

Studie

Gegenüberstellung ökobilanzierter Indikatoren von Dämmmaterialien für WDVS und Aufdachdämmsysteme

Autor **IBN Institut für Bauen und Nachhaltigkeit**
Studienersteller Dipl.-Ing. Andreas Nordhoff
Andreas Esser
Alte Neusser Landstraße 270
50769 Köln
☎ 0049-221-933331-0
Fax 0049-221-933331-79
info@ibn-passivhaus.de
www.ibn-passivhaus.de

Bearbeitungszeitraum: **Juni-Juli 2013**

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	4
1. Einleitung.....	5
2. Abkürzungen und Begriffserklärungen.....	5
3. Aufgabenstellung.....	6
4. Fazit – Kritik – Ausblick.....	8
5. Marktübersicht der untersuchten Dämmstoffe.....	9
6. Definitionen der untersuchten Dämmstoffe.....	10
6.1. Definition Außenwandwärmedämmung.....	10
6.1.1. WDVS.....	11
6.1.2. Kerndämmung.....	11
6.1.3. Vorhangfassade.....	11
6.2. Definition Dachdämmstoff.....	12
6.2.1. Aufdachdämmung.....	12
7. Grundlagen Bauphysik.....	12
8. Umweltproduktdeklarationen.....	12
8.1. Einleitung.....	12
8.2. Normen.....	13
8.3. Product Category Rules.....	14
8.4. Datenqualität, Gültigkeit und Haftbarkeit.....	14
8.5. Deklarationssysteme.....	14
8.5.1. Cradle to Gate (von der Wiege bis zum Werkstor).....	16
8.5.2. Cradle to Gate with Options (von der Wiege zum Werkstor mit Optionen).....	16
8.5.3. Cradle to Grave (von der Wiege bis zur Bahre).....	16
8.5.4. Modul D.....	16
8.6. Begriffe.....	17
8.7. Datenquellen.....	18
8.7.1. IBU.....	18
8.7.2. ELCD.....	18
8.7.3. Gabi.....	19
8.7.4. DGNB.....	19
8.7.5. BMVBS.....	19
9. Umweltauswirkungen.....	20
9.1. Einsatz von Süßwasserressourcen.....	20
9.1.1. Einleitung.....	20
9.1.2. Gegenüberstellung der Produkte.....	21
9.1.3. Auswertung.....	21
9.2. Abiotischer Ressourcenverbrauch ADP (Abiotic Resource Depletion Potential).....	21
9.2.1. Einleitung.....	21
9.2.2. Gegenüberstellung der Produkte.....	22

9.2.3.	Auswertung.....	22
9.3.	Treibhauspotential GWP (Global Warming Potential),	22
9.3.1.	Einleitung	22
9.3.2.	Gegenüberstellung	24
9.3.3.	Auswertung.....	24
9.4.	Ozonabbaupotential (ODP, Ozone Depletion Potential)	24
9.4.1.	Einleitung	24
9.4.2.	Gegenüberstellung der Produkte.....	24
9.4.3.	Auswertung.....	25
9.5.	Versauerungspotential, AP (Acidification Potential)	25
9.5.1.	Einleitung	25
9.5.2.	Gegenüberstellung der Produkte.....	25
9.5.3.	Auswertung.....	26
9.6.	Eutrophierungspotential, EP (Eutrofication Potential)	26
9.6.1.	Einleitung	26
9.6.2.	Gegenüberstellung der Produkte.....	27
9.6.3.	Auswertung.....	27
9.7.	Bodennahe Ozonbildung, POCP (Photochemical Ozone Creation Potential)	28
9.7.1.	Einleitung	28
9.7.2.	Gegenüberstellung der Produkte.....	28
9.7.3.	Auswertung.....	28
9.8.	Gesamtauswertung der untersuchten Umweltauswirkungen	29
10.	Herstellungsverfahren und –Energie	30
10.1.	Organische Dämmstoffe Grundstoffe und PE	32
10.1.1.	Einleitung	32
10.1.2.	Gegenüberstellung der Produkte.....	33
10.1.3.	Auswertung der Herstellung organischer Dämmstoffe.....	35
10.2.	Mineralische Dämmstoffe	36
10.2.1.	Einleitung	36
10.2.2.	Gegenüberstellung der Produkte.....	36
10.2.3.	Auswertung mineralischer Dämmstoffe.....	38
11.	Literaturverzeichnis gemäß ISO 690	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5-1 Dämmstoffindustrie, Gesamtverband, 2011	10
Abbildung 8-1 (DIN EN 15804, April 2012) Informationen zur Gebäudebeurteilung	15
Abbildung 8-2 Grundsystem	17
Abbildung 8-3 IBU Ablaufschema	18
Abbildung 8-4 DGNB Bereiche.....	19
Abbildung 9-1 Einsatz von Süßwasser.....	21
Abbildung 9-2 Versauerungspotential	26
Abbildung 9-3 POCP	28
Abbildung 9-4 Wirkungsabschätzung.....	29
Abbildung 10-1 Durchschnitt Primärenergieverbrauch	30
Abbildung 10-2 Primärenergieverbrauch.....	31
Abbildung 10-3 Umwandlungsprozesse von Erdöl bis EPS, XPS	32
Abbildung 10-4 Primärenergie organischer Dämmstoffe	33
Abbildung 10-5 Primärenergie und Treibhauspotential mineralischer Dämmstoffe	37

1. Einleitung

Das Europaparlament hat den Beschluss (= EPDB) gefasst, dass alle Neubauten in Europa ab 2020 nur noch als „Fast-Nullenergiehäuser“ gebaut werden dürfen. Dies hat die Mitgliedsstaaten veranlasst, ihre Baustandards entsprechend anzupassen. Der signifikante Ausbau an Wärmedämmmaßnahmen begann. Welche Eigenschaften diese Produkte haben, inwieweit sie ggf. sogar unsere Umwelt schädigen wurde zu einer an Gewicht zunehmenden Frage. Produktdeklarationen wurden notwendig. Diese sortieren seit 2006 Produkte mit Ihren Eigenschaften über deren Lebenszyklus, so dass Interessierte über Hersteaufwand und Umweltauswirkungen aufgeklärt werden können.

Die zur Deklaration entwickelten Verfahrensvorschriften liefern die Normen:

DIN EN ISO 14040	2009.11	Umweltmanagement, Ökobilanz, Grundsätze & Rahmenbedingungen
DIN EN ISO 14025	2011.10	Typ III EPD, Grundsätze und Verfahren
DIN EN 15804	2012.04	EPD, Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte (PCR)

Aktuelle Mitteilung: Das UBA hat in der am 8-5-13 erschienenen Presseinfo Nr. 23/2013 das weltweite Verbot des Flammenschutzmittels HBCD erläutert. HBCD wurde in die POP-Liste mit aufgenommen. Bislang wurde HBCD primär in organischen Dämmplatten eingesetzt.

Die vorliegende Arbeit basiert auf belegten Quellen und objektiv nachvollziehbaren Untersuchungen. Eine persönliche Bewertung des Themas unterbleibt.

2. Abkürzungen und Begriffserklärungen

Nachfolgende Abkürzungen und Begriffserklärungen sind sinnvollerweise vor der eigentlichen Studie zu lesen. Die Abkürzungen dienen der Vereinfachung der Studie.

Abiotische Umweltfaktoren	Umweltfaktoren an denen keine Lebewesen beteiligt sind
BBSR	Bundes Institut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude
CaSi	Calcium-Silicat
CSH	Calciumsilicathydrat (Feststoff des Porenbetons)
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
EOL	End of Life = Lebensende eines Produkts, vollständige Zersetzung
EPD	Environmental Product Declaration = Umweltproduktdeklaration
EPS	expandiertes Polystyrol
Eutrophierung	Anreicherung von Nährstoffen in einem Ökosystem
FKW	Fluorkohlenwasserstoffe
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GDI	Gesamtverband Dämmindustrie

HCBD	Hexacyclobromdodecan (hier: Flammschutzmittel für XPS EPS)
HFKW	Treibmittel, H = halogenierte, F = fluorierte, KW = Kohlenwasserstoffe
IBU	Institut für Bauen und Umwelt e.V.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Der Weltklimarat der vereinten Nationen)
iterativ	sich schrittweise in wiederholten Rechengängen der exakten Lösung annähernd
IVPU	Industrieverband Polyurethan-Hartschaum
LCA	Life Cycle Analyse, Lebenszyklusanalyse
LCI	Life Cycle Inventory analysis, Sachbilanz
LCIA	Life Cycle Impact Assessment, Wirkungsabschätzung
MDI	Methylendiphenyldiisocyanat $C_{15}H_{10}N_2O_2$ (sog. Polymer welches zur PU-Herstellung verwendet wird)
MW	Mineralwolle
Nachhaltigkeit	"Fähigkeit eines Systems, für gegenwärtige und zukünftige Generationen erhaltbar zu sein" [EN 15643]
PCR	Product Category Rules = Produktkategorieregeln
PE	Primärenergie (z.B. Kohle, Gas, Sonne, Wind)
Pentan	Halogenfreier Kohlenwasserstoff, C_5H_{12} und zählt zu den Alkanen, kommen in Erdgasen, Crackgasen und in Benzenen vor und können durch Destillation daraus gewonnen werden
persistent	die Eigenschaft von Stoffen (Umweltgiften), unverändert durch physikalische, chemische oder biologische Prozesse in der Umwelt zu verbleiben
POPs	Stockholmer Konvention über persistente organische Schadstoffe
PU	Polyurethan
RSL	Reference Service Life = Referenznutzungsdauer
UBA	Umweltbundesamt
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
XPS	extrudiertes Polystyrol
Mineralische Dämmung	Dämmung aus anorganischen Materialien, meist geschäumt
Natürliche Dämmstoffe	hier: nachwachsende organische Dämmstoffe direkt oder indirekt aus der Natur
Synthetische Dämmstoffe	herrührend aus aufwendigen, meist chemischen Produktionen. Hier ist die Erdölchemie gemeint
Wärmedämmstoffe	angelehnt an die schweizer Leitlinien: $\lambda < 0,10 \text{ W/(mK)}$

3. Aufgabenstellung

Mit dieser Studie sollen verschiedene Dämmmaterialien für WDVS und Aufdachdämmsysteme gegenüber gestellt werden und anhand ökobilanzierter Indikatoren bewertet werden.

Um eine praxisgerechte Bewertung zu erzielen, sollen Bilanzen bezogen auf einen U-Wert von $0,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ erstellt werden, so dass eine Vergleichbarkeit unterschiedlicher Dämmstoffe (λ -bereinigt) sichtbar wird.

Aus qualitativen Gründen sollen hier nur Umweltproduktdeklarationen (kurz: EPD's) des Typs III (d.h. nach DIN EN ISO 14025 sowie DIN EN 15804 erstellt) und nur die Herstellungsphase A1 - A3 (Cradle to Gate) der Produkte betrachtet werden. Es gilt die physikalischen Eigenschaften, die Nachhaltigkeit der Herstellung, und die verwendeten Rohstoffe und Chemikalien eines Dämmstoffes darzustellen. EPDs, sind die wichtigste Quelle an Informationen zur Nachhaltigkeits- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei energetischen Baumaßnahmen.

Zum Vergleich wurden handelsübliche Dämmstoffe aus den 5 häufigsten Kategorien gewählt, jeweils mit unterschiedlichen Herstellern und/oder Datensätzen.

Extrudierte Polystyrole (XPS):

- XPS (Dow)
- XPS (FPX)
- 2.3.1¹ XPS + 10 %

Expandierte Polystyrole (EPS):

- EPS (DAW) 035 Quatro
- EPS (DAW) 032 Alsitherm Carbon
- EPS (IVH) 035
- EPS (IVH) 040
- 2.2.03 EPS (Caparol) 032 + 10 %

Polyurethane (PUR):

- PUR (IVPU) 033
- PUR/PIR (IVPU) 028 Mineralvlies
- PUR (IVPU) 024 Alu
- 2.4.01 PU Alu 024 + 10 %

Mineralwolle:

- MW 94 kg/m³ (Rockwool)
- MW 158 kg/m³ (Rockwool)
- MW (Knauf) 040
- MW (Isover) 035 Silatherm
- 2.1.03 MW (Isover)

Geschäumte Minerale:

- CaSi (Xella) Multipor

¹ Nummer des Datensatzes in der Ökobaudat

- 2.20.01 Porenbeton Multipor
- Calcium-Silikat Durchschnitt
- Foamglas (W+F)
- 2.6.01 Foamglas (W+F)

Aufgrund des geringen Marktanteils wurden Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen in dieser Studie zunächst nicht berücksichtigt. In einer Folgestudie sollen auch diese mit ökobilanziert werden.

4. Fazit – Kritik – Ausblick

Die untersuchten Produkte sind in Ihrer Ökobilanz sehr unterschiedlich. Es ist nicht möglich, einen gemeinsamen Nenner zu finden der z.B. das Ozonabbaupotenzial mit dem Treibhauspotenzial vergleicht. Wir haben jedoch im Kapitel „Gesamtauswertung der untersuchten Umweltwirkungen“ in einer Tabelle eine Rangliste aufgestellt und diese mit gleicher Punktezahl bewertet. Wir haben damit keine Differenzierung der verschiedenen Umweltwirkungen vorgenommen. Vielmehr haben wir alle gleich bewertet. Dort gewinnt mit 24 Punkte das EPS und liegt damit um 4 Punkte vor MW + RW bzw. 5 Punkte vor CaSi.

Alle Betrachtungen dieser Studie sind ohne die Lebensdauer des Dämmsystemes. Die kann bei EPS-WDVS mit 40 Jahren angenommen werden (vergl. BNB). Bei CaSi ist die Lebensdauer jedoch deutlich länger. Sie ist nicht explizit im BNB ausgewiesen, - jedoch kann aus dem Datensatz geschlossen werden, dass eine Lebensdauer über 50 Jahre gegeben ist (vergl. Code Nr. 335.621). Bei einer durchaus möglichen Lebensdauer von 80 Jahren für CaSi würde sich die Punktezahl halbieren (bezogen auf die Lebensdauer).

Somit würde CaSi auf Platz 1 gesetzt und hätte damit die geringste Umweltschädigungswirkung.

Kritisch zu betrachten sind bei der Vielzahl an Daten deren Herkunft und deren Subdaten. So kann z.B. durch Umstellung des Betriebes auf Ökostrom eine signifikante Auswirkung beim Herstellerenergieaufwand erzielt werden.

Da der Suchende nicht immer unbegrenzten Zugang zu allen bisher existierenden Datensätzen hat, ist es fast unmöglich, die Herkunft sämtlicher Indikatoren zu erfassen. Durch die von Ministerien und Kommissionen veröffentlichten Datenbanken ist es allerdings möglich, hier einen kleinen Einblick zu erhalten.

In gewisser Weise folgen die veröffentlichten EPDs auch logischen Zusammenhängen. Doch meist sind die Systemgrenzen und die erfasste Datenmenge so groß, dass eine Herleitung der unterschiedlichen Produktdaten einzelner Indikatoren nicht gelingt.

EPDs nach DIN EN ISO 14025 sind schwer vergleichbar, da die Hersteller unterschiedliche Parameter deklarieren. EPDs nach DIN EN 15804 und die PCRs des IBU verkürzen die Suche. Leider lassen sich diese Werte nur begrenzt mit der DIN EN ISO 14025 vergleichen.

Bsp: Die Abweichungen zwischen Ökobaudat und dem beim IBU veröffentlichten EPDs des Xella Multipor sind groß. Wir empfehlen an dieser Stelle eine Prüfung der Datenquellen (siehe 9.5)

Doch kann ein solches komplexes Zahlenwerk wie wir es in den noch jungen Deklarationssystemen vorfinden erst über Jahre reifen und bedarf einer ständigen Fehlerbeseitigung und Nachbesserung. Mit der noch recht jungen DIN EN 15804 haben sich die System bereits verbessert. Es kann davon ausgegangen werden, dass dies weiterhin geschieht und in naher Zukunft noch bessere Systeme zur Bewertung ökobilanzierter Indikatoren zur Verfügung stehen. So bieten jetzt schon nachfolgende ganzheitliche Bewertungsverfahren die Möglichkeit ein komplette Haus auf seine Umweltauswirkungen dar zu stellen.

EN 15978: Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode.

EN 15643-1: Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden - allgemeine Rahmenbedingungen

EN 15643-2: Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden - Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität

5. Marktübersicht der untersuchten Dämmstoffe

Im Jahr 1999 wurden 34 Mio. m³ Dämmprodukte aus nicht nachwachsenden² Rohstoffen verkauft (München, Bauzentrum, 2013). Seither sind die Verkaufszahlen dieser Dämmstoffe stetig gesunken. 2007 wurden nur noch 25,7 Mio. m³ Dämmstoffe verkauft (Dämmstoffindustrie, Gesamtverband, 2011). Der Marktanteil der Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen ist auf 5 % gestiegen (Fachverband-Wärmedämm-Verbundsysteme e.V., Januar 2013).

Die Dämmstoffdicke von WDVS ist von 2003 mit durchschnittlichen 9 cm auf 12,6 cm im Jahr 2012 gestiegen. (Statistik Fachverband Wärmedämmverbundsysteme, 2013)

4 % des Rohölimports der Bundesrepublik werden für die Herstellung von Kunststoffen verwendet. (EPD, Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V., 2010)

² nachwachsend \cong regenerativ \cong innerhalb eines Zeitspektrums von 500 Jahren reproduzierbar

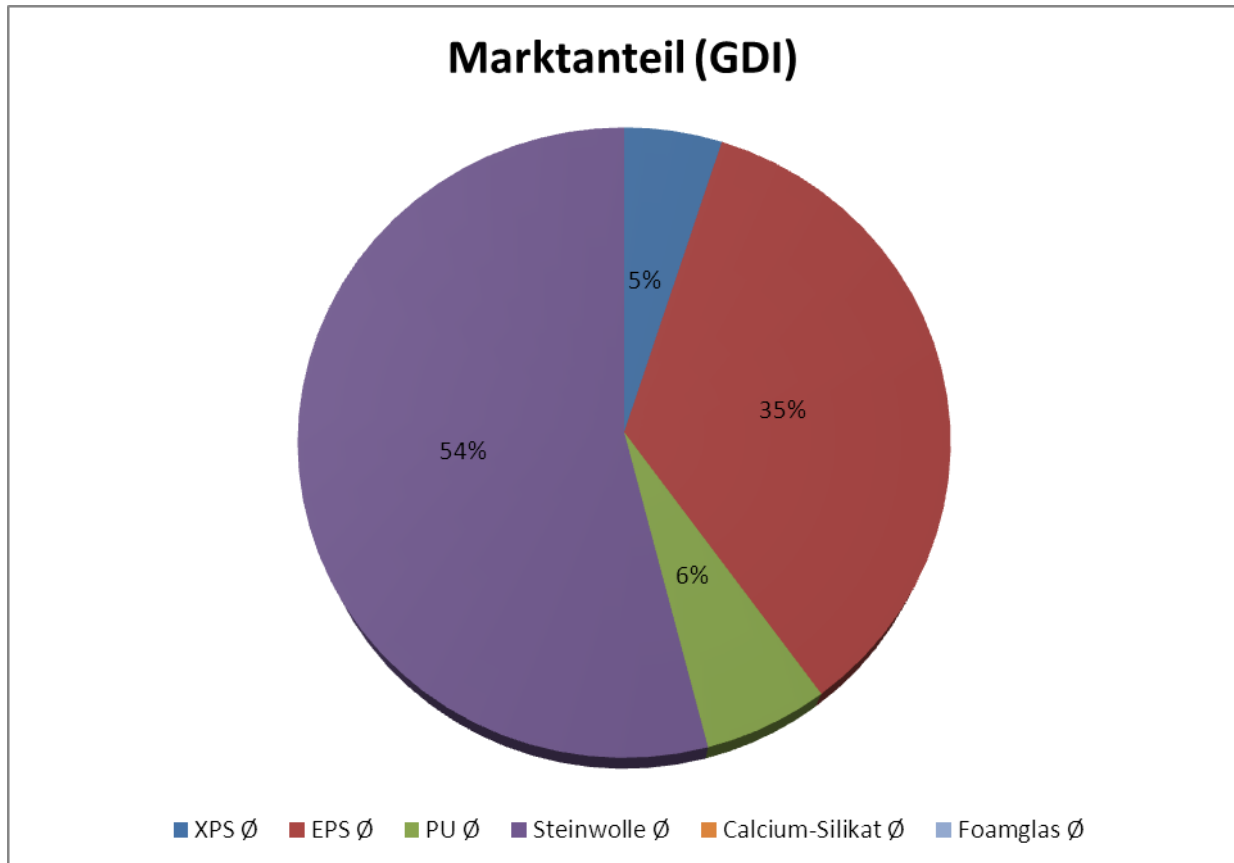


Abbildung 5-1 Dämmstoffindustrie, Gesamtverband, 2011

6. Definitionen der untersuchten Dämmstoffe

Grundsätzlich werden Fassadensysteme wie folgt unterteilt:

- Die verputzte Fassade – die unterhalb der Putzschicht auch über eine Wärmedämmung, die gegebenenfalls zusätzlich angedübelt wird, verfügen kann.
- Die vorgehängte, hinterlüftete Fassade – die mittels einer angedübelten Unterkonstruktion, die eine Wärmedämmung aufnehmen kann, befestigt ist.
- Die verklinkerte Fassade – ein Vormauerwerk, welches im entstehenden Zwischenraum eine Wärmedämmung aufnehmen kann, steht auf einer eigenen statisch dimensionierten Unterfangung und ist mittels Luftschichtanker mit dem tragenden Mauerwerk verbunden.

6.1. Definition Außenwandwärmedämmung

Die Reference Service Life = Referenznutzungsdauer gemäß Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude = BNB wird nachfolgend jeweils in einem Kasten dargestellt.

BNB, Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude, 2011
--

RSL

6.1.1. WDVS

Unter Wärmedämmverbundsystemen wird die Dämmung der Hüllfläche von Gebäuden verstanden, welche mechanisch mit der tragenden Wand dergestalt verbunden ist, dass deren geschützte Außenoberfläche (Putz) der Witterung direkt ausgesetzt ist.

Wärmedämmverbundsystem: Mineralwolleämmplatten, Polystyrolämmplatten, Polyurethandämmplatten, Holzfaserdämmplatten, Holzwolleleichtbauplatten, Korkplatten	40 a
---	------

Aufbau:

1. Tragende Konstruktion: Leichtbau, Massivbau
2. Dämmebene: Aufgelebte oder gedübelte Dämmung (vollflächig)
3. Schutzschicht: Armierung, Putz, Anstrich

6.1.2. Kerndämmung

Unter einer Kerndämmung wird die Dämmung der Hüllfläche von Gebäuden verstanden, welche zwischen zwei Materialien im Kern eingebracht wurde. Eine der zwei Wandungen ist dabei statischer tragend. Dies ist zumeist die Innere. Die Außenoberfläche kann aus diversen Materialien bestehen. So z.B. Beton, Holz, Stein. Ausgeschlossen ist eine Putzoberfläche.

Dämmschicht als Kerndämmung: Mineralwolleämmplatten, Polyurethandämmplatten, Polystyrol, Blähschiefergranulat, Blähglasgranulat, Blähtongranulat	≥ 50 a
---	--------

Aufbau:

1. Tragende Konstruktion: Nimmt die Eigenlasten des Gebäudes auf
2. Dämmebene: eingeklemmte oder gestapelte Dämmung (vollflächig)
3. Tragende Konstruktion: Nimmt Verkehrslasten (Winddruck...) auf

6.1.3. Vorhangfassade

Bei Vorhangfassaden handelt es sich in dieser Studie um gedämmte statische Systeme, die ihr Eigengewicht über die tragende Konstruktion (i.d.R. Wand) ableiten.

Unter einer Vorhangfassade wird der äußere Abschluß eines Wandsystemes verstanden, welcher witterungsschützend vor die Wand gehängt wird. Er ist der Witterung direkt ausgesetzt ist. Ob sich hinter der Vorhangfassade ein Wärmedämmmaterial verbirgt bleibt offen. In dieser Studie werden jedoch nur Vorhangfassaden betrachtet unter denen sich die untersuchten Wärmedämmmaterialien befinden.

Dämmschicht hinter Vorsatzschale: z.B. Mineralschaumplatten, Schaumglasplatten	≥ 50 a
---	--------

Aufbau:

1. Tragende Konstruktion: Leichtbau, Massivbau
2. Dämmebene: Dämmung, Aufbauhölzer, -profile oder Fassadenanker
3. Vorsatzschale: Witterungsbeständige Materialien wie Holz und Kunststoffe

6.2. Definition Dachdämmstoff

6.2.1. Aufdachdämmung

In dieser Studie wird unter Aufdachdämmung eine Wärmedämmung verstanden, die eine wärmebrückenfreie, konstruktionslose, vollflächige und druckbelastbare Dämmebene auf der Tragkonstruktion beinhaltet.

BNB, Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude, 2011	RSL
Aufsparrendämmung: Mineralwolle, Polystyrol, Polyurethan, Blähgranul, nachwachsende Dämmstoffe	≥ 50

Aufbau:

1. Tragende Konstruktion
2. Dämmebene: Durch Schrauben verspannte druckbelastbare Dämmung
3. Schutzschicht: Wasserführende Schicht.

Neben dem Aufdachdämmsystem, wie vor beschrieben, gibt es noch verschiedene andere Dachdämmsysteme, sowohl auf dem Dach, zwischen den Sparren als auch unter dem Sparren. Auch finden Kombinationen der Systeme Anwendung.

7. Grundlagen Bauphysik

Zu dem Kapitel Grundlagen Bauphysik gibt es eine separate Ausarbeitung. Diese kann auf Anforderung zugeschickt werden.

8. Umweltproduktdeklarationen

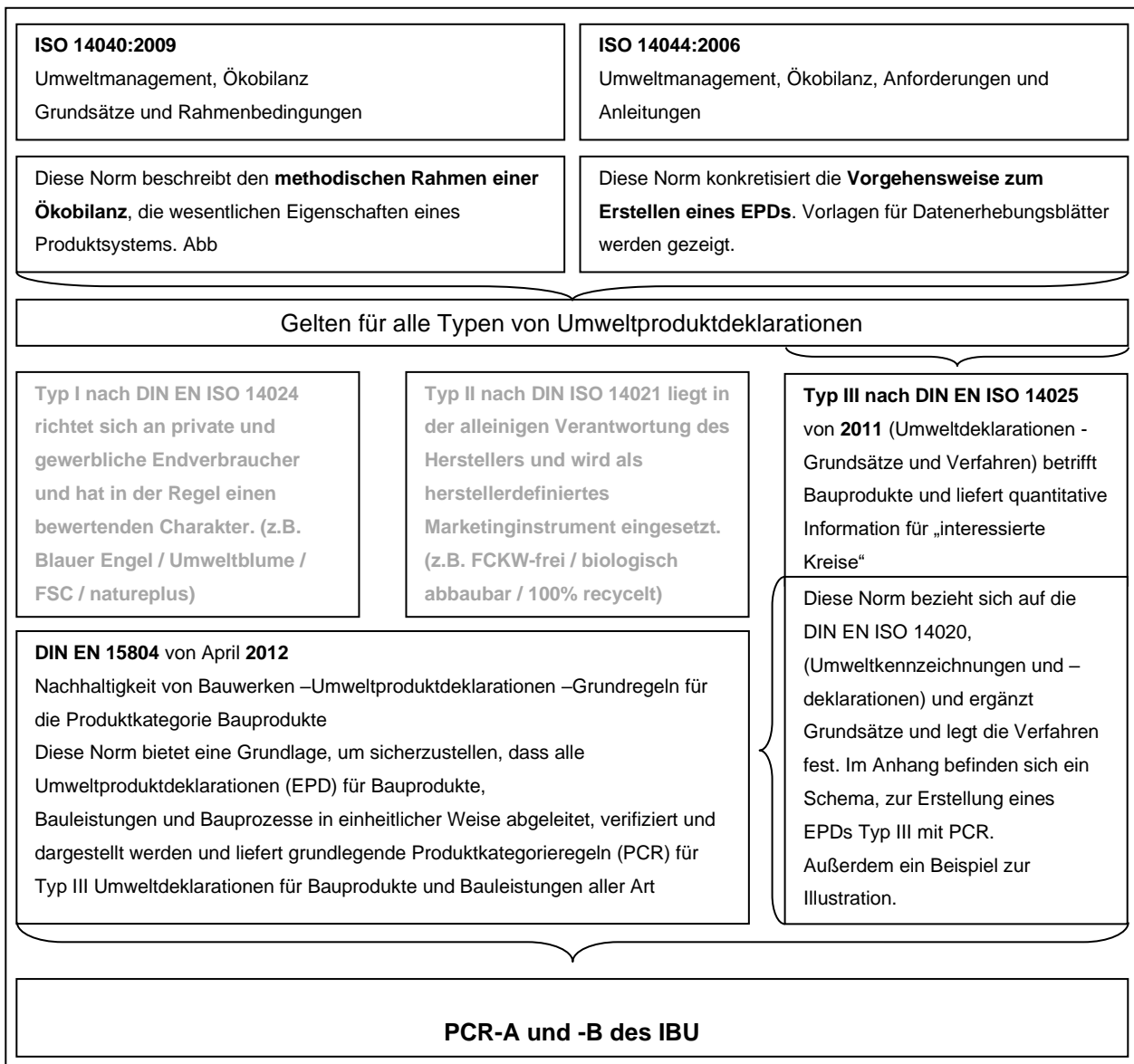
8.1. Einleitung

Aufgrund der weltweiten Ölkrise 1970 entstand ein Umdenken bei der Betrachtung von Ressourcen. 1974 führte Robert G. Hunt (USA) eine sogenannte „resource and environmental profile analysis“ durch, die erstmals den Lebensweg von verschiedenen Getränkeverpackungen verglich.

Heute wächst das allgemeine Umweltbewusstsein und es besteht ein gesteigertes Interesse an qualitativen Untersuchungen über die Umweltauswirkungen von Produkten. Die Grundsätze und Rahmenbedingungen zur Erstellung einer (beliebigen) „Ökobilanz“ regelt dabei die DIN EN ISO 14040.

Um eine Vergleichbarkeit bestimmter Produkte zu ermöglichen wurden Produktkategorien geschaffen, für die eigene Deklarationsregeln (Product Category Rules, kurz: PCR) gelten. Diese geben einen bestimmten Satz definierter Wirkungsindikatoren vor, die in der Ökobilanz enthalten sein müssen. Für Bauprodukte gilt die DIN EN 15804 „Umweltproduktdeklarationen, Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“, deren Bilanzierungsregeln in den nachfolgenden Abschnitten vorgestellt werden. „Der Zweck einer EPD im Bausektor ist es, die Grundlage für die Beschreibung und Beurteilung von Gebäuden und anderen Bauwerken zu schaffen und diejenigen zu identifizieren, die geringere Umweltbelastungen verursachen“ (DIN EN ISO 14040, November 2009)

8.2. Normen



8.3. Product Category Rules

Das IBU hat zunächst die PCRs nach DIN EN ISO 14025 erstellt. Seit 2012 sind die neuen PCRs nach DIN EN 15804 verfügbar. Als kennzeichnendes Merkmal haben diese die grüne Farbgestaltung erhalten. Durch PCRs verfügen EPDs über ein vergleichbares Aussehen und verfügen über die gleichen Parameter. Die Parameter werden produktspezifisch vom IBU erstellt. Man kann nur Produkte vergleichen, die derselben Produktgruppe angehören.

