

Außenwirtschaft

Dienstleistungen

Energiewirtschaft

Entwicklungszusammenarbeit

Europa

Fremdenverkehr

Gartenbau/Landwirtschaft

Handel/Freie Berufe

Handwerk

Industrie

Kleine und mittlere Unternehmen

Medienwirtschaft

Messen/Ausstellungen/Kongresse

Ökologisches Wirtschaften

Qualifizierung

Technologie/Innovation

Verbraucher

Wirtschaftsbericht

Wirtschaftsförderung

Wirtschaftsordnung



Produktbilanzen am  
Beispiel von

- Getränkeverpackungen,
- Kühlschränken und
- graphischen Papieren

Ökobilanzen *populär*

Ökologisches Wirtschaften



Senatsverwaltung für  
Wirtschaft und Technologie

Liebe Verbraucherinnen und Verbraucher,

was ist mehr umweltfreundlich, was weniger?  
Für welches Produkt soll man sich beim Kauf entscheiden, wenn man sich umweltbewußt verhalten will?

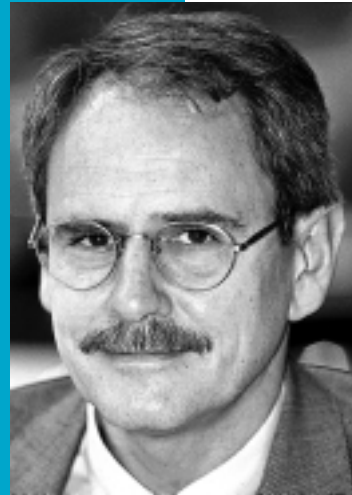
Für viele von Ihnen ist inzwischen die Umweltverträglichkeit eines Produktes zu einem wichtigen Grund für die Kaufentscheidung geworden. Allerdings ist diese Entscheidung nicht immer einfach und wird durch die Werbung häufig auch nicht erleichtert.

Die ökologische Bewertung eines Produktes – von der Gewinnung der Rohstoffe, über die Produktion, die Nutzung bzw. den Verbrauch bis zur Entsorgung – benötigt einen sehr komplexen Fragenkatalog, der seit Jahren weltweit von vielen Fachleuten unter dem Stichwort „Öko-Bilanzen“ diskutiert wird, ohne daß bisher eine geschlossene, allgemeingültige Antwort gefunden worden ist. Das Hauptproblem ist die Einschätzung der Auswirkungen auf die einzelnen Umweltbereiche und deren qualitative Bewertung.

Als umweltbewußte Verbraucherinnen und Verbraucher werden Sie gleichwohl mit einigen Teilaspekten solcher produktbezogener Öko-Bilanzen über die Werbung oder die Produktinformation zunehmend konfrontiert. Die vorliegende Broschüre möchte Ihnen eine Hilfe bieten, wie Sie mit dem Thema „Öko-Bilanzen“ umgehen können. An den Beispielen Getränkeverpackungen, Kühlschränke und Papier wird die Aussagekraft von Öko-Bilanzen verdeutlicht und erläutert. Ich hoffe, daß es Ihnen nach der Lektüre dieser Broschüre noch leichter fallen wird, sich für umweltfreundliche Produkte zu entscheiden.



Dr. Norbert Meisner  
Senator für Wirtschaft und Technologie



# Grußwort Einleitung

Was können die Verbraucher in Berlin von Ökobilanzen lernen? Nützen sie im täglichen Umgang mit Produkten? Bieten Sie Hilfestellungen für ein ökologischeres Verhalten?

Der Begriff der Ökobilanz hat in den vergangenen Jahren sehr an Popularität gewonnen. Während der Neue Brockhaus Ende der 80er Jahre diesen Begriff noch nicht kannte, wird heute in vielerlei Zusammenhängen umgangssprachlich von Ökobilanz gesprochen. Für die ökologische Produktbewertung und die Verleihung von Umweltzeichen, für die Diskussion um Ökosteuern oder die Umsetzung der Verpackungsverordnung – stets wird auf ökologische Analysen und Vergleiche verwiesen.

Eine besondere Rolle spielen die Ökobilanzen bei der Frage, welches Produkt weniger umweltschädlich ist. Solche vergleichenden Produktökobilanzen dienen einerseits dazu, daß Hersteller ihr Produkt verbessern und die ökologischen Vorteile gegenüber Konkurrenzprodukten hervorheben können. Andererseits bieten Produktökobilanzen wichtige Informationen für die Verbraucheraufklärung.

Welchen Nutzen bieten Ökobilanzen aber konkret für die Verbraucher, z.B. in Berlin? Wie erhalten sie Zugang zu den Informationen und, was können sie daraus lernen?

Die anfänglich hohen Erwartungen der Öffentlichkeit konnten die Ökobilanzen nicht erfüllen. Eine gute und umfassende Ökobilanz ist sehr aufwendig und teuer. Nur wenige Ökobilanzen werden deshalb von staatlicher oder unabhängiger Seite in Auftrag gegeben. Sie lassen sich in der ganzen Bundesrepublik an wenigen Händen abzählen. Dazu gehören zum Beispiel die Ökobilanzen über Getränkeverpackungen oder Waschmittel für das Umweltbundesamt in Berlin. Die meisten Ökobilanzen werden allerdings von Herstellern und Wirtschaftsverbänden selbst in Auftrag gegeben. Dies hat den Vorteil, daß auf sehr viel bessere interne Daten zurückgegriffen werden kann. Der Nachteil ist, daß nur wenige dieser Ergebnisse veröffentlicht werden. Hinzu treten methodische Probleme: Wie rechnet man die Umweltbelastung einem Produkt an, wenn gleichzeitig mehrere Produkte gekoppelt hergestellt werden? Sind die Ergebnisse verschiedener Ökobilanzen wirklich miteinander vergleichbar?

Eine Ökobilanz ist kein Zaubermittel. Eine Ökobilanz weiß grundsätzlich nie mehr, als über die Umweltwirkungen von Produktionsprozessen und menschlichen Tätigkeiten bereits bekannt ist. Aber sie faßt Wissen neu zusammen und ermöglicht damit neue Erkenntnisse. Eine Ökobilanz kann auch die Bewertung verschiedener Umweltwirkungen nicht abschließend lösen. Ob Pseudokrapp, die Klimakatastrophe oder die Nordseeverschmutzung schlimmer ist, bleibt eine gesellschaftliche und politische Frage, die die Wissenschaften allein nicht beantworten können.



Mit der vorliegenden Broschüre sollen die Möglichkeiten, aber auch die Probleme der Produktökobilanz aufgezeigt werden. Sie wendet sich an den interessierten Verbraucher, der nicht nur einfache Ratschläge, sondern auch Hintergrundwissen und eine Einführung in die Methodik sucht. Dazu wurden drei exemplarische Ökobilanzen ausgewählt, die öffentlich verfügbar sind. Über deren Aspekte oder Ergebnisse wird in Fachkreisen zum Teil heftig diskutiert, wie die in der Broschüre abgedruckten Stellungnahmen beweisen. Trotzdem ermöglichen die Ökobilanzen mit ihrem vernetzten Ansatz eine neue Perspektive bei der ökologischen Einschätzung menschlicher Handlungen.

1



Mit den drei in der Broschüre aufgeführten Beispielen hat auch jeder Berliner Verbraucher tagtäglich zu tun:

1. Milchverpackungen
2. Kühlschränke
3. Schreibpapier

2



3



# Inhalt

## Was ist eine Ökobilanz?

- Ökobilanzen – mehr als nur eine Zahlenkolonne 7
- Der schwierigste Teil: Das Problem mit den Äpfeln und den Birnen 9

## Beispiel 1: Getränkeverpackungen

- Vergleichende Ökobilanz 12
- Wie die Ergebnisse darstellen? 13
- Die Ergebnisse 14
- Transportwege prägen das Bild 15
- Stellungnahmen 17
- Checkliste: Worauf kann der Verbraucher achten? 18

## Beispiel 2: Kühlschränke

- Chronik eines Ausstieges 20
- Die Gefährdung der Atmosphäre 21
- Modellhafter Gerätevergleich 23
- Stellungnahmen 25
- Checkliste: Worauf kann der Verbraucher achten? 26

## Beispiel 3: Graphische Papiere

- Papier, Altpapier und Umwelt 28
- Vergleichende Modellbetrachtung 29
- Fazit 32
- Stellungnahmen 32
- Checkliste: Worauf kann der Verbraucher achten? 34

## Zusammenfassung

- Checkliste: Worauf kann der Verbraucher generell achten? 36
- Thema „Materialien“ 37
- Thema „Transporte“ 38
- Thema „Nutzungsphase“ 39
- Thema „Entsorgung“ 40

## Anhang

- Für diejenigen, die's genauer wissen wollen: Die Methodik der Ökobilanz 42
- Die Ökobilanzen im Zahlenspiegel 44
- Ökobilanz Getränkeverpackungen 45
- Ökobilanz Kühlschränke 47
- Ökobilanz Papier 49

## Literatur

51

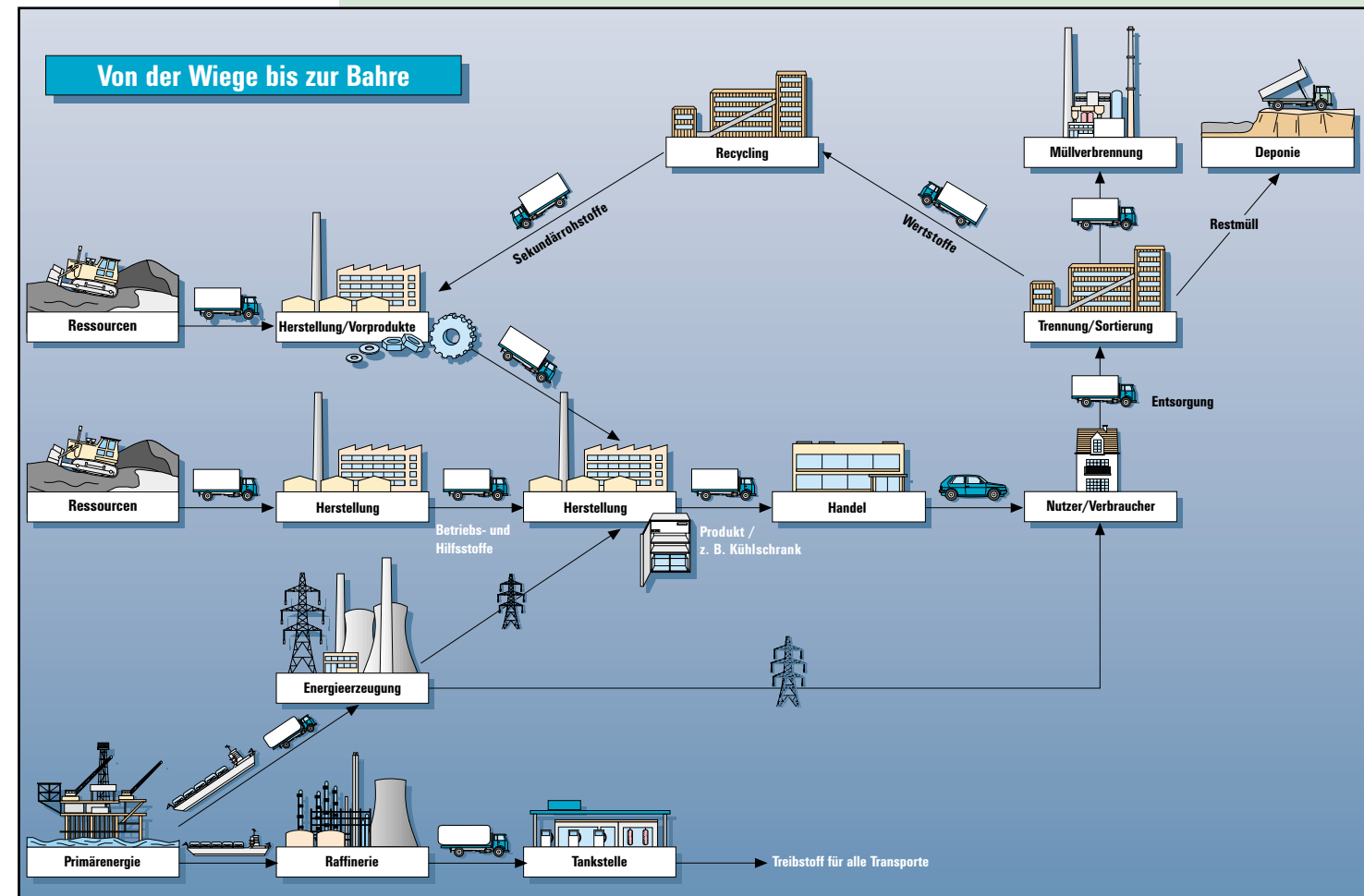
## Kontaktadressen

52

## Glossar

- Erläuterung von Fachbegriffen 53
- Die Wirkung relevanter Schadstoffe 55
- Impressum, Bildnachweise 58

# Was ist eine Ökobilanz?



Von der Wiege bis zur Bahre – in einer Produktökobilanz wird der ganze Lebensweg eines Produktes bilanziert.

In den Umweltwissenschaften ist die Ökobilanz inzwischen eine anspruchsvolle und allseits akzeptierte Untersuchungsmethode. Sie faßt vorhandenes Wissen über Umweltauswirkungen neu zusammen und stellt es geeignet dar. Dabei dient sie dem Ziel, die Rohstoff- und Energiequellen zu schonen oder effizienter zu nutzen und die Belastung der Umwelt durch Emissionen und Abfälle zu verringern.

Eine Ökobilanz kann für ein einzelnes Produkt, zum Beispiel für eine Windel oder ein Waschmittel, erstellt werden („Produktökobilanz“). Sie kann sich auf eine Dienstleistung, beispielsweise einen Transportvorgang, beziehen. Sie kann aber auch auf eine Fabrik oder auf einen Produktionsstandort eines Unternehmens zugeschnitten sein („betriebliche Ökobilanz“). Es hat sogar Versuche gegeben, eine Ökobilanz für ganze Städte oder Regionen aufzustellen.

Wesentlich ist dabei, daß die Umweltauswirkungen stets umfassend für das ganze zu untersuchende System bilanziert werden. Wird ein Produkt untersucht, so werden nicht nur die Umweltauswirkungen seiner eigentlichen Herstellung betrachtet. Es werden die Vorprodukte, teilweise sogar die Hilfs- und Betriebsstoffe, bis zur Förderung und Bereitstellung der Rohstoffe berücksichtigt. Einbezogen

werden auch alle Transporte, die Nutzungsphase des Produktes und seine Entsorgung. In der Nutzungsphase eines Kühlschranks werden zum Beispiel der Energieverbrauch und damit die Emissionen beim Kraftwerk einbezogen. Bei der Entsorgung wird das Recycling der Wertstoffe ebenso berücksichtigt wie die Umweltbelastung durch Deponierung oder Verbrennung der nichtverwertbaren Abfälle.

Die Ökobilanz eines Produktes bilanziert deshalb über den gesamten Lebensweg, sozusagen „von der Wiege bis zur Bahre“ des Produktes. Man spricht auch von Lebenswegbilanzen oder englisch von Life Cycle Assessment (LCA). Manche Wissenschaftler reden von „ganzheitlicher Bilanzierung“.

Eine solche Lebenswegbetrachtung ist aufwendig. Eine Vielzahl von einzelnen Produktionsschritten muß erfaßt und zahlenmäßig dargestellt werden. Sie ermöglicht aber eine neue Perspektive. Häufig treten durch vermeintlich umweltfreundliche Maßnahmen die Probleme nur an einem anderen Ort oder an einer anderen Stelle im Lebensweg eines Produktes auf. Die Verwendung von leichtem Aluminium beim Karosseriebau verringert zwar den Benzinverbrauch eines Autos, erfordert aber

große Mengen an Energie für die Herstellung des Aluminiums. Ob diese Maßnahme insgesamt für die Umwelt sinnvoll ist, kann nur beantwortet werden, wenn über den ganzen Lebensweg des Produktes Auto bilanziert wird.

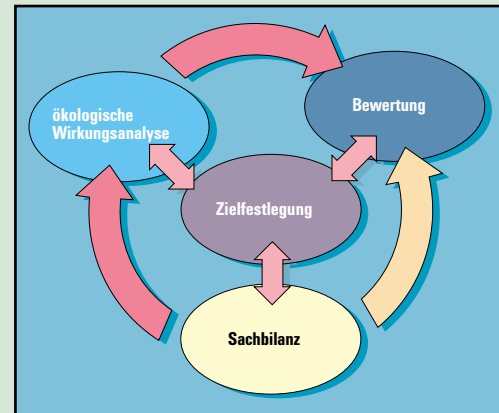
Eine Ökobilanz beschäftigt sich immer mit mehreren Umweltauswirkungen. Sie umfaßt im Idealfall alle Umweltmedien Luft, Wasser und Boden und berücksichtigt die ökologisch relevanten Emissionen in die Luft, die Gewässereinleitungen oder Bodenablagerungen, die mit dem Lebensweg eines Produktes verbunden sind.

Die Ökobilanz ermöglicht damit einen Vergleich von sehr gegensätzlichen Effekten: So verringert die Einführung von Mehrwegverpackungen zwar die Abfallmengen und den Deponiebedarf – ein sehr wichtiger Aspekt gerade in Berlin. Sie führt unter Umständen aber auch zu mehr Verkehr und damit zu mehr Luftemissionen, was in Berlin auch ein zentrales Umweltproblem darstellt. Ein Verbot von Müllverbrennungsanlagen vermeidet Emissionen, erfordert aber zusätzlichen Deponieraum und belastet möglicherweise langfristig das Grundwasser.

Dieser Vergleich von „Äpfeln mit Birnen“ ist zugleich Vorteil und Nachteil der Ökobilanz. Sie macht die Verlagerung von Umweltauswirkungen von einem Bereich in den anderen deutlich und stellt damit komplexe Zusammenhänge her. Schwierig bleibt die abschließende Bewertung und Gewichtung dieser verschiedenen Umweltauswirkungen. Eine pauschale Antwort, welches Produkt nun ökologisch besser sei, kann eine Ökobilanz deshalb nur selten geben. Sie kann aber aufzeigen, wo Produkte durch den Hersteller optimiert werden müssen und worauf der Verbraucher besonders achten kann.

## Ökobilanzen – mehr als nur eine Zahlenkolonne

Ökobilanzen sind sehr komplexe Untersuchungen, in die viele Modellannahmen und Daten einfließen. Diese können die Ergebnisse maßgeblich beeinflussen. Deshalb sind Ökobilanzen – trotz ihrer Popularität – oft nur noch von Experten interpretierbar. Viele solcher Untersuchungen enttäuschen, weil ihre Aussagen die Erwartungen nicht erfüllen oder die eigentlichen Fragestellungen nicht beantworten. Meistens wurde dann zu Beginn versäumt, die Fragestellung klar zu benennen. Deshalb hat es sich in der internationalen Fachdiskussion eingebürgert, jede Ökobilanz mit einer Zieldefinition zu beginnen (siehe Abbildung rechts oben). Darin muß festgelegt werden, warum die Ökobilanz erstellt wird. Wenn beispielsweise ein Produktvergleich vorgenommen wird, muß die Bilanz anders angelegt werden, als



wenn die ökologischen Schwachstellen im Lebensweg eines Produktes aufgedeckt werden sollen. Zur Zieldefinition gehört auch, den Lebensweg eines Produktes abzustecken. Dies kann einen entscheidenden Einfluß auf das Ergebnis haben. Welche Teile sollen noch in die Untersuchung einbezogen werden und welche nicht? Welche Rahmenbedingungen legt man der Untersuchung zugrunde? Sollen zum Beispiel für die Stromerzeugung westdeutsche, Berliner oder skandinavische Verhältnisse angesetzt werden? In Skandinavien ist Strom aufgrund der hohen Nutzung der Wasserkraft verhältnismäßig sauber. Eine Kilowattstunde Strom in Berlin verursacht dagegen anderthalb mal soviel CO<sub>2</sub> wie in Westdeutschland, wo zahlreiche Kernkraftwerke zur Stromproduktion beitragen. Meistens einigt man sich auf nationale oder gar mitteleuropäische Produktionsbedingungen, um überhaupt zu verallgemeinerbaren Produktaussagen zu kommen.

Das Kernstück einer Ökobilanz ist dann die sogenannte Sachbilanz, die alle ökologisch relevanten Stoff- und Energieströme während des Lebensweges zahlenmäßig bilanziert. Hier werden der Verbrauch an Energie und Rohstoffen, die Emissionen in die Luft, die Einleitungen in Gewässer usw. zusammengestellt (siehe Liste rechts).

Wichtig ist dabei, daß verschiedene umweltrelevante Größen noch nicht addiert oder gewichtet werden und dies einer anschließenden Bewertung überlassen bleibt.

Die Schwierigkeit der Sachbilanz liegt unter anderem im Zugang zu den relevanten Daten. Für viele Abschnitte im Lebensweg eines Produktes werden Informationen benötigt, die oft vertraulich sind. Meistens veröffentlicht ein Unternehmen nur ungenügend oder überhaupt nicht die mit einem Herstellungsprozeß verbundenen Emissionen oder den Rohstoffverbrauch, da Rückschlüsse auf Firmengeheimnisse befürchtet werden. Dann können solche Prozeßdaten nur geschätzt oder über eine Vielzahl von Daten verschiedener Hersteller gemittelt weitergegeben werden.

Eine Ökobilanz setzt sich aus mindestens vier Teilschritten zusammen, die klar voneinander abzugrenzen sind. Dazu kommt die Schwachstellenanalyse mit dem Ziel einer Verringerung der Umweltbelastung und einer Schonung der Ressourcen.

### Was muß berücksichtigt werden?

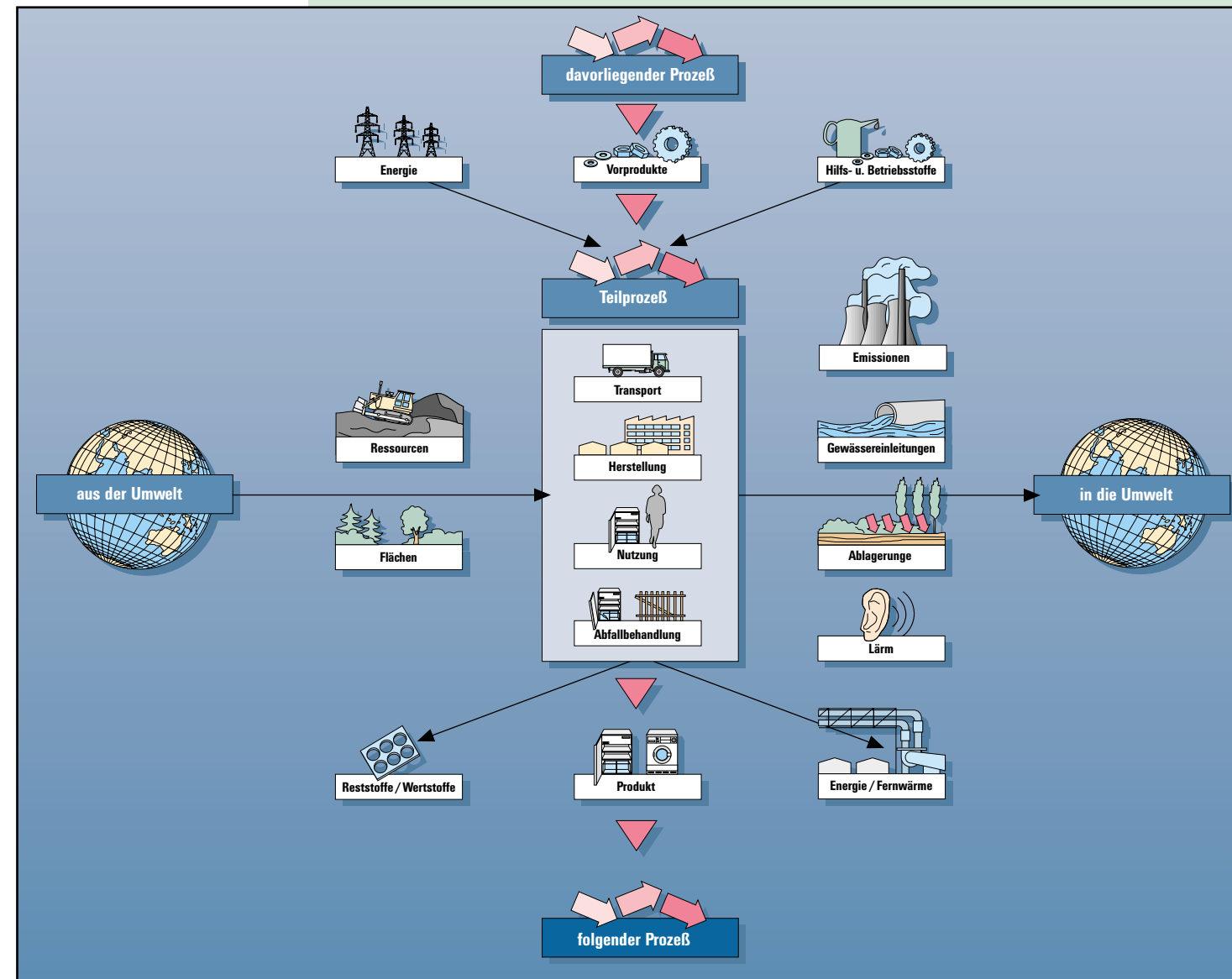
- Entnahme und Bereitstellung von Rohstoffen,
- Bereitstellung von Betriebsstoffen, zum Beispiel Energie, Wasser ... ,
- Herstellung und Verarbeitung von Vorprodukten und des Produktes,
- Transport und Verteilung des Produktes und wichtiger Vorprodukte oder Rohstoffe,
- Verwendung, Wiedergebrauch und Instandhaltung des Produktes,
- Verwertung von Wertstoffen,
- Entsorgung von Abfällen.

### Umweltrelevante Bereiche einer Sachbilanz:

- Verbrauch materieller Ressourcen,
- Verbrauch an Energieträgern,
- Stoffliche Belastungen der Luft,
- Stoffliche Belastungen des Wassers,
- Belastungen des Bodens mit Abfällen,
- Flächenverbrauch,
- Lärmbelastung.

### Stoffwindeln oder Wegwerfwindeln?

In den USA wurde 1990 für eine große Firma eine Produktökobilanz über Wegwerfwindeln erstellt. Ergebnis: Stoffwindeln verbrauchen mehr als dreimal soviel Energie wie Wegwerfwindeln. Eine Ökobilanz für einen anderen Auftraggeber ergab genau das Gegenteil: Wegwerfwindeln verbrauchen 70 Prozent mehr Energie als Stoffwindeln. Der Widerspruch lag an der unterschiedlichen Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung im Produktlebensweg. In dem einen Fall wurde dem Produkt ein Bonus angerechnet, da die notwendige Energie mittels Kraft-Wärme-Kopplung auch für etwas anderes mitgenutzt werden konnte. Im anderen Fall wurde auf einen solchen Bonus verzichtet. Beide Methoden sind durchaus üblich. Welche angemessener ist, hängt von der Fragestellung der Ökobilanz ab.



Eine Ökobilanz wird in einzelne Teilprozesse der Herstellung, der Transporte, der Entsorgung usw. unterteilt. Zu jedem Teilprozeß werden dann die Stoff- und Energieströme von der und in die Umwelt und zu anderen Teilprozessen angegeben.

Der Vorteil: Die Ökobilanz gibt dann für eine Produktgruppe im Durchschnitt und gibt einen guten Überblick über die ökologischen Problembereiche dieser Produktgruppe. Der Nachteil: Spezielle Produkte von einzelnen Herstellern können stark von einem solchen Durchschnitt abweichen, je nachdem, wie umweltbewußt oder mit welchem technischen Standard das Unternehmen produziert. Die meisten Ökobilanzen werden inzwischen für Unternehmen oder Wirtschaftsverbände erstellt, um eine Schwachstellenanalyse durchzuführen. Das geht natürlich nur mit sehr genauen Daten und unter Berücksichtigung des tatsächlichen Lebensweges eines speziellen Produktes. Firmeninterne Daten sind dann unerläßlich. Solche Ökobilanzen werden nur selten veröffentlicht.

Ein weiteres Problem ist die Zuordnung von beispielsweise den Emissionen auf mehrere Produkte, die miteinander gekoppelt hergestellt werden. Einfachstes Beispiel für eine solche Kuppelproduktion

ist die Kraft-Wärme-Kopplung: Neben der Stromproduktion wird die Abwärme des Kraftwerks für Heizzwecke genutzt. Wie teilt man aber die Schadstoffemissionen zwischen dem Strom und der Heizung auf? Ein anderes Beispiel ist die Erdölraffinerie, bei der eine Vielzahl von handelbaren Produkten gleichzeitig hergestellt werden. Diese Zuordnungen können das Ergebnis der Ökobilanz maßgeblich beeinflussen.

Wichtig für eine Sachbilanz ist deshalb die Offenlegung aller Annahmen, Datenquellen und Zuordnungsregeln. Nur so ist eine Sachbilanz nachvollziehbar und überprüfbar. Nur so können Unterschiede gegenüber Ökobilanzen mit abweichenden Ergebnissen verstanden werden. Und nur so ist auch eine umfassende Schwachstellenanalyse des Produktlebensweges möglich.

## Der schwierigste Teil: Das Problem mit den Äpfeln und Birnen

Was ist wichtiger: Die Verbesserung der Berliner Luft oder die Verringerung der Abfallberge in Berlin? Was muß als gefährlicher angesehen werden: Die hohen Ozonbelastungen in der Berliner Innenstadt oder die Gefährdung der Erdatmosphäre? Für was sollen die Umweltschutzinvestitionen ausgegeben werden: Für den Erhalt der Regenwälder am Amazonas oder für den Biotopschutz in und um Berlin?

Hinter diesen zugespitzten Fragen steckt ein ernstes Problem. Umweltschutz läßt sich nicht nur an einer Zahl festmachen. Zu vielfältig sind inzwischen die schädigenden Einwirkungen des Menschen auf die Umwelt. Wer mit Ökobilanzen die Komplexität dieser Systeme nachbildet und Maßnahmen ergreifen will, muß sagen, wo er die Prioritäten setzt. Nicht nur, um die begrenzten Geldmittel optimal einzusetzen. Häufig führen Umweltschutzmaßnahmen auch zu gegenläufigen Effekten in der Umwelt. So führt das Duale System zwar zu geringeren Müllbergen, erfordert aber erheblich mehr Transporte.

Die Wirkungsbilanz und Bewertung der Ergebnisse aus der Sachbilanz sind deshalb die wichtigsten und schwierigsten Schritte einer Ökobilanz. Hier findet die Gewichtung der Zahlen anhand der möglichen Wirkungen auf die verschiedenen Umweltbereiche statt. Als wie gefährlich müssen zum Beispiel die Luftemissionen oder Wassereinträge angesehen werden? Und wie wichtig sind sie der Gesellschaft im Vergleich zu anderen Umweltrisiken?

Das Umweltbundesamt hat, internationalen Vorschlägen folgend, empfohlen, in der Wirkungsbilanz die Umweltwirkungen in zehn verschiedene Wirkungskategorien zu unterteilen (siehe Liste rechts oben).

Die Ergebnisse der Sachbilanz werden diesen Kategorien zugeordnet und dann bezüglich der Größe ihres Wirkungspotentials beschrieben. Dabei können auch geeignete zahlenmäßige Zusammenfassungen und/oder Gewichtungen vorgenommen werden. So wird Methan als Treibhausgas dem Punkt Treibhauseffekt zugeordnet. Es ist 24,5 mal wirksamer als reines Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Der Treibhauseffekt insgesamt wird als CO<sub>2</sub>-Äquivalent angegeben. Ein Kilogramm Methan entspricht also 24,5 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent.

Für die abschließende Bewertung dieser verschiedenen Wirkungskategorien gibt es derzeit kein allgemein akzeptiertes Verfahren in der Fachwelt. Sehr populär wurde ein Verfahren aus der Schweiz, bei dem alle Wirkungen gewichtet und zu „Ökopunkten“ aufsummiert werden. Die Gewichtung erfolgt anhand sogenannter ökologischer Knappheiten und kritischer Luft- und Wasservolumina. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, daß jedes Produkt eine bestimmte Anzahl an Ökopunkten zugewiesen bekommt. Damit ist ein direkter und einfacher Vergleich verschiedener Produkte möglich.

Dieses Verfahren wird allerdings als sehr fragwürdig und in unzulässiger Weise vereinfachend kritisiert. Die deutschen Normierungsgremien des DIN haben deshalb ein solches Bewertungsverfahren für Ökobilanzen verworfen.

Die andere Extremposition ist, auf eine Bewertung ganz zu verzichten und nur die Ergebnisse der Sachbilanz mit dem maximalen Informationsgehalt darzustellen. Der Leser kann dann individuell eine Bewertung entsprechend seiner Prioritäten vornehmen.

Eine sehr viel schwierigere, aber möglicherweise dem Problem angemessene Vorgehensweise ist eine Mischung aus zahlenmäßiger Gewichtung und verbal-argumentativer Bewertung. Eine solche wird auch vom Umweltbundesamt favorisiert. Das Verfahren berücksichtigt den jeweiligen Beitrag, den ein Produkt an einer speziellen Umweltbelastung in Deutschland hat. Weiterhin wird die ökologische Bedeutung der jeweiligen Wirkungskategorie eingestuft. Die Ergebnisse werden dann allerdings nicht als Ökopunkte dargestellt, sondern mit Worten („verbal-argumentativ“) zusammengefaßt.

Die Standardliste der Wirkungskategorien:

- Ressourcenverbrauch
- Naturraumbeanspruchung
- Humantoxizität
- Treibhauseffekt
- Ozonabbau
- Versauerung
- Eutrophierung
- Ökotoxizität
- Sommersmog
- Lärmbelastung

Bewertung am konkreten Beispiel:  
Eine groß angelegte Sachbilanz zu Verpackungssystemen, die von drei Forschungsinstituten erstellt wurde, nutzte das Umweltbundesamt für die Diskussion und Entwicklung einer Bewertungsmethode für Ökobilanzen.

## Bewertungsvorschlag des Umweltbundesamtes zur ökologischen Bedeutung für die Ökobilanz von Verpackungssystemen:

Wirkungskategorie	Ökologische Bedeutung
Verbrauch fossiler Energieträger	Große Bedeutung
Treibhauseffekt	Sehr große Bedeutung
Beeinträchtigung der Gesundheit des Menschen	Bewertung einzelner Stoffe oder Stoffgruppen
Direkte Schädigung von Organismen und Ökosystemen	Bewertung einzelner Stoffe oder Stoffgruppen
Bildung von Photooxidantien	Große Bedeutung
Versauerung von Böden und Gewässern	Mittlere Bedeutung
Eintrag von Nährstoffen in Gewässer	Mittlere Bedeutung
Lärmbelastung: - siedlungsnah - siedlungsfrem	Mittlere Bedeutung Geringe bis mittlere Bedeutung
Kernenergie	Bedeutung nicht festlegbar
Holzverbrauch	Geringe Bedeutung
Wasserverbrauch	Geringe Bedeutung



# Getränkeverpackungen

## Beispiel 1:

Die ersten Ökobilanzen in den USA, in der Schweiz oder in Deutschland wurden zu den Umweltauswirkungen von Verpackungen erstellt. Auch heute stehen Verpackungen im umweltpolitischen Blickpunkt, da sie etwa ein Drittel des Hausmülls ausmachen. Die Probleme mit der Abfallbeseitigung und die Diskussion um die Auswirkungen von Müllverbrennung und Deponierung führten zum Aufbau des Dualen Systems Deutschland (DSD). Dieses System hat die Erfassung, Sortierung und verstärkte Verwertung von Verkaufsverpackungen zum Ziel. Mit der Einführung des Grünen Punktes und der Gelben Tonne für Verpackungen sind auch die Berliner mit diesem System inzwischen längst vertraut. In der Verpackungsverordnung wurde darüber hinaus auch festgelegt, daß Getränkeverpackungen zu einem gewissen Anteil Mehrwegverpackungen sein sollten. Hier hat Berlin noch sehr viel nachzuholen, der geforderte Anteil wird nur knapp eingehalten. Die Abfallvermeidung muß in Berlin mehr Beachtung finden.

Ob für Mineralwasser, Milch oder Bier, jeder Verbraucher in Berlin hat eine Auswahlmöglichkeit zwischen verschiedenen Einweg- und Mehrwegverpackungen. Bei Bier konkurrieren einige Berliner Brauereien, die noch in Mehrwegflaschen abfüllen, mit Brauereien, die immer stärker auf Einweg setzen. Nur 40 Prozent beträgt in Berlin der Mehrweganteil bei Bier. Milch wird in Berlin zu 65 Prozent in Kartonverpackungen abgefüllt, zu 15 Prozent im Schlauchbeutel und nur zu etwa 20 Prozent in der Mehrwegglasflasche (Stand 1993). Auch wenn die Abfallvermeidung der Mehrwegsysteme unbestritten ist, sind sie dennoch nicht ohne Umweltauswirkungen. Insbesondere ihr höheres Gewicht und ihre geringe Packdichte führen zu höheren Emissionen beim Transport. Es ist daher nicht verwunderlich, daß die gesamtökologische Beurteilung der Verpackungen immer umstritten war.

Um mehr Klarheit zu schaffen, wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin von 1990 bis 1993 eine Sachbilanz für Getränkeverpackungen erstellt. Die Projektgemeinschaft setzte sich aus dem Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung, der Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung Wiesbaden und dem ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg zusammen. Die Ergebnisse wurden im September 1993 von Bundesumweltminister Töpfer der Öffentlichkeit vorgestellt. Im Anschluß daran wurde diese Sachbilanz weiter analysiert, und die Ergebnisse wurden bewertet. Insbesondere die Bewertung führte zu kontroversen und lang anhaltenden Diskussionen auf Fachtagungen und in der Öffentlichkeit. Sicherlich trugen die Umsetzung der Verpackungsverordnung und ihre politische Brisanz zu dieser Kontroverse bei.



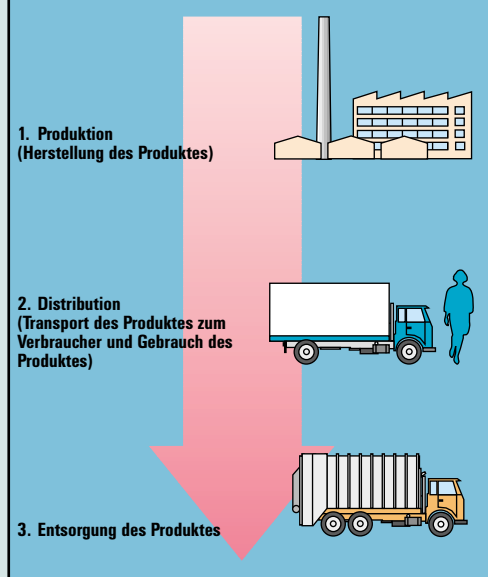
## Milchökobilanz für Berlin

Die Beispiele aus der Ökobilanz des Umweltbundesamtes beziehen sich konkret auf Milch- und Bierverpackungen. Besonders die Milchverpackung mit der lange Zeit totgeglaubten Mehrwegflasche ist ein interessantes Beispiel für die verschiedenen Aspekte der Umwelteinwirkungen von Verpackungen. Für die vorliegende Broschüre wurde als Beispiel die Milchverpackung in Berlin ausgewählt. Hier konkurriert die Mehrwegglasflasche mit der Blockpackung aus Karton und Schlauchbeutel.

Die Abbildungen 1 bis 8 auf den Seiten 14 bis 15 zeigen ausgewählte Ergebnisse der Sachbilanz. Sie sind an die Berliner Verhältnisse angepaßt. Bezugsgröße ist der Konsum von 1000 Litern Milch mit verschiedenen Verpackungssystemen. Ausgehend von Informationen über die Abfüllorte des in Berlin marktbeherrschenden Betriebes (Meiereizentrale Berlin) wurde eine durchschnittliche Verteilungsentfernung von 20 Kilometern angenommen. Nur beim Plastikschauchbeutel wurde diese auf 25 Kilometer erhöht, da mit dieser Verpackung in Berlin nur an einer Stelle abgefüllt wird.

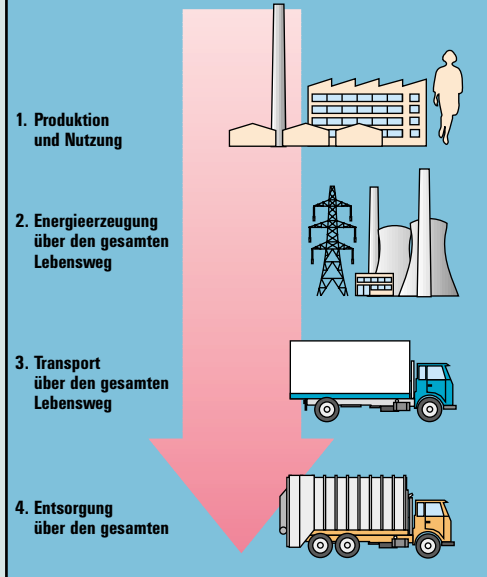
## Methode 1

Gliederung des Lebensweges eines Produktes nach folgenden Phasen:



## Methode 2

Gliederung des Lebensweges eines Produktes nach folgenden Phasen:



Zwei verschiedene Methoden zur Darstellung von Ökobilanzen.

Bei den Ökobilanzen für Kühlschränke und Papier wurde die erste Methode verwendet, zur Darstellung der Ökobilanzen für Milchverpackungen die zweite.

## Wie die Ergebnisse darstellen?

Um die Ergebnisse von Ökobilanzen zur Verbesserung von Produkten benutzen zu können, ist eine detaillierte Kenntnis der Herkunft der Belastungen notwendig. Wünschenswert ist deshalb eine möglichst genaue Information über die Umweltauswirkungen einzelner Teilschritte des Lebensweges. Allerdings wird der Leser dann mit einer Fülle von Daten konfrontiert.

Daher werden die Daten der Sachbilanz üblicherweise in zusammengehörende Bereiche zusammengefasst. Eine Möglichkeit ist die Gliederung nach den Phasen des Lebensweges:

- **Herstellung des Produktes (Produktion):** Diese Phase wird oft noch in die Herstellung der Vorprodukte und in die Produktion des eigentlichen Produktes unterteilt.
- **Transport des Produktes zum Verbraucher (Distribution) und Gebrauch des Produktes (Nutzungsphase).**
- **Entsorgung** des Produktes selbst.

Zu beachten ist dabei, daß beispielsweise in der Zusammenfassung der Ergebnisse der Produktion neben den verschiedenen Prozessen der Herstellung auch alle Prozesse der Energieerzeugung, des Transportes und der Entsorgung produktionspezifischer Abfälle enthalten sind. Oft kommen gerade aus den Prozessen der Energieerzeugung und des Transportes entscheidende Umweltbelastungen.

Daher gibt es auch Ökobilanzen, die die Sachbilanz nach anderen Bereichen zusammenfaßt, nämlich nach:

- **Produktion und Nutzung**
- **Energieerzeugung**
- **Transport**
- **Entsorgung**

Dabei werden unter **Produktion** nur die eigentlichen Verarbeitungsprozesse zusammengefaßt. Im Unterschied zu der anderen Einteilung umfaßt nun die Kategorie Energieerzeugung alle Umweltauswirkungen durch Prozesse der Energieerzeugung, egal ob sie in der Herstellung oder im Gebrauch eines Produktes auftreten. Ebenso werden unter Transport alle Transportprozesse sowohl zur Verteilung des Endproduktes als auch innerhalb der Herstellung des Produktes zusammengefaßt.

Die Wahl der Darstellung hängt von der Zieldefinition der Ökobilanz ab. Wenn man wissen will, was eine allgemeine Verbesserung der Energieerzeugungs- oder Transporttechnologien für die Ökobilanz eines Produktes bringt, ist die zweite Darstellungsweise günstiger.

Bei den Ökobilanzen für Kühlschränke und Papier wurde die erste Methode verwendet. Im Gegensatz dazu wurde bei den Milchverpackungen die zweite Darstellungsform gewählt.

## Ökobilanzen Getränkeverpackungen

## Die Ergebnisse für Berlin

Bei einigen der auf den Seiten 14 bis 15 dargestellten Größen für die Milchverpackungen zeigt der Schlauchbeutel die günstigsten Werte, knapp gefolgt von der Mehrwegflasche. Beim Wasserverbrauch, benötigten Deponievolumen und bei der Emission von Stickstoff ins Wasser hat die Pfandflasche die niedrigsten und bei der Emission von Stickoxiden gleiche Werte wie der Schlauchbeutel. Beim Verbrauch fossiler Energie und beim Energieoutput schneidet die Kartonverpackung am besten ab. Der Energieoutput ist sozusagen der Energieabfall während des Produktlebensweges, der grundsätzlich noch nutzbar wäre. Rechnete man eine solche Nutzung in der Bilanz an, so veränderten sich die Luftschadstoffemissionen, mit denen das Produkt belastet wird. Wegen der methodischen Schwierigkeit solcher Gutschriften wurde eine solche Anrechnung nicht berücksichtigt.

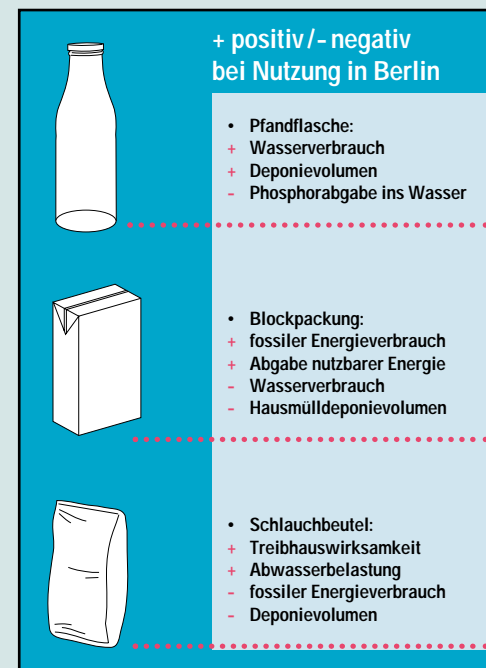
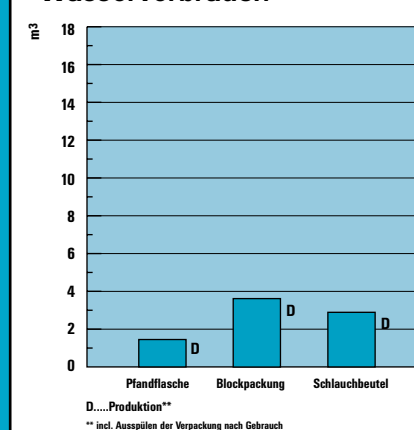


Abb. 1-4

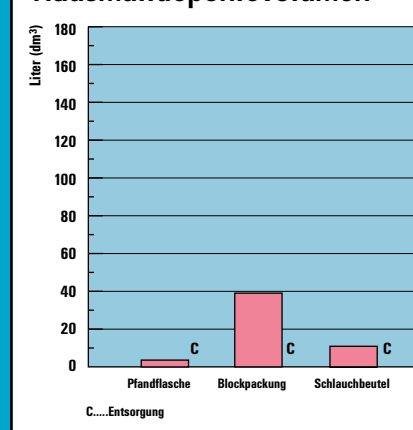
Beim Hausmülldeponievolumen, d. h. dem Raumbedarf zur Ablagerung des gebrauchten Produktes, schneidet die Pfandflasche am besten ab, da hier nur die aussortierten Glasflaschen abzulagern sind. Dies schont den knappen Deponieraum. Auch beim Wasserverbrauch steht die Pfandflasche am günstigsten da. Dabei ist der Wasserverbrauch beim Ausspülen der gebrauchten Flasche schon unter „Produktion“ aufgeführt. Dennoch wird bei den anderen Verpackungssystemen im eigentlichen Produktionsbereich mehr Wasser verbraucht.

Bei der Wasserverschmutzung wurden die Phosphor- und Stickstoffemissionen ausgewählt. Bei den Stickstoffemissionen haben die Blockverpackung und der Schlauchbeutel hohe Werte, die von den Sickerwässern der Deponie bestimmt werden. Dagegen bringt das Spülen der Pfandflasche hohe Werte bei den Phosphoremissionen (dieses ist ein Maß für die eutrophierende Phosphatmission).

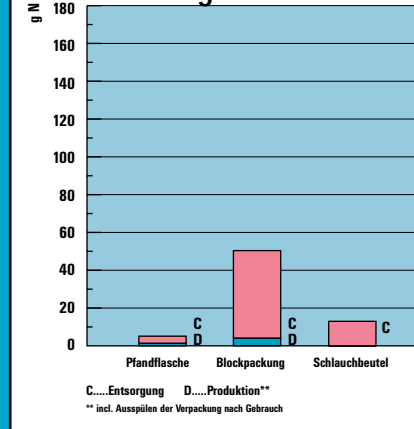
### Wasserverbrauch \*



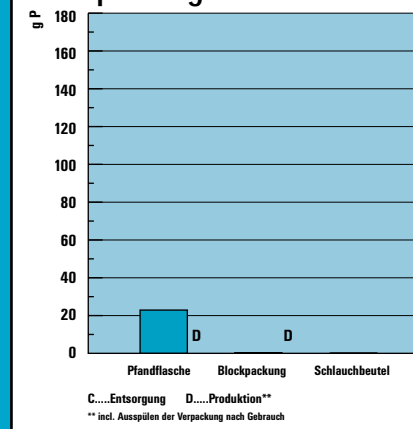
### Hausmülldeponievolumen \*



### Stickstoffabgabe ins Wasser \*



### Phosphorabgabe ins Wasser \*



\* pro 1000 Liter Milch in Berlin





## Transportwege prägen das Bild

Ebenso wichtig wie diese speziellen Ergebnisse ist das Verhalten der umweltrelevanten Größen bei der Veränderung wichtiger Grundannahmen. Besonderes Augenmerk gilt dabei den Transportentfernungen zwischen Abfüllung und Verbraucher. Die Transporte haben einen großen Einfluß auf die Luftemissionen, den Energieverbrauch und damit auch auf die Kohlendioxidemissionen.

Anhand der Abbildungen 9 und 10 auf Seite 16, bei denen nach der Distributionsentfernung unterschieden wird, erkennt man, daß schon bei einer Entfernung von 100 Kilometern die Mehrwegflasche zum Beispiel bei den Stickoxidemissionen ins Hintertreffen gerät. Bei der Distributionsentfernung von 200 Kilometern schließlich schmilzt der Vorteil der Pfandflasche auch beim Gesamtenergieverbrauch gegenüber der Kartonverpackung (Blockpackung).

## Ökobilanzen Getränkeverpackungen

Abb.5-8

Bei Energieverbrauch und Luftschadstoffen ergibt sich ein differenziertes Bild. Beim Gesamtenergieverbrauch liegt die Pfandflasche vorne. Auffällig ist der hohe Energieverbrauch der Blockpackung, der aber zu nennenswerten Anteilen aus erneuerbaren Energien, insbesondere Holz, stammt. Im Gegenzug läßt sich sowohl beim Schlauchbeutel als auch bei der Blockpackung ein erheblicher Teil der Energie bei der Entsorgung durch Verbrennung zurückgewinnen. Neben der schon bei der Produktion anfallenden Überschußenergie erklärt dies den hohen Energieoutput bei beiden Systemen.

Die Verwendung von Zellstoff erklärt auch die hohe Treibhauswirksamkeit bei der Blockpackung. Der Bereich Entsorgung hat hier einen erheblichen Anteil. Dabei spielt die Methanemission aus der Deponie beim Zellstoffabbau die zentrale Rolle.

Interessant ist der geringe Unterschied bei den Stickoxidemissionen. Auffällig ist allerdings der hohe Anteil der Transporte bei allen Verpackungssystemen. Dabei sind jeweils alle Transporte eines gesamten Lebensweges, also auch im Abschnitt Produktion, zusammengefaßt.

Auffällig ist der hohe Einfluß der Transporte auf Energieverbrauch und Emissionen beim Plastikschlauchbeutel. Dies liegt an der geringen Packdichte, mit der dieser transportiert wird.

Es zeigt sich, daß bei zunehmender Transportdistanz die Vorteile der Mehrwegflasche immer geringer werden. Bei sehr hohen Distanzen fallen die Vergleiche schließlich zu Ungunsten der Pfandflasche aus. Gleichzeitig zeigt dies aber auch die Möglichkeiten für eine Optimierung der Mehrwegsysteme: Kurze Distributionsentfernungen, geringeres Transportgewicht und höhere Packdichte könnten zu einer weiteren Verbesserung führen.

Geht man von einer lokalen Milchabfüllung in Berlin aus, so schneiden die Mehrwegglasflasche und der Schlauchbeutel aufgrund der geringen Transportentfernung günstig ab. Dazu kommt das geringere Müllaufkommen, das in Berlin eine besondere Bedeutung hat.

Neben den Transportentfernungen haben die Zahl der Nutzungen der Pfandflasche vor ihrer Entsorgung oder Verwertung (hier wurden 25 Umläufe angenommen) und die Art der angenommenen Entsorgung einen Einfluß auf die Ergebnisse. So würde eine verstärkte Müllverbrennung deutlich die Methanemissionen aus Deponien reduzieren, die bei der Kartonverpackung wesentlich zu der Klimarelevanz beitragen.

Die dargestellten Lebenswege haben Modellcharakter. Sie verdeutlichen typische Situationen und wichtige Zusammenhänge. Im Einzelfall können aber erhebliche Abweichungen im Lebensweg einer speziellen Verpackung und in den Detaildaten der jeweiligen Herstellungsprozesse auftreten.

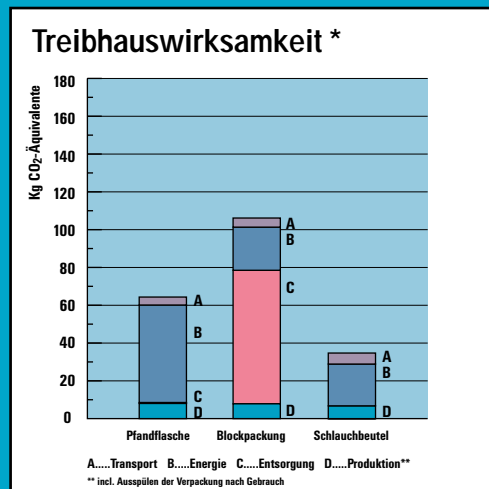
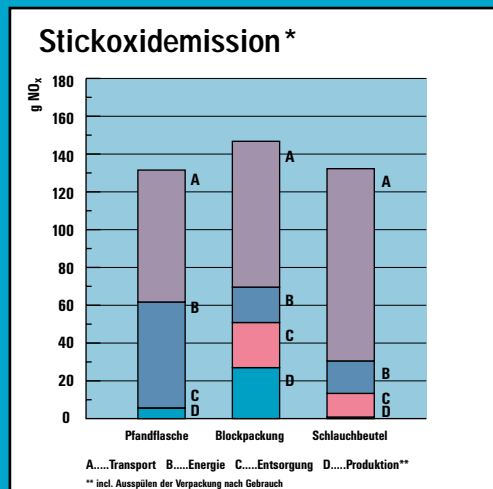
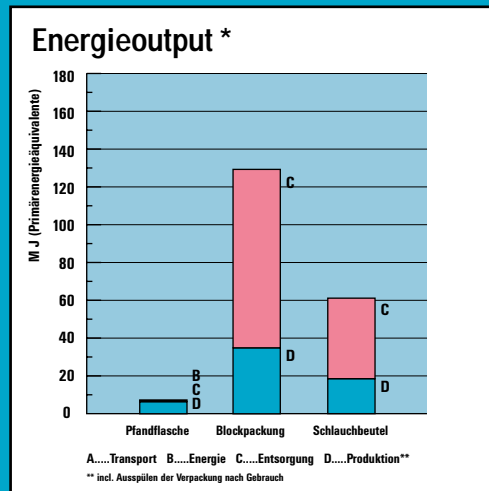
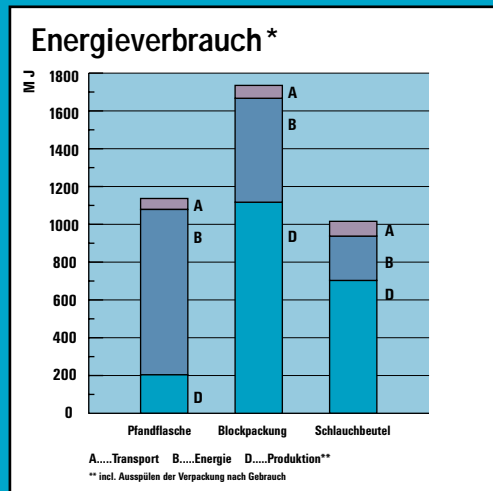
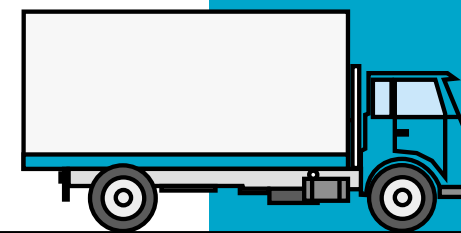
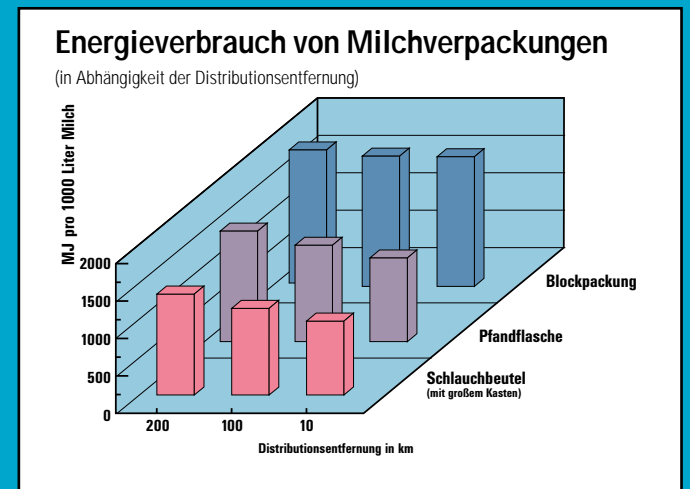
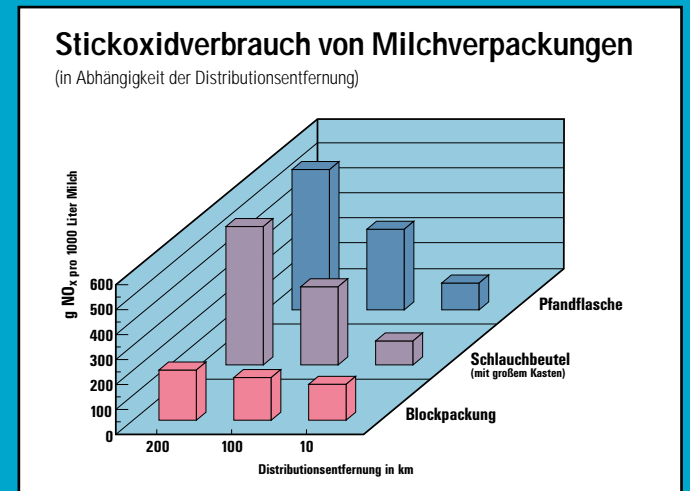


Abb. 9 und 10

Die Stickoxidemissionen und der Gesamtenergieverbrauch werden unterschiedlich stark von den Transporten beeinflusst. Hier wird der Einfluß der Veränderung der Distributionsentfernung dargestellt. Distribution ist dabei der Transport der Milch von der Abfüllung zum Verbraucher und stellt damit einen Teil der Transporte dar.

Während die Stickoxidemissionen bei der Blockpackung von der Distributionsentfernung wenig beeinflusst werden, verändern sie sich beim Schlauchbeutel und bei der Pfandflasche erheblich. Dies liegt an dem großen Beitrag der Distribution an den gesamten Stickoxidemissionen. Der große Anteil ist vor allem auf die geringe Packdichte bzw. das größere Gewicht zurückzuführen, mit der beide Verpackungen transportiert werden. Es werden also wesentlich mehr LKW gebraucht, um die gleiche Menge Milch zu transportieren.



\* pro 1000 Liter Milch in Berlin

## Für die Optimierung der Mehrwegsysteme

von Olaf Bandt



Die Ökobilanz des Umweltbundesamtes zeigt, daß für den ökologischen Milchgenuß nicht allein die Verpackung, sondern auch die Entfernung zwischen Molkerei und Haushalten ausschlaggebend ist. In der optimalen

Kombination Mehrweg mit regionaler Milchversorgung sieht der BUND nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Abfallvermeidung und Rohstoffersparung, sondern auch eine Möglichkeit, den Lkw-Verkehr auf unseren Fernstraßen zu reduzieren.

Leichte und platzsparende Einweggebinde haben bei Langstreckentransporten einen ökologischen Vorteil, während die Mehrwegglasflasche mit ihrem Gewicht zu kämpfen hat. Daraus jedoch den Schluß zu ziehen, daß der Verbundkarton die ökologische Ideallösung für Milch darstellt, wäre grundlegend falsch. Der BUND plädiert vielmehr für eine Optimierung des bestehenden Mehrwegsystems.

Nicht nur Gewicht und Form der Mehrwegglasflasche ist verbesserungswürdig, auch unnötige Milchtransporte quer durch Deutschland à la „Müller Milch“ sollten vermieden werden. Das ist heute schon möglich! Nach Untersuchungen des BUND gibt es derzeit noch für jeden Verbraucher die Möglichkeit, seine Milch in Mehrwegbehältnissen regional (bis circa 100 Kilometer) zu beziehen.

Zum Schluß: Der Getränkkarton ist der Verlierer der Ökobilanz, da er beispielsweise 2,5 mal mehr Wasser verbraucht und 10 mal mehr Deponieraum belegt als die Mehrwegglasflasche. Nur der Schlauchbeutel ist der Glasflasche ökologisch ebenbürtig. Durch seine Handlingprobleme wird er aber von vielen Verbrauchern und Verbraucherinnen nicht akzeptiert.

Olaf Bandt ist Referatsleiter für Abfallvermeidung bei der Bundesgeschäftsstelle des Bundes für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V.

## Mehrweg ist nicht immer der bessere Weg

von Wolfgang Bühler



Die Verbraucher wissen die Vorteile des Getränkekartons als die Verpackung für Milch – und auch für viele andere flüssige Lebensmittel – schon lange zu schätzen. Die wertvollen Vitamine und Nährstoffe, bei-

spielsweise der Milch, sind vor Licht geschützt und bleiben so erhalten. Die Kartons sind leicht zu tragen (nur 30 Gramm Verpackung schützen einen Liter Inhalt) und nehmen im Kühlschrank oder Vorratsraum nur wenig Platz weg. Sie sind hygienisch, unzerbrechlich und preisgünstig.

Als Tüpfelchen auf dem i kommen nun auch seine vielen Umweltpluspunkte hinzu. Denn eins steht heute fest: Der Getränkekarton ist der Mehrwegflasche ökologisch mehr als ebenbürtig, wie ihm das vom Umweltbundesamt bescheinigt wird, wenn man eine Transportentfernung von 100 Kilometern, eine Umlaufzahl der Mehrwegflasche von 25 und eine Recyclingquote von 12 Prozent für den Getränkekarton annimmt. Doch diese Zahlen haben nur Modellcharakter! Tatsächlich legt die Milch auf dem Weg von der Molkerei zum Handel durchschnittlich fast 200 Kilometer zurück, wird die Flasche weniger als 25 mal befüllt und die Recyclingquote liegt heute schon bei knapp 50 Prozent!

Wie positiv diese realen Werte die ohnehin schon günstige Aussage des Umweltbundesamtes für den Getränkekarton beeinflussen, kann sich jeder selbst ausmalen. Wer also als aufgeklärter Verbraucher seine Milch im Getränkekarton kauft, hat alle Vorteile auf seiner Seite und kann die „Milchtüte“ mit gutem Umweltbewusstsein nach Hause tragen.

Wolfgang Bühler ist Direktor für Umwelt und Öffentlichkeitsarbeit der Linnicher PKL Verpackungssysteme GmbH, einer der weltweit führenden Hersteller von Getränkekartons.

## Pro Mehrweg?

## Worauf können Berliner Verbraucher achten?

Hersteller können Ökobilanzen dazu nutzen, Ihr Produkt ökologisch weiter zu verbessern. Aber auch die Verbraucher können aus Ökobilanzen Konsequenzen ziehen. In Berlin ist das besonders wichtig: Der Mehrweganteil bei Getränkeverpackungen (außer Milch) liegt in Berlin bei nur 44 Prozent (Stand 1993). Berlin ist damit Schlußlicht aller Bundesländer. Der Mehrweganteil in der Bundesrepublik liegt dagegen bei über 73 Prozent. Die Berliner können bei Verpackungen auf folgendes zu achten:

- In Berlin Milch aus Süddeutschland?** Produkte von entfernten Herstellerorten sind mit großen Transportwegen verbunden. Bevorzugen Sie deshalb regionale Produkte. Dadurch verringern Sie den Transportaufwand, und Sie verbessern die Ökobilanz.
- Mehrweg bedeutet Abfallvermeidung** Wiederverwendbare, das heißt wiederbefüllbare Verpackungen sparen beim Rohstoff- und Energieaufwand zur Herstellung der Verpackungen. Sie entlasten die Müllberge, die in Berlin ein besonderes Problem darstellen.
- Mehrweg, wenn die Transportbilanz stimmt** Handelt es sich um schwere Mehrwegverpackungen, zum Beispiel um Glas bei Getränkebehältnissen, dann sollte der Abfüllort in Berlin oder in der unmittelbaren Nähe liegen, sonst verschlechtert der notwendige Transport die Ökobilanz der Verpackung. Einwegverpackungen sind dann möglicherweise besser.
- Einweg: Weniger ist meistens mehr** Wenn Sie sich für Einwegverpackung entscheiden: Je geringer der Verpackungsaufwand und je leichter die Verpackung ist, desto weniger Rohstoff- und Energieressourcen sind üblicherweise zu ihrer Herstellung erforderlich. Leichte Verpackungen verbessern außerdem die Transportbilanz.
- Auf den Einzelfall kommt's an** Aus welchen Materialien bestehen die Verpackungen, und wie aufwendig ist ihre Herstellung? Woher kommen die Rohstoffe? Verbundmaterialien sind meistens schwieriger zu verwerten oder zu entsorgen. Achten Sie auf die Herstellerangaben und hinterfragen Sie sie kritisch.

# Stellungnahme

17 | 18

# Checkliste





# Kühlschränke

## Beispiel 2

Kühlschränke werden in Berlin zwar nicht produziert, aber jeder benutzt sie tagtäglich. Sie kühlen im Sommer die Getränke; sie vermeiden, daß Lebensmittel schnell verderben, und sie ermöglichen, daß man nur einmal wöchentlich einkaufen kann und trotzdem nicht auf frische Lebensmittel verzichten muß. Doch wer denkt an die damit verbundenen Umweltbelastungen?

Die Diskussion über die Umweltrelevanz von Kühlschränken hängt mit ihrem Energieverbrauch und – seit einigen Jahren – hauptsächlich mit der Verwendung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) zusammen. Kühlschränke sind ein gutes Beispiel dafür, wie weit verbreitet diese Substanzen sind. Die FCKWs wurden nicht nur als Treibgas in Spraydosen verwendet. Sie finden Anwendung als Kältemittel in Autoklimaanlagen, als Füllgas in Dämmschaumstoffen für den Hausbau, als Lösemittel in der Elektronikindustrie und schließlich auch in Kühlschränken, sowohl als Kältemittel als auch in den Dämmschaumstoffen.

## Chronik eines Ausstieges

Um so erstaunlicher ist das Tempo, mit dem in der Bundesrepublik seit dem Jahre 1991 Ersatztechnologien für die vielfältigen Einsatzgebiete der FCKWs entwickelt und eingesetzt wurden. Dies hat zur Folge, daß in der Bundesrepublik mittlerweile so gut wie keine FCKWs mehr verwendet werden. Dennoch wurde auch in der jüngsten Vergangenheit noch darüber gestritten, auf welche Art und Weise dieser Ersatz in den verschiedenen Bereichen am sinnvollsten erfolgen kann. Dies kann am Beispiel der Kühlgeräte deutlich gemacht werden.

Greenpeace hatte 1992 eine aufsehenerregende Kampagne durchgeführt und zusammen mit einem ostdeutschen Unternehmen den Beweis angetreten, daß Haushaltskühlschränke auch ohne FCKWs als Kältemittel betrieben werden können. Zahlreiche andere Gerätehersteller zogen schließlich nach und ersetzten die herkömmlichen Kältemittel.

FCKWs wurden im Bereich der Kühl- und Gefriergeräte für zwei verschiedene Zwecke eingesetzt. Zum einen mußte ein neues Kältemittel gewählt werden, das im Kältekreislauf einsetzbar ist. Zum anderen wurde eine große Menge an FCKW zum Aufschäumen der Dämmschaumstoffe verwendet, so daß auch hier eine neue Lösung gefunden werden mußte.

Zu Beginn der technologischen Umstellung wurde zunächst der Gehalt an FCKW im Schaumstoff reduziert. Anschließend begann die Diskussion um



einen geeigneten Ersatz für beide Anwendungen. Heftig debattiert wurde, ob ein – zumindest vorübergehender – Einsatz von teilhalogenierten FCKWs (sogenannte HFCKWs) sinnvoll ist, die den FCKWs zwar ähnlich sind, aber wegen ihrer geringeren Lebensdauer nur zum Teil in die obere Atmosphäre gelangen. Sie besitzen daher eine wesentlich schwächere, aber vorhandene ozonabbauende Wirksamkeit. Andere Ersatzstoffe wie Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) oder Kohlenwasserstoffe haben bezüglich des Ozonabbaus dagegen keinen Effekt mehr.

Ein wichtiger Aspekt der Diskussion war schließlich, wie der Energieverbrauch der Geräte konstant gehalten oder weiter gesenkt werden kann. Gerade bei der Umstellung der Kältemittel wurde anfangs befürchtet, daß dies eine Verschlechterung beim Energieverbrauch zur Folge haben könnte. Das war nicht akzeptabel, da mit dem Stromverbrauch Kohlendioxidemissionen verbunden sind, die zum Treibhauseffekt beitragen und damit auch negative Auswirkungen – wenngleich andere – auf die Atmosphäre haben. Allerdings tragen auch FCKWs zum Treibhauseffekt bei. Die Darstellung und Quantifizierung dieser verschiedenen Maßnahmen und Wirkungen ist wieder eine typische Aufgabe für Ökobilanzen.

## Ozon – natürlicher Sonnenschutz der Erde

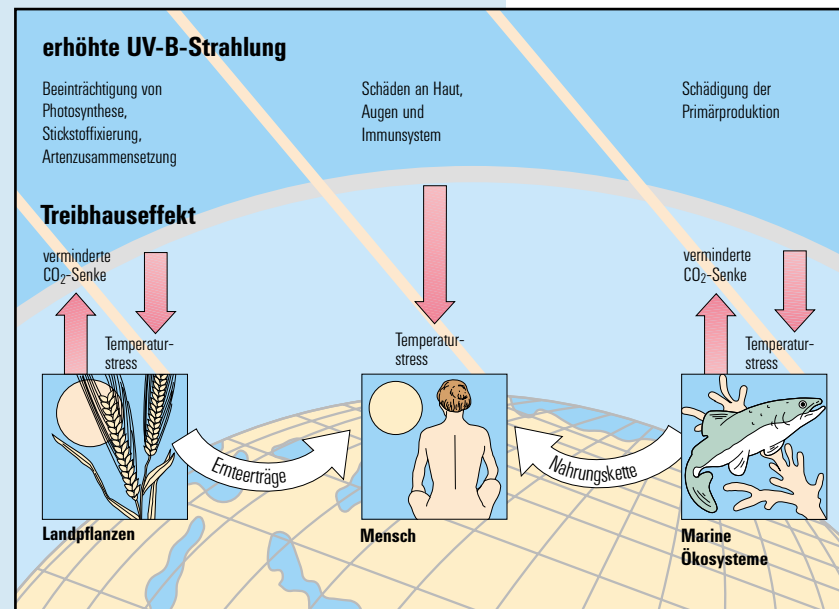
In der gesamten Erdatmosphäre befinden sich gewisse Anteile an Ozon, das aus drei Sauerstoffatomen besteht und ein Abkömmling des normalen Luftsauerstoffes ist. Durch die dauernden luftchemischen Prozesse in der Atmosphäre entsteht ein bestimmter Gehalt an Ozon. Im Sommer entstehen zum Beispiel in der unteren Atmosphäre durch Licht- und Schadstoffeinwirkung erhöhte Ozonwerte, die den Menschen und die Natur schädigen können („Photosmog“).

Was im unteren Bereich der Atmosphäre unerwünscht ist, ist in der oberen Atmosphäre für das Leben auf der Erde wichtig: Aufgrund der speziellen Bedingungen in der oberen Atmosphäre ist dort der Ozonanteil besonders hoch. Deshalb wird auch oft von der Ozonschicht gesprochen. Da Ozon ultraviolette (UV) Strahlung sehr gut filtert, wirkt das Ozon wie ein Sonnenschirm für die UV-Strahlung. Dies verhindert, daß diese schädliche Sonnenstrahlung in zu großem Umfang zum Erdboden gelangt und die Umwelt schädigt.

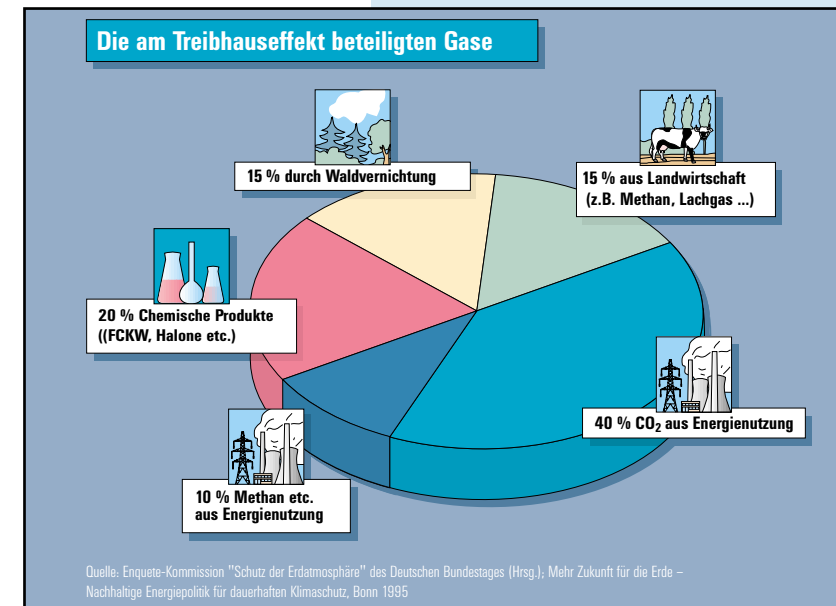
Ein Abbau der Ozonschicht und eine Erhöhung der UV-Strahlung bringt für den Menschen ein höheres Hautkrebsrisiko und ein höheres Risiko, an grauem Star zu erkranken, mit sich. Aber auch eine Schädigung der Tier- und Pflanzenwelt wäre zu erwarten, zum Beispiel die Schädigung des Planktons, das in der Nahrungskette des Meeres eine zentrale Rolle spielt.

Ein solcher Ozonabbau wird durch verschiedene Substanzen, insbesondere die FCKWs, bewirkt. Da die FCKWs in der unteren Atmosphäre sehr stabil sind und kaum zerstört oder ausgewaschen werden, gelangen sie langsam in die obere Atmosphäre und verweilen dort lange. Daher wird der Ozonabbau auch nach dem deutlichen Rückgang der Verwendung und Freisetzung von FCKW noch einige Jahrzehnte weiter fortschreiten, ehe sich die Ozonschicht erholen kann.

Die besonderen Klimabedingungen über der Antarktis führten dazu, daß dort der Abbau besonders stark auftrat: das sogenannte Ozonloch. Es ist aber inzwischen klar, daß ein Ozonabbau weltweit stattfindet. Daher wurde im Jahre 1987 im Protokoll von Montreal der Ausstieg aus der Verwendung dieser Substanzen international beschlossen.



Rückkopplungen zwischen erhöhter UV-B-Strahlung und Treibhauseffekt-Auswirkungen auf die Biosphäre



Die am anthropogenen Treibhauseffekt prozentual beteiligten Gase bezogen auf 1990

Im Land Berlin wurden 1990 über 30 Millionen Tonnen Kohlendioxid freigesetzt. Etwa 10 Millionen Tonnen werden von den privaten Haushalten durch ihren Energieverbrauch verursacht. Dazu kommen knapp 5 Millionen Tonnen durch den Verkehr.

## Treibhauseffekt – Zuviel CO<sub>2</sub> schadet !

Es ist schon lange bekannt, daß Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) eine wichtige Rolle im Wärmehaushalt der Atmosphäre spielt. Wie ein Treibhaus hält es die Wärme länger in der Atmosphäre und verhindert ein Auskühlen der Erdoberfläche: durch Absorption der von der Erde ausgesandten langwelligeren Infrarotstrahlung. Ohne diesen Treibhauseffekt läge die Durchschnittstemperatur auf der Erde bei minus 19 Grad Celsius.

Schon früh wurden Warnungen laut, daß das seit langem beobachtete Ansteigen des CO<sub>2</sub>-Gehaltes diesen Treibhauseffekt verstärkt und damit den Wärmehaushalt und das Klima der Erde stark verändern kann. Dieses Ansteigen wird durch den enormen Verbrauch an fossilen Energieträgern seit dem Beginn der Industrialisierung verursacht. Das Verbrennen von Kohle, Erdgas oder Erdöl führt stets unweigerlich zum Abfallprodukt CO<sub>2</sub>. Die Atmosphäre hat hier die Rolle einer Deponie.

Da das klimatische Geschehen der Erde von sehr vielen Faktoren abhängt, sind die genauen Auswirkungen dieses Anstieges nur mit sehr komplexen Computermodellen berechenbar. Derzeit weisen alle diese Modelle auf eine langfristig deutliche Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur hin. Eine solche Erhöhung bewirkt eine Verschiebung der Klimazonen. Prognosen gehen von einem zunehmend wüstenartigen Klima, zum Beispiel in Südeuropa und dem mittleren Westen der USA, der Kornkammer der Erde, aus. Andere Regionen werden dagegen mit mehr Niederschlägen rechnen müssen. Für Mitteleuropa wird insbesondere eine Verstärkung der Winterstürme erwartet. Alles in allem werden klimatische Veränderungen befürchtet, die die landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen und die Wasserversorgung des Menschen in vielen Teilen der Erde erheblich beeinträchtigen werden. Vor dem Hintergrund der schnell wachsenden Erdbevölkerung birgt dies unkalkulierbare Risiken.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang noch, daß auch andere Substanzen in ähnlicher Weise wie CO<sub>2</sub> wirken können. Dazu gehören neben Methan (CH<sub>4</sub>) und Distickstoffmonoxid (Lachgas) auch die FCKWs. Diese haben pro Kilogramm Substanz sogar eine wesentlich größere Treibhauswirksamkeit, kommen aber in geringeren Mengen vor als CO<sub>2</sub>.

## Modellhafter Gerätevergleich

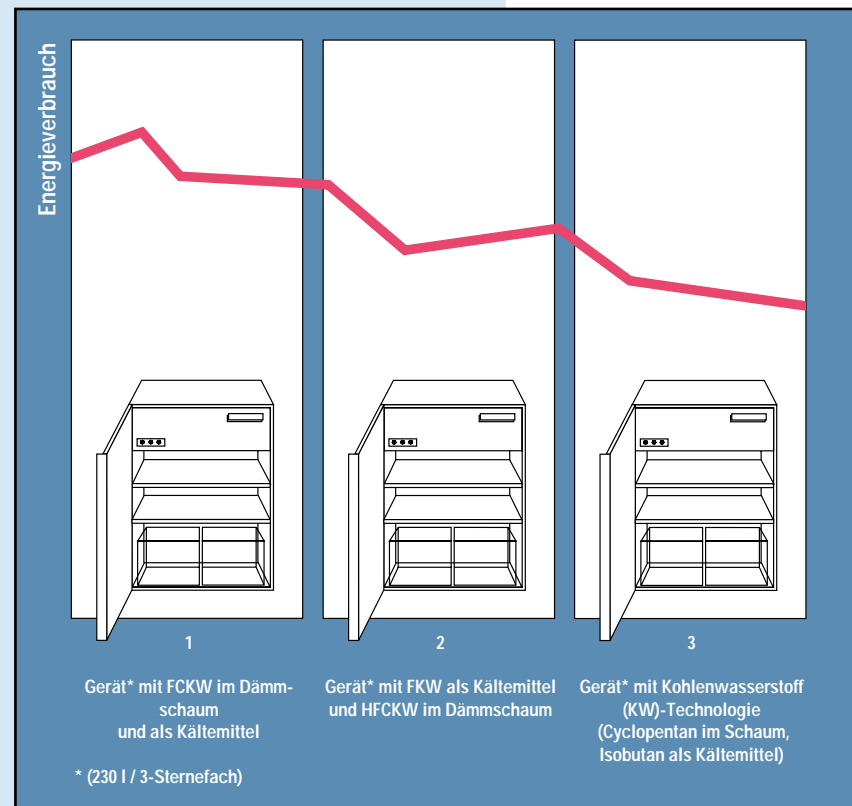
Eine umfassende Produktökobilanz – ähnlich der Verpackungsökobilanz des Umweltbundesamtes –, die alle Aspekte berücksichtigt, ist derzeit nicht verfügbar. Um die Umwelteffekte verschiedener Gerätetypen trotzdem zu vergleichen, soll an dieser Stelle eine Modellbetrachtung weiterhelfen. Dabei wurde – ausgehend von einer älteren Ökobilanz aus der Schweiz – versucht, den Umstieg der Kältemittel nachzubilden.

Die folgenden Typen eines Kühlschranks (circa 230 l) mit Dreisternefach werden verglichen:

- 1: ein für die 80er Jahre typisches Gerät mit FCKW im Dämmschaum und als Kältemittel,
- 2: ein Übergangsgerät mit FKW als Kältemittel und HFCKW im Dämmschaum,
- 3: ein Gerät mit Kohlenwasserstoff (KW)-Technologie (Cyclopentan im Schaum, Isobutan als Kältemittel).

Vereinfachend wird angenommen, daß alle diese Geräte den gleichen Energieverbrauch haben und die Mengen an Kältemittel und Schaumtreibgas identisch sind. Da der konkrete spezifische Energieverbrauch von der Abstimmung des Kältemittels auf den Kältemittelkreislauf abhängt, kann zur Zeit nicht eindeutig beurteilt werden, ob KW- oder FKW-Geräte energetisch effizienter sind. Einige Hersteller sprechen von tendenziell niedrigerem Verbrauch bei KW-Geräten. Wesentliche Einflüsse auf die Daten bei der Herstellung des Kühlschranks sind durch den Wechsel der Kältemittel bzw. Treibgase in den Dämmschäumen nicht zu erwarten, so daß bei der Herstellung von den gleichen Bedingungen ausgegangen wird.

Schließlich beruhen alle hier dargestellten Berechnungen auf der Annahme, daß alle Kältemittel und Treibgase spätestens bei der Entsorgung der Geräte freigesetzt werden. Dies könnte nur bei entschlossenem Recycling der Geräte und anschließender Vernichtung der FCKWs verhindert werden.



## Ökobilanzen Kühlschränke

Abb. 11-14

Basierend auf der im Anhang wiedergegebenen Ökobilanz sind hier die beiden zentralen Größen Ozonabbaupotential und Treibhauswirksamkeit dargestellt. Dazu wurden die Emissionen in entsprechende Wirkungspotentiale umgerechnet. So wurden zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente zunächst die FCKW-Emissionen etc. mit dem Faktor ihrer Mehrwirkung gegenüber CO<sub>2</sub> multipliziert. Anschließend wurden alle Werte inklusive CO<sub>2</sub> zum Treibhauspotential insgesamt addiert. Entsprechend wird auch beim Ozonabbaupotential gerechnet, wobei hier die Bezugssubstanz der FCKW R11 ist.

Bei der „Treibhauswirksamkeit“ insgesamt werden die FCKW als Teilsumme aufgeführt, egal ob sie bei der Entsorgung oder schon bei Produktion oder Gebrauch des Gerätes frei werden. Die beiden anderen Bereiche repräsentieren den Einfluß des Energieverbrauches bei Produktion und Gebrauch.

Die Abbildung unten links zeigt, welchen Einfluß die beiden Anwendungsgebiete der FCKW als Treibgas im Dämmschaum oder als Kältemittel haben.

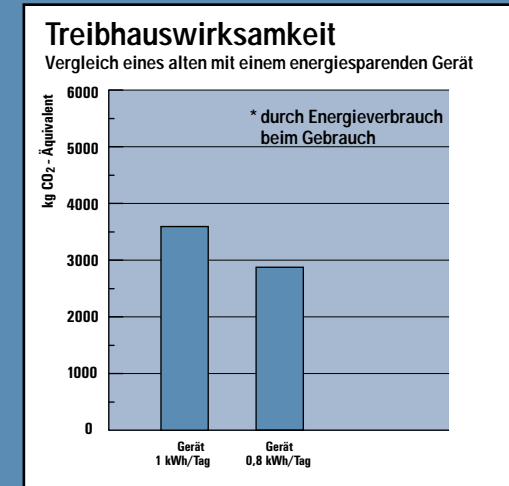
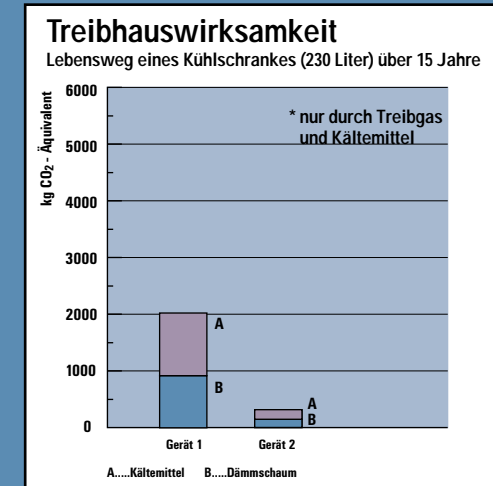
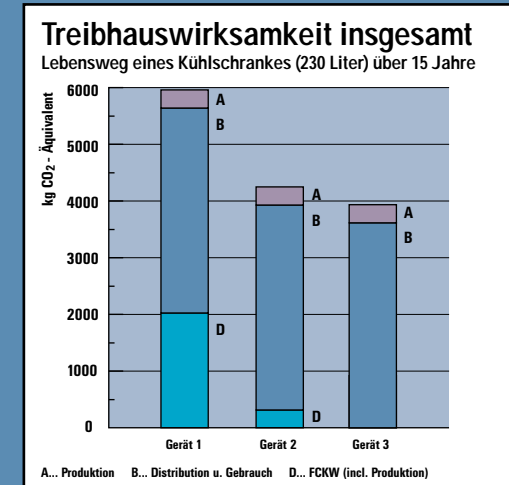
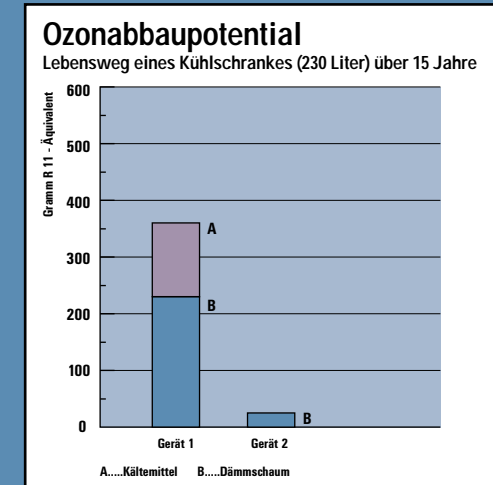
Die Abbildungen auf dieser Seite zeigen die Ergebnisse der Berechnungen für die zwei wesentlichen Größen der Ökobilanz. Es wird zum einen das Ozonabbaupotential der Geräte und zum anderen die gesamte Treibhauswirksamkeit für einen 15 Jahre andauernden Betrieb der Geräte dargestellt. Bei der Treibhauswirksamkeit müssen auch die Kältemittel etc. berücksichtigt werden, da sowohl FCKW und HFCKW als auch FKW starke Treibhausgase sind.

Bei der Treibhauswirksamkeit (siehe oben rechts) dominiert der Stromverbrauch während der Nutzungsphase. Aber auch die FCKW haben einen beträchtlichen Anteil, weshalb Gerät 1 am schlechtesten abschneidet. Auch beim Ozonabbaupotential (oben links) stellt der Verzicht auf FCKW einen Fortschritt dar. Die HFCKW im Dämmschaum sind aber nicht völlig harmlos. Erst mit dem völligen Verzicht auf HFCKW, wie bei Gerät 3, wird die Ozonschicht nicht mehr gefährdet. Das Gerät 3 hat auch beim Gesamttriebhauspotential durch den Verzicht

auf HFCKW und FKW den geringsten Wert. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß der Dämmschaum einen erheblichen Anteil am Treibhauspotential der Kälte- und Treibmittel hat (unten links).

Die gesamte Treibhauswirksamkeit wird hauptsächlich von der Nutzungsphase bestimmt und resultiert aus den Emissionen der Stromerzeugung. Stromsparende Geräte verbessern deshalb die Ökobilanz. Der Energieverbrauch der Modellgeräte wurde hier mit einer Kilowattstunde in 24 Stunden angenommen. Effiziente Geräte vergleichbarer Größenklasse erreichen heute deutlich geringere Werte. Beispielhaft sei hier der Effekt der Senkung des Energieverbrauches von einer Kilowattstunde auf 0,8 Kilowattstunden in 24 Stunden geschildert (siehe unten rechts).

Auf dem deutschen Markt werden inzwischen Geräte angeboten, die entweder Isobutan oder FKW als Kältemittel benutzen und in beiden Fällen überwiegend Cyclopentan im Dämmschaum haben.



## Deutliche Einsparungen bereits erzielt!

von Professor Dr.-Ing. Helmut Lotz



FCKW schädigen die Ozonschicht. Unsere Kältgeräte sind deshalb seit Ende 1993 FCKW-frei und enthalten Ersatzstoffe ohne ozonschädigende Wirkung. Wir verwenden für die Isolierung als Dämmgas den

Kohlenwasserstoff Pentan, als Kältemittel den Kohlenwasserstoff Isobutan und in wenigen Gerätetypen den Fluorkohlenwasserstoff R 134a.

Treibhausrelevante Emissionen werden dagegen in zweifacher Weise verursacht: durch CO<sub>2</sub>, das durch den Stromverbrauch beim Betrieb des Gerätes anfällt, und potentiell durch die verwendeten Betriebsstoffe (zum Beispiel FCKW oder FKW), falls diese bei Leckagen oder bei der Entsorgung freierwerden. Die klimarelevante Summe dieser beiden Faktoren betrug zum Beispiel für einen 15 Jahre betriebenen Tischkühlschrank mit FCKW etwa 3.600 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent, bei unseren heutigen Tischgeräten sind es nur noch 2.400 Kilogramm.

Je besser die Dämmwirkung der Geräteisolierung ist, desto niedriger ist auch der Energieverbrauch. Kühlschränke haben deshalb eine Isolierung von mindestens 30 Millimetern und Gefriergeräte von bis zu etwa 90 Millimetern. Eine gute Effizienz der Isolierung wird bei der heutigen Polyurethanschaum-Isolierung unter anderem durch eine niedrige Wärmeleitfähigkeit der Treib- oder besser Isoliertgase erreicht. Auch das Kältemittel hat Einfluß auf den Energieverbrauch. Gemeinsam mit den Verdichterherstellern haben wir beim Übergang von FCKW zum Isobutan den Kältemittelkreislauf so optimiert, daß auch hier eine zum Teil deutliche Einsparung erzielt wurde.

Nach der Bewältigung der Ozonproblematik liegt der Entwicklungsschwerpunkt insbesondere bei der weiteren Verringerung des Energieverbrauchs und der Geräuschemissionen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist eine hohe Qualität und damit eine hohe Gerätelebensdauer. Schließlich geht es um kostengünstige Lösungen, um auch umweltverträgliche Geräte dem Endverbraucher erschwinglich anzubieten.

Professor Dr.-Ing. Helmut Lotz ist Leiter der Zentralabteilung „Verbände und Normen“ der Bosch-Siemens Hausgeräte GmbH in Giengen

## Auf den Stromverbrauch achten!

von Klaus Michael



Kühlschränke werden gemeinhin als harmlose gutwillige Haushaltshilfen angesehen. Ökologisch sind sie aber wegen ihrer großen Anzahl und ihres permanenten Betriebs ein erhebliches Umweltproblem. Die zwei

wesentlichen Umweltbelastungen von Kühl- und Gefriergeräten sind ihre Freisetzungen von Treibhausgasen aus Kältemitteln und Schaumtreibmitteln sowie die durch ihren Stromverbrauch bedingten Schadstoffemissionen der Kraftwerke.

Durch die zwischen 1993 und 1995 erfolgte Umstellung von FCKWs auf chlorfreie aber noch fluorhaltige Ersatzstoffe (FKWs) oder auf chlor- und fluorfreie Ersatzstoffe (Pentan, Isobutan, CO<sub>2</sub>) hat die Umweltbelastung aus den Kälte- und Schaumtreibmitteln stark abgenommen. Ihr Anteil am klimaschädigenden Gesamteffekt von Kühl- und Gefriergeräten ist von früher 50 bis 80 Prozent auf inzwischen 2 bis 40 Prozent gesunken.

Geblichen ist die Umweltbelastung durch den Stromverbrauch. Hier hilft nur konsequenter Kauf von Geräten mit besonders niedrigem Stromverbrauch und letztlich ein gesetzliches Verbot von Geräten mit hohem Verbrauch. Gleichgroße Geräte verschiedener Hersteller können einen bis zu dreifachen Stromverbrauch im Vergleich zu anderen Geräten aufweisen. Das kann in 15 Jahren auch mehr als tausend Mark zusätzliche Stromkosten bedeuten.

Deshalb ist die Energie- und Umweltberatung, beispielsweise bei den Verbraucherzentralen oder den Versorgungsunternehmen, von großer Bedeutung. Beim Kauf sollte darauf geachtet werden, daß die gewünschten Gerätearten und Bauformen energetisch optimal sind. Einbaugeräte haben zum Beispiel oft einen deutlich höheren Verbrauch als freistehende Geräte. Und auch ein etwas kleineres oder größeres Modell kann manchmal deutlich sparsamer sein.

Klaus Michael ist Gesellschafter und Wissenschaftler am NEI Niedrig-Energie-Institut in Detmold

# Stellungnahme

25 | 26

# Checkliste

## Worauf können Berliner Verbraucher achten?

Aus den vorgestellten Ergebnissen lassen sich folgende Punkte ableiten, die beim Kaufentscheid wichtig sind:

### Stromsparen für Klima und Geldbeutel

Der Energieverbrauch der Geräte trägt – besonders in Berlin – zur Umweltbelastung bei. Es lohnt sich daher, – auch unter Kostengesichtspunkten – auf diesen Punkt besonders zu achten und entsprechende vergleichende Listen zu Rate zu ziehen. Solche Listen werden von Verbraucher- und Umweltberatungsstellen veröffentlicht. Man kann aber auch selbst vergleichen: Viele Geräte tragen heute schon Angaben über den Energieverbrauch.

Der umweltfreundliche Einkauf für Berliner:

Die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz in Berlin hat eine Broschüre „Besonders sparsame Haushaltsgeräte 1992“ veröffentlicht. Die Broschüre kann bei der

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Referat Öffentlichkeitsarbeit Bürgerberatung, Lindenstr. 20-25, 10969 Berlin

angefordert werden. Bitte legen Sie Rückporto in Höhe von DM 1,70 bei.

### Ist das Gerät optimal ausgewählt?

Überlegen Sie, ob die von Ihnen gewählte Geräteart und Bauform energetisch optimal sind. Brauchen Sie wirklich ein Dreisterne-Gefrierfach? Müssen es (wie in unserem Beispiel) 230 Liter sein oder kommen Sie mit einem kleineren Gerät aus? Dies hat erhebliche Auswirkungen auf den Energieverbrauch. Außerdem: Einbaugeräte haben oft einen höheren Energieverbrauch als freistehende Geräte.

### Alte Kühlschränke gesondert entsorgen

Da in Altgeräten noch größere Mengen FCKW gespeichert sind und diese bei der herkömmlichen Entsorgung freierwerden, ist es wichtig, diese Geräte gesondert zu entsorgen. Die Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR) nehmen Kühlschränke an vielen Recyclinghöfen entgegen bzw. holen diese ab. Die Entsorgung ist kostenpflichtig. Nähere Informationen finden sich im Entsorgungs-ABC der BSR.

### Beim Kauf den Händler fragen

Fragen Sie beim Kühlschrankkauf Ihren Händler, wie der Dämmschaum verarbeitet wurde. Geräte, in denen noch teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (HFCKW) im Dämmschaum verwendet wurden, sind gegenüber Geräten mit Dämmschäumen, die mit Kohlenwasserstoffen geschäumt wurden, eindeutig im Nachteil.

### Auf das Kältemittel achten

Geräte, die Kohlenwasserstoffe als Kältemittel verwenden, sollten bevorzugt werden, wenn sie ebenso energiesparn wie baugleiche FKW-Geräte sind. Hier kann nur ein intensives Gespräch mit dem Händler weiterhelfen, in dem der Energieverbrauch der entsprechenden Geräte verglichen wird.

Im Laufe des Jahres 1995 werden auch in Deutschland die Haushaltskältegeräte mit einem Energielabel ausgezeichnet. Darauf wird nicht nur der konkrete Energieverbrauch in 24 Stunden und der Nutzinhalt des Geräts vermerkt sein. Sondern es werden auch Energieeffizienzklassen angegeben, die einen Vergleich ermöglichen. Die Klassen von A bis G geben an, wie energiesparn ein Gerät im Vergleich zu dem Richtwert der EG-Kommission ist.

In die Klasse A kommen Geräte, die weniger als 55 Prozent dieses Wertes verbrauchen, also sehr effizient sind. Die Klasse D umfaßt Geräte, die bei 90-100 Prozent liegen. Die Klasse G ist schließlich für Geräte, die über 125 Prozent des Richtwertes an Strom verbrauchen, also ineffizient sind.



# Graphische Papiere

## Beispiel 3

Papier, Karton und Pappe sind aus der heutigen Welt kaum noch wegzudenken. Ob die Tageszeitung am Morgen, die Fernsehillustrierte am Abend, das Buch in der Freizeit oder die große Menge beschriebener und kopierter Papiere im Büro: Papier ist auch in der modernen Informationsgesellschaft der zentrale Informationsträger. Daneben sind Karton und Pappe für den Verkauf und den Transport von Gütern wichtige Verpackungsmaterialien. Auch im Bereich der Hygiene und für vielfältige technische Anwendungen spielt Papier eine wichtige Rolle.

## Papier, Altpapier und Umwelt

Es ist daher nicht verwunderlich, daß der Verbrauch an Papier, Karton und Pappe in den letzten Jahrzehnten dramatisch zugenommen hat und zunehmend ins Blickfeld der Umweltdiskussion geriet. Auch wenn Papier zum großen Teil auf dem nachwachsenden Rohstoff Holz beruht, ist seine Produktion dennoch mit Umweltbelastungen verbunden. Die Auswirkungen der Produktion von Zell- und Holzstoff, den wichtigsten Komponenten des Papiers (Faserstoffe), stehen dabei ebenso im Zentrum der Kritik wie die Papierproduktion selbst. In den vergangenen zwei Jahrzehnten wurde daher auch für andere Papierprodukte als nur Pappe – dem klassischen Verwendungsbereich von Altpapier – der Bedarf an Faserstoffen verstärkt durch Altpapier gedeckt. Neben der Senkung der Kosten sollten damit der mit der Produktion von Neufasern verbundene Energie- bzw. Rohstoffverbrauch und die hervorgerufenen Umweltbelastungen, insbesondere die Wasserbelastungen, verringert werden.

Altpapier wird inzwischen in großem Umfang gesammelt und zur erneuten Verwendung in der Papierherstellung sortiert und aufbereitet. Von den circa 16,3 Millionen Tonnen Verbrauch an Papier, Karton und Pappe wurden in der Bundesrepublik 1994 circa 9,7 Millionen Tonnen als Altpapier erfaßt.

In vielen Bereichen, vor allem bei Verpackungen und Hygienepapieren, haben aus Altpapier gewonnene Produkte ihren festen Platz am Markt, ja teilweise beherrschen sie ihn schon. So beträgt die gesamte Altpapierersatzquote (1994) circa 56 Prozent. Im Verpackungssektor liegt diese Quote sogar bei 94 Prozent und im Hygienesektor bei 69 Prozent. Anders sieht das bei den graphischen Papieren (Druck-, Presse-, Büropapiere) mit einer Quote von 28 Prozent aus. Hier gelang es dem Sekundärrohstoff bisher nur beim Zeitungspapier, einen großen Anteil zu erreichen. Zeitungspapier wird nahezu vollständig aus Altpapier hergestellt. Noch größere Steigerungen des Altpapierersatzes sind deshalb nur möglich, wenn bei den graphischen



Papieren mehr Altpapier in der Produktion verwendet wird. Dort werden objektiv höhere Anforderungen an Aussehen und Verarbeitungsmöglichkeit gestellt, so daß aufwendige Aufbereitungsverfahren für Altpapier notwendig werden. Gerade der Helligkeitsgrad von Papier wird aber auch von den Ansprüchen und Gewohnheiten des Marktes in entscheidendem Maße mitbestimmt. Das Kaufverhalten und die Ansprüche der Verbraucher haben hier bereits einen gewissen Wandel erfahren.

In der Diskussion um eine weitere Erhöhung des Altpapierersatzes wurde in letzter Zeit oft die Frage gestellt, ob mit einer weiteren Steigerung überhaupt noch ein Entlastungseffekt für die Umwelt verbunden ist. Vertreter dieser Auffassung argumentieren insbesondere mit dem Aufwand an Energie, der bei der Aufarbeitung von Altpapier hauptsächlich aus nicht regenerierbaren Quellen (wie Öl oder Kohle) gedeckt wird. Bei der Produktion von Zellstoff stammt der größte Teil der Energie aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz selbst, indem Rinde, Reststoffe und die Ablauge der Zellstoffproduktion zur Energieerzeugung verbrannt werden. Zudem wird auf die Möglichkeiten der Verbrennung des Papiers hingewiesen, was zu einem zusätzlichen nutzbaren Energiegewinn führen kann.

## Vergleichende Modellbetrachtung

Welche Vorteile hat Recyclingpapier gegenüber Schreibpapier ohne Altpapieranteil? Stimmt es, daß auch die Herstellung von recyclingfreiem Papier umweltfreundlich ist, weil auf regenerative Ressourcen, etwa die skandinavischen oder kanadischen Wälder, zurückgegriffen wird?

Um die verschiedenen Aspekte dieser Fragestellung näher beleuchten zu können, wurde für die vorliegende Broschüre eine modellhafte Ökobilanz erstellt. Dabei werden zwei verschiedene Lebenswege bei der Nutzung von 1000 Kilogramm Papier miteinander verglichen.

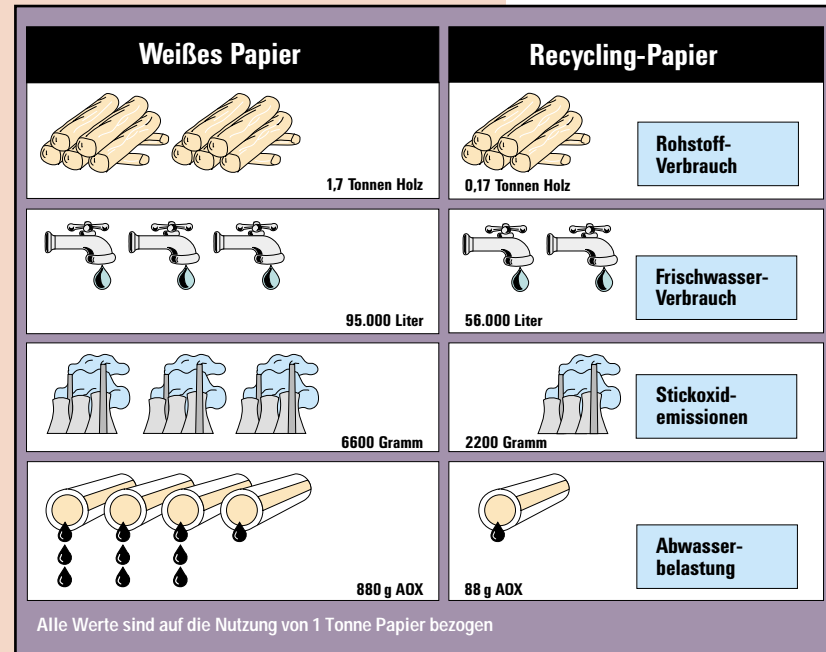
Als Beispiel wird Schreibpapier gewählt, zum Beispiel in Schulheften, Briefpapier, Notizblöcken. Denn hier haben die Berliner Verbraucher eine echte Alternative beim Kauf.

Im ersten Lebensweg wird Schreibpapier (Füllstoffgehalt 20 Prozent) vollständig aus neuem Zellstoff produziert. Nach der Verwendung wird eine hundertprozentige Verbrennung in einer herkömmlichen Müllverbrennungsanlage angenommen (Szenario „Einweg-Lebensweg“). Wie in Ökobilanzen üblich, wird in die Berechnung die Herstellung von Chemikalien, die zur Produktion notwendig sind, ebenso mit einbezogen wie die notwendige Energieerzeugung und die Transporte.

Diese Art der Papiernutzung wird mit dem Recycling, also dem Sammeln und Verwenden von Altpapier, verglichen (Szenario „Recycling-Lebensweg“). Allerdings sind zur Produktion einer Tonne eines vollständig aus Altpapier hergestellten Recyclingpapiers mengenmäßig mehr als 100 Prozent Altpapier notwendig. Dieser beim Recycling immer auftretende Verlust an Fasern muß dem Papier auf irgendeine Weise angerechnet werden. In diesem Falle wurde angenommen, daß die gesamte Menge an Altpapier durch Sammlung erfaßt wird und direkt wieder in den Produktionsprozeß gelangt. Der auftretende Verlust von 10 Prozent der Fasern wird über Neuzellstoff ergänzt.

Neben diesen grundlegenden Annahmen mußten noch weitere Festlegungen getroffen werden. Beispielsweise wurde angenommen, daß die Zellstoffproduktion ihren Fremdstrombedarf aus dem schwedischen Stromnetz deckt und der Zellstoff anschließend 2000 Kilometer mit dem Schiff zum deutschen Papierhersteller transportiert wird.

Wegen der Fülle der Annahmen und der teilweise unsicheren Datenlage verstehen sich die darge-



stellten Daten als übersichtsmäßige Modellrechnungen und repräsentieren ein fiktives Papier. Eine umfassende Ökobilanz für graphische Papiere ist derzeit am ifeu-Institut Heidelberg im Auftrag des Umweltbundesamtes in Berlin in Bearbeitung. Sie wird voraussichtlich 1996 genauere Ergebnisse liefern. Dort werden dann auch verschiedene bei der Papierproduktion verwendete Chemikalien detailliert mitbetrachtet, die hier noch nicht einbezogen werden konnten.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigen die Abbildungen 15 bis 22 auf den Seiten 30 und 31. Daraus können folgende Tendenzen abgelesen werden:

- Die Belastungen des Abwassers fallen beim Recycling-Lebensweg deutlich niedriger aus als bei völlig aus Neuzellstoff hergestelltem Papier. Dies zeigt sich besonders drastisch bei der in der wissenschaftlichen Diskussion wichtigen Emission chlorhaltiger organischer Verbindungen, die durch den Parameter AOX wiedergegeben wird.
- Auch hinsichtlich des gesamten Primärenergieverbrauches bringt das Recycling deutliche Vorteile. Der Verbrauch fossiler Energieträger ist dagegen ungefähr gleich hoch. Der Unterschied im Primärenergieverbrauch ist daher auf die verschieden große Menge an verbrauchtem Holz zurückzuführen. Während für eine Tonne Papier im Einweg-Lebensweg 1710 Kilogramm Holz verbraucht werden, sinkt dieser Betrag im Recyclingsszenario auf ein Zehntel.
- Schwieriger ist eine Beurteilung der Luftbelastungen. Bei den Schwefeldioxid- und Stickoxidemissionen, die zur Bodenversauerung und zum

### Papier – ein Massenprodukt

Der Einsatz von derzeit 16,3 Millionen Tonnen Papier, Karton und Pappe geht zur Hälfte (8 Millionen Tonnen) in die Anwendungen Presse- und Druckpapiere sowie Büro- und Administrationspapiere. Man spricht auch von graphischen Papieren. Der Großteil dieser genannten Menge entfällt wiederum auf Druck- und Pressepapiere. Die Verpackungsmaterialien haben einen Anteil von 6,46 Millionen Tonnen an der Gesamtmenge.

### Auf die Faser kommt es an

Grundgerüst eines jeden Papiers sind die aus Pflanzen gewonnenen Fasern. Zu Beginn der Papiergeschichte wurden zum Beispiel alte Flachfasern aus Lumpen zu Papier verarbeitet. Dieses hochwertige handgeschöpfte Büttenpapier war und ist heute noch ein reines Recyclingprodukt. Erst später gelang es, entsprechende Fasern auch durch einen aufwendigen Prozeß aus Holz zu gewinnen. Die so produzierte Faser in Zell- und Holzstoff ist die zentrale Rohstoffbasis der Papierindustrie. Durch die Art der heutigen Forstwirtschaft stehen mit dem Durchforstungsholz, das bei der Auslichtung der heranwachsenden Forste anfällt, genügend Mengen zur Faserproduktion zur Verfügung.

Um die Anforderungen insbesondere an Aussehen und Oberfläche graphischer Papiere zu erfüllen, werden die Faserstoffe mit verschiedenen Mitteln gebleicht und veredelt. Papiere, die lediglich Zellstoff verwenden, heißen holzfrei. Dagegen enthalten zum Beispiel Zeitungspapiere auch den in einfacheren Verfahren hergestellten Holzstoff und sind damit holzhaltig, wodurch sie leicht vergilben.

Inzwischen ist aber auch das Altpapier ein bedeutender Faserlieferant. Aus ihm gewonnene Fasern werden auch Sekundärfasern genannt. Um die Helligkeit des Papiers zu erhalten, wird das Altpapier, das im Bereich graphische Papiere verwendet werden soll, von der anhaftenden Druckfarbe befreit. Bei diesem „Deinking“ genannten Verfahren wird die Druckfarbe gelöst, und es werden teilweise auch Bleichmittel verwendet. Je nach den Ansprüchen an die Qualität des Produktes werden unterschiedliche Mengen an Chemikalien eingesetzt. Gleichzeitig dient das Papieraufbereitungsverfahren dazu, zerstörte Fasern zu entfernen, die die mechanische Qualität des Papiers schmälern und seine einwandfreie Verarbeitung beim Druck gefährden. Daher gelangen auch bei der Altpapieraufbereitung notwendigerweise bestimmte Anteile des Altpapiers in den Abfall und müssen im Kreislauf durch neue Faserstoffe ersetzt werden.

Abb. 15-18

Während der Wasserverbrauch nur den Aspekt der Ressourcenschonung repräsentiert, stehen die Größen CSB und AOX für die Emissionen mit dem Abwasser. Der CSB-Wert, der sogenannte chemische Sauerstoffbedarf, steht für die (oxidierbare) Schmutzfracht im Wasser. Der AOX-Wert ist ein Maß für die Emission chlorierter organischer Verbindungen.

In der hier dargestellten Sachbilanz für Papier wurde die Produktion noch in die Bereiche Materialherstellung und Papierherstellung unterteilt. Materialherstellung umfaßt dabei Zellstoffproduktion bzw. Altpapieraufbereitung und die Herstellung einiger dazu benötigter Vorprodukte.

Waldsterben beitragen können, führt das Recycling zu deutlichen Emissionsminderungen. Dies beruht auf den relativ hohen Emissionen bei der Zellstoffproduktion, die beim Recycling eingespart werden. Dagegen ist die Emission an Kohlendioxid aus fossilen Quellen in beiden Szenarien praktisch gleich hoch. Die erhebliche Mehremission an Kohlendioxid aus „natürlichen“ Quellen (Holz) wird nicht klimawirksam, da Bäume beim Wachstum selbst große Mengen an Kohlendioxid binden.

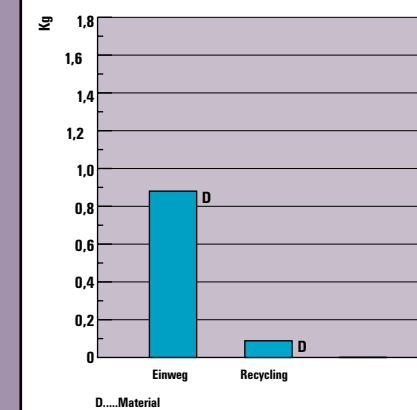
Für viele Stoffe, wie zum Beispiel Schwermetalle oder ins Abwasser abgegebene Nitrate und Phosphate, reichen die derzeitigen öffentlich zugänglichen Daten zur Beurteilung nicht aus. Hier müssen die Ergebnisse der Ökobilanz für das Umweltbundesamt abgewartet werden.

Ein wichtiger Aspekt der Ökobilanz ist, daß in beiden Szenarien – sozusagen als Abfallprodukt – nutzbare Energie in Form von Wärme und Strom

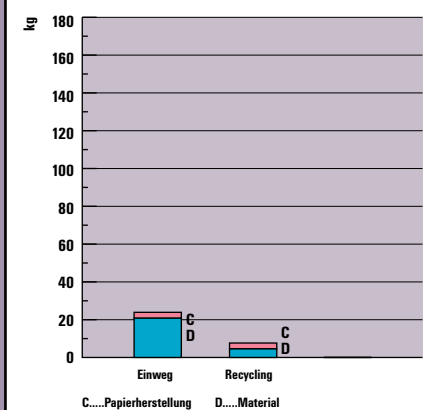
anfällt. Der höhere Energiegewinn im Einweg-Lebensweg stammt aus der Verbrennung des Papiers in den Müllverbrennungsanlagen. Damit tritt ein Problem beim Vergleich und bei der Bewertung der beiden Szenarien auf: Wie rechnet man den beiden Produkten diese nützlichen Abfallprodukte (in der Fachsprache: Kuppelprodukte) an? Müßte man den Strom und die Wärme konventionell erzeugen, so wäre dies auch mit Rohstoffverbrauch und Emissionen verbunden.

Manchmal werden in Ökobilanzen solche Energiegewinne durch sogenannte Gutschriften ausgeglichen. Dabei wird berechnet, welche Emissionen, Ressourcenverbräuche etc. mit einer herkömmlichen Erzeugung der gleichen Menge Energie verbunden sind. Dieser Betrag wird dann von der Gesamtsumme im Lebensweg abgezogen. Ein kritischer Punkt ist dabei, welche Art der Energieerzeugung (Wasserkraft, Kohle, Kernenergie) zugrundegelegt wird.

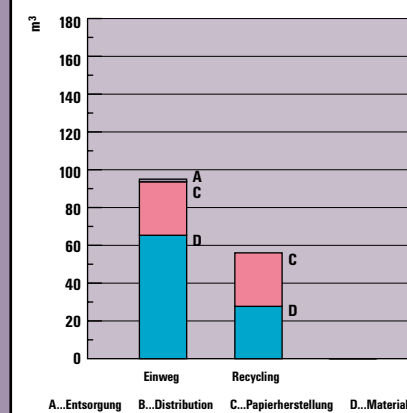
### AOX-Emissionen\*



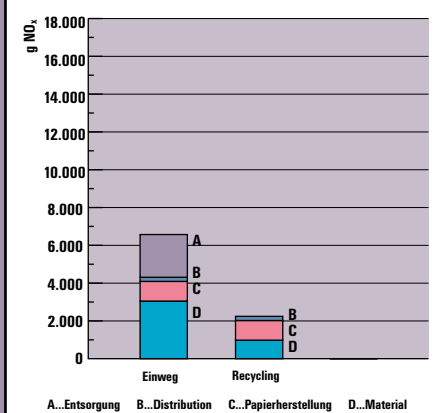
### CSB-Emissionen\*



### Wasserverbrauch\*



### Stickoxidemissionen\*



\* pro 1000 kg Papier



In diesem Fall kommt hinzu, daß eine erhebliche Primärenergiedifferenz durch die Holzeinsparung entsteht. Denn beim Recycling-Papier wird nur ein Zehntel der Holzmenge verbraucht wie beim Einweg-Lebensweg. Diese eingesparte Summe an Holz wäre in der Lage, erhebliche Mengen an fossilen Energieträgern und damit an Kohlendioxidemissionen aus fossilen Quellen zu vermeiden. Dies kann entweder über die direkte Verbrennung geschehen oder aber durch den Einsatz des Holzes zur Produktion von Gütern, die ansonsten mit fossilen Rohstoffen hergestellt würden. Würde man beispielsweise die gesamte Menge von circa 1500 Kilogramm des eingesparten Holzes in einem Holzhackschnitzelkraftwerk verbrennen, könnte man dort circa 20.000 Mega-Joule an thermischer Energie erzeugen. Damit läge dann das Recycling-Szenario besser.

### Hinweis in eigener Sache

Eine Broschüre über Umweltschutz auf weißem Papier? Undenkbar! Wo bleibt da die Glaubwürdigkeit?

Natürlich war von Anfang an klar, daß diese Broschüre in Berlin gedruckt wird, um Transporte zu sparen – auch wenn es außerhalb Berlins billiger gewesen wäre. Aber wie ansprechend wirkt eine graue Broschüre? Welche potentiellen Leser werden durch „echtes“ Umweltschutzpapier abgeschreckt? Ist eine angemessene Farbbildwiedergabe überhaupt möglich? – Fragen, die sich eine umweltbewußte Werbeagentur ständig stellen muß oder die von Kunden gestellt werden.

Diese Broschüre zeigt, daß auch mit dunklerem und nicht oberflächenveredeltem Recyclingpapier ansprechende Ergebnisse erreicht werden können. Und wenn wirklich einmal hohe Ansprüche, zum Beispiel durch aufwendige Farbfotos, gestellt werden, dann kann ein hochveredeltes Recyclingpapier wie auf dem Sonderbogen von den Seiten 28 bis 31 verwendet werden. Es muß nicht immer Papier aus Neuzellstoff sein...

### Ökobilanzen Papier

Abb. 19-22

Während der Einweg-Lebensweg beim Gesamtenergieverbrauch schlechter abschneidet als der Recycling-Lebensweg, sind die Verbräuche an fossiler Energie vergleichbar groß. Dies liegt daran, daß der Verbrauch an Holz hier energetisch bewertet wurde. Dies führt zu erheblichem Energiemehrverbrauch des Einweg-Lebensweges. Im Gegensatz zu den Energieträgern Kohle, Öl etc., die im fossilen Energieverbrauch zusammengefaßt sind, ist der Energieträger Holz nachwachsend und damit eine erneuerbare Energiequelle.

Aus dem ähnlich hohen Verbrauch an fossilen Energieträgern erklärt sich auch die ähnlich hohe Treibhauswirksamkeit. Das bei der Verbrennung von Holz, Zellstoffflauge oder Papier freigesetzte Kohlendioxid stammt aus regenerativen Quellen und wird nicht treibhauswirksam.

# Stellungnahme

### Fazit

Der ökologische Vorteil von Recyclingpapieren ist bei den Produktbereichen Hygiene- und Verpackungspapier unbestritten. Der Energie- und Chemikalienverbrauch ist wesentlich geringer als bei der Herstellung von Schreibpapier. Der Altpapiereinsatz ist hier bereits entsprechend hoch.

Schwieriger ist die Situation bei den sogenannten graphischen Papieren. Die Qualitätsanforderungen sind, was die Helligkeit, die Oberfläche aber auch die mechanischen Eigenschaften (Reißfestigkeit) des Papiers betrifft, erheblich größer. Dies reicht bis zu höchsten Ansprüchen, wie sie beispielsweise beim Kunstdruckpapier gestellt werden. Solche Anforderungen wird es auch in Zukunft geben. Es ist aber zu prüfen, wo diese Anforderungen unnötigerweise zu hoch sind und die Verbraucher ohne Verlust auf andere Qualitäten umsteigen können. Der Nachfrage der Verbraucher kommt eine wichtige Rolle zu. Sie bestimmt, wo aufwendig hergestelltes Neuzellstoffpapier durch Recyclingpapier ersetzt werden kann. Wichtiger Sektor ist sicherlich der Zeitschriftenbereich, in dem immer noch hochwertige Papiere eingesetzt und verlangt werden.

Der hier vorgestellte Vergleich zeigt, daß ein Recyclingpapier deutliche ökologische Vorteile gegenüber einem Schreibpapier aus Neuzellstoff hat. Würden die Verbraucher zudem noch bereit sein, „graueres Papier“ zu verwenden, das eine weniger aufwendige Altpapieraufbereitung erfordert, so ließen sich die Auswirkungen des Faserverlustes und des Energieverbrauchs weiter verringern. Deshalb empfiehlt sich die Verwendung von sogenanntem „Umweltschutzpapier“.

Der wachsende Einsatz von Recyclingpapier allein reicht nicht. Wenn die Qualitätsanforderungen – auch innerhalb der Recyclingpapiere – hoch bleiben, so müssen immer größere Mengen an Altpapier mit aufwendigen Verfahren aufbereitet werden. Der Bedarf an hochwertigen, sortenrein sortierten Altpapieren wird teilweise gar nicht mehr zu decken sein. Außerdem ist dann im Einzelfall zu prüfen, welche ökologischen Vorteile das Recyclingpapier – je nach Herstellungsart und Nutzungszweck – tatsächlich hat.

Graue „Umweltschutzpapiere“ sollten überall dort eingesetzt werden, wo die Nutzung dies zuläßt. Dies betrifft weite Bereiche des Schreibpapiers, Schulhefte, aber beispielsweise auch Geschäfts- und Kopierpapier.

### Altpapierrecycling muß sinnvoll bleiben!

von Dr.-Ing. Harald Großmann



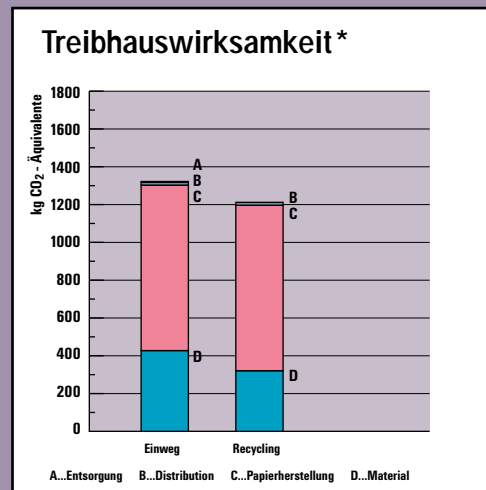
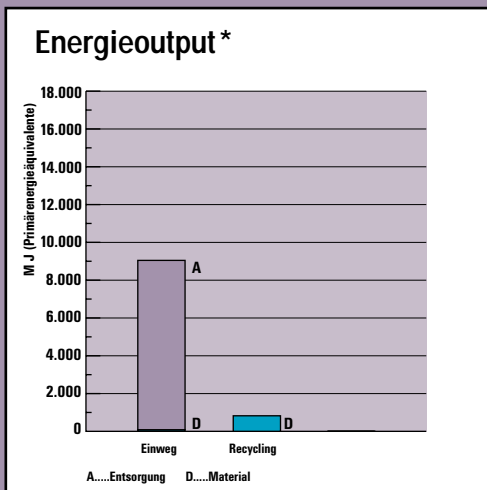
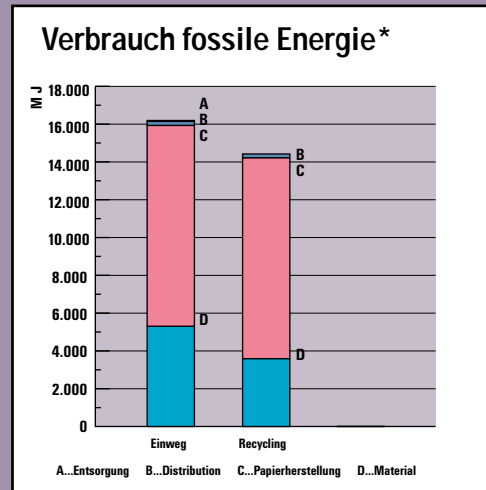
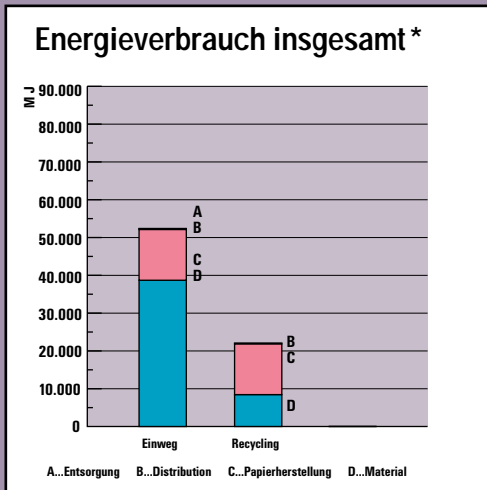
Wenn das Erreichte auf dem Sektor des Altpapierrecyclings richtig bewertet und das Erreichbare nüchtern analysiert werden soll, muß zunächst akzeptiert werden, daß Papierfasern nicht beliebig oft wiederverwertet werden können. Es

muß auch akzeptiert werden, daß der so universelle Werkstoff Papier die vielfältigen Funktionen, für die er grundsätzlich geeignet ist, nicht immer alleine, sondern oft erst in Kombination mit anderen Materialien ökonomisch und ökologisch sinnvoll erfüllen kann. Dies kann seine stoffliche Verwertbarkeit einschränken oder gar unmöglich machen. Wenn das Altpapier aber stofflich verwertet werden kann, müssen alle papierfremden Substanzen sehr sorgfältig von den wiederverwertbaren Stoffen getrennt werden. Die Selektivität der heute hierfür zur Verfügung stehenden Reinigungsverfahren hat Grenzen, mit der Folge, daß auch aus diesem Grund aus einer bestimmten Menge Altpapier niemals die gleiche Menge Neupapier hergestellt werden kann und eine nachhaltige Papierproduktion ohne den Einsatz von Primärfasern nicht möglich ist.

Primärfasern und Sekundärfasern stehen also nicht in Konkurrenz zueinander, sie ergänzen sich vielmehr, wobei nicht vergessen werden darf, daß die Existenz der einen die Voraussetzung für die Existenz der anderen ist. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, daß die Altpapiereinsatzquoten nicht beliebig steigen können.

Der Sinn einer Ökobilanz, deren Ziel es ist, die Vor- und Nachteile von Primärfaserpapieren und altpapierhaltigen Papieren abzuwägen, muß deshalb grundsätzlich in Frage gestellt werden. Da aus den genannten Gründen zwar einzelne Papiersorten, niemals aber alle Papiere zu 100 Prozent aus rezyklierten Fasern hergestellt werden können, macht es keinen Unterschied, ob ein Teil der Papiere ausschließlich aus Primärfasern, ein anderer ausschließlich aus Sekundärfasern hergestellt wird oder ob alle zu bestimmten Anteilen aus diesen und zu bestimmten aus jenen Faserstoffen bestehen. Wenn die erste dieser Strategien gewählt wird, welchen Sinn macht dann der Vergleich zwischen den so produzierten Papieren?

Viel wichtiger erscheint hier die Frage, welcher durchschnittliche Altpapierstoffeinsatz – über alle



\* pro 1000 kg Papier

Sorten hinweg – unter bestimmten Rahmenbedingungen wirklich technisch, ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist. Dabei sollten – wie bei einer Ökobilanz – alle relevanten Einflußgrößen wie Rohstoffreserven, Energieerzeugung, Transportwesen, Import-, Export-, Verbrauchs- und Produktionsmengen, technische Möglichkeiten und Produktpalette auch unter Berücksichtigung ihrer zeitlichen Dynamik sorgfältig abgewogen werden. Die Art und Weise, wie ein solcher „optimaler“ Altpapiereinsatz schließlich erreicht wird, sollte aber dem freien Spiel der Kräfte überlassen bleiben. Die Information der Verbraucher mit den Ziel, überzogene Qualitätsanforderungen zu relativieren, könnte in diesem Zusammenhang ein wichtiges zusätzliches Instrument darstellen. Dies wäre auch eine Ökobilanz, wenn auch keine vergleichende. Dafür könnte sie aber helfen, die mittel- und langfristigen Strategien der Papierindustrie und die Vorstellungen über ihren zukünftigen Beitrag zur Lösung des Abfallproblems auf eine solide und realistische Basis zu stellen.

Dr.-Ing. Harald Großmann ist Bereichsleiter Papiererzeugung an der Papiertechnischen Stiftung (PTS) in München

### Keine ökologischen Papiere ohne Altpapiereinsatz!

von Jupp Trauth



Papier besteht aus Fasern, die aus Holz gewonnen werden. Das Herauslösen der Fasern aus dem Holz-Ligninverbund geschieht unter hohem Wasser- und Energieverbrauch sowie chemisch aufwendigen Bleichsequenzen. Jede so

zur Papierherstellung vorbereitete Faser trägt einen gewaltigen Rucksack an ökologischen Belastungen. Bei der eigentlichen Papierherstellung wird dieser Rucksack nur unwesentlich vergrößert.

Jede Wiederverwendung der einmal hergestellten Faser verteilt die Produktionsbelastung auf weitere Nutzungen. Nach heutigen praktischen Erfahrungen kann jede Faser bis zu sechsmal wiederverwendet werden, das heißt die Produktionsbelastungen vermindern sich bis auf ein Sechstel je wiederverwendeter Faser.

Somit dürfte klar sein: Keine noch so ökologischen Produktionsfortschritte in der Zellstoffherstellung

können das Sparpotential erreichen, das durch die Wiederverwendung der gebrauchten Fasern erreicht werden kann. Das Deponieren, Verbrennen oder Verrotten von Papierfasern vor ihrem endgültigen Verbrauch durch Verkürzung, Mehrfachnutzung, Verschmutzung o. ä. bedeutet eine enorme Vergeudung von Holz, Wasser und Energie.

Bis vor wenigen Jahren galt als Kennzeichen von Recyclingpapier seine graue Farbe, herrührend von den Druckpartikeln aus der früheren Verwendung. Eine immer ausgefeiltere Waschtechnik (Deinking) im Zusammenspiel mit einer Bleiche durch Wasserstoffperoxid erlaubt es heute, graue Papiere auf ein Weißniveau zu bringen, das bislang nur von Frischfaserpapieren erreicht wurde. Abgesehen vom höheren Wasser- und Energieeinsatz sowie dem Wasch- und Bleichchemikalienverbrauch ist damit ein weiterer Nachteil verbunden: Die Papierhersteller wollen besser sortierte, hellere Altpapiere. Ein immer schlechter werdender Teil des Altpapiers bleibt unbrauchbar zurück und wird überwiegend exportiert. Nur zusammen mit den besseren Sorten könnte dieser Teil wie bisher zur Papierherstellung verwendet werden. „Sortenrein schlecht“ taugt er nur noch für Graupappe oder als Zwischenlage in Kartonagen. Für diese Verwendungen aber liegt der Recyclinganteil schon bei über 95 Prozent, ist also nicht mehr steigerbar.

Die größten Potentiale für einen verstärkten Altpapiereinsatz befinden sich im Bereich Büro-, Schreib- und Druckpapiere, da hier der Anteil der wiederverwendeten Fasern seit Jahren unverändert unter 10 Prozent liegt. Gerade da, wo die Verbraucher durch Kaufentscheidungen mitbestimmen könnten, stellt sich die Lage ökologisch dramatisch dar. Ein typisches Beispiel sind Schulhefte: Bis vor wenigen Jahren sah es so aus, als ob der überwiegende Teil der Hefte bald nur noch aus Recyclingpapier gefertigt würden. Dann führte die Papierindustrie das chlorfrei gebleichte Frischfaserpapier gezielt als „neues Umweltpapier“ ein. Seither ist der Absatz an grauen Heften zusammengebrochen und hat sich nicht mehr erholt.

Allein einem ästhetischen Anspruchsdenken ist die verstärkte Forderung nach höherer Weiße geschuldet. Die Ansprüche der Verbraucher haben sich mit den Interessen der Frischfaserindustrie verbündet und verhindern die Steigerung des Altpapiereinsatzes. Der Ökologie erweisen sie einen Bärendienst.

Jupp Trauth ist Berater für Papier und Ökologie und war Mitgründer der Zettelwirtschaft-Umweltschutzpapier GmbH und Mitinitiator des Verbundes selbstverwalteter Betriebe für Umweltschutzpapier (VUP). Er ist beteiligt am Aufbau des unabhängigen „Forums Ökologie und Papier“ (FÖP).

# Stellungnahme

33 | 34

# Checkliste

## Worauf können Berliner Verbraucher achten?



**Um die mit der Chlorbleiche verbundenen Emissionen chlorierter organischer Verbindungen zu reduzieren, werden heute andere Bleichverfahren verwendet:**



Beim „chlorarmen“ Papier (ECF = Elementary Chlorine Free) wird statt des Chlors beispielsweise Chlordioxid zur Bleiche verwendet. Dadurch lassen sich bessere Abwasserwerte erreichen.

Beim chlorfreien oder TCF-Papier (Total Chlorine Free) wird völlig auf Chlorverbindungen verzichtet und werden stattdessen andere Substanzen zur Bleiche verwendet.

Beide Papiersorten bestehen in der Regel immer noch aus Frischzellstoff. Daher gelten für sie die genannten Einschränkungen, beispielsweise bezüglich der Ressourcenschonung oder anderer Emissionen.



**Zur Ressourcenschonung tragen zwei Papiertypen bei:**

Recyclingpapier bezeichnet Papiere, die ausschließlich aus Altpapier hergestellt werden. Häufig wird das Altpapier dazu im sogenannten Deinking-Verfahren aufgearbeitet, um die Helligkeit zu erhöhen. Dieser Typ wird heute schon oft für Kopierpapier oder Zeitungspapier verwendet.

Umweltschutzpapier ist eine Bezeichnung, bei der neben dem Kriterium, daß das Papier aus 100 Prozent Altpapier hergestellt wird, auch strenge Anforderungen an den Altpapieraufbereitungs- und Papierherstellungsprozeß (zum Beispiel kein Deinking, nicht gestrichen) gestellt werden. Dieser Papiertyp wird oft für Briefumschläge, Schulhefte oder Schreibpapier verwendet.



**Zur Bezeichnung der oben genannten Papiere gibt es verschiedene Kennzeichnungen:**



Der Umweltengel (Jury Umweltzeichen) wird für Papiere vergeben, die zu einem Großteil oder sogar zu 100 Prozent aus Altpapier hergestellt werden. Daneben gelten umfangreiche Anforderungen an die Altpapieraufbereitung.

Für Hygienepapiere wird es in Zukunft ein europäisches Umweltzeichen geben, das verschiedene Umweltkriterien wie Emissionen oder Ressourcenschonung bewertet. Neben den Recyclingpapieren können auch Neuzellstoffpapiere unter bestimmten Bedingungen (strenge Umweltauflagen) dieses Kennzeichen erhalten.





# Zusammenfassung

Worauf kann der Verbraucher generell achten?

**Woher kommt das Produkt?**

Produkte, die von weit herkommen, haben durch die erforderlichen Transporte oft eine schlechte Ökobilanz. Besonders problematisch sind Transporte aus entfernten Ländern oder Transporte mit Flugzeugen. Deshalb immer prüfen, ob vergleichbare Produkte zu entsprechenden Preisen aus der Region erhältlich sind. Bei Lebensmitteln hängt es auch stark von der Jahreszeit ab, ob sie weit transportiert werden müssen. Deshalb: Obst und Gemüse vorrangig in der jeweiligen Erntesaison kaufen.

**Wie aufwendig ist die Verpackung?**

Die Verpackung hat leider nicht mehr nur die Schutzfunktion für das Produkt. Versuchen Sie, aufwendige Verpackung zu vermeiden, insbesondere Verpackungen aus Verbundmaterialien oder aus mehreren verschiedenen Materialien. Bevorzugen Sie Produkte, die wenig Verpackung haben. Nutzen Sie Mehrwegverpackungen, wo dies möglich ist, zum Beispiel bei Getränken. Der Grüne Punkt sagt nichts über die Umweltfreundlichkeit der Verpackung aus.

**Welche Materialien wurden verwendet?**

Die Herstellung von Materialien kann unterschiedlich aufwendig oder belastend für die Umwelt sein. Deshalb sollten Sie darauf achten, woraus ein Produkt besteht. Bevorzugt werden sollten Produkte aus Sekundärrohstoffen oder aus Materialien, die umweltschonend hergestellt wurden. Je mehr verschiedene Materialien in einem Produkt verwendet werden, desto schwieriger wird später die Entsorgung oder Verwertung des Produktes.

**Verzichten Sie auf Problemstoffe!**

Enthält das Produkt giftige oder umweltgefährdende Stoffe? Treten bei der Entsorgung Probleme auf? Dann sollten Sie auf das Produkt möglichst verzichten.

**Umweltbelastung bei der Nutzung?**

Bei langlebigen Gebrauchsgütern ist für die Ökobilanz häufig der Energieverbrauch oder (bei Haushaltsgeräten) der Wasserverbrauch sehr wichtig. Achten Sie auf Geräte, die während der Nutzungsphase sparsam sind. Sie sparen damit auch Geld. Oft gibt es mechanische oder nichtelektrische Küchengeräte, die ihren Zweck voll erfüllen – ohne Stromverbrauch.

**Wie gut ist das Produkt verarbeitet?**

Es versteht sich von selbst: Je besser ein Produkt verarbeitet ist, je besser die Qualität ist, desto länger kann es genutzt werden. Achten Sie auf die Langlebigkeit des Produktes, bei Kleidung oder Einrichtungsgegenständen. Das Produkt sollte sich einfach pflegen, warten und reparieren lassen. Defekte Komponenten sollten austauschbar sein. Vermeiden Sie kurzzeitige Modetrends, die die Abfallberge und Ihren Geldbeutel unnötig belasten.

**Was ist später mit dem Abfall?**

Denken Sie beim Kauf bereits an die Entsorgung des Produktes. Ist das Produkt oder sind seine Einzelteile wiederverwertbar? Ist es zu diesem Zweck einfach in seine Bestandteile zerlegbar? Oder besteht es aus problematischen Verbundstoffen und Materialien?

**Hat das Produkt ein Umweltzeichen?**

Umweltzeichen sind zwar kein ökologischer Freibrief und auch kein Ersatz für eine Ökobilanz, aber sie helfen bei Kaufentscheidungen. Doch achten Sie darauf, daß es ein anerkanntes Umweltzeichen, wie beispielsweise der blaue Umweltengel, ist.

**Brauchen Sie das Produkt wirklich?**

Oft ist weniger mehr: für Ihren Geldbeutel, aber auch für die Umwelt. Denken Sie darüber nach, ob Sie das Produkt wirklich benötigen. Ist es richtig dimensioniert?

## Thema „Materialien“

Produkte bestehen aus Werkstoffen oder Materialien, die ganz unterschiedliche Eigenschaften besitzen. Sie sind einerseits für die Funktionsfähigkeit des Produktes von Bedeutung. Andererseits haben sie aber auch einen erheblichen Einfluß auf die Ökobilanz.

Handelt es sich bei den verwendeten Materialien um nachwachsende Rohstoffe wie zum Beispiel Holz, so fällt die Ressourcen- und auch die CO<sub>2</sub>-Bilanz oft günstiger aus. Aber Holz ist nicht gleich Holz: Die Verwendung von Tropenhölzern gefährdet beispielsweise die Regenwälder und sollte aus Naturschutzgründen vermieden werden.

In vielen Fällen ist der Einsatz von Sekundärrohstoffen, also Materialien, die aus Wertstoffen gewonnen werden, sinnvoll. Dadurch werden nicht nur die Rohstoffquellen geschont. Auch die Umweltbelastungen oder der Energieverbrauch sind bei der Wertstoffaufbereitung oft um ein Vielfaches niedriger. Bei vielen Werkstoffen ist der Einsatz von Sekundärrohstoffen heute bereits Normalität, etwa bei Papier (mit Altpapier), Metallen (Metallschrott) oder Glas (Altglas). Durch die Anforderungen des neuen Kreislaufwirtschaftsgesetzes wird in Ansätzen auch ein Kunststoffrecycling betrieben. Gute Ergebnisse lassen sich beispielsweise für PET (Polyethylenterephthalat) erzielen. Allerdings müssen die Kunststoffe sortenrein gesammelt beziehungsweise nachträglich sortiert werden.

Die ökologischen Auswirkungen verschiedener Materialien müssen immer im konkreten Fall vor dem Hintergrund der jeweiligen Nutzungsanforderungen betrachtet werden. In Abb. 23 sind beispielhaft die CO<sub>2</sub>-Emissionen als Orientierungswerte dargestellt, die mit der Herstellung verschiedener Grundmaterialien verbunden sind. Aluminium verursacht fast viermal so viele CO<sub>2</sub>-Emissionen wie Eisen, und das wiederum viermal so viele wie Glas. Diese Situation ändert sich allerdings, wenn das Aluminium aus Altaluminium gewonnen wird.

Neben den Umweltauswirkungen bei der Herstellung muß beachtet werden, daß unterschiedliche Gewichte der Materialien sich erheblich auf die Transporte auswirken können. Bei Getränkeverpackungen ist dies bekannt: Glasflaschen wiegen mehr als Getränkedosen aus Metall. Die ökologischen Vorteile bei der Herstellung müssen dann den Nachteilen beim Transport gegenübergestellt werden.

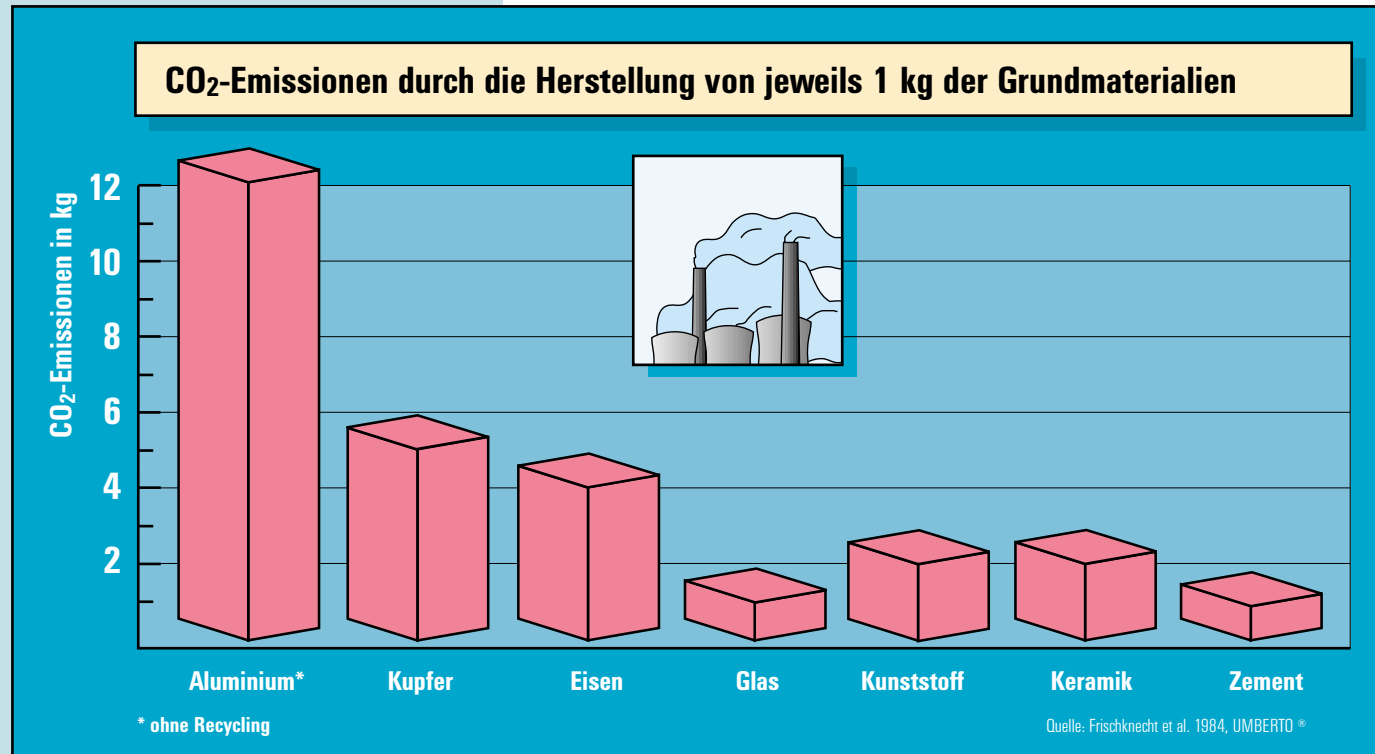
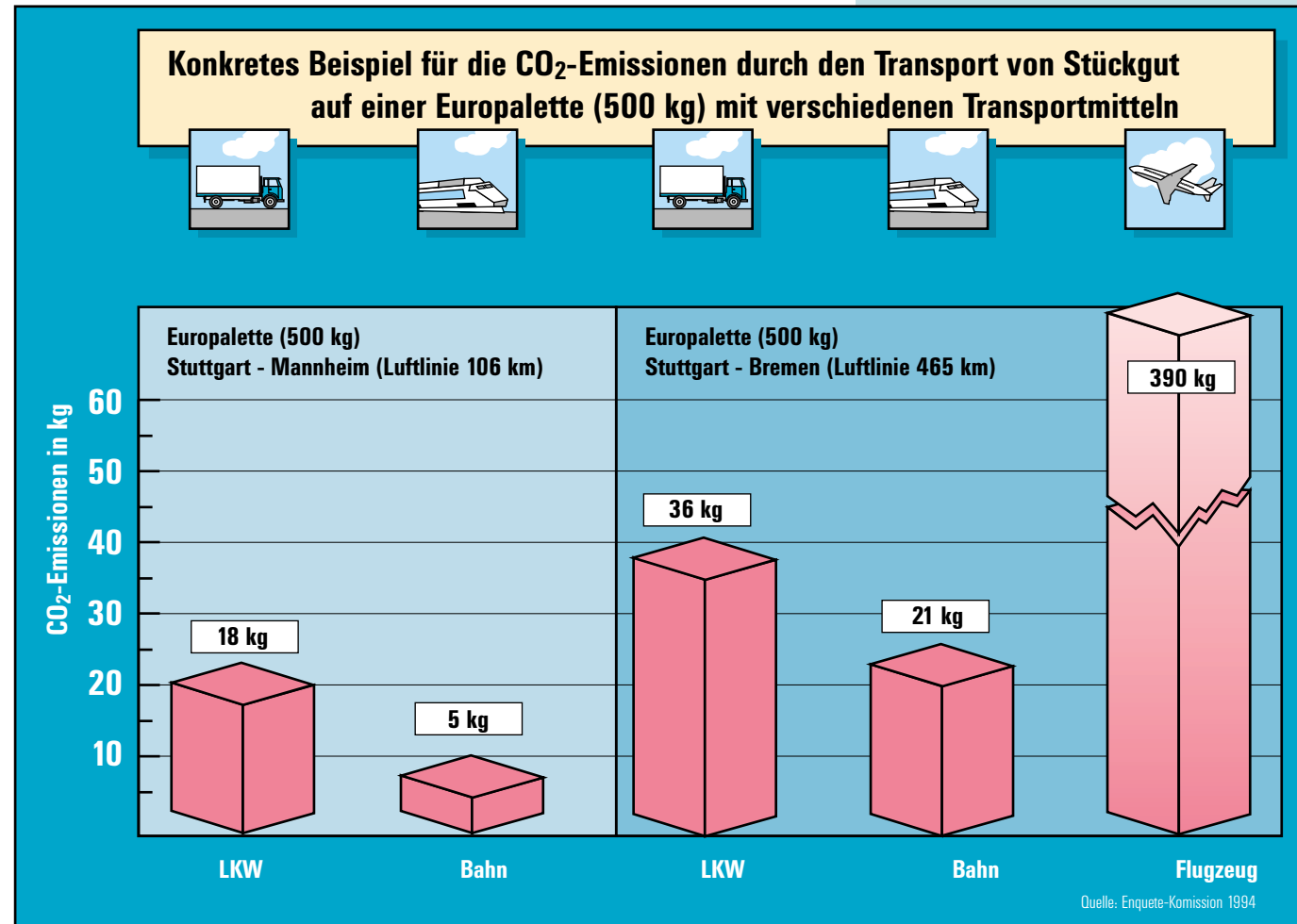


Abb. 24  
Keine Frage: Bahntransporte sind am günstigsten. Trotzdem: Je weiter ein Gut transportiert wird, desto mehr belastet es die Umwelt.



