

Vorprojekt Gebäudebe- wertung

| Einleitung | Gebäudebewertung | Vergleichende Analyse | Anforderungen an ein ganzheitlich lebenszyklusorientiertes Bewertungssystem | Zusammenfassung & Erweiterungsbedarf |

F-6-47/2008

		Errichtungsphase			Nutzungsphase			Rückbau- phase		
		Ökologie	Soziales	Ökonomie	Ökologie	Soziales	Ökonomie	Ökologie	Soziales	Ökonomie
Leistungs- bereiche nach ÖN B 1801-1	Rohbau									
	Technik									
	Ausbau									
	Außenanlagen									
	Transporte									
Betrieb	Haushaltsstrom									
	Endenergiebedarf									
	Wasser									
	Abwasser									

A. Passer, D. Schulter, M. Michlmair, P. Maydl
 Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie
 mit angeschlossener TVFA für Festigkeits- und Materialprüfung
 Technische Universität Graz

Impressum

Impressum:

Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie
Technische Universität Graz
Inffeldgasse 24
A-8010 Graz

Autoren:

Dipl.-Ing. Alexander PASSER, MSc.
Dipl.-Ing. Danilo SCHULTER
Dipl.-Ing. Markus MICHLMAIR
Prof. Dr. techn. Dipl.-Ing. Peter MAYDL

Dies ist eine Veröffentlichung des
FACHBEREICHS INGENIEURBAUKUNST (IBK) AN DER TU GRAZ

Der Fachbereich Ingenieurbaukunst umfasst die dem konstruktiven Ingenieurbau nahe stehenden Institute für Baustatik, Betonbau, Stahlbau & Flächentragwerke, Holzbau & Holztechnologie, Materialprüfung & Baustofftechnologie, Baubetrieb & Bauwirtschaft, Hochbau & