



# Datenentwicklung

## Endbericht Arbeitspaket 3

Christopher Manstein / Faktor 10 Institut (Arbeitspaket-Leitung)

Katrin Bienge / Wuppertal Institut

Eva Burger / SERI

Stefan Giljum / SERI

30. November 2010

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2 Bisherige Erfahrungen</b>	<b>5</b>
<b>3 Verfügbare Basisdaten und Basisdatenquellen</b>	<b>11</b>
3.1 Festlegung eines Anforderungsprofils an Basisdaten/-quellen	11
3.2 Zusammenstellung, Beschreibung und Bewertung verfügbarer Basisdaten/-quellen	11
3.2.1 MI-Datenbank des Wuppertal Instituts	11
3.2.2 RI-Daten aus österreichischen Projekten	21
3.2.3 Datenbank der Software GABI	22
3.2.4 Datenbank der Software GEMIS	29
3.2.5 Datenbank ECOINVENT	33
3.2.6 Datenbanken der Software SIMAPRO	40
3.3 Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken	44
3.3.1 Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken mit GABI	44
3.3.2 Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken mit GEMIS	45
3.3.3 Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken mit ECOINVENT	46
3.3.4 Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken mit SIMAPRO	47
3.3.5 Vergleiche	47
3.3.6 Sonstiges Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken	50
3.4 Empfehlung für die Verwendung verfügbarer Basisdaten/-quellen in BRIX	53
3.4.1 Empfehlungen - Basisdaten/-quellen für Material, Wasser und Luft	53
3.4.2 Empfehlungen - Basisdaten/-quellen für Fläche	53
<b>4 Wirtschaftsraumbezogene Daten zum Ressourcenverbrauch</b>	<b>55</b>
4.1 Zusammenfassung der Empfehlungen aus dem AP 2 Bericht	55
4.2 Derzeitige Verfügbarkeit von sektoralen Ressourcendaten	56
4.2.1 CO <sub>2</sub> / Carbon Footprint	56
4.2.2 BRIX Indikatoren: Material, Wasser, Luft, Fläche	59
4.3 Ausblick auf die zukünftige Verfügbarkeit von sektoralen Ressourcendaten	66
4.4 Schlussfolgerungen	67
<b>5 Benötigte Basisdaten der Verwertungsunternehmen</b>	<b>69</b>
<b>6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen</b>	<b>71</b>
Literaturverzeichnis	
Abbildungsverzeichnis	
Tabellenverzeichnis	

**Anmerkung: Kap. 5 kann aus Gründen der Geheimhaltung in diesem öffentlichen Bericht nicht dargestellt werden.**

## 1 Einleitung

Ziel des BRIX Arbeitspaket 3 „Datenentwicklung“ ist die Erstellung einer Datensammlung von Ressourceninput-Faktoren für den Business Resource Intensity Index (BRIX) und die Anwendung in den drei Verwertungsunternehmen.

Dazu sollen laut Projektbeschreibung (Projektantrag) folgende Arbeiten durchgeführt werden:

- Festlegung eines Anforderungsprofils für die Faktoren (Aktualität, Transparenz, Vollständigkeit, nationaler Bezug etc.);
- Zusammenstellung bereits verfügbarer Faktoren (Literaturrecherchen, Analyse von existierenden Softwaresystemen im Bereich LCA, Kontaktaufnahme mit vergleichbaren Initiativen (europaweit) wie etwa dem Netzwerk Lebenszyklusdaten in Deutschland, ECOINVENT in der Schweiz, International Factor 10 Innovation Network etc.);
- Abgleich mit benötigten Daten der Verwertungsunternehmen, Identifikation von Datenlücken;
- Entwicklung von methodischen Ansätzen, die wirtschaftsraumbezogene Daten (z. B. Branchendurchschnitte, welche über so genannte Input-Output Analysen berechnet werden) für die Datenentwicklung dieses Projektes nutzbar macht;
- Entwicklung von Verfahren, mit dem bestehende Datenlücken richtungssicher überbrückt werden können (z. B. Branchendurchschnitte aus Input-Output-Analysen, Daten aus bestehenden Lebenszyklusanalysen, Schätzverfahren);
- Endberechnung der Ressourceninput-Faktoren und Bereitstellung für die Bestimmung des Business Resource Intensity Index der Verwertungsunternehmen.

International bekannte und bestehende LCA-Software-Systeme und ihre Daten sind nicht dazu geeignet, den für dieses Projekt gewählten Input-orientierten Indikatoren-Mix (BRIX) zu bestimmen. Für die Anwendung von BRIX in den Verwertungsunternehmen wird daher ein eigenes BRIX-Tool entwickelt (siehe Arbeitspaket 4), dessen Daten im vorliegenden Arbeitspaket entwickelt werden.

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes 3 werden jedoch bestehende LCA-Software-Systeme geprüft, inwieweit ihre spezifischen Datensammlungen für die Berechnung der BRIX-Einzelindikatoren (Material, Energie, Wasser, Fläche) genutzt werden können (unter Wahrung von Copyright Vorschriften). Für das Projekt werden daher Lizenzen geeigneter Softwareprodukte beschafft. Geprüft wird auch, ob die beschafften Softwareprodukte für die komplexen Berechnungen der für dieses Projekt relevanten Faktoren verwendet werden können. Alternativ werden die Berechnungen mit MS-Excel durchgeführt.

Als wesentliches Ergebnis des Arbeitspakets 3 liegen die notwendigen Datensätze zur Berechnung der Einzelindikatoren (Material, Energie, Wasser, Fläche) des Business Resource Intensity Index (BRIX) für die beteiligten Verwertungsunternehmen vor.

Das Arbeitspaket 3 ist insofern als Kern der Projektarbeiten anzusehen, als dass es die Datenbasis für das gesamte Projekt liefert und damit Schnittstellen zu nahezu allen anderen Arbeitspaketen in diesem Projekt hat. Es konkretisiert u. a. die methodischen Arbeiten aus Arbeitspaket 2 in Form einer „Zahlenwelt“ für BRIX, es stellt die Basis für das zu erstellende

BRIX-Tool dar und es ist Voraussetzung für die Berechnung der Business Cases (Arbeitspaket 5).

Die eigentlichen Berechnungen der Business Cases werden ebenfalls im Rahmen der Arbeiten des AP 3 durchgeführt, aus Gründen der besseren Übersicht aber im Kapitel 5 (Arbeitspaket 5, Business Cases) dargestellt.

In Arbeitspaket 2 wurde das methodische Grundkonzept des BRIX entwickelt und beschrieben. Im AP 2 Bericht wurde festgelegt, dass das BRIX Indikatorenset aus 5 komplementären, inputseitigen Indikatoren besteht: biotischer und abiotischer Materialinput, Wasserinput, Luftinput sowie Flächeninput. Weiters wurde in AP 2 das Konzept der direkten bzw. indirekten Ressourcenverbräuche für die Anwendung im BRIX Projekt adaptiert. Direkter Ressourcenverbrauch bezieht sich dabei auf jene Inputs, welche direkt im Unternehmen zur Herstellung des Produktes eingesetzt werden. Indirekte Inputs beziehen sich auf Ressourcenverbräuche in den Vorleistungsketten, also all jene Inputs an Material, Wasser, Luft und Fläche, welche entlang des Herstellungsweges anfallen. Diesen Grundkonzepten folgend ist es Aufgabe des AP 3, lebenszyklusweite Ressourceninputfaktoren für alle fünf BRIX Indikatoren zusammenzustellen, um damit die drei Business Cases berechnen zu können.

Basierend auf den im Antrag formulierten Aufgabenstellungen sowie den hier zusammengefassten Anforderungen aus Arbeitspaket 2 wurde folgendes Feinkonzept für die Vorgehensweise der Arbeiten in Arbeitspaket 3 entwickelt:

Ausgehend von einer Darstellung der bisherigen Erfahrungen mit BRIX-relevanten Lebenszyklusdaten der in diesem Arbeitspaket zusammenarbeitenden drei wissenschaftlichen Institutionen (Kapitel 2) werden bereits verfügbare Faktoren und Datenquellen im Bereich der Lebenszyklusdaten analysiert und eine Empfehlung für ihre Verwendung in BRIX ausgesprochen, inklusive möglicher Abschätzungsverfahren für Datenlücken (Kapitel 3). Kapitel 4 behandelt die Verwendung von „Makrodaten“ (aus sektoralen Daten der Input-Output-Analyse) für die Verwendung in BRIX. Kapitel 5 diskutiert dann die benötigten Daten der drei Verwertungsunternehmen und legt die Datenquellen fest. Kapitel 6 schließt die Arbeiten in AP 3 mit Schlussfolgerungen und Empfehlungen ab.

## 2 Bisherige Erfahrungen

Die in diesem Arbeitspaket primär beteiligten drei Forschungsinstitute (Faktor 10 Institut, Wuppertal Institut, SERI) sind international seit vielen Jahren Pioniere bei der Erstellung und Anwendung von BRIX-relevanten Lebenszyklusdaten.

Am **Wuppertal Institut (WI)** werden seit über 15 Jahren Daten zum Ressourcenverbrauch von Rohstoffen, Grundstoffen, Produkten und Dienstleistungen erstellt und gesammelt.

Die Forschungsgruppe (FG) 4 „Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren“ am WI arbeitet mit dem MIPS-Ansatz<sup>1</sup> und unterhält eine Liste mit Material Input-Daten im Internet, die von Zeit zu Zeit aktualisiert und ergänzt wird<sup>2</sup>. Diese MI-Liste umfasst Daten zu ca. 200 Stoffen oder anderen Inputs, hauptsächlich in den Bereichen Metalle, Kunststoffe, Chemikalien, Baustoffe und Energie (siehe Kapitel 3.2.1). Außerhalb der MI-Liste gibt es einen relevanten größeren Datensatz im Bereich landwirtschaftliche Produkte und Lebensmittel in Deutschland. Diese MI-Daten wurden kürzlich publiziert (Lettenmeier et al. 2009). Die FG 4 war auch am Projekt FIN-MIPS Household<sup>3</sup> beteiligt, in dem haushaltsrelevante MI-Daten, u. a. in den Bereichen Lebensmittel, Freizeit und Konsumprodukte berechnet wurden.

Über eigene Flächendaten verfügt die FG 4 nicht. In einer Diplomarbeit<sup>4</sup> wurde die mögliche Methodik einer Flächenbilanzierung diskutiert. Daraus wurde allerdings bisher kein weitergehendes Konzept entwickelt, aufgrund dessen Daten generiert worden wären.

In der FG 3 liegen außerdem Daten zu Ressourcen und Flächen vor, die einen wirtschaftsraumbezogenen Hintergrund haben. Ein Teil dieser Daten wurde z. B. in FIN-MIPS Haushalt verwendet, um eine Größenordnung zum Ressourcenverbrauch einzelner Lebensmittel zu haben.

Zur Berechnung der MI-Daten kann u. a. die LCA-Software GABI<sup>5</sup> aber auch MS-Excel verwendet werden. In der FG 4 des WI sind prinzipiell drei verschiedene LCA-Datenbanken nutzbar: GABI Datenbank, UMBERTO<sup>6</sup> und ECOINVENT<sup>7</sup> Datenbank. Die Datenbanken verfügen nicht über MI-Daten, die „Rezepte“ der Datenbanken können aber prinzipiell auch zur MI-Berechnung verwendet werden. Die GABI Datenbank und UMBERTO sind nur mit der entsprechenden Software verwendbar, die ECOINVENT Datenbank mit beiden LCA-

---

<sup>1</sup> Die Abkürzung MIPS steht für Materialinput pro Serviceeinheit. MIPS ist ein Maß für den Naturverbrauch eines Produktes oder einer Dienstleistung entlang des gesamten Lebensweges von der Wiege bis zur Wiege (Gewinnung, Produktion, Nutzung, Entsorgung/Recycling). MI steht für den Input natürlicher Ressourcen, die für die Erfüllung eines Bedürfnisses („Dienstleistungseinheit“) S erforderlich sind. MIPS ist das bisher einzige Maß, das angibt, wie viel Nutzen aus einer bestimmten Menge Ressourcen gezogen wird. (Schmidt-Bleek 1998, Ritthof et al. 2002, Lettenmeier et al. 2009)

<sup>2</sup> Siehe [www.mips-online.info](http://www.mips-online.info)

<sup>3</sup> Kotakorpi / Lähteenoja / Lettenmeier (2008)

<sup>4</sup> Baedeker (1997)

<sup>5</sup> Siehe [www.gabi-software.com](http://www.gabi-software.com)

<sup>6</sup> Siehe [www.umberto.de](http://www.umberto.de)

<sup>7</sup> Siehe [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)

Softwaresystemen (bei der UMBERTO-Software wird die ECOINVENT Datenbank grundsätzlich mitgeliefert).

Bis zum Jahre 2009 wurde zur Berechnung der MI-Daten am WI die LCA-Software GABI genutzt. Seit diesem Jahr (2010) wird auch UMBERTO getestet. Damit werden z. B. im AP1 des MaRes-Projekts<sup>8</sup> der Ressourcenverbrauch bzw. die Ressourceneffizienzpotenziale von ca. 20 Technologien, Produkten und Strategien berechnet, allerdings weitgehend auf der Basis bereits bestehender MI-Daten (siehe Kasten).

Aktuell werden einige MI-Faktoren im Projekt Materialeffizienz und Ressourcenschonung aktualisiert und berechnet (<http://ressourcen.wupperinst.org>). Die Ergebnisse sind zusammengefasst verfügbar (vgl. Rohn et al. 2010) und werden in ausführlicherer Form Ende des Jahres 2010 zur Verfügung stehen.

#### **Projekt „Computergestützte Ressourceneffizienzrechnung in der mittelständischen Wirtschaft (CARE)“**

Im Rahmen des Projekts CARE wurden erstmals in drei Partnerunternehmen bereits vorhandene ökonomische Controllingsysteme um ökologische Informationen zu Material- und Energieverbrauch erweitert und Vorketten (z. B. Ressourcengewinnung) systematisch einbezogen. Als Methodik diente hierzu die am Wuppertal Institut entwickelte Ressourceneffizienz-Rechnung (RER). Mit Erfolg konnte so eine systematische Erfassung und Aufbereitung von Daten zu den betrieblichen Stoff- und Energieströmen und den damit verbundenen Kosten eingeführt und die Qualität betrieblicher Entscheidungen im Sinne des Nachhaltigen Wirtschaftens verbessert werden. Die für die ökologisch-ökonomische Bewertung von Produktionsprozessen und Produkten notwendigen Daten waren in den Partnerunternehmen zu einem großen Teil bereits vorhanden und wurden durch das Wuppertal Institut um Vorkettendaten ergänzt. Die Anpassung der Controllingsysteme wurde von den Partnerunternehmen positiv aufgenommen. Bereits während der Projektlaufzeit konnten aufgrund der veränderten Datenaufbereitung Potenziale erkannt und zahlreiche Verbesserungen vorgenommen werden die zu beträchtlichen Material-, Energie- und Kosteneinsparungen führten (vgl. Busch / Beucker 2004).

#### **Projekt „Materialeffizienz und Ressourcenschonung (MaRes)“, dort insb. AP1**

Die Steigerung der Ressourceneffizienz wird in der nationalen und internationalen Politik zunehmend zum Top-Thema. Vor diesem Hintergrund beauftragten das deutsche Bundesumweltministerium und das Umweltbundesamt 31 Projektpartner unter Leitung des Wuppertal Instituts mit dem Forschungsprojekt „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes, vgl. <http://ressourcen.wupperinst.org>). Ziel des Projektes sind substanzielle Wissensfortschritte zu wesentlichen Kernfragen der Ressourcenschonung, insbesondere zur Steigerung der Ressourceneffizienz, wobei eine materialbezogene Betrachtung im Mittelpunkt steht.

Für das Projekt BRIX ist insbesondere die Forschung im AP1 „Potenzialanalysen identifizierter Technologien, Produkte und Strategien“ bedeutend. Das MaRes-Projekt ist den ersten wichtigen Schritt gegangen, die Lücke bzgl. möglicher Ressourceneffizienzpotenziale zu schließen. In einem breit angelegten mehrstufigen Expertenprozess wurden die für die Steigerung der Ressourceneffizienz interessantesten Technologien, Produkte und Strategien identifiziert. Anschließend wurden über Potenzialanalysen für diese Technologien, Produkte und Strategien die Potenziale konkretisiert. Die Potenzialanalysen wurden im Rahmen eines in ein Expertennetzwerk eingebundenen Diplomandenprogramms und eines expertengestützten Analyseprozesses erarbeitet. Insgesamt wurden zu rund 20 relevanten Themen („Top 20-Themen“), für die ein hohes

<sup>8</sup> Siehe <http://ressourcen.wupperinst.org>

Ressourceneffizienzpotenzial zu erwarten ist, Potenzialanalysen durchgeführt. Als Methodik für die Quantifizierung der Ressourceneffizienzpotenziale in den Potenzialanalysen wurde das Konzept „Material-Input Pro Serviceeinheit“ (MIPS) angewendet. Die Ergebnisse der einzelnen Potenzialanalysen wurden nach ihrer Fertigstellung in einer Querauswertung in einem intensiven Diskursprozess analysiert und daraus themenspezifische sowie übergreifende Handlungsempfehlungen abgeleitet (vgl. Rohn et al. 2010).

#### **FIN-MIPS Projekte u. a. zu den Themen Haushalt und Transport**

Die Anwendung der MIPS Konzepts wurde unter in Finnland in dem Projekt FIN-MIPS Household getestet und Wege zur Steigerung der Ressourceneffizienz in privaten Haushalten untersucht. Das Projekt wurde im Auftrag der Finish Association for Nature Conservation durchgeführt (vgl. Kotakorpi / Lähteenoja / Lettenmeier 2008). Für die Analyse der Haushalte wurden auch die Ergebnisse des Projekts „FIN-MIPS Transport“ genutzt, das zuvor im Rahmen des Finnish Environmental Cluster Research Programme durchgeführt wurde (vgl. Lähteenoja et al. 2006). Die dort erarbeiteten Materialintensitäts-Werte sind auch für das BRIX-Projekt nutzbar, insbesondere da die Transportwerte inkl. der Infrastruktur erstellt wurden und bislang Werte für Deutschland im entsprechenden Detailgrad und Umfang lediglich ohne Infrastruktur verfügbar waren.

Das **Faktor 10 Institut (F10)** arbeitet seit 1997 mit MIPS-Daten und hat sich dabei eher auf die Anwendung vorhandener Daten (meist aus dem WI) konzentriert. In Projekten (vor allem zum Thema ressourceneffiziente Produktgestaltung / „Ecodesign“) mit ca. 150 Unternehmen (insbesondere KMU) wurden allerdings die ein oder anderen Österreich-spezifischen Daten und Module selbst entwickelt, die für dieses Projekt von Relevanz sind. Teile seiner Arbeit veröffentlicht das Faktor 10 Institut auf seiner Homepage<sup>9</sup>. Im Zusammenhang mit Flächeninput-Faktoren liegen dem Faktor 10 Institut bisher keine Erfahrungen vor.

Eine wesentliche Erkenntnis der Zusammenarbeit des Faktor 10 Instituts mit Unternehmen ist, dass sich mit den vorhandenen Basisdaten im Bereich MIPS (insbesondere Datenbank des WI) zwar gute Abschätzungen im Zusammenhang mit Fragen eines „Ecodesign“ von Produkten und Dienstleistungen treffen lassen, die mangelnde Datenqualität aber i. d. R. keine strategischen Entscheidungen für Unternehmen zulässt, wie es z. B. die Intention des Projekt BRIX mit der Formulierung eines Index für Unternehmen ist. Gründe hierfür sind vor allem die Veraltung der vorhandenen Daten sowie die Nicht-Relevanz (oder nur Teil-Relevanz) für den österreichischen Bilanzraum. Daneben fehlen bei Projektarbeiten mit Unternehmen i. d. R. zwischen 30 und 50% der benötigten Daten überhaupt.

In der Machbarkeitsstudie PROREGIS unter Federführung des Faktor 10 Instituts wurde bereits im Jahre 2000 festgestellt, dass zur Behebung der Datenmängel im Bereich von Ressourcenverbrauchsdaten (Ressourceninput-Faktoren) eine internationale Zentralstelle für Ressourcenproduktivität und Materialflüsse eingerichtet werden muss, welche verlässliche, geprüfte und nachprüfbar sowie wissenschaftlich belegte Daten über Ressourcenverbräuche (Ressourcen-Input-Faktoren) für jedermann verfügbar macht (Bierter et. al. 2000).

Das Projekt BRIX, welches zunächst einmal den Fokus primär auf die Anforderungen der drei beteiligten Verwertungsunternehmen legt, könnte aber in weiterer Folge einen wichtigen Beitrag für die Vision einer internationalen Datenzentrale liefern und andere Arbeiten wie

---

<sup>9</sup> [www.faktor10.at](http://www.faktor10.at)

etwa im europäischen Forschungszentrum ISPRA (Italien) oder im deutschen Netzwerk Lebenszyklusdaten ergänzen.

#### **Projekt „Klagenfurt Innovation“**

„Klagenfurt Innovation – neue Wege einer umweltgerechten Produktgestaltung“ war ein Projekt des Faktor 10 Instituts (noch unter dem Namen „Verein Faktor 4+“) aus den Jahre 1998/99, in dem 50 kleine und mittlere Unternehmen aus Österreich zum MIPS-Konzept geschult wurden (Schmidt-Bleek, F.; Manstein, C. 1999). Das Projekt hatte insofern Leuchtturmcharakter für Österreich, als dass es zum ersten Mal gelang, eine sehr große Anzahl von Unternehmen gemeinsam zum Thema MIPS zu schulen und ca. 30 Business Cases zu realisieren. Fazit der beteiligten Unternehmen damals war u. a. die Forderung nach einer verbesserten Datenlage im Zusammenhang mit Ressourcen-Input-Faktoren. Insofern kann dieses Projekt als einer der Initiatoren des gegenständlichen Vorhabens BRIX angesehen werden.

#### **Projekt „Bodenbeläge für den Außenbereich“**

Das Faktor 10 Institut hat kürzlich ein Projekt mit der TU Wien (Gruppe angepasste Technologie) realisiert, das den Titel „Nachhaltige Freiraumgestaltung mittels ökologischer und ökonomischer Lebenszyklusbewertung von Bodenbelägen im Außenbereich“ trug (Hohensinner et al. 2010). Das Projekt ist insofern von Interesse für das Vorhaben BRIX, als dass verschiedene MI-Faktoren für Bodenbeläge im Außenbereich berechnet wurden sowie erstmals ein MIPS-Modul „Deponie“ (Bausreststoffmassen) bestimmt wurde. Weiters ist das Projekt von erheblichem strategischem Interesse, da der Auftraggeber – die Niederösterreichischen Landesregierung – plant, die Ergebnisse des Projektes zukünftig bei öffentlichen Beschaffungsvorgängen, Ausschreibungen etc. zu verwenden und für die Bewertung von Baumaßnahmen die Idee der Ressourcen-Input-Faktoren basierend auf dem MIPS-Konzept anzuwenden.

#### **Materialintensitätsanalyse "Steinbruch Hohenems"**

Im Auftrag der Rhomberg Steinbruch GmbH (Hohenems/Vorarlberg) erstellte das Faktor 10 Institut im Jahre 2005 mit seinen Partnern TBL Leiler und gi business transformation eine Materialintensitätsanalyse nach dem MIPS-Konzept für den "Steinbruch Hohenems". Ziel der Studie war es, verschiedene Zukunftsszenarien für den Steinbruch unter Berücksichtigung des systemweiten Ressourcenverbrauchs mit dem Indikator MIPS zu bewerten und zu diskutieren.

Das **Sustainable Europe Research Institute (SERI)** arbeitet seit 10 Jahren mit Indikatoren des Verbrauchs natürlicher Ressourcen. SERI's Analysen konzentrieren sich dabei auf die Umweltkategorien Materialverbrauch (inkl. fossile Energieträger), Wasserverbrauch, Flächenbelegung sowie Treibhausgasemissionen als mengenmäßig wichtigste Schadstoffkategorie.

Ein Indikatorenset bestehend aus den Indikatoren Materialinput, Water Footprint, Flächenbelegung sowie Carbon Footprint wurde von SERI in den vergangenen drei Jahren gemeinsam mit Partnern aus der Wirtschaft sowie mit der NGO „Friends of the Earth“ entwickelt und präsentiert (siehe, zum Beispiel, Giljum et al., 2009a,b). Ein Projekt das wesentlich zur Entwicklung des SERI Indikatorensets beigetragen hat war die Pilotstudienreihe 2008 in Kooperation mit der Unternehmensplattform „ECR und dem Faktor 10 Institut (siehe das in der Box unten beschriebene Projekt).

SERI ist auch Partner im „Global Footprint Network“, der Dachorganisation für Institutionen, die an der Weiterentwicklung und Anwendung des Indikators „Ökologischer Fußabdruck“

arbeiten und hat langjährige Erfahrungen mit der Anwendung und Bewertung dieses Indikators (Giljum et al., 2007).

Auf der Produkt- und Unternehmensebene war SERI in den letzten Jahren in eine Reihe von Projekten involviert, die oben genannte Indikatoren für Produkte oder Unternehmensstandorte berechnet haben. SERI stellte dabei fest, dass ein zunehmendes Interesse seitens Unternehmen besteht, über Ressourcenverbrauch und Ressourceneffizienz ihre Produkte und Betriebe detaillierte Informationen zu erhalten. Mit unterschiedlichen Schwerpunkten steht in einigen Projekten eher die externe Vermarktung als „grünes“ oder „nachhaltiges“ Unternehmen im Vordergrund, in anderen Fällen sind Unternehmen an der internen Optimierung ihrer Prozesse interessiert.

Zur Berechnung der oben genannten Indikatoren verwendet SERI hauptsächlich Daten aus der Datenbank „ECOINVENT“.<sup>10</sup>

Im Auftrag von Unternehmen wie Siemens IT Solutions und Services (Projekt „EcoFIT“) oder Unternehmensdachverbänden wie der WKÖ Projekt „Ökologischer Fußabdruck der rohstoffgewinnenden Industrie in Österreich“) wendet SERI auch den Indikator „Ökologischer Fußabdruck“ auf Unternehmensebene an.

Neben der Mikroebene ist ein wichtiger Schwerpunkt von SERI die Berechnung und Analyse des Ressourcenverbrauchs auf der Ebene von Wirtschaftsbranchen und Ländern. SERI besitzt die weltweit umfangreichste Datenbank zur Extraktion von erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Rohstoffen in allen Ländern der Welt, die in mehreren von der Europäischen Union finanzierten Projekten entwickelt, erweitert und aktualisiert wurde. Seit 2004 sind diese Daten auf der von SERI gemanagten Webseite [www.materialflows.net](http://www.materialflows.net) in aggregierter Form zum Download zur Verfügung gestellt.

SERI arbeitet auch an der Entwicklung von internationalen Modellen zur Berechnung der ökologischen Rucksäcke von Produktgruppen und Branchen. Diese wenden so-genannte Input-Output Analysen an (siehe das auch den Bericht zu AP 2). Erste Berechnungsergebnisse für die Rucksäcke im Bereich Materialinput (Giljum et al., 2008) sowie CO<sub>2</sub> Emissionen (Bruckner et al., 2010) wurden von SERI bereits durchgeführt und präsentiert. Die Ergebnisse zeigen, dass solche Modelle von der Methodik her gut geeignet sind, um ökologische Rucksäcke für Produktgruppen entlang globaler Produktionsketten zu berechnen. Jedoch ist der Genauigkeitsgrad der errechneten Daten bislang nicht hoch genug, um diese Daten direkt als Abschätzungen in Produktanalysen zu verwenden (siehe dazu auch das Kapitel zu „Sektordaten“ in diesem Bericht, Kap. 4). Dies ist insbesondere der Fall, da die verwendeten Daten auf Branchenebene zu aggregiert vorliegen (so werden zum Beispiel Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei in einem Sektor zusammengefasst, was zu einer starken Verzerrung der Ergebnisse für die Rucksäcke von Biomasse führt). SERI ist derzeit jedoch auch in mehreren Europäischen Projekten involviert, die an einer Verbesserung der Datenlage arbeiten.<sup>11</sup>

#### Projekt „ECR“

<sup>10</sup> Siehe [www.ECOINVENT.org](http://www.ECOINVENT.org)

<sup>11</sup> Siehe zum Beispiel das EU Projekt „EXIOPOL“; [www.feem-project.net/exiopol](http://www.feem-project.net/exiopol)

Die Unternehmensplattform „Efficient Consumer Response (ECR)“ ist eine Vereinigung von über 100 Österreichischen Großunternehmen im Bereich Produktion und Handel, wie etwa REWE, Spar, dm, Unilever, etc. In verschiedenen Arbeitsgruppen behandelt ECR Themen, welche die gesamte Wertschöpfungskette betreffen. 2008 wurde eine Arbeitsgruppe „Nachhaltigkeit“ gegründet, die sich zum Ziel setzte, ein einheitliches Bewertungssystem für die Nachhaltigkeit von Produkten zu entwickeln. SERI (in Kooperation mit dem Faktor 10 Institut) berieten diese Arbeitsgruppe und entwickelten einen Vorschlag für ein Indikatorenset (siehe oben). Dieses Indikatorenset wurde in 3 Pilotstudien getestet (Burger et al., 2009). Eine breite Implementierung des entwickelten Indikatorensets im Rahmen von ECR fand jedoch nicht statt, da die beteiligten Unternehmen unterschiedliche Einzelinteressen und –strategien verfolgen.<sup>12</sup>

#### **Projekt „Öko-Nachhaltigkeit SPAR“**

Das Handelsunternehmen SPAR Österreich hat das Thema Umweltschutz in seinen Unternehmensgrundsätzen verankert. Ziel des Projektes ist es, die Ressourcen-Effizienz und ökologische Nachhaltigkeitsperformance in verschiedenen Unternehmensbereichen von SPAR Österreich zu messen und weiter zu verbessern. Seit September 2008 berät SERI SPAR Österreich auf dem Weg hin zu einer Verbesserung der Nachhaltigkeit im Unternehmen. Zur Ermittlung des Status Quo der ökologischen Nachhaltigkeit ausgewählter Unternehmensbereiche wird das oben beschriebene Indikatorenset angewendet. Anschließend an die Status Quo Ermittlung werden in enger Kooperation mit den unternehmensinternen ExpertInnen der Spar Österreich Ansatzpunkten für Maßnahmen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz mit Hilfe einer Hot-Spot-Analyse und Szenarien ermittelt. Konkrete Handlungsoptionen wurden bislang in den Bereichen Eigenmarken, Frischfleisch / Wurst, Logistik sowie Bau / Energie bewertet.<sup>13</sup>

#### **Projekt „Global Resource Accounting Model (GRAM)“**

Das Global Resource Accounting Model (GRAM) wurde im Rahmen mehrerer nationaler und internationaler Forschungsprojekte entwickelt. GRAM wurde konstruiert, um die physische Dimension von Europas Beziehungen zum Rest der Welt darzustellen und um den europäischen Ressourcenkonsum und Handel aus einer globalen Perspektive zu analysieren. GRAM ist ein multi-regionales Input-Output Modell, welches zur Zeit 53 Länder und zwei Ländergruppen (Regionen) sowie 48 Wirtschaftszweige pro Land bzw. Region unterscheidet, die über bilaterale Handelsströme von 25 Produktgruppen und einem Dienstleistungssektor verbunden sind. Das Modell integriert die aktuellste Auflage der von der OECD veröffentlichten Input-Output Tabellen mit den bilateralen Handelsdaten der OECD und wird ergänzt durch eine globale Datenbank zur Ressourcenextraktion in allen Ländern der Welt (siehe [www.materialflows.net](http://www.materialflows.net)) sowie von globalen CO2 Emissionen (Daten der Internationalen Energieagentur). Mit GRAM konnten erste Abschätzungen zu ökologischen Rucksäcken auf der Ebene von Produktgruppen und Wirtschaftssektoren getroffen werden.<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup> Weitere Informationen: [www.seri.at/ecr](http://www.seri.at/ecr)

<sup>13</sup> Weitere Informationen: [www.seri.at/de/projects/completed-projects/ecological-sustainability-spar](http://www.seri.at/de/projects/completed-projects/ecological-sustainability-spar)

<sup>14</sup> Weitere Informationen: [www.seri.at/GRAM](http://www.seri.at/GRAM)

### 3 Verfügbare Basisdaten und Basisdatenquellen

#### 3.1 Festlegung eines Anforderungsprofils an Basisdaten/-quellen

Im Arbeitspaket 3 sollen u. a. vorhandene Ressourceninput-Faktoren aus unterschiedlichen Bereichen im Hinblick auf ihre Verwendung im BRIX-Projekt analysiert, bewertet und empfohlen werden. Dies betrifft einerseits vorhandene Daten zum Indikator MIPS (so genannte MI-Faktoren), andererseits stellen international bekannte und bewährte LCA-Datenbanken (LCA = Life Cycle Assessment) oder LCA-Softwaresysteme eine mögliche Datenquelle für das Projekt BRIX und die darin benötigten Ressourcendaten dar. Neben den bereits vorhandenen MI-Faktoren insbesondere des Wuppertal Instituts werden im Folgenden die LCA-Datenbanken GABI<sup>15</sup>, GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme)<sup>16</sup> sowie ECOINVENT<sup>17</sup> sowie SIMAPRO<sup>18</sup> analysiert. Die genannten Datenquellen stellen Ansicht des BRIX-Projektteams die derzeit wesentlichen, internationalen Datenquellen dar.

Für die Analyse vorhandener Daten wurde ein **Anforderungsprofil** festgelegt, was die folgenden Schlüsselaspekte (Elemente) berücksichtigt:

- Allgemeine Beschreibung des Datensatzes (Ursprung der Daten, Entstehung des Datensatzes, Quellen, Verfügbarkeit, Verbreitung, Relevanz für BRIX Indikatoren, Copyright, Ansprechpartner, etc.);
- Beschreibung der Datengruppen (z. B. mineralische Rohstoffe, Metalle, elektrischer Strom, Transporte, etc.);
- Aktualität (Bezugsjahre);
- Bezugsräume (Geographie, nationaler Bezug);
- Vollständigkeit (Detailgrad der Daten, Transparenz);
- Vergleich mit anderen Datensätzen (Fall-Beispiele);
- Beurteilung des Datensatzes (Verwendbarkeit für BRIX Indikatoren).

#### 3.2 Zusammenstellung, Beschreibung und Bewertung verfügbarer Basisdaten/-quellen

##### 3.2.1 MI-Datenbank des Wuppertal Instituts

Wie in Kapitel 2 zu den bisherigen Erfahrungen beschrieben, arbeitet das WI seit Mitte der 1990er Jahre mit dem MIPS Konzept und hat im Laufe der Jahre eine Liste von Materialintensitätsfaktoren (MIT) -Werten erarbeitet, die online allen Interessierten kostenlos zur Verfügung gestellt wird. Momentan umfasst die öffentliche Liste ca. 200 Stoffe oder andere Inputs, hauptsächlich in den Bereichen Metalle, Kunststoffe, Chemikalien, Baustoffe, Energie, Transport und Nahrungsmittel.

---

<sup>15</sup> [www.pe-international.com/deutsch/GABI](http://www.pe-international.com/deutsch/GABI)

<sup>16</sup> [www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm](http://www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm)

<sup>17</sup> [www.ECOINVENT.ch/de](http://www.ECOINVENT.ch/de)

<sup>18</sup> <http://www.pre.nl/simapro/>

Die MIT-Liste liegt als Exceldatei vor. Die Berechnungen der einzelnen Werte kann mit Hilfe von Bilanzierungssoftware (z. B. GABI, UMBERTO) durchgeführt werden. Excel dient ebenso als einfaches Berechnungstool. Ein Berechnungsbogen und die entsprechende Anleitung zur Berechnung liegt kostenlos und online vor (<http://www.mips-online.info>).

**Tabelle 1:** Überblick über RI Daten am WI

<b>Allgemeine Beschreibung des Datensatzes</b>	
Ursprung der Daten	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie
Entstehung des Datensatzes	Recherche und Berechnungen, Schätzungen (eigene Annahmen)
Quellen	Industriedaten, Fachliteratur, Experteneinschätzungen, Berechnungen (eigene Annahmen)
Verfügbarkeit	öffentliche MI-Liste, weitere MI-Faktoren sind intern verfügbar und z. T. vertraulich
Verbreitung	Schwerpunkt deutschsprachige Länder. Darüber hinaus u. a. verbreitet in Finnland und Italien.
Relevanz für BRIX Indikatoren	<p>Der MI-Datenbank liegt das MIPS-Konzept zugrunde. Die Abkürzung MIPS steht für Materialinput pro Serviceeinheit. MIPS ist ein Maß für den Naturverbrauch eines Produktes oder einer Dienstleistung entlang des gesamten Lebensweges von der Wiege bis zur Wiege (Gewinnung, Produktion, Nutzung, Entsorgung/Recycling).</p> <p>Der Indikator MIPS eignet sich zur Bewertung und zum Vergleich von Umwelteigenschaften von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen. Das MIPS-Konzept und seine praktische Anwendung in Form einer Materialintensitätsanalyse (MAIA) können in vielfältiger Art und Weise in Unternehmen (Mikro-Ebene) und Volkswirtschaften (Makro-Ebene) zur Anwendung kommen.</p> <p>Bislang liegen überwiegend Daten für Deutschland und Europa vor. Die für Österreich vorliegenden MI-Werte werden im folgenden Kapitel zusammengefasst.</p>
Copyright	<p>Wuppertal Institut.</p> <p>Die Daten können für BRIX unter Nennung der Quelle verwendet werden.</p>
Ansprechpartner	Katrin Bienge, Holger Rohn, Michael Lettenmeier
<b>Beschreibung der Datengruppen</b>	
	<p>Die MI-Liste umfasst Informationen zu Intensitäten hinsichtlich abiotischer und biotischer Materialien, Wasser, Luft und Bodenbewegung. Flächendaten sind nicht im Datensatz enthalten.</p> <p>Folgende Bereiche sind vertreten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metalle</li> <li>• Kunststoffe</li> <li>• Chemikalien</li> <li>• Baustoffe</li> <li>• Energie</li> <li>• Transport</li> <li>• Nahrungsmittel</li> </ul> <p>Die aktuelle Liste mit den öffentlich verfügbaren MI-Daten ist in Tabelle 3 wiedergegeben (Stand: Dezember 2009)</p>

Aktualität						
älter als 10 Jahre bis 2 Jahre	Daten sind sehr unterschiedlich in ihrer Aktualität. siehe Tabelle 1					
Bezugsräume						
Geographie	Welt, Europa, verschiedene Länder wie z. B. Deutschland, Kanada. siehe Tabelle 3					
nationaler Bezug	z. T.					
Vollständigkeit						
Detailgrad der Daten	Die in der FG 4 vorliegenden Daten sind relativ heterogen.					
Transparenz	Die in der FG 4 vorliegenden Daten sind in unterschiedlicher Ausführlichkeit dokumentiert und teilweise vertraulich. siehe Tabelle 1					
Vergleich mit anderen Datensätzen						
Fall-Beispiele	k. A. = keine Angaben	Material abiotisch kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Material biotisch kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Wasser kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Luft kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Fläche m <sup>2</sup> /kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)
	Beton B25 (D)	1,33	k. A.	3,4	0,044	k. A.
	Fichtenholz, geschnitten, getrocknet (D)	0,68	4,72	9,4	0,156	k. A.
	Kupfer, primär (Welt)	348,47	k. A.	367,2	1,603	k. A.
	Aluminium, primär (Europa)	37,0	k. A.	1047,7	10,87	k. A.
	Strom, öffentliches Netz Österreich (A, 2003) <sup>19</sup>	1,19		33,2	0,33	k. A.
	Straßengüterverkehr, Durchschnitt ohne Infrastruktur (D)	0,22		1,91	0,21	k. A.
Beurteilung des Datensatzes						
Verwendbarkeit für BRIX Indikatoren	Daten sind prinzipiell verwendbar. Müssten aber in einigen Fällen aktualisiert und besser dokumentiert werden. MI-Daten sind bislang in keiner öffentlichen bzw. lizenzierten Datenbank enthalten und demzufolge nicht ohne weiteres in bestehenden Datenbanken einsetzbar. Die öffentlichen MIT-Daten sind aus der Liste heraus kostenlos nutzbar.					

Quelle: Wuppertal Institut

<sup>19</sup> Johannes Hacker (2003): Bestimmung des lebenszyklusweiten Naturverbrauches für die Elektrizitätsproduktion in den Ländern der Europäischen Union. Diplomarbeit. Technische Universität Wien.

Die folgende Tabelle 2 fasst die Einschätzung der Datenqualität bezüglich der Aktualität, Transparenz und Vollständigkeit zusammen. Eine abschließende Beurteilung im Vergleich mit anderen Datenbanken erfolgt in Kapitel 3.3.

**Tabelle 2:** Einschätzung der Datenqualität bzgl. verschiedener Analyseaspekte

<b>Material, Produkt, etc.</b>	<b>Aktualität</b> 1 = bis 2 Jahre 2 = bis 5 Jahre 3 = bis 10 Jahre 4 = über 10 Jahre	<b>Transparenz</b> 1 = sehr gut bis 4 = nicht gegeben	<b>Vollständigkeit</b> 1 = praktisch vollständig bis 4 = große und relevante Lücken	<b>Gesamteinschätzung</b> 1 = Verlässliche Angaben, sofort verwendbar 2 = Angaben sind verwendbar, sollten aber überprüft werden 3 = Als Schätzwert verwendbar, erhebliche Überarbeitung erforderlich 4 = Nicht verwendbar, Neuberechnungen erforderlich
Metalle	3-4	2-3	heterogen	2-3
Mineralische Grund- und Rohstoffe	3	2-3	2-3	2
Energieträger	3	2	2	2
Chemische Erzeugnisse und Zwischenprodukte	2-3	2-3	1-3	2-3
Baustoffe	3-4	2	2	2
Sonstiges	3-4	2	2	2
Transporte	2 / 4	1-2	2	2
Wasser	4	2	3	3
Nahrung	2	2	2	2

Quelle: Wuppertal Institut, basierend auf Bierter et al. (2000), aktualisiert, ergänzt und zusammengefasst

In den Bereichen Metalle, mineralische Grund- und Rohstoffe, sowie bei Energieträgern wie Gas, Öl und Kohle, wie auch für Baustoffe ist die Datenaktualität teilweise älter als 10 Jahre. In allen genannten Bereichen sind Transparenz und Vollständigkeit der Daten hinreichend gegeben. Der Datenbestand zu chemischen Erzeugnissen ist umfassend. Die Daten können als guter Schätzwert verwendet werden.

Im Transportbereich liegen Daten für Deutschland vor die ohne Infrastruktur berechnet sind. Für eine Betrachtung, die die Infrastruktur einschließt, lassen sich Werte für Finnland gut übertragen. Die Daten zu Wasser müssen aktualisiert werden, können jedoch als guter Schätzwert eingesetzt werden. Die Daten zu Nahrungsmitteln sind aktuell.

Im Rahmen des in Kapitel 2 beschriebenen AP1 des MaResS Projektes werden u. a. für den Güterverkehr, Energieträger, Nahrungsmittel und einzelne Metalle und chemische Grundstoffe MIT-Werte überarbeitet bzw. neu erstellt. Die Ergebnisse liegen voraussichtlich Ende des Jahres 2010 vor.

Im Rahmen des Projektes wurden für den Holzbereich neue Werte berechnet (siehe Kapitel 5.2) und bislang nicht vorliegende Werte abgeschätzt (siehe Kapitel 3.3.6).

**Tabelle 3:** Liste der RI-Faktoren (Stand: Dezember 2009)

Material, Produkt, etc.	Spezifikation	abiot. Material	biot. Material	Wasser	Luft	Erosion	Referenzraum
<b>Metalle</b>		<b>Materialintensität [kg/kg]</b>					
<b>Aluminium</b>	primär	37,00		1.047,70	10,87		Europa
	sekundär	0,85		30,74	0,95		Europa
	Knetlegierung	35,28		996,84	10,37		Europa
	Gusslegierung	8,11		234,13	2,93		Europa
	Durchschnitt	18,98		539,21	5,91		Europa
<b>Blei</b>	geschätzt	15,60		k. A.	k. A.		Welt
<b>Ferrochrom</b>	niedrig gekohlt, 60% Cr	21,58		504,86	5,07		Welt
	hoch gekohlt, 75% Cr	13,54		221,36	2,30		Welt
<b>Ferromangan</b>	hoch gekohlt, 75% Mn	16,69		193,76	2,23		Welt
<b>Ferromolybdän</b>	geschätzt	748,00		1.286,00	9,50		Welt
<b>Ferronickel</b>	25% Ni	60,33		615,88	9,73		Welt
<b>Gold</b>	geschätzt	540.000,00		k. A.	k. A.		Welt
<b>Kupfer</b>	50% primär, 50% sekundär	179,07		236,39	1,16		Welt
	sekundär	2,38		85,51	1,32		Welt
	primär	348,47		367,16	1,60		Welt
<b>Nickel</b>		141,29		233,34	40,83		Deutschland
<b>Platin</b>		320.300,00		193.000,00	13.800,00		Welt
<b>Silber</b>	geschätzt	7.500,00		k. A.	k. A.		Welt
<b>Stahl</b>	Oxygenstahl; Blech, feuerverzinkt	9,42		75,38	0,65		Welt
	Träger, Draht, Maschinenbaustahl; Elektrolichtbogenofen-Route	1,47		58,76	0,52		Welt
<b>Edelstahl</b>	18%Cr; 9%Ni	14,43		205,13	2,83		Europa
	17%Cr; 12%Ni	17,94		240,33	3,38		Europa
<b>Zinn</b>	Import-Mix Deutschland	8.486,00		10.958,00	149,00		Deutschland
<b>Zink</b>	elektrolytisch	22,18		343,69	2,28		Deutschland
	Feuerzink (sekundär), IS-Ofen	19,36		86,54	42,29		Deutschland
	Mix	21,76		305,12	8,28		Deutschland
<b>Mineralische Grundstoffe</b>		<b>Materialintensität [kg/kg]</b>					
<b>Aluminiumoxid</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Bayer-Verfahren	7,43		58,62	0,45		Deutschland
<b>Borax</b>	synthetisch (Na <sub>2</sub> O*2B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *10H <sub>2</sub> O)	5,75		13,02	0,43		Deutschland
<b>Borsäure</b>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *3H <sub>2</sub> O	7,61		16,15	1,08		Deutschland
<b>Diabas</b>	gebrochen	1,42		6,13	0,05		Deutschland
	gemahlen	1,65		10,28	0,08		Deutschland
<b>Diamanten</b>	geschätzt	5.260.000,00		k. A.	k. A.		Südafrika
<b>Flussspat</b>	CaF <sub>2</sub>	2,93		7,92	0,06		Europa
<b>Gips</b>	gemahlen	1,83		10,30	0,06		Deutschland
<b>Graphit</b>		20,06		306,25	5,70		Kanada
<b>Kalisalz</b>	geschätzt	5,69		k. A.	k. A.		Welt
<b>Kalk</b>	Kalkstein / Dolomit; gebrochen (CaCO <sub>3</sub> )	1,44		5,56	0,03		Deutschland
	Brantkalk; gebrochen	3,12		12,76	0,10		Deutschland
	Kalkhydrat Ca(OH) <sub>2</sub>	2,46		11,65	0,09		Deutschland

<b>Kaolin</b>		3,05		2,46	0,08		Deutschland
<b>Sand</b>	Quarzsand	1,42		1,43	0,03		Deutschland
<b>Soda</b>	schwer, synthetisch, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	4,46		27,72	1,02		Deutschland
<b>Steinsalz</b>	NaCl	1,24		2,29	0,02		Deutschland
<b>Energie und Brennstoffe</b>		<b>Materialintensität [kg/kWh]</b>					
<b>Elektrizität</b>	Elektrizität (öffentliches Netz)	4,70		83,06	0,60		Deutschland
	Elektrizität (industrielle Eigenerzeugung)	2,67		37,92	0,64		Deutschland
	Elektrizität, EU	1,72		32,53	0,44		EU25
	Elektrizität, alle OECD- Länder	1,55		66,73	0,54		Welt
<b>Energie und Brennstoffe</b>		<b>Materialintensität [kg/kg] inklusive Verbrennungsluft (ausgenommen Dampf und Rohöl)</b>					
<b>Rohöl</b>		1,22		4,28	0,01		Deutschland
<b>Dampf</b>	16 bar; 3.117 MJ/kg	0,39		1,61	0,24		Deutschland
	4 bar; 3.060 MJ/kg	0,39		1,60	0,24		Deutschland
<b>Braunkohle</b>	H <sub>u</sub> : 8.8 MJ/kg	9,68		9,25	0,68		Deutschland
<b>Diesel</b>	H <sub>u</sub> : 42.8 MJ/kg	1,36		9,70	3,22		Deutschland
<b>Erdgas</b>	H <sub>u</sub> : 41 MJ/kg	1,22		0,50	3,64		Deutschland
<b>Heizöl</b>	leicht; Hu 42,8 MJ/kg	1,36		9,45	3,21		Deutschland
	schwer; Hu 40,7 MJ/kg	1,50		11,45	3,05		Deutschland
<b>Steinkohle</b>	H <sub>u</sub> : 29.4 MJ/kg	2,36		9,12	2,36		Deutschland
	Deutscher Importmix; H <sub>u</sub> : 27.5 MJ/kg	2,11		9,12	2,66		Deutschland
	H <sub>u</sub> : 26.37 MJ/kg	17,15		3,66	2,09		Australien
	H <sub>u</sub> : 27 MJ/kg	1,47		6,70	2,15		Deutschland
	H <sub>u</sub> : 23.25 MJ/kg	5,06		4,58	1,85		Welt
	H <sub>u</sub> : 24.9 MJ/kg	7,70		1,86	1,97		Südafrika
	H <sub>u</sub> : 25.2 MJ/kg	6,11		3,11	2,00		USA
	H <sub>u</sub> : 21.1 MJ/kg	1,64		3,85	1,67		China
	H <sub>u</sub> : 23.44 MJ/kg	7,40		9,99	1,89		Russland
	H <sub>u</sub> : 24.9 MJ/kg	2,15		12,88	2,00		Polen
	H <sub>u</sub> : 20 MJ/kg	1,75		9,60	1,60		Ukraine
	H <sub>u</sub> : 27.83 MJ/kg	15,32		3,25	2,21		Kanada
	H <sub>u</sub> : 24.1 MJ/kg	5,97		5,31	1,91		UK
H <sub>u</sub> : 20.8 MJ/kg	4,90		4,31	1,65		Indien	
<b>Chemikalien</b>		<b>Materialintensität [kg/kg]</b>					
<b>Aceton</b>		3,19		18,72	1,89		Deutschland
<b>Acrylnitril</b>		2,56		93,23	5,05		Europa
<b>Allylchlorid</b>		6,93		140,71	2,44		Europa
<b>Aluminiumchlorid</b>		8,61		110,63	1,15		Deutschland
<b>Ammoniak</b>		1,85		10,11	5,04		Europa
<b>Ammoniumnitrat- Harnstofflösung</b>	Mineraldünger	1,43		58,01	0,99		Deutschland
<b>Aniline, Aminobenzen</b>	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N	8,21		148,83	3,83		Deutschland
<b>Benzol</b>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	4,32		28,23	2,19		Deutschland
<b>Bisphenol-A</b>		5,00		88,45	2,52		Europa
<b>Chlor</b>		3,84		100,90	1,09		Europa
<b>Diammonphosphat</b>	Mineraldünger	7,07		50,84	3,57		Deutschland

Dimethylformamide		1,53		5,29	3,72		Europa
Diphenylmethan Diisocyanat (MDI)		5,20		440,84	3,89		Europa
Epichlorhydrin	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> ClO	15,42		319,47	5,68		Europa
Ethylbenzol		4,45		30,53	2,19		Europa
Ethylen		3,89		25,76	1,96		Deutschland
Ethylenglykol		2,90		133,46	2,29		Europa
Formaldehyde		1,11		29,98	0,98		Deutschland
Fumarsäure	aus Maleinsäure	7,28		313,70	0,75		Europa
	aus Maleinsäurehydrid	3,23		140,15	0,90		Europa
Harnstoff		3,45		44,60	1,82		Deutschland
Isobutyraldehyd		2,21		7,88	1,07		Europa
Kalidünger	60% K <sub>2</sub> O; Mineraldünger	11,32		10,62	0,07		Deutschland
Kalkammonsalpeter	Mineraldünger; Mischung aus CaCO <sub>3</sub> und NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	5,48		39,25	2,19		Deutschland
Maleinsäure		5,01		216,68	3,54		Europa
Maleinsäureanhydrit		2,80		118,29	0,59		Europa
Methan		1,38		1,99	3,90		Europa
Methanol		1,67		4,46	3,87		Europa
Monoammonium-phosphat	Mineraldünger	7,36		50,57	3,68		Deutschland
Natriumhydroxid	NaOH	2,76		90,31	1,06		Europa
Naphtha		1,69		13,88	0,05		Deutschland
Neopentylglycol		1,81		15,77	0,96		Europa
Nitrobenzol		4,95		93,13	2,70		Deutschland
Pentan		1,98		109,69	2,15		Europa
Phenol		3,19		18,72	1,89		Deutschland
Phosgen		4,95		125,25	0,61		Deutschland
Polyacrylnitril		14,22		351,19	10,52		Europa
Polyätherpolyol (Polyol)		8,27		465,92	3,51		Europa
Polydiphenylmethan-diisocyanat		9,53		167,36	2,90		Deutschland
Propenoxid		4,61		24,24	3,32		Deutschland
Propylen		1,74		87,55	1,49		Europa
P-Xylol		5,82		50,79	2,94		Europa
Pyrolysebenzin		3,87		25,35	1,96		Deutschland
Ruß		2,58		7,13	2,54		UK
Salzsäure	37%	3,03		40,66	0,38		Deutschland
Sauerstoff	flüssig	4,66		1.084,61	2,50		Deutschland
	gasförmig	2,58		137,02	1,70		Europa
Schwefelsäure	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,25		4,10	0,70		Deutschland
Sorbitol		1,10		22,75	1,61		Deutschland
Stärke		1,07		22,09	1,56		Deutschland
Stickstoff	flüssig	0,81		33,18	1,22		Europa
	gasförmig	0,19		7,66	1,05		Europa
Styrol		5,91		41,96	2,86		Deutschland
Terephthalsäure		4,85		141,71	2,58		Europa
Toluol Diisocyanat (TDI)		8,56		490,58	4,09		Europa
Triplesuperphosphat	Mineraldünger	3,44		23,26	1,29		Deutschland

Wasserglas	Lösung 35%	1,18		6,30	0,29		Deutschland
Wasserstoff	Chlor-Alkali-Elektrolyse	2,52		93,69	0,70		Europa
<b>Kunststoffe</b>				<b>Materialintensität [kg/kg]</b>			
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol	3,97		206,89	3,75		Europa
Epoxydharz		13,73		289,88	5,50		Europa
Polystyrol (PS)	Universal-PS (general purpose PS: GPPS)	2,51		164,04	2,80		Europa
	EPS Granulat	2,50		137,68	2,47		Europa
	hochschlagfestes PS (high impact PS: HIPS)	2,78		175,26	3,15		Europa
Polyamid (PA)	Nylon; PA 6.6	5,51		921,03	4,61		Europa
Polycarbonat (PC)		6,94		212,19	4,70		Europa
Polyethylen (PE)	Folie	3,01		167,60	1,84		Europa
	hohe Dichte; HD	2,52		105,85	1,90		Europa
	geringe Dichte; LD	2,49		122,20	1,62		Europa
	gleichmäßig geringe Dichte; LLD	2,12		162,13	2,80		Europa
Polyethylenterephthalat (PET)		6,45		294,23	3,72		Europa
Polyester	Garn	8,10		278,00	3,73		Welt
	Harz, Gelcoat, Außenschutz	5,11		188,04	2,89		Europa
Polypropylen (PP )	Granulat	2,09		35,80	1,48		Europa
	Spritzguss	4,24		205,50	3,37		Europa
Polytetrafluorethylen (PTFE)		18,81		456,90	6,37		Europa
Polyurethan (PU)	Hartschaum	6,31		505,06	3,56		Europa
	Weichschaum	7,52		532,39	3,42		Europa
Polyvinylchlorid (PVC)	Schaum	17,34		679,38	11,57		Europa
	Bulk	3,47		305,29	1,70		Europa
Styrol Butadien Kautschuk		5,70		146,00	1,65		Deutschland
<b>Baustoffe</b>				<b>Materialintensität [kg/kg]</b>			
Beton	B25	1,33		3,42	0,04		Deutschland
Celluloseflocken		1,71		6,74	0,27		Deutschland
Dachziegel		2,11		5,30	0,07		Deutschland
Zement	Portland Zement	3,22		16,94	0,33		Deutschland
	Hüttenzement (40% Portlandzement; 56 % Hüttesand; 4 % Gips)	2,22		21,31	0,25		Deutschland
Flachglas	Floatglasverfahren	2,95		11,65	0,74		Deutschland
künstliche Mineralfasern	Glaswolle K<40	4,66		45,98	1,80		Deutschland
	Steinwolle K<40	4,00		39,72	1,69		Deutschland
Granit	Platten; geschliffen, poliert	1,92		3,36	0,59		Deutschland
Kalksandstein		1,28		2,02	0,01		Deutschland
Perlit	geschätzt	2,04		6,77	0,04		Deutschland
Porenbeton	400 kg/m <sup>3</sup>	2,51		14,98	0,26		Deutschland
	600 kg/m <sup>3</sup> , bewehrt	2,37		12,15	0,23		Deutschland
Schaumglas		6,71		152,65	2,80		Europa
Ziegel	Ziegel porosiert (PS) / Vollziegel	2,11		5,74	0,05		Deutschland
	porosiert (Sägemehl)	1,97		5,42	0,04		Deutschland
<b>Andere</b>				<b>Materialintensität [kg/kg]</b>			