## Thema „Transporte“

Der Verkehrsbereich wird immer mehr zum zentralen Problemfeld des Umweltschutzes. Schon heute werden die meisten Emissionen, wie Stickoxide oder Kohlenmonoxid, hauptsächlich durch den Verkehr freigesetzt. Der Lkw- oder Güterverkehr hat daran wiederum einen großen und derzeit sogar wachsenden Anteil.

Die Transporte spielen bei Ökobilanzen eine vielfältige Rolle: beim Antransport der Rohstoffe, den Transportvorgängen im Produktionsprozeß – beispielsweise der Anlieferung von Vorprodukten –, bei der Distribution des Produktes zum Händler und Endverbraucher und schließlich beim Abtransport zur Entsorgung oder Wiederverwertung.

Besonders die wachsende Arbeitsteiligkeit in der Produktion mit sinkender Produktionstiefe an einzelnen Standorten und die damit erforderliche Anlieferung von Vorprodukten von entfernten Produktionsstätten tragen zu einer Zunahme der Gütertransporte bei. Dazu kommt eine Öffnung und Ausdehnung der Märkte im europäischen Maßstab. Produkte, die aus Kostengründen in Süd- oder Osteuropa produziert wurden, gelangen bei uns auf den Markt. Schließlich nimmt die Produktvielfalt und Auswahl zu: Äpfel aus Neuseeland, Spargel aus Südafrika, Tomaten aus Teneriffa – der Verkehr macht's möglich, zu jeder Jahreszeit. Wichtige Randbedingungen der Gütertransporte sind neben der Entfernung die verwendeten Verkehrsmittel und der Auslastungsgrad der Fahrzeuge. Je besser die Fahrzeuge auf Hin- und Rückfahrt beladen sind, desto günstiger fällt die Bilanz für die transportierten Güter aus. Bahntransporte sind üblicherweise günstiger als Lkw-Transporte, diese wiederum erheblich besser als Flugzeugtransporte. Viele Produkte stellen allerdings spezielle Anforderungen an den Transport und lassen sich nur unter speziellen Bedingungen von der Straße auf die Schiene verlagern.

In Abb. 24 wird an einem Beispiel der Einfluß der Entfernung und der verschiedenen Verkehrsmittel aufgezeigt. Der Lkw-Transport von 500 Kilogramm Gütern auf Europaletten verursacht für die Relation Stuttgart - Mannheim 18 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Emissionen. Der Bahntransport fällt zwar günstiger aus, ist aber trotzdem nicht unproblematisch. Bei Bahntransporten ist zu beachten, daß die Güter meist mit einem Lkw zum Bestimmungsort angeliefert werden müssen. Dies wurde hier bereits berücksichtigt. Besonders hoch liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen, wenn Güter auf längeren Strecken mit dem Flugzeug transportiert werden. Sie betragen das Zehnfache der Werte des Straßentransportes.

Abb. 23  
Die Herstellung von Materialien ist mit ökologischen Belastungen verbunden. Jedes Material hat also eine „ökologische Vorgeschichte“ oder trägt einen ökologischen „Rucksack“.



## Thema „Nutzungsphase“

Die Nutzungsphase ist besonders bei Gebrauchsgütern von Bedeutung. Je länger die Lebensdauer eines Produktes ist, desto günstiger fällt die „Abschreibung“ der Umweltauswirkungen durch die Produktherstellung aus. Deshalb sollte man bei Produkten auf Langlebigkeit und gute Qualität achten. Damit verbunden ist natürlich auch die Wartungs- und Reparaturfreundlichkeit. Leider ist es inzwischen oft billiger, ein defektes Elektrogerät durch ein neues zu ersetzen. Selten ist das auch für die Umwelt günstiger.

Oft wird bei einem Hausgerätekauf die Rechnung ohne den Strom- oder Wasserverbrauch während der Nutzungsphase gemacht. Viele Geräte sind nur scheinbar billiger. Ein populäres Beispiel sind die Energiesparlampen, die in der Anschaffung ein Vielfaches herkömmlicher Glühbirnen kosten, aber durch niedrigen Energieverbrauch insgesamt kostengünstiger sind. Das gilt natürlich auch für die Ökobilanz. Deshalb sollte beim Kauf solcher Geräte stets auf die Verbrauchswerte geachtet werden.

Schwierig wird die Abwägung, ob man ein altes Gerät mit hohem Energieverbrauch durch ein neues Gerät mit niedrigem Energieverbrauch ersetzen soll. Hier stehen die Umweltbelastungen der Nutzungsphase den Umweltbelastungen für die Herstellung des Neugerätes beziehungsweise einer kürzeren „ökologischen Abschreibungszeit“ gegenüber. Was günstiger ist, kann pauschal nicht gesagt werden, sondern hängt jeweils vom Einzelfall ab. Bei dem Kühlschrankbeispiel aus dieser Broschüre steht dem Energieaufwand für die Herstellung in Höhe von 5.300 Mega-Joule ein jährlicher Primärenergieverbrauch von knapp 4.000 Mega-Joule (1 kWh pro Tag) gegenüber. Wechselt man zu einem Gerät mit 20 Prozent Verbrauchseinsparung, spart man jährlich 800 Mega-Joule. Dafür muß aber ein neues Gerät mit 5.300 Mega-Joule produziert werden, das sich erst nach über 6 Jahren durch die Stromersparung amortisieren würde. Bei einem Gerät mit 40 Prozent Einsparung würde sich die Zeit entsprechend auf 3 Jahre verkürzen.

Bei Verbrauchsgütern wie Wasch- oder Reinigungsmitteln stellt sich die Frage der Dosierung. Hohe Produktdosierungen sind möglicherweise für den Reinigungsvorgang gar nicht erforderlich, belasten aber zusätzlich die Umwelt.

Schließlich ist es wichtig, daß der Verbraucher das Produkt so auswählt, daß es für seine Zwecke geeignet und nicht überdimensioniert ist.



▲ Bei Verbrauchsgütern wie Wasch- oder Reinigungsmitteln stellt sich die Frage der Dosierung. Hohe Produktdosierungen sind möglicherweise für den Reinigungsvorgang gar nicht erforderlich, belasten aber zusätzlich die Umwelt.

▼ Prüfen Sie den Stromverbrauch Ihrer Elektrogeräte mit einem Strommeßgerät und wägen Sie ab, ob es sich rentiert, ein altes Gerät mit hohem Energieverbrauch durch ein neues Gerät mit niedrigem Energieverbrauch zu ersetzen.



▲ Bei der Altpapiersammlung wird das Papier als Wertstoff gesammelt, aufbereitet und als Sekundärrohstoff wieder im Produktionsprozeß eingesetzt.

◀ Abfallbeseitigung kann Verbrennung oder Deponierung bedeuten. Beide Alternativen sind sehr umstritten, da beide Möglichkeiten erhebliche ökologische Risiken in sich bergen.



## Thema „Entsorgung“

Bei der Entsorgung gilt der Vorrang „Vermeiden vor Verwerten vor Beseitigen“. Die beste Vermeidung ist die Verwendung von Produkten, die eine lange Lebensdauer haben oder mehrmals verwendet werden können, wie Mehrweg-Glasflaschen.

Bei der Verwertung wird zwischen stofflicher und thermischer Verwertung unterschieden. Das eigentliche Recycling ist eine stoffliche Verwertung: Wertstoffe werden gesammelt, aufbereitet und als Sekundärrohstoffe wieder im Produktionsprozeß eingesetzt. Beispiele dafür sind Altpapier oder Schrott aus Weißblechdosen.

Bei der sogenannten thermischen Verwertung wird zumindest noch der Energieinhalt der Reststoffe genutzt. Wird zum Beispiel Papier verbrannt, kann mit der Energie in einem Müllheizkraftwerk noch Wärme und Strom erzeugt werden. Dadurch wird der Verbrauch an anderen Energieträgern verringert.

Ob die stoffliche oder die thermische Verwertung unter ökologischen Gesichtspunkten günstiger ist, ist sehr umstritten und hängt auch von dem jeweils betrachteten Fall ab.

Abfallbeseitigung kann wiederum Verbrennung oder Deponierung bedeuten. Auch diese beiden Alternativen sind sehr umstritten. Sicher ist nur, daß beide Möglichkeiten erhebliche ökologische Risiken in sich bergen. Den Emissionen der Müllverbrennung (Dioxine!) stehen beispielsweise die Grundwassergefährdung und die treibhausrelevanten Methanemissionen der Deponie gegenüber.

Dies unterstreicht die Bedeutung der Vermeidung und Verwertung von Reststoffen. Bereits beim Kauf sollte der Verbraucher darauf achten, wie er das Produkt später entsorgen kann. Besteht es aus Materialien, die leicht verwertbar sind (Metalle, Glas, Papier), oder sind Verbundstoffe enthalten, die sich erheblich schwieriger verwerten lassen? Ist das Produkt so gebaut, daß es aus möglichst wenig verschiedenen Materialien besteht oder daß es leicht in seine Einzelteile zerlegbar ist? Übrigens stellt der Verbrauch von bestimmten Verbrauchsgütern auch eine Art der Entsorgung dar: Reinigungsmittel, Lösemittel und andere Chemikalien gelangen so ständig in die Umwelt, häufig sogar dort, wo sie den Menschen direkt schädigen können: in der Wohnung, im Garten...



# Anhang

Rohstoffe, Hilfsstoffe oder Energien werden innerhalb des Systems letztendlich – also nach der Nutzung eines Produktes – umgewandelt zu Emissionen in Luft und Wasser, in Abfälle, Abwärme...

## Für diejenigen, die´s genauer wissen wollen: Die Methodik der Ökobilanz

In der internationalen Diskussion hat man sich in den vergangenen Jahren auf eine Standardstruktur zur Durchführung von produktbezogenen Ökobilanzen geeinigt. Sie wird in Anlehnung an die Vorschläge verschiedener Expertengruppen, etwa der Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), demnächst auch von der Internationalen Standardisierungsorganisation (ISO) übernommen. Danach besteht eine produktbezogene Ökobilanz künftig aus folgenden Komponenten:

- Zieldefinition und Rahmenfestlegung,
- Sachbilanz,
- Wirkungsbilanz und Bilanzbewertung,
- Schwachstellenanalyse.

Bis heute werden allerdings auch Teile davon, etwa die reine Sachbilanz, noch als Ökobilanz bezeichnet. Der Grund liegt darin, daß die Wirkungsbilanz und die Bewertung außerordentlich schwierig und teilweise auch politisch umstritten sind. Eine international einheitliche Methodik der Wirkungsbilanz und Bewertung ist in absehbarer Zeit nicht zu erwarten.

Mit der Zieldefinition und Rahmenfestlegung zu Beginn einer Untersuchung soll gewährleistet werden, daß frühzeitig die richtige Fragestellung zur Durchführung der jeweiligen Ökobilanz erkannt und die Untersuchung darauf abgestimmt wird. Eine Ökobilanz kann einen ökologischen Produktvergleich zum Ziel haben, den Einfluß einer größeren Produktgruppe (Windeln, Verpackungen) auf die deutschen Abfallmengen betrachten, einer ökologischen Optimierung des Lebensweges oder nur eines speziellen Prozeßabschnittes eines Produktes dienen.

An dieses Ziel muß die Ökobilanz in der Wahl der funktionellen Einheit (Produkteinheit), auf die alle Angaben bezogen werden, in der Festlegung der sachlichen, räumlichen und zeitlichen Bilanzgrenzen und in der Detaillierung der Prozeßdaten angepaßt sein. Je nach Anspruch kann mit verallgemeinerten und gemittelten Prozeßdaten gearbeitet werden, oder es müssen betriebs- und prozeßspezifische Daten zur Beschreibung eines speziellen Produkt-Lebensweges berücksichtigt werden. Letzteres ist besonders bei dem Ziel einer Schwachstellenanalyse wichtig.

Idealerweise wird bereits in der Zieldefinition und Rahmenfestlegung auch die Methode für die Wirkungsbilanz und Bewertung festgelegt. Dies ist



umso wichtiger, als eine Standardisierung dieser Schritte derzeit nicht in Sicht ist.

Das Kernstück einer Ökobilanz ist die Sachbilanz mit ihrem quantitativen Mengengerüst. Sie bilanziert die ökologisch relevanten Stoff- und Energieströme über den zu betrachtenden Bilanzraum und weist sie als eine Input- und Outputbilanz des betrachteten Systems aus. Rohstoffe, Hilfsstoffe oder Energien werden im System letztendlich – also nach der Nutzung eines Produktes – umgewandelt zu Emissionen in Luft und Wasser, in Abfälle, Abwärme...

Formal betrachtet müßte die Summen aller Stoffe oder Energien auf der Inputseite der Bilanz mit denen auf der Outputseite übereinstimmen. In der Praxis wird darauf allerdings verzichtet, da zahlreiche Stoffströme nicht genau erfaßbar sind (beispielsweise Wasserverdunstung) oder für die Bilanz keinen zusätzlichen Aussagegehalt (Luftsauerstoff zur Verbrennung) besitzen.

Eine Sachbilanz kann in vier Stufen unterteilt werden:

- Allgemeine Modellierung der Prozeßstruktur,
- Datensammlung,
- Zusammenführen von Daten und Prozeßstruktur,
- Berechnung der Input- und Outputströme.

Bei der Modellierung der Prozeßstruktur muß der Lebensweg des Produktes „von der Wiege bis zur Bahre“ skizziert werden. Dazu gehören die verschiedenen Prozesse der Rohstoffgewinnung, der Produktion von Vorprodukten, der Herstellung selbst, der Transportvorgänge, der Distribution, der Nutzung, der Entsorgung und gegebenenfalls der Reststoffverwertung. Je nach Detaillierungsgrad werden diese Abschnitte wiederum in einzelne Prozeßschritte unterteilt. Eine Produktbilanz kann dadurch schnell einen Umfang von mehreren hundert Prozessen umfassen. Die schwierigste Frage ist deshalb, auf welche wesentlichen

Prozesse man sich beschränken kann. Die Berücksichtigung der Produktionsketten aller Vorprodukte, auch wenn sie nur in kleinsten Mengen im Produkt eingesetzt werden, oder aller Betriebsstoffe ist aus Aufwandsgründen nicht möglich und würde unweigerlich zum „Weltmodell“ führen.

Ein weiteres Problem sind die Produktionsanlagen und die Infrastruktur, beispielsweise die Straßen oder sogar die Fahrzeuge, die für einen Transport benötigt werden. In den meisten Ökobilanzen wird der Bau und die Bereitstellung von Produktionsanlagen und Infrastruktur nicht berücksichtigt, sondern lediglich die Flußgrößen. So wird bei einem Kohlekraftwerk zwar der ständige Kohleeinsatz für die Stromerzeugung berücksichtigt, nicht aber der Stahlbedarf für den Bau des Kraftwerks. Bei Transporten berücksichtigt man den Treibstoffverbrauch, aber nicht den Energieverbrauch zum Bau des Fahrzeugs und des Fahrwegs.

In den letzten Jahren hat sich dies geändert. Immer häufiger werden nun auch die Aufwendungen oder Materialvorleistungen für die Bereitstellung der Anlagen oder Infrastruktur in die Bilanz einbezogen. Der damit verbundene Rohstoffverbrauch oder die Emissionen müssen über die Nutzungsdauer abgeschrieben und dem Produkt, beispielsweise dem erzeugten Strom, entsprechend angerechnet werden. Untersuchungen aus der Schweiz haben gezeigt, daß diese Aufwendungen und Materialvorleistungen für Produktionsanlagen und Infrastruktur einen beträchtlichen Einfluß auf eine Ökobilanz haben kann.

Wenn man sich dazu entscheidet, die Produktionsanlagen und Infrastrukturen in die Bilanz einzubeziehen, muß es aus Konsistenzgründen allerdings durchgängig im Lebensweg oder in der Prozeßstruktur erfolgen. Dazu fehlen in den meisten Fällen noch die erforderlichen Daten.

Hat man die Prozeßstruktur festgelegt, so kann man zu den einzelnen Prozessen die entsprechenden Daten sammeln oder erheben. Üblicherweise beschreibt man die Einzelprozesse modular mit Input-/Outputlisten. Eine Prozeßstruktur oder ein Lebensweg entsteht dann durch die Verkettung verschiedener Module. Der Output des einen Moduls fließt als Input in das nächste Modul und bestimmt durch seine Menge dort die Emissionen oder den Energieverbrauch.

Der Vorteil einer solchen Herangehensweise ist, daß die Module als kleinste Untersuchungseinheit, für die Einzeldaten ausgewiesen sind, auch für andere Ökobilanzen verwendet werden können. Die Datensätze können betriebs- oder prozeßspezifisch sein, das heißt sie beziehen sich dann

auf eine spezielle Anlage, die unter bestimmten Bedingungen betrieben wird. Dies muß aber nicht typisch für diesen Prozeß bei anderen Unternehmen sein. Will man dagegen durchschnittliche Daten verwenden, so wird man über mehrere betriebspezifische Datensätze mitteln oder verallgemeinerte Datensätze aus der Fachliteratur beziehungsweise als Expertenschätzung verwenden.

Ein großes Problem ist der Detaillierungsgrad der zu berücksichtigenden Stoffe innerhalb dieser Datensätze. Die Datenlage ist für die diversen Prozesse sehr unterschiedlich. Manchmal existiert höchstens die Angabe des Energiebedarfs eines Prozesses, in anderen Fällen liegen umfangreiche Listen der emittierten Stoffe vor. Der Detaillierungsgrad einer Ökobilanz muß für alle berücksichtigten Prozesse ungefähr gleich sein, da Abweichungen bei Prozeß- oder Produktvergleichen sonst eher in der heterogenen Datenlage als in echten Unterschieden begründet liegen.

Ein anschauliches Beispiel hierfür sind die in Verpackungsoökobilanzen ausgewiesenen Dioxinmissionen. Sie sind meistens auf den Prozeß der Müllverbrennung zurückzuführen, da hier die Datenlage sehr umfangreich ist. Die Dioxinmissionen von Transportvorgängen oder bei der Metallverhüttung sind dagegen mangels Daten kaum berücksichtigt. Produkte, die bei der Entsorgung verbrannt werden (zum Beispiel Kartons), werden dadurch mit im Vergleich hohen Dioxinwerten belastet werden. Konkurrenzprodukte (zum Beispiel Metall Dosen) schneiden aber möglicherweise zu Unrecht so gut ab.

Nach der Zusammenführung der Einzeldaten und der für den jeweiligen Lebensweg relevanten Prozeßstruktur können schließlich die Input- und Outputströme des Lebensweges, bezogen auf die funktionelle Einheit, berechnet werden.

Die Erstellung einer Prozeßstruktur, die Verwaltung der umfangreichen Daten und schließlich die Berechnung selbst erfolgt inzwischen mit speziellen Computerprogrammen. Es handelt sich teilweise um sehr teure Programme für den professionellen Anwender. Sie basieren auf verschiedenen methodischen Ansätzen; am gebräuchlichsten sind derzeit das sogenannte Matrixverfahren und das Verfahren der Stoffstromnetze. Beispiele hierfür sind das schweizerische „EcoPro“ der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt und „Umberto“ des Hamburger ifu-Instituts für Umweltinformatik.

## Die Ökobilanzen im Zahlenspiegel

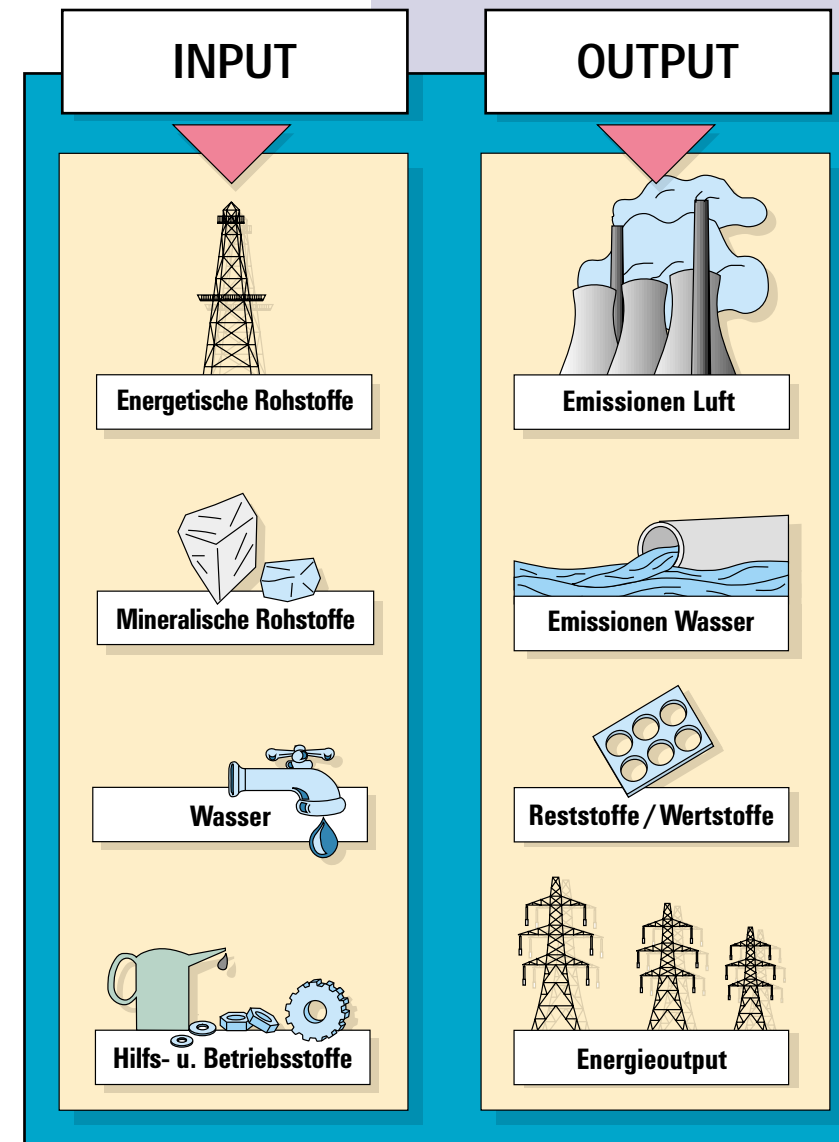
Die Ergebnisse von Sachbilanzen bestehen vor allem aus einer Aufzählung aller Inputströme, wie Rohstoffe und Energieträger, und aller Outputströme des Lebensweges, wie Emissionen oder Abfälle. Daneben wird auf der Inputseite auch der Verbrauch von Hilfs- und Betriebsstoffen aufgezählt. Diese Stoffe werden nur in ihren verbrauchten Mengen aufgelistet, ihre Produktion bis zurück zum Rohstoff wird außer acht gelassen. Ebenso wird auf der Outputseite die Abgabe verschiedener Reststoffe, wie beispielsweise weiterverwendbare Altkunststoffe, und die Menge der im Lebensweg zusätzlich abgegebenen nutzbaren Energie lediglich in der Höhe aufgeführt. Damit ergeben sich folgende Gruppen, in denen die Daten der Sachbilanz angeordnet sind:

Für alle diese Gruppen werden in den folgenden Darstellungen nicht nur die Daten des gesamten Lebensweges wiedergegeben (siehe Diagramm in der Mitte), sondern auch die Verteilung auf die verschiedenen Abschnitte des Lebensweges (siehe umliegende Diagramme).

Während bei Kühlschränken und Papier der Lebensweg in die Phasen: Materialherstellung, Produktherstellung, Gebrauch/Distribution und Entsorgung des Produktes eingeteilt werden, sind die Daten zu Milchverpackungen in die Bereiche Produktion (inklusive des Spülens der Mehrwegflaschen), Energieerzeugung, Transport und Entsorgung gegliedert (Erläuterungen siehe S. 13).

Die Berechnungen haben im Bereich der Kühlschränke und des Papiers Modellcharakter. Sie basieren beim Papier auf eigenen Berechnungen unter der Verwendung verschiedener Quellen, unter anderem aus dem Programm „Umberto“, der Arbeiten von W.-P. Schmidt (1994) und Virtanen, Y. und Nilsson (1993). Die Kühlschrankdaten beruhen auf einer Umrechnung der Ökobilanz von Hofstetter (1990), wobei im wesentlichen eine deutsche Energieerzeugung zugrundegelegt wurde und auf eine Anrechnung von Gutschriften für Materialrecycling verzichtet wurde. Die Daten zu Getränkeverpackungen beruhen auf einer Umrechnung und Auswertung der Ergebnisse der Sachbilanz, die von der Projektgemeinschaft Lebenswegbilanzen für das Umweltbundesamt erstellt wurde.

Weitere Informationen zu den betrachteten Produkten und den Annahmen finden sich im zum jeweiligen Produkt gehörenden Kapitel und in der zitierten Literatur.

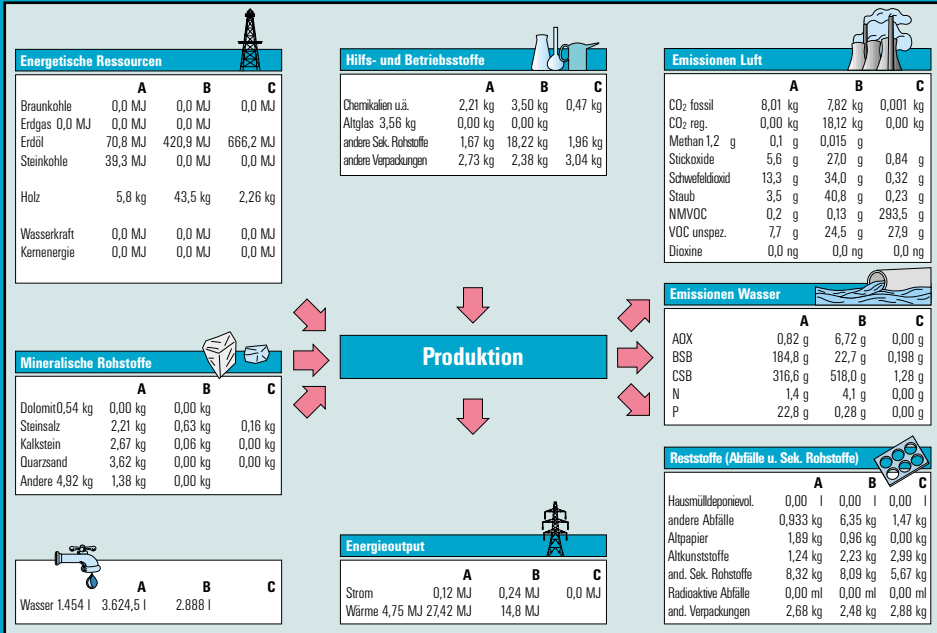


# Getränke- verpackungen

(Ökobilanz einer Berliner  
Mehrwegflasche aus Glas)

## Gesamter Lebensweg

Die Summe der vier Teilbilanzen.

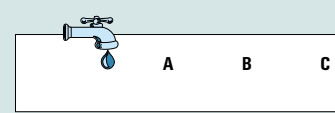
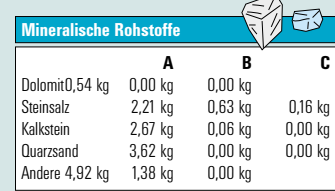
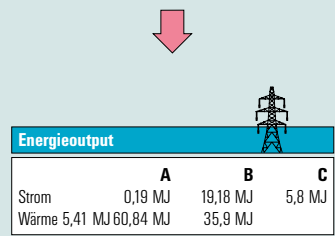
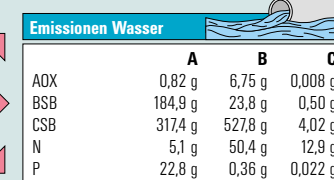
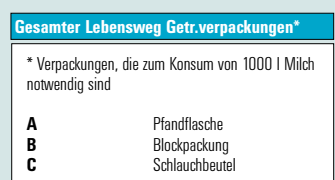
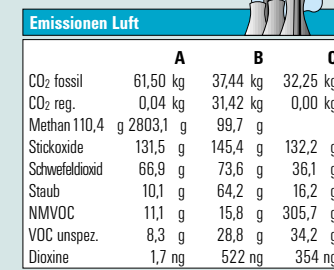
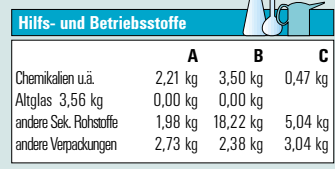
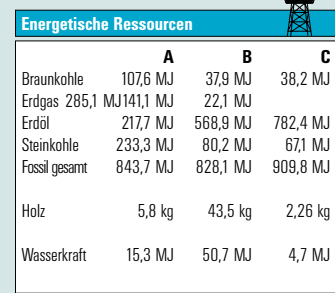


## Produktion

Hierzu zählen die Produktionsvorgänge im engeren Sinne sowie das Ausspülen der Pfandflasche.

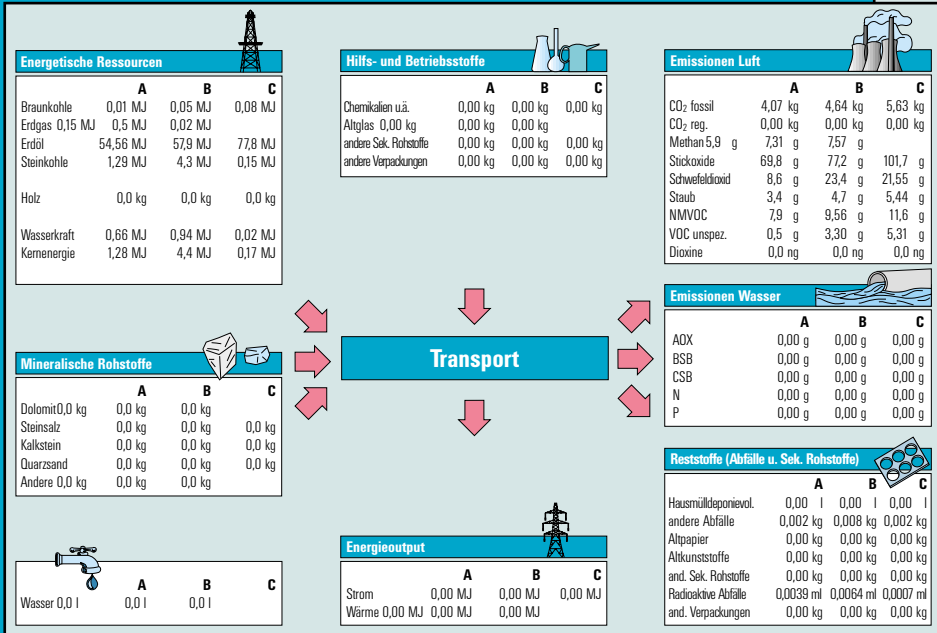
## Energie

Hier werden alle Energieerzeugungsprozesse, die während des Lebensweges der Verpackung notwendig sind, zusammengefasst.



**Gesamter Lebensweg Getr.verpackungen\***  
\* Verpackungen, die zum Konsum von 1000 l Milch notwendig sind

	A	B	C
Pfandflasche			
Blockpackung			
Schlauchbeutel			

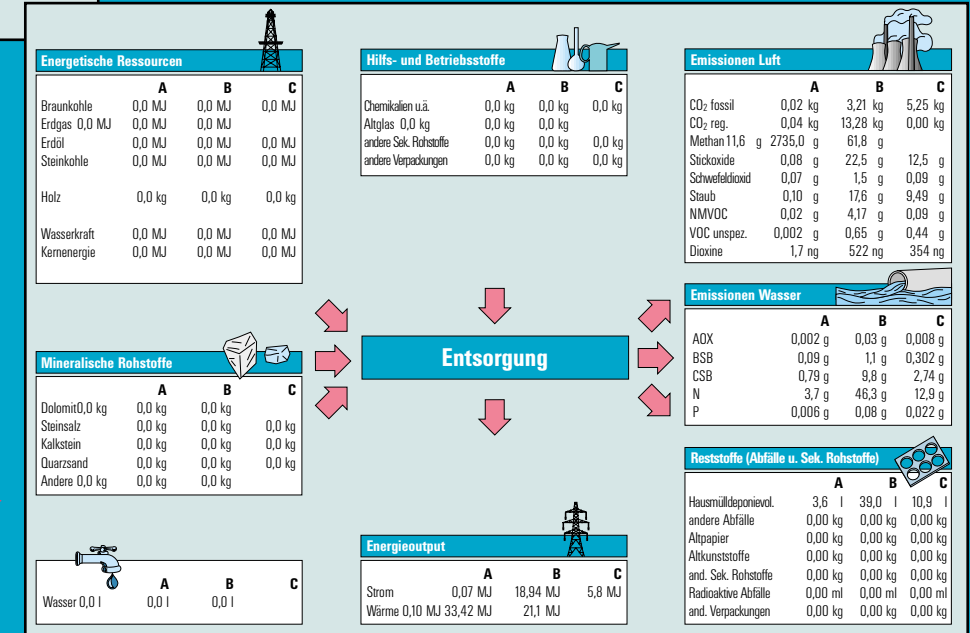


## Transport

Hier werden alle Transportvorgänge, die während des Lebensweges der Verpackung notwendig sind, zusammengefasst.

## Entsorgung

In dieser Teilbilanz sind die Umweltauswirkungen der Entsorgung der Verpackung zusammengefasst. Das Bezugsjahr für die Entsorgung ist 1993.





# Kühlschränke

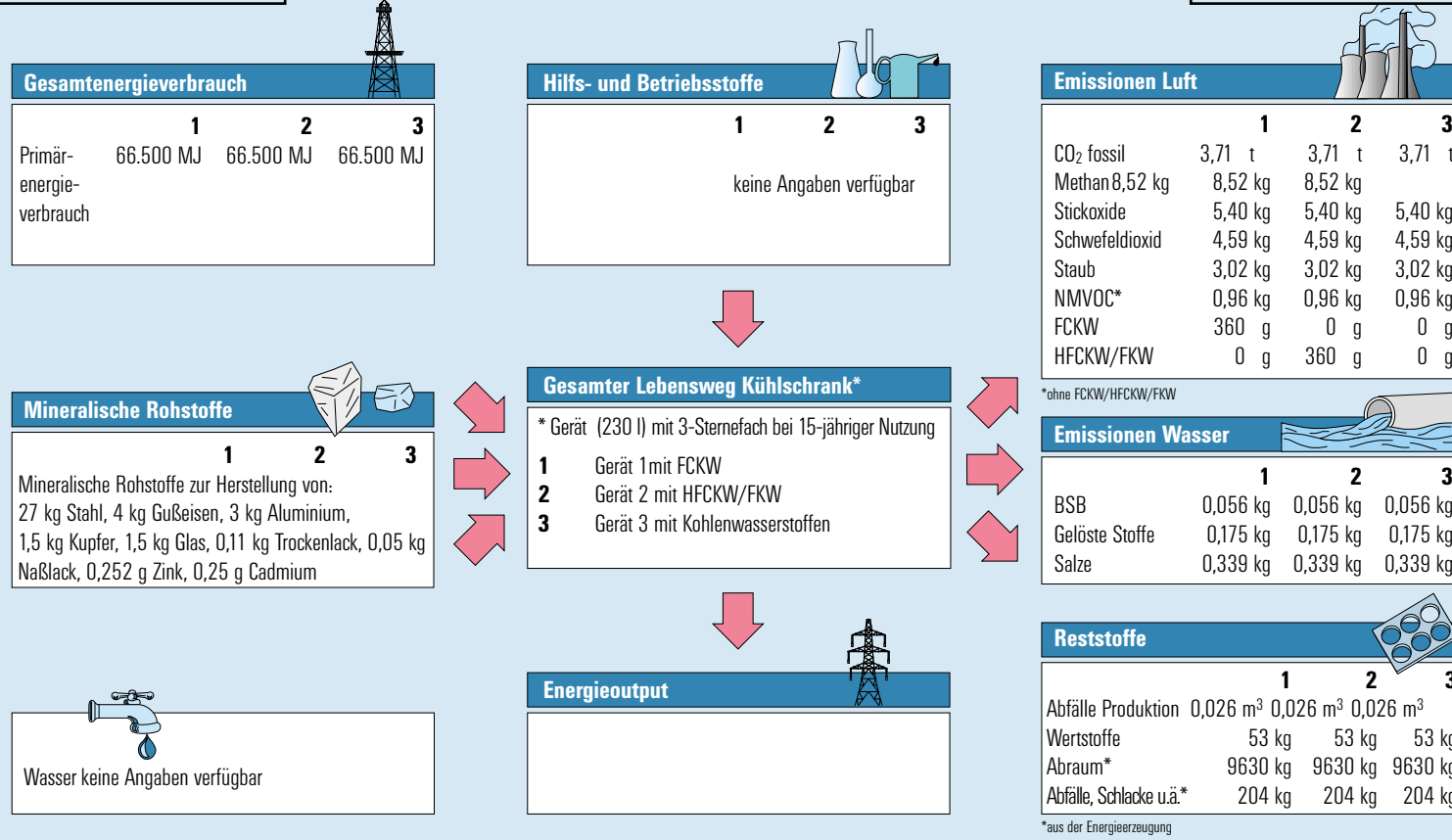
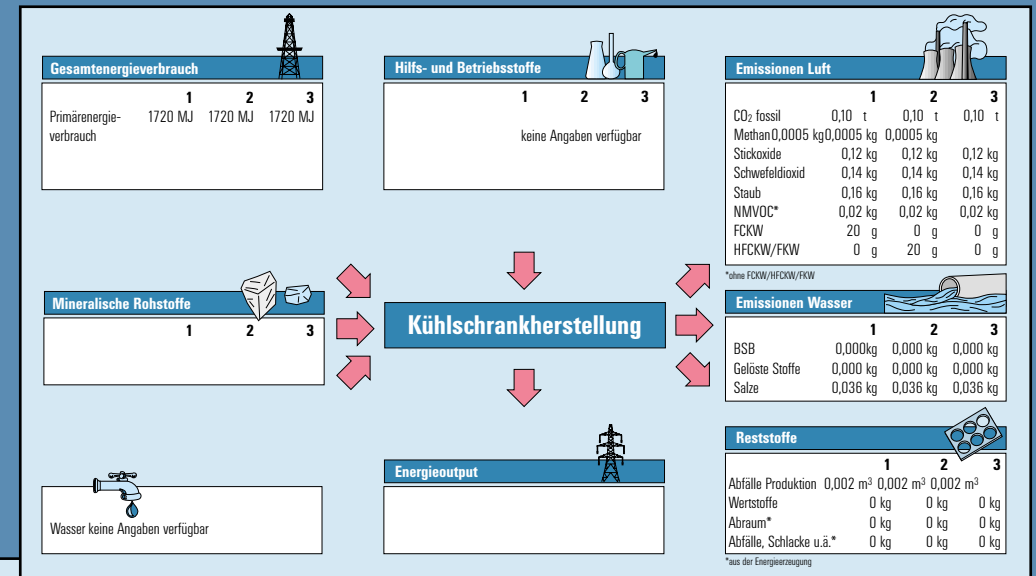
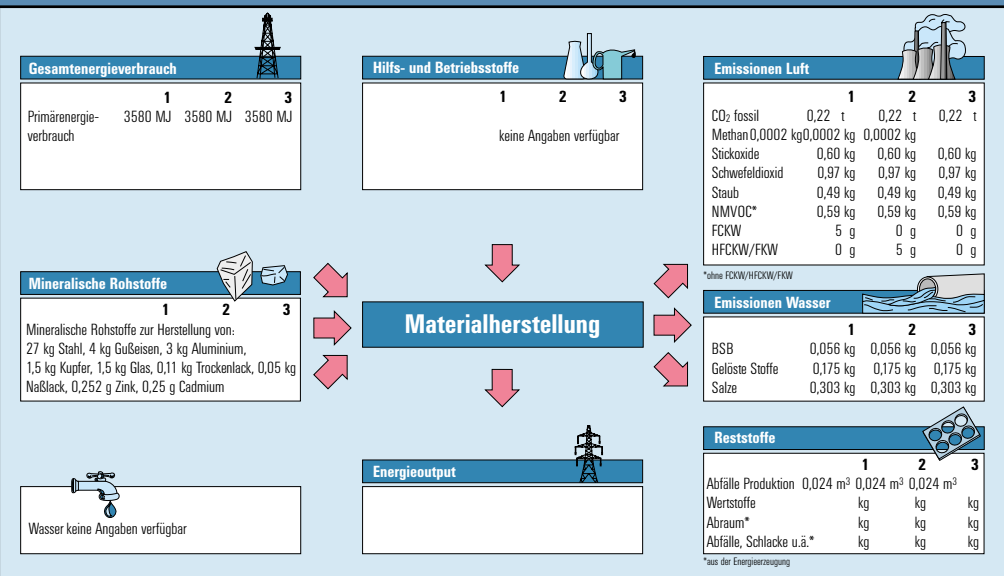
**Gesamter Lebensweg**  
Die Summe der vier Teilbilanzen.

## Materialherstellung

Normalerweise gehören dazu alle Materialien, aus denen ein Kühlschrank besteht. In diesem Fall wurden nur die energetischen Rohstoffe berücksichtigt. Die mineralischen Rohstoffe sind überhaupt nicht quantifizierbar.

## Kühlschränkerstellung

Hierzu zählt die eigentliche Geräteherstellung. Die Freisetzung an FCKW während der Produktion ist inbegriffen.

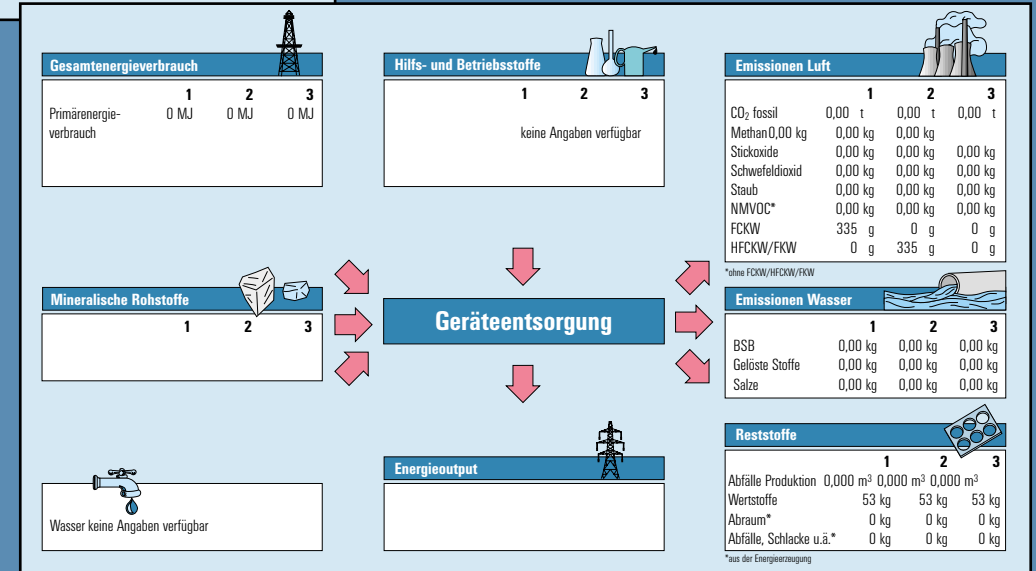
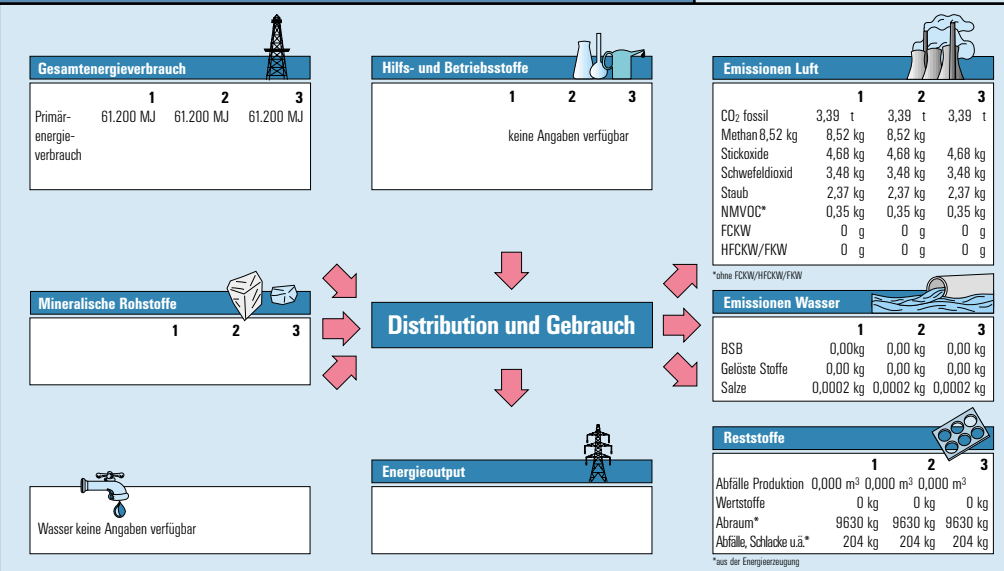


## Distribution und Gebrauch

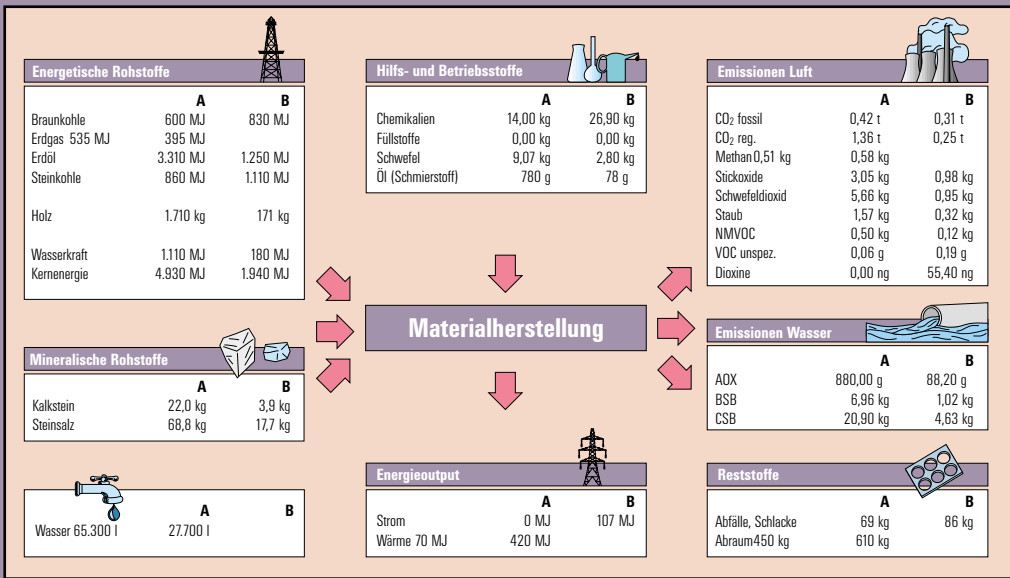
Diese Teilbilanz enthält insbesondere den Stromverbrauch der Geräte während der Nutzungsphase.

## Geräteentsorgung

Vereinfacht wird hier nur die Freisetzung der FCKW erfaßt. Auf Gutschriften für das Recycling der Wertstoffe wird verzichtet.



# Graphische Papiere

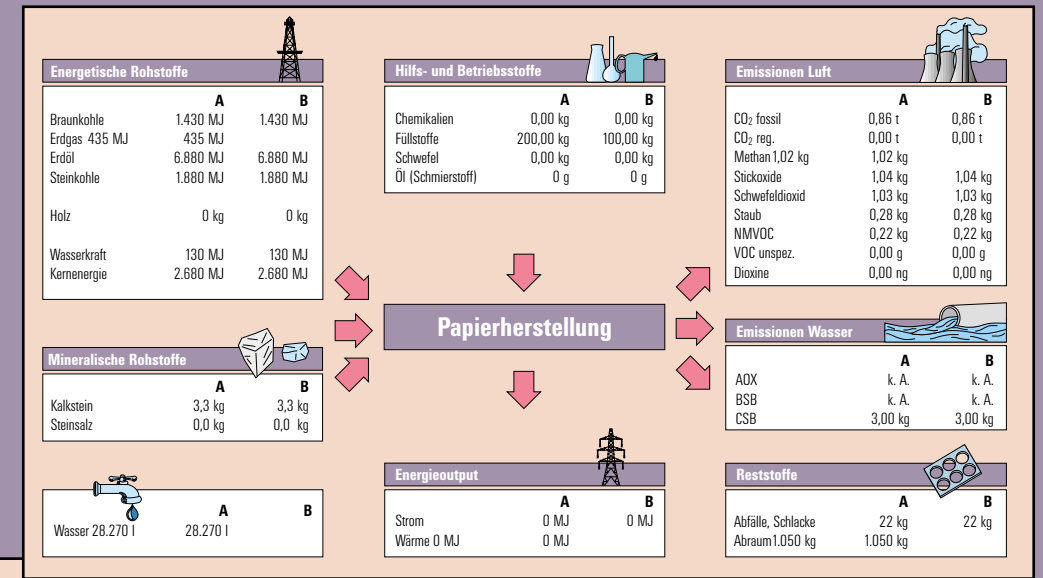


### Materialherstellung

Dazu gehören in diesem Fall die Herstellung der Fasern, die Produktion von Holz und einigen wichtigen Chemikalien sowie die Altpapieraufbereitung.

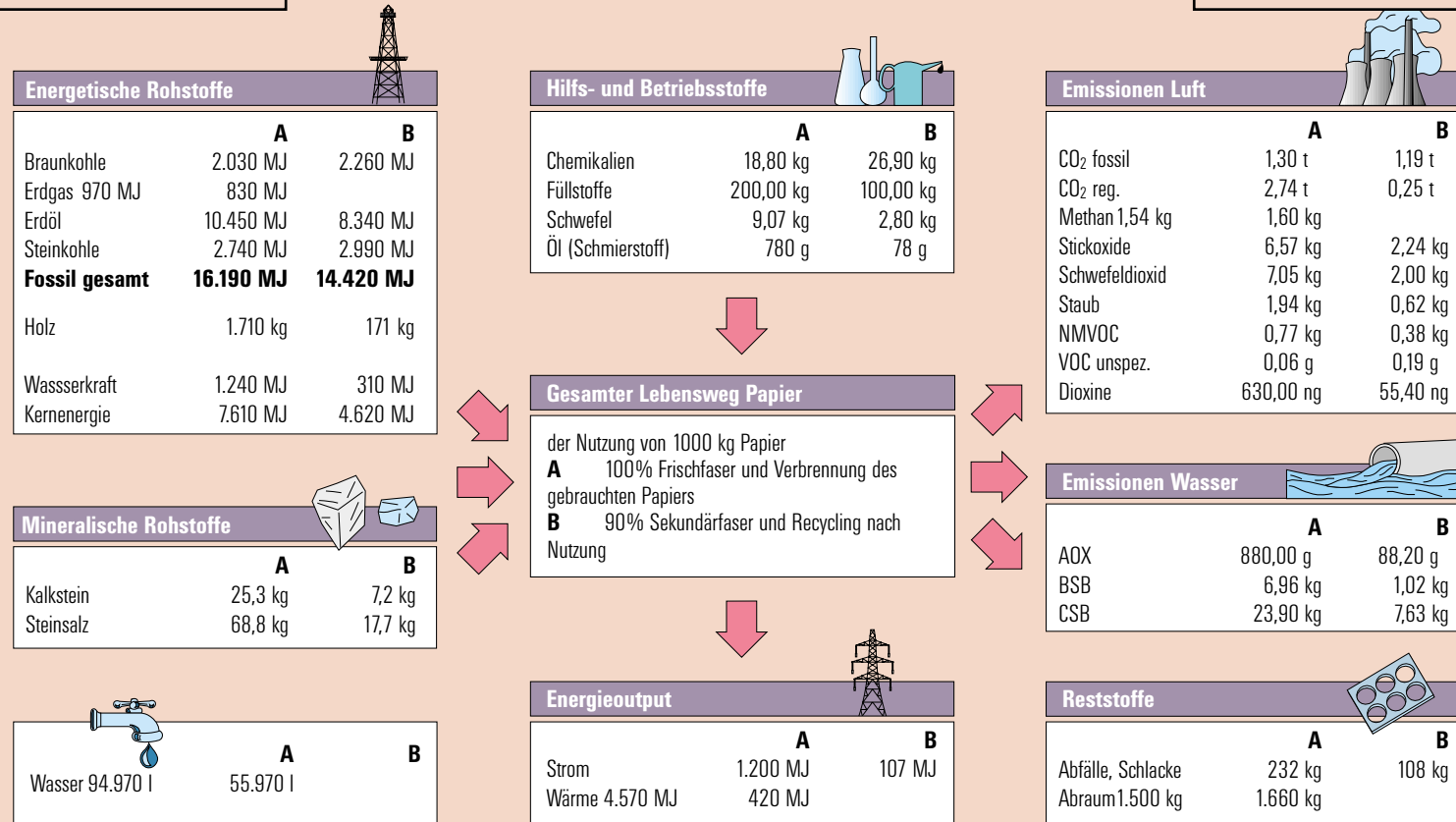
### Papierherstellung

In dieser Teilbilanz wird die eigentliche Papierherstellung erfaßt.



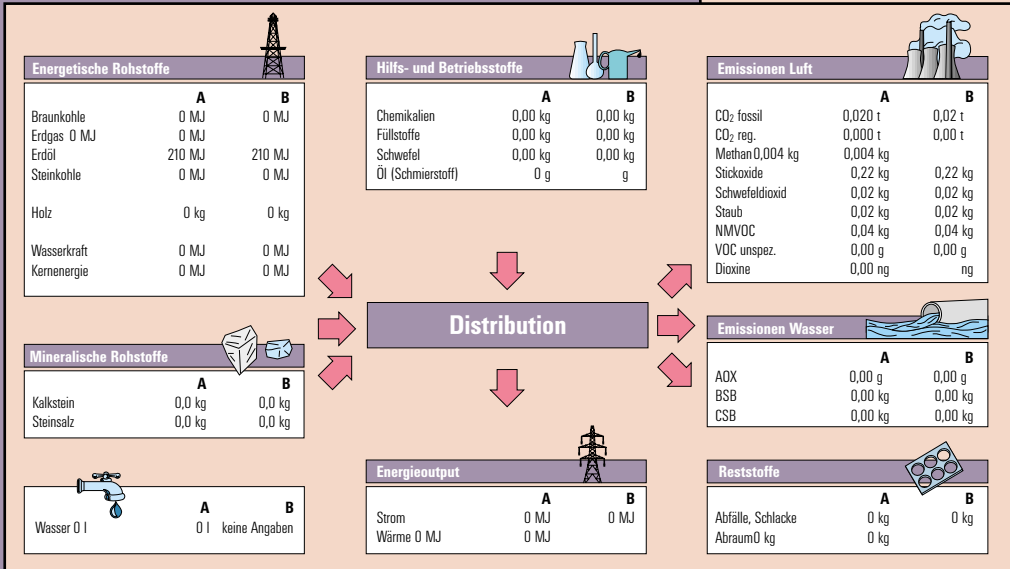
### Gesamter Lebensweg

Die Summe der vier Teilbilanzen.



### Gesamter Lebensweg Papier

der Nutzung von 1000 kg Papier  
**A** 100% Frischfaser und Verbrennung des gebrauchten Papiers  
**B** 90% Sekundärfaser und Recycling nach Nutzung

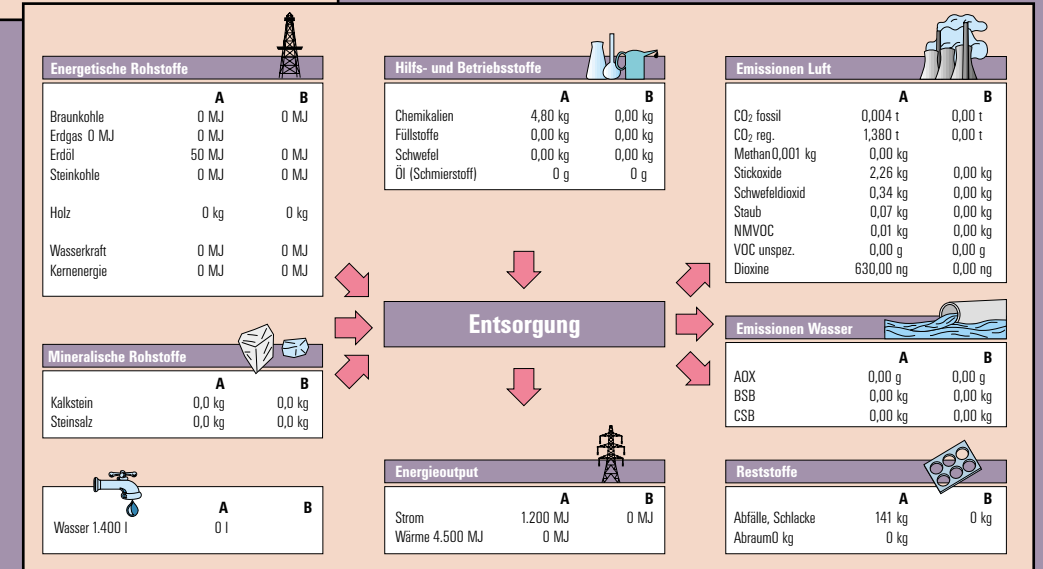


### Distribution

Da nur „Schreibpapier“ betrachtet wird, muß hier nur die Distribution berücksichtigt werden. Bei Druckpapier käme noch der Druckvorgang hinzu.

### Entsorgung

Die Entsorgung des Produktes betrifft hier nur das Papier aus Frischzellstoff ohne Recycling. Es wird verbrannt.



**Braunschweig, Arthur (1988):**

Die ökologische Buchhaltung als Instrument der städtischen Umweltpolitik. Grösch

**Braunschweig, Arthur; Müller-Wenk, Ruedi (1993):**

Ökobilanzen für Unternehmungen. Bern

**van den Berg, N.W. et al. (1995):**

Beginnung LCA. A guide into environmental Life Cycle Assessment. Centre of Environmental Science (CML). Leiden

**Curran, Mary Ann (1993):**

Broad-Based Environmental Life Cycle Assessment. In: Environ. Sci. Technol., Vol. 27, No. 3, p. 430-436

**Deutsches Institut für Normierung DIN (1994):**

Grundsätze produktbezogener Ökobilanzen. DIN-Mitteilungen 73, Nr. 3

**Enquête-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (1994):**

Band 4, Verkehr. Studienprogramm, Teilband II. Bonn

**Frischknecht, Rolf et al. (1994):**

Ökoinventare für Energiesysteme. Studie an der ETH Zürich im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft Zürich

**Giegrich, Jürgen; Mampel, Ulrich et al. (1995):**

Bilanzbewertung in produktbezogenen Ökobilanzen. Im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin. Heidelberg

**Günther, A. et al. (1995):**

Aggregierte Sachökobilanz-Ergebnisse für Frischmilch- und Bierverpackungen. In: Verpackungs-Rundschau 3/1995, S. 53-58

**Habersatter, K. (1991):**

Ökobilanzen von Packstoffen. Stand 1990. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Bern

**Heintz, Andreas; Reinhardt, Guido (1990):**

Chemie und Umwelt. Vieweg, Braunschweig

**Hofstetter, Patrick (1990):**

FCKW-Einsatz und Entsorgung in der Kälte- und Klimatechnik - mit ökologischem Vergleich heutiger Kältschranksysteme und Ausblick auf alternative Systeme. Im Auftrag der Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich und des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft Bern. Schaffhausen

**Houghton, J. T. et al. (1995):**

Climate change 1994. Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenario. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge

**Hulpke, H.; Marsmann, M. (1994):**

Ökobilanzen und Ökovergleiche. In: Nachr. Chem. Techn. Lab. 42, Nr. 1, S. 11-27

**ifeu (1994):**

Ökobilanzen für Verpackungen. Teilbericht: Energie - Transport - Entsorgung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin. Heidelberg

**ifu/ifeu (1995):**

Benutzerhandbuch zu UMBERTO - Ein interaktives Programm zur Erstellung von Ökobilanzen auf der Basis von Stoffstromnetzen. Hamburg/Heidelberg

**Lotz, H. (1994):**

Kohlenwasserstoffe als Kälte- und Isoliermittel in Haushaltsgeräten. Ki Luft- und Kältetechnik 10/1994

**Mampel, Ulrich et al. (1994):**

FCKW-Substitution in der Dritten Welt - Stand und Perspektiven. Im Auftrag der Gesellschaft für technische Zusammenarbeit GTZ. Heidelberg

**Projektgemeinschaft Lebenswegbilanzen (1992):**

Methode für Lebenswegbilanzen von Verpackungssystemen. München/Wiesbaden/Heidelberg

**Projektgemeinschaft Lebenswegbilanzen (1993):**

Sachökobilanz für Getränkeverpackungen, Stand Okt.. München/Wiesbaden/Heidelberg

**Reinhardt, Guido (1993):**

Energie- und CO2-Bilanzierung nachwachsender Rohstoffe. Viweg, Braunschweig

**Schaltegger, Stefan; Kubat, Ruedi (1994):**

Das Handwörterbuch der Ökobilanzierung. Begriffe und Definitionen. Wirtschaftswissenschaftliches Zentrum der Universität Basel. WWZ-Studie Nr. 45

**Schmidt, Mario; Schorb, Achim (1995):**

Stoffstromanalysen für Ökobilanzen und Öko-Audits. Springer, Berlin/Heidelberg

**Schmidt, W.-P. (1994):**

Life Cycle Assessment (LCA) zur Bestimmung der ökologisch optimalen Recyclingrate von Papier. Diplomarbeit an der TU Berlin

**Society of Environmental Toxicology and Chemistry**

**(SETAC) - Europe (1992):**

Life-Cycle Assessment. Brussels

**Spreng, Daniel (1995):**

Graue Energie. Energiebilanzen von Energiesystemen. Zürich

**Tiedemann, A. (1992):**

Umweltargumente zum Recyclingpapier. Umweltbundesamt. Berlin

**Tiedemann, A. (1994):**

Die ökologische Bewertung von Papier am Beispiel des Umweltzeichenentwurfes der Europäischen Gemeinschaft. Vortrag auf der UTECH, Seminar Ökobilanzen. Berlin  
Umweltbundesamt (1992): Ökobilanzen für Produkte. UBA-Texte 38/92. Berlin

**Umweltbundesamt (1994):**

Materialien des Umweltbundesamtes zur produktbezogenen Ökobilanz. Fachgebiet I 1.5. Berlin

**Umweltbundesamt (1995):**

Ökobilanz für Getränkeverpackungen. Teil A: Methode zur Berechnung und Bewertung von Ökobilanzen für Verpackungen. Fachgebiet III 3.3. Berlin

**Verband Deutscher Papierfabriken (1995):**

Papier '95. Bonn

**Virtanen, Y.; Nilsson, S. (1993):**

Environmental Impacts of Waste Paper Recycling. International Institute for Applied Systems Analysis. Earthscan Publications. London

# Literatur

# Kontaktadressen

## Beratungs- oder Informationsstellen zu Produkten in Berlin

**Verbraucherzentrale Berlin**

Bayreuther Str. 40

10787 Berlin

Tel.: (0 30) 2 19 07-0

Allee der Kosmonauten 69

12681 Berlin

Tel.: (0 30) 5 42 80 91

**Stiftung Warentest**

Lützowplatz 11-13

10785 Berlin

Tel.: (0 30) 26 31-0

**Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz**

Lindenstr. 20-25

10958 Berlin

Tel.: (0 30) 8 97 82 -0

**Aktionszentrum Umweltschutz**

Bürgerberatung „Umwelt + Energie“

Theodor-Heuss-Platz 7

14052 Berlin

Tel.: (0 30) 3 01 56 44

## Umweltverbände

**BUND–Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.**

Bundesgeschäftsstelle

Im Rheingarten 7

53225 Bonn

Tel.: (02 28) 4 00 97-0

**BUND–Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.**

Landesverband Berlin, Geschäftsstelle

Crellenstr. 35

10827 Berlin

Tel.: (0 30) 7 82 50 15

**Deutscher Naturschutzring (DNR)**

Kalkuhlstr. 24

53227 Bonn

Tel.: (02 88) 44 15 05

**Greenpeace e. V.**

Vorsetzen 53

20459 Hamburg

Tel.: (0 40) 3 11 86 -0

Chausseestr. 131

10115 Berlin

Tel. (0 30) 30 88 99-0

**Naturschutzbund Deutschland (NABU)**

Herbert-Rabius-Str. 26

53225 Bonn

Tel.: (02 28) 35 80 31

**Naturschutzbund Deutschland e.V.**

Landesgeschäftsstelle

Goltzstr. 5

10781 Berlin

Tel.: (0 30) 2 16 67 97

## Wissenschaftliche Institute

**ifeu–Institut für Energie- und Umweltforschung**

**Heidelberg GmbH**

Wilckensstr. 3

69120 Heidelberg

Tel.: (0 62 21) 47 67-0

**ifu Institut für Umweltinformatik Hamburg**

Im Winkel 3

20251 Hamburg

Tel.: (0 40) 46 20 33

**Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH (IÖW)**

Giesebrechtstr. 13

10629 Berlin

Tel.: (0 30) 8 84 59 40

**Öko-Institut e.V.**

Binzengrün 34 a

79114 Freiburg

Tel.: (07 61) 45 29 50

## Andere Institutionen

**Umweltbundesamt**

Mauerstr. 52

10117 Berlin

Tel.: (0 30) 89 03-0

**Senatsverwaltung für Wirtschaft und Technologie**

Martin-Luther-Str. 105

10825 Berlin

Tel.: (0 30) 78 76 -0 (ab Herbst 95)

## Informationen zur Kältschrankentsorgung in Berlin:

**BSR - Berliner Stadtreinigungsbetriebe**

Postfach 216

10123 Berlin

Tel.: (0 30) 75 92-28 00

(Umwelttelefon 9 00-12 00)

**Neben den hier genannten Adressen kann eine ausführliche Broschüre zu Kontaktadressen („Wer macht was im Umweltschutz?“) bei der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz bezogen werden.**

## Allokation

Oft werden in Prozessen mehrere Produkte gleichzeitig hergestellt. So produziert eine Raffinerie Benzin, Heizöl, verschiedene Gase und andere Erdölprodukte gekoppelt. Die Umweltauswirkungen, wie Emissionen oder der Energieverbrauch, müssen nun auf diese Produkte zugerechnet werden. Diesen Vorgang der Zurechnung nennt man Allokation.

## Aggregation

Aufsummierung oder Zusammenfassen verschiedener quantitativer Größen. Die Aggregation impliziert oft bereits eine Bewertung, da Annahmen über die Wirkung oder die relative Relevanz der einzelnen Größen zueinander miteinfließen. Sie sollte deshalb in Sachbilanzen vermieden werden.

## Betriebliche Ökobilanz

Die betriebliche Ökobilanz ist die Ökobilanz eines ganzen Betriebes. Im Gegensatz zur Produktbilanz endet die Bilanzierung der Umwelteinflüsse an den Grenzen des Betriebes, entweder bezogen auf einen Standort oder auf das Unternehmen. Sie umfaßt die Analyse aller Prozesse in einem Betrieb und bezieht sich deshalb auf alle in dem Betrieb hergestellten Produkte.

## Betriebsstoffe

Betriebsstoffe sind Stoffe, die nicht in das Produkt eingehen, aber zu dessen Herstellung notwendig sind. Dazu gehören etwa Schmiermittel, Löse- und Reinigungsmittel, Kühlwasser usw.

## Bewertung

Die Bewertung ist die letzte und schwierigste Stufe einer Ökobilanz, in der die unterschiedlichen ökologischen Wirkungspotentiale der Untersuchungsgegenstände (Produkte) zusammengefaßt, ihrer Bedeutung gemäß gewichtet und verglichen werden. Dabei müssen Abwägungen zwischen den unterschiedlichsten Umweltwirkungen getroffen werden.

## Bilanzraum

Unter Bilanzraum (auch: Bilanzgrenzen oder Systemgrenzen) wird der zeitliche, geographische und sachliche Rahmen der Ökobilanz verstanden. Er beinhaltet auch alle Abgrenzungen des Lebensweges. Zumeist werden unbedeutende Prozesse aus dem Lebensweg ausgeschlossen und nicht weiter betrachtet. Sie liegen dann außerhalb des Bilanzraumes. Dieser Ausschluß ist notwendig, um den Bilanzaufwand zu beschränken und sich auf die wesentlichen Beiträge zu konzentrieren.

## Eutrophierung

Die Eutrophierung bezeichnet die Düngung von Gewässern, beispielsweise durch Phosphateinleitungen, mit der Folge eines Algenwachstums. Durch den daraus folgenden Sauerstoffmangel kann das Gewässer „umkippen“.

## Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit (im engl. functional unit) beschreibt den Nutzwert eines Produktes oder einer Dienstleistung, die in einer Ökobilanz untersucht wird. Im einfachsten Fall ist sie ein Stück eines Produktes oder einmaliges Abtrocknen der Hände usw. Alle Ergebnisse einer Ökobilanz sind üblicherweise auf eine geeignete funktionelle Einheit bezogen.

## Hilfsstoffe

Hilfsstoffe sind Stoffe, die in das Produkt eingehen, ohne Rohstoff oder Vorprodukt aus dem betrachteten Lebensweg zu sein. Sie sind nicht wesentlicher Bestandteil des Produktes, sondern erfüllen lediglich eine Hilfsfunktion (Leim, Lack usw.).

## Improvement assessment

siehe Schwachstellenanalyse

## Input-/Outputbilanz

Für einen kompletten Lebensweg, für Teilabschnitte oder nur für einzelne Module werden die in den jeweiligen Bilanzraum einfließenden und die aus dem Bilanzraum ausfließenden Stoff- und Energieströme bilanziert. Ein Bezug auf eine funktionelle Einheit (z. B. ein Produktbezug) oder auf eine Zeitperiode (Geschäftsjahr) ist erforderlich.

## Kuppelprodukt

Bei vielen Produktionsprozessen entstehen mehrere wirtschaftsfähige oder nutzbare Produkte – eben Kuppelprodukte – gleichzeitig, obwohl nur eines davon in der Ökobilanz berücksichtigt werden soll. Rohstoffverbrauch, Emissionen usw. müssen dann den Kuppelprodukten geeignet zugerechnet werden (siehe Allokation).

## LCA oder Life Cycle Assessment

LCA ist der englische Fachbegriff für Produktökobilanz und heißt wörtlich übersetzt Lebensweganalyse.

## Erläuterung der Fachbegriffe

## Erläuterung der Fachbegriffe

## Lebensweg

Der Lebensweg ist die Verknüpfung aller relevanten Prozesse zur Herstellung, Verwendung und Entsorgung eines Produktes. Er wird manchmal auch als Prozeßkette bezeichnet. Man unterscheidet zwischen einem speziellen Lebensweg, bei dem betreiber- oder firmenspezifische Prozeßdaten verwendet werden, und einem allgemeinen Lebensweg, bei dem Module mit verallgemeinerten oder gemittelten Prozeßdaten verwendet werden.

## Modul

Die Herstellung von Produkten wird in Ökobilanzen als sogenannte Prozeßketten dargestellt. Die Herstellung des Gesamtproduktes wird in die technisch-wirtschaftlichen Teilschritte bzw. -prozesse zerlegt. Ein Modul ist die kleinste Untersuchungseinheit, für die Einzeldaten ausgewiesen werden. Aus vielen solcher Module läßt sich nach dem Baukastenprinzip ein Lebensweg aufbauen. Auch Transporte und Energieerzeugungsprozesse werden als Module beschrieben.

## Produkt-Ökobilanz

Eine Produkt-Ökobilanz ist eine Ökobilanz, die den Lebensweg eines Produktes beschreibt. Dabei umfaßt der Lebensweg in aller Regel alle Prozesse von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis zur Entsorgung des Produktes.

## Sachbilanz

Die Sachbilanz ist derjenige Teilschritt einer Ökobilanz, in dem alle Material- und Energieflüsse aus dem beschriebenen Lebensweg in die Umwelt erfaßt und berechnet werden. Das Ergebnis der Sachbilanz sind Input-Output-Tabellen für den Lebensweg, in der Rohstoffverbrauch, Emissionen, Energieverbrauch... aufgeführt werden.

## Schwachstellenanalyse

Die Ergebnisse von Ökobilanzen können nicht nur für den Vergleich von Produkten, sondern auch zur sogenannten Schwachstellenanalyse des betreffenden Produktes herangezogen werden. Dabei werden diejenigen Abschnitte der Produktion oder des Lebensweges identifiziert, die die wichtigsten Beiträge zu relevanten Umweltbelastungen liefern und vorrangig optimiert werden sollten.

## Sekundärrohstoff

Rückstände, die wieder als Rohstoffe in einem neuen Prozeß oder Produkt eingesetzt oder einer Verwertung zugeführt werden.

## Stoffstromnetze

Methode zur Abbildung und Berechnung von Stoff- und Energieströmen in Produktlebenswegen oder in Betrieben. Stoffstromnetze basieren auf sogenannten Petrinetzen aus der theoretischen Informatik und berücksichtigen neben Stromgrößen auch Stoffbestände in dem System. Sie ermöglichen damit gleichermaßen betriebliche und produktbezogene Ökobilanzen.

## Umweltbetriebsbilanz

siehe betriebliche Ökobilanz

## Umweltmedium

Unter einem Umweltmedium versteht man die verschiedenen Bereiche der Umwelt, in die Stoffe abgegeben werden können. Dies sind Wasser, Luft und Boden.

## Vorkette

Mit Vorkette bezeichnet man diejenige Kette von Prozessen, die zur Herstellung der Vorprodukte oder der benötigten Energie eines Prozesses notwendig sind. So betrifft die Vorkette eines Transportprozesses die Herstellung und Bereitstellung des Treibstoffes.

## Vorprodukt

Vorprodukte fließen als Halbfertig- oder Zwischenprodukte neben den Rohstoffen und Hilfsstoffen in einen Herstellungsprozeß ein. Im Gegensatz zu den Hilfsstoffen wird ihre Herstellung in den sogenannten Vorketten innerhalb des Produktlebensweges mitbilanziert.

## Wirkungsbilanz

Die Wirkungsbilanz ist derjenige Teil einer Ökobilanz, in der die Ergebnisse der Sachbilanz anhand der bekannten ökologischen Wirkungsweise der entsprechenden Größen in Wirkungspotentiale umgerechnet werden. Wirkungspotentiale werden dabei für unterschiedlichste Umweltwirkungen erfaßt, wie zum Beispiel die Verstärkung des Treibhauseffektes, die Verstärkung der Versauerung etc.

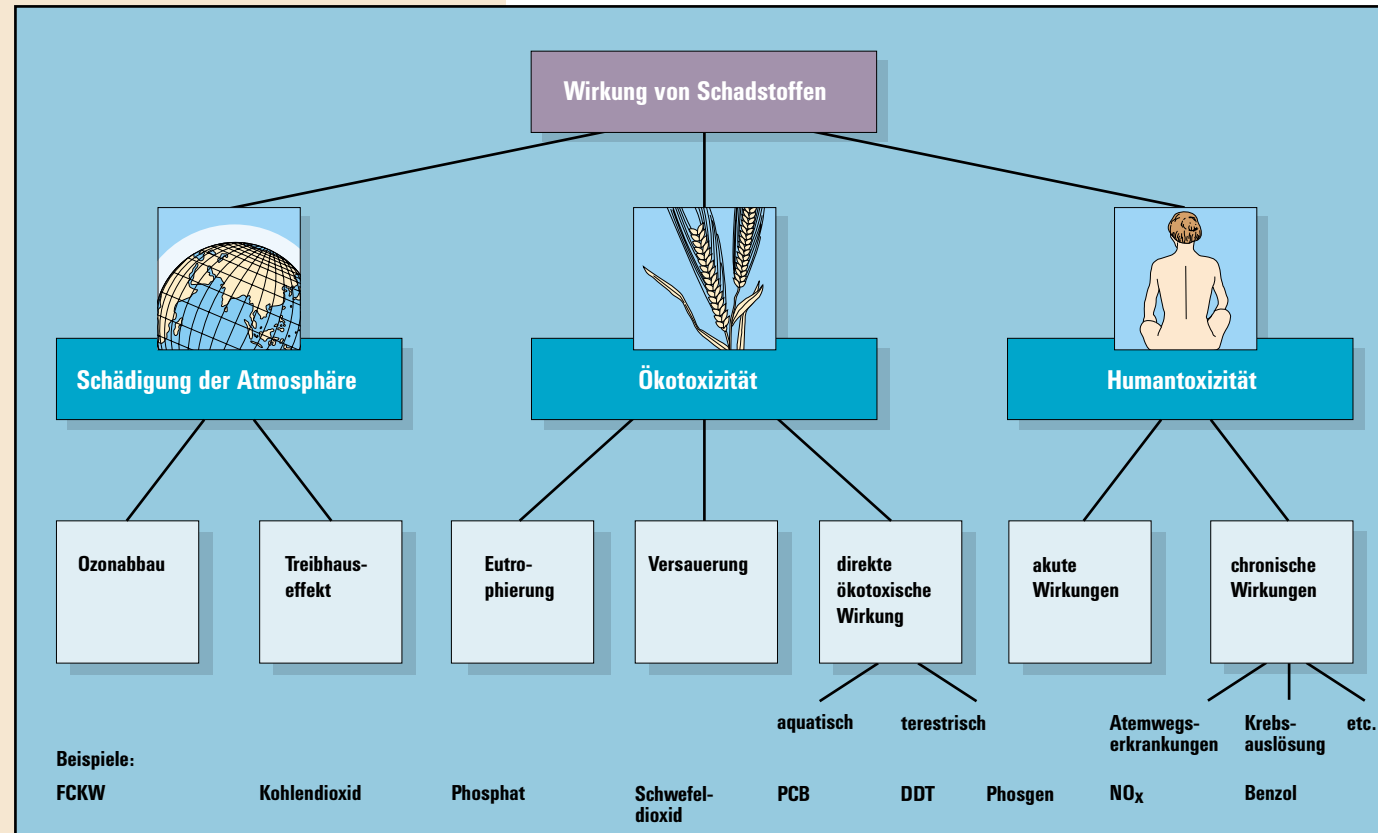
## Die Wirkung relevanter Schadstoffe

In den vorgestellten Bilanzen sind zahlreiche Stoffe aufgeführt. Was ist jedoch die ökologische Bedeutung dieser Stoffe? An dieser Stelle werden die Wirkungen der wichtigsten Schadstoffe kurz beschrieben. Dabei kann grob zwischen der humantoxischen Wirkung, der ökotoxischen Wirkung und sonstigen ökologisch schädlichen Wirkungen unterschieden werden.

Humantoxische Stoffe sind für den Menschen schädlich. Das Wirkungsspektrum reicht je nach Stoff von Atemwegsreizungen bis zur Krebsauslösung. Man kann zwischen akuten Wirkungen und chronischen Wirkungen oder Wirkungen mit Zeitverzug (beispielsweise Krebsauslösung) unterscheiden.

Die ökotoxische Wirkung umfaßt sowohl die direkte Schädigung von Pflanzen oder Tieren, wie die Fischtoxizität, als auch indirekte Schädigungen über die Veränderung der Umweltmedien, etwa der Eutrophierung der Seen oder der Versauerung der Böden und Seen.

Schließlich können Schadstoffe auch die Atmosphäre schädigen. Der Ozonabbau in der Stratosphäre oder die Verstärkung des Treibhauseffektes sind Beispiele dafür. Die daraus folgenden Veränderungen des Naturhaushaltes können alle Lebewesen, auch den Menschen, negativ beeinflussen.



### AOX

Der AOX-Wert dient zur Beschreibung der Belastung von Wasser mit organischen Halogenverbindungen.

### BSB

Der BSB-Wert ist der biologische Sauerstoffbedarf und dient zur Beschreibung der Belastung von Wasser mit organischen Substanzen.

### CH<sub>4</sub>

Methan ist ein leicht brennbares, ungiftiges Gas. Es trägt sehr stark zum Treibhauseffekt in der Atmosphäre bei. 1 Gramm Methan hat die gleiche Treibhauswirkung wie 24,5 Gramm CO<sub>2</sub>.

### CO

Kohlenmonoxid entsteht bei der unvollständigen Verbrennung, zum Beispiel bei Kfz-Abgasen. Es wirkt in hohen Konzentrationen akut toxisch auf den Menschen, indem es den Sauerstoff aus dem Blutfarbstoff verdrängt und die Sauerstoffversorgung des Körpers behindert. In geringeren Konzentrationen können chronische Wirkungen (Zentralnervensystem, Herz- und Gefäßsystem) auftreten.

### CO<sub>2</sub>

Kohlendioxid ist das Produkt bei der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Energieträgern (Kohle, Erdöl, Erdgas, Biomasse). Es trägt wesentlich zum Treibhauseffekt in der Atmosphäre bei und gilt als Leitsubstanz dafür. Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen muß zwischen den Emissionen fossilen Ursprungs (Kohle, Erdöl, Erdgas) und den Emissionen aus regenerativen Quellen (Biomasse) unterschieden werden. Für die Treibhauswirkung sind die fossilen Emissionen von Bedeutung.

### CSB

Der CSB-Wert ist der chemische Sauerstoffbedarf und dient zur Beschreibung der Belastung von Wasser. Er ist die Sauerstoffmenge, die benötigt wird, um alle oxidierbaren Schmutzstoffe in einer bestimmten Menge Wasser zu oxidieren.

### Dioxine

Dioxine (PCDD) und Furane (PCDF) sind spezielle zyklische Kohlenwasserstoffverbindungen. Insgesamt gibt es über 200 verschiedene Dioxine und Furane. Der bekannteste Vertreter ist das sogenannte „Seveso-Gift“ 2,3,7,8-TCDD, das zu den stärksten synthetischen Giften zählt. Dioxine und

Furane werden teilweise als möglicherweise krebserregend eingestuft. Dioxine und Furane entstehen bei zahlreichen Pestiziden und Desinfektionsmitteln als unerwünschte Verunreinigung, außerdem durch Schwelprozesse von organischem Material in Anwesenheit von Chlor.

### FCKW

Fluorchlorkohlenwasserstoffe sind mit Chlor und Fluor halogenierte Kohlenwasserstoffverbindungen. Sie sind chemisch sehr träge, für den Menschen ungiftig und eignen sich deshalb für viele technische Anwendungen (Kältemittel, Treibgase). In der Stratosphäre tragen sie allerdings wesentlich zum Abbau der Ozonschicht bei, insbesondere durch das in ihnen enthaltene Chlor. Sie sind zudem hochgradig treibhauswirksam. Als Bezugsgröße für das Ozonschädigungspotential wird der Stoff R 11 verwendet.

### FKW

Fluorkohlenwasserstoffe sind den FCKW ähnlich, enthalten allerdings kein Chlor und haben damit kein Ozonschädigungspotential. Sie sind allerdings hochgradig treibhauswirksam.

### HFCKW

Diese teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffen sind FCKWs, die in der unteren Atmosphäre leichter abbaubar sind und deshalb ein geringeres, aber trotzdem noch vorhandenes Ozonschädigungspotential besitzen. Sie sind zudem hochgradig treibhauswirksam.

### N

Die Belastung von Gewässern durch Ammoniumverbindungen wird als Stickstoffracht (N) angegeben. Ammoniumverbindungen oder sich daraus bildende Verbindungen (Nitrite, Nitrate) können direkt fisch- oder humantoxisch wirken, sie wirken aber auch sauerstoffverbrauchend und können zur Eutrophierung von Gewässern beitragen.

### NO<sub>x</sub>

Stickoxide entstehen bei hohen Temperaturen bei Verbrennungsprozessen. Sie wirken humantoxisch als Atemreizgase, tragen erheblich zur Bildung des photochemischen Smogs (Ozon) bei, wirken pflanzenschädigend und sind am „Sauren Regen“ beteiligt.

### P

Die Belastung von Gewässern durch Phosphate wird häufig als Phosphorfracht (P) angegeben.

Phosphate gelangen hauptsächlich durch den Phosphatdünger und durch Humanexkremate in die Oberflächengewässer, in geringerem Umfang auch durch industrielle Prozesse und durch Waschmittel. Phosphate sind für Mensch und Tier ungiftig, tragen aber wesentlich zur Eutrophierung der Gewässer bei.

## **SO<sub>2</sub>**

Schwefeldioxid entsteht bei der Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe, insbesondere Kohle. Es wirkt humantoxisch als Atemreizgas, wirkt pflanzenschädigend und ist maßgeblich am „Sauren Regen“ beteiligt.

## **VOC/NMVOG**

Mit VOC bezeichnet man die „Volatile Organic Compounds“, also die leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen. NMVOG sind die Non-Methan-VOC, also alle VOC außer Methan.

VOC entstehen bei diversen Produktionsprozessen, bei Verbrennungsprozessen und bei der Verdunstung von Kohlenwasserstoffen (Lösemittel, Benzin). Sie stellen eine sehr große Stoffgruppe mit ganz unterschiedlichen toxischen Wirkungen dar. Zu den VOC zählt zum Beispiel Benzol, dem auch eine krebserzeugende Wirkung zugeschrieben wird. VOC tragen außerdem erheblich zur Bildung des photochemischen Smogs („Ozon“) bei.

**Herausgeber:** **Senatsverwaltung für Wirtschaft und Technologie**  
Referat Ökologisches Wirtschaften  
Martin-Luther-Str. 105, 10825 Berlin

**Inhalt und Gestaltung:** **ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH**  
Mario Schmidt (verantw.), Ulrich Mampel,  
Dr. Achim Schorb

**ID-Kommunikation, Mannheim**  
Helmut Brodt, Friederike Eisenbach

**Bildnachweis:** Amt für Abfallwirtschaft und Stadtreinigung, Mannheim; Bauknecht; Bosch; Helmut Brodt; Friederike Eisenbach; EUD, Energie- und Umweltdienste GmbH, Heidelberg; Susanne Haupt; Volker Keipp; MVV Mannheim

**Papier:** Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100% Altpapier

**Druck:** Westkreuz Druckerei Ahrens, Berlin

**Auflage:** 5000

**Stand:** Berlin, September 1995