

Endbericht



Forschungsprojekt (Projekt- Nr. 10.08.17.7 – 07.30)

Ökologische Bewertung der Haustechnik

Bearbeitung:

Alexander Stoffregen¹, Johannes Kreißig¹, Holger König²

¹ PE INTERNATIONAL GmbH, Leinfelden-Echterdingen (www.pe-international.com)

² ASCONA König-Jama GbR



PE INTERNATIONAL
EXPERTS IN SUSTAINABILITY

ASCONA
Gesellschaft für ökologische Projekte

Juni 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Ökobilanzindikatoren von Komponenten der TGA	5
2.1	Auswahl der TGA Komponenten	5
2.2	Modellierung Sachbilanz der TGA Komponenten	8
2.3	Erzeugung der Ökobilanz-Indikatoren von TGA Komponenten	10
2.4	Integrierung der Ökobilanzindikatoren der TGA in der Ökobau.dat	15
2.5	Anwendung der Datensätze	15
3	Anwendung der Ökobilanzindikatoren	16
3.1	Implementierung der <i>Ökobau.dat</i> in LEGEP	16
3.2	LCA von Gebäuden unter besonderer Berücksichtigung der Haustechnik	16
3.2.1	Gebäudeauswahl	16
3.2.2	Umweltbelastung Gebäude und Ver- und Entsorgung über 50 Jahre	17
3.2.3	Umweltbelastung der KGR 300 im Verhältnis zu KGR 400	18
3.2.4	Anteile der Phasen bei der Umweltbelastung der KGR 400	18
3.2.5	Einflüsse der Kostengruppen der KGR 400	19
4	Ausblick und Empfehlungen	20
5	Literaturverzeichnis	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Gliederung der TGA für den „Haustechnik Baukasten“	5
Abbildung 2-2: Darstellung xml-Datei mittels Internet Browser	13
Abbildung 3-1: Indikator PE n. ern in MJ /(m ² NGF · a) Gebäude zu Ver- und Entsorgung abs.	17
Abbildung 3-2: Anteile KGR 400 Gebäude Indikator GWP in kgCO ₂ -Äquiv./ (m ² NGF · a) in %	18
Abbildung 3-3: Nur Herstellung, Indikator PE nicht erneuerbar. für KGR 410 – 460 in MJ absolut	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Datensätze für den „Haustechnik Baukasten“	7
Tabelle 3-1: Übersicht Gebäude, Kubatur, BGF, NGF	16
Tabelle 3-2: Haustechnikausstattung der Gebäude	16
Tabelle 3-3: Reihenfolge der KGR nach Höhe der Umweltbelastung über alle Indikatoren	19

Abkürzungsverzeichnis

AUB	Arbeitsgemeinschaft Umweltverträgliches Bauprodukt e.V.
BDH	Bundesindustrieverband Deutschland, Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V
EoL	End of Life
LCA	Life Cycle Assessment (Ökobilanzierung)
LCI	Life Cycle Inventory
TGA	Technische Gebäudeausrüstung

1 Einleitung

Der vorliegende Endbericht fasst die Arbeit und Ergebnisse des Forschungsprojekts „Ökologische Bewertung der Haustechnik“, die in den drei Zwischenberichten dokumentiert wurden, zusammen und stellt den Zusammenhang zum Forschungsvorhaben „Aktualisieren, Fortschreiben und Harmonisieren von Basisdaten für das Nachhaltige Bauen“ dar.

Das Forschungsprojekt gliederte sich in die Arbeitsschritte:

1. Auswahl der zu bewertenden Komponenten der TGA (technische Gebäudeausrüstung)
2. Erstellung der Ökobilanz-Indikatoren für die ausgewählten Komponenten der TGA
3. Anwendung des „Baukasten Haustechnik“ für ausgewählte Bundesliegenschaften

Zusätzlich zu den oben genannten Arbeitsschritten wird noch auf die Integration des Baukasten Haustechnik und der entsprechenden Ökobilanz-Indikatoren (Sachbilanz und Wirkungsbilanz) in die *Ökobau.dat* (Datenbank mit den für die Gebäudebewertung notwendigen Ökobilanzinformationen) sowie auf die Anwendung der Daten zur Bewertung von Gebäuden eingegangen.

2 Ökobilanzindikatoren von Komponenten der TGA

2.1 Auswahl der TGA Komponenten

Für die Gliederung und Auswahl der TGA Komponenten für den „Haustechnik Baukasten“ wurde zunächst eine Gliederung erzeugt und einzelne Komponenten der jeweiligen Untergruppen nach Relevanz ausgewählt. Abbildung 1 zeigt die verwendete Gliederung und Untergruppen der 5 Hauptgruppen Heizung, Sanitär, Lüftung & Kühlung, Elektrotechnik und Fördertechnik.

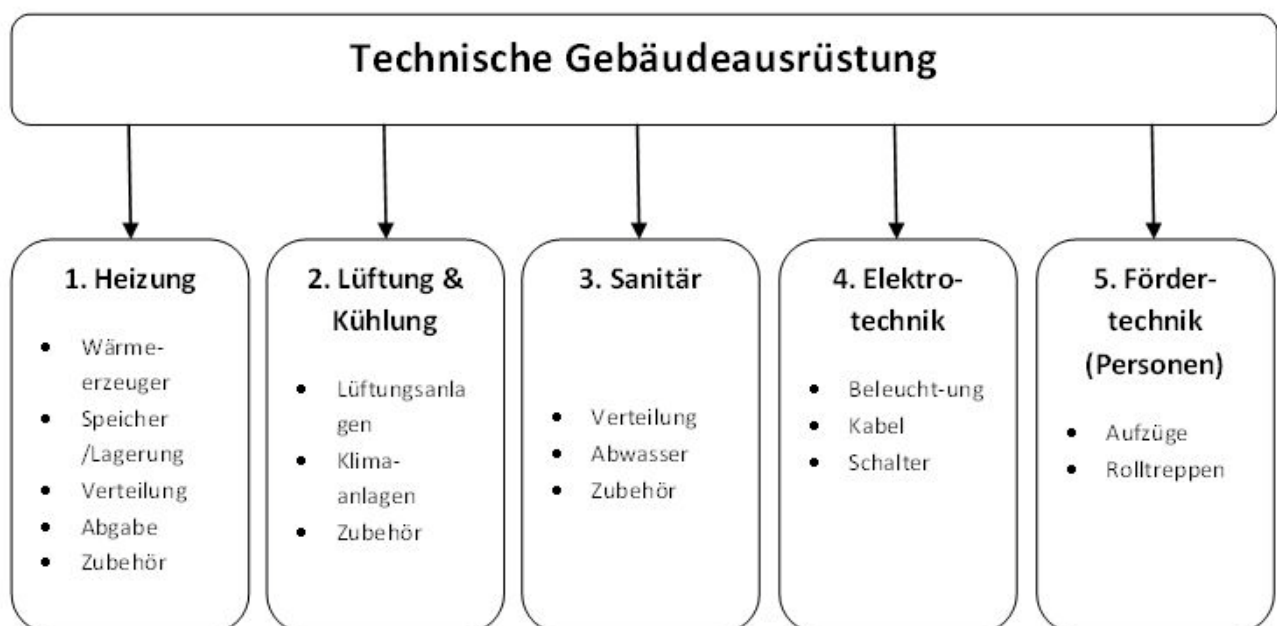


Abbildung 2-1: Gliederung der TGA für den „Haustechnik Baukasten“

Der Gliederungsprozess wurde in enger Zusammenarbeit mit dem BDH (Bundesindustrieverband Deutschland, Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.) durchgeführt. Da es aufgrund von Materialkombinationen, Leistungsklassen und technologischen Konzepten von Komponenten zu einer unüberschaubaren Zahl von möglichen Komponenten kommt, wurde eine Fokussierung auf relevante Komponenten durchgeführt. Diese Fokussierung wurde für die Untergruppen nach zu erwartender Relevanz an der gesamten TGA eines Gebäudes durchgeführt und für die Auswahl bestimmter Materialien, Leistungsklassen und technologischer Konzepte einer Untergruppe nach Marktrelevanz.

Tabelle 2-1 zeigt alle als relevant identifizierten Komponenten der Haupt- bzw. Untergruppen, die für den Haustechnik Baukasten bilanziert wurden und als XML-Datei für die Integration in die Sachbilanzdatenbank Ökobau.dat des Bundes integriert wurden. Für alle mit einem Kreuz markierten Datensätze wird mindestens ein Datensatz für die Produktion und das Lebensende erstellt. Datensätze, für die zusätzlich ein Datensatz

für die Nutzungsphase erstellt wird, sind in der rechten Spalte (Datensätze für Nutzungsphase) markiert. Folgende Datensätze konnten aufgrund fehlender Informationen und Daten nicht, wie im 1. Zwischenbericht aufgelistet, berücksichtigt werden:

- Pelletlager und Hackschnitzzellager
- Zentrale Gebäudeklimatisierung
- Röhrenradiatoren aus Guss (wurden als nicht relevant erachtet)
- Nutzungsdatensätze Pumpen (Abwasser, Grauwasser, Frischwasser) und Fahrtreppe
- Brennstoffzellen zur Wärmeerzeugung
- Der Datensatz Kabelkanal wird über die Start-Datenbank abgedeckt und wurde deshalb hier nicht berücksichtigt.

Für die Pelletlager- und Hackschnitzzellager konnte kein klassisches System aus der Vielzahl der angebotenen Systeme identifiziert werden. Weiterhin konnten keine sinnvollen Nutzungsdatensätze für Pumpen (Abwasser, Grauwasser, Frischwasser) und Fahrtreppe erstellt werden. Der Nutzer muss entsprechend den Strombedarf der Pumpen/Fahrtreppe über die entsprechenden Produktkennwerte bestimmen und den Stromdatensatz in der Ökobau.dat verwenden. Insgesamt wurden 276 XML-Datensätze erzeugt und in die Sachbilanzdatenbank Ökobau.dat integriert, je 117 Datensätze zur Herstellung und zum „End of life“ (EoL) sowie 42 zur Nutzung.

Tabelle 2-1: Datensätze für den „Haustechnik Baukasten“

Gliederung Technische Gebäudeausrüstung (TGA)										Bemerkungen zur funktionellen Einheit	Datensätze für Nutzungsphase
1 Heizung											
1.1 Wärmeerzeuger											
Größenklassen											
	< 20 kW			20-120 kW			120-400 kW				
Gas (Brennwert-Geräte, Standgerät)	x			x			x				x
Gas (Brennwert-Geräte, Wandgerät)	x										x
Gas (Niedertemperatur-Geräte)	x			x			x				x
Öl (Brennwert-Geräte, Standgerät)	x			x			x				x
Öl (Brennwert-Geräte, Wandgerät)	x										x
Öl (Niedertemperatur-Geräte)	x			x			x				x
Holz-Pellet Kessel (HT)	x			x							x
Hackschnitzel	x			x			x			Durchschnittlicher Datensatz pro Leistungsklasse	x
Fernwärme (Übergabestation)				x						Skalierbar über Leistung	x
	Sole-Wasser Erdsonde			Sole-Wasser Erdkollektor			Wasser-Wasser				
	10 kW	20 kW	20-120 kW	10 kW	20 kW	20-120 kW	10 kW	20 kW	20-120 kW		
Strom-/Wärmepumpe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Durchschnittlicher Datensatz pro Leistungsklasse	x
Gas/Wärmepumpe						x				Ein Datensatz Herstellung für 20-70 kW,	x
Solar (Flachkollektor)						x				pro m ²	x
Solar (Röhrenkollektor)						x				pro m ²	x
1.2 Speicher											
	Material			Stahl			Edelstahl				
Pufferspeicher (Heizungsunterstützung und VVW)				x			x			in kg, Umrechnung Volumen in kg über Doku	
1.3 Warmwasserbereitstellung (sofern nicht durch Wärmeerzeuger gedeckt)											
Elektro-Durchlauferhitzer						x				Durchschnittlicher Datensatz	x
1.4 Verteilung (Wasser als Medium)											
	Material			Stahl	Edelstahl	Kupfer	Kupfer ummantelt	PEX-Alu	PEX	PVC	PP
Rohr	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Material			Mineralfaser	EPDM-Schaum	PUR-Schaum					
Dämmung	x	x	x								
	< 50 W			50-250 W			250-1000 W				
Pumpen (Leistungsklassen)			x			x			x		
1.5 Abgabe											
Flachheizkörper (Konvektoren, Stahl)						x					
	Material			Kupfer			PE-X			PP	
Flächenheizung/Fußbodenheizung			x			x			x		
1.6 Abgasanlage											
Gemauerter Kamin (einzügig & zweizügig)						x				Datensätze je steigender Meter	
Rohre (Edelstahl)						x				in kg, Umrechnung spezifischer Rohrdurchmesser in kg über Doku	
Rohre (PP)						x				in kg, Umrechnung spezifischer Rohrdurchmesser in kg über Doku	
1.7 Lagerung											
Öltank - Stahl						x				2 Standardgrößen	
Öltank - Kunststoff						Polyamid 6 und PE HD				jeweils 3 Standardgrößen	
Flüssiggastank						x				3 Standardgrößen, jeweils ober- und unterirdisch	

2 Klimatisierung / Lüftung														
2.1 Lüftungsanlagen														
Einraum-Lüfter Lüftungsanlagen										x	ein repräsentativer Datensatz			
Zu-/Abluftanlagen dezentral mit Wärmerückgewinnung										x	ein repräsentativer Datensatz			
Zentrale Lüftungsanlagen										3 Größenklassen	5.000, 10.000, 30.000 m3/h			
Zu-/Abluftanlagen zentral mit Wärmerückgewinnung										3 Größenklassen	1.000, 5.000, 10.000 m3/h	x (Stromprozess)		
2.2 Klimatisierung / Kältemaschinen														
Leistungsstufen										< 100 kW				
Split- und Multisplitgeräte (Direktverdampfungssysteme)										x	Datensatz über Leistung skalierbar	x		
2.3 Zubehör														
Material										Stahl verzinkt				
Abluft- und Zulufröhre										x	in kg, Umrechnung spezifischer Rohrdurchmesser in kg über Doku			
Dämmung (Mineralwolle)										x				
3 Sanitär														
3.1 Gegenstände und Zubehör														
Waschtisch, WC										x	in kg Keramik Umrechnung in Stückware über Doku			
Badewanne, Dusche										Acryl und Emaille				
											in kg Acryl, Umrechnung in Stückware über Doku			
3.2 Verteilung														
Frischwasserversorgung (warm und kalt)										Kupfer, PEX, Stahl, Edelstahl, PEX-Alu, PVC, PP				
Pumpe Frischwasser												x (Stromprozess)		
Grauwasserleitung (kalt)										Kupfer, PEX, Stahl, Edelstahl, PEX-Alu, PVC, PP				
Regenwasseranlage (Pumpe)											Wird von der Heizung übernommen	x (Stromprozess)		
3.4 Abwasserleitung														
Ablaufnetz										Keramik	PVC	Guss	in kg, Umrechnung spezifischer Rohrdurchmesser in kg über Doku	
Hebeanlage (Pumpe)													Wird von der Heizung übernommen	x (Stromprozess)
3.5 Gas														
Rohrnetz für Verteilung										Stahl, Kupfer			Wird von der Heizung übernommen	
4 Elektro														
4.1 Kabel														
Stromkabel PVC										1 adrig, 3 adrig, 5 adrig			in kg	
CAT 7 Datenkabel										x			in kg	
4.2 Überabe														
Ausstattung														
Lichtschalter										x			in Stücken mit Gewichtsangabe, Skalierung über Stückmengen	
Steckdose										x			in Stücken mit Gewichtsangabe, Skalierung über Stückmengen	
4.3 Beleuchtungsanlagen														
Lampenbasis														
- Wannenleuchten										1x T8 36 Watt (Feuchtraumwanneleuchte)				
										Jeweils für T8,T5: Rasterleuchte mit 2 Röhren (hohe Wattzahl); 3 Röhren (geringe Wattzahl)			in Stücken mit Gewichtsangabe, Skalierung über Stückmengen	
- Raster einbauleuchte														
- Downlight										1 Downlight für 1 Kompaktenergiesparlampe				
Leuchtmittel														
- Leuchtstoffröhre										T8: 18W, 36W ; T5: 14W, 28W				
										Kompaktenergiesparlampe, Vorschaltgerät extern (18W)			in Stücken mit Gewichtsangabe, Skalierung über Stückmengen	x (Stromprozess)
- Leuchtstofflampe (Energiesparlampe)														
5 Förderanlagen (Personen)														
Fahrtreppe													x (Stromprozess)	
- Höhenunabhängige Einheit										x				
- Höhenabhängige Einheit										x			auf einen Höhenmeter skaliert	
Personenaufzug														x
- Schachtausrüstung+Fahrstuhl tür+Drachteile										x			pro Stockwert	
- Stockwerkunabhängige Einheit (Kabine, Antrieb Drachteil, Seilrollen)										x			Stück	

2.2 Modellierung Sachbilanz der TGA Komponenten

Die Modellierung der Sachbilanz sämtlicher, in Tabelle 2-1 aufgeführten TGA Komponenten sowie ihre verschiedenen Lebenszyklusphasen, wurden nach DIN ISO 14040 und DIN ISO 14044 durchgeführt. Für die Modellierung der Datensätze wurde entweder auf bestehende Studien zurückgegriffen, die die Materialzusammensetzung der entsprechenden Produkte angeben, vorhandene Datensätze aus der GaBi 4 Datenbank [GaBi 2006] verwendet oder die Datensätze vollständig durch eigene Recherchen erstellt. Mit der Materialzusammensetzung wurden die jeweiligen Materialien und die verwendeten Bearbeitungsprozesse zur

Fertigung eines Bauteils analysiert. Die Materialdatensätze und der Großteil der Bearbeitungsprozesse entstammen der GaBi 4 Datenbank. Transporte für einzelne Komponenten zur Endmontage wurden nicht berücksichtigt, genauso wie der Energieverbrauch der Endmontage. Ein Transport von der Fertigung zum Verwendungsort ist aufgrund der unterschiedlichen Distanz und Transportmittel nicht berücksichtigt. Kann aber zusätzlich vom Nutzer durch Verwendung von Transportdatensätzen berücksichtigt werden. Folgende Module der Haustechnik wurden modelliert:

- Wärmeerzeuger (Öl, Gas, Pellet, Hackschnitzel, Wärmepumpen, Solarkollektoren etc.), → 33 Datensätze (jeweils Produktion und EoL)
- Speicherung, Verteilung und Abgabe (Pufferspeicher, Öl- und Flüssiggastanks Rohre für Versorgung und Abwasser, Dämmung, Pumpen, Heizkörper, Fußbodenheizung, Abgasanlage) → 45 Datensätze (jeweils Produktion und EoL)
- Klimatisierung (Lüfter, Klimagerät, Lüftungskanal) → 10 Datensätze (jeweils Produktion und EoL)
- Sanitär (Badewanne, WC, etc.) → 4 Datensätze (jeweils Produktion und EoL)
- Elektro (Kabel, Schalter, Lampen und Leuchten) → 21 Datensätze (jeweils Produktion und EoL)
- Beförderung (Fahrstuhl und Rolltreppe) → 4 Datensätze (jeweils Produktion und EoL)
- Nutzungsdatensätze für Wärmeerzeugung, Klimatisierung, Beförderung und Elektronik → 42 Datensätze

Für bestimmte Produkte der Haustechnik gibt es eine Vielzahl an Konfigurationen und Spezifikationen, die in diesem Projekt im Einzelnen nicht abgedeckt werden konnten. Allein aus den etwa 15 Datensätzen zu Rohren (Versorgung mit Wasser und Gas sowie Abwasser) ließen sich unter Berücksichtigung der gängigen Rohrdurchmesser mehrere hundert Datensätzen durch entsprechende Skalierung erzeugen. Um die Datenbank so übersichtlich wie möglich zu gestalten, wurde jeweils nur ein Datensatz pro Rohrtyp (Kupfer, PVC etc.) erstellt und auf ein Kilogramm skaliert. Mit Hilfe der Informationen, die sich in der Dokumentation befinden, kann der Anwender den Datensatz durch entsprechende Skalierung auf den spezifischen Rohrdurchmesser einstellen. Die Rohrdatensätze enthalten in der XML-Datei Tabellen, die die Gewichte für gängige Rohrdurchmesser und Materialstärken angeben, mit den Variablen Gesamtlänge Rohre und Rohrdurchmesser lässt sich so die Gesamtmasse berechnen und der Datensatz entsprechend skalieren. Der Nutzungsdatensatz für Leuchten entspricht der Strombereitstellung von einer kWh Elektrizität. Die Dokumentation beinhaltet gängige Elektrizitätsverbräuche von Leuchten für verschiedene Verwendungszwecke im Gebäude, mit Hilfe der Betriebsdauer lässt sich entsprechend der Verbrauch an Elektrizität berechnen. Durch diese Vorgehensweise lässt sich eine Vielzahl der Datensätze flexibel auf spezifische Anwendungen anpassen.

Für jeden Herstellungsdatensatz wurde ein korrespondierender „End-of-Life“ Datensatz modelliert. In Abhängigkeit der Funktionellen Einheit des Herstellungsdatensatzes ist auch der Input-Fluss bzw. die funktio-

nelle Einheit des EoL Datensatzes skaliert. Hat der korrespondierende Herstelungsdatensatz die funktionelle Einheit „Herstellung von einem Kilogramm Produkt“ mit einer bestimmten Materialzusammensetzung, so ist der Input des EoL-Datensatzes ebenfalls auf ein Kilogramm des entsprechenden Produktes skaliert. Die sich aus der Materialzusammensetzung des Herstelungsdatensatz ergebenden Menge an Metall, Kunststoffen, inerten Materialien und Sonstigem wird den entsprechenden Verwertungs- und Entsorgungsprozessen zugeführt.

Anhang 1 gibt detaillierte Informationen über die modellierten Komponenten, verwendete Literatur für die Modellierung sowie über die Skalierbarkeit der erzeugten Datensätze.

2.3 Erzeugung der Ökobilanz-Indikatoren von TGA Komponenten

Nach der Modellierung der Sachbilanzen in der LCA-Software GaBi 4 wurden aus dieser Ökobilanz-Indikatorenwerte für alle TGA Komponenten und Lebenszyklusphasen in Form von XML-Dateien erzeugt. Die Indikatorenwerte beinhalten sowohl Informationen zur Sachbilanz (Primärenergie, Wasser, Abfall) und Wirkungsbilanz (Treibhausgaseffekt, Versauerung etc.).

Ziel der XML-Dokumentation ist es, dem Nutzer der Datensätze einen Überblick über die Datenerstellung, verwendete Quellen und Anwendungshinweise zu geben. Die Kerninformation findet sich im unteren Bereich. Dort werden die Umweltindikatoren unterteilt in Indikatoren der Sachbilanz und der Wirkbilanz aufgeführt.

Zur Sicherstellung, dass die Integration der Umweltdaten in die auf dem Markt verfügbaren Tools effizient vorgenommen werden kann, ist ein einheitliches Format notwendig. Aus diesem Grund wurde in Anlehnung an das XML-Datenformat für Ökobilanz-Inventardaten der Europäischen Kommission ein Datenformat für Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren erstellt, wie sie in Umweltdeklarationen verwendet werden. Die xml-Dateien können mittels eines Stylesheets mit einem Standard-Browser angesehen werden. Abbildung 2-2 zeigt beispielhaft die Darstellung einer XML-Datei mit dem verwendeten Format mit Hilfe eines Internet Browsers.

Im Einzelnen wurden in der Datensatzdokumentation Aussagen über folgende Punkte gemacht:

1) Datensatzinformation:

- Geographische Repräsentativität

beschreibt die geographischen Randbedingungen, auf die sich der Datensatz bezieht; in der Regel wurden deutsche Randbedingungen verwendet

- Referenzjahr

bei Industriedaten und Umweltdeklarationen Jahr der Datenerhebung;
bei Abschätzungen Erhebungsjahr der aus Umweltsicht maßgeblichen Prozesse

- Name

Name des Datensatzes einschließlich Gliederungsnummer

- Technisches Anwendungsgebiet
wesentliche/s Anwendungsgebiet/e des Baustoffes und ggf. Umrechnungsfaktoren (Dichte, Masse, Volumen)
- Referenzfluss
Name und Einheit des Produktes
- Menge
Output-Menge und technische Größe, auf die sich die Umweltindikatoren beziehen
- Anwendungshinweis für Datensatz
kurze Aussage zu Anwendung des Datensatzes in Gebäude-Ökobilanzen, z. B. Hinweis auf Systemgrenze Cradle-to-gate und zu korrespondierenden Datensätzen anderer Lebenszyklusphasen, z. B. spezifischer Entsorgungsdatensatz für Teppich
- Gliederung Produktgruppe
Einordnung des Datensatzes in Hauptgliederungsgruppen (z. B. 8 Haustechnik / 8.1 Heizung / 8.1.1 Wärmeerzeuger)
- Erläuterungen zur zeitlichen Repräsentativität
jährlicher Durchschnitt
- Technische Beschreibung inklusive der Hintergrundsysteme
benennt die Prozessschritte, die im Datensatz enthalten bzw. ausgeschlossen sind
dokumentiert die Art der technischen Erzeugung (z. B. im Falle des Kiesabbaus Spezifizierung Trocken- oder Nassabbau)

2) Modellierung und Validierung:

- Art des Datensatzes
derzeit für alle Datensätze Hinweis „EPD“; wird noch ersetzt durch treffendere Bezeichnung LCIA (Life Cycle Inventory Assessment)
- Datenquellen (Quelle)
beinhaltet Link zu Quelleninformation (XML) mit Art der Quelle und genauer Quellenangabe
- Art des Reviews
möglich sind internes, externes oder kein Review
externes Review Dritter Partei – z. B. bei EPD; Reviewer IBU
internes Review - wenn aus offiziellem GaBi Datenbankumfang bzw. Industrieprojekten
kein Review - wenn Abschätzung

- Reviewer

Kontaktdatensatz des Reviewers

Datensatz: Gas-Brennwertgerät 120-400 kW (Standgerät); 1 Stück (de)	
Inhalt: Datensatzinformation - Modellierung und Validierung - Umweltindikatoren	
Datensatzinformation	
Kerninformation des Datensatzes	
Geographische Repräsentativität	DE
Referenzjahr	2008
Name	Basisname; Technische Kennwerte/ Eigenschaften Gas-Brennwertgerät 120-400 kW (Standgerät); 1 Stück
Technisches Anwendungsgebiet	Das Gerät dient zur Erzeugung von thermischer Energie, die zur Deckung des Wärmebedarfs eines Gebäudes verwendet werden kann.
Fluss	Heizung Gas Niedertemperatur (120 - 400 kW)
Kerninformation des Datensatzes	974 kg (Masse)
Anwendungshinweis für Datensatz	Der Datensatz ist auf die Produktion von einem Heizkessel skaliert. Er ist bereits mit einem Sicherheitszuschlag von 10% auf die Ergebnisse versehen, da kein unabhängiges Review vorliegt.
Gliederung Produktgruppe ()	Klassifizierung / Ebene / Ebene / Ebene Prozesse / 8 Gebäudetechnik / 8.1 Heizung / 8.1.1 Wärmeerzeuger
Urheberrecht? Ja Eigner des Datensatzes (contact data set) PE INTERNATIONAL	
Quantitative Referenz	
Referenzfluss (Name und Einheit)	Heizung Gas Niedertemperatur (120 - 400 kW) - kg (Masse)
Zeitliche Repräsentativität	
Zeitliche Gültigkeit des Datensatzes	2012
Erläuterungen zur zeitlichen Repräsentativität	jährlicher Durchschnitt
Technische Repräsentativität	
Technische Beschreibung inklusive der Hintergrundsysteme	Bei diesem Heizkessel handelt es sich um einen mit Gas betriebenen Brennwertkessel in der Größenklasse 120-400 kW und einem durchschnittlichen Gewicht von 974 kg. Für die Berechnung des Gewichts wurde eine Nennleistung von 260 kW angenommen. Für den Heizkessel kann nach VDI Richtlinie 2067 von einer 20 jährigen durchschnittlichen Lebensdauer ausgegangen werden.
Modellierung und Validierung	
Angewandte Methode und Allokation	
Art des Datensatzes	EPD
Datenquellen und Repräsentativität	
Datenquellen (source data set)	VDI 2067
	GaBi4 Software und Datenbank 2006

BRÖNTJE 2006					
EVA 2003					
Validierung					
Review	Dependent internal review				
Reviewer (Name und Institution) (contact data set)	PE INTERNATIONAL				
Administrative Information					
Dateneingabe					
Zeitpunkt der Dateneingabe	2009-08-13 13:48:08 +01:00				
Kennung					
UUID des Datensatzes	651cef9a-191f-488f-bf54-c3fdacc3dece				
Letzte Änderung	2009-08-13T13:48:08+01:00				
Eigner des Datensatzes (contact data set)	PE INTERNATIONAL				
Umweltindikatoren					
Indikatoren der Sachbilanz					
	Indikator	Richtung	Wert	Einheit	Anteile
Inputs					
	Primärenergie nicht regenerierbar	Input	46704 MJ		
	- Braunkohle				6 %
	- Steinkohle				39 %
	- Erdgas				23 %
	- Erdöl				16 %
	- Uran				16 %
	Primärenergie regenerierbar	Input	4267 MJ		
	- Wasserkraft				57 %
	- Windkraft				5 %
	- Sonnennutzung (Solarenergie)				38 %
	- Sonnennutzung (Biomasse)				0 %
	Sekundärbrennstoffe	Input	5,21 MJ		
	Wassernutzung	Input	10175 kg		
Outputs					
	Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	Output	20185 kg		
	Heumüll und Gewerbeabfälle	Output	66,9 kg		
	Sonderabfälle	Output	64,2 kg		
Indikatoren der Wirkbilanz					
	Indikator		Wert	Einheit	
	Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP)	Input	19,3 kg Sb-Äqv.		
	Treibhauspotential (GWP 100)	Output	3263 kg CO2-Äqv.		
	Versauerungspotential (AP)	Output	12,8 kg SO2-Äqv.		
	Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	Output	1,21 kg Ethen-Äqv.		
	Eutrophierungspotential (EP)	Output	2,96 kg Phosphat-Äqv.		
	Ozonabbaupotential (ODP)	Output	0,000198 kg R11-Äqv.		

Abbildung 2-2: Darstellung XML-Datei mittels Internet Browser

3) Administrative Information:

- Zeitpunkt der Dateneingabe
- UUID des Datensatzes
Nummerncode zur eindeutigen Kennzeichnung des Datensatzes
- Eigner des Datensatzes
Kontaktdatensatz des Dateneigners

4) Umweltindikatoren:

Die Umweltindikatoren wurden im Bericht „Methodische Grundlagen“ [PE 2007] festgelegt und werden nachfolgend aufgelistet:

- Inputgrößen der Sachbilanz
 - Primärenergie aus nicht regenerierbaren Ressourcen [MJ]
 - o gegliedert in % Braunkohle, Steinkohle, Erdgas, Erdöl und Uran
 - Primärenergie aus regenerierbaren Quellen [MJ],
 - o gegliedert in % Wasserkraft, Windkraft und Sonnennutzung (Solarenergie/Biomasse)
 - Sekundärbrennstoffe (zu spezifizieren) [MJ]
 - Wassernutzung [m³]
- Outputgrößen der Sachbilanz
 - Abraum und Erzaufbereitungsrückstände [kg]
 - Hausmüll und Gewerbeabfälle [kg]
 - Sonderabfälle [kg]
- Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung ist gemäß [CML 2002] vorzunehmen. Es sind folgende Wirkkategorien auszuweisen:

- Abiotischer-Ressourcen-Verbrauch (ADP) [kg Sb-Äq.]
- Treibhauspotenzial, GWP (Global Warming Potential) [kg CO₂-Äq.]
- Ozonabbaupotenzial in der Stratosphäre, ODP (Ozone Depletion Potential) [kg R11-Äq.]
- Versauerungspotenzial, AP (Acidification Potential) [kg SO₂-Äq.]
- Eutrophierungspotenzial, EP (Eutricification Potential) [kg PO₄-Äq.]
- Bodennahe Ozonbildung, POCP (Photochemical Ozone Creation Potential) [kg C₂H₄-Äq.]

2.4 Integrierung der Ökobilanzindikatoren der TGA in der Ökobau.dat

Die erzeugten XML-Dateien mit den Informationen zur Modellierung und Verwendung sowie den Ökobilanzindikatoren wurden in die Ökobau.dat im Rahmen des Forschungsvorhaben „Fortschreibung und Harmonisierung von Basisdaten für die ökologische Bewertung im Sinne des nachhaltige Bauens“ im Frühjahr 2010 integriert und werden entsprechend über dieses Projekt zur Verfügung gestellt. Die online Version der Datenbank (<http://www.nachhaltigesbauen.de/de/baustoff-und-gebaeudedaten/oekobaudat.html>) enthält derzeit (Stand März 2010) noch nicht die Haustechnikmodule. Insgesamt umfasst die Ökobau.dat mittlerweile über 600 Datensätze zur Bewertung von Gebäuden:

- Ca. 325 Bauproduktmodule (z.B. mineralische Baustoffe, Dämmstoffe, Metalle, Holzprodukte etc.)
- 117 Haustechnikmodule
- Ca. 140 EoL-Module (davon 117 für die Haustechnik) .
- 42 Nutzungsmodule für Haustechnik

2.5 Anwendung der Datensätze

Die erzeugten Umweltindikatoren für die modellierten Module der Haustechnik können zusammen mit den weiteren Datensätzen, die sich in der Ökobau.dat befinden zur Bilanzierung des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes verwendet werden. Die in Form von xml-Datensätzen zur Verfügung gestellten Umweltindikatoren der verschiedenen Materialien und Komponenten können entsprechend manuell ausgelesen werden oder falls vorhanden über eine geeignete Schnittstelle in eine für die Simulation von Ökobilanzen oder Gebäudebewertung vorgesehene Software eingelesen werden. Bei der Verwendung der Datensätze ist immer der Referenzfluss und die Kerninformation zu beachten. Sie geben zusammen mit den Hinweisen zur Skalierung in den beigefügten Tabellen (sofern nötig) Auskunft wie der Datensatz verwendet werden kann. Für die Herstellungsdatensätze der Heizkessel heißt dies zum Beispiel, dass der Anwender aus dem Datensatz das Gewicht einer Anlage ablesen kann und sofern er das Gewicht der eigenen Anlage kennt, diese auf das entsprechende Gewicht skalieren kann oder als konservative Abschätzung entsprechend eine schwerere Anlage in der Modellierung verwendet als real eingesetzt wird. Bei den Rohrdatenätzen wurde auf die Erzeugung von zahlreichen Datensätzen, die die Bandbreite von Rohrdurchmesser und Wanddicke wieder spiegeln würde, verzichtet. Der Anwender kann entsprechend über die in den xml-Dateien befindlichen Informationen das Gewicht der verwendeten Rohre pro Material berechnen und entsprechend die auf Masse skalierten Datensätze verwenden.

3 Anwendung der Ökobilanzindikatoren

3.1 Implementierung der *Ökobau.dat* in LEGEP

Die *Ökobau.dat*, bestehend aus den zur Gebäudebewertung benötigten Sachbilanz- und Wirkungsbilanz-Indikatoren von Bauprodukten und den in diesem Projekt modellierten Haustechnikmodulen, wurde im Frühjahr 2009 einer kritischen Analyse bezüglich des automatisierten Einlesens in LEGEP mittels der XML-Schnittstelle unterzogen. In einer überarbeiteten Version der Datenbank (Oktober 2009) wurde vielen Vorschlägen Rechnung getragen. Die bereitgestellten Ökobilanzmodule konnten dann vollständig mit der Materialdatenbank in LEGEP verknüpft werden. Weitere technische Informationen zur Implementierung der *Ökobau.dat* in LEGEP können aus Anhang II entnommen werden.

3.2 LCA von Gebäuden unter besonderer Berücksichtigung der Haustechnik

An fünf typischen Liegenschaften der öffentlichen Hand mit einem hohen Detaillierungsgrad der für den Klimaschutz und Energiebereich relevanten TGA, werden Unterschiede in der Ökobilanz dargestellt.

3.2.1 Gebäudeauswahl

Ausgewählt werden fünf Gebäude, die entweder im Rahmen des Forschungsprojektes „Grenz- und Zielwerte für die ökologische Tiefenbewertung – Gruppe Bürogebäude“ oder bei der Zertifizierung für das Deutsche Gütesiegel nachhaltiges Bauen eingesetzt wurden:

Tabelle 3-1: Übersicht Gebäude, Kubatur, BGF, NGF

Gebäude	BRI m ³	Geschosse	BGF m ²	NGF m ²	beh. NGF m ²
Justizzentrum Chemnitz	81.876	5 oberirdisch 2 TG	25.089	23.645	14.741
Bürogeb. München	53.243	6 oberirdisch	13.643	11.733	9.797
Finanzzentrum Mönchengladbach	43.226	5 oberirdisch	13.609	11.431	11.431
Regionshaus Hannover	26.048	6 oberirdisch	8.426	6.820	6.820
Verwaltungszentrum Eberswalde	25.481	4 oberirdisch	6.015	5.287	5.287

Der technische Ausstattungsgrad der Gebäude ist bei gleicher Nutzung sehr unterschiedlich.

Tabelle 3-2: Haustechnikausstattung der Gebäude

Gebäude	Heizung	Lüftung	Kühlung	Aufzüge
Chemnitz	Fernwärme	Sanitärbereich	Serverraum	5
München	Fernwärme	Teilbelüftung	Klimatisierung, Absorptionskälteanlage	4

Mönchengladbach	Wärmepumpe	Lüftung mit WRG	Versammlungsraum	4
Hannover	Fernwärme	Lüftung mit WRG	Betonkernaktivierung, Was- serleitungen, Wärmepumpen	2
Eberswalde	Wärmepumpe (Energiepfähle- Fundament)	Lüftung mit WRF	Betonkernaktivierung, Luftrohre	1

Bei der Auswertung der flächenbezogenen Kennwerte wird der Einfluss großer Nutz- oder Verkehrsflächen deutlich. Diese Flächen weisen einen wesentlich geringeren Ausbaustandard auf, wie zum Beispiel Tiefgaragen, überdachte Atrien usw.. Es wird empfohlen eine Erfassungskorrektur bezogen auf den Indikator NGF vorzunehmen. Beispielhaft wird bei der Auswertung der Bauteile der Kostengruppe 400 die beheizte NGF zugrunde gelegt. In den weiteren Auswertungen der vorliegenden Untersuchung wird diese Korrektur nicht vorgenommen.

Die komplexen Gebäude können mit durchschnittlich 200 Elementen beschrieben werden. Voraussetzung ist eine hohe Beschreibungsgenauigkeit der Elemente.

Die Lebenszyklusphasen werden derart zusammengefasst, dass die gebäudebezogenen Aufwendungen von den Ver- und Entsorgungsaufwendungen der Betriebsphase getrennt ausgewiesen werden.

3.2.2 Umweltbelastung Gebäude und Ver- und Entsorgung über 50 Jahre

Die Menge der eingesetzten nicht erneuerbaren Primärenergie (PE) wird maßgeblich bestimmt durch die Ver- und Entsorgung. Sie fällt kontinuierlich bei der Vierergruppe je nach energetischem Niveau des Gebäudes von 744 auf 345 MJ/(m² NGF · a). Der absolute Aufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie für die Erstellung des Gebäudes inklusive Instandsetzung und Entsorgung ist bei allen Gebäuden relativ konstant mit Werten zwischen 90 – 106 MJ/(m² NGF · a).

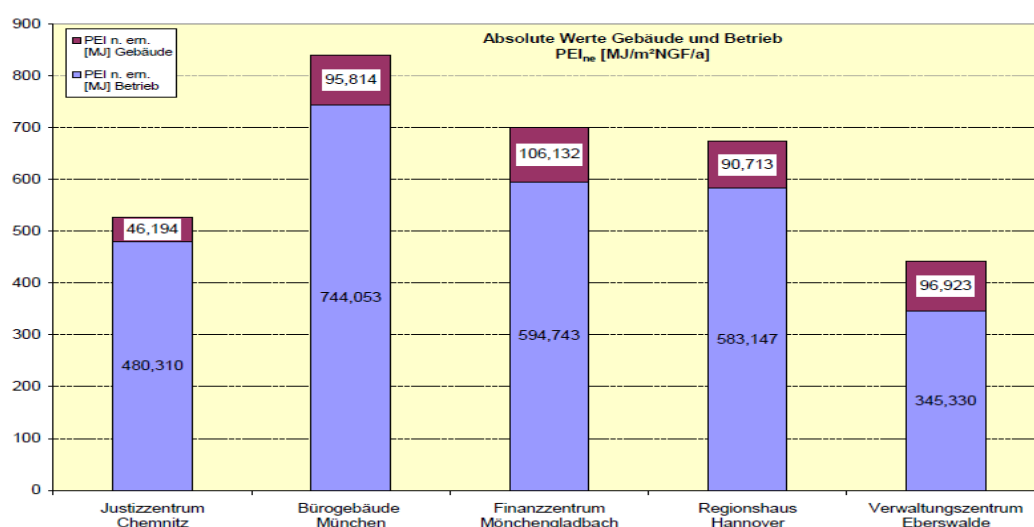


Abbildung 3-1: Indikator PE n. ern in MJ/(m²NGF · a) Gebäude zu Ver- und Entsorgung abs.

Die Umweltbelastung durch das Gebäude im Verhältnis zur Ver- und Entsorgung kann je nach Indikator stark variieren. Bei dem Indikator PE nicht erneuerbar und GWP dominiert der Anteil der Ver- und Entsorgung in der Größenordnung 2/3. Bei geringem Energiebedarf und bestimmten Indikatoren kann das Verhältnis sich zur Dominanz des Gebäudes bei der Umweltbelastung ändern. Das Gebäude kann dann bis zu 70 % zur Gesamtbelastung beitragen.

Die Entsorgungsphase trägt einen signifikanten Anteil zu der Gesamtökobilanz des Gebäudes bei. Einzelne Indikatoren weisen für die Entsorgungsphase negative Werte auf. Dies führt im Gesamtergebnis des Gebäudes zu einer Reduzierung.

3.2.3 Umweltbelastung der KGR 300 im Verhältnis zu KGR 400

Trotz des sehr geringen Stoffmasseanteils von 1 - 4% an der gesamten Stoffmasse des Gebäudes über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren erreichen die relativen Anteile der Umwelteinträge der technischen Anlagen bei den einzelnen Indikatoren 7 - 23%. Die Ursache für diesen vom Anteil der Stoffmasse her unerwartet hohen Umwelteintrag der TGA ist auf die verwendeten Materialkomponenten zurückzuführen. Die TGA wird im Materialbereich dominiert von Metallen und Plastik. Beide Materialgruppen zeigen hohe Umweltbelastungswerte je kg eingesetztes Material.

3.2.4 Anteile der Phasen bei der Umweltbelastung der KGR 400

Die relativ kurzen Lebensdauern der Einzelbauteile (10 Jahre für Pumpen, 15 Jahre für Brenner, 20 Jahre für Heizungskessel, 30 Jahre für Fahrstühle, 40 Jahre für Wasserleitungen aus Stahl) führen bei den technischen Anlagen zu einem hohen Anteil der Instandsetzungsphase. Die Gutschriften der EoL-Phase reduzieren die absoluten Werte der Umwelteinträge der technischen Anlagen je nach Indikator um 10 – 30%.

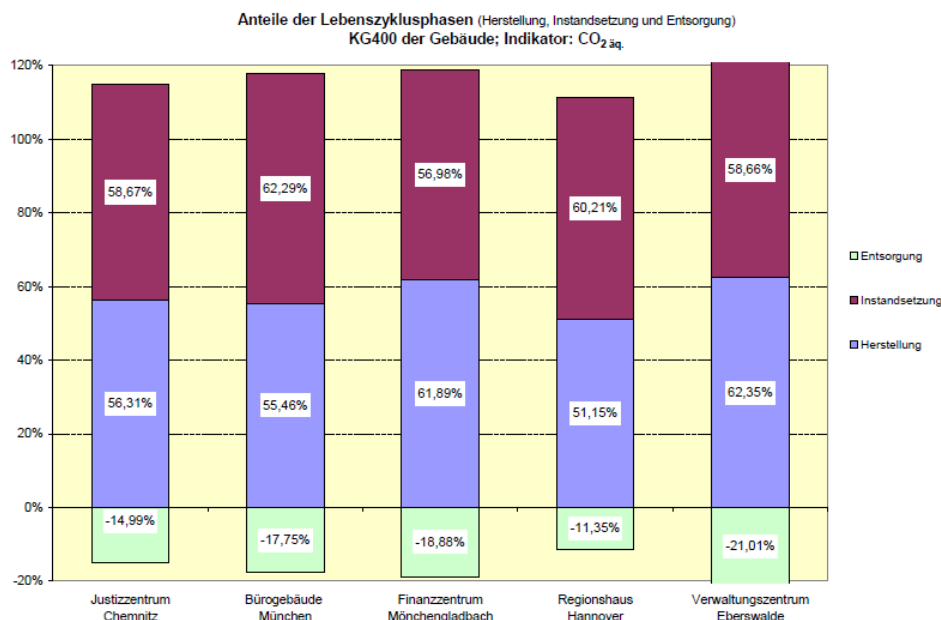


Abbildung 3-2: Anteile KGR 400 Gebäude Indikator GWP in kgCO₂-Äquiv./ (m²NGF · a) in %

Der Einfluss einzelner Komponenten der technischen Anlagen bzw. eines gewählten Ausstattungskonzepts auf die flächenbezogene Gesamtbilanz, lässt sich zum einen wegen der vielen Kostengruppen und deren

unterschiedliche Ausstattungsfaktoren nicht vorhersagen, zum anderen hat auch der Flächenbezug erheblichen Einfluss auf das dargestellte Ergebnis.

3.2.5 Einflüsse der Kostengruppen der KGR 400

In Abbildung 3-3 ist als Beispiel für die Umweltbelastung der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie für die Herstellung der Komponenten dargestellt. Die KGR 450 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen nimmt den niedrigsten Platz ein, gefolgt von der KGR 410 Abwasser-, Wasser-, und Gasanlagen und der KGR 460 Förderanlagen. Die Spitzengruppe mit den KGR 440, 430, 420 ist eindeutig festgelegt. Am meisten Primärenergie, wie in Abbildung 3-3 sichtbar, wird durch die KGR 420 Wärmeversorgungsanlagen benötigt, gefolgt von der KGR 430 Lufttechnische Anlagen und KGR 440 Starkstromanlagen.

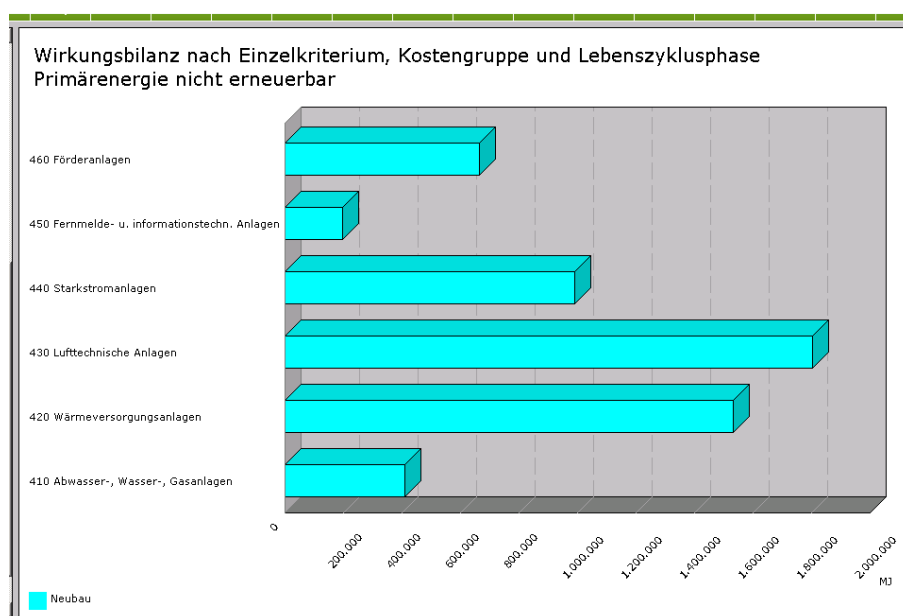


Abbildung 3-3: Nur Herstellung, Indikator PE nicht erneuerbar. für KGR 410 – 460 in MJ absolut

Analog verhält sich die Reihenfolge beispielsweise bei der Stoffmasse, lediglich die Plätze 1 und 2 sind gegenüber dem Primärenergieverbrauch getauscht. Die untere Zeile der Tabelle zeigt die Reihenfolge als Summe der Hauptverursacher aller Umweltindikatoren auf.

Tabelle 3-3: Reihenfolge der KGR nach Höhe der Umweltbelastung über alle Indikatoren

Reihenfolge	1	2	3	4	5	6
Reihenfolge Gesamt- umweltbelastung	440	430	420	460	410	450

Die kostengruppenspezifische Auswertung lässt die Kostengruppen 420, 430 und 440 als Hauptverursacher erkennen. Ein eindeutig komponentenspezifischer Zusammenhang der Umweltbelastung lässt sich nicht identifizieren.

4 **Ausblick und Empfehlungen**

Die in der Ökobau.dat bereitgestellten Umweltindikatoren für die Haustechnik können durch Planer dafür verwendet werden beispielsweise mögliche Einsparungen oder Erhöhungen der Umweltlasten durch den Einsatz von Haustechnik den möglichen Effekten während der Nutzungsphase des Gebäudes gegenüber zustellen. So können sich die Umweltlasten, die sich aus dem Bau eines Gebäudes durch den Einsatz bestimmter Haustechnik ergeben, zwar erhöhen, andererseits könnten sich durch den Einsatz aber in der Nutzungsphase Einsparungen ergeben, die die höheren Lasten während der Herstellung mehr als kompensieren. Als Beispiel sei hier der Einsatz von Solarkollektoren genannt. Durch die zusätzlichen Datensätze über Baumaterialien, lassen sich auch Effekte, die sich durch den Einsatz beispielsweise von Dämmmaterialien, auf die Auswahl von Haustechnik ergeben, darstellen. Ganz allgemein lässt sich mit den Umweltindikatoren über Komponenten der Haustechnik, der Anteil der Haustechnik an den gesamten Umweltlasten, die bei der Erstellung und Instandhaltung eines Gebäudes entstehen, bestimmen. Nur so können Komponenten mit hohen Umweltlasten in einem Gebäude identifiziert werden und eine mögliche Reduzierung der Umweltlasten analysiert werden. Da im Sinne einer Ökobilanz immer der gesamte Lebenszyklus eines Produktes betrachtet werden muss, werden somit auch immer die möglichen Implikationen bei der Optimierung der Haustechnik bzw. des gesamten Gebäudes während der Bauphase auf die Nutzungsphase mit betrachtet. So kann die Haustechnik bzw. das gesamte Gebäude immer im Hinblick auf den gesamten Lebensweg, inklusive Instandhaltung oder Rückbau betrachtet werden.

Für die Zukunft ist zu erwarten, dass durch verschiedene legislative Maßnahmen (Energieeinsparverordnung (EnEV), Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz etc.) die Umweltlasten aus der Nutzungsphase (z.B. Entnahme von fossilen Energieträgern oder Treibhausgasemissionen) aufgrund der strengeren Standards und Maßnahmen zum Primärenergiebedarf (nicht erneuerbar) von Häusern reduziert werden und die Relevanz der Herstellung an den Umweltlasten des gesamten Lebenszyklus zumindest relativ ansteigen wird. Dies zeigt, dass neben der Berechnung des Primärenergiebedarfs von Häusern, wie sie sich aus der EnEV ergibt, auch die Umweltlasten, die sich aus der Herstellung der Baumaterialien und der Haustechnik ergeben betrachtet werden sollten und mögliche Reduzierungen durch die Auswahl der Materialien und der Technik analysiert werden sollten. Da es bei der Entwicklung der Datensätze zunächst vor allen darum ging ein möglichst breites Spektrum der Haustechnik abdecken zu können, ist die benötigte Detailtiefe vor allem im Bereich der Klimatechnik vermutlich nicht immer ausreichend, um derartige Analysen machen zu können. Da bei der Berechnung der Umweltindikatoren von bestimmten Haustechnikmodulen immer generische bzw. Durchschnittswerte in Bezug auf Größe, Dimension, Leistung, Emissionen etc. verwendet wurden, die nicht zwingend ein reales Produkt abbilden müssen, wäre es wünschenswert, wenn die Ökobau.dat auch im Bereich der Haustechnik mit Daten aus produktspezifischen EPDs aufgefüllt würde.

Allgemein sollten nahe bis mittelfristig weitere Datensätze der Haustechnik für die Ökobau.dat zur Verfügung gestellt werden, um Lücken in der Datenbank zu schließen. Ein Schwerpunkt sollte dabei auf die Bereiche Klimatechnik, innovative Technologien zur Erzeugung von Energie (Strom, Wärme, Kälte) aus erneuerbaren

Energiequellen die eine marktreife erlangt haben sowie Steuerungstechnik gelegt werden. Die steigende Verwendung von IT gestützten Regelungs- und Steuerungssystem ist mit den bisherigen Datensätzen noch gar nicht berücksichtigt. Da diese Systeme einen signifikanten Einfluss auf die Nutzungsphase und den Primärenergieverbrauch haben können (z.B. automatische Verschattung) sollte gleichzeitig aber die Umweltlasten solcher Systeme während der Herstellung berücksichtigt werden.

Hilfreich könnte es ebenfalls sein weitere Differenzierungen in Bezug auf Größe, Nutzungsphase oder Leistung zu geben. So könnte die Größenklasse 120-400 kW bei den Wärmeerzeugern weiter unterteilt werden, um den Anwender eine Skalierung der Datensätze zu ersparen bzw. die Realität besser abbilden zu können. In diesem Zusammenhang wäre es ebenfalls von Vorteil Feedback von Anwendern, das an das BBR bzw. die Auftragnehmer weitergeleitet wird zu sammeln, zu analysieren und die praktische Anwendbarkeit der Datensätze zu überprüfen und wenn möglich die Datensätze bzw. Datenbank entsprechend in einer zweiten Phase anzupassen.

Eine differenzierte Betrachtung des Fernwärmemix von einem nationalen Durchschnittswert zu lokal differenzierten Mixen wäre ebenfalls hilfreich für die Nutzung der Daten in der Ökobilanzierung von Gebäuden. In diesem Zusammenhang könnte auch über eine Harmonisierung der verwendeten Primärenergiefaktoren in der EnEV und dem begleitendem technischen Regelwerk (DIN V 18599 und DIB V 4701-10) nachgedacht werden, in dem diese beispielsweise an die Werte der in der Ökobau.dat verwendeten Energieträger angepasst werden.

5 Literaturverzeichnis

- CML 2002 Guinée, J. B. (Hrsg.) Handbook on Life Cycle Assessment - Operational Guide to the ISO Standards. Boston Kluwer Academic Publishers, 2002.
- GABI 2006 GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung. IKP, Universität Stuttgart und PE Europe GmbH, Leinfelden-Echterdingen, Dezember 2006.“
- PE 2007 PE International (Hrsg.): Methodische Grundlagen. Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren im Bauwesen. Leinfelden-Echterdingen, 2007