<b>Aramidfaser</b>		37,03		940,39	19,57		Europa
<b>Baumwolle</b>	USA West	8,60	2,90	6.814,00	2,74	5,01	USA
<b>Behälterglas</b>	primär, spezielle Anwendungen	3,04		17,06	0,72		Deutschland
	53% Fremdscherben	1,72		13,36	0,58		Deutschland
	88% Fremdscherben	0,87		10,93	0,48		Deutschland
<b>Holz</b>	Spanplatte	0,68	0,65	18,42	0,29		Deutschland
	Sperrholzplatte	2,00	9,13	23,56	0,54		Deutschland
	Douglasholz (geschnitt., getrock.)	0,63	4,37	9,24	0,17		Deutschland
	Fichtenholz (geschnitt., getrock.)	0,68	4,72	9,40	0,16		Deutschland
	Kiefernholz (geschnitt., getrock.)	0,86	5,51	9,97	0,13		Deutschland
	mitteldichte Faserplatte (MDF)	1,96		32,86	0,48		Deutschland
<b>Glasfaser</b>	E-Glas	6,22		94,49	2,09		Europa
	R-Glas	10,84		296,25	2,01		Europa
<b>Kohlefaser</b>	PAN	58,09		1.794,90	38,00		Europa
		61,12		2.411,47	33,39		Europa
<b>Leder</b>	chromgegerbt, Flächenleder	12,30		515,00	2,80		Europa
	pflanzlich geegerbt, Flächenleder	9,20	12,60	446,00	2,40		Europa
<b>Papier und Pappe</b>	gebleicht	9,17	2,56	302,99	1,28		Europa
	ungebleicht	8,94	2,38	268,06	1,29		Europa
	Graukarton	0,30	0,22	24,90	0,07		Europa
	Wellkarton	1,86	0,75	93,56	0,33		Europa
	Sulfatzellstoff (gebleicht)	2,61	2,64	112,10	0,41		Europa
	Sulfatzellstoff (ungebleicht)	3,09	2,42	93,27	0,52		Europa
	Sulfitzellstoff (gebleicht)	4,38	2,64	185,21	0,66		Europa
	Sulfitzellstoff (ungebleicht)	2,59	2,42	141,87	0,41		Europa
<b>Wasser</b>		<b>Materialintensität [kg/kg]</b>					
<b>Trinkwasser</b>		0,01		1,30	0,00		Deutschland
<b>Deionisiertes Wasser</b>	geschätzt	0,08		2,20	0,01		Deutschland
<b>Transport</b>		<b>Materialintensität [kg/tkm] (nur Transport, ohne Infrastruktur)</b>					
<b>Seeschiffe</b>	Durchschnitt	0,01		0,05	0,01		Deutschland
<b>Binnenschiffe</b>	Durchschnitt	0,02		0,16	0,04		Deutschland
<b>Frachtzüge</b>	Durchschnitt	0,08		3,59	0,03		Deutschland
<b>Straßengüterverkehr</b>	Durchschnitt	0,22		1,91	0,21		Deutschland
<b>Transport</b>		<b>Materialintensität [kg/tkm] (Transport, inkl. Infrastruktur)</b>					
<b>Seeschiffe</b>	von Finnland nach Mittel- und Südeuropa	0,12		0,70	0,10		Finnland
	von Finnland außerhalb von Europa	0,08		0,60	0,10		Finnland
<b>Luftfracht</b>	kurze Distanzen	4,70		189,00	3,40		Finnland
	von Finnland nach Mittel- und Südeuropa	1,10		33,60	1,40		Finnland
	von Finnland außerhalb von Europa	0,60		9,10	1,30		Finnland
<b>Güterzüge</b>	Durchschnitt	0,54		15,30	0,02		Finnland
<b>Straßengüterverkehr</b>	Durchschnitt	0,52		6,30	0,09		Finnland
<b>Lebensmittel und landwirtschaftliche Produkte</b>		<b>Materialintensität [kg/kg]</b>					

<b>Winterweizen</b>		0,46	1,98	3,11	0,12	1,10	Deutschland
<b>Weizenmehl</b>		0,78	2,97	8,62	0,20	1,65	Deutschland
<b>Weizenbrot</b>		1,68	2,12	42,85	1,76	1,08	Deutschland
<b>Hafer</b>	ohne Trocknung	0,36	2,53	1,13	0,07	1,74	Deutschland
<b>Wintergerste</b>	ohne Trocknung	0,29	2,03	2,33	0,08	1,37	Deutschland
<b>Bier</b>		1,50	0,31	280,00	0,51	0,09	Finnland
<b>Zuckerrübe</b>		8,58	12,63	53,73	4,70	1,15	Deutschland
<b>Futtermübe</b>		0,05	1,35	0,27	0,01	0,05	Deutschland
<b>Körnererbsen</b>		0,80	1,53	9,43	0,15	2,76	Deutschland
<b>Körnermais</b>		0,89	2,06	25,01	0,21	0,90	Deutschland
<b>Silagemais</b>		0,06	1,10	0,36	0,01	0,67	Deutschland
<b>Kartoffeln</b>	ungewaschen	0,10	1,06	0,39	0,01	0,22	Deutschland
<b>Gurke</b>		7,00	1,00	570,00	4,00	0,00	Finnland
<b>Apfel</b>		1,00	1,00	7,00	0,01	0,32	Finnland
<b>Erdbeere</b>		1,00	1,00	18,00	0,20	0,63	Finnland
<b>Rapsöl</b>	aus Winter-Futtermübe	3,15	2,54	51,04	0,73	6,12	Deutschland
<b>Margarine aus Rapsöl</b>		8,30	20,00	170,00	0,56	2,20	Finnland
<b>Feldbohne</b>		0,67	1,07	9,09	0,13	0,74	Deutschland
<b>Soja</b>		0,96	1,10	10,68	0,19	4,00	Deutschland
<b>Sojaöl</b>		6,47	6,09	104,53	1,38	22,22	Deutschland
<b>Eier</b>		1,15	1,98	28,56	0,25	0,93	Deutschland
<b>Hühnchen</b>	Fleisch	8,99	6,67	344,03	2,30	6,64	Deutschland
<b>Rindfleisch</b>	33% von Milchkühen	6,53	27,05	269,95	1,68	9,55	Deutschland
<b>Schweinefleisch</b>		2,57	6,89	62,33	1,01	6,51	Deutschland
<b>Regenbogenforelle</b>	Farmzucht	2,70	4,70	270,00	0,83	0,17	Finnland
<b>Vollmilch</b>		0,15	2,46	4,42	0,04	0,80	Deutschland
<b>Butter</b>		3,42	56,87	105,75	0,79	18,43	Deutschland
<b>Sahnequark</b>	40% FDM	0,72	12,03	21,59	0,17	3,90	Deutschland
<b>Sahnefrischkäse</b>	60% FDM	0,84	14,24	25,51	0,20	4,62	Deutschland
<b>Schlagsahne</b>	28% Fett	0,70	11,47	21,14	0,16	3,72	Deutschland
<b>Molke</b>		0,03	0,42	0,76	0,01	0,14	Deutschland
<b>Molkepulver</b>		23,15	7,28	929,79	6,22	2,36	Deutschland
<b>Magermilchpulver</b>		16,45	15,26	653,07	4,42	4,95	Deutschland
<b>Joghurt</b>	Natur-Joghurt	0,19	2,75	5,61	0,05	0,89	Deutschland
<b>Fischmehl</b>		1,30	5,00	19,28	3,08	k. A.	Deutschland
<b>Hühnerfutter, gemischt</b>		0,77	1,43	12,53	0,18	1,42	Deutschland
<b>Anweilsilage</b>	Ballen, vom Feld	0,05	1,25	0,77	0,01	0,25	Deutschland
<b>Heu, feldgetrocknet</b>	Ballen, vom Feld	0,05	1,35	0,40	0,02	0,27	Deutschland

Quellen: Lettenmeier et al. (2009), basierend auf [www.mips-online.info](http://www.mips-online.info), Kaiser et al. (2008), Kauppinen et al. (2008), und Lähteenoja et al. (2006)

### 3.2.2 RI-Daten aus österreichischen Projekten

Analog zur Datensammlung des WI wurden in Österreich in den vergangenen Jahren diverse MI Daten (wenn auch im deutlich geringeren Umfang) entwickelt, die aber keinen eigenen Datensatz darstellen, sondern aus verschiedenen Projekten zusammengetragen sind.

Wesentlich sind dabei die spezifischen Berechnungen der Module „österreichischer Strom-Mix“ (Hacker, 2003), „Deponierung“ (Faktor 10, 2009) sowie Schlussfolgerungen bezüglich des Transports in Österreich. Weitere Materialien, Stoffe und Produkte wurden berechnet und diese sind im Folgenden soweit wie möglich erfasst.

Im Zusammenhang mit Transporten haben Manstein, Stiller (2000) festgestellt, dass die im Wuppertal Institut berechneten Faktoren für Deutschland als gute Schätzung auf die Verhältnisse in Österreich übertragen werden können. Zwar sind die Materialaufwendungen in Österreich aufgrund der geographischen Bedingungen i. d. R. höher als in Deutschland, dies wird aber durch eine bessere Auslastung der Transportsysteme in Österreich kompensiert.

**Tabelle 4:** Einschätzung der Datenqualität bzgl. verschiedener Analyseaspekte für spezifisch in Österreich errechneter RI-Faktoren

Material, Stoff, Produkt, Modul, etc.	Aktualität	Transparenz	Vollständigkeit	Gesamteinschätzung
	1 = bis 2 Jahre 2 = bis 5 Jahre 3 = bis 10 Jahre 4 = über 10 Jahre	1 = sehr gut bis 4 = nicht gegeben	1 = praktisch vollständig bis 4 = große und relevante Lücken	1 = Verlässliche Angaben, sofort verwendbar 2 = Angaben sind verwendbar, sollten aber überprüft werden 3 = Als Schätzwert verwendbar, erhebliche Überarbeitung erforderlich 4 = Nicht verwendbar, Neuberechnungen erforderlich
Bodenbeläge (Außenbereich)	1	2	1-2	1-2
Elektrischer Strom in Österreich (öffentliches Netz)	2	1	2	2
Deponierung in Österreich (Baureststoffmassen)	1	2	1	1
Diverse Produkte*	1-2	4	4	?
Diverse Materialien, Grund- und Werkstoffe	-	-	4	4

Quelle: Faktor 10 Institut

\* Solche Werte sind i. d. R. im Zusammenhang mit Projekten mit österreichischen Unternehmen berechnet worden. Vor Aufnahme der Werte in die Datenbank des BRIX-Projektes muss geprüft werden, ob die Werte Geheimhaltungsvorschriften unterliegen.

Die in österreichischen Projekten errechneten RI-Faktoren sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 5:** RI-Faktoren aus österreichischen Projekten

Material, Stoff, Produkt, Modul etc.	Spezifikation	abiot. Material	biot. Material	Wasser	Luft	Erosion	Referenzraum
<b>Bodenbeläge Außenbereich (Herstellung) <sup>1)</sup></b>		<b>Materialintensität [kg/kg]</b>					
Schotterrasen		1,04		3,39	0,02		Österreich
Kalkschotterdecke		1,75		2,35	0,03		Österreich
Wassergebundene Decke		1,54		2,64	0,03		Österreich
Stabilizer		2,18	0,001	4,09	0,04		Österreich
Permazyme		1,55	0,001	2,62	0,03		Österreich
Parkwegebeton		1,93		5,49	0,04		Österreich
Asphalt		2,04		3,77	0,05		Österreich
Splitt Mastix		2,12		4,01	0,05		Österreich
Terraway		1,74		3,83	0,05		Österreich
Quarzcolor		1,52		2,33	0,08		Österreich
Kleinsteinpflaster		2,17		4,08	0,05		Österreich
Betonstein		2,40		4,20	0,05		Österreich
Kunststoffbelag	Ehemals „Tartan“	1,42		7,10	0,08		Österreich
<b>Energie</b>		<b>Materialintensität [kg/kWh]</b>					
Elektrizität <sup>2)</sup>	Elektrizität (öffentliches Netz)	1,19		33,20	0,33		Österreich
<b>Deponierung</b>		<b>Materialintensität [kg/kg Reststoff]</b>					
Deponie <sup>3)</sup>	Baurestoffmassen	0,59		0,20	0,01		Österreich
<b>Diverse</b>		<b>Materialintensität [kg/kg]</b>					
Tiefkühlspinat	1 kg	0,722	1,165	49,914			Österreich
Baby-Leaf Spinat	1 kg	0,750	1,020	99,255			Österreich
Glühbirne	8000 Betriebsstunden	0,576	0,044	16,023			China
Energiesparlampe	8000 Betriebsstunden	0,110	0,019	2,972			Polen
Mineralwasser PET-Einweg-Flasche	1 Liter	0,199	0,029	9,938			Österreich
Mineralwasser PET-2-Weg-Flasche	1 Liter	0,159	0,040	6,887			Österreich

Quellen: siehe Angaben in der Tabelle

<sup>1)</sup> Manstein, C.; Leiler, W. in: Hohensinner, H. et al.: Nachhaltige Freiraumgestaltung mittels ökologischer und ökonomischer Lebenszyklusbewertung von Bodenbelägen im Außenbereich. Studie im Auftrag der niederösterreichischen Landesregierung. Wien 2010.

<sup>2)</sup> Hacker, J. (2003). Bestimmung des lebenszyklusweiten Naturverbrauches für die Elektrizitätsproduktion in den Ländern der Europäischen Union. Diplomarbeit. Technische Universität Wien.

<sup>3)</sup> Berechnungen des Faktor 10 Institut Austria (2009)

<sup>4)</sup> Burger, E.; Hinterberger, F., Giljum, S. und Manstein, C.: When carbon is not enough: Comprehensive Ecological Rucksack Indicators for Products. Konferenzbeitrag für den R'09 Twin World Congress in Davos, Schweiz, 2009.

### 3.2.3 Datenbank der Software GABI

GABI steht für das Software-System „Ganzheitliche Bilanzierung“ und wurde 1989 von der Abteilung GABI am Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde der IKP Universität Stuttgart sowie PE International entwickelt. Heute wird diese kostenpflichtige Software von Unternehmen und Forschungseinrichtungen weltweit eingesetzt. Die aktuelle Version GABI 4.4 ist PC-basiert, jedoch auch auf anderen System wie Mac einsetzbar durch entsprechende Software (wie z. B. Parallels). Kompatibilität wird insbesondere über den

Datenimport und -export mittels der Software Microsoft Excel sichergestellt. Eine derzeitige Weiterentwicklung zu GABI 5 ist bis Ende 2010 geplant.

### **Herkunft der Daten**

IKP Universität Stuttgart und der PE Europe GmbH ([www.GABI-software.de](http://www.GABI-software.de))

### **Inhalt der Datenbank**

Es gibt verschiedene GABI-Datenbanken mit unterschiedlicher Anzahl von Prozessen und Schwerpunkten. Die folgenden Lizenzversionen Lean, Professional, Academy und Education sind derzeit verfügbar:

- **Lean:** Datenbank mit 370 Prozessen: Sachbilanzdaten aus Erhebungen von IKP Universität Stuttgart und PE Europe. Weitere Informationen sind in den jeweiligen Dokumentationen enthalten (html-Format).
- **Professional:** Datenbank mit 950 Prozessen: Sachbilanzdaten aus Erhebungen von IKP Universität Stuttgart und PE Europe. Weitere Informationen sind in den jeweiligen Dokumentationen enthalten (html-Format).
- **Educational:** Auszug aus der Professional Datenbank mit 170 Prozessen.
- **15 Zusatzdatenbanken:** Neben der ECOINVENT Datenbank, die integriert in GABI verfügbar ist, sind für verschiedene Bereiche derzeit 15 Datenbanken zusätzlich verfügbar (ausführliche Liste siehe Anhang).
- **Individuell erstellbare Datenbanken** von PE INTERNATIONAL

Es werden Prozesse aus den Bereichen Energieumwandlung, Gewinnung, Produktion (Verarbeitungsprozesse und Werkstoffherstellung) und Transporte bereitgestellt.

Die ECOINVENT Datenbank (siehe Kap. 3.2.5) ist als angepasstes Zusatzmodul in GABI integrierbar. Zusätzlich werden dem Benutzer Daten zur Klassifizierung und Quantifizierung entsprechend den veröffentlichten Werten von ISO, SETAC, WMO und IPCC bzw. daraus abgeleiteten Werten von CML, EDIP, EcoIndicator, UBP mitgeliefert.

Die Software dient als Werkzeug zur Erstellung von Lebenszyklusbilanzen und ermöglicht dem Anwender die Verwaltung großer Datenmengen, eine detaillierte Modellierung und Analyse von Prozessketten sowie eine übersichtliche Aufbereitung der Ergebnisse. Die mit GABI mögliche Ökobilanzierungsmethode (LCA) ist kompatibel zu ISO 14040 und erweitert die Analyse um technische und ökonomische Aspekte.

Die mit GABI errechneten Ergebnisse können als Methode zur Beurteilung ökologischer (LCA) Auswirkungen von Produkten, Dienstleistungen und Verfahren und technischer, wirtschaftlicher (LCC - Life Cycle Costing) Auswirkungen sowie sozio-ökonomischer Aspekte über das Konzept „Life Cycle Working Time“ (LCWT) verwendet werden. Neu an GABI 4 ist die Betrachtung sozio-ökonomischer Aspekte über das Konzept „Life Cycle Working Time“ (LCWT), basierend auf EU-Projekt Nr. QLRT-1999-01298.

Alle Schritte im Lebensweg eines Produktes werden erfasst (Rohstoffabbau und -aufbereitung, Herstellung von Vorprodukten, Produktionsprozesse, Nutzung und Entsorgung). Die Software erlaubt eine getrennte Betrachtung jeder Lebenszyklusphase. Eine Sachbilanz erfasst jeweils Input und Output und erlaubt durch Gegenüberstellung von eingesetzten Ressourcen und resultierenden Abfällen oder Emissionen auch eine Wirkungsabschätzung für relevante Umweltbereiche. In der GABI-Datenbank werden alle

Informationen, z. B. Produktmodelle, Ökopprofile, Stoffeigenschaften etc. gespeichert. GABI kann zudem mit bestehenden oder eigenen Datenbank verknüpft werden. Software und Datenbanken können unabhängig voneinander verwendet werden.

GABI-Datenbanken sind nach einer einheitlichen Struktur aufgebaut. Essentielle Bestandteile sind Bilanzen, Pläne, Prozesse, Flüsse, Größen, Einheiten und Gewichtung:

- Bilanz: Liste aller Input und Output-Flüsse sämtlicher Prozesse über den gesamten Lebensweg eines Produktes
- Flüsse: Input- und Output-Stoffe. Betrachtung eines realen Stoff-, Energie-, Geldflusses
- Prozesse: Repräsentanten realer Arbeitsvorgänge, technischer Verfahren, Gruppen von Verfahren (Rohstoffgewinnung, Herstellung, Transport, Dienstleistung etc.). Transformationsvorschriften zwischen Prozess-Inputs und –Outputs. Prozesse entsprechen den „Modulen“ in der ISO-Nomenklatur.
- Pläne: Verknüpfung von einzelnen Prozessen
- Größen: Eigenschaften bzw. Referenzgrößen (z. B. Masse, Flächeninanspruchnahme, Energie, )
- Einheiten: Jedes Produkt kann in verschiedenen Einheiten angegeben werden (z. B. kg, Joule, Euro, GWP etc.)

Die Gewichtung erfolgt über eine Normalisierung (Bezug zu bestimmter Region) und Bewertung (Zusammenfassung zu einem Indikatorwert). Dafür erforderliche Umrechnungsfaktoren sind in „Gewichtung“ enthalten. Die folgenden Gewichtungsfaktoren zur Normalisierung sind enthalten: u. a. Aquatisches und terrestrisches Ökotoxizitätspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Treibhauspotenzial (20 Jahre, 100 Jahre, 500 Jahre) (GWP) oder Versauerungspotenzial. Zu den Bewertungsschlüsseln zählen Eco-Indicator 99, Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode), CML 2001 für Niederlande / West Europa und Welt (Informationen des Instituts CML der Universität Leiden, Niederlande).

Neu ist die prinzipielle Möglichkeit zur Integration von Indikatoren zur Flächeninanspruchnahme. Werte für Erosionswiderstand, mechanische Filterleistung, physikalisch-chemische, Filterleistung, Grundwasserneubildung, biotisches Ertragspotenzial und Ökotoptbildung jeweils für die Transformations- und Okkupationsphase werden je Indikator über die Prozesskette aggregiert, um repräsentative Umweltkennzahlen für den gesamten Lebenszyklus eines Produktes zu erhalten. Als Basis zur Berechnung der 12 Schlüsselparameter werden folgende Inputdaten benötigt:

- Genutzte Fläche (m<sup>2</sup>)
- Nutzungsdauer
- Geographische Lage
- Art der Flächeninanspruchnahme „vor, während und nach der Nutzungsphase (für die Transformationsphase)“
- Art der Flächeninanspruchnahme „Referenzsystem“ (für die Okkupationsphase)

Dieser Datenbereich wird derzeit allmählich aufgebaut und erweitert und wird seit der Version GABI 4.4 angeboten. Derzeit liegen für die Prozesse Landwirtschaft, Bauxit, Kupfer, Steinkohle, Eisenerz und Erze vor (vgl. LBP o. J.) Zum derzeitigen Stand sind die Daten nicht für BRIX nutzbar (Lizenz liegt nicht vor).

## Räumliche Abgrenzung

Die GABI-Datenbanken bieten eine unterschiedliche räumliche Abgrenzung. Während die Professional Datenbank Datensätze mit globalem, europäischem und länderspezifischem Bezug enthält, liegen in der Lean Datenbank vor allem Daten vor, die den globalen und europäischen Bezug abdecken.

## Zeitliche Abgrenzung

Die Lean Datenbank bezieht sich auf verschiedene Jahre aus dem Zeitraum 1994-1997. Die Bezugsjahre im Bereich Transporte sind z.T. älter (Beginn 1990er Jahre). Zu den Bezugsjahren der Professional DB ist keine Aussage möglich, da die DB nicht vorliegt. Die Bezugsjahre der Zusatzmodule variieren überwiegend zwischen 1994-2003.

## Aktualisierung der Datenbank

Die Datenbanken werden regelmäßig aktualisiert. Nach der 1989 erstellten ersten Version liegt mit der neuen GABI Version 4.4 auch aktualisierte und erweiterte Datenbank vor.

## Datenqualität

Die Datenbanken werden nur intern von Expert/-innen von PE International oder teilweise von Industrieverbänden (z. B. der Wert für Aluminiumblech wurde vom Europäischen Aluminiumverband geprüft) einem Reviewprozess unterzogen (im Gegensatz zu ECOINVENT). Erstellt werden die Datensätze unter anderem von LBP - Universität Stuttgart und Ecobilan a business of PricewaterhouseCoopers. Die Stichproben der HTML-Dokumentation zeigen einen guten Detailgrad (prinzipiell sind einige, die meisten oder wesentliche Stoff-/Energieströme erfasst). Eine gewisse Verallgemeinerung der Prozesse in den Vorketten ermöglicht z.T. nur gemittelte / durchschnittliche Abbildung der Inputs und somit ungenaue Bilanzierungen für bestimmte Prozesse in Unternehmen, wenn Datenlücken vorhanden sind, die nicht durch Eigenerhebungen gefüllt werden können.

Datengrundlagen sind im Überblick dokumentiert. Einschätzungen aus der Arbeit mit GABI zeigen allerdings, dass hier oft nicht ausreichend dokumentiert ist, welche Annahmen getroffen wurden, sodass der Eindruck einer Black Box entsteht. Wenn die Daten aus „Industriedaten“ stammen, werden oft keine weiteren Angaben gemacht. Grenzen der Untersuchungen und Datenqualität sind meistens aufgezeigt.

## Datenzugang

Die Metadaten sind online für die Datenbanken und Zusatzmodule kostenlos einsehbar ([www.GABI-software.de](http://www.GABI-software.de)). Die konkreten Daten sind lizenzpflichtig.

**Tabelle 6:** Überblick über bestehende Datensätze in GABI

Allgemeine Beschreibung des Datensatzes	
Ursprung der Daten	IKP Universität Stuttgart und der PE Europe GmbH
Entstehung des Datensatzes	Recherche und Berechnungen, Messungen, Schätzungen
Quellen	Industriedaten, Patent-/ Fachliteratur, Berechnungen von PE / BUWAL / ELCD / Plastics Europe

Verfügbarkeit	<p>Lizenzversionen: Lean, Professional, Academy, Education</p> <p>Lean:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 370 Prozesse</li> <li>- Quellen: Auswahl an IKP/PE Daten, zusätzlich ELCD, BUWAL, Plastics Europe Daten</li> <li>- Nutzung: commercial und scientific</li> </ul> <p>Professional:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mehr als 950 Prozesse</li> <li>- Quellen: länderspezifische Daten von IKP/PE, zusätzlich ELCD, BUWAL, Plastics Europe Daten</li> <li>- Nutzung: commercial und scientific</li> </ul> <p>ECOINVENT:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mehr als 2000 Prozesse</li> <li>- Quelle: Swiss Centre for Life Cycle Inventories</li> <li>- Nutzung: commercial und scientific</li> </ul> <p>Educational:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 170 Prozesse</li> <li>- Quelle: Auswahl aus professional Datenbank</li> <li>- Nutzung: scientific</li> </ul> <p>Zusatzdatenbanken</p>
Verbreitung	weltweite Anwendung in Industrie, Forschung und Beratung zur Nachhaltigkeitsbewertung. Anzahl der NutzerInnen unbekannt.
Relevanz für BRIX Indikatoren	Datensätze konnten nicht vollständig beurteilt werden, es liegen z.T. aktuellere Datensätze vor, die über Zusatzdatenbanken und Upgrades prinzipiell verfügbar wären. Die ECOINVENT Datenbank ist als angepasstes Zusatzmodul in GABI integrierbar.
Copyright	Alle Rechte an den Datenbankinhalten liegen bei IKP Universität Stuttgart und der PE Europe GmbH. Weitergabe der Datenbankinhalte ist nur gestattet mit ausdrücklicher und vorheriger schriftlicher Erlaubnis.
Ansprechpartner	<p>IKP Universität Stuttgart  Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde, Abteilung GABI  Hauptstraße 113  D- 70771 Leinfelden-Echterdingen  Fon: +49 (0) 711 48 99 99 – 0  Fax: +49 (0) 711 48 99 99 – 11  E-Mail: <a href="mailto:GABI@ikp2.uni-stuttgart.de">GABI@ikp2.uni-stuttgart.de</a>  Internet: <a href="http://www.ikpGABI.uni-stuttgart.de">www.ikpGABI.uni-stuttgart.de</a></p> <p>PE International  Hauptstraße 113  D- 70771 Leinfelden-Echterdingen  Fon: +49 (0) 711 34 18 17 – 0  Fax: +49 (0) 711 34 18 17 – 25  E-Mail: <a href="mailto:GABI@pe-international.com">GABI@pe-international.com</a>  Internet: <a href="http://www.pe-international.com">www.pe-international.com</a></p>
<b>Beschreibung der Datengruppen in GABI 4 Lean Datenbank</b>	
Energieumwandlung	Produkte und Prozesse (Auswahl)
Brennstoffbereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkte: Erdöl, Erdgas, Steinkohle, Braunkohle, Uran (länderspezifische Brennstoffmixe)</li> <li>• Prozesse: Kokerei, Raffinerie, Uranerzaufbereitung, Urankonversion (versch.)</li> </ul>
Dampfbereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkte: Dampf aus Erdgas, Dampf aus Heizöl, Dampf aus Steinkohle</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozess: Dampfumwandlung</li> </ul>
Erzeugung mechan. Energie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Druckluft</li> </ul>
Strombereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkte: länderspezifische Strommixe (AT, AU, BE, BR, CA, CH, CN, DE, ES, FI, FR, GB, IN, IT, NL, NO, RU, SE, SK, US, ZA), Strommix Bahn</li> <li>• Prozesse: Biomassekraftwerk, Braunkohlekraftwerk, Druckwasserreaktor, Erdgaskraftwerk, Erdölkraftwerk, Gichtgaskraftwerk, Siedewasserreaktor, Steinkohlekraftwerk, Müllverbrennungsanlage, Wasserkraftwerk</li> </ul>
Thermische Energie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkte: Therm. Energie aus Erdgas, Therm. Energie aus Heizöl, Therm. Energie aus Steinkohle</li> <li>• Prozess: Thermische Energie</li> </ul>
Gewinnung	
Förderung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdöl</li> <li>• Erdgas</li> <li>• Steinkohle</li> </ul>
Produktion	
Verarbeitungsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluminium: Blech tiefziehen, Druckgussbauteil, Guss Spanen</li> <li>• Stahl: 1mm Punktschweißen, Blech Stanzen und Biegen, Tiefziehen mehrstufig, Drehen, MAG Schweißen, Stahlguss Bauteil, Grauguss (GG) Bauteil</li> <li>• Kunststoff Spritzguss Bauteil</li> <li>• Glaser-Kunststoff: GMT_PP Bauteil (Bauteil aus Glasmatten und Polypropylen)</li> <li>• Autoshredder (Input: PkW trockengelegt, Strom; Output: Stahl, Kunststoffe, NE-Metalle)</li> </ul>
Werkstoffherstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mineralische Stoffe:</b> Glasfasern Feinkalk, Branntkalk, Kalkhydrat, Kalksteingewinnung, Natriumchlorid, Talkum</li> <li>• <b>Vorprodukte:</b> Acetaldehyd, Acrylsäure, Adipinsäure, Allylchlorid, Ammoniak, Anilin, Argon, Aromate, Bisphenol, Butadien, Butandiol, Buten/Butan, Caprolactam, Chlor-Alkali-Elektrolyse, Chlorbenzol, Cumol, Cyanwasserstoff, Cyclohexan, Dimethylterephthalat, Dinitrotoluol, Epichlorhydrin, Epoxidharz, Essigsäure, Ethanol, Ethin, Ethylenglykol, Ethylenoxid, Fluorwasserstoff, Formaldehyd, Glycerin, Hexamethyldiamin, Isononanol, Isopropanol, Kohlendioxid, Maleinsäureanhydrid, Melamin, Methacrylat, Methacrylsäure, Methanol, Methyl-isobutylketon, Methylmethacrylat-Spaltsäurerecycling, Nitrobenzol, Phenol, Phosgen, Phthalsäureanhydrid, Polyesterharz (carboxyl, hydroxyl), Propylenglykol, Propylenoxid-Chlorhydrin-Porzess, Salpetersäure (60, 98), Salzsäure, Sauerstoff, Schwefelsäure, Soda, Steam-Cracker, Stickstoff, Styrol, Synthesegas, Vinylchlorid-Monomer, Wasserstoff, Wasserstoffperoxid</li> <li>• <b>Kunststoffe:</b> Acrylnitril-Butadien-Styrol Granulat Mix, Polystyrol high impact Granulat, Methylendiisocyanat, Polybutadien Granulat, Polycarbonat Granulat, Polyesterharz (ungesättigt), Polyethylen high density Granulat, Polyethylenterephthalat, Polymethylmetacrylat Granulat, Polypropylen Granulat, Polystyrol Granulat, Polyurethan Hartschaum, Polyvinylchlorid Granulat, PP EPDM Granulat, SMC Harzmattenherstellung, Styrol-Butadien-Kautschuk, Toluylendiisocyanat</li> <li>• <b>Metalle:</b> Agglomeration, Aluminium Extrusionsprofil BAT, Aluminium Extrusionsprofil Import Mix, Aluminium Massel BAT, Aluminium Massel Import Mix, Aluminium Schmelz- und Warmhalteofen, Aluminiumoxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) BAT, Aluminium Blech BAT, Aluminium Blech Import Mix, Anode (C-Traeger) PB-Technologie BAT, Anoden (C-Traeger) Produktion PB- SB Technologie, Hochofen, Messing,</li> </ul>

	Stahlkaltband, Kaltwalzwerk, Kupfer, Elektroroofen, Elektro-Stahlwerk, Elektrolyse, Elektrolytische Verzinkung, Ferrosilizium (90%) Import Mix, Ferro-Nickel, ZA High Carbon Ferromangan (77% Mn), High Carbon Ferrochrom (60%) Import Mix, Feualuminierung, Warmwalzwerk, ZA Low Carbon Ferromangan (90% Mn), Low Carbon Ferrochrom (60%), Nickel, Erzaufbereitung, Erzabbau, Feuerverzinkung, Primaerbleimix, Reaktionspfanne, Feinzink Mix, Silizium (99%) Import Mix, Sintern, Stahlkneuppel, Stahlblech FAL, Stahlblech EVZ, Stahlblech BVZ						
Transporte							
per	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flugzeug</li> <li>• Pipeline</li> <li>• Schiene</li> <li>• Schiff</li> <li>• LKW</li> </ul>						
<b>Aktualität</b>							
Bezugsjahre	<p>Lean DB: Verschiedene Bezugsjahre aus dem Zeitraum 1994-1997, Bezugsjahre im Bereich Transporte sind z. T. älter (Beginn 1990er Jahre), Datenherkunft teilweise älter</p> <p>Professional DB: keine Aussage möglich</p> <p>Zusatzmodule: Bezugsjahre variieren überwiegend zwischen 1994-2003</p>						
<b>Bezugsräume</b>							
Geographie	Welt, Europa, einzelne (europäische) Länder						
nationaler Bezug	Ja (in der professional Datenbank sind mehr länderspezifische Daten enthalten)						
<b>Vollständigkeit</b>							
Detailgrad der Daten	Stichproben zeigen guten Detailgrad (prinzipiell sind einige, die meisten oder wesentliche Stoff-/Energieströme erfasst), aber gewisse Verallgemeinerung der Prozesse in den Vorketten ermöglicht z.T. nur gemittelte / durchschnittliche Abbildung der Inputs und somit ungenaue Bilanzierungen für bestimmte Prozesse in Unternehmen, wenn Datenlücken vorhanden sind, die nicht durch Eigenerhebungen gefüllt werden können.						
Transparenz	Datengrundlagen sind gut im Überblick dokumentiert. Einschätzungen aus der Arbeit mit GABI zeigen allerdings, dass hier oft nicht ausreichend dokumentiert ist, welche Annahmen getroffen wurden, sodass der Eindruck einer Black Box entsteht. Wenn die Daten aus „Industriedaten“ stammen, werden oft keine weiteren Angaben gemacht. Grenzen der Untersuchungen und Datenqualität sind meistens aufgezeigt.						
<b>Vergleich mit anderen Datensätzen</b>							
Fall-Beispiele (k. A. = keine Angaben verfügbar)	GABI Lean Datenbank	Material abiotisch	Material biotisch	Wasser	Luft	Fläche	
		(kg/kg)	(kg/kg)	(kg/kg)	(kg/kg)	(m <sup>2</sup> /kg bzw. kWh)	
	Beton	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	
	Schnittholz, Nadelholz, DGfH-Mix, inkl. Transporte	0,9269	3,7473	32,0314	0,2794	k. A.	
	Kupfer	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	
Aluminiumblech (0,7mm), Europa,	7,4371			0,00844		k. A.	

	2005					
	Strom-Mix Österreich, 2002 (nur Erdöl, Erdgas, Kohle, Uran)	0,0581				k. A.
	LkW-Gütertransport, 16t zul. GGW / 10,3t NL / Nah (ohne Infrastruktur)	0,00306				k. A.
<b>Beurteilung des Datensatzes</b>						
Verwendbarkeit für BRIX Indikatoren	Die Verwendbarkeit der GABI-Datenbanken für die BRIX Indikatoren ist prinzipiell gegeben, insbesondere abiotische, biotische Ressourcen und Wasser. Getrennte Betrachtung jeder Lebenszyklusphase möglich.					

Quelle: Wuppertal Institut

**Tabelle 7:** Einschätzung der Datenqualität von GABI Datenbanken bzgl. verschiedener Analyseaspekte

Datenbereich	Aktualität 1 = bis 2 Jahre 2 = bis 5 Jahre 3 = bis 10 Jahre 4 = über 10 Jahre	Transparenz 1 = sehr gut bis 4 = nicht gegeben	Vollständigkeit 1 = praktisch vollständig bis 4 = große und relevante Lücken	Gesamteinschätzung 1 = Verlässliche Angaben, sofort verwendbar 2 = Angaben sind verwendbar, sollten aber überprüft werden 3 = Als Schätzwert verwendbar, erhebliche Überarbeitung erforderlich 4 = Nicht verwendbar, Neuberechnungen erforderlich
Energieumwandlung	2-3	3	?	2-3
Gewinnung	2-3	3	?	2-3
Produktion	2-4	3	?	2-3
Transportprozesse	2	3	?	2-3

Quelle: Wuppertal Institut

Es wurden aus jedem Datenbereich stichprobenhaft die Datenqualität untersucht und in Tabelle 7 eingeschätzt. Die Analyse zeigt, dass es sich um recht aktuelle Datensätze handelt. Insgesamt sind die Daten als Schätzwert verwendbar, bedürfen aber z. T. der Prüfung (siehe oben zu Datenqualität). Die Vollständigkeit konnte nicht beurteilt werden. Interessant wäre eine Betrachtung der Flächendaten, die in der neuen Lizenzversion von GABI (Version 4.4) vorliegen.

### 3.2.4 Datenbank der Software GEMIS

GEMIS ist eine öffentlich zugängliche, kostenfreie LCA Datenbank des Öko-Instituts Freiburg<sup>20</sup> die in den Jahren 1987-1989 vom Öko-Institut und der Gesamthochschule Kassel (GhK) entwickelt und seitdem kontinuierlich fortentwickelt und aktualisiert wurde. 2008 wurde die Version GEMIS 4.5. veröffentlicht. Neben den Datensets dient GEMIS auch als LCA-Software-Tool, mit welcher man Prozessketten gestalten und analysieren kann. Die Verwendung von GEMIS ist tendenziell eher für LCA-Experten gedacht. GEMIS ist in einer Österreich-spezifischen Version durch das UBA Österreich verfügbar. GEMIS setzt seinen

<sup>20</sup> [www.gemis.de](http://www.gemis.de)

Fokus auf die Analyse und Betrachtung der lebenszyklusweiten Betrachtungen von Energiesystemen und hat hier seine/ihre Stärken.

**Tabelle 8:** Überblick über bestehende Datensätze in GEMIS

<b>Allgemeine Beschreibung des Datensatzes</b>	
Ursprung der Daten	Die Basisversion 1.0 des Computerprogramms GEMIS (Globales Emissions-Modell integrierter Systeme) wurde als Instrument zur vergleichenden Analyse von Umwelteffekten der Energiebereitstellung und -nutzung vom Öko-Institut und Gesamthochschule Kassel (GhK) in den Jahren 1987-1989 entwickelt und seitdem kontinuierlich fortentwickelt und aktualisiert.
Entstehung des Datensatzes	Recherche und Berechnungen, Messungen, Schätzungen (eigene Annahme)
Quellen	Industriedaten, Patent-/ Fachliteratur, eigene Berechnungen (eigene Annahme)
Verfügbarkeit	Österreich- und Deutschland Version (andere Versionen?)
Verbreitung	Schwerpunkt deutschsprachige Länder (geographische Verbreitung); Anzahl NutzerInnen unbekannt
Relevanz für BRIX Indikatoren	<p>GEMIS berechnet für alle Prozesse und Szenarien sog. Lebenszyklen, d.h. es berücksichtigt von der Primärenergie- bzw. Rohstoffgewinnung bis zur Nutzenergie bzw. Stoffbereitstellung alle wesentlichen Schritte und bezieht auch den Hilfsenergie- und Materialaufwand zur Herstellung von Energieanlagen und Transportsystemen mit ein. Die Datenbasis enthält für alle diese Prozesse:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenndaten zu Nutzungsgrad, Leistung, Auslastung, Lebensdauer,</li> <li>• direkte Luftschadstoffemissionen (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Halogene, Staub, CO, NMVOC, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>)</li> <li>• Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O sowie SF<sub>6</sub> und FKW)</li> <li>• feste Reststoffe (Asche, Entschwefelungsprodukte, Klärschlamm, Produktionsabfall, Abraum)</li> <li>• flüssige Reststoffe (AOX, BSB<sub>5</sub>, CSB, N, P, anorganische Salze)</li> <li>• Flächenbedarf.</li> </ul> <p>GEMIS kann zudem Kosten analysieren - die entsprechenden Kenndaten der Brenn- und Treibstoffe sowie der Energie- und Transportprozesse (Investitions- und Betriebskosten) sind in der Datenbasis ebenfalls enthalten.</p> <p>Mit GEMIS können die Ergebnisse von Umwelt- und Kostenanalysen auch bewertet werden: durch die Aggregation von Ressourcen zum KEA (Kumulierter Energieaufwand) und KSA (Kumulierter Stoffaufwand), von klimarelevanten Schadstoffen zu sog. CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, von Luftschadstoffen zu SO<sub>2</sub>-Äquivalenten (Saurer Regen) und Ozon-Vorläufer-Äquivalenten (Sommersmog) sowie die Ermittlung externer Umweltkosten, die zusammen mit den betriebswirtschaftlichen ("internen") Kosten zur Bestimmung der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten dienen können.</p> <p>Für BRIX sind die Angaben zum Flächenbedarf und zum KSA (Kumulierter Stoffaufwand) von Relevanz.</p>

Copyright	<p>Öko-Institut, GhK, UBA-A (eigene Annahme)</p> <p>Es handelt sich um eine öffentlich zugängliche, kostenfreie Datenbank (über Internet). Die Daten können für BRIX unter Nennung der Quelle verwendet werden.</p>
Ansprechpartner	<p><u>Österreich:</u>  DI. Werner Pölz  Umweltbundesamt GmbH  Abt. Luftqualität &amp; Energie  Spittelauer Lände 5  1090 Wien  Österreich  Tel.: +43 (0)1-313 04-3760  Fax: +43 (0)1-313 04-5400  E-Mail: <a href="mailto:werner.poelz@umweltbundesamt.at">werner.poelz@umweltbundesamt.at</a>  Internet: <a href="http://www.umweltbundesamt.at/ueberuns/produkte/gemis/">www.umweltbundesamt.at/ueberuns/produkte/gemis/</a></p> <p><u>Deutschland:</u>  Uwe Fritsche  Öko-Institut (Institut für angewandte Ökologie e.V.)  Büro Darmstadt  Rheinstraße 95  64295 Darmstadt  Deutschland  Tel.: +49 (0) 6151-8191-24  Fax: +49 (0) 6151-8191-33  E-Mail: <a href="mailto:u.fritsche@oeko.de">u.fritsche@oeko.de</a>  Internet: <a href="http://www.gemis.de">www.gemis.de</a></p>
<b>Beschreibung der Datengruppen in GEMIS</b>	
Datensätze	<p>Die GEMIS-Datenbasis enthält Informationen zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitstellung von Energieträgern: fossile Energieträger (Stein- und Braunkohle, Erdöl und Erdgas), regenerative Energien und Uran sowie Nachwachsende Rohstoffe (schnellwachsende Hölzer, Chinagrass, Raps, Zuckerhirse) sowie Wasserstoff (jeweils mit Brennstoffdaten + vorgelagerten Prozessen)</li> <li>• Bereitstellung von Wärme und Strom (Heizungen, Warmwasser, Kraftwerke vieler Größen und Brennstoffe, Heizkraftwerke, BHKW...)</li> <li>• Bereitstellung von Stoffen: vor allem Grundstoffe, Baumaterialien inklusiver deren vorgelagerter Prozesse (bei Importen auch im Ausland)</li> <li>• Transportprozessen: Personenkraftwagen (für Benzin, Diesel, Strom, Biokraftstoffe), öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Bahn) und Flugzeuge sowie Gütertransport (Lastkraftwagen, Bahn, Schiffe und Pipelines).</li> </ul>
<b>Aktualität</b>	
Bezugsjahre	<p>Die Datensätze reichen von 1990 bis ins Jahr 2010. Bei neueren Daten (z. B. 2010) ist oftmals nicht erkennbar, ob es sich um aktualisierte Daten oder um Szenarien handelt. Erkennbar ist auch nicht, welche Daten im Einzelnen aktualisiert wurden. Für ausgewählte (wenige) Ergebnisse stehen Vergleiche der verschiedenen Jahresversionen zur Verfügung, die Entwicklungen anzeigen.</p>
<b>Bezugsräume</b>	
Geographie	<p>International, national; Schwerpunkt: Deutschland und Österreich</p>

Nationaler Bezug	Eigene Österreich Version																																										
<b>Vollständigkeit</b>																																											
Detailgrad der Daten	Die Transparenz im Sinne des Nachvollziehens von Prozessketten ist in allen Fällen quasi <u>nicht</u> gegeben, insofern ist auch eine Beurteilung der Vollständigkeit nicht möglich.																																										
Transparenz	Siehe zuvor.																																										
<b>Vergleich mit anderen Datensätzen</b>																																											
Fall-Beispiele (siehe auch im Folgenden: Kap. 3.3.2); k. A. = keine Angaben verfügbar	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Material abiotisch  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)</th> <th>Material biotisch  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)</th> <th>Wasser  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)</th> <th>Luft  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)</th> <th>Fläche  m<sup>2</sup>/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Beton B25 (Deu., 2000)</td> <td>1,47864</td> <td>0,00002</td> <td>0,31544</td> <td>0,00001</td> <td>0,00037</td> </tr> <tr> <td>BSH Fichte (Deu., 2000)</td> <td>1,28371</td> <td>3,99799</td> <td>3,29016</td> <td>0,00007</td> <td>0,00472</td> </tr> <tr> <td>Kupfer, primär (Deu., 2000)</td> <td>173,86786</td> <td>k. A.</td> <td>k. A.</td> <td>0,00243</td> <td>0,00621</td> </tr> <tr> <td>Hüttenaluminium (DE, 2000)</td> <td>67,01076</td> <td>0,00167</td> <td>66,18148</td> <td>0,00167</td> <td>0,06226</td> </tr> <tr> <td>GEMIS: "EI-KW- Park-A-2007"</td> <td>0,15932</td> <td>0,00003</td> <td>0,19928</td> <td>0,00002</td> <td>0,10355</td> </tr> <tr> <td>Lkw-14-20t- EURO4 (A, 2006)</td> <td>0,06865</td> <td>0,00085</td> <td>0,16812</td> <td>0,00085</td> <td>0,00004</td> </tr> </tbody> </table>		Material abiotisch  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Material biotisch  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Wasser  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Luft  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Fläche  m <sup>2</sup> /kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Beton B25 (Deu., 2000)	1,47864	0,00002	0,31544	0,00001	0,00037	BSH Fichte (Deu., 2000)	1,28371	3,99799	3,29016	0,00007	0,00472	Kupfer, primär (Deu., 2000)	173,86786	k. A.	k. A.	0,00243	0,00621	Hüttenaluminium (DE, 2000)	67,01076	0,00167	66,18148	0,00167	0,06226	GEMIS: "EI-KW- Park-A-2007"	0,15932	0,00003	0,19928	0,00002	0,10355	Lkw-14-20t- EURO4 (A, 2006)	0,06865	0,00085	0,16812	0,00085	0,00004
		Material abiotisch  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Material biotisch  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Wasser  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Luft  kg/kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)	Fläche  m <sup>2</sup> /kg (bzw. kg/kWh bzw. kg/t*km)																																					
	Beton B25 (Deu., 2000)	1,47864	0,00002	0,31544	0,00001	0,00037																																					
	BSH Fichte (Deu., 2000)	1,28371	3,99799	3,29016	0,00007	0,00472																																					
	Kupfer, primär (Deu., 2000)	173,86786	k. A.	k. A.	0,00243	0,00621																																					
	Hüttenaluminium (DE, 2000)	67,01076	0,00167	66,18148	0,00167	0,06226																																					
	GEMIS: "EI-KW- Park-A-2007"	0,15932	0,00003	0,19928	0,00002	0,10355																																					
Lkw-14-20t- EURO4 (A, 2006)	0,06865	0,00085	0,16812	0,00085	0,00004																																						
<b>Beurteilung des Datensatzes</b>																																											
Verwendbarkeit für BRIX Indikatoren	Grundsätzlich denkbar, da der kumulierter Stoffaufwand (KSA) und die Flächeninanspruchnahme angegeben werden.																																										

Quelle: Faktor 10 Institut

In der folgenden Tabelle 9 wird eine vorläufige, individuelle Einschätzung der Datenqualität von GEMIS versucht. Eine abschließende Beurteilung – auch im Hinblick auf den Vergleich mit anderen Datenquellen erfolgt in Kapitel 3.3.

**Tabelle 9:** Einschätzung der Datenqualität von GEMIS bzgl. verschiedener Analyseaspekte

<b>Material, product, etc.</b>	<b>Aktualität</b>	<b>Transparenz</b>	<b>Vollständigkeit</b>	<b>Gesamteinschätzung</b> 1 = Verlässliche Angaben, sofort verwendbar 2 = Angaben sind verwendbar, sollten aber überprüft werden 3 = Als Schätzwert verwendbar, erhebliche Überarbeitung erforderlich 4 = Nicht verwendbar, Neuberechnungen erforderlich
	1 = bis 2 Jahre 2 = bis 5 Jahre 3 = bis 10 Jahre 4 = über 10 Jahre	1 = sehr gut bis 4 = nicht gegeben	1 = praktisch vollständig bis 4 = große und relevante Lücken	

Bereitstellung von Energieträgern	1	3-4	?	1-2
Bereitstellung von Wärme und Strom	1	3-4	?	3
Bereitstellung von Stoffen	2-3	3-4	?	3-4
Transportprozesse	2	3-4	?	3-4

Quelle: Faktor 10 Institut

Die GEMIS-Daten sind im Bereich Energie aktuell, für die im BRIX Projekt besonders relevanten Stoffe leider nicht. Laut Aussagen des österreichischen Umweltbundesamts werden die Stoffdaten auch nicht regelmäßig bzw. gar nicht gewartet. Die Transparenz im Sinne des Nachvollziehens von Prozessketten ist in allen Fällen quasi nicht gegeben, insofern ist auch eine Beurteilung der Vollständigkeit nicht möglich. Durch die Angaben des KSA (Kumulierten Stoffaufwandes) sowie der Flächeninanspruchnahme sind die GEMIS Daten grundsätzlich als Schätzwert für BRIX verwendbar, gerade aber im Bereich der Bereitstellung von Stoffen bestehen erhebliche Unsicherheiten (keine Wartung, veraltete Daten, schlechte Nachvollziehbarkeit, unbekannte Vollständigkeit). Im Bereich der Transportprozesse ist unklar, ob Infrastrukturaufwendungen berücksichtigt sind (eher nein).

### 3.2.5 Datenbank ECOINVENT

Die ECOINVENT Datenbank gibt derzeit den Maßstab in Sachen Ökobilanzdaten vor und ist die Quelle für konsistente und qualitativ hochwertige Informationen, die zur Berechnung von unterschiedlichen Indikatoren und Bilanzen verwendet werden.

#### Herkunft der Daten

ecoinvent Centre, Swiss Centre for Life Cycle Inventories (<http://www.ECOINVENT.org/>).

#### Inhalt der Datenbank

Die ECOINVENT Datenbank<sup>21</sup> enthält ca. 4000 Datensätze zu unterschiedlichen Bereichen, wie Energiewesen (Stromerzeugung, Stromtransport, erneuerbare Energien, nicht-erneuerbare Energien), Transportwesen (Bahn, LKW, Schiff, Flugzeug), (Bau-) Materialien (Holz, Beton, Kunststoff, Rohstoffe), Elektronik, Abfallwirtschaft, Landwirtschaft, Chemikalien, Metallverarbeitung, etc. und ist in drei Hauptkategorien unterteilt:

- Prozesse und LCI Informationen, Rohdaten und Resultate, Ergebnisse aus der LCIA
- Elementarflüsse von Schadstoffen und Ressourcen
- Folgenabschätzungsmethoden, LCIA-Methoden und ihre Faktoren

Des Weiteren sind die Methoden Cumulative Energy Demand (CED), Cumulative Exergy Demand (CExD), Impact-oriented characterisation (CML 2001), Environmental Design of Industrial Products (EDIP 1997 und EDIP 2003), Eco-indicator 99, Ecological Footprint, die Ecological Scarcity 1997, Environmental Damage Potential (EDP), Climate change (IPCC

<sup>21</sup> Frischknecht, R. (2004). "Overview and Methodology for ecoinvent 2000 project." International Journal of Life-Cycle Assessment(10); Frischknecht, R., Jungbluth, N. (2007). Overview and Methodology Data v2.0. ecoinvent report No. 1. Dübendorf.

2001), Impact 2002+ und TRACI Bestandteil der ECOINVENT Datenbank und werden dort berücksichtigt bzw. implementiert.

### **Räumliche Abgrenzung**

Grundsätzlich werden für die Erstellung der Datensätze Informationen aus der ganzen Welt gesammelt und die Systemgrenzen dementsprechend gelegt. Doch aufgrund von fehlenden bzw. mangelhaften Daten aus bestimmten Regionen, baut die ECOINVENT Datenbank hauptsächlich auf Angaben aus Westeuropa auf. Die Produkt- und Prozessbeschreibungen beziehen sich in erster Linie auf die wirtschaftliche Situation in der Schweiz.

### **Zeitliche Abgrenzung**

Der Großteil der Datensätze bezieht sich auf das Jahr 2000 und nur in Ausnahmefällen (z. B. nur mangelhafte bzw. unvollständige Daten für bestimmte Produkte oder Prozesse) wurden Informationen aus früheren Jahren verwendet. Da die ECOINVENT Datenbank nicht jährlich aktualisiert wird, fließen Produkt- bzw. Prozessverbesserungen, die in der Zwischenzeit von Statten gegangen sind, kaum ein. Trotzdem gibt es in periodischen Abständen überarbeitete Versionen, die neue Datensätze enthalten oder deren Informationen sich auf Jahre nach 2000 beziehen (z. B. Referenzjahre für Strommix aus der revidierten Version 2.0 und neue Datensätze beziehen sich auf 2004/2005).

### **Aktualisierung der Datenbank**

Die ECOINVENT Datenbank wurde 1996 entwickelt und im Jahr 2003 wurde die Version V1.01 der Datenbank veröffentlicht. In der Zwischenzeit gab es sechs Aktualisierungen und mittlerweile besteht eine Version V2.2 die heuer veröffentlicht wurde. Für die Zukunft plant ECOINVENT, noch mehr Prozesse und Produkte mit einzubeziehen.

### **Datenqualität**

Eine Gruppe von Experten war für die Erstellung der „ECOINVENT Quality Guidelines“ verantwortlich, die der Harmonisierung und der Qualitätskontrolle aller Datensätze in der Datenbank dienen. Jeder Datensatz wird, bevor er in die Datenbank einfließt, von einem fachlich qualifizierten Redaktionsteam geprüft, bewertet und frei gegeben, sofern er die Qualitätsrichtlinien erfüllt. Treten dennoch Fehler auf, werden diese dokumentiert und sofort ausgebessert, was eine hohe Qualität der Daten gewährleistet, als auch zu deren Konsistenz beiträgt.

### **Datenzugang**

Zwar sind die Metadaten (Alter der Daten, Herkunft, etc.) der ECOINVENT Datensätze frei zugänglich, doch für die qualitativen und die dahinter stehenden LCIA Informationen ist der Kauf einer Lizenz erforderlich. Abrufen kann man die Daten online über das Internet ([www.ECOINVENT.org](http://www.ECOINVENT.org)), als auch über eine CD-Rom, die beim Erwerb der Lizenz beinhaltet ist.

**Tabelle 10:** Überblick über bestehende Datensätze in ECOINVENT

<b>Allgemeine Beschreibung des Datensatzes</b>	
Ursprung der Daten	ECOINVENT Centre – Swiss Centre for Life Cycle Inventories
Entstehung des Datensatzes	Sammlung von Ökobilanzdatensätzen

Quellen	Industriedaten, Patent-/ Fachliteratur, Berechnungen von ETH / EPA/ PSI / EMPA / ART / Plastics Europe
Verfügbarkeit	ECOINVENT: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mehr als 4000 Datensätze</li> <li>- Nutzung: kommerziell und wissenschaftlich</li> </ul>
Verbreitung	Europäische Anwendung in Industrie, Forschung und Beratung zur Nachhaltigkeitsbewertung.
Relevanz für BRIX Indikatoren	Flächendaten können für BRIX verwendet werden Materialfaktoren können aus ECOINVENT abgeschätzt werden
Copyright	Alle Rechte an den Datenbankinhalten liegen bei ECOINVENT
Ansprechpartner	Swiss Centre for Life Cycle Inventories  ECOINVENT Centre c/o Empa / Technology & Society Lab (TSL) Lerchenfeldstrasse 5 9014 St-Gallen Switzerland E-Mail: <a href="mailto:support@ECOINVENT.org">support@ECOINVENT.org</a> Internet: <a href="http://www.ECOINVENT.org">www.ECOINVENT.org</a>

### Beschreibung der Datengruppen in ECOINVENT

Prozesse	Unterkategorien
Bauprozesse	Gebäude Hochbau Maschinen Tiefbau
Bauteile	Fassade Fenster Türen
Biomasse	Andere Bereitstellung Brenn-und Treibstoffe Heizungssysteme Kraftwerke Wärmekopplung
Braunkohle	Bereitstellung Brenn-und Treibstoffe Heizungssysteme Kraftwerke
Chemikalien	Organisch Anorganisch
Elektrizität	Endverbrauch Erzeugungsmix Versorgungsmix Verteilung
Elektronik	Bauteile Dienstleistung Geräte

	Modul
Entsorgungssysteme	Abwasserreinigung Andere Gebäudeentsorgung Inertstoffdeponie Kehrrichtverbrennung Landfarming Reaktordeponie Recycling Reststoffdeponie Sonderabfallverbrennung Untertageponie
Erdgas	Bereitstellung Brenn- und Treibstoffe Heizungssysteme Kraftwerke Wärmeerkraftkopplung
Erdöl	Bereitstellung Brenn- und Treibstoffe Heizungssysteme Kraftwerke Wärmeerkraftkopplung
Fernwärme	Fernwärmesysteme Herstellung Komponenten
Fertigungsprozesse	Drucklufteinrichtungen Druckluftproduktion Druckluftversorgung Einrichtungen und Gebäude
Glas	Bauglas Verpackungsglas
Holzbaustoffe	Gewinnung Verarbeitung Veredelung
Holzenergie	Brenn- und Treibstoffe Heizungssysteme Wärmeerkraftkopplung
Kernenergie	Behandlung radioaktiver Abfälle Bereitstellung Kraftwerke
Kunststoffe	Andere Monomere Polymere Verarbeitung
Kältetechnik	Anlage Herstellung Komponenten Wärmeerkraftkopplung
Lacke & Farben, Leime	Herstellung Verarbeitung
Landwirtschaftliche Produktion	Pflanzenbau Tierproduktion
Landwirtschaftliche Produktionsmittel	Andere Hilfsstoffe Arbeitsprozesse Einrichtungen Futtermittel Gebäude Maschinen Mineraldünger Organischer Dünger Pestizide Saatgut

Lebensmittel	Verarbeitung Verkauf
Lüftungsanlagen	Herstellung Komponenten Lüftungssysteme
Metalle	Fertigung, allgemein Gewinnung Spanende Bearbeitung Spanlose Bearbeitung Verarbeitung Veredelung
Mineralische Baustoffe	Abdeckungen Andere Beton und Betonwaren Bindemittel Mauersteine Zuschlags- Füllstoffe
Mörtel und Putze	Herstellung
Papiere & Karton	Halbstoffe Karton und Wellkarton Verpackungspapiere Graphische Papiere
Photovoltaik	Herstellung Komponenten Kraftwerke
Privater Konsum	Ernährung
Sonnenkollektoranlagen	Herstellung Komponenten Kollektorsysteme
Sonstiges	Unbestimmt
Steinkohle	Bereitstellung Brenn- und Treibstoffe Heizungssysteme Kraftwerke
Textile	Gewinnung Verarbeitung
Transportsysteme	Luft Schiene Straße Wasser
Waschmittel	Bleichmittel Gerüststoffe Hilfsmittel Tenside
Wasserkraft	Herstellung Komponenten Kraftwerke
Wasserversorgung	Bereitstellung
Windkraft	Herstellung Komponenten Kraftwerke
Wärmedämmstoffe	Herstellung
Wärmepumpen	Heizungssysteme Herstellung Komponenten
<b>Aktualität</b>	
Bezugsjahre	ECOINVENT Datenbank wurde seit 1996 entwickelt, 2003 erste Veröffentlichung der Version V1.01.  In der Zwischenzeit sechs Revisionen, aktuelle Version: V2.2
<b>Bezugsräume</b>	
Geographie	Hauptsächlich Europa / Schweiz, aber auch weltweit

nationaler Bezug	Ja					
<b>Vollständigkeit</b>						
Detailgrad der Daten	Die in der Datenbank abgebildeten Prozesse spiegeln die gängige, die bestmögliche und auch zukünftige verwendete Technologie in der jeweiligen Branche wider. Zeitlich, werden vergangene, momentane und zukünftige Werte berücksichtigt und jeweils der Durchschnittswert eines Landes bzw. einer Region, aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten, ermittelt  Auswahl der Daten nach ISO 14044					
Transparenz	Datengrundlagen sind gut dokumentiert, alle eingerechneten Faktoren, sowie deren Werte aufgelistet. Unsicherheiten werden angegeben, als auch Zeitraum und lokaler Bezug					
<b>Vergleich mit anderen Datensätzen</b>						
Fall-Beispiele		Material abiotisch (kg/kg)	Material biotisch (kg/kg)	Wasser (kg/kg)	Luft (kg/kg)	Fläche (m <sup>2</sup> /kg bzw. kWh)
	Beton normal, ab Werk (CH, 2001)	1,04257	0,00021	0,00169	k. A.	0,00169
	Schnittholz, Nadelholz, sägerau, kammergetrocknet, u=20%, ab Werk (D, 2002)	0,37455	0,79998	0,00273	k. A.	3,90509
	Kupfer, primär, ab Raffinerie (Welt, 2003)	356,74067	0,06251	0,19794	k. A.	0,72699
	Aluminium, primär, ab Werk (EU, 2002)	18,29163	0,03966	0,28381	k. A.	0,22118
	Strommix Österreich - Versorgungsmix (A, 2004)	0,27030	0,01184	0,01172	k. A.	0,01083
	LkW-Gütertransport, 7.5-16t, EURO4 (Europa, 2005)	0,32872	0,00039	0,00165	k. A.	0,00434
	<b>Beurteilung des Datensatzes</b>					
Verwendbarkeit für BRIX Indikatoren	Die ECOINVENT Auswertungskategorie „selected LCI results/resource: land occupation“ kann für die Flächendaten für BRIX verwendet werden.  Materialfaktoren können aus ECOINVENT abgeschätzt werden.					

Quelle: SERI

**Tabelle 11:** Einschätzung der Datenqualität von ECOINVENT bzgl. verschiedener Analyseaspekte

Material, Produkt, etc.	Aktualität	Transparenz	Vollständigkeit	Gesamteinschätzung
	1 = bis 2 Jahre 2 = bis 5 Jahre 3 = bis 10 Jahre 4 = über 10 Jahre	1 = sehr gut bis 4 = nicht gegeben	1 = praktisch vollständig bis 4 = große und relevante Lücken	
Biomasse	2-4	1-2	1-2	1-2
Erdgas	3-4	1-2	1	1
Erdöl	3-4	1-2	1	1
Holzenergie	3	1-2	1	1

Elektrischer Strom	2-3	1-2	1-2	1
Kunststoffe	3-4	3	1	3
Transportprozesse	2-4	1	1	1

Quelle: SERI

Die ECOINVENT Datenbank ist ohne Zweifel die umfassendste LCA Datenbank in Europa. Die Daten zu Energie (Energieträger und Energieerzeugung und -nutzung) und Transport (Transportsysteme inkl. Infrastruktur und operativer Transport) sind aktuell und umfassend. Hinsichtlich Lebensmittelprodukte gibt es kaum Daten aus ECOINVENT, jedoch sind die landwirtschaftlichen Produktionsmittel (Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Saatgut, etc.) und die landwirtschaftliche Produktion (Arbeitsprozesse) im Detail abgebildet und diese Datensätze sind von hoher Qualität. Die Qualität der Datensätze zu den abiotischen und biotischen Stoffen und Vorprodukten schwankt je nach Alter und Detaillierungsgrad der zugrundeliegenden Studie.

### 3.2.6 Datenbanken der Software SIMAPRO

Die Software SIMAPRO ist neben GABI eine europaweit verbreitete LCA-Software. SIMAPRO enthält sieben Datenbanken, wobei ECOINVENT die Umfassendste ist.

#### Herkunft der Daten

GreenDeltaTC GmbH (<http://www.simapro.de>).

#### Inhalt der Sim Pro Datenbanken

Sima Pro ist in erster Linie eine Software zur Ökobilanzierung, welche die Erstellung und Analyse eines LCA Modells unterstützt und transparente und konsistente Ergebnisse liefert. Des Weiteren nutzt SIMAPRO<sup>22</sup> verschiedene Datenbanken, um unterschiedliche Funktionen anbieten zu können. Dazu zählen:

- Parametrisierte Modellierung und Szenarien Analyse
- LCA kombiniert mit Input/Output Tabellen
- Wirkungsabschätzung
- Monte Carlo Analyse
- Schwachpunktanalysen
- Hot Spot Analysen
- Allokationsmodellierung

Mit Sima Pro kann man beispielsweise einen Produktionsprozess mit seinen Input- Output Faktoren in zwei unterschiedlichen Ländern miteinander vergleichen und analysieren.

Außerdem enthält Sima Pro mehrere „Impact Assessment“ Methoden, die einerseits für Berechnungen genutzt, andererseits auf die eigenen Bedürfnisse adaptiert werden können, wobei auch die Erstellung einer vollkommen neuen Methode möglich ist:

- Impact 2002+
- TRACI 2002
- CML 2 baseline 2000
- EPS 2000
- Eco-indicator 99
- Ecological Scarcity 2006

---

<sup>22</sup> Literaturhinweise:

<http://www.pre.nl/default.htm>

<http://www.simapro.de>

[http://www.pre.nl/simapro/inventory\\_databases.htm#INDUSTRY](http://www.pre.nl/simapro/inventory_databases.htm#INDUSTRY)

<http://www.pre.nl/download/manuals/DatabaseManualEU-DKIODatabase.pdf>

<http://ict.jrc.ec.europa.eu/assessment/data>

<http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetCategories.vm>

<http://www.lcafood.dk/>

Goedkoop, M, De Schryver, A., Oele, M. (2006). „Introduction to LCA with SimaPro 7“

Goedkoop, M, De Schryver, A., Oele, M. (2007). „SimaPro 7.1 Tutorial“

- EPID 2003
- CED
- CExD
- IPCC 2007

### Räumliche Abgrenzung

Die unterschiedlichen Bibliotheken, die in Sima Pro zur Anwendung kommen repräsentieren einen Großteil, der derzeit zur Verfügung stehenden Datensätze. Durch die Implementierung mehrerer Datenbanken, werden Datenlücken weitestgehend vermieden. Es ist jedoch anzumerken, dass sich die Informationen vor allem auf industrialisierte Staaten beziehen.

Es finden sich darunter:

- die ECOINVENT Datenbank
- die US LCI Database
- die US Input Output Database
- die Danish Input Output Database
- die Dutch Input Output Database
- die LCA Food Database
- und die Industry Data,

### Zeitliche Abgrenzung

Viele, der in der Sima Pro enthaltenen Datensätze, sind mit aktuellen Angaben versorgt. Die meisten beziehen sich auf einen Zeitraum ab dem Jahr 2003 bis zum Jahr 2007, aber aufgrund der verschiedenen Datenbanksysteme muss auch mit älteren Angaben gerechnet werden, vor allem bei Beständen, die sich auf die Vereinigten Staaten konzentrieren.

### Aktualisierung der Datenbank und Datenqualität

Sima Pro ist bei der Aktualität und Qualität seiner Daten vor allem auf die Updates und Qualitätskontrollen seiner enthaltenen Datenbanken angewiesen. Sofern der Nutzer eine geeignete Lizenz bzw. einen Wartungsvertrag besitzt, versorgt Sima Pro den Anwender mit den entsprechenden Informationen.

### Datenzugang

Für die Verwendung von SIMAPRO ist der Erwerb einer Lizenz erforderlich. Dabei gibt es eine Lizenz für professionelle Anwender und eine für Bildungszwecke. Die Anwendung des Programms erfordert entweder den Download über das Internet (<http://www.pre.nl/download/default.htm>) oder die Installation per CD-ROM, die beim Erwerb des Programms beinhaltet ist.

**Tabelle 12:** Überblick über bestehende Datensätze in Sima Pro

Allgemeine Beschreibung der enthaltenen Datensätze / Bibliotheken	
Name	Dutch Input Output Database 95
Enthaltene Länder	OECD Europe, rest-OECD & Non-OECD
Enthaltene Bereiche	135 sectors ?
Anzahl der enthaltenen Datensätze	?

Jahr	1995
Name	ECOINVENT system processes
Enthaltene Länder	Mainly Switzerland and Western Europe
Enthaltene Bereiche	Energy, transport, building materials, chemicals, pulp and paper, waste treatment, agricultural sector
Anzahl der enthaltenen Datensätze	4100
Jahr	2010
Name	ECOINVENT unit processes
Enthaltene Länder	Mainly Switzerland and Western Europe
Enthaltene Bereiche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- energy</li> <li>- transport</li> <li>- building materials</li> <li>- chemicals</li> <li>- pulp and paper</li> <li>- waste treatment</li> <li>- agricultural sector</li> </ul>
Anzahl der enthaltenen Datensätze	4100
Jahr	2010
Name	European Life Cycle Database (ELCD)
Enthaltene Länder	EU
Enthaltene Bereiche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- End-of-life-treatment (Energy recycling, Waste water treatment, Landfilling)</li> <li>- Energy carriers and technologies (Electricity, Heat and steam, Mechanical energy, Crude oil based fuels, Natural gas based fuels, Hard coal based fuels, Lignite based fuels),</li> <li>- Materials production (Plastics, Metals and Semimetals, Other mineralic materials, Wood, Organic chemicals, Inorganic chemicals, Water), Systems (Packing, Construction),</li> <li>- Transport services (Water, Air, Other transport, Rail, Road)</li> </ul>
Anzahl der enthaltenen Datensätze	317
Jahr	?
Name	EU & DK Input Output Database
Enthaltene Länder	EU 27 and Denmark
Enthaltene Bereiche	The Database consists of a 133x133 table for Denmark and a 142x142 table for the EU27. The DK table is linked to the EU27 for imported products to Denmark. The EU27 model is a closed economy model considering imported products being produced in the EU27
Anzahl der enthaltenen Datensätze	275
Jahr	?
Name	Industry data 2.0
Enthaltene Länder	?
Enthaltene Bereiche	Inventory data provided by industry associations. Mostly cradle to gate data
Anzahl der enthaltenen Datensätze	various, Plastics Europe
Jahr	?
Name	LCA FOOD DK

Enthaltene Länder	Denmark
Enthaltene Bereiche	Food products (Crops and crop based products, Milk and milk based products, Vegetables, Meat, Fish, Packaging) & Processes (Agriculture, Aquaculture, Fishery, Industrial processing, Trade, Cooking, Transport, Energy, Water supply, Waster treatment)
Anzahl der enthaltenen Datensätze	?
Jahr	? (2003?)
Name	USA Input Output Database 98
Enthaltene Länder	USA
Enthaltene Bereiche	Commodity and capital goods
Anzahl der enthaltenen Datensätze	500
Jahr	1998
Name	U.S. Life Cycle Inventory (USLCI)
Enthaltene Länder	USA
Enthaltene Bereiche	The database contains data modules that quantify the material and energy flows into and out of the environment for common unit processes.
Anzahl der enthaltenen Datensätze	?
Jahr	2001

Quelle: SERI

Mit seiner großen Anzahl an enthaltenen Datenbanken und vielfältigen Möglichkeiten zur Berechnung und Analyse, insbesondere auch durch die Einbeziehung von Input-Output Tabellen auf der Sektor- bzw. Makroebene, ist SimaPro eine der umfassendsten am Markt erhältlichen LCA Software-Tools. Neben Ecoinvent (siehe oben) enthält SimaPro auch andere interessante allgemeine LCA Datenbanken, insbesondere die von der Europäischen Kommission entwickelte Europäische LCA Datenbank (European Life Cycle Database) sowie spezifische Datenbanken für die Anwendung in speziellen Themenfeldern, wie etwa die dänische Datenbank LCA Food, die auf den Ernährungssektor spezifiziert ist.

### 3.3 Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken

#### 3.3.1 Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken mit GABI

In der Bilanz werden Inputs und Outputs gegenübergestellt und können in verschiedener Darstellungstiefe (Anzahl der Ebenen) abgebildet werden. Für eine Abschätzung eignet sich am besten die erste Ebene der Ressourcenentnahmen-Bereiche, da sie der Gesamtsumme der abiotischen Ressourcen, biotischen Ressourcen, Luft und Wasser entsprechen (siehe Tabelle 13) und um Doppelzählungen zu vermeiden. Beispielsweise ist unter „sonstige Mineralischen Rohstoffe“ nur ein Wert für Kalkstein angegeben, sodass dieser Einzelwert von 0,15 der Summe für die Oberkategorie entspricht.

Nicht bei allen Prozessen, Materialien, Stoffen sind alle vier Ressourcenentnahmebereiche in der Bilanz verfügbar bzw. wurden im Datensatz berechnet.

**Tabelle 13:** Beispielhafte Darstellung einer Bilanz (Auszug: nur Inputs, gerundet; ohne Outputs und Untersuchungsrahmen)

<b>Flüsse</b>				<b>36,98</b>
	Ressourcen			0
	Energetische Ressourcen			0
	Regenerierbare energetische Ressourcen			0
		Primärenergie aus Wasserkraft		0
	Ressourcenentnahmen			36,98
	<b>abiotische Rohstoffe</b>			<b>0,92</b>
	Energieträger			0,12
		Braunkohle (Ressource)		0,03
		Erdgas (Ressource)		0,01
		Erdöl (Ressource)		0,03
		Steinkohle (Ressource)		0,04
		Uran (Ressource)		2,61E-06
	sonstige Mineralischen Rohstoffe			0,15
		Kalkstein (Calciumcarbonat)		0,15
	abiotische Entnahmen			0,64
	<b>biotische Rohstoffe</b>			<b>3,74</b>
	Nadelholz (ganzer Baum)			3,74
	<b>Luft</b>			<b>0,27</b>
	Luft			0,00
	Luftentnahmen			0,27
	<b>Wasser</b>			<b>32,03</b>
	Wasser (Prozeßwasser)			1,53
	Wasserentnahmen			30,50

Quelle: GABI Datenbank

Die GABI-Software bietet die beste Möglichkeit RI-Faktoren zu berechnen, unter Verzicht auf die Nutzung gängiger Datenbanken. Vorteil ist die Darstellungsweise der Bilanz, in der wie oben beschrieben die Kategorien abiotische Rohstoffe, biotische Rohstoffe, Wasser und Luft separat und nach Lebenszyklusphasen getrennt ausgegeben werden können.

### 3.3.2 Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken mit GEMIS

Wie bereits weiter oben dargestellt, eignet sich die Datenbank GEMIS ebenfalls grundsätzlich zur Abschätzung von Datenlücken in BRIX.

GEMIS gibt einen Kumulierten Stoffaufwand (KSA) in Gewichtseinheiten je Gewichtseinheit betrachteten Input (z. B. Beton) an. Dieser Kumulierte Stoffaufwand wird unterschieden in „KSA-nicht erneuerbar“ (z. B. Energieträger, Erze, Mineralien), „KSA-erneuerbar“ (z. B. Biomasseanbau), „KSA-andere“ (z. B. Schrotte, Sekundärrohstoffe).

Die Kategorie „KSA-erneuerbar“ inkludiert Angaben zum Verbrauch von Wasser. In der Indikatoren-Philosophie des BRIX Projektes muss dieser Verbrauch getrennt ausgewiesen werden, d. h. vom in GEMIS angegebenen „KSA-erneuerbar“ abgezogen werden.

Eine Angabe „Luft“ wird in GEMIS separat geliefert.

Ebenfalls relevant für die BRIX Indikatoren sind die GEMIS Angaben „Reststoffe“, hier Zahlen zu Abraum und Produktionsabfall (Annahme: Verschnitte o. ä. des jeweils betrachteten Inputs bzw. Stoffs). Produktionsabfälle können abiotischer oder biotischer Herkunft sein (je nach betrachteten Inputstoff).

Nicht relevant für die BRIX Indikatoren ist hingegen die Angabe „KSA-andere“ (z. B. Schrotte, Sekundärrohstoffe), die in der Philosophie des BRIX Projektes (analog zum MIPS-Ansatz) bereits in ihren primären Erzeugungsprozessen gezählt wurden und nunmehr mit dem Eigengewicht Null in die Betrachtungen eingehen müssen (gezählt werden darf nur der zusätzliche Material- und Energieaufwand zur sekundären Nutzung der Sekundärmaterialien, der aufgrund des Lebenszyklusansatz´ von GEMIS berücksichtigt sein müsste).

Weiters gibt GEMIS eine (Kumulierte) Flächeninanspruchnahme z. B. in m<sup>2</sup> an.

Somit stehen in GEMIS alle fünf relevanten BRIX Indikatoren (Material abiotisch, Material biotisch, Wasser, Luft und Fläche) als Abschätzungsgrößen zur Verfügung. In der folgenden Tabelle ist die Ableitung der BRIX Indikatoren aus den GEMIS Daten beispielhaft für den Baustoff Beton-B25 (Deutschland, 2000) dargestellt.

**Tabelle 14:** Ableitung des BRIX Indikatoren Ansatzes aus den Daten der GEMIS Datenbank am Beispiel Beton-B25 (Deutschland, 2000), Angaben je kg Beton

	<b>Material abiotisch (kg)</b>	<b>Material biotisch (kg)</b>	<b>Wasser (kg)</b>	<b>Luft (kg)</b>	<b>Fläche (m<sup>2</sup>)</b>
KSA-nicht erneuerbar	1,0338737				
Zuzüglich Abraum	0,4446400				
Zuzüglich Produktionsabfall	0,0001243				
KSA-erneuerbar (GEMIS-Wert abzüglich Wasser)		0,0000200			
Wasser			0,3154400		
Luft				0,0000128	
Fläche					0,0003730
<b>Summe</b>	<b>1,4786380</b>	<b>0,0000200</b>	<b>0,3154400</b>	<b>0,0000128</b>	<b>0,0003730</b>

Quelle: GEMIS Daten und eigene Umrechnungen

### 3.3.3 Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken mit ECOINVENT

Im Folgenden wird der methodische Ansatz der Datengenerierung aus ECOINVENT und dessen Umsetzung beschrieben.

#### **Biotisches Material:**

ECOINVENT enthält Angaben zur Holzverwendung aus Primär-, Laubholz- und Nadelholzwäldern, sowie eine weitere Kategorie zur Erfassung des Verbrauchs nicht weiter spezifizierten Holzes. Es fehlen aber jegliche Angaben zur Nutzung anderer biotischer Rohstoffe. Jedoch enthält die Datensammlung Informationen zur CO<sub>2</sub>-Aufnahme aus der Luft, also wie viel CO<sub>2</sub> in den Prozessen entlang der Produktionsketten gebunden wurde. Diese Angaben können auf Basis folgender Atommassen in die Aufnahme von purem Kohlenstoff umgerechnet werden:

Atommasse C = 12,0107 u; Atommasse O = 15,9994 u.

Daraus folgt, dass die Bindung von 1.000 g CO<sub>2</sub> der Aufnahme von 272,9115 g C entspricht. Für den Kohlenstoffgehalt in biotischer Materie wurde in Anlehnung an Burschel et al. (1993) folgende Beziehung gewählt: Der Kohlenstoffgehalt entspricht jeweils der halben Trockenmasse. Es ergibt sich somit ein Verhältnis von 1 zu 0,5458 zwischen CO<sub>2</sub>-Aufnahme und der Bildung von Biomasse. Die getroffene Annahme trifft vor allem für Holz zu. Andere organische Substanzen können mitunter davon abweichen. Dies kann in manchen Fällen zu Unterschätzungen des Verbrauchs biotischer Rohstoffe führen.

#### **Abiotisches Material:**

ECOINVENT enthält Angaben zum direkten und indirekten Verbrauch von 79 verschiedenen Metallen, 6 fossilen Energieträgern und 39 anderen Mineralien. Zusätzlich sind Informationen zum Metall- bzw. Mineralgehalt im jeweiligen Erz verfügbar, wodurch sich die Angaben hochrechnen lassen. Die erhaltenen Zahlen entsprechen der „genutzten Materialextraktion“, also jenen Materialien, die in wirtschaftlichen Prozessen weiterverarbeitet oder direkt konsumiert werden (siehe OECD, 2007).

Im Folgenden wird diese Umrechnung am Beispiel von Kupfer beschrieben: Kupfererz ist in verschiedenen Weltregionen in unterschiedlichen Konzentrationen verfügbar. Außerdem fallen beim Kupferbergbau viele verschiedene Koppelprodukte wie Molybdän, Zink, Nickel, Gold, Silber, Blei, Platin, Rhodium und Palladium an. ECOINVENT trägt diesem Umstand Rechnung, indem zwischen elf verschiedenen Kupfererzen mit jeweils unterschiedlicher Metallkonzentration und -zusammensetzung unterschieden wird. Auf Basis der Konzentrationsangaben lassen sich die bei jedem Datensatz als Input angegebenen Metallmengen in Erzmengen umrechnen.

#### **Wasser:**

Zur Ermittlung des Wasserrucksacks werden alle Wassernutzungskategorien aus ECOINVENT, mit Ausnahme des Turbinenwassers, aufsummiert. Diese umfassen insgesamt sieben Kategorien: water, cooling unspecified natural origin; water, lake; water, river; water salt ocean; water salt sole; water, unspecified natural origin.

#### **Luft und Erosionen:**

Angaben zum Verbrauch von Luft und zu Erosionen fehlen in ECOINVENT.

### 3.3.4 Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken mit SIMAPRO

Die Software SIMAPRO enthält über die Datenbank ECOINVENT hinaus noch weitere Datensätze (siehe Abschnitt 3.2.6 Datenbank der Software SIMAPRO). Jedoch ist zum derzeitigen Stand nicht klar, ob diese Datenbanken ähnliche Abschätzungen für abiotischen Materialinput, biotischen Materialinput und Wasser wie ECOINVENT erlauben.

Die methodische Herausforderung liegt darin begründet, dass die Datensätze dieser Datenbanken grundsätzlich anders strukturiert sind und einen niedrigeren Detailgrad ausweisen als ECOINVENT, was eine direkte Umlegung der im Abschnitt 3.3.3 beschriebenen Vorgehensweise verhindert.

### 3.3.5 Vergleiche

Anhand von sechs Fallbeispielen sollen die zuvor betrachteten Datenbanken miteinander verglichen werden (siehe vorherige Überblicks-Tabellen).

- Beton B25
- Schnittholz bzw. Brettschichtholz (BSH) Fichte
- Kupfer, primär
- Aluminium Mix
- Elektrischer Strom (öffentliches Netz Österreich)
- Lkw-Gütertransport

Die dargestellten Ressourceninput-Faktoren in der folgenden Tabelle 16 aus verschiedenen Quellen sollen im Folgenden diskutiert werden. Herangezogen werden dabei die Datenbanken des Wuppertal Instituts, GEMIS, ECOINVENT und GABI. Die Datenbank SIMAPRO ist für eine Abschätzung von BRIX Indikatoren nicht geeignet (siehe Kapitel 3.3.4 zuvor).

Daten des Wuppertal Instituts (WI) sind die einzigen Daten, die ursächlich und direkt zur Ermittlung von Ressourceninputs berechnet wurden. Alle übrigen Faktoren sind als Schätzungen anzusehen, die indirekt aus LCA-Datenbanken abgeleitet wurden. Insofern können die Daten des WI als **Referenzwerte** angesehen werden.

Keine Daten liefert die Sammlung des Wuppertal Instituts im Bereich Fläche, hier ist aus Sicht des ForscherInnen-Teams die Quelle ECOINVENT als „best verfügbare“ Quelle einzustufen und insofern als **Referenzwert** für die folgenden Betrachtungen anzusehen. Vergleiche im Bereich Fläche sind nur zwischen ECOINVENT und GEMIS möglich.

