der Modellierungsmethode wurde analysiert, in wie weit eine ERP-integrierte Stoffstrombilanzierung möglich ist. Das ERP-System unterstützt dabei das Stoffstrommanagement als Lieferant stoffstrom- und umweltrelevanter Daten. Ferner kann das bestehende ERP-System um weitere, an den Anforderungen des Stoffstrommanagement orientierten BUIS-Funktionalitäten erweitert sowie um zusätzliche Daten ergänzt werden. In diesem Umsetzungsprojekt bei TRW wurden Informationen zu Abfallmengen und Kosten spezifisch anhand der Bedürfnisse von TRW strukturiert und in das SAP R/3-System integriert. Die Materialstammdaten im SAP R/3-System wurden um einen so genannten „Ökoschlüssel“ erweitert, um die im ERP-System erfassten Materialbewegungen auch nach Umweltgesichtspunkten in einem Ökokontenrahmen auszuwerten und in einer betrieblichen Input- und Outputbilanz entsprechend darstellen zu können.

Die ERP-Integration der Stoffstrombilanzierung ist dabei in besonderem Maße von der Datenqualität und dem Umfang der Stoffstromda-

ten abhängig, wie sie im ERP-System gepflegt werden. Doch kann eine detaillierte Analyse der Abbildung von Materialbewegungen im ERP-System zu einer Anpassung und genaueren Strukturierung eben dieser Vorgänge führen. Die Konzepterstellung für TRW basiert allein auf Funktionalitäten, die das SAP R/3-System bereithält. Diese mussten nur an die spezifischen Bedürfnisse angepasst werden – der Aufwand hierfür ist vertretbar und einmalig – und unterstützen zukünftig eine kontinuierliche, aufwandsarme Erfassung und Bilanzierung der betrieblichen Stoffströme.

Mit dem vorgestellten Konzept einer ERP-integrierten Stoffstrombilanzierung – welches spezifisch für TRW im SAP R/3-System erstellt wurde – konnte im Forschungsprojekt MESA die Eignung von ERP-Systemen als Datenlieferant und zur Bilanzierung von prozessbezogenen Stoffströmen – unter Berücksichtigung bestimmter Randbedingungen – gezeigt werden. Die für die Bilanzierung notwendige Strukturierung relevanter Daten im ERP-System (vgl. Abfalldaten bei TRW) führte dazu, dass Geschäftsprozesse zukünftig besser und effizienter gestaltet sind und Informationen schneller und einfacher zugänglich sind. Damit wird auch ein wesentliches Hemmnis eines dauerhaft verankerten Stoffstrommanagement, die aufwandsarme und anwenderspezifische Bereitstellung von Stoffstromauswertungen für unterschiedliche Akteure im Unternehmen, gelöst.