

Produktion

Rohstoff-
gewinnung

PVC

Nutzung

Entsorgung /
Recycling

Ausführliche Zusammenfassung

Ökobilanzierung
von PVC und wichtigen
Konkurrenzwerkstoffen

Im Auftrag der



Ausführlicher Bericht

Ökobilanzierung von PVC und wichtigen Konkurrenzwerkstoffen

Im Auftrag der Europäischen Kommission, April 2004

Autoren:

Projekt Koordination



Dr. Martin Baitz
Johannes Kreißig
Eloise Byrne



Cecillia Makishi
Thilo Kupfer



Dr. Niels Frees
Dr. Niki Bey
Morten Söes Hansen
Annegrethe Hansen



Dr. Teresa Bosch
Dr. Veronica Borghi
Jenna Watson
Mar Miranda

PE Europe GmbH

Hauptstr. 111 - 113
70771 Leinfelden-Echterdingen
Germany
Phone: +49 (7 11) 34 18 17 0
Fax: +49 (7 11) 34 18 17 25
E-mail : m.baitz@pe-europe.com
Internet: <http://www.pe-europe.com>

Institut für Kunststoffkunde und Kunststoffprüfung (IKP) Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi)

Hauptstr. 113
70771 Leinfelden-Echterdingen
Germany
Phone: +49 (711) 48 99 99 0
Fax: +49 (711) 48 99 99 11
E-mail : makishi@ikp2.uni-stuttgart.de
Internet: <http://www.ikpgabi.uni-stuttgart.de>

Institutet for Produktudvikling (IPU), DTU

Bygning 424
2800 Lyngby
Denmark
Phone: +45 (45) 25 46 69
Fax: +45 (45) 93 55 56
E-mail : nf@ipt.dtu.dk
Internet: <http://www.dtu.dk/ipu>

RANDA GROUP

C.Cardenal Vives i Tutó 41 entl. 12
08034 Barcelona
Spain
Phone: +34 (93) 280 02 58
Fax: +34 (93) 205 37 44
E-mail : tbosch@randagroup.es
Internet: <http://www.randagroup.es>

HAFTUNGSAUSSCHLUSS: Die Meinungen und Schlussfolgerungen in diesem Dokument sind Meinungen und Schlussfolgerungen des Projektkonsortiums und nicht notwendigerweise als offizielle Stellungnahme der Europäischen Kommission zu verstehen.

Ausführlicher Bericht

Nach der Aufforderung zur Abgabe eines Angebotes durch die Europäische Kommission erarbeitete ein Konsortium unter Leitung von PE Europe GmbH eine Vergleichsstudie mit dem Titel "Ökobilanzierung von PVC und wichtigen Konkurrenzwerkstoffen".

Das allgemeine Ziel der Studie war es, in einer Übersicht die öffentlich zugänglichen Informationen zu Ökobilanzierungen (LCAs - Life Cycle Assessments) von PVC und Konkurrenzwerkstoffen für eine Vielzahl von Anwendungen zu vergleichen, um die vorhandenen Informationen zu bewerten und Informationslücken zu lokalisieren.

Im Rahmen der Studie sollten Informationen aus allen relevanten Informationsquellen in der EU gesammelt werden. Es wurde eine strukturierte Umfrage der vorhandenen relevanten Ökobilanzierungen durchgeführt. Dazu wurde eine spezifische Prozedur zur Identifizierung und Erfassung dieser Studien entwickelt. Außerdem wurde ein Schema für eine kritische Bewertung und systematische Charakterisierung entwickelt und angewendet.

Die Ökobilanzierungen zur Bewertung der Anwendung von PVC und Konkurrenzprodukten auf Systemebene wurden im Detail analysiert. Durch eine Anwendungsmatrix mit Angaben der Marktanteile entstand eine Übersicht über die Relevanz der Studien, und potentielle Inkonsistenzen konnten leichter erkannt werden.

Es wurde eine Übersicht aus Lebenszyklussicht über die „Auswirkungen von PVC“ erstellt, in der die relevanten Ökobilanz-Komponenten und die Lebenszyklusphasen von PVC-Produkten diskutiert wurden. Ebenso wurde der „sozio-ökonomische Aufwand und Nutzen“ analysiert.

Zu **Ökobilanzierungen als Unterstützung der Entscheidungsfindung** können folgende **allgemeine Schlussfolgerungen** gezogen werden:

- Ökobilanz-Vergleiche sollten sich auf Anwendungsebene konzentrieren, nicht auf die Werkstoffebene, insbesondere zur Unterstützung politischer Entscheidungen. Ökobilanzierungen auf Anwendungsebene sind umfassender und ergeben ein vollständiges Bild der Umweltauswirkungen während des gesamten Lebenszyklus. Auf Anwendungsebene zeigen Ökobilanzierungen die Zusammenhänge zwischen Produktionsphase, Nutzungsphase und Behandlung nach Ende der Nutzungsdauer. Wichtige Konsequenzen der Werkstoffproduktion, Nutzung, Entsorgung und des Recyclings sollten einbezogen werden. Dies soll nicht heißen, dass Ökobilanzierungen auf Materialebene entbehrlich sind, sie sind jedoch ein unzulängliches Mittel für die Entscheidungsfindung, da die Werkstoffproduktion nur eine Phase des Lebenszyklus darstellt.
 - ⇒ Vergleiche ausschließlich anhand der Masse (z. B. 1 kg PVC vs. 1kg Holz) wären in diesem Zusammenhang irreführend. Es ist wichtig, die Anwendungsart und den Einfluss auf die Nutzung und das Nutzungsende zu berücksichtigen, wenn Umweltvergleiche vorgenommen werden.
- Je nach Art des Produktes können die Umweltauswirkungen während der Nutzung oder nach Ende der Nutzungsdauer möglicherweise noch wichtiger, als die Materialproduktion sein (beispielsweise Kraftstoffeinsparung durch Leichtbauteile im Automobilbau oder Nutzungsphaseneffekte bei der Reinigung von Bodenbelägen).

- ⇒ Welche **Phasen einer Anwendung** während des Lebenszyklus **welchen Einfluss haben, muss einzeln** entsprechend der jeweiligen Situation identifiziert werden.
- Selbst wenn ein Material während der Produktion nur wenig Beeinträchtigungen der Umwelt verursacht, ist es nicht notwendigerweise umweltfreundlich. Fortschrittliche Werkstoffe, die während der Produktionsphase die Umwelt mehr beeinträchtigen, können während der Nutzungsphase aufgrund der höheren Systemqualität umweltfreundlicher sein (beispielsweise durch weniger Gewicht, längere Haltbarkeit, geringeren Wartungsaufwand, geringere Wärmeleitfähigkeit). In der Automobil- und Baustoffindustrie beispielsweise führt eine höhere Systemqualität potentiell zu größeren Auswirkungen während der Produktion, aber zu geringeren Gesamtauswirkungen aufgrund der Bedeutung einer optimierten Nutzungsphase (beispielsweise Einsparung von Kraftstoff oder Heizenergie).
 - Diese **Balance zwischen Auswirkungen während der Produktions- und Nutzungsphase** muss mindestens auf genereller Anwendungsebene berücksichtigt werden (falls möglich, bei jedem Einzelfall) . Die Frage "Welches Material wird auf die umweltfreundlichste Weise produziert?" ist daher erst von Bedeutung, nachdem geeignete Werkstoffe, die die Forderung nach einer umweltfreundlichen Nutzungsphase erfüllen, identifiziert sind.
 - Es wurden bisher etwa 100 Ökobilanzierungen zu PVC durchgeführt, wobei nur 30 davon Vergleiche auf der Anwendungsebene vornehmen.
 - ⇒ Bei den meisten Studien werden Produktionssysteme analysiert. Es werden aber keine geeigneten Werkstoffe für analoge Anwendungen identifiziert.
 - **Ökobilanzierungen sind stark vom Ziel- und Untersuchungsrahmenabhängig.** Zwei Studien für das gleiche Produktsystem können daher zu anderen Schlussfolgerungen führen. Dies ist dann wahrscheinlich, wenn die Randbedingungen abweichen (beispielsweise individuelle Umweltprioritäten gegenüber nationalen, regionalen oder lokalen) , wenn unterschiedliche Datenquellen genutzt werden (beispielsweise Datenerfassung bei den Herstellern oder aus der Literatur) oder wenn die geplante Verwendung der Ergebnisse abweicht (Schwachpunktanalyse in der Produktion, Optimierungsstrategie bei der Produktentwicklung oder Dominanzanalyse der Lebenszyklusphasen) .
 - ⇒ Damit die Ergebnisse der Ökobilanzierungen korrekt interpretiert werden können, ist eine transparente Beschreibung von Untersuchungsrahmen sehr wichtig. Wenn Ökobilanzierungen korrekt interpretiert werden, ist die Abhängigkeit von Zielen oder Untersuchungsrahmen keine Schwäche oder Inkonsistenz, sondern mehr eine flexible Möglichkeit, Aspekte innerhalb einer gegebenen Anwendung aus verschiedenen Perspektiven zu quantifizieren.
 - Ökobilanzen haben nicht den Zweck, Daten zu Gefährdungen und Risiken so zu berücksichtigen wie Risikobewertungen. Bei Risikobewertungen soll die Wahrscheinlichkeit möglicher unerwünschter Nebenwirkungen abgeschätzt werden, die bei einzelnen spezifischen anthropogenen Aktivitäten an bestimmten Orten oder bei bestimmten Prozessen eintreten würden. Daher wird bei Risikobewertungen nicht der gesamte Lebenszyklus berücksichtigt. Ökobilanzierungen sollen den relativen

Beitrag jeder Phase des Lebenszyklus bei komplexen Produktsystemen quantifizieren und deren Rolle bei Umweltauswirkungen identifizieren. Mit Ökobilanzierungen sind auch Vergleiche zwischen äquivalenten Lebenszyklusphasen möglich (beispielsweise Nutzungsphase eines PVC-Produktes und Nutzungsphase eines alternativen Produktes).

⇒ Durch eine Ökobilanzierung kann somit nicht geklärt werden, ob ein Produkt "sicher" ist, wir erhalten aber **wichtige Informationen zur Bewertung der Einflüsse** des Produktes und **zum relativen Einfluss** ganzer (teilweise extrem komplexer) Lebenszyklen oder Teilproduktlebenszyklen bei bestimmten Umweltwirkungen.

⇒ **Ökobilanzierung und Risikoabschätzung** sind unterschiedliche Werkzeuge für unterschiedliche Zwecke. Ökobilanzierungen identifizieren wichtige Umweltaspekte und Phasen während des Lebenszyklus Risikoabschätzungen analysieren expositions- und risikorelevante Informationen. Beide können jedoch gemeinsam als Werkzeuge genutzt werden.

- Viele der geprüften Ökobilanzierungen erfüllten nicht die Anforderungen der Norm ISO 14040 ff.

⇒ Die Studien wurden entweder durchgeführt, bevor diese Normen in Kraft traten, oder es wurden Aspekte aufgrund unzureichender Informationen oder aus Zeitmangel vernachlässigt.

Die **allgemeinen Schlussfolgerungen** zu **Ökobilanzierungen zur Unterstützung** der Entscheidungsfindung sind die Grundlage für das Verständnis der spezifischen Erkenntnisse.

Zu **Ökobilanzierungen von PVC und wichtigen Konkurrenzwerkstoffen** können **folgende spezifische Schlussfolgerungen** gezogen werden:

- Die Hauptanwendungsbereiche für PVC liegen im Bauwesen und Ausbau (Fenster und Jalousien, Verkleidungen, Fußböden und Rohren) , im Bereich Elektrik und Elektronik (vor allem Kabel) , im Transportsektor (Pasten, Kunstleder, Armaturen Bretter, tragende Teile) sowie im Verpackungsmittelbereich (Verpackungen mit Ausnahme von Getränkeverpackungen) .

⇒ Die Studien zeigen, dass es für PVC eine Vielfalt von Anwendungsmöglichkeiten gibt, aber nur in wenigen Bereichen der Marktanteil hoch ist (im Vergleich mit anderen Werkstoffen des gleichen Produktes) oder für die Anwendung große PVC-Massen benötigt werden.
- Die **Gesamtfolgen, die PVC-Produkte haben, scheinen nicht nur mit der Produktion von PVC selbst**, sondern auch mit den Anwendungseigenschaften (Art der Komponente, Einfluss während der verschiedenen Nutzungsphasen, Produkthaltbarkeit und Recyclingfähigkeit) zusammenzuhängen. Die Gesamt-Umweltauswirkungen von Systemen werden beispielsweise nur dann offensichtlich, wenn die Nutzungsphase berücksichtigt wird. Deshalb sollten allgemeine Erklärungen zum Einfluss eines PVC-Produktes auf die Umwelt nur für eine Anwendungsebene abgegeben werden, wenn alle Lebenszyklusphasen berücksichtigt sind.

⇒ Werden PVC-Produkte mit alternativen Produkten verglichen, ist insbesondere bei langlebigen Produkten wie Fenstern und Fußböden der Einbezug der Effekte während der Nutzungsphase sehr wichtig.

- Die Studien zeigen, dass **innerhalb der PVC-Herstellkette die Produktion von Zwischenprodukten**, insbesondere die Prozesse von der Gewinnung von Erdöl und Steinsalz bis zur VCM-Produktion, **eine wichtige Rolle** für die Ökobilanz spielen. Energieverbrauch und Emissionen bei Compoundieren und Verarbeiten von PVC sind relativ niedrig. Die Produktion von Füllstoffen benötigt relativ wenig Energie und hat kaum einen Einfluss auf die Ökobilanz. Beim PVC-Lebenszyklus spielt die Produktion von Stabilisatoren und Weichmachern eine wichtige Rolle, während es bei der Produktion von Pigmenten relativ wenig Optimierungspotential gibt, da es nur um kleine Mengen geht.
 - ⇒ Spezifische und aktuelle Informationen über die Produktionsschritte und Import-Struktur der Produkte von PVC (und auch der meisten anderen Materialien) sind daher wichtig. Bei Verwendung von Daten aus der Literatur statt Sammlung von Primärdaten muss geklärt werden, ob diese technisch, geografisch und chronologisch repräsentativ genug sind, um aussagekräftige Ergebnisse zu garantieren.
- Es gibt einige **neue Technologien**, beispielsweise mechanisches **Recycling nach selektiver Auflösung um PVC wirtschaftlich zu recyceln**. Die Verbrennung im Zusammenhang mit der Entsorgung von Hausmüll ist eine einfache Option, welche die Rückgewinnung eines Teils der Energie und der Rohstoffe erlaubt, wenn Technik nach dem neuesten Stand eingesetzt wird. Zurzeit wird jedoch nur ein geringer Anteil des PVC-Hausmülls recycelt.
 - ⇒ Aus einer produktbezogenen Lebenszyklussicht wäre es allgemein vorzuziehen, für einen neuen Lebenszyklus mehr Recycling-PVC einzusetzen. Die Recycling- und Entsorgungswege, die bei den Ökobilanzierungen bewertet werden, zeigen, dass diese Varianten geringere Umweltauswirkung haben als die Entsorgung auf Deponien. Die meisten Studien verweisen darauf, dass ein höherer Recyclinganteil und eine höhere Recyclingnutzung die Ökobilanz während des Lebenszyklus verbessert, da der Verbrauch von neuen Rohstoffen (und den entsprechenden Zwischenprodukten, siehe oben) durch teilweisen Ersatz der neuen Ausgangsstoffe durch Recyclingmaterial gesenkt werden kann.
- Das mechanische Recycling bzw. Materialrecycling, bei dem das Material direkt wieder einem neuen Lebenszyklus zugeführt wird, ersetzt zu einem gewissen Umfang die Prozesse der Rohstoffextraktion, Herstellung der Zwischenprodukte und sowie Polymerisation und Compoundierung bei der Produktion von neuen Rohstoffen und **verbessert dadurch die Ökobilanz**. Es ist bekannt, dass für ein **mechanisches Recycling** eine gewisse konstante Qualität der Recyclingware erforderlich ist. **Chemisches Recycling** (Rohstoffliches Recycling) ist eine andere Option, um Recycling-PVC in einen neuen Lebenszyklus zurückzuführen. Dabei werden nur die Rohstoffgewinnung und die Produktion von Zwischenprodukten aus neuen Rohstoffen ersetzt. Beim chemischen Recycling sind allgemein höhere Qualitätsschwankungen des Ausgangsstoffes zulässig. Die **Energierückgewinnung** in einer Verbrennungsanlage ist mehr oder weniger eine Entsorgung, aber der effektivste Weg zur Rückgewinnung von Energie und eines Teils der Chemikalien. Natürlich

bestehen in diesem Fall die geringsten Anforderungen an die Produktqualität des Ausgangsmaterials, da PVC als Teil des Mischabfalls verbrannt werden kann. Bei diesen beiden Optionen müssen immer "kritische Massenströme" des Hausmülls vorhanden sein, um die Recyclingverfahren sowohl unter technischen als auch wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll nutzen zu können. Im Gegensatz zu einigen Metallen hat sich ein Recyclingmarkt für Kunststoffe und damit die Nachfrage nach Sekundärrohstoffen noch nicht entsprechend herausgebildet.

⇒ Heute und in naher Zukunft scheint daher eine Mischung aus mechanischem und chemischem Recycling und Entsorgung nach dem neuesten Stand der Technik die günstigste Variante zu sein, um die Ökobilanz für PVC und Konkurrenzwerkstoffe zu verbessern. Bei dieser Schlussfolgerung wird auch berücksichtigt, dass Produkte mit hoher Nutzungsdauer das Ende ihres Lebenszyklus immer mit einer gewissen Zeitverzögerung erreichen und erst dann Einfluss auf die Qualität des Hausmülls haben. Außerdem wird berücksichtigt, dass es selbst in Zukunft weder zweckmäßig noch sinnvoll sein wird, den gesamten Hausmüll (wohl aber einen Großteil davon) dem mechanischen Recycling zuzuführen (Mülltrennung, Reinigung mit entsprechendem Energieaufwand und Emissionen), um hochwertige Sekundärprodukte zu erhalten.

- Eine weitere wichtige Einschränkung für eine umfangreichere Nutzung von Recyclaten wird oft erkannt, wenn die Ergebnisse der Ökobilanzierungen mit Optimierungsstrategien der Produkte verglichen werden: Der **Kunde wird keine Recyclingprodukte mit schlechteren optischen oder ästhetischen Eigenschaften akzeptieren** (Farbe, Oberflächenqualität), selbst wenn die technische Qualität (Haltbarkeit, mechanische Eigenschaften) identisch ist. Dies gilt insbesondere für Produkte im Bauwesen, Elektronik und Automobilbau.

Aus **anwendungsspezifischen und sektorspezifischen Ökobilanzierungen von PVC und wichtigen Konkurrenzwerkstoffen** können folgende **spezifische Schlussfolgerungen** gezogen werden:

- Zu Baustoffen und -Produkten stehen umfangreiche LCI-Informationen zur Verfügung, allerdings bleibt eine starke Abhängigkeit von Umfang und Ziel der Studien sowie den spezifischen Ergebnissen bestehen.
- Bei **Fenstern**, einer der wichtigsten Anwendungen von PVC, unterscheiden sich die verfügbaren Studien in ihrer Methodik, **kommen aber zu vergleichbaren Schlussfolgerungen**. Alle Studien vergleichen mindestens drei Alternativen: PVC-, Holz- und Aluminiumfenster. Zwei Studien vergleichen Holz- und Aluminiumfenster mit weiteren Werkstoffen: Eine Studie mit Stahl, mit Edelstahl und Nichteisenmetallen, die andere mit Polypropylen. Fenster aus Edelstahl und Nichteisenmetallen scheinen potentiell schlechtere Ökobilanzen zu haben als alle anderen Rahmenmaterialien (verständlich, weil Metallgewinnung und -verarbeitung relativ energieintensiv sind). Alle analysierten Studien (die Daten und Modelle¹ mit einer ausreichenden Qualität enthielten, so dass die Studie berücksichtigt werden konnte) kamen zu dem Schluss, dass alle in Frage

¹ In der Studie IKP AT-11 wird behauptet, dass Fenster aus Polypropylen die besten Ergebnisse zeigen würden, doch die Qualität der Daten und die verwendete Methodik konnten nicht überzeugen. Daher wurden die Ergebnisse, die im Gegensatz zu allen anderen Studien stehen, als fragwürdig eingestuft.

kommenden Konkurrenzwerkstoffe für Fensterrahmen (PVC, Aluminium, Holz-Aluminium und Holz) ihre Stärken und Schwächen haben. Weiterhin wurde festgestellt, dass in keiner der bestätigten Studien ein Werkstoff als "Gewinner" ermittelt wurde. Die meisten der Studien kommen zu dem Schluss, dass keiner der Werkstoffe insgesamt Vorteile bei den betreffenden Standardwirkungskategorien für die Ökobilanz hat, für einzelne Kategorien kann die jedoch durchaus der Fall sein.

- Es scheint, dass das **größte Potential** zur Verbesserung der Ökobilanz bei **Fenstern** durch eine **Konstruktionsoptimierung** und spezifische Konstruktionsprozesse erschlossen werden kann, das heißt, durch höhere Qualität der Fenster für ihre Hauptaufgabe, die Einsparung von Heizenergie in der Nutzungsphase (beispielsweise Senkung der spezifischen Wärmeverluste) . Ein weiterer Grund für die Optimierung der Konstruktionen könnte die Erhöhung des Einsatzes von Sekundärmaterial oder die Senkung des Materialverbrauches für die gleiche Funktion sein. Die Auswahl des Werkstoffes selbst ist daher von geringerer Wichtigkeit, solange der Werkstoff die gewünschte Systemqualität eines Fensters gewährleisten kann.
- Bei den meisten Studien zu **Bodenbelägen** kam man zu dem Schluss, dass Linoleum eine vergleichbare oder nur etwas bessere Ökobilanz als PVC-Bodenbeläge hat, solange es die Produktionsphase betrifft. Eine Studie (IPU 0013) kam zu dem Schluss, dass Holzböden eine bessere Ökobilanz haben als PVC und Linoleum, aber Pflege und Nutzung aufwendiger sind. Alle analysierten Studien hoben die Bedeutung der Nutzungsphase hervor, weil dabei die Verwendung von Reinigungsmitteln oder Chemikalien zur Pflege und Reinigung eine Rolle spielen. Die Studie IPU 0042 konzentriert sich auf die Nutzungsphase und verweist darauf, dass PVC gegenüber Linoleum in dieser Phase Vorteile habe und dass die gesamte Nachfrage stark von der Einzelanwendung (Privathaushalt, professioneller Einsatz, Industrieinsatz) abhängt. Die Nutzungsphase sollte daher noch detaillierter analysiert werden, bevor ein repräsentatives Urteil abgegeben werden kann.
- Einige Studien berücksichtigen dies bereits mit entsprechenden Details. Für Teppichböden, ein wichtiges Konkurrenzprodukt, sind nur wenige Informationen zur Ökobilanzierung verfügbar.
- Für **Dachanwendungen** zeigt eine Studie, dass eine höhere Qualität der Systeme (Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit der Dicke der Dachhaut) sowie die Sorgfalt des Verlegens und der Pflege den größten Einfluss auf die Senkung der Umweltauswirkungen haben. Weiter kommt die Studie zu dem Schluss, dass "grüne Dächer", das heißt die Bepflanzung des Daches, die Umweltauswirkungen weiter senkt, weil die Nutzungsdauer der Dachsysteme damit verlängert werden kann. Drei untersuchte Polymersysteme (ein PVC-System und zwei konkurrierende Polymersysteme) haben das Potential, bei vergleichbaren Umweltwirkungen auf den Treibhauseffekt, den sauren Regen und die bodennahe Ozonbildung (Sommersmog) damit bessere Ergebnisse zu erzielen. Die Studie zeigt, dass manche Polymersysteme etwas günstigere Ökobilanzen aufweisen als Konkurrenzsysteme.
- Bei **Rohrleitungen** sind die **Ergebnisse sehr unterschiedlich**. Einige Studien verweisen auf deutliche Vorteile der Beton- und Faserzementrohre, andere auf Vorteile bei Polymerrohren, wie beispielsweise PVC oder PE. Andere Studien kommen zu dem Schluss, dass der Werkstoff keine Rolle spielt, sofern es nicht

Gusseisen ist. Einige Studien analysierten eine Vielzahl von Auswirkungen und verweisen auf sehr spezifische Vor- und Nachteile der verschiedenen Werkstoffe. Die meisten Studien berücksichtigen nicht den Aufwand für das Ausschachten, Verlegung, Installation und Wartung. Diese Prozesse dürften aber relevant sein, zumindest für unterirdisch verlegte Leitungen, weil mit Ausschachten und Verlegung Energieverbrauch mit entsprechenden Emissionen verbunden ist. Zwei Studien kamen zu dem Schluss, dass bei Rohrleitungen kein Werkstoff bevorzugt werden kann, mehr noch dass auch keine Generalisierungen zu "optimalen Werkstoffen" vorgenommen werden können, da die jeweils beste Wahl von den Bedingungen vor Ort abhängt. Wichtige technische Parameter für eine Ökobilanzierung von Rohren sind die Haltbarkeit und Wartung, die beabsichtigte Nutzungsdauer, die Wartungsintensität sowie Gewicht und Durchmesser der Rohrleitungen. Abwasserleitungen aus Gusseisen scheinen im Vergleich zu PVC- oder Betonleitungen Nachteile zu haben. Begründet ist dies durch die Tatsache, dass Gusseisen bei der Produktion die Umwelt relativ hoch belastet und durch das Gewicht die Verlegung energieintensiv ist.

- Trotz der heterogenen Ergebnisse können einige allgemeine Schlussfolgerungen zur Ökobilanz von Rohrleitungen gezogen werden. Verlegung, Ausschachten und Installation sowie Nutzung müssen bei den Ökobilanzierungen von Rohrleitungen berücksichtigt werden. Eine Verringerung des Gewichtes der Rohre führt wahrscheinlich zu einer besseren Ökobilanz (weniger Materialverbrauch, einfachere Verlegung). Die Verwendung von Recyclingmaterial könnte auch die Ökobilanz verbessern und ist möglicherweise einfacher als bei anderen Anwendungen, da keine strikten ästhetischen Anforderungen existieren (insbesondere bei unterirdisch verlegten Leitungen). Dichtheit spielt eine wichtige Rolle. Daher sind die Haltbarkeit und die mechanischen Eigenschaften der Rohre von erheblicher Bedeutung.
- Die einzigen **Spielzeuganwendungen**, bei denen erhebliche PVC-Mengen verbraucht werden, sind Anwendungen wie aufblasbare Spielzeuge, Swimmingpools und Gummiboote und Flöße. Die potentiellen Risiken durch zweckentfremdete Verwendung der Spielzeuge (beispielsweise Verschlucken, Ersticken oder Kauen) , spielten bei den Studien eine wichtige Rolle. Eine Ökobilanzierung kann diese Risiken jedoch nicht sinnvoll analysieren; solche Bedenken sollten daher mit anderen Mitteln, beispielsweise einer Risikobewertung, untersucht werden.
- **Zu Verbraucherprodukten** lagen nur wenige **vergleichbare Ökobilanzierungen** vor. Untersuchungen zu Bekleidung und Möbeln könnten jedoch wichtig sein. Der Benutzer nutzt solche Waren oft nur so lange, wie sie modern sind. Die intensive Nachnutzung solcher Waren innerhalb und außerhalb der EU ist üblich. Es konnten keine allgemeinen nützlichen Schlussfolgerungen zu Materialvergleichen gezogen werden.
- Die **Bedeutung von PVC in der Verpackungsbranche nimmt ab**. PVC-Flaschen scheinen eine ähnliche Ökobilanz wie PET-Flaschen zu haben. Der Marktanteil der PVC-Flaschen in Europa ist inzwischen minimal. Wie zu erwarten, hängen die Ergebnisse der Ökobilanzierungen von Verpackungsmaterialien von der beabsichtigten Funktion der Verpackung (zum Beispiel Schutz oder Dekor) ab, von den verfügbaren Rücknahme- oder Entsorgungssystemen für die Verpackung und

deren Inhalt. Durch das höhere Gewicht haben Glasflaschen im Transport eindeutig einen Nachteil. Wenn besondere Eigenschaften, beispielsweise eine Sauerstoffsperre, für die Verpackung gefordert werden, scheint PVC Vorteile zu haben. Wenn Sondereigenschaften kaum eine Rolle spielen, haben Polyolefine Vorteile. Das Recycling und selbst die automatische Sortierung von Kunststoffverpackungsmüll ist technisch kein Problem mehr, eher wirtschaftlich, da entsprechende Erfassungs- und Recyclingsysteme aufgebaut werden müssen, die sortierte Kunststoffe mit einem bestimmten, konstanten Massenstrom und einer konstanten Qualität liefern.

- Im **Transportbereich** (einschließlich Automobilbau) wurden viele vergleichende Ökobilanzierungen auch zu PVC-Alternativen durchgeführt. Diese Studien sind jedoch vertraulich und standen für die Analyse nicht zur Verfügung. Einige Unternehmen der Automobilbranche führen schon seit 15 Jahren Ökobilanzierungen durch. Es gibt daher nur **wenige "offensichtliche"** Potentiale, die noch nicht realisiert wurden, da über die System- und Materialvergleiche schon viel bekannt ist. Die heutigen Aktivitäten konzentrieren sich auf eine "Prognose" von Umweltaspekten ausgewählter Materialien und Konstruktionen noch vor der Produktion der Teile und Systeme.
- Zu **PVC-Kabeln** scheint es bei vielen Kabelanwendungen kaum Konkurrenz zu geben. Daher existieren kaum Ökobilanzierungen für PVC-Kabel. Recyclingprozesse haben sich schon seit geraumer Zeit etabliert, weil das recycelte Kupfer und Aluminium einen hohen wirtschaftlichen Wert hat. Für das Recycling des zurück gewonnenen PVCs existieren wirtschaftlich interessante Optionen.
- **Für die in medizinischen Anwendungen** genutzten Materialien existieren **keine vergleichenden Ökobilanzierungen**, und bei medizinischen Produkten wurde bisher wenig für eine Umweltoptimierung getan. Angesichts dieser Tatsachen und angesichts der großen Abfallmengen, die Kliniken durch medizinische Einwegprodukte produzieren, könnten vergleichende Ökobilanzierungen ein erhebliches Potential zur Verbesserung der Ökobilanz erschließen.

Kurz, je besser und umfassender der Lebenszyklus eines Produktes modelliert wird, umso mehr Parameter und Effekte beeinflussen die Ökobilanz eines Produktes.

Ökobilanzierung ist ein nützliches Werkzeug, um

- das Verständnis für die wichtigen Prozesse eines Lebenszyklus zu fördern,
- die Schwachpunkte und Optimierungspotentiale der analysierten Lebenszyklen zu identifizieren, um die Umweltauswirkungen der betreffenden Produkte weiter zu verbessern,
- die Maßnahmen zur effektiven Senkung der Umweltauswirkungen zu identifizieren,
- die Verlagerung von Umweltproblemen auf spätere Phasen des Lebenszyklus zu verhindern.

Umfassende Ökobilanzierungen befassen sich daher mit verschiedenen, wichtigen Parametern während des gesamten Produktlebenszyklus, wobei die Art des Werkstoffes und die entsprechenden Produktionsprozesse nur ein Parameter sind. Der verwendete Werkstoff wird oft vorrangig diskutiert, weil mit diesem Parameter leicht argumentiert werden kann.

Auch bei Ökobilanzierungen spielt die Werkstoffauswahl eine wichtige Rolle, ist aber oft nur ein Parameter unter vielen, voneinander abhängigen Parametern.

Mit einer Ökobilanzierung lässt sich leicht zeigen, welche Bedeutung die Werkstoffauswahl in einem bestimmten Lebenszyklus hat, und es können die Effekte möglicher Alternativen quantifiziert werden. Infolge dessen wird oft die Auswahl von Werkstoffen im Einzelfall durchgeführt und akzeptiert.

Sollen Ökobilanzierungen jedoch für die allgemeine Bewertung von vorzuziehenden Werkstoffalternativen einer bestimmten Produktgruppe verwendet werden, wäre es vorteilhafter, einen repräsentativen Lebenszyklus für dieses Produkt eindeutig zu definieren; dabei müssen alle möglichen Anwendungen und Nutzungssituationen adäquat und hinreichend dargestellt werden. Ist dies nicht der Fall, können keine umfassenden und sinnvollen Gesamtvergleiche gezogen werden und eine Verringerung der Umweltwirkungen aufgrund der gewählten Option wäre unwahrscheinlich. Die Definition eines repräsentativen Lebenszyklus fehlt bis jetzt, und es ist zweifelhaft, ob ein solcher repräsentativer Lebenszyklus definiert werden kann, da die Vor- und Nachteile der verschiedenen Werkstoffalternativen oft das Ergebnis spezifischer Einschränkungen und Anwendungsfälle sind.