**Tabelle 15:** Vergleich von Werten für BRIX Indikatoren aus verschiedenen LCA Datenbanken

K. A. = keine Angaben verfügbar bzw. nicht relevant	Material abiotisch	Material biotisch	Wasser	Luft	Fläche
	kg/kg bzw. kg/kWh	kg/kg bzw. kg/kWh	kg/kg bzw. kg/kWh	kg/kg bzw. kg/kWh	m <sup>2</sup> bzw. m <sup>2</sup> a pro kg bzw. kWh
<b>1. Beton</b>					
WI: "Beton B25 (D)"	1,33000	k. A.	3,40000	0,04400	k. A.
GEMIS: "Beton-B25 (D, 2000)"	1,47864	0,00002	0,31544	0,00001	0,00037
ECOINVENT: "Beton normal, ab Werk (CH, 2001)"	1,04257	0,00021	0,00169	k. A.	0,00169
GABI: "Beton"	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
SIMAPRO	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
<b>2. Fichtenholz</b>					
WI: "Fichtenholz, geschnitten, getrocknet (D)"	0,68000	4,72000	9,40000	0,15600	k. A.
GEMIS: "Brettschichtholz Fichte (D, 2000)"	1,28371	3,99799	3,29016	0,00007	0,00472
ECOINVENT: "Schnittholz, Nadelholz, sägerau, kammergetrocknet, u=20%, ab Werk (D, 2002)"	0,37455	0,79998	0,00273	k. A.	3,90509
GABI: "Schnittholz, Nadelholz, DGfH-Mix, inkl. Transporte"	0,9269	3,7473	32,0314	0,2794	k. A.
SIMAPRO	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
<b>3. Kupfer (primär)</b>					
WI: "Kupfer primär (Welt)"	348,47000	k. A.	367,20000	1,60300	k. A.
GEMIS: "Kupfer primär (D, 2000)"	173,86786	k. A.	k. A.	0,00243	0,00621
ECOINVENT: "Kupfer, primär, ab Raffinerie (Welt, 2003)"	356,74067	0,06251	0,19794	k. A.	0,72699
GABI: "Kupfer"	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
SIMAPRO	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
<b>4. Aluminium (primär)</b>					
WI: "Aluminium primär (Europa)"	37,00000	k. A.	1047,70000	10,87000	k. A.
GEMIS: "Hüttenaluminium (DE, 2000)"	67,01076	0,00167	66,18148	0,00167	0,06226
ECOINVENT: "Aluminium, primär, ab Werk (EU, 2002)"	18,29163	0,03966	0,28381	k. A.	0,22118
GABI: "Aluminiumblech (0,7mm), Europa, 2005"	7,43710	k. A.	0,00844	k. A.	k. A.
SIMAPRO	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
<b>5. Strom öffentliches Netz Österreich</b>					
WI: "öff. Netz, A, 2003" (Quelle: Hacker 2003)	1,19000		33,20000	0,33000	k. A.
GEMIS: "EI-KW-Park-A-2007"	0,15932	0,00003	0,19928	0,00002	0,10355
ECOINVENT: "Strommix Österreich - Versorgungsmix (A, 2004)"	0,27030	0,01184	0,01172	k. A.	0,01083
GABI: "Strom-Mix Österreich, 2002 (nur Erdöl, Erdgas, Kohle, Uran) "	0,0581	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
SIMAPRO	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
<b>6. Lkw-Gütertransport</b>					
WI: "Straßengüterverkehr, Durchschnitt ohne Infrastruktur (D)"	0,22000	k. A.	1,91000	0,21000	k. A.
GEMIS: "Lkw-14-20t-EURO4 (A, 2006)"	0,06865	0,00085	0,16812	0,00085	0,00004
ECOINVENT: "Lkw-Gütertransport, 7.5-16t, EURO4 (Europa, 2005)"	0,32872	0,00039	0,00165	k. A.	0,00434
GABI: "Lkw-Gütertransport, 16t zul. GGW / 10,3t NL / Nah (ohne Infrastruktur)"	0,00306	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
SIMAPRO	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

Quelle: eigene Darstellung, Zahlen: jeweilige Datenbanken bzw. Ableitungen daraus (k. A. = keine Angaben verfügbar bzw. nicht relevant)

GABI verfügt über die wenigsten Informationen, nur vereinzelt konnten RI-Faktoren überhaupt abgeleitet werden (meist nur für den Indikator Material abiotisch, für Beton und Kupfer gar keine Werte). Insofern erscheint GABI grundsätzlich nicht geeignet für Abschätzungen in BRIX und wird in der folgenden Detail-Diskussion nicht weiter berücksichtigt.

ECOINVENT und GEMIS liefern i. d. R. Abschätzungen, die zumindest in der Größenordnung der Wuppertal-Zahlen liegen, teilweise gibt es gute Übereinstimmungen.

#### Indikator Material abiotisch:

GEMIS und ECOINVENT Faktoren liegen in der Nähe der WI Faktoren. Fast ähnliche Werte gibt es in den Fällen Beton (GEMIS), Kupfer (ECOINVENT); für Aluminium liegen die Werte

entweder zu hoch (GEMIS) oder zu niedrig (ECOINVENT), erscheinen aber als Abschätzungen denkbar.

Bei den Fallbeispielen Strom und Transport liegen die Werte aus GEMIS und ECOINVENT z. T. erheblich entfernt von den Werten des WI (meist unter den WI Werten).

#### **Indikator Material biotisch:**

Für Fichtenholz liefert GEMIS einen fast identen Wert zu der Angabe in WI. ECOINVENT liegt um einen Faktor 6 darunter, was vermutlich an einer abweichenden Zählweise für verwertete bzw. nicht verwertete Teile des Holzes liegen dürfte.

Für die übrigen Fallbeispiele ist der Indikator Material biotisch zahlenmäßig nur von geringer Relevanz und wird daher an dieser Stelle nicht näher analysiert.

#### **Indikator Wasser:**

Sowohl die Angaben in GEMIS als auch die Angaben in ECOINVENT liegen zum Teil erheblich unter denen des Wuppertal Instituts (im Falle von Kupfer und ECOINVENT z. B. um einen Faktor 1.855!). Beide Datenquellen (GEMIS und ECOINVENT) erscheinen nicht geeignet für die Abschätzung des Indikators Wasser in BRIX, können allenfalls als Minimalwerte verwendet werden.

#### **Indikator Luft:**

ECOINVENT liefert grundsätzlich gar keine Angaben zu Luft. Im Falle von GEMIS ist eine ähnliche Beobachtung zu machen wie zuvor beim Indikator Wasser: Abgeleitete Werte für Luft liegen z. T. erheblich (mehrere Zehnerpotenzen) unter denen des WI. Insofern muss auch für den BRIX Indikator Luft festgestellt werden, dass direkt abgeleitete Werte aus GEMIS und ECOINVENT nicht für Abschätzungen in BRIX geeignet sind, ebenso nur als Minimalwerte verwendet werden können.

#### **Indikator Fläche:**

Wie bereits weiter oben erwähnt, sind hier nur Vergleiche zwischen GEMIS und ECOINVENT möglich, wobei ECOINVENT als Referenz angesehen wird.

GEMIS liefert i. d. R. Flächenangaben, die deutlich unter denen von ECOINVENT liegen (Ausnahme: Strom). Die Werte aus GEMIS können in Fällen als Minimalwerte verwendet werden, in denen ECOINVENT keine Informationen liefert.

### 3.3.6 Sonstiges Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken

Die allgemeinen Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken umfassen im Wesentlichen die folgenden vier Ansatzpunkte, die in Tabelle 17 zusammenfassend dargestellt sind.

#### Festlegung der Relevanz des Inputs

Unsicherheit in Inputdaten betrifft drei Aspekte (Forschungszentrum Karlsruhe 2006):

1. Wie sollte Unsicherheit erhoben werden (Uncertainty Sampling)?
2. Wie sollte Unsicherheit spezifiziert werden, um sie im Modell weiterverarbeiten zu können (Spezifikation)?
3. Für was (für welche „Elemente“ des Modells) sollte Unsicherheit spezifiziert werden (Relevanz Frage)?

Beim Sampling ist zunächst zu unterscheiden zwischen quantitativen Daten und anderen Inputdaten, wie Annahmen der Modellierung.

Sämtliche Input-Daten werden darauf geprüft, welche Relevanz sie für den Produktionsprozess haben und welche Unsicherheit bezüglich des Schätzwertes besteht. Die Daten werden dann kategorisiert nach Unsicherheitsrelevanz in Abstufungen von 1 bis 5.

#### Quantitative Verfahren / Berechnungen

Hier stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, wie beispielsweise Imputations-Verfahren, mit denen fehlende Daten in statistischen Erhebungen ergänzt werden können.

Sind Input-Parameter korreliert, kann dies Auswirkungen auf die Analyse haben und zu falschen Schlussfolgerungen führen (Bojacá, Schrevens 2010). Sensitivitätsanalysen können die Inputfaktoren mit dem größten Einfluss auf die Output-Unsicherheit identifizieren. Zudem kann eine Datenmodellierung verwendet werden. Hierbei können aus den vorhandenen Daten Szenarien und Sensitivitätsanalysen erstellt werden (wie beispielsweise Monte-Carlo-Simulationen). Szenarien führen (natürlich) zu unterschiedlichen Ergebnissen der Ökobilanz, die für sich Ausdruck der Unsicherheit sind. Sensitivitätsanalysen ähneln Szenarien, haben aber nicht unbedingt einen Zeitbezug; sie variieren eine oder mehrere Inputgrößen, die quantitativ oder qualitativ sein können, und analysieren das Modellverhalten, vor allem das Modellergebnis. Monte Carlo Simulationen verlangen die Angabe von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Einzelwerte, sowie zusätzlich die Angabe von Parametern für die Einzelwerte (Forschungszentrum Karlsruhe 2006).

Optionen für eine Modellierung sind z. B.:

- Einsetzen eines diskreten Wertes (evtl. vorhandene Unsicherheit ignorieren)
- Qualitative Verfahren (Punktwerte oder Beschreibungen)
- Intervallrechnung
- Aufstellen von Mittelwert und Spanne für analytische Formeln
- Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion als Wahrscheinlichkeitsverteilung und Parameter der Wahrscheinlichkeitsverteilung
- verschiedene reale (Mess-)Werte

## Qualifizierte Abschätzung

Datenlücken sollten nach Möglichkeit mindestens durch qualifizierte Abschätzungen gefüllt werden (Ritthoff et al. 2002, Lettenmeier et al. 2009). Wichtig ist eine genaue Dokumentation der Datenherkunft, insbesondere dann, wenn entsprechende Daten für Abschätzungen verwendet werden. So können zum Beispiel Minimum- und Maximumabschätzungen durchgeführt werden. Hinsichtlich der Aussagekraft eines Vergleichs sollte man auch überprüfen, wie viel Prozent der Inputs wirklich analysiert wurden und wie viel Prozent nur abgeschätzt wurde, wobei der Anteil des analysierten und berechneten Inputs möglichst groß sein sollte (Ritthoff et al. 2002).

Datenlücken müssen geschätzt und dokumentiert werden, um sie in die spätere Interpretation der Ergebnisse einfließen zu lassen. Nach der Beurteilung der Relevanz der fehlenden Daten soll mit den relevanten fehlenden Daten wie folgt vorgegangen werden: Datenlücken müssen zunächst ermittelt, deutlich gekennzeichnet und dokumentiert werden.

Für eine Schätzung stehen verschiedene Vorgehensweisen zur Verfügung:

- die Verwendung von Durchschnittswerten oder auch Durchschnittswerten ähnlicher Stoffgruppen,
- die Korrelation mit anderen Daten aus ähnlichen Prozessen sowie
- die Einschätzung von einzelnen Werten durch Experten.

Aus Durchschnittswerten von Produktgruppen oder Inputgruppen kann beispielsweise ein Standardwert aus einer Produkt- oder Stoffgruppe ermittelt und zur Schätzung verwendet werden. Die größtmögliche Trennung von Inputgruppen kann als Basis für eine Abschätzung oder Expertenmeinung dienen. Eine genauere Einschätzung erhält man durch Verwendung von Durchschnittswerten möglichst kleinteiliger Stoffgruppen und erreicht somit eine größtmögliche Trennung von Stoffgruppen als Basis für eine Abschätzung. Das Trennen von Inputgruppen (z. B. Chemikalien) nach einzelnen Stoffen und Bewertung dieser einzelnen Stoffe kann ebenfalls eine mögliche Vorgehensweise sein. Datenlücken können auch durch Substitute geschlossen werden: Beispielsweise kann man Inputs mit ähnlicher Molekülstruktur oder ähnlichen Produktionsverfahren verwenden. Auch Abschätzungen aus ähnlichen Technologien oder Inputs können verwendet werden. Der Durchschnittswert für eine Stoffgruppe kann ebenfalls als Bewertungsgrundlage dienen. Verbleibende Datenlücken müssen dokumentiert werden (European Union 2010).

Für jede Datenkategorie und für jede Meldestelle, an denen fehlende Daten gefunden werden, sollte die Bearbeitung der fehlenden Daten und von Datenlücken folgendes ergeben: einen "nicht-Null" Wert, der begründet ist; falls gerechtfertigt, einen "Null"-Wert; oder einen errechneten Wert, der auf aufgezeichneten Werten aus mit ähnlichen Technologien arbeitenden Modulen beruht, oder ein anderer geeigneter Schätzwert (ISO Norm 14041, Guinée, 2002). Auch qualitative Näherungsverfahren von anderen Stoffgruppen (Scoring) sind anwendbar.

Falls keine geeigneten Schätzverfahren Anwendung finden, kann man auf folgende Methoden zurückgreifen: Man kann den Durchschnitt aus geschätzter Minimum- und Maximumabschätzung ermitteln. Zur Ermittlung kann auch das Eigengewicht sowie der Nullwert für andere Inputkategorien herangezogen werden. Auch Eigengewicht und Energiewert für die Herstellung kann als Grundlage dienen. Schließlich können Datenlücken auch mit dem entsprechenden Eigenwert eines Inputs ergänzt werden.

## Dokumentation

Der Umgang mit Datenlücken muss dokumentiert werden. Die Qualität von Daten ist entscheidend für die Güte einer Schätzung. Die Herkunft verwendeter Daten muss vollständig und nachvollziehbar dokumentiert werden, ebenso für Schätzungen verwendete Verfahren und Kriterien. Ergänzend sollten Angaben wie der Prozentsatz der analysierten Inputs an allen Inputs sowie der Prozentsatz der abgeschätzten Inputs an allen Inputs gemacht werden.

**Tabelle 16:** Überblick über Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken

	Verfahren	Konkretisierung
<b>1. Relevanz des Inputs festlegen</b>	Unsicherheitsrelevanz festlegen (z. B. qualitativ 1...5)	Relevanz des Inputs im Produktionsprozess
		Unsicherheit bzgl. des Schätzwerts
<b>2. Quantitative Verfahren/ Berechnungen</b>	Korrelationen zu anderen Inputs berechnen	
	Inputation: arithmetisches Mittel aller Daten	
	Datenmodellierung: Szenarien & Sensitivitätsanalysen, Monte Carlo Simulationen	
	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion	
	Reale Messwerte	
<b>3. Qualifizierte Abschätzung</b>	Daumenregeln	Standardwert aus Produkt-/Stoffgruppe, vorhanden
		Qualitative Näherungsverfahren von anderen Stoffgruppen (Scoring)
		Durchschnitt aus geschätzter Minimum-/Maximumabschätzung
		Eigengewicht sowie Nullwert für andere Inputkategorien
		Eigengewicht + Energiewert für die Herstellung
	Substitute nutzen	Inputs mit ähnlicher Molekülstruktur und / oder ähnlichen Produktionsverfahren
		Abschätzen aus ähnlichen Technologien/Inputs
		Durchschnittswert von Stoffgruppen nutzen
	Durchschnittswert von sehr kleinteiligen Stoffgruppen (größtmögliche Trennung von Stoffgruppen als Basis für Abschätzung)	
Expertenmeinung		
<b>4. Dokumentation</b>	Prozentsatz der analysierten Inputs an allen Inputs	
	Prozentsatz der abgeschätzten Inputs an allen Inputs	

Quelle: Wuppertal Institut basierend auf Forschungszentrum Karlsruhe 2006, European Union 2010, Guinée 2002, ISO Norm 14041, Ritthoff et al. 2002

### **3.4 Empfehlung für die Verwendung verfügbarer Basisdaten/-quellen in BRIX**

#### **3.4.1 Empfehlungen - Basisdaten/-quellen für Material, Wasser und Luft**

Für die BRIX-Indikatoren Material (abiotisch und biotisch), Wasser und Luft wird die Anwendung der Daten des Wuppertal Instituts (Kap. 3.2.1) sowie vorhandener österreichischer Werte (Kap. 3.2.2) für BRIX empfohlen. Bei den Daten des Wuppertal Instituts müssen zwar einige Einschränkungen im Hinblick auf Qualität (Aktualität, Vollständigkeit, Detailtiefe, etc.) hingenommen werden, sie sind aber nach aktuellem Stand des Wissens die einzige Datenquelle im internationalen Kontext, die systematisch und originär Ressourceninput-Faktoren zur Verfügung stellt und somit die am besten geeignete Datenquelle für BRIX.

Sofern keine Angaben in der Datenquelle des Wuppertal Instituts zur Verfügung stehen, müssen Abschätzungen durchgeführt werden.

SIMAPRO und GABI erscheinen nicht geeignet für Abschätzungen von Ressourceninput-Faktoren im Rahmen von BRIX.

Für die BRIX Kategorien Wasser und Luft liefern GEMIS und ECOINVENT entweder gar keine Werte (ECOINVENT bei Luft) bzw. liegen die Abschätzungen derart weit von den Werten des Wuppertal Instituts entfernt, dass sie aus Sicht des ForscherInnen-Teams nicht als Abschätzungswerte verwendet werden können, allenfalls als Minimalwerte verwendet werden sollten. Für die BRIX Kategorie Material biotisch wird empfohlen, die Werte aus GEMIS lediglich in solchen Fällen als Minimalwerte zu übernehmen, in denen ECOINVENT keine Informationen liefert.

Für die BRIX Kategorie Material abiotisch liefern GEMIS und ECOINVENT Werte, die für RI-Faktoren grundsätzlich als Schätzgrößen verwendet werden können. Welche Werte zu verwenden sind, ist eine Einzelfallentscheidung. Wie bereits in vorherigen Kapiteln dargestellt, erscheinen die Werte aus ECOINVENT „qualitativ besser“ (im Sinne einer regelmäßigen Wartung bzw. Überarbeitung der Zahlen).

Darüber hinaus sollen Abschätzungsverfahren angewendet werden, wie sie in Kap. 3.3.6 („Sonstige Verfahren“) beschrieben wurden.

#### **3.4.2 Empfehlungen - Basisdaten/-quellen für Fläche**

Das BRIX ForscherInnen Team empfiehlt die Verwendung der Ökobilanz-Wirkungskategorie Flächenbeanspruchung/Flächeninanspruchnahme, da diese unter den analysierten Flächen-Kategorien der quantitativen Flächenbelegung entspricht, und sich nicht auf qualitative Landnutzungsformen bezieht. Dies entspricht den Vorschlägen für die Umsetzung der Flächenintensitätsanalyse von Baedeker (1997). In Ökobilanzen wird zwischen den Begriffen Flächenbelegung („land occupation“) und Landnutzungsänderungen („land transformation“) unterschieden (Frischknecht, 2004). Mögliche Datenquellen sind daher die beiden LCA Datenbanken ecoinvent und GEMIS.

Unter dem Menüpunkt „Ressourcenbedarfe“ der Datenbank GEMIS wird die „Flächeninanspruchnahme“ in m<sup>2</sup> ausgewiesen. Die Wirkungskategorie „Flächeninanspruchnahme“ in GEMIS wäre eine potentielle Datenquelle für den BRIX Indikator Fläche. Jedoch ist Qualität der flächenbezogenen Datensätze nach Auskunft des UBA Österreich nicht sehr hoch, da diese Input-seitigen Daten nicht gewartet werden. Aus

diesem Grund empfiehlt das BRIX Projektteam, GEMIS nicht als Datenquelle für die Ressourceninputfaktoren der Kategorie Fläche zu verwenden.

In der ECOINVENT Datenbank ist die Wirkungskategorie „Flächenbeanspruchung“ unter „selected LCI results/resource: land occupation“ zu finden. Die Werte dieser Kategorie sind immer leicht höher als die beiden land-use-Werte [„CML 2001/land use“ und „CML 2001 w/o LT/land use w/o LT“], wodurch eine generelle Unterschätzung der Landbelegung entgegen gesteuert wird. Die inhaltliche Übereinstimmung der Wirkungskategorie „Flächenbeanspruchung“ ist gegeben und die Qualität der Daten (soweit ersichtlich) gut. Auch der hohe Detailgrad der Landbelegungsdaten (Unterscheidung zwischen verschiedenen Landtypen und Angabe sowohl von Landbelegung und als auch von -transformation) zeugt von einer sorgfältigen Analyse des Themas. Somit ist die Wirkungskategorie „Flächenbeanspruchung“ der ECOINVENT Datenbank die nach aktuellem Stand des Wissens des Projektteams die am besten geeignete Datenquelle für den BRIX Indikator Fläche. Ein methodisches Spezifikum besteht jedoch darin, dass die Werte für Flächenbeanspruchung in „m<sup>2</sup>a“ (Quadratmeter mal Jahr) angegeben sind. Die Umweltkategorie Fläche kann sich nicht verbrauchen, sondern die Fläche könnte jedes Jahr einer anderen Nutzung, zum Beispiel zum Anbau landwirtschaftlicher Produkte, verwendet werden. Daher sind für die Flächenbelegung im Gegensatz zu den anderen BRIX Kategorien sowohl die Fläche als auch die Zeitdauer für die Produktion eines bestimmten Produktes entscheidend, weshalb die Flächenbelegung in m<sup>2</sup>a angegeben wird (Frischknecht, 2004). Beispielsweise wird zur Berechnung der Flächenbelegung die gesamte Fläche einer Produktionsanlage durch die Jahresproduktionsmenge der in dieser Anlage hergestellten Produkte dividiert (Frischknecht, 2004).

## **4 Wirtschaftsraumbezogene Daten zum Ressourcenverbrauch**

### **4.1 Zusammenfassung der Empfehlungen aus dem AP 2 Bericht**

Ein Ziel des BRIX Projektes war die Entwicklung von methodischen Ansätzen, die wirtschaftsraumbezogene Daten für die Datenentwicklung auf der Ebene von Produkten nutzbar macht. In Kapitel 7 des Berichts aus Arbeitspaket 2 wurde bereits die Methodik der so-genannten Input-Output Analyse vorgestellt, welche die gegenwärtig bedeutendste Methode darstellt, um die Umweltauswirkungen auf der Ebene von Produktgruppen und Wirtschaftssektoren zu berechnen.

Diese durch Input-Output Analysen gewonnenen Daten können in Produkt- oder Unternehmens-bezogenen Berechnungen auf mehrere Weise eine wichtige Rolle spielen:

1. Zur Vervollständigung der indirekten Umweltbelastungen in Lebenszyklusanalysen. Eine vollständige Lebenszyklusanalyse sollte alle indirekten Effekte der Produktion mit einbeziehen. In bottom-up Verfahren stößt die Datenerhebung jedoch schnell an die Grenzen der Machbarkeit, etwa was die indirekten Vorleistungen (Inputs in der Herstellung) von Produktionsmitteln (z. B. Maschinen oder Fahrzeuge) betrifft. Sektorale Durchschnittsdaten können hier helfen, Abschätzungen dieser indirekten Inputs zu liefern und somit Fehler zu minimieren, die durch das „Abschneiden“ von indirekten Vorleistungsketten entstehen.
2. Als Abschätzwerte bei Fehlen spezifischer produktbezogener Werte. Obwohl sich die Datenverfügbarkeit im Bereich der Lebenszyklusanalysen in den letzten Jahren deutlich verbessert hat, liegen für viele Produkte nach wie vor keine produktspezifischen Daten vor. Aus der Input-Output Analyse gewonnene Durchschnittsdaten können als erste Abschätzung herangezogen werden, um diese bestehenden Lücken zu füllen.

Im AP 2 Bericht wurden die verschiedenen methodischen Herangehensweisen zusammengefasst und darauf basierend die folgenden Schlussfolgerungen für die Arbeiten in AP 3 gezogen:

1. Die angewendete Methode zur Berechnung von Sektordaten muss den Aspekt des internationalen Handels und der indirekten Umweltauswirkungen von Produkten („ökologische Rucksäcke“) adäquat abbilden können. Es scheiden dadurch Methoden aus, welche nur die Umweltfolgen innerhalb eines Landes erfassen können.
2. In der Einbeziehung des internationalen Handels sind so-genannte „Multi-Länder-Modelle“ so-genannten „Ein-Länder-Modellen“ vorzuziehen. Multi-Länder-Modelle haben den entscheidenden Vorteil, die unterschiedlichen Produktionsbedingungen und damit auch die unterschiedliche Umweltintensität der Produktion in verschiedenen Herstellungsländern abbilden und berücksichtigen zu können. In Ein-Länder-Modellen wird hingegen oft mit der Annahme gearbeitet, dass importierte Produkte mit derselben Technologie wie heimische Produkte hergestellt werden, wodurch eine Verzerrung der Ergebnisse resultiert.

Die zentrale Empfehlung aus AP 2 lautete, in AP 3 die Datenlage für Input Output-basierte Berechnungen für Österreich zu prüfen, und zwar hinsichtlich aller Indikatoren des BRIX (Material, Wasser, Fläche, Luft).

## **4.2 Derzeitige Verfügbarkeit von sektoralen Ressourcendaten**

Wie in Kapitel 7 des AP 2 Berichts bereits erwähnt, ist das Gebiet der Input-Output Analyse ein sehr dynamisches Forschungs- und Anwendungsgebiet in der Umweltanalyse und Umweltbewertung. Wie die Zusammenfassung in den folgenden Unterkapiteln zeigen wird, arbeiten derzeit eine Vielzahl an Forschergruppen sowie statistische Einrichtungen an der Verbesserung der Datenlage für umfassende Input-Output Analysen.

Trotz dieser dynamischen Entwicklung existiert bislang jedoch keine umfassende Datenbank, die direkt für BRIX und die BRIX Indikatoren verwendbar wäre. Die Schlussfolgerung aus diesem Kapitel vorwegnehmend kann daher gesagt werden, dass eine Integration von Sektordaten in das BRIX Tools zu Projektende im November 2010 nicht möglich sein wird.

Jedoch stehen die Chancen sehr gut, dass bereits in naher Zukunft, das heißt in den nächsten 2-5 Jahren, diese Datenlücken geschlossen werden können und Sektordaten für den Einsatz in Produkt- und Unternehmens-bezogenen Analysen zur Verfügung stehen (siehe Kapitel 5.3. weiter unten).

### **4.2.1 CO<sub>2</sub> / Carbon Footprint**

Aufgrund der umweltpolitischen Priorität klimarelevanter Themen ist derzeit die Datenqualität und -verfügbarkeit im Bereich CO<sub>2</sub> / Carbon Footprint von allen Umweltindikatoren am besten. Obwohl der Carbon Footprint nicht im BRIX Indikatorenset enthalten ist, soll hier der wissenschaftliche Stand der Forschung kurz beschrieben und anhand von Beispielen dargestellt werden.

Neben einer Reihe von Ein-Länder-Modellen auf nationaler Ebene sind in den letzten Jahren eine Reihe von Multi-Länder-Modellen für den Bereich Carbon Footprint entwickelt und präsentiert worden:

Die OECD präsentierte erste Berechnungen zu in Importen und Exporten enthaltenen CO<sub>2</sub> Emissionen bereits im Jahre 2003 (Ahmad and Wyckoff, 2003) auf Basis von OECD Input-Output Tabellen und OECD Handelsdaten. Diese Berechnungen wurden im Jahr 2009 auf den neuesten Datenstand gebracht (Nakano et al., 2009). In beiden Publikationen wurde zwar die Größenordnung der in Importen und Exporten enthaltenen Emissionen bestimmt, jedoch keine Auswertung auf Sektorebene publiziert.

Als Auswahl der Ergebnisse soll hier eine Übersichtstabelle gezeigt werden, die veranschaulicht, wie stark die Emissionen variieren können, je nachdem ob die Berechnung der Emissionen auf einer territorialen Basis erfolgt (Emissionen innerhalb der Landesgrenzen, d.h. eine Produktion-basierte Rechenweise) oder sich auf den Konsum der Bevölkerung eines Landes bezieht, unter Einberechnung der indirekt importierten „Emissions-Rucksäcke“ (Konsum-basierte Rechenweise).

**Tabelle 17:** CO<sub>2</sub> Emissionen in verschiedenen Weltregionen

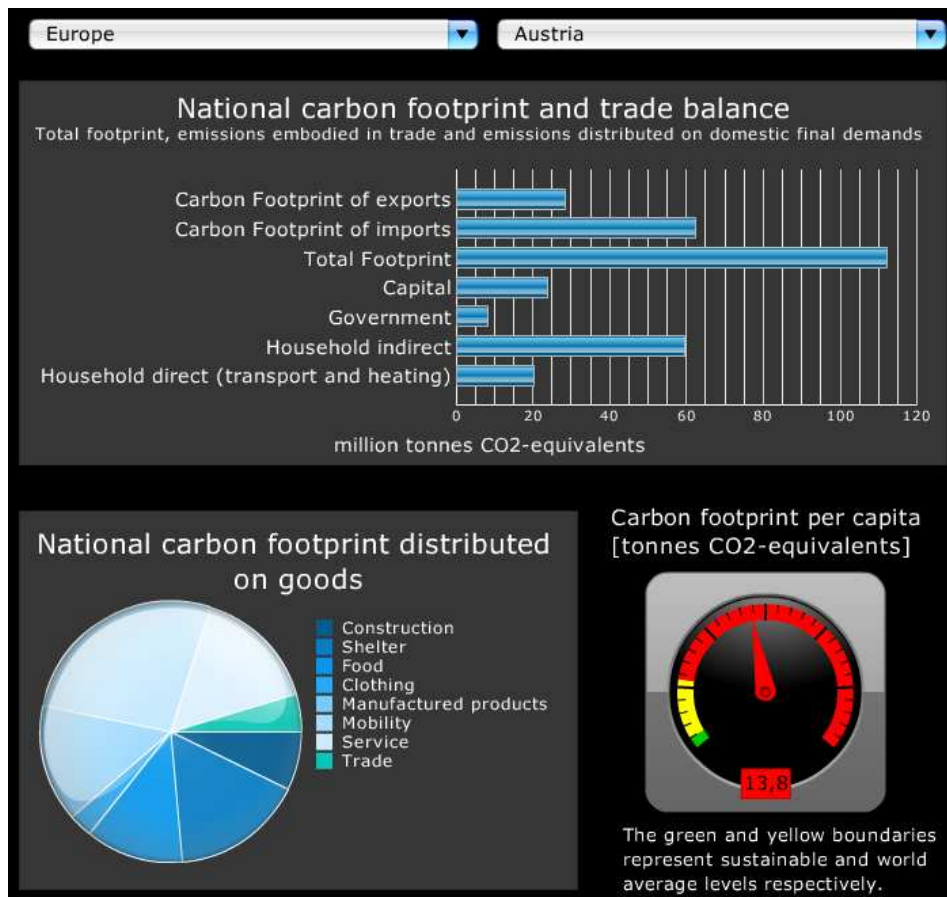
	Produktion-basierte Emissionen (Mt CO <sub>2</sub> )		Konsum-basierte Emissionen (Mt CO <sub>2</sub> )		CO <sub>2</sub> Handelsbilanz (Mt CO <sub>2</sub> )	
	1995	2000	1995	2000	1995	2000
OECD	11,229	12,088	12,487	14,037	-1,259	-1,949
Non-OECD	6,469	6,821	5,498	5,687	971	1,134
World Total	19,138	21,757	19,272	22,171	-134	-414

Quelle: Nakano et al. (2009:7)

Die Konsum-orientierte Berechnungsmethode ergibt für die OECD Länder 16% höhere Emissionen als die territoriale Berechnung. In einigen OECD Ländern (zum Beispiel, Frankreich, Schweden oder Großbritannien) ist der Unterschied sogar größer als 30%. Durch die Einbeziehung der indirekten Emissionen („Emissions-Rucksäcke“) ergeben sich neue Betrachtungsweisen von CO<sub>2</sub>-Einsparungszielen, etwa in einem überarbeiteten Kyoto-Protokoll, welches die Konsum-basierten Emissionen berücksichtigen könnte (Bruckner et al., 2010).

Eine Forschungsgruppe an der **Technischen Universität in Trondheim, Norwegen**, leistete ebenfalls international bahnbrechende Arbeiten im Bereich von Input-Output Analysen für CO<sub>2</sub> Emissionen.<sup>23</sup> Mit Hilfe eines Multi-Länder-Modells wurden der Carbon Footprint für 68 Länder weltweit im Jahr 2001 berechnet. Die Ergebnisse werden auf der Webseite [www.carbonfootprintofnations.com](http://www.carbonfootprintofnations.com) der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht (siehe Abbildung 1 für ein Beispiel für Österreich).

<sup>23</sup> Siehe Peters, 2008; Peters and Hertwich, 2008; Peters et al., 2007



**Abbildung 1:** Der Carbon Footprint von Österreich;  
Quelle: [www.carbonfootprintofnations.com](http://www.carbonfootprintofnations.com)

Die Berechnungen ergeben für Österreich einen Konsum-basierten pro-Kopf Carbon Footprint von 13.8 Tonnen im Jahr 2001. Wie der obere Teil der Grafik zeigt, entfällt ein großer Anteil des heimischen Carbon Footprint auf die Kategorie „Household indirect“, d.h. auf CO<sub>2</sub> Emissionen, die indirekt in den Produktherstellungsketten für jene Produkte anfallen, die in Haushalten verwendet werden. Links unten in der Grafik wird der Österreichische Carbon Footprint auf verschiedene Güterklassen aufgeteilt. Die größten Anteile haben dabei die Konsumbereiche „Manufactured products“, „Mobility“ sowie „Service“ (Dienstleistungen).

Für den direkten Einsatz in Produktrechensysteme wären auch diese Daten nicht geeignet, weil sie den Carbon Footprint nicht für eine größere Anzahl von Produktgruppen bzw. Wirtschaftsbranchen ausweisen.

Auch SERI entwickelte in den letzten drei Jahren ein Multi-Länder Modell zur Berechnung von ökologischen Rucksäcken, das so-geannte „Global Resource Accounting Model (GRAM)“ (Giljum et al., 2008a). Die umfangreichsten Berechnungen mit GRAM wurden bislang für den Bereich der CO<sub>2</sub> Emissionen durchgeführt (Bruckner et al., 2010).

Abschließend kann gesagt werden, dass trotz der Vielzahl an existierenden umfassenden Input-Output Modellen im Bereich des Carbon Footprint eine einheitliche Datenbank zu Emissionsintensitäten für einzelne Branchen bzw. Produktgruppen nach wie vor nicht existiert. Selbst für diesen Bereich wäre somit ein Einbau von Daten in ein BRIX-ähnliches Berechnungstool für Produkte derzeit noch nicht möglich.

#### **4.2.2 BRIX Indikatoren: Material, Wasser, Luft, Fläche**

Die derzeitige Datenverfügbarkeit der in BRIX inkludierten Indikatoren Materialinput, Wasserinput, Luftinput sowie Flächeninput ist im Allgemeinen schlechter als jene im Bereich der CO<sub>2</sub> Emissionen.

##### **Material**

Im Bereich des sektoralen Materialinputs liegen bislang nur einige wenige Studien vor.

SERI entwickelt das oben bereits erwähnte GRAM Modell, mit dem bereits Pilotrechnungen für den Bereich Materialinputs durchgeführt wurden (Giljum et al., 2008b). GRAM ist damit bislang das einzige Multi-Länder-Modell, mit dem Berechnungen im Bereich Materialinput durchgeführt wurden. Obwohl das GRAM Modell Rechenergebnisse auf der Ebene von Branchen liefern kann, ist die Datenqualität bislang nicht ausreichend, um robuste Ergebnisse zu liefern. Dies liegt insbesondere daran, dass in den von GRAM verwendeten Input-Output Tabellen der OECD die materialintensiven Extraktionssektoren auf einer sehr hohen Aggregationsebene vorliegen. So unterscheidet die OECD etwa nur einen Biomassesektor (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei) und 2 Extraktionssektoren für nicht-erneuerbare Materialien (Energieträger sowie alle anderen Materialien). Durch diesen hohen Grad an Aggregation kommt es zu einer starken Verzerrung der Ergebnisse. Eine Verwendung von disaggregierten Input-Output Tabellen (wie etwa jene, welche im EU Projekt „EXIOPOL“ erstellt werden, siehe dazu unten), könnte diese Fehlerquelle einschränken.

Das Wuppertal Institut in Deutschland erstellte im Rahmen des Projektes „Ressourcenproduktivität“ des deutschen Forschungsministeriums eine Studie mit dem Titel „Sektorale Potenziale zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs der deutschen Wirtschaft“ (Acosta-Fernández, 2007). Darin wurde unter Anderem der gesamte direkte und indirekte Materialinput der Endnachfrage einzelner Sektoren mit einem Ein-Land-Modell und dem Indikator Total Material Requirement (TMR) bestimmt (siehe Tabelle 18).

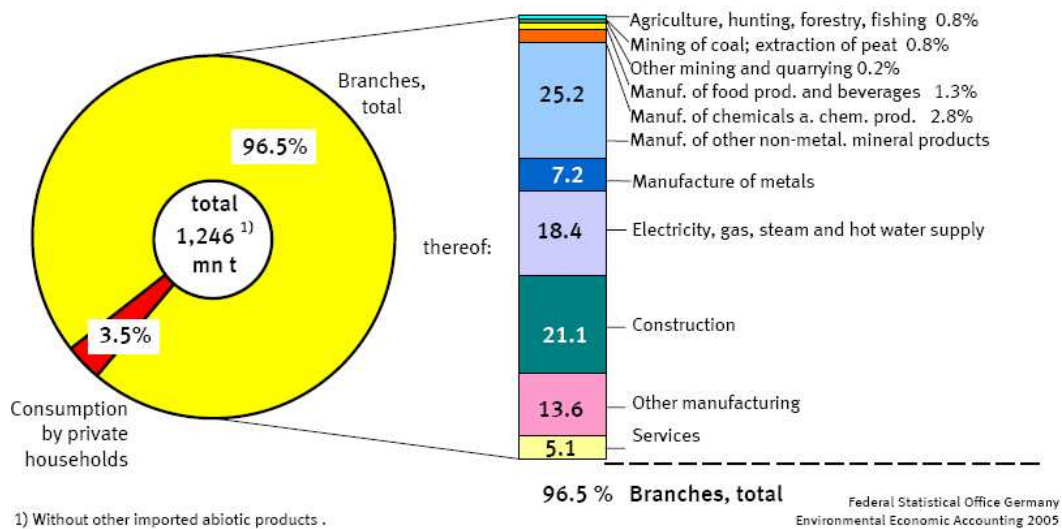
**Tabelle 18:** Direkt und indirekt induzierte Materialinputs der Endnachfrage von Produkten in Deutschland im Jahr 2000, Auswahl der Ergebnisse (in Millionen Tonnen TMR)

Lfd. Nr.	NACE Rev.1 sec.:	induziert durch die Endnachfrageproduktion vom Sektor: aufgewendet durch den Sektor:	10 Kohle (A)	14 Steine und Erden (B)	23 Kokerei, Mineralöl (C)	40 Energie (D)	26 Glas, Keramik (E)	27 Metalle (F)	1 Landwirtschaft (G)	24 Chemie (H)	45 Bau (I)	29 Maschinen (J)	15 Nahrungsmittel (K)	34 Kraftwagen (L)
1	10	Kohle und Torf	159		82	407	50	108	18	131	152	72	95	134
2	14	Steine und Erden		102			82	144	17	28	434	48	64	97
3	02	Erz. Der Forstwirtschaft									9			
4	11	Erdöl, Erdgas			35	7		7		11	9	6	8	11
5	23	Kokerei-, Mineralölerzeugnisse			45					6	5			
6	40	Energie (Elektro, Gas)				17								
7	26	Glas, Keramik, Zement					5				9			
8	27	Metalle und Halbzeug daraus						268		9	32	62	5	120
9	21	Papier, Karton, Pappe											7	
10	01	Erzeugnisse der Landwirtschaft							144				239	
11	20	Holz, Holzwaren									9			
12	24	Chemische Erzeugnisse								12				
13	45	Bauleistungen									231			
14	29	Maschinen										9		
15	15	Nahrungsmittel, Getränke											51	
16	34	Kraftwagen u. Kraftwagenteile												11
17	G	Sektorale gesamte und indirekte Auswirkung	161	105	163	440	140	534	184	210	902	211	479	400

Quelle: Acosta-Fernandez, 2007

Aus den Spalten der Tabelle wird ersichtlich, wie viele Materialinputs die Güterproduktion in bestimmten Sektoren aus anderen Wirtschaftsbereichen benötigt. Die Bauindustrie benötigt laut diesen Berechnungen den größten direkten und indirekten Materialinput aller Sektoren, nämlich 902 Millionen Tonnen. Von diesen entfallen 434 Millionen Tonnen auf Lieferungen aus dem Sektor „Steine und Erden“, 231 Millionen Tonnen auf „Baudienstleistungen“, sowie 152 Millionen Tonnen auf Inputs des Bereichs „Kohle und Torf“.

Auch das Statistische Bundesamt in Deutschland entwickelte eine Methode zur Berechnung der gesamten (direkten und indirekten) abiotischen Materialinputs auf Ebene von Wirtschaftsbranchen (Schoer, 2006). Die folgende Abbildung 2 zeigt die wichtigsten Verbrauchssektoren der deutschen Wirtschaft im Jahr 2002.



**Abbildung 2:** Der abiotische Materialinput der deutschen Wirtschaft, nach Sektoren;  
Quelle: (Schoer and Schweinert, 2005)

Laut diesen Berechnungen liegt der Sektor „Manufacturing of other non-metallic mineral products“ mit seinem Anteil am gesamten Materialinput mit 25.2% voran, gefolgt vom Sektor „Construction“ (21.1%) und „Electricity, gas, steam and hot water supply“ (18.4%).

Die Studie von Schoer und Schweinert (2005) beinhaltet auch detaillierte Tabellen, die über die Materialintensität (kg pro 1000 € Wertschöpfung Auskunft geben). Die folgende Tabelle 19 zeigt die Gesamtheit an abiotischen Materialinputs. Diese Tabellen liegen auch getrennt für die Unterbereiche Energieträger, Metalle sowie mineralische Rohstoffe vor.

**Tabelle 19:** Direkte und indirekte Nutzung von abiotischen Materialien (in kg) pro 1000 € Wertschöpfung in der deutschen Wirtschaft

No.	CPA <sup>1)</sup>	Homogeneous branches	1995	1997	2000	2001	2002
1	01	Products of agriculture, hunting and related services.....	428	372	365	346	328
2	02	Products of forestry, logging and related services.....	1 850	1 573	1 772	1 641	1 532
3	05	Fish and other fishing products, services incidental to fishing.....	1 098	1 475	960	1 137	1 335
4	10	Coal and lignite; peat.....	5 661	8 209	9 466	12 245	11 490
5	11	Crude petroleum and natural gas; services incidental to oil and gas extraction excluding surveying.....	2 958	5 031	3 691	5 812	7 817
6	12	Uranium and thorium ores.....	-	-	-	-	-
8	14	Mining and quarrying products.....	1 571	1 220	1 478	1 254	1 276
9	15.1 - 15.8	Food products.....	500	605	501	538	603
10	15.9	Beverages.....	102	109	139	143	166
11	16	Tobacco products.....	41	42	41	35	35
12	17	Textiles.....	280	262	273	262	273
13	18	Wearing apparel; furs.....	31	36	36	38	39
14	19	Leather and leather products.....	137	137	134	131	127
15	20	Wood and prod. of wood and cork (except furniture), articles of straw and plaiting materials.....	100	84	110	115	130
16	21.1	Pulp, paper and paper products.....	1 202	717	812	817	920
17	21.2	Paper and paperboard.....	67	56	93	90	94
18	22.1	Publishing.....	20	21	20	22	24
19	22.2 - 22.3	Printed matter, recorded media.....	57	65	79	80	92
21	24.4	Pharmaceuticals.....	257	362	249	210	193
22	24 (not incl. 24.4)	Chemicals (not incl. pharmaceuticals).....	1 153	1 090	1 334	1 180	1 133
23	25.1	Rubber products.....	206	204	184	176	174
24	25.2	Plastic products.....	413	370	384	362	362
25	26.1	Glass and glassware.....	2 214	1 951	1 695	1 632	1 572
26	26.2 - 26.8	Non-refractory ceramic goods, treated stone and earths.....	28 310	31 888	32 001	30 144	30 463
27	27.1 - 27.3	Basic iron, steel and tubes and semi-finished prod. made from basic iron, steel and tubes.....	7 624	7 881	9 076	7 461	7 430
28	27.4	Basic precious and non-ferrous metals and semi-finished prod. made from basic precious and non-ferrous met.....	2 303	1 852	3 738	3 570	3 190
29	27.5	Casting of metals.....	1 767	1 783	2 013	1 593	1 459
30	28	Fabricated metal products.....	314	320	355	342	339
31	29	Machinery.....	150	138	162	154	147
32	30	Office machinery and computers.....	65	53	36	60	55
33	31	Electrical machinery and apparatus n.e.c.....	107	120	109	120	119
34	32	Communication equipment and apparatus, radio, television, other electronic components.....	140	106	99	134	115
35	33	Medical, precision and optical instruments, watches and clocks.....	54	57	60	57	58
36	34	Motor vehicles, trailers and semi-trailers.....	219	261	337	276	313
37	35	Other transport equipment.....	225	181	184	152	133
38	36	Furniture; other manufactured goods n.e.c.....	105	101	134	132	144
39	37	Secondary raw material.....	187	342	214	196	126
40	40.1, 40.3	Electricity, steam and hot water supply, services of production and distribution of electricity, steam and hot wa.....	9 840	9 151	7 892	8 337	8 659
41	40.2	Gas, services of manufacture of gas; distribution of gaseous fuels through mains.....	8	8	21	21	20
42	41	Water and services of collection, purification and distribution of water.....	26	26	38	36	34
43	45.1 - 45.2	Site preparation, building of complete constructions or parts thereof; civil engineering.....	4 573	4 607	5 052	5 363	5 434
44	45.3 - 45.5	Building installation and other building work.....	143	129	115	105	98
45	50	Trade, maintenance and repair services of motor vehicles; retail trade services of automotive fuel.....	28	32	37	37	36
46	51	Wholesale trade and commission trade.....	10	11	11	11	11
47	52	Retail trade services, except of motor vehicles; repair services of personal and household goods.....	18	20	19	19	21
48	55	Hotel and restaurant services.....	105	117	116	109	132
49	60.1	Transport via railways.....	354	491	216	194	185
50	60.2 - 60.3	Other land transport, transport via pipelines.....	51	51	53	54	51
51	61	Water transport services.....	209	164	74	70	41
52	62	Air transport services.....	1 072	686	644	722	647
53	63	Supporting and auxiliary transport services.....	16	15	19	17	17
54	64	Post and telecommunications.....	5	6	4	3	3
56	66	Insurance and pension funding services, except compulsory social security services.....	12	15	26	23	23
57	67	Services auxiliary to financial intermediation.....	4	5	3	3	4
58	70	Real estate services.....	0	0	0	0	0
59	71	Renting of machinery and equipment without operator and of personal and household goods.....	1	1	1	1	1
60	72	Computer and related activities.....	5	5	3	3	3
61	73	Research and development services.....	50	38	24	28	28
62	74	Other business services.....	12	12	11	10	10
63	75.1 - 75.2	Public administration and defence services.....	471	469	330	323	314
64	75.3	Compulsory social security services.....	9	6	5	5	5
65	80	Education services.....	18	21	19	20	21
66	85	Health and social work services.....	21	22	20	19	20
67	90	Sewage and refuse disposal services, sanitation and similar services.....	1 313	1 392	1 162	1 186	1 162
68	91	Membership organisation services n.e.c.....	13	15	15	15	16
69	92	Recreational, cultural and sporting services.....	13	21	12	12	12
70	93	Other services.....	18	17	14	12	11
71	95	Private households with employed persons.....	0	0	0	0	0
72	99	Extra-territorial organizations and bodies.....	-	-	-	-	-
73		Total homogeneous branches.....	830	783	723	675	663

1) Branch boundaries comparable with EC statistical classification of products by activity (1993 issue).

Quelle: Schoer and Schweinert, 2005

Zur Produktion von 1000 € Wertschöpfung im Landwirtschaftssektor (Sektor Nr. 1) waren im Jahr 2002 demnach 328 kg abiotischer Materialinput notwendig, im Sektor Forstwirtschaft (Sektor Nr. 2) waren es 1532 kg, usw. Mit 30.463 kg pro 1000 € Wertschöpfung war der

Sektor Keramik/Steine/Erden (Sektor Nr. 26) der ressourcenintensivste Einzelsektor der deutschen Wirtschaft im Jahr 2002.

Sektorale Daten in dieser Form kommen schon sehr nahe an jene Daten heran, welche direkt in Produktberechnungen und in Tools wie das BRIX-Tool aufgenommen werden könnten.

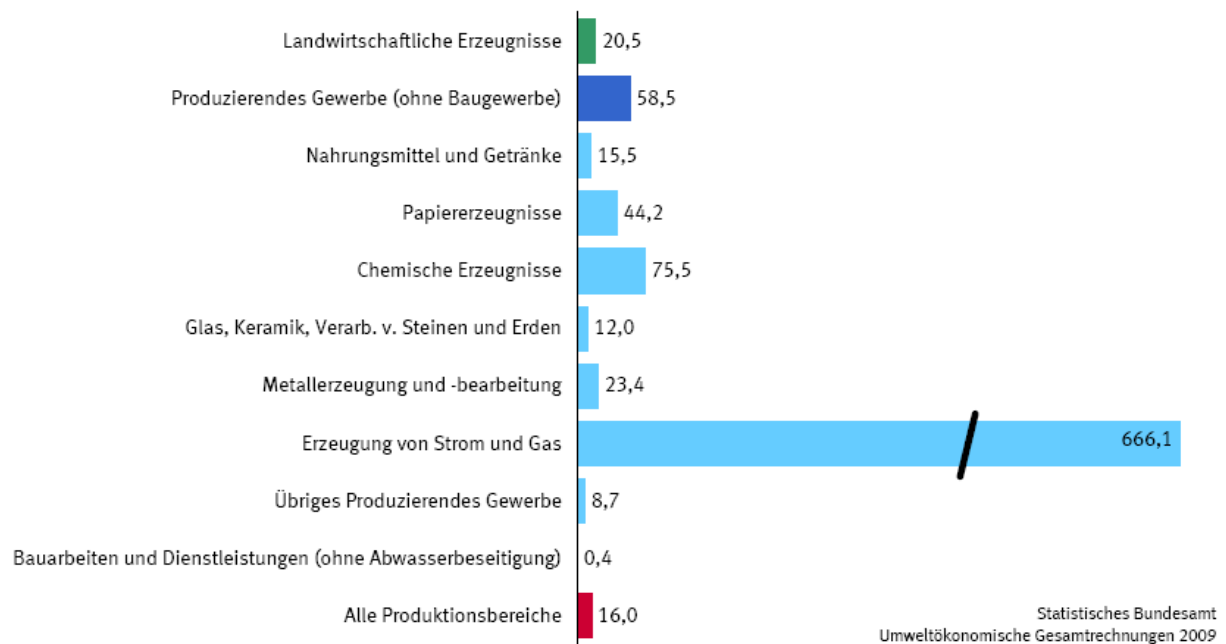
Probleme, die noch gelöst werden müssen, um eine direkte Nutzung in Produktberechnungen zu ermöglichen, sind unter anderem:

- Die Daten beziehen bislang nur abiotische Ressourcen mit ein und müssten auf biotische Ressourcen erweitert werden, um eine umfassende Auskunft über Materialrucksäcke zu erhalten.
- Die Daten liegen bislang nur in Bezug auf monetäre Wertschöpfung, nicht jedoch auf physische Gesamtproduktion der Wirtschaftsbereiche vor. Materialintensitätsfaktoren werden jedoch in der Regel in kg Rucksack pro kg Endprodukt ausgedrückt. Die vorliegenden Daten können daher nur verwendet werden, wenn Informationen über den Wert eines Inputs im Produktionsprozess (und nicht das Gewicht des Inputs) vorliegen.
- Die Daten liegen bislang nur für ein Land (Deutschland) vor. Die Produktionsstruktur unterscheidet sich jedoch in anderen Europäischen Ländern, wie etwa Österreich, von der deutschen Struktur, etwa im Bereich der Energiebereitstellung (in Österreich deutlich höherer Anteil an Wasserkraft, in Deutschland deutlich höherer Anteil an Kohle in der Stromerzeugung).

## **Wasser**

Bislang wurden nur eine beschränkte Anzahl von Input-Output Berechnungen für den Themenbereich Wasser durchgeführt, welche die direkten und indirekten Wasserverbräuche von Produktion und Konsum aufzeigen. Diese Studien analysierten den Wasserverbrauch von einzelnen Ländern, wie etwa Spanien (Duarte et al., 2002), China (Guan and Hubacek, 2007) oder Australien (Lenzen and Foran, 2001) oder Regionen mit Wasserknappheit in Europa, wie etwa Andalusien (Velázquez, 2006).

Allerdings gibt es im Bereich der Umweltstatistik Informationen zur direkten Entnahme und direkten Verbrauch von Wasser in verschiedenen Wirtschaftsbereichen. Auch im Bereich Wasser ist Deutschland eines der internationalen Vorreiter. In seinen „Umweltökonomischen Gesamtrechnungen“ berichtet das Statistische Bundesamt in Wiesbaden jährlich über die Entwicklung einer Reihe von Umweltindikatoren, inklusive Wasserverbrauch. Die folgende Abbildung gibt ein Beispiel für die Auswertung solcher Daten.



**Abbildung 3:** Wasserintensität nach Produktionsbereichen in der deutschen Wirtschaft, 2007 (in m<sup>3</sup> / 1000 € Wertschöpfung); Quelle: Statistisches Bundesamt, 2009

Die Abbildung zeigt, dass die Erzeugung von Strom und Gas mit Abstand den höchsten Wasserverbrauch (666,1 m<sup>3</sup> Wasser pro 1000 € Wertschöpfung) aufweist, insbesondere durch den hohen Bedarf an Kühlwasser. Im Durchschnitt aller Produktionsbereiche wurden im Jahr 2007 16 m<sup>3</sup> Wasser eingesetzt, um 1000 € Bruttowertschöpfung zu erzielen.

Wassernutzungsdaten in einer solchen Form wären dann für ein Produktberechnungstool einsetzbar, wenn

- nicht nur die direkte Wasserentnahme, sondern der Wasserverbrauch entlang der gesamten Produktionskette (also die „Wasserrucksäcke“) mit einberechnet würde, sowie
- die Wasserverbrauchswerte nicht nur in Bezug auf die monetäre Wertschöpfung, sondern auch in Bezug auf die physische (gewichtsmäßige) Gesamtproduktion des Sektors bezogen würden.

### Fläche

Auch hinsichtlich des Indikators „Flächenverbrauch“ ist Deutschland als einer der Vorreiter im internationalen Feld zu sehen. Die Beobachtung und Steuerung der Entwicklung der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke spielt eine wichtige Rolle in der im Jahr 2002 verabschiedeten Nachhaltigkeitsstrategie der deutschen Bundesregierung. Ziel der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie ist eine Reduktion des täglichen Zuwachses der Siedlungs- und Verkehrsfläche von derzeit noch 113 ha/Tag auf 30 ha/Tag im Jahr 2020.

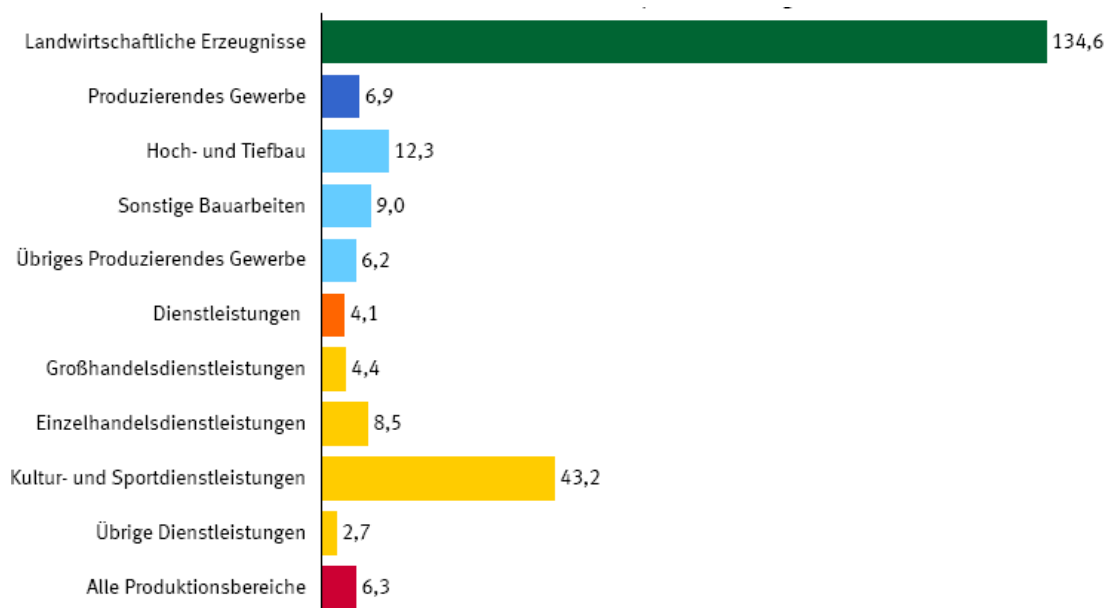
Als Indikator zur Evaluierung dieses Zieles dient die durchschnittliche tägliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche. Deutschland erhebt daher jährlich die Bodenfläche nach Nutzungsarten (siehe Tabelle 20).

**Tabelle 20:** Bodenfläche nach Nutzungsarten in Deutschland (in km<sup>2</sup>)

Nutzungsart	1996	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Siedlungs- und Verkehrsfläche	42 052	43 939	44 381	44 780	45 141	45 621	46 050	46 436	46 789
davon:									
Gebäude- und Freifläche	21 937	23 081	23 312	23 530	23 684	23 938	24 047	24 156	24 294
Betriebsfläche ohne Abbauland	620	732	756	778	788	754	775	774	781
Erholungsfläche	2 374	2 659	2 762	2 838	2 960	3 131	3 338	3 526	3 644
Verkehrsfläche	16 786	17 118	17 200	17 282	17 356	17 446	17 538	17 626	17 715
dar.: Straße, Weg, Platz	15 005	15 264	.	.	.	15 583	.	.	.
Friedhof	335	350	351	352	352	352	353	354	355
Landwirtschaftsfläche	193 075	191 028	.	.	.	189 324	.	.	.
Waldfläche	104 908	105 314	.	.	.	106 488	.	.	.
Wasserfläche	7 940	8 085	.	.	.	8 279	.	.	.
Sonstige Flächen	9 056	8 665	.	.	.	7 337	.	.	.
darunter:									
Abbauland	1 894	1 796	.	.	.	1 764	.	.	.
Unland	.	2 666	.	.	.	2 702	.	.	.
Bodenfläche insgesamt	357 030	357 031	357 033	357 037	357 041	357 050	357 093	357 099	357 104

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2009

In den „Umweltökonomischen Gesamtrechnungen“ werden diese Flächendaten auch auf € Wertschöpfung in einzelnen Wirtschaftsbranchen bezogen, um die Flächenintensität in verschiedenen Wirtschaftsbereichen zu bestimmen (siehe Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Siedlungsflächenintensität nach Produktionsbereichen in Deutschland (in km<sup>2</sup> pro Mrd. €); Quelle: (Statistisches Bundesamt, 2009)

Die Abbildung verdeutlicht, dass landwirtschaftliche Erzeugnisse den mit Abstand höchsten Flächenbedarf pro monetärer Einheit aufweisen (134,6 km<sup>2</sup> pro 1 Milliarde € Bruttowertschöpfung). Das produzierende Gewerbe weist mit 6,9 km<sup>2</sup> pro Mrd. € eine deutlich geringere Flächenintensität auf.

Obwohl diese Daten wichtige Hinweise auf Trends der Flächenbelegung auf volkswirtschaftlicher Ebene bieten, sind solche Daten nicht direkt für Produktberechnungen, wie sie etwa in BRIX durchgeführt werden, geeignet. Denn

- erstens wird die Lebenszyklusdimension nicht mit berücksichtigt, das heißt nur die Flächennutzung innerhalb Deutschlands betrachtet, nicht jedoch jene Flächen, die importierte Produkte im Ausland belegen.
- zweitens wird die Flächennutzung nicht in ausreichend disaggregierter Form berechnet, um sie in Produktanalysen zum Einsatz zu bringen. So wird etwa in den deutschen Flächenerhebungen nur ein aggregierter Sektor im Bereich des „produzierenden Gewerbes“ unterschieden.
- drittens liegen diese Daten, wie schon für den Bereich „Wasser“ beschrieben, bislang nur für einzelne Länder vor.

## **Luft**

Für den Bereich Luftinput liegen keine statistischen Erhebungen bzw. Input-Output Berechnungen auf volkswirtschaftlicher Ebene vor, da Luft im Allgemeinen als unproblematische und nicht knappe Ressource angesehen wird.

### **4.3 Ausblick auf die zukünftige Verfügbarkeit von sektoralen Ressourcendaten**

Wie am Beginn dieses Kapitels bereits erwähnt, werden hinreichend detaillierte Daten zum Ressourceneinsatz auf der Ebene von Wirtschaftssektoren und Produktgruppen mit großer Wahrscheinlichkeit bereits in den nächsten 2-5 Jahren verfügbar sein. Dies kann deshalb so genau prognostiziert werden, da derzeit eine Reihe von Forschergruppen (unter Einbeziehung von nationalen statistischen Ämtern) an der Erstellung von detaillierten, internationalen Input-Output Datenbanken arbeiten.

Das EU Projekt „EXIOPOL“<sup>24</sup>, ein großes Forschungsprojekt im 6. EU Forschungsrahmenprogramm ist eines der wichtigsten Projekte in diesem Bereich und hat zum Ziel, eine Datenbank mit detaillierten Input-Output Tabellen sowie dazu angepassten Umweltdaten zu erstellen (Tukker et al., 2009). Mit insgesamt 128 Wirtschaftsbranchen wird diese Datenbank eine deutlich höhere Auflösung hinsichtlich der umweltsensiblen Wirtschaftsbereiche haben, als etwa die derzeit verfügbaren Datensätze der OECD. EXIOPOL wird konsistente Daten für alle EU-27 Länder plus die wichtigsten 15 Handelspartner der EU liefern. Über Handelsdaten, welche die einzelnen Ländermodelle in einem Multi-Länder Modell verknüpfen, wird es möglich sein, auch die indirekten Effekte (und somit die ökologischen Rucksäcke) auf der Ebene von Wirtschaftssektoren zu berechnen.

EXIOPOL wird auch für die Weiterentwicklung von BRIX eine große Rolle spielen, da die Datenbank nicht nur wirtschaftliche, sondern auch eine große Anzahl von Umweltdaten beinhalten wird. Für BRIX sind insbesondere die Bereiche Materialinput, Wasserinput (eingeschränkt auf landwirtschaftliche Produkte) sowie Flächeninput (eingeschränkt auf landwirtschaftlich sowie forstwirtschaftlich genutzte Flächen) relevant. Ein Multi-Länder Input-Output Modell basierend auf EXIOPOL wird es daher ermöglichen, die ökologischen

---

<sup>24</sup> Siehe [www.feem-project.net/exiopool](http://www.feem-project.net/exiopool)

Rucksäcke für die Kategorien Material, Wasser und Fläche für 128 Produktgruppen zu berechnen. Eine solche Disaggregation bietet durchaus die Möglichkeit, fehlende Daten in Lebenszyklusanalysen von Produkten zu ergänzen.

So nützlich ein Datenbanksystem wie EXIOPOL ist, hat es jedoch auch seine Einschränkungen. Diese betreffen insbesondere die Verfügbarkeit von zeitlich aktuellen Daten. Das EXIOPOL Datensystem wird bei seiner Veröffentlichung im Sommer 2011 auf Daten des Jahres 2000 basieren und damit um 10 Jahre veraltet sein. Dies stellt eine deutliche Verringerung der Einsatzfähigkeit dieser Daten dar. Allerdings ist auch hier anzumerken, dass erstens ein Update der Datenbank von EXIOPOL bis zum Jahre 2005 in einem 2011 beginnenden neuen EU Forschungsprojekt geplant ist (Fertigstellung des Update im Jahr 2012/2013) und zweitens die fehlende Aktualität von Daten auch ein generelles Problem in Lebenszyklusdaten darstellt.

Weitere EU Forschungsvorhaben werden ebenfalls zur Verbesserung der Datenverfügbarkeit beitragen, etwa das Projekt „OPEN-EU“ (One Planet Economy Network – Europe), welches ein Multi-Länder Input-Output basiertes Berechnungsmodell für die Indikatoren Ökologischer Fußabdruck, Wasserfußabdruck sowie CO<sub>2</sub> Fußabdruck entwickelt.

#### **4.4 Schlussfolgerungen**

Der potentielle Nutzen von Daten auf der Ebene von Wirtschaftsbranchen und Produktgruppen für den Einsatz in Berechnungen auf der Produkt- und Unternehmensebene ist unbestritten (siehe AP 2 Endbericht). Allerdings liegen in den für BRIX relevanten Ressourcengruppen bislang keine Ergebnisse in ausreichendem Detail vor, um bereits im Jahr 2010 Branchendaten dieser Art als Abschätzungsoption in das BRIX Tool integrieren zu können.

Einzelne statistische Ämter, insbesondere das Deutsche Statistische Bundesamt in Wiesbaden, können als internationale Vorreiter bei der Erhebung und Analyse solcher Branchendaten angesehen werden. Obwohl die vom Statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellten Daten bereits nahe an ein Format herankommen, welches in BRIX Berechnungen eingesetzt werden könnte, fehlt doch vor allem ein entscheidender Schritt, nämlich die vollständige, Lebenszyklusweite Einbeziehung der ökologischen Rucksäcke in der Berechnung des Ressourceninputs von Produktgruppen und Branchen.

Erst die Erstellung von oben beschriebenen Multi-Länder Modellen ermöglicht es, diese ökologischen Rucksäcke über internationale Produktionsverflechtungen hinweg zu berechnen und der Wirtschaftsbranche im Endverbraucherland zuzurechnen.

Eine Vielzahl an Forschergruppen arbeitet derzeit an der Erstellung von Datenbanken, welche solchen Multi-Länder Modellen zu Grunde liegen. Es kann erwartet werden, dass erste umfassende Abschätzungen auf der Ebene von Produktgruppen und Wirtschaftsbranchen bereits in zwei Jahren vorliegen werden. Eine solide und international konsolidierte Datenbasis zum Einsatz in Produkt-bezogenen Berechnungen sollte nach heutigem Wissen in etwa 4-5 Jahren verfügbar sein.

Aus den oben genannten Gründen war es deshalb im Rahmen der Arbeiten im AP 3 des BRIX Projektes nicht möglich, das angestrebte Arbeitsziel zu verwirklichen, nämlich die Bereitstellung von Branchendurchschnittsdaten aus der Input-Output Analyse, welche als Abschätzungen zur Schließung von Datenlücken eingesetzt werden können. Diese Arbeiten

können dann durchgeführt werden, wenn die Datenbasis sektoraler Ressourcendaten verbessert ist. Dies wird, wie oben beschrieben, in etwa 4-5 Jahren der Fall sein.

## **5 Benötigte Basisdaten der Verwertungsunternehmen**

**Anmerkung: Kap. 5 kann aus Gründen der Geheimhaltung in diesem öffentlichen Bericht nicht dargestellt werden.**

## 6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Mit den Arbeiten in Arbeitspaket 3 ist es gelungen, eine ausreichende Datensammlung von Ressourceninput-Faktoren (RI-Faktoren) für die Berechnungen in den Business Cases (AP 5) und für das BRIX-Tool (AP 4) bereitzustellen.

Dazu wurden insbesondere vorhandene RI-Faktoren aus dem Datenfundus des Wuppertal Instituts verwendet und teilweise adaptiert, der nach Einschätzung des BRIX-ForscherInnen-Teams international gesehen die einzige Datenquelle darstellt, die Ressourceninput-Faktoren originär und direkt behandelt und somit als Referenz anzusehen ist.

Bestehende Datenlücken konnten geschlossen werden, in dem weitere Quellen im Bereich von Lebenszyklusdaten für die BRIX-Methodik nutzbar gemacht wurden. Dies betrifft insbesondere die Datenbank ECOINVENT, mit der es möglich ist, RI-Faktoren indirekt abzuleiten. Gleichzeitig stellt ECOINVENT die benötigten Flächendaten zur Verfügung, die für die gewählte BRIX-Methodik (BRIX-Indikator) erforderlich ist.

Alternativ dazu wurde die Datenbank GEMIS als interessante Alternative für Abschätzungen identifiziert. Für darüber hinaus bestehende Datenlücken wurden entsprechende Schätzverfahren entwickelt und angewendet.

Eine Ableitung von Daten aus Wirtschaftssektoren (Produktgruppen oder Branchen) für die Verwendung in BRIX-Berechnungen (Produkte oder Dienstleistungen) konnte hingegen nicht realisiert werden. Solche Daten werden aufgrund von laufenden Forschungsvorhaben u. a. des SERI erst in etwa 2-5 Jahren international verfügbar sein. Das Wuppertal Institut hat hierzu bereits erste konkretere Erfahrungen vorliegen.

### Empfehlungen:

- Die in AP 3 entwickelte Datensammlung erfüllt die Bedürfnisse der Business Cases der drei Verwertungsunternehmen. Für eine breitere Nutzung des BRIX in den Verwertungsunternehmen (andere Business Cases) oder gar die Verwendung in weiteren Unternehmen ist es erforderlich, die derzeit verfügbare Datenbasis zu verbreitern. Hierzu müssen Möglichkeiten gefunden werden, die Datensammlung des Wuppertal Instituts auch über die im Rahmen dieses Projektes betrachteten Business Cases für BRIX verfügbar zu machen.
- Die LCA-Datenbank ECOINVENT ist grundsätzlich geeignet, BRIX-relevante Ressourceninput-Faktoren abzuleiten. Schon heute nutzt das Institut SERI diese Datenbank für Berechnungen des Ressourcenverbrauchs von Produkten und Dienstleistungen in anderen Projekten. Es sollten daher Möglichkeiten gefunden werden, die bestehenden Erfahrungen von SERI bei der Verwendung von ECOINVENT für Ressourcenberechnungen für eine umfangreiche Datenbasis von BRIX nutzbar zu machen.
- Als weitere Kernstrategie für die Verbesserung der Datenbasis in BRIX-Berechnungen (Mikroebene = Produkte und Dienstleistungen) muss die Verwendung von Daten aus Wirtschaftssektoren (= Makroebene) angesehen werden. Hier liegen erste Erfahrungen des Wuppertal Instituts vor. Das Institut SERI arbeitet bereits aktuell in anderen Projekten an der Erforschung dieses Themas. Die dabei gewonnen Erkenntnisse sollten von SERI so schnell wie möglich für das BRIX-Projekt verfügbar gemacht werden.
- Die Schaffung einer international relevanten und anerkannten Datenbasis für Ressourceninput-Berechnungen erfordert Schritte und Arbeiten, die weit über die Möglichkeiten des BRIX-Projektes hinausgehen. Daher ist es in Zukunft nach wie vor notwendig, eine staatliche oder halb-staatliche Einrichtung zu errichten<sup>25</sup>, die sich dieser Aufgabe (Recherche, Prüfung, Aktualisierungen, etc. von RI-Daten) annimmt.

---

<sup>25</sup> Vgl. Bierter et. al. (2000)

## Literaturverzeichnis

- Acosta-Fernández, J. 2007. Identifikation prioritärer Handlungsfelder für die Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Ressourcenproduktivität in Deutschland. Projektergebnisse zum Projekt im Auftrag des BMBF „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, Wuppertal Institut, Wuppertal.
- Ahmad, N., Wyckoff, A. 2003. Carbon dioxide emissions embodied in international trade. STI Working Paper DSTI/DOC 15, OECD, Paris.
- Baedeker, C. (1997): Flächenintensitätsanalyse von Produkten aus geographischer Sicht – eine praxisbezogene Methodendiskussion. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität zu Köln. Köln.
- Bierter, W., Irgang, G., Manstein, C., Schmidt-Bleek, F. (2000): Machbarkeitsstudie für den Aufbau von "PROREGIS (PRODUCTIVITY REGISTRY – CENTER FOR RESOURCE PRODUCTIVITY FACTORS FOR WEALTH CREATION)". CH-Giebenach/ A-Altach/A-Klagenfurt/F-Carnoules.
- Bojacá, C. R., Schrevens, E. (2010): Parameter uncertainty in LCA: stochastic sampling under correlation, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg.
- Bruckner, M., Polzin, C., Giljum, S. 2010. Counting CO2 emissions in a globalised world. Producer-versus consumer-oriented methods for CO2 accounting. Discussion Paper 9/2010, German Development Institute, Bonn.
- Burger, E.; Hinterberger, F.; Giljum, S. und Manstein, C. (2009): When carbon is not enough: Comprehensive Ecological Rucksack Indicators for Products. Davos: R'09 Twin World Congress.
- Burschel, P., Kürsten, E., Larson, B.C., 1993. Die Rolle von Wald und Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt – Eine Betrachtung für die Bundesrepublik Deutschland. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 126.
- Busch, T., Beucker, S. (2004): Computergestützte Ressourceneffizienzrechnung in der mittelständischen Wirtschaft. Schlussbericht: Untersuchungsschritte und -ergebnisse aus dem Kernprojekt und den Umsetzungsprojekten des Forschungsprojekts care. Stuttgart [u. a.]: Inst. Arbeitswiss. und Technologiemanagement [u. a.].
- Deutsche Fassung EN ISO 14041 (1998): Ökobilanz – Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz.
- Duarte, R., Sanchez-Choliz, J., Bielsa, J. 2002. Water use in the Spanish economy: an input-output approach. *Ecological Economics* 43(1), 71-85.
- European Union (2010): ILCD Handbook: Specific guide für life cycle inventory (LCI) data sets. Forschungszentrum Karlsruhe (Hg.) (2006): Netzwerk Lebenszyklusdaten AP4 Fehlerrechnung, Datenqualität, Unsicherheit, Berlin Karlsruhe.
- Frischknecht, R. (2004). "Overview and Methodology for ECOINVENT 2000 project." *International Journal of Life-Cycle Assessment*(10).
- Frischknecht, R., Jungbluth, N. (2007). Overview and Methodology Data v2.0. ECOINVENT report No. 1. Dübendorf.
- Giljum, S., Burger, E., Hinterberger, F., Lutter, S. 2009a. A comprehensive set of resource use indicators from the micro to the macro level. SERI Working Paper 9, Sustainable Europe Research Institute, Vienna.
- Giljum, S., Hammer, M., Stocker, A., Lackner, M., Best, A., Blobel, D., Ingwersen, W., Naumann, S., Neubauer, A., Simmons, C., Lewis, K., Shmelev, S. 2007. Scientific assessment and evaluation of the indicator "Ecological Footprint". Final project report. German Federal Environment Agency, Dessau.
- Giljum, S., Hinterberger, F., Lutter, S., Polzin, C. 2009b. How to measure Europe's resource use. An analysis for Friends of the Earth Europe. Sustainable Europe Research Institute, Vienna.
- Giljum, S., Lutz, C., Jungnitz, A. 2008a. The Global Resource Accounting Model (GRAM). A methodological concept paper. SERI Studies 8, Sustainable Europe Research Institute Vienna.

- Giljum, S., Lutz, C., Jungnitz, A., Bruckner, M., Hinterberger, F. 2008. Global dimensions of European natural resource use. First results from the Global Resource Accounting Model (GRAM). SERI Working Paper 7, Sustainable Europe Research Institute, Vienna.
- Giljum, S., Lutz, C., Jungnitz, A., Bruckner, M., Hinterberger, F. 2008b. Global dimensions of European natural resource use. First results from the Global Resource Accounting Model (GRAM). SERI Working Paper 7, Sustainable Europe Research Institute, Vienna.
- Goedkoop, M., De Schryver, A., Oele, M. (2006). „Introduction to LCA with SimaPro 7“
- Goedkoop, M., De Schryver, A., Oele, M. (2007). „SimaPro 7.1 Tutorial“
- Guan, D., Hubacek, K. 2007. Assessment of Regional Trade and Virtual Water Flows in China. *Ecological Economics* 61(1), 159.
- Guinée, J. B. (Hg.) (2002): Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Hacker, J. (2003). Bestimmung des lebenszyklusweiten Naturverbrauches für die Elektrizitätsproduktion in den Ländern der Europäischen Union. Diplomarbeit. Technische Universität Wien.
- Hohensinner, H. et al. (2010): Nachhaltige Freiraumgestaltung mittels ökologischer und ökonomischer Lebenszyklusbewertung von Bodenbelägen im Außenbereich. Ein Projekt der GrAT – Gruppe Angepasste Technologie in Zusammenarbeit mit grünplan e.U. Ing. Werner Sellinger und Faktor 10 Institut Austria. Im Auftrag des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung, Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr, Abteilung Umweltwirtschaft und Raumordnungsförderung. Endbericht, Wien.
- Kaiser, C.; Ritthoff, M.; Rohn, H. (2008): Wie viel Natur kostet unsere Nahrung? Ein Beitrag zur Materialintensität ausgewählter Produkte aus Landwirtschaft und Ernährung. Draft Wuppertal Paper, Wuppertal Institute.
- Kauppinen, T.; Lähteenoja, S.; Lettenmeier, M. (2008): Kotimaisten elintarvikkeiden materiaalienpanos – ElintarvikeMIPS (Material input of Finnish foodstuffs. In Finnish.). Maa- ja elintarviketalous 130, Elintarvikkeet. Available from <http://www.mtt.fi/met/pdf/met130.pdf>
- Kotakorpi, E., Lähteenoja, S., Lettenmeier, M. (2008): Household MIPS - Natural resource consumption of Finnish households and its reduction (KotiMIPS - Kotitalouksien luonnonvarjen kulutus ja sen pienentäminen). Endbericht zum Projekt MIPS Household, Helsinki: Ministry of the Environment Environmental Protection Department, The Finnish Environment 43/2008, ISBN 978-952-11-3416-6 (PDF) ISSN 1796-1637 (online).
- Lähteenoja, S.; Lettenmeier, M.; Saari, A. (2006): Transport MIPS – Natural resource consumption of the Finnish transport system. The Finnish Environment 820. Ministry of the Environment. Helsinki. Available from [www.environment.fi/publications](http://www.environment.fi/publications)
- Lenzen, M., Foran, B. 2001. An input-output analysis of Australian water usage. *Water Policy* 3(4), 321-340.
- Lettenmeier, M., Rohn, H., Liedtke, C., Schmidt-Bleek, F. (2009): Resource productivity in 7 steps: How to develop eco-innovative products and services and improve their material footprint. Wuppertal Spezial 41, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energy, Wuppertal. Download demnächst: [www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)
- Manstein, C., Stiller, H. (2000): Anwendung der Materialintensitätsanalyse nach dem MIPS-Konzept auf österreichische Verkehrsträgersysteme. Studie des Vereins Faktor 4+ im Auftrag des österr. Ministeriums für Wissenschaft und Verkehr, Klagenfurt.
- Nakano, S., Okamura, A., Sakurai, N., Suzuki, M., Tojo, Y., Yamano, N. 2009. The measurement of CO2 embodiments in international trade: evidence from the harmonised input-output and bilateral trade database. DSTI/DOC(2009)3, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.

- OECD, 2007. Measuring Material Flows and Resource Productivity. The OECD guide. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.
- Peters, G. 2008. From production-based to consumption-based national emission inventories. *Ecological Economics* 65, 13-23.
- Peters, G., Hertwich, E. 2008. CO<sub>2</sub> Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy. *Environmental Science and Technology* 42(5), 1401-1407.
- Peters, G.P., Weber, C.L., Guan, D., Hubacek, K. 2007. Chinas growing CO<sub>2</sub> emissions - a race between increasing consumption and efficiency gains. *Environmental Science & Technology* 41(7), 5939 -5944.
- Ritthoff, M., Rohn, H., Liedtke, C. (2002): MIPS berechnen, Wuppertal.
- Rohn, H., Pastowski, N., Lettenmeier, M. (2010): Ressourceneffizienz von ausgewählten Technologien, Produkten und Strategien. Kurzfassung der Ergebnisse des Arbeitspakets 1 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes). Ressourceneffizienz Paper 1.6, Wuppertal.
- Schmidt-Bleek, F. (2000): Das MIPS Konzept, Verlagsanstalt Th. Knauer, München.
- Schmidt-Bleek, F. (Hg.) (1998): MAIA, Birkhäuser Verlag, Berlin.
- Schmidt-Bleek, F., Manstein, C. (1999): Klagenfurt Innovation. Neue Wege einer umweltgerechten Produktgestaltung. Schulungsprogramm mit 50 KMUs. Alekto Verlag. Klagenfurt.
- Schoer, K. 2006. Calculation of direct and indirect material inputs by type of raw material and economic activities. Paper presented at the London Group Meeting 19 - 21 June 2006, Federal Statistical Office Germany, Wiesbaden.
- Schoer, K., Schweinert, S. 2005. Use of Primary Material in Germany by Branches and Material Categories, 1995 - 2002
- Statistisches Bundesamt. 2009. Umweltnutzung und Wirtschaft. Bericht zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2009. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Tukker, A., Poliakov, E., Heijungs, R., Hawkins, T., Neuwahld, F., Rueda-Cantuche, J.M., Giljum, S., Moll, S., Oosterhaven, J., Bouwmeester, M. 2009. Towards a global multi-regional environmentally extended input-output database. *Ecological Economics* 68, 1928-1937.
- Velázquez, E. 2006. An input-output model of water consumption: Analysing intersectoral water relationships in Andalusia. *Ecological Economics* 56, 226-240.
- Wernet, G. (2009): Bridging data gaps in environmental assessments: Modelling impacts of fine and basic chemical production, Green Chemistry, London.
- Wernet, G. (Hrsg.) (2009): Life cycle assessment of fine chemical production: a case study of pharmaceutical synthesis, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg.

## **Abbildungsverzeichnis**

<b>Abbildung 1:</b> Der Carbon Footprint von Österreich .....	58
<b>Abbildung 2:</b> Der abiotische Materialinput der deutschen Wirtschaft, nach Sektoren; Quelle: (Schoer and Schweinert, 2005) .....	61
<b>Abbildung 3:</b> Wasserintensität nach Produktionsbereichen in der deutschen Wirtschaft, 2007 (in m <sup>3</sup> / 1000 € Wertschöpfung); Quelle: Statistisches Bundesamt, 2009 .....	64
<b>Abbildung 4:</b> Siedlungsflächenintensität nach Produktionsbereichen in Deutschland (in km <sup>2</sup> pro Mrd. €); Quelle: (Statistisches Bundesamt, 2009) .....	65

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Überblick über RI Daten am WI .....	12
<b>Tabelle 2:</b> Einschätzung der Datenqualität bzgl. verschiedener Analyseaspekte .....	14
<b>Tabelle 3:</b> Liste der RI-Faktoren (Stand: Dezember 2009).....	15
<b>Tabelle 4:</b> Einschätzung der Datenqualität bzgl. verschiedener Analyseaspekte für spezifisch in Österreich errechneter RI-Faktoren.....	21
<b>Tabelle 5:</b> RI-Faktoren aus österreichischen Projekten.....	22
<b>Tabelle 6:</b> Überblick über bestehende Datensätze in GABI .....	25
<b>Tabelle 7:</b> Einschätzung der Datenqualität von GABI Datenbanken bzgl. verschiedener Analyseaspekte.....	29
<b>Tabelle 8:</b> Überblick über bestehende Datensätze in GEMIS .....	30
<b>Tabelle 9:</b> Einschätzung der Datenqualität von GEMIS bzgl. verschiedener Analyseaspekte ..	32
<b>Tabelle 10:</b> Überblick über bestehende Datensätze in ECOINVENT.....	34
<b>Tabelle 11:</b> Einschätzung der Datenqualität von ECOINVENT bzgl. verschiedener Analyseaspekte .....	38
<b>Tabelle 12:</b> Überblick über bestehende Datensätze in Sima Pro.....	41
<b>Tabelle 13:</b> Beispielhafte Darstellung einer Bilanz (Auszug: nur Inputs, gerundet; ohne Outputs und Untersuchungsrahmen) .....	44
<b>Tabelle 14:</b> Ableitung des BRIX Indikatoren Ansatzes aus den Daten der GEMIS Datenbank am Beispiel Beton-B25 (Deutschland, 2000), Angaben je kg Beton .....	45
<b>Tabelle 15:</b> Vergleich von Werten für BRIX Indikatoren aus verschiedenen LCA Datenbanken	48
<b>Tabelle 16:</b> Überblick über Verfahren zur Abschätzung von Datenlücken .....	52
<b>Tabelle 17:</b> CO <sub>2</sub> Emissionen in verschiedenen Weltregionen .....	57
<b>Tabelle 18:</b> Direkt und indirekt induzierte Materialinputs der Endnachfrage von Produkten in Deutschland im Jahr 2000, Auswahl der Ergebnisse (in Millionen Tonnen TMR) 60	
<b>Tabelle 19:</b> Direkte und indirekte Nutzung von abiotischen Materialien (in kg) pro 1000 € Wertschöpfung in der deutschen Wirtschaft.....	62
<b>Tabelle 20:</b> Bodenfläche nach Nutzungsarten in Deutschland (in km <sup>2</sup> ) .....	65