Beispiel: Holzwolleleichtbauplatten werden unter Dämmstoffen in der Datenbank aufgeführt, gehören aber zu der PCR der Holzwerkstoffe.

Die PCRs sind unter <https://epd-online.com/> nach Erstellung eines Mitgliedskontos, frei ersichtlich.

Teil A

PCR Teil A legt die Rechenregeln gemäß DIN EN 15804 für die Ökobilanz von IBU-EPDs sowie die Anforderung an den Hintergrund zur Ökobilanz fest.

Teil B

PCR Teil B ist ein zu ergänzendes Formular (Ausfüllformular, Formatvorlage).

Die PCRs für Dämmstoffe geben genaue Vorgaben über Darstellung und Inhalt eines EPDs an und werden differenziert unterteilt.

8.4. Datenqualität, Gültigkeit und Haftbarkeit

Die Ökobilanz ist eine iterative Methode (DIN EN ISO 14040, November 2009 S. 19). Die Daten entsprechen wissenschaftlichen Grundlagen. Ein EPD ist nach heutigen Bestimmungen 5 Jahre vom Ausstellungsdatum an gültig. Daraufhin muss es verifiziert werden. Soweit keine signifikanten Veränderungen stattgefunden haben, kann es verlängert werden. Die verwendeten Datensätze dürfen max. 10 Jahre alt sein. Die Summe an Datenlücken darf 5 % nicht überschreiten. (DIN EN 15804, April 2012 S. 28)

Der Hersteller ist verantwortlich und haftet für die angegebenen Daten.

8.5. Deklarationssysteme

Für eine Bilanzierung und Deklaration der Indikatoren werden Bauprodukte in den Kontext des Lebenszyklus eines Gebäudes gestellt, der in 4 Phasen (auch: Module) mit 16 sog. „Informationsmodulen“ (auch: Sub-Module) aufgeteilt ist. Die Bilanzierung kann je nach Deklarationssystem die Daten aus unterschiedlich vielen Informationsmodulen enthalten. Siehe dazu die Abbildung 8-1 (DIN EN 15804, April 2012) „Informationen zur Gebäudebeurteilung“.

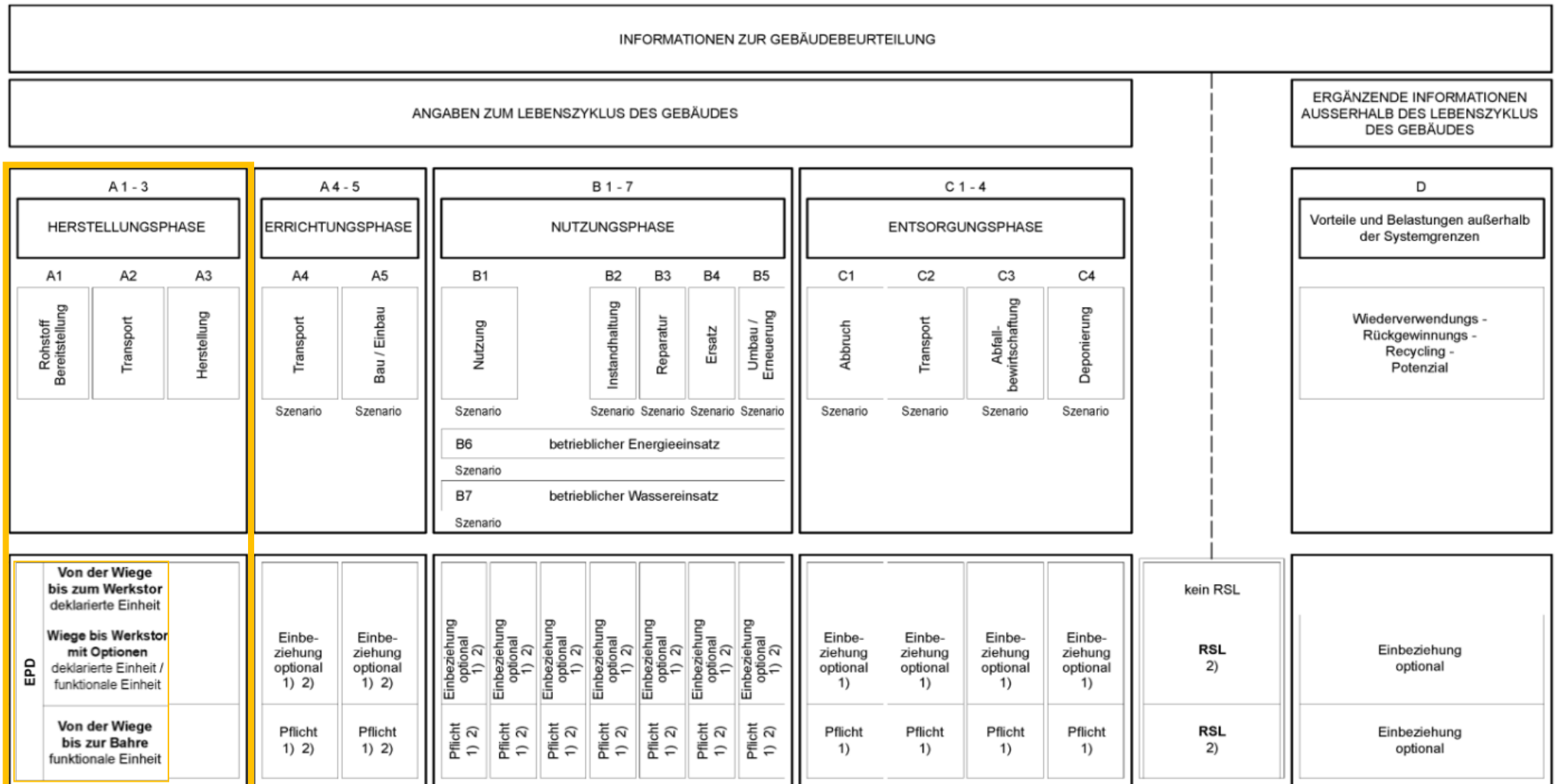


Abbildung 8-1 (DIN EN 15804, April 2012) Informationen zur Gebäudebeurteilung

8.5.1. Cradle to Gate (von der Wiege bis zum Werkstor)

Cradle to Gate betrifft nur die Herstellungsphase (Module A1 - A3: Bereitstellung der Rohstoffe, Transport zum/im Werk und die mit der Herstellung verbundenen Prozesse). Alle Flüsse, welche diese Phase verlassen, müssen in einem EPD deklariert werden. Innerhalb dieser Phase wiederverwertete oder recycelte Massen verlassen das System nicht und müssen auch nicht deklariert werden. Deklariert werden: Herstellenergie, resultierende Abfälle (Verpackung, Haldengut, Sonderabfälle), der Einsatz von Süßwasser und die Umweltauswirkungen. Letztere werden aufgegliedert in:

- Abiotischer Ressourcenverbrauch
- Treibhauspotenzial
- Ozonabbaupotenzial
- Versauerungspotenzial
- Eutrophierungspotenzial
- Sommersmogpotenzial

8.5.2. Cradle to Gate with Options (von der Wiege zum Werkstor mit Optionen)

Dieses Verfahren basiert auf dem vorgenannten. Es findet Anwendung, wenn neben den Pflicht-Modulen A1 – A3 weitere der optionalen Module A4 – C4 aus dem Lebenszyklus berechnet werden.

8.5.3. Cradle to Grave (von der Wiege bis zur Bahre)

Beinhaltet den gesamten Lebenszyklus A - C eines Produktes. Die Indikatoren werden für jede Phase lückenlos deklariert. Hierzu ist die Angabe der zugrunde gelegten Referenz-Lebensdauer des Produkts nötig, die aus dem BNB des BBSR zitiert wird.

8.5.4. Modul D

Die Berechnung des Moduls D ist optional. Es beinhaltet z.B. das sog. „End-of-life“(EOL)-Scenario nach DIN EN ISO 14025, welches bei z.B. Verbrennung des Produkts am Lebensende eine Gutschrift durch „Energiegewinn“ verursacht. Damit diese nicht (wie in der Vergangenheit oftmals geschehen) mit der Herstellenergie verrechnet wird, darf das Modul D nach DIN EN 15804 nur noch gesondert deklariert werden. Es ist also nicht Teil der Betrachtung des Lebenszyklus und kann außerhalb der Systemgrenzen informativ angegeben werden.

8.6. Begriffe

Ökobilanzierte

Umweltproduktdeklarationen sind ganzheitliche Betrachtungen des gesamten oder partiellen Lebenszyklus (Moduls). Diese Betrachtungen basieren auf sehr großen Datenbanken. Für jeden Fluss der die Systemgrenze betritt oder verlässt muss ein verifizierter Datensatz erstellt werden. Durch diese Schematik ist es möglich, komplizierteste Produktionsprozesse zu quantifizieren. Folgende Tabelle erklärt die wichtigsten Begriffe zur Durchführung der Bilanzierung:

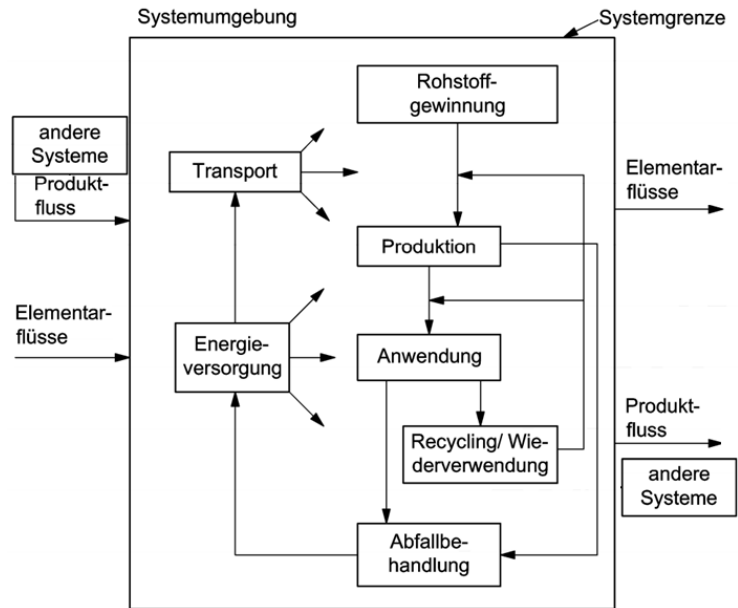


Abbildung 8-2 Grundsystem

Tabelle 1: EPD Begriffe

Deklarierte Einheit	Die Bezugsgröße, mit der die Stoffströme normalisiert werden, um Daten mit einem gemeinsamen Nenner zu erstellen. Folgende Bezugsgrößen können angewendet werden: Stück, Masse (kg), Länge (m), Fläche (m ²), Volumen (m ³).
Allokation	Zuordnung der Input- oder Outputflüsse eines Prozesses oder eines Produktsystems zum untersuchten Produktsystem und zu einem oder mehreren anderen Produktsystemen. (Quelle DIN EN ISO 14044) Allokation soll vermieden werden. Falls dies nicht gelingt, muss es in der Deklaration erklärt werden.
Flüsse	Alle Rohstoffe, Materialien, Abfälle, In- & Outputflüsse, die die Systemgrenzen überqueren.
Systemgrenze	Ein klar abgesteckter Raum der zur Herstellung erforderlich ist. Die darin stattfindenden Verbräuche, Flüsse und Umweltauswirkungen müssen deklariert werden.
Rohstoffe	Gehören zu den Flüssen und sind natürliche Ressourcen, nicht regenerierbar (z.B. Kohle, Öl, Erdgas, Kupfer) oder regenerierbar [Sonne, Wasser, Luft, Biomasse (Agrar- und Forsterzeugnisse)]. Primärrohstoffe sind bis auf den Abbau und die Förderung unbearbeitet. Sekundärrohstoffe sind recyceltes Material, Flugasche, Hochofenschlacke.
Prozesse	Vorgänge die räumlich oder technisch einem Rohstoff und Produkt zugeführt werden. (Bergbauprozess, Ver-, Bearbeitungsprozesse, Herstellungsprozess, Transportprozess)

Primärenergie	die Menge entnommener Ressourcen ausgedrückt in Energie- und Emissionsäquivalenten
Modul	eine Phase im Lebenszyklus. Herstellungsphase, Entsorgungsphase (A-E)
Sub Modul	Abschnitt einer Phase (Rohstoffbereitstellung, Transport - A1-A3)

8.7. Datenquellen

8.7.1. IBU

Das Institut Bauen und Umwelt ist ein Verein aus Produktherstellern und Herstellerzusammenschlüssen aller Material- und Werkstoffbereiche aus dem In- und Ausland (Wikipedia), wie z.B. BASF, ThyssenKrupp, DAW, Saint Gobain.... BASF werden als „förderndes Mitglied“ angegeben. Dieser Verein erstellt die allg. PCR Teil A und die spezifischen PCR-B, prüft die Herstellerangaben und veröffentlicht die größte EPD- Sammlung Deutschland. Die meisten Datenbanken berufen sich auf das IBU.

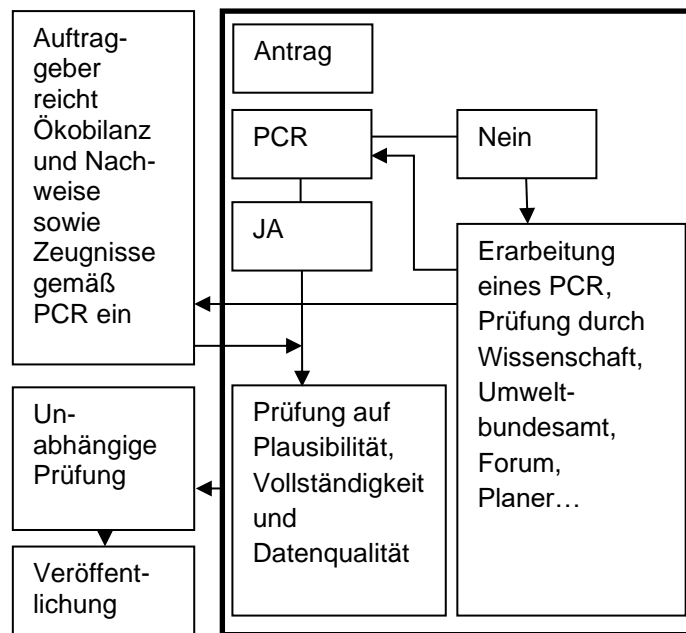


Abbildung 8-3 IBU Ablaufschema

8.7.2. ELCD

„Die gemeinsame Forschungsstelle (Joint Research Centre - JRC) ist eine Generaldirektion der Europäischen Kommission und besteht aus sieben Forschungsinstituten angesiedelt in fünf europäischen Mitgliedstaaten (Belgien, Niederlande, Italien, Spanien und Deutschland) mit etwa 2750 Angestellten.“ (Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft, 2013)

Die „Generaldirektion Umwelt“ stellt die ELCD (Europäische Plattform für Ökobilanzen, European reference Life Cycle Database) mit verifizierten Datensätzen zur Verfügung und „bietet ein Handbuch mit Leitlinien für die Durchführung von Lebenszyklusanalysen zur Quantifizierung der Emissionen, des Rohstoffverbrauchs und der Umweltauswirkungen von Produkten.“

[http://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/policies-matters/eu/501_de.htm]
(Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft, 2013)

8.7.3. Gabi

Gabi steht für ganzheitliche Bilanzierung und wurde 1989 an der Universität Stuttgart gegründet. PE-International ist Kooperationspartner, der die gleichnamige Software vertreibt. Die Gabi Software verfügt über eine der weltweit größten Datenbank zum Thema Bauwesen, Edelmetalle, Energie, Elektronik, Fertigungsprozesse, Kreislaufwirtschaft, Lackierung, Kunststoffe, Metalle, Nachwachsende Rohstoffe, Textil und Vorprodukte.

Die Ersteller der EPDs bekommen aus dieser Datenbank ihre Werte und erstellen damit den Lebenszyklus ihres Produkts. Die nach entsprechenden PCRs in die richtige Form gebracht werden.

8.7.4. DGNB

Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V. wurde 2007 von 16 Initiatoren unterschiedlicher Fachrichtungen der Bau- und Immobilienwirtschaft wie beispielsweise Vertretern der Universität Stuttgart, FH-Berlin, renommierten Architekten und Planern gegründet. Ziel des Vereins ist es, Wissen über nachhaltiges Bauen zu bündeln, auszutauschen und bereit zu stellen. Eine wichtige Plattform für diese Wissensvermittlung stellt der DGNB Navigator dar. Die Online-Datenbank stellt für registrierte Benutzer sämtliche Nachhaltigkeitsaspekte von Bauprodukten – abgestimmt auf den Kriterienkatalog des DGNB Systems - sowie deren technische Daten und EPD'S vom IBU auf einen Blick bereit. <http://www.dgnb.de>

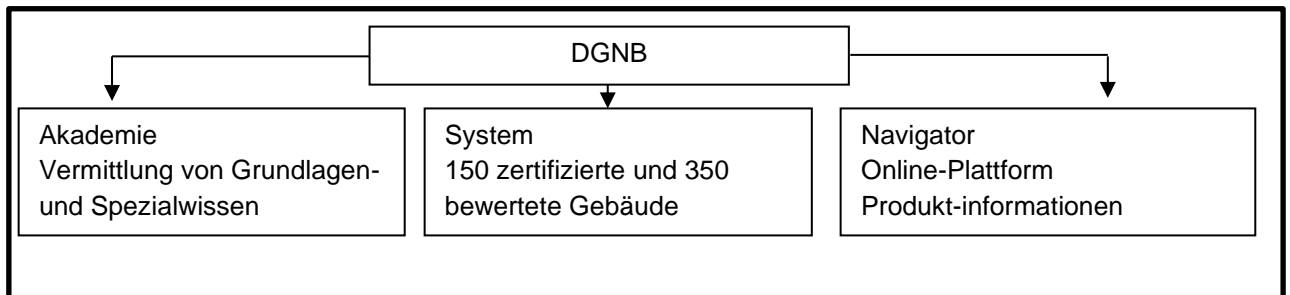


Abbildung 8-4 DGNB Bereiche

8.7.5. BMVBS

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung stellt qualitative Informationen rund um das Thema nachhaltiges Bauen. (<http://www.nachhaltigesbauen.de/>). Auf dieser Internetplattform kann man EPD Datensätze entweder Online anschauen oder als xml Datenbank unter dem Namen Ökobaudat herunterladen. Zudem ist das BMVBS Verfasser vom „Bewertung System Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude“, kurz BNB. Eine wichtige Datenquelle für Nutzungsdauern von Bauteilen zur LCA.

9. Umweltauswirkungen

Unter Umweltwirkungen wird jede Veränderung der Umwelt, ob ungünstig oder günstig, die sich ganz oder teilweise aus Umweltaspekten einer Organisation ergibt, verstanden (ISO 14001 von 2004).

Das Thema Abfall und Abfallrecycling wurde im nachfolgenden Kapitel nicht näher ausgeführt. Grund hierfür ist die Aussage des BMVBS, das die reale Recyclingmenge nur einem Bruchteil der möglichen Recyclingmenge entspricht.

Der Übersicht halber wurde eine Wand mit einer Fläche von 1 m² und einem U-Wert der reinen Dämmschicht von 0,2 W/m²K in den nachfolgenden Gegenüberstellungen verwendet. Andere Schichten, wie Putz, tragenden Konstruktion, etc. wurden bewusst nicht mit eingeschlossen, damit der Fokus ausschließlich auf das Dämmmaterial liegt. Hierdurch wird ein relativer Bezug hergestellt.

9.1. Einsatz von Süßwasserressourcen

9.1.1. Einleitung

Prozesswasser ist Wasser, welches in industriellen Anlagen benötigt oder zur Herstellung von Produkten verwendet wird. Daher herrschen erhöhte Anforderungen an die Wasserqualität, wie zum Beispiel die Wasserhärte, elektrische Leitfähigkeit, Gasgehalt und Feststoffgehalt.

Anwendungsbereiche von Prozesswasser sind unter anderem: Kesselspeisewasser, Kühlwasser, Reinstwasser (Wikipedia)

Gemäß den Grundsätzen von Stoffströmen innerhalb eines Systems, wird der Wasserverbrauch deklariert, welcher die Systemgrenzen verlässt.

Zu der Süßwassermengen nach ISO 14046 gehören:

1. Verdunstung (zum Beispiel Kühltürme)
2. Verdunstungswassermenge bei Bewässerungssystemen (Evaporation)
3. chemisch gebundenes Wasser (zum Beispiel in Betonen)
4. Ableitung von Süßwasser Ozean (Institut für Bau und Umwelt e.V.) PCR Teil A

9.1.2. Gegenüberstellung der Produkte

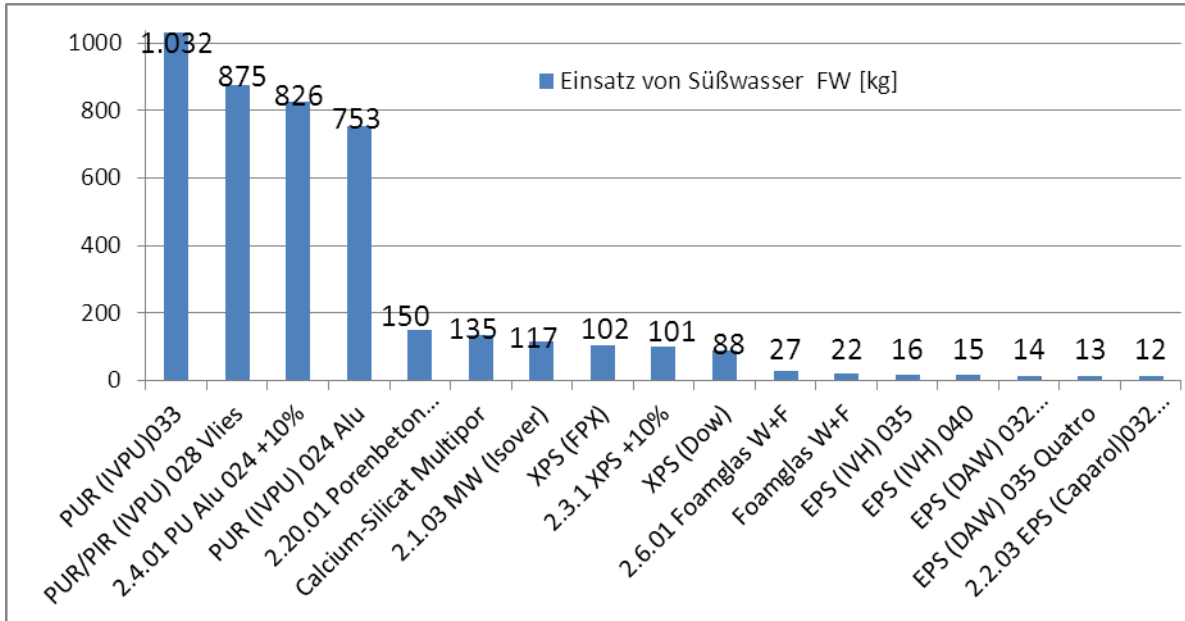


Abbildung 9-1 Einsatz von Süßwasser

9.1.3. Auswertung

Deutlich ersichtlich ist der hohe Süßwasserverbrauch bei allen vier PU bzw. PUR-Produkten. XPS und Porenbeton liegen im Mittelfeld. Foamglas und EPS benötigen verhältnismäßig geringe Süßwassermengen in der Herstellung.

9.2. Abiotischer Ressourcenverbrauch ADP (Abiotic Resource Depletion Potential)

9.2.1. Einleitung

Alle nicht erneuerbaren Rohstoffe wie Erdöl und Erze werden anhand des Elements Sb (5te Periodenzeile, fünfte Hauptgruppe, Ordnungszahl 52) namens Antiom verglichen. Antimon ist ein sehr seltenes, silbrig glänzendes Mineral

Beispiele verschiedener ADP Werte:

- Sand = 0,0000136 kg Sb-Äqu.
- Kalk von 0,0027 kg Sb-Äqu.
- Bewehrungsstahl 0,004 kg Sb-Äqu.
- Heizöl 0,0265 kg Sb-Äqu. (BMBVS, 2011)

9.2.2. Gegenüberstellung der Produkte

Nachfolgendes Diagramm stellt den abiotischen Ressourcenverbrauch der untersuchten Produkte gegenüber.

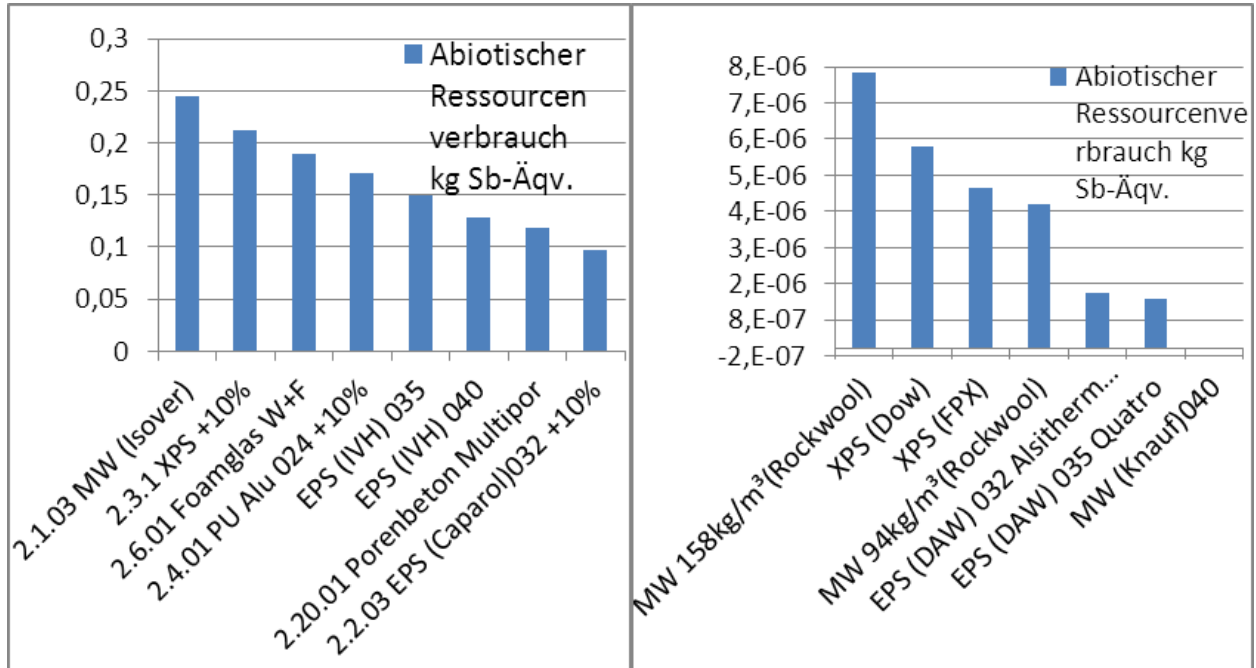


Abbildung 9-2 ADP

9.2.3. Auswertung

Die meisten abiotischen Ressourcenverbräuche stammen aus der Ökobaudat. In folgenden EPDs fanden sich keine Werte hierfür wieder: PUR (IVPU) 033, PUR/PIR (IVPU) 028 Vlies, MW (Isover Silatherm) 0,35, PUR (IVPU) 024 Alu, Calcium-Silicat (Multipor), Foamglas (W+F)

Der abiotische Ressourcenverbrauch scheint sehr herstellerabhängig zu sein. Zumindest lässt sich kein Zusammenhang zwischen den Werkstoffen erkennen. Insbesondere bei der MW (Knauf) 040 ist ein sehr geringer abiotischer Verbrauch deklariert. Hingegen bei MW Rockwool ist ein abiotischer Ressourcenverbrauch bezogen auf das Kilogramm Sb-Äquivalent um Faktor ca. 210 größer. Erstaunlich ist dies umso mehr, wenn man sich die Rohdichte der beiden Materialien ansieht und dort lediglich einen Unterschied von ca. 7 % wieder findet.

9.3. Treibhauspotential GWP (Global Warming Potential),

9.3.1. Einleitung

Der Ersteller der Studie geht davon aus das der Treibhauseffekt dem Leser bekannt ist.

Jedes Treibhausgas hat einen Faktor gemessen an CO₂ in kg. Beispiel: Methan (CH₄) hat ein 25-faches Treibhauspotenzial und damit wirkt 1 kg Methan soviel aus wie 25 kg CO₂, 1 kg HFKW-152a entspricht 120 kg CO₂.

Neben der reinen Betrachtung über Kilogramm Äquivalent gibt es noch eine Betrachtung über den Zeithorizont. So z.B. 100 Jahre oder 20 Jahre gemäß IPCC.

Seit 1990 ist die **CO₂- Emission von 1042 Mio. auf 819 Mio.** metrische Tonnen **2010** in der BRD stetig gesunken.

Hinzu kommen die **F-Gase** (Fluorkohlenwasserstoffe) mit 117 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent im Jahr 2010. 12 % der 936 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent entstehen durch F-Gase . Knapp 18 % des deutschlandweiten Fluorkohlenwasserstoff-Konsums entstanden aus Kunst-/ Schaumstoffen (**2,98 Mio. t CO₂-äquivalent**) (Statistisches Bundesamt, 2012). Zum Vergleich: Die Türkei produzierte 350 Mio. Tonnen ohne CO₂ aus LULUCF³. So wurde auch hier der Biomasse ein negatives CO₂-Äquivalent zugeschrieben.

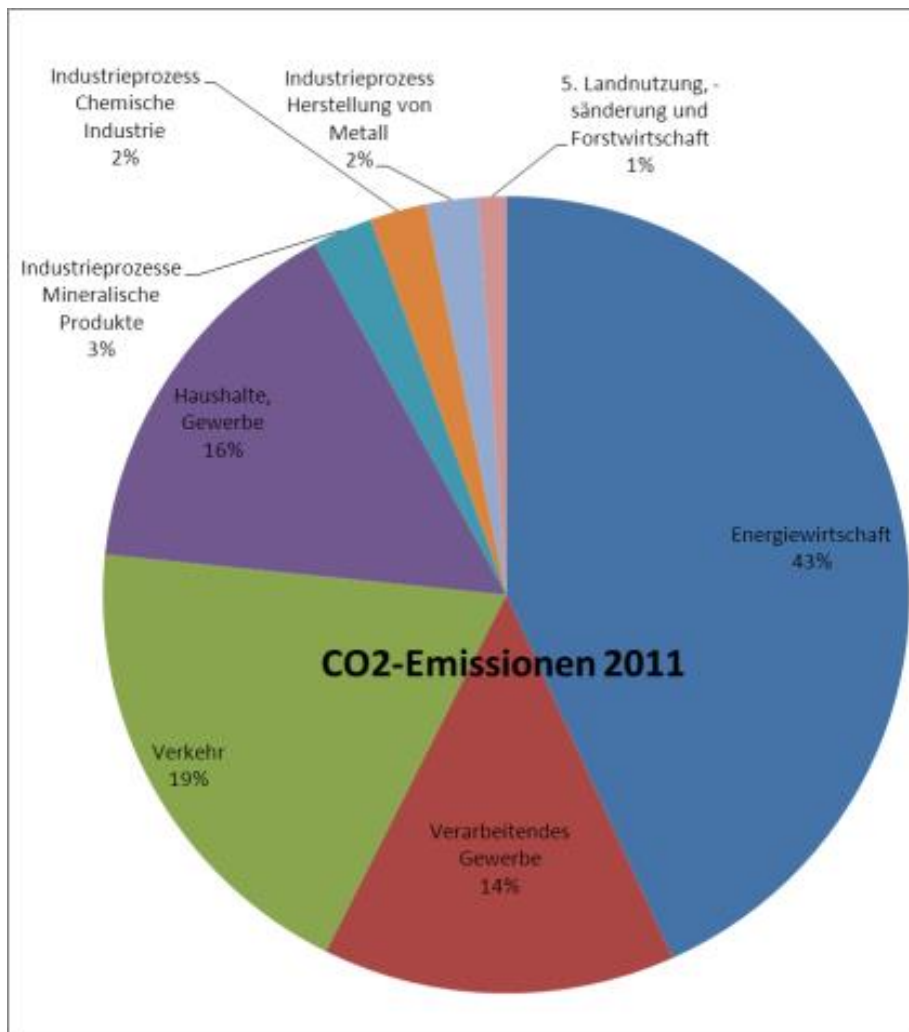


Abbildung 9-3 (Umweltbundesamt, 2012)

³ Land use, land-use change and forestry

9.3.2. Gegenüberstellung

Nachfolgendes Diagramm stellt die Treibhauspotentiale der untersuchten Produkte gegenüber.

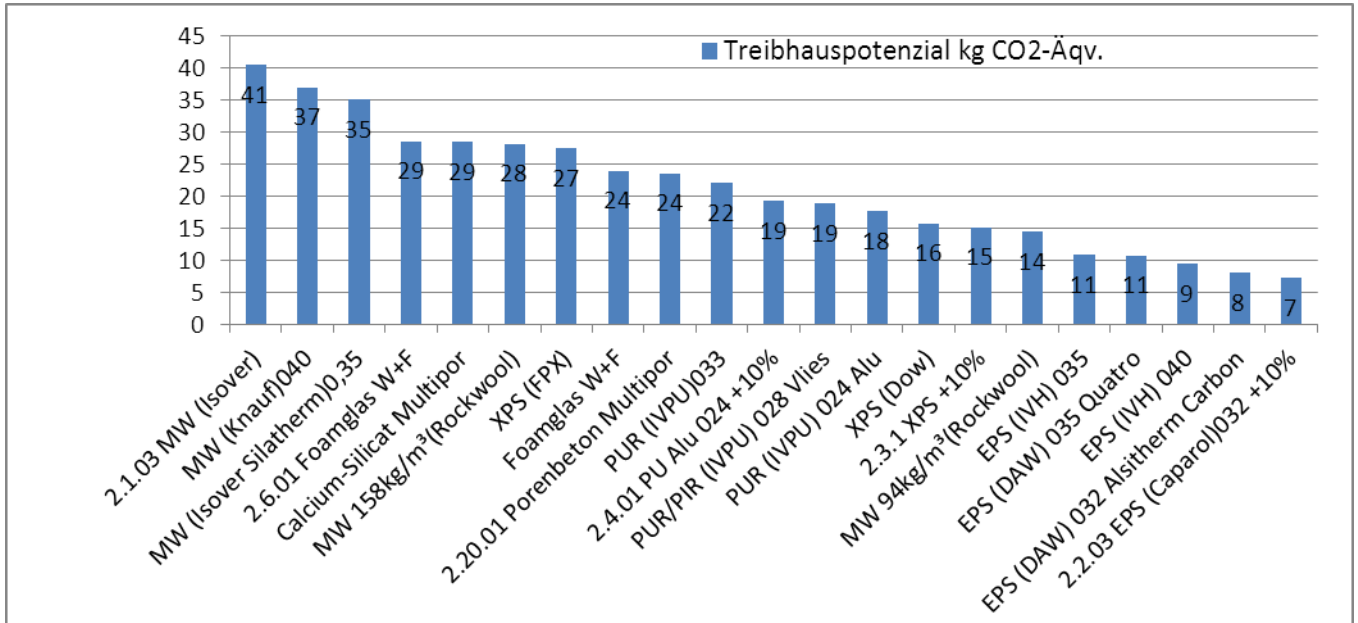


Abbildung 9-4 Treibhauspotential

9.3.3. Auswertung

Außer MW 94 kg haben Mineralwollprodukte das höchste Treibhauspotenzial der untersuchten Produkte. EPS liegt tendenziell weiter unten. XPS, Multipor und PUR befinden sich im Mittelfeld.

9.4. Ozonabbaupotential (ODP, Ozone Depletion Potential)

9.4.1. Einleitung

Chloratome wie in Fluorchlorkohlenwasserstoff, aber auch Stickoxide sind die Hauptursache für das Ozonloch. (www.wikipedia.org/wiki/Ozonloch)

Die Folgen des Ozonabbaus sind teils irreversible und lassen sich in Neuseeland gut beobachten, da am Südpol ein Ozonloch mit einer Fläche von ca 25 Mio. km² (2013) existiert. Schon 10 min. unter unbecktem Himmel können zu Sonnenbrand führen. Außerdem führt es zu Wuchsveränderungen bzw. Minderung der Ernteerträge (Störung der Photosynthese), Tumorinduktionen (Hautkrebs), Reizwirkungen auf Augen und Schleimhäute der oberen Atemwege und die Abnahme des Meeresplanktons, was erhebliche Auswirkungen auf die Nahrungskette nach sich ziehen würde“ (PE International, 2011)

9.4.2. Gegenüberstellung der Produkte

Nachfolgendes Diagramm stellt das Ozonabbaupotential der untersuchten Produkte gegenüber.

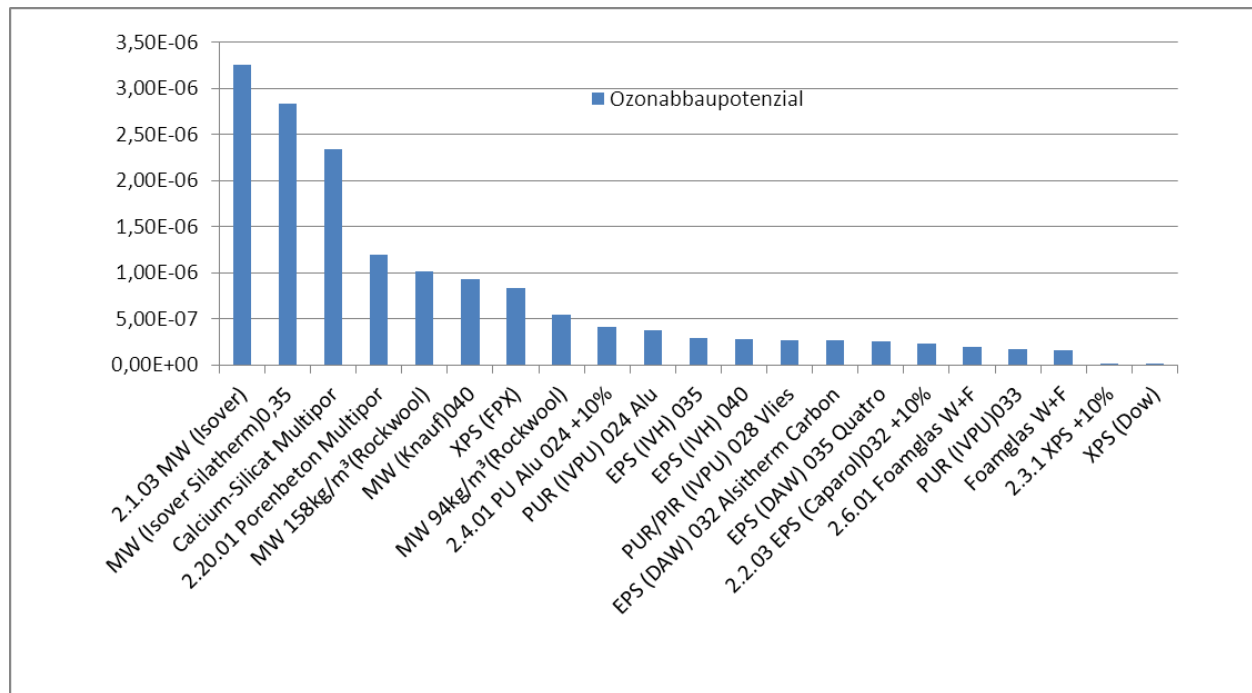


Abbildung 9-5 Ozonabbaupotenzial

9.4.3. Auswertung

Auffallend ist der Unterschied zwischen Ökobaudat und IBU für CaSiHy um Faktor 5.

9.5. Versauerungspotential, AP (Acidification Potential)

9.5.1. Einleitung

Schadstoffe, die in der Luft gelangen, werden durch Regen auf die Erdoberfläche transportiert. Besonders Schwefeloxide und Stickoxide mit ihren Säuren (H_2 , SO_4 , NO_x , HNO_4). Das führt unter anderem zu Waldsterben. Dies ist nicht lokal zuzuweisen. So könnte Waldsterben in Kanada durch chinesische Fabriken entstehen. Die Fähigkeit H^+ Ionen zu bilden wird anhand von Schwefeldioxid gemessen. (SO_2 -Äquivalent)

9.5.2. Gegenüberstellung der Produkte

Nachfolgendes Diagramm stellt das Versauerungspotential der untersuchten Produkte gegenüber.

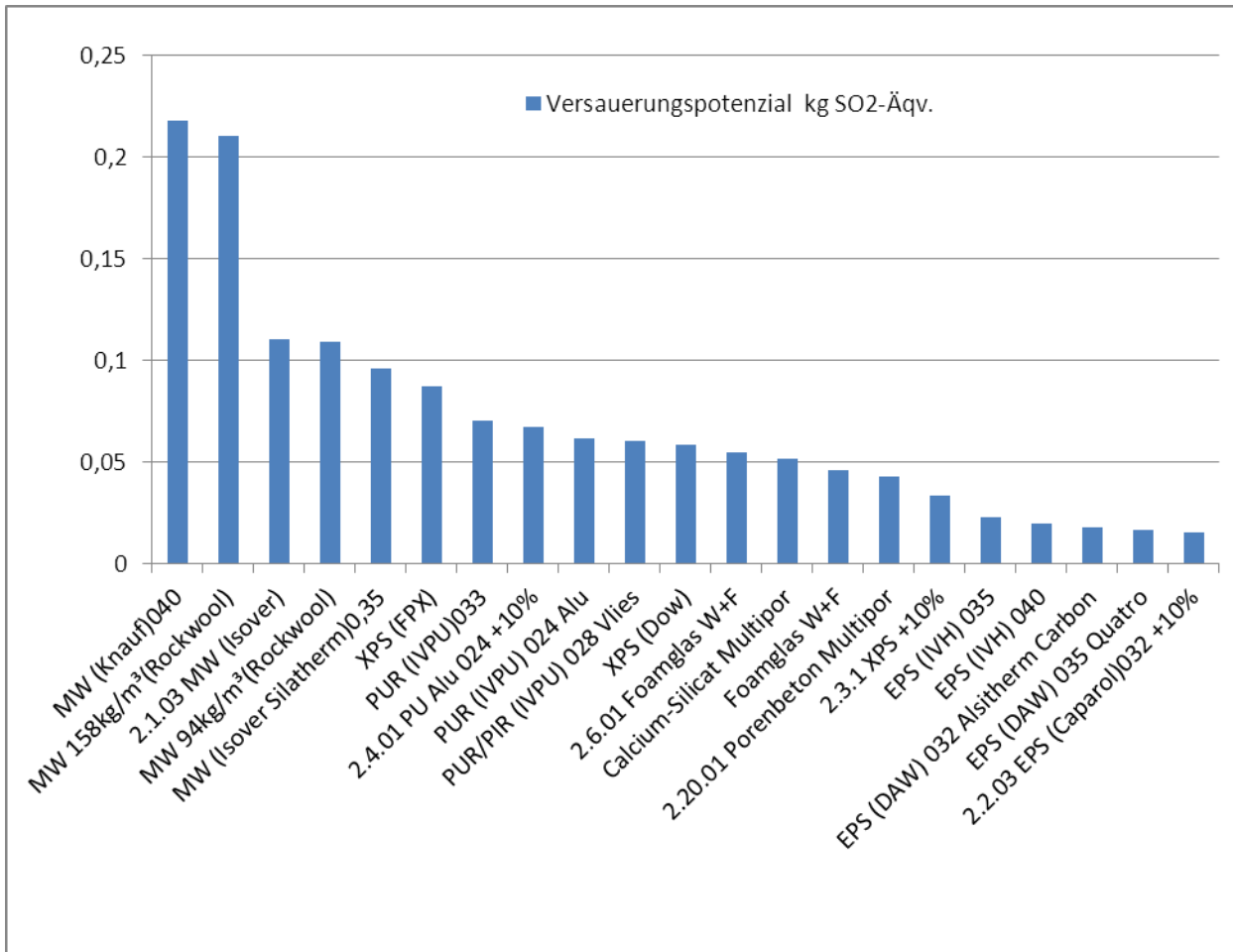


Abbildung 9-2 Versauerungspotential

9.5.3. Auswertung

Mineralwolle stellt mit Abstand das größte Versauerungspotential dar. Mit großem Abstand folgen dann XPS und die PU-Schäume. Danach die Mineralschäume und die geringsten Potentiale weisen die EPS aus.

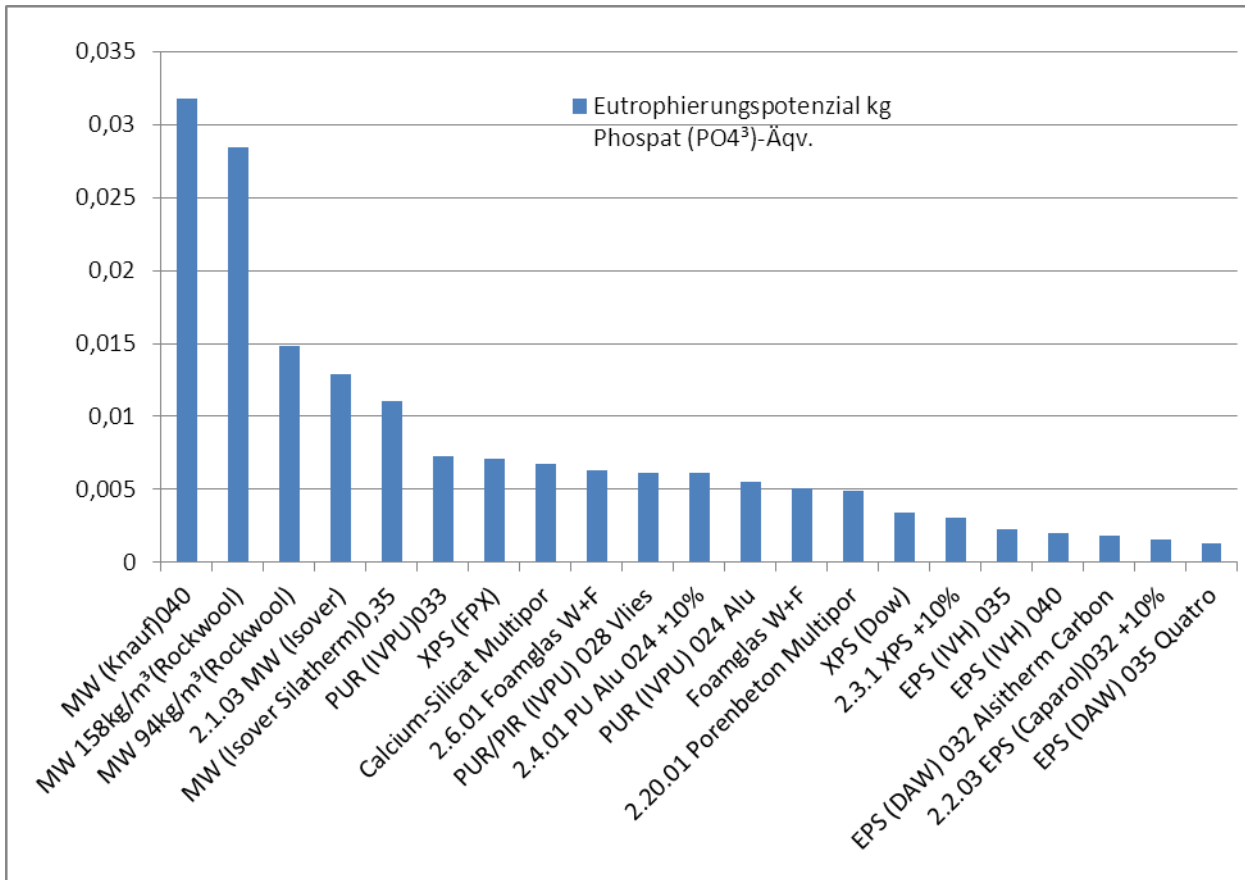
9.6. Eutrophierungspotential, EP (Eutrofication Potential)

9.6.1. Einleitung

Lokale Anreicherung von Nährstoffen, durch Düngung, Abwässer, Luftschadstoffe und Landwirtschaft. Die kann zu verstärktem Algenwachstum, somit zu weniger Photosynthese und Sauerstoff und letztlich zu Fischsterben führen (Trinkwasser, Grundwasser). Phosphat PO₄ ist ein hervorragendes Düngemittel welches bei Überdosierung zu Eutrophierung führt. (PO₄ -Äquivalent)

9.6.2. Gegenüberstellung der Produkte

Nachfolgendes Diagramm stellt das Eutrophierungspotenzial der untersuchten Produkte gegenüber.



9.6.3. Auswertung

Mineralwolle stellt mit Abstand das größte Eutrophierungspotenzial dar. Mit großem Abstand (ca. Faktor 3-5) folgen dann die PU-Schäume. Warum XPS – je nach Hersteller einen so großen Unterschied (ca. Faktor 2) aufweisen, erklärt sich dem Verfasser nicht. Im mittleren Bereich befinden sich die Mineralschäume. Die geringsten Potentiale wird bei EPS ausgewiesen.

9.7. Bodennahe Ozonbildung, POCP (Photochemical Ozone Creation Potential)

9.7.1. Einleitung

POCP ist auch bekannt als Sommersmog und entsteht zum Beispiel aus unvollständiger Verbrennung von Kraftstoffen. Erhöhte Ozonkonzentrationen treten besonders an windstillen Sommertagen in Großstädten oder in der Nähe von Fabriken auf. „Das Photooxidantienpotenzial (POCP) wird in der Ökobilanz als Ethen-Äquivalent (C_2H_4)-Äqv. angegeben.“ (PE International, 2011)

9.7.2. Gegenüberstellung der Produkte

Nachfolgendes Diagramm stellt das Sommersmogpotenzial der untersuchten Produkte gegenüber.

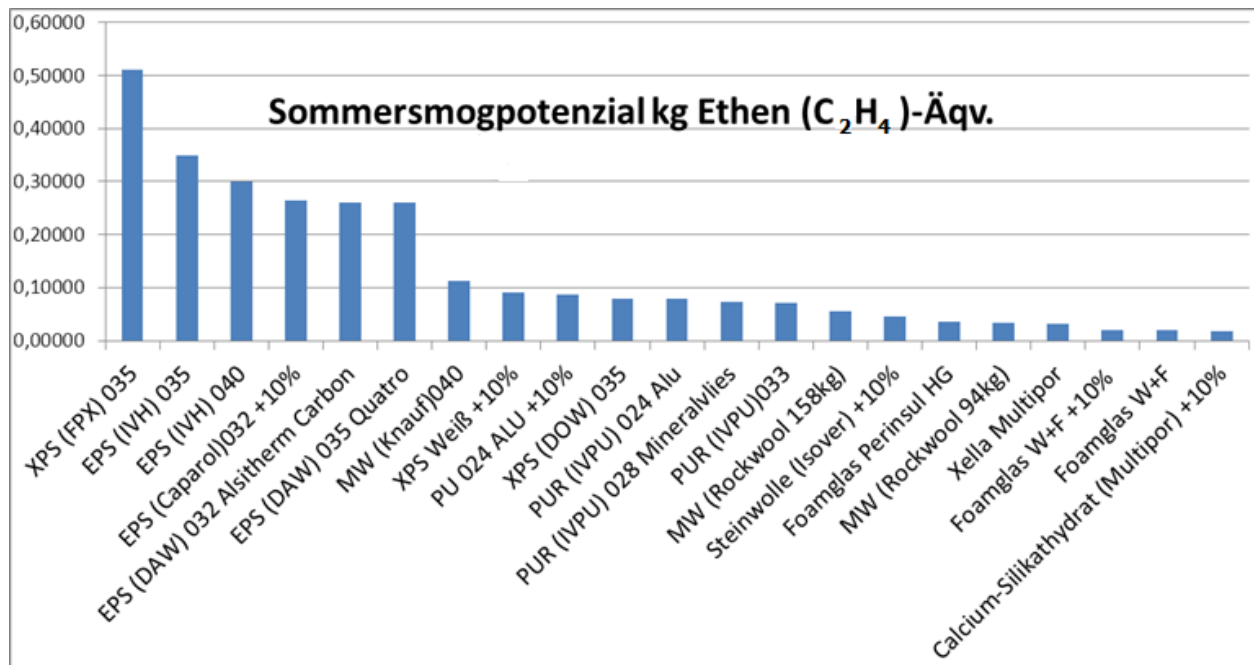


Abbildung 9-3 POCP

9.7.3. Auswertung

XPS (FPX) stellt mit Abstand das größte Sommersmogpotenzial dar. Warum das XPS von DOW um Faktor ca. 5 niedriger liegt, erklärt sich dem Verfasser nicht. Weiterhin hoch liegt das Sommersmogpotenzial der EPS. Die geringsten Potentiale werden bei den Mineralschäumen ausgewiesen.

9.8. Gesamtauswertung der untersuchten Umweltauswirkungen

Nachfolgend werden alle Umweltauswirkungen gegenüber gestellt. Nicht enthalten ist die Herstellenergie. Zu erkennen sind starke Unterschiede der Hersteller. Obwohl Rockwool und Isover das selbe Bindemittel und ein ähnliches Herstellungsverfahren ausweisen hat doch Isover beinahe doppelt soviel Treibhauseffekt und Ozonabbaupotenzial wie Rockwool-Produkte. Rockwool deklariert jedoch nach 15804 genauer. Isover hat immer noch das alte EPD mit einem Rohdichtenbereich von 20-200 kg/m³.

Tabelle 2 Summen aus Durchschnittswerten

Indikator	MW I	Ca-Si	EPS	Foamglas	MW RW	PU	XPS
Abiotischer Ressourcenverbrauch	5	4	2	6	1	7	3
Treibhauspotenzial	7	4	1	6	5	3	2
Ozonabbaupotenzial	7	6	3	1	5	4	2
Versauerungspotenzial	2	6	7	5	1	3	4
Eutrophierungspotenzial	6	4	1	3	7	5	2
Sommersmogpotenzial	3	2	7	1	5	4	6
Summe Wirkungsabschätzung	30	26	21	22	24	26	19
PE	6	2	1	7	3	4	5
Summe	36	28	22	29	27	30	24
Einsatz von Süßwasser	4	6	2	3	1	7	5
Summe+FW	40	34	24	32	28	37	29

1=Bestes-, 7= Schlechtestes Material,

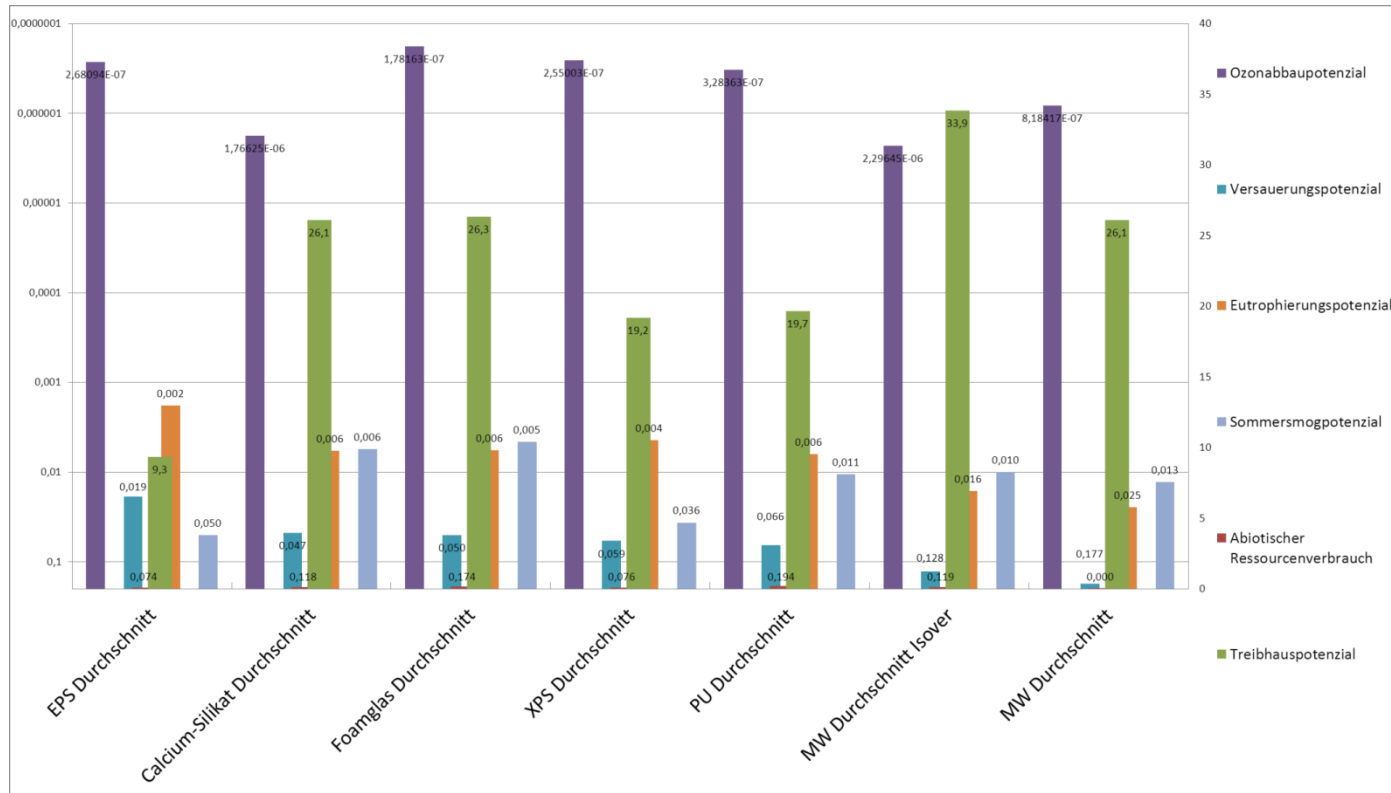


Abbildung 9-4 Wirkungsabschätzung

10. Herstellungsverfahren und –Energie

Für die Herstellung der untersuchten Produkte werden unterschiedlich großen Anteile an erneuerbarer Energie von den Herstellern verwendet.

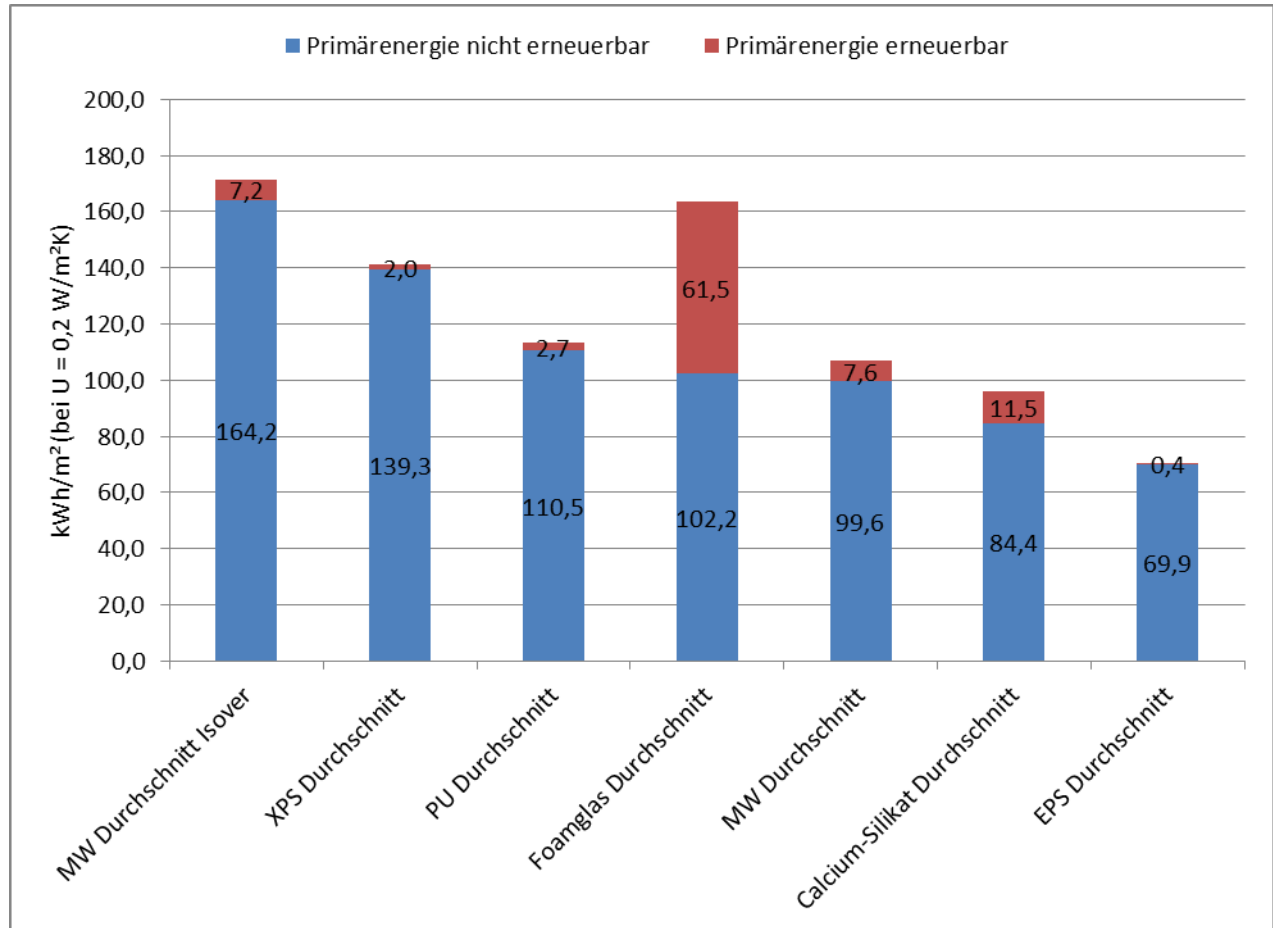


Abbildung 10-1 Durchschnitt Primärenergieverbrauch

Der MW-Durchschnitt wurde nur auf die beiden Produkte Rockwool und Knauf bezogen, da diese sehr ähnliche Werte aufweisen.

Zur Foamglasproduktion wird der höchste Anteil regenerativer Energie eingesetzt. Damit wird der absolute Herstellerenergieaufwand von 163 auf 102 kWh/m² reduziert.

Anmerkung: Das Foamglas Peninsula HG wurde nicht berücksichtigt, da es als besonders druckbelastbares Material verhältnismäßig viel PE braucht.

Aus der nachstehenden Tabelle „Primärenergieverbrauch“ ist ersichtlich, dass gleiche Produktarten völlig unterschiedliche Herstellenergien aufweisen können. So ist die Mineralwolle 2.1.03 das energieaufwändigste Produkt, die Mineralwolle 94 kg/m³ jedoch (nach Abzug des erneuerbaren Anteils) die mit dem geringsten Energiebedarf, - neben 2.2.03 EPS. Multipor liegt im unteren Drittel.

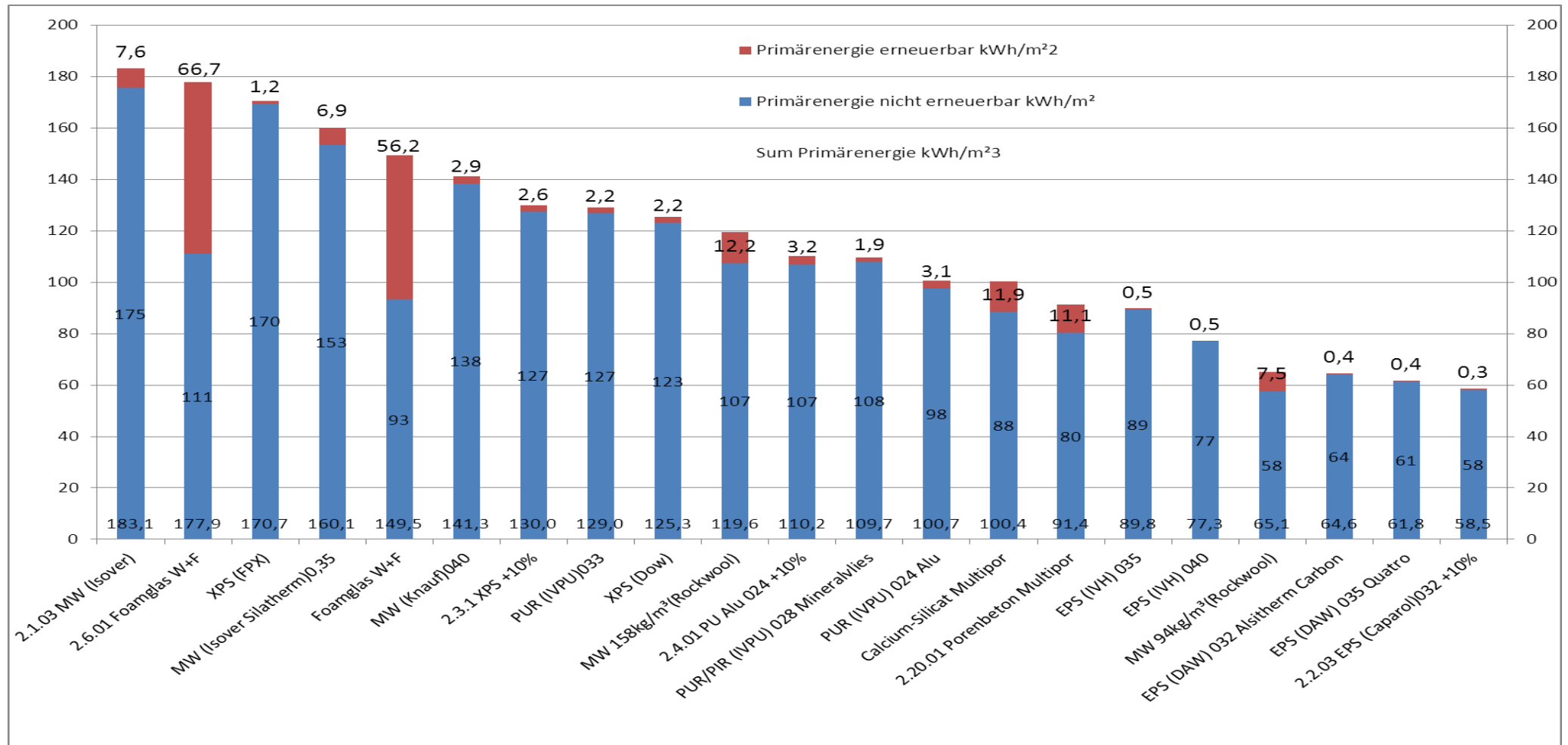


Abbildung 10-2 Primärenergieverbrauch

10.1. Organische Dämmstoffe Grundstoffe und PE

10.1.1. Einleitung

Organische Chemie behandelt die Kohlenstoffverbindungen. Die große Bindungsfähigkeit des Kohlenstoffatoms ermöglicht eine Vielzahl unterschiedlicher Bindungen zu anderen Atomen. Bekannte Kohlenstoffvorkommen sind die fossilen Rohstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas. Diese sind keine reinen Kohlenstoffverbindungen (wie Diamant), sondern eine Mischung aus vielen verschiedenen organischen Verbindungen. Das Wort „organisch“ wird in der heutigen Zeit gerne benutzt, für z.B. OLED (organische Leuchtdiode) oder organische Solarzellen. Es hat einen positiveren Klang als Kunststoff oder Plastik (= organisches Polymer).

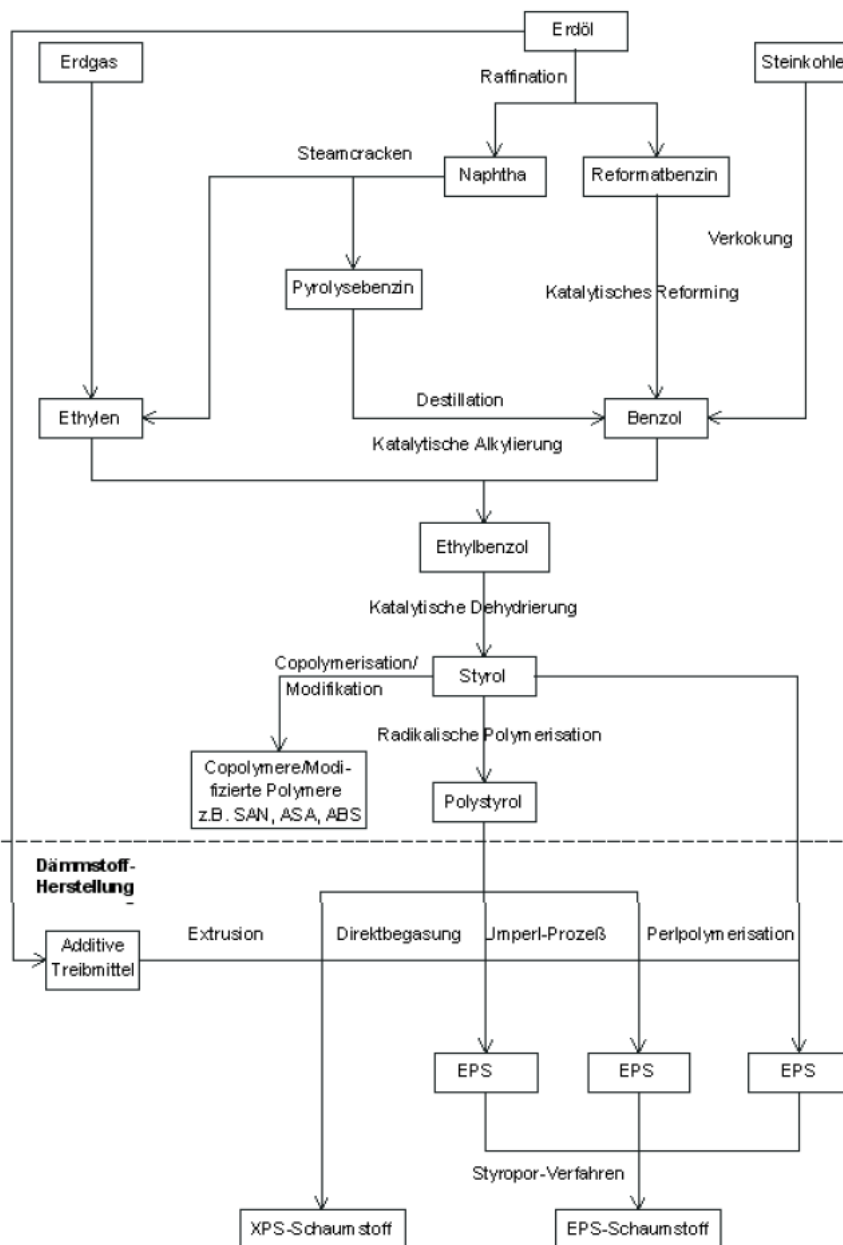


Abbildung 10-3 Umwandlungsprozesse von Erdöl bis EPS, XPS

10.1.2. Gegenüberstellung der Produkte

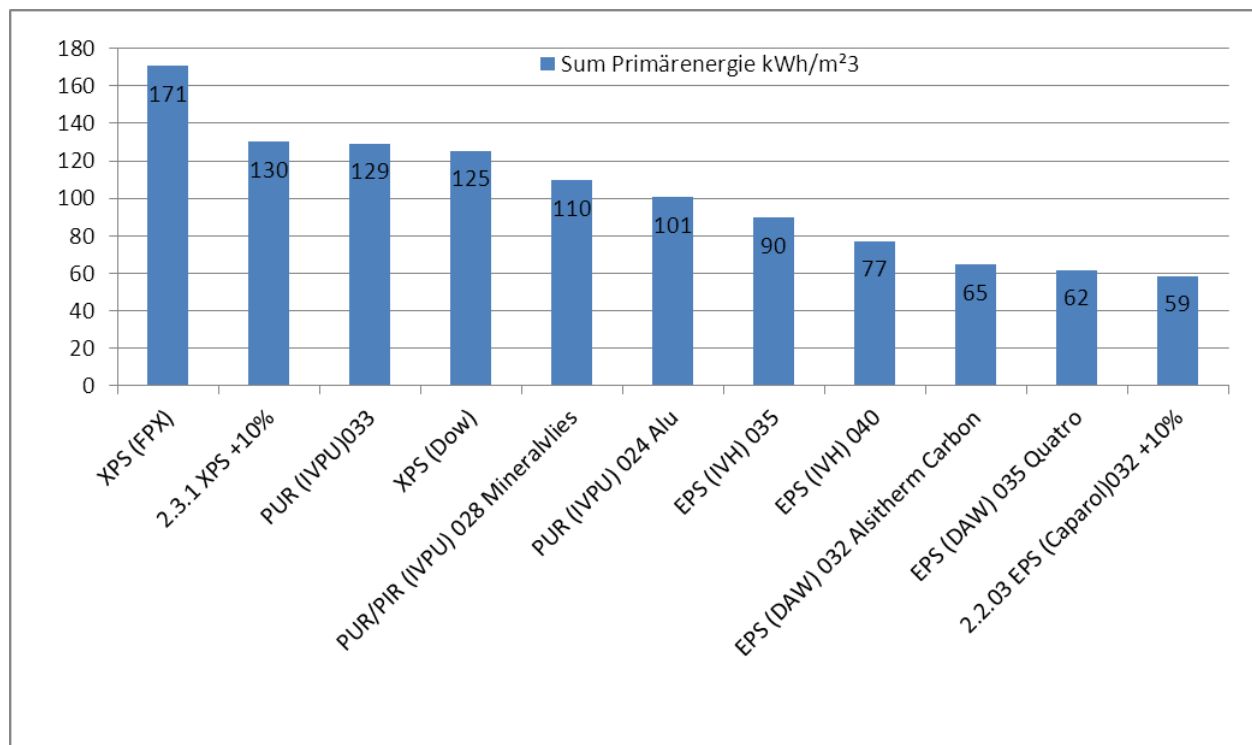


Abbildung 10-4 Primärenergie organischer Dämmstoffe

10.1.2.1. expandiertes Polystyrol

Styrol kommt in Erdöl vor und wird durch „katalytische Dehydrierung“⁴ bei 625°C gewonnen (Wikipedia). In Styrol/Wasser-Suspension findet die Polymerisation mit freien Radikalen und die Pentanbeigabe statt. Als kugelförmiges Granulat wird es der Dämmindustrie geliefert. Hexa-Brom-Cyclo-Dodecan (= HBCD) wird als Brandschutzmittel zugegeben. „Für die Herstellung von 1 m³ EPS werden ca. 100 l Wasser benötigt. Wasser wird im Wesentlichen für den Dampf des Schäumungsprozesses, die Herstellung des Polystyrolgranulats in der Vorkette, die Erzeugung von elektrischer Energie benötigt.“ (EPD, Industrieverband Polyurethan e.V, 2010)

10.1.2.2. extrudiertes Polystyrol

Laut der Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschäumstoff besteht XPS aus 90 % Polystyrol, 7 % Treibmittel und 3 % HBCD. Es wird in einem Strangverfahren produziert. Das EPD basiert auf Fertigungsdaten von Unternehmen aus fünf Ländern. Die genaue Ermittlung der Zusammenhänge einzelner Indikatoren verliert hierdurch an Transparenz.

10.1.2.3. Polyurethan (PUR/PIR)

Das EPD bezieht sich laut IVPU (siehe 1. Abkürzungen und Begriffserklärungen) auf die Herstellung von PUR und PIR. Sowohl PUR als auch PIR bestehen aus ca. 60 % MDI, aus 25 % Polyol und 5 %

⁴ Dehydrierung bezeichnet die Abspaltung von Wasserstoff aus einer chemischen Verbindung

Treibmittel. (<http://www.ivpu.de>) Während bei PUR die Bestandteile MDI und Polyol im Verhältnis zu den Molekülmassen umgesetzt werden, ist bei der Herstellung von PIR MDI im Überschuss vorhanden. Diese Komponente reagiert dann teilweise mit sich selbst. Es entsteht PIR, ein sehr stark vernetzter Kunststoff mit ringartigen Strukturen. PIR ist dadurch dimensionsstabiler und feuerbeständiger. PUR ist hingegen zäh und elastisch. Rohstoffe sind Raffinerieprodukte aus Erdöl. (EPD, Industrieverband Polyurethan e.V, 2010).

10.1.2.4. Kritische Substanzen in organischen Dämmstoffen

MDI	Diphenylmethandiisocyanat (= Methylendiphenyldiisocyanat) Brennbare Flüssigkeit, löslich unter Hydrolyse in Wasser. Schwerer als Wasser. Kann vermutlich Krebs erzeugen. Gesundheitsschädlich beim Einatmen. Kann die Organe schädigen. Verursacht schwere Augenreizung. Kann die Atemwege reizen. Verursacht Hautreizungen. Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen. Kann allergische Hautreaktionen verursachen. (Gestis-Stoffdatenbank, IFA)
Styrol	(ca. 15 kg Styrol pro t EPS) starkes Nervengift, Verdacht auf krebserzeugende und erbgutschädigende Wirkung, wassergefährdend, gesundheitsschädlich beim Einatmen; kann Atemwege, Verdauungswege und Augen reizen, Hirnfunktionsstörungen möglich. Styrol kann in Kläranlagen nicht nachgewiesen werden, da es biologisch leicht abgebaut wird.
Pentan	wassergefährdend, kann Lungenschäden verursachen, Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen, kann zu spröder und rissiger Haut führen [WINGIS 2.5] GWP: 1,12 kg CO ₂ -Äquivalent (Quelle: LCIA, Europa Kommission, Datensatz Plastik Europe 2011), wegen der Explosionsgefahr setzen Pentane aufwendige und kostenintensive Produktionsanlagen voraus, die für kleine Hersteller nicht möglich sind.
halogenierte Treibmittel	Einsatz von 4-5 kg/m ³ Schaumstoff. Bei der Produktion entweichen 15-30 %. Das Auffangen und Rückgewinnen ist bislang aus technischen und ökonomischen Gründen nicht umgesetzt. [Schwarz 99]
152a	GWP: 1300 (Amtsblatt der Europäischen Union, 2005). 152a diffundiert in wenigen Wochen durch die Schaumzellen. Diese Eigenschaft wirkt sich, im Vergleich zu HFCKW nachteilhaft auf den Dämmwert aus. Zudem ist es entflammbar und fordert daher Kosten für die Produktionssicherheit.
134a	GWP 120 (Amtsblatt der Europäischen Union, 2005) GWP 140 (Statistisches Bundesamt, 2012). 134a weist gute Dämmeigenschaften aus, ist unbrennbar und diffundiert nicht. 134a ist in Polystyrol schlecht löslich .

HBCD	Brandschutzmittel. Wird auch in Textilien, in Elektronikgeräten und in Dämmstoffen verwendet. Giftig für Mensch, Ökosysteme oder Organismen. Jährlich, werden ca. 22.000 Tonnen auf dem Weltmarkt gehandelt. Wegen seines Potenzials zu Persistenz und Bioakkumulation lassen sich bromierte Flammschutzmittel in allen Umweltspartimenten nachweisen. Die Folgen sind noch nicht bekannt. Am 09. Mai 2013 wurde bei den Stockholmer POP-Konventionen ein weltweites Verbot beschlossen, welches nach einer einjährigen Übergangsphase in Kraft tritt. Demnach darf die Chemikalie nicht mehr produziert und verwendet werden. Spätestens ab August 2015 wird HBCD ersetzt durch ein polymeres Flammschutzmittel“ (EPD, Dow Deutschland GmbH&Co. OHG, 2013 S. 3)
Polyol	Polyol ist als mehrwertiger Alkohol die Bezeichnung für organische Verbindungen mit Hydroxygruppen (-OH)
CO ₂	Das zur XPS-Herstellung verwendete CO ₂ wird aus bestehenden Prozessen gewonnen, so dass keine zusätzlichen Belastungen für die Umwelt entstehen (http://www.fpx-daemmstoffe.de/treibmittel-technologie.html)

(Ecobine, Bauhausuniversität Weimar)

10.1.3. Auswertung der Herstellung organischer Dämmstoffe

Organische Dämmstoffe werden aus Rohöl hergestellt. Rohöl ist giftig bei Körperaufnahme oder –kontakt und schädlich für die Umwelt. Chemische Veränderung verbessert die Schädlichkeit und Umweltauswirkungen nicht. Von der Förderung, über Transport (Tankerunglücke) bis hin zur Weiterverarbeitung besteht immer das Risiko der Kontamination. Nach der Weiterverarbeitung von Rohölprodukten sind die Auswirkungen der Grundstoffe nur schädlich wenn sie aus ihrer stabilen Verbindung entweichen. Das heißt, solange Polystyrol nicht mit der Umwelt reagiert (Reaktion mit Sauerstoff, verdampfen, Kontakt mit Säuren...) oder von außen her verändert wird (Oxidation, Verbrennung) ist es kaum gesundheitsschädigend. Während des Lebenszyklus kann die Veränderung jedoch nicht vermieden werden. Denn schon bei der Polymerisation von Ethylen zu Polystyrol kann keine vollständige Polymerisation garantiert werden (Restmonomer unter 0,05 %). Alle unvollendeten Styrolketten, reagieren mit der Umwelt. Auch bei der Verarbeitung, beim Schneiden mit Heißdraht können Temperaturen auftreten, die eine Zersetzung von Polystyrol zur Folge haben. Damit treten Emissionen von Styrol auf.

PUR ist der einzige hier betrachtete Dämmstoff, der im EOL Szenario keine Gewinne bringt. Demnach wäre das Treibhauspotential, um mehr als ein Drittel schlechter/größer.

10.2. Mineralische Dämmstoffe

10.2.1. Einleitung

Mineralien sind Elemente oder eine chemische Verbindungen, die im Allgemeinen kristallin und durch geologische Prozesse gebildet worden sind.

Silicate (auch Silikate) sind die Salze und Ester der Ortho-Kieselsäure ($\text{Si}(\text{OH})_4$) und deren Kondensate (Wikipedia)

Mineralwolle

Mineralwolle entstand nach dem ersten Weltkrieg aufgrund der Knappheit von Asbest.

Hochofenschlacke, ein Abfallprodukt aus der Roheisenproduktion wurden 1924 erstmals in geschmolzenem Zustand über einen rotierenden Stein zu dünnen Fäden zerschleudert.

Rohstoffe sind heute die Gesteine Diabas/Basalt (27–50 Masse-%) sowie zementgebundene Formsteine (50–73 Masse-%) Mineralwollreste werden mit Zementmörtel gebunden, zu Formsteinen gepresst. Hinzu kommt bis max. 3,5 % (anderen Quellen zu Folge bis zu 9 %) TM Bindemittel (harnstoff-modifiziertes Phenol-Formaldehyd-Harz mit Glukose) (EPD, Deutsche Rockwool Mineralwoll GmbH & Co. OHG, 2012) Die Rohstoffe werden bei **1400-1500 °C** geschmolzen, zu einem Fließ „zerschleudert“ und anschließend bei 200-300 °C ausgehärtet.

Calciumsilikat

Besteht zum größten Teil aus Sand und Zement. Hinzu werden Branntkalk, Gips und Aluminiumpaste beigemischt. Das Wasser löscht unter Wärmeentwicklung den Kalk. Das Aluminium reagiert im alkalischen Milieu. Dabei bildet sich gasförmiger Wasserstoff, der die Poren in der Masse erzeugt und ohne Rückstände entweicht (EPD, Xella Dämmsysteme GmbH, 2009). Die Ausbildung der endgültigen Eigenschaften der Bauteile erfolgt während der anschließenden Dampfhärtung über 5 – 12 Stunden bei etwa **190 °C** und einem Druck von ca. 12 bar in Dampfdruckkesseln, den sog. Autoklaven.

Foamglas

Besteht aus: Recyclingglas 68 % (Sand, Dolomit, Kalk) Feldspat 22 %, Soda 4 %, Eisenoxid 2 %, Kohlen schwarz 1 % sowie Natriumsulfat. Die Rohstoffe werden zunächst bei **1250 °C** geschmolzen. Nach der Abkühlung wird das Gemisch gemahlen. Unter Zugabe von Kohlenstoffpulver findet das Aufschäumen bei **850 °C** statt. Die Herstellung ist sehr energieaufwendig. Produziert wird in Tschechien mit zertifiziertem Strom aus Wasserkraft in Norwegen und der Schweiz. Durch den Produktionsprozess selbst werden direkte Emissionen von Stickoxiden und Schwefeldioxid frei, die zur Versauerung beitragen.

10.2.2. Gegenüberstellung der Produkte

Nachfolgende Abbildung stellt den Primärenergieaufwand sowie das Treibhauspotenzial mineralischer Dämmstoffe gegenüber. Multipor und Rockwool 94 kg/m³ verbrauchen einerseits die geringste Menge an Primärenergie und erzeugen andererseits die geringste Menge an Treibhausgasen.

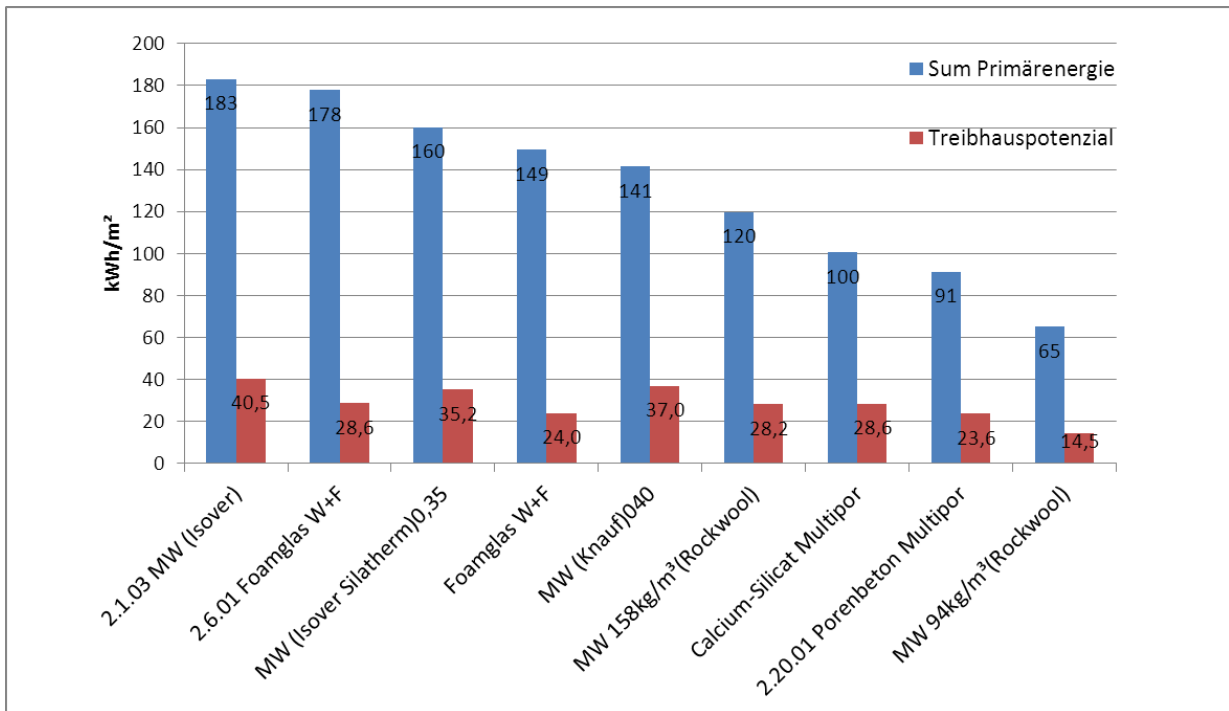


Abbildung 10-5 Primärenergie und Treibhauspotential mineralischer Dämmstoffe

Kritische Substanzen in mineralischen Faserdämmstoffen

An dieser Stelle muss genauestens unterschieden werden zwischen Faserdämmstoffen und anderen mineralischen Dämmstoffen. Mineralische Faserdämmstoffe benötigen unterschiedlich stark nachfolgende Inhaltsstoffe:

Formaldehyd	säuerlich-stechender Geruch, hautresorbierend ⁵ , sensibilisierend / kann Allergien hervorrufen, giftig beim Einatmen, kann zu Kehlkopfschwellung, Lungen-, Leber- und Nierenschäden führen, krebserzeugend (Ecobine, Bauhausuniversität Weimar)
Fasern	die Beständigkeit der Fasern ist von Bedeutung, da die Fasern eine bestimmte Zeit in der Lunge verbleiben müssen, um eine Krebserkrankung hervorrufen zu können. Sobald sich die Faser aus der Lunge entfernt oder sich in der Lunge aufgelöst oder in mehrere nicht faserförmige d.h. kurze Teile zerbricht, verliert sie ihr krebserzeugendes Potenzial. Die mechanische Hautreizung bleibt bestehen.
Phenol	verursacht Hautentzündungen, ist hautresorbierend, giftig, kann Hautallergien hervorrufen, Schäden des Nervensystems, Augen, Herz, Leber, Nieren, Hirnfunktionsstörungen möglich und verursacht Verätzungen [enius]
Hydrophobierungsmittel	bewirkt ein abperlen der Wassertropfen. Schützt vor Feuchteschäden während der Baumaßnahme. Es sollte nicht in die Kanalisation oder in Gewässer

⁵ Bei der **Hautresorption** werden Stoffe durch die Haut aufgenommen (Wikipedia)

	gelangen. Möglicherweise ausgelaufene Flüssigkeit sollte mit geeignetem Material eindämmen werden.
--	--

10.2.3. Auswertung mineralischer Dämmstoffe

Grundsätzlich sollten mineralische Dämmstoffe unterschieden werden in:

- Faserdämmstoffe
- Geschäumte Dämmstoffe

Beide entstehen zwar aus Gesteinen, haben aber unterschiedliche Verarbeitungsprozesse.

Multipor weist hierbei mit 190 °C die mit Abstand geringste Herstelltemperatur aus. Auch sind diese Mineraldämmplatten von Ihrer Zusammensetzung chemisch und gesundheitlich unkritisch, da sie nach heutigem Kenntnisstand keine schädlichen Stoffe emittieren.

Anmerkung zu Faserdämmstoffen: Wie ein und dasselbe Produkt 1999 noch als krebserregend und 2000 als nicht mehr krebserregend eingestuft werden konnte vom Autor nicht geklärt werden.

11. Literaturverzeichnis gemäß ISO 690

Amtsblatt der Europäischen Union. 2005. *Fluorierte Treibhausgase.* 2005.

BBSR. Januar 2011. Bericht Kompakt 2011. *Künstliche Mineralfaserdämmstoffe.* Bonn : s.n., Januar 2011.

BMBVS. 2011. *Ökobaudat.* 2011.

—. 2011. *Ökobaudat.* 2011.

BNB, Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude. 2011. 2011.

Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft. JRC. [Online] <http://www.euburo.de/jrc.htm>.

Dämmstoffindustrie, Gesamtverband. 2011. GDI-Daemmstoffe. [Online] 2011. www.gdi-daemmstoffe.de.

DIN EN 15804. April 2012. Deutsches Institut für Normung e.V. *Nachhaltigkeit von Bauwerken, Umweltproduktdeklarationen.* April 2012.

DIN EN ISO 14025. Oktober 2011. Deutsches Institut für Normung e.V. *Umweltkennzeichen und -deklarationen - Typ 3 Grundsätze und Verfahren.* Oktober 2011.

DIN EN ISO 14040. November 2009. Deutsches Institut für Normung e.V. *Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen.* November 2009.

DIN EN ISO 14044. Oktober 2006. Deutsches Institut für Normung e.V. Oktober 2006.

Ecobine, Bauhausuniversität Weimar. ecobine: Informationsnetz im Ökologischen Bauen. [Online] <http://www.ecobine.de/>.

EPD, Dow Deutschland GmbH Co. OHG. 2013. Institut Bauen und Umwelt. *IBU.* [Online] 2013. <http://bau-umwelt.de>.

EPD, Industrieverband Hartschaum e.V. 2010. Institut Bauen und Umwelt. [Online] 2010. <http://bau-umwelt.de>.

- EPD, Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V. 2010.** Werkmäßig hergestellte Polyurethan-Dämmstoffe. *Institut für Bau und Umwelt.* [Online] 2010. <http://bau-umwelt.de>.
- EPD, Xella Dämmsysteme GmbH. 2009.** Multipor Mineral Dämmplatte. 2009.
- EPD, Deutsche Rockwool Mineralwoll GmbH & Co. OHG. 2012.** *Steinwolle Dämmstoffe im mittleren Rohdichtenbereich.* s.l. : IBU, 2012.
- Fachverband-Wärmedämm-Verbundsysteme e.V. Januar 2013.** *Statistik.* Baden-Baden : s.n., Januar 2013.
- Gestis-Stoffdatenbank, IFA.** MDI Sicherheitsdatenblatt. *Diphenylmethandiisocyanat.*
- Institut für Bau und Umwelt e.V.** PCR. Königswinter : (www.epd-online.com).
- München, Bauzentrum. 2013.** *Ökologische Wärmedämmstoffe im Vergleich 2.0.* München : s.n., 2013.
- PE International. 2012.** *Gabi Software.* 2012.
- , 2011. *Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren im Bauwesen.* 2011.
- Roth, n-PENTAN Nr. 1907/2006. 2012.** *Sicherheitsdatenblatt.* 2012. CAS-Nummer:109-66-0.
- siehe 1. Abkürzungen und Begriffserklärungen.**
- Statistik Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme. 2013.** *Entwicklung der Dämmstoffdicke in mm.* 2013.
- Statistisches Bundesamt. 2012.** *Einsatz von Treibhausgasen auch 2011 weiter hoch.* 2012. S. 2.
- Umweltbundesamt. 2012.** *Emissionen.* <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm> : s.n., 2012.
- Wikipedia.** Wikipedia. [Online] www.wikipedia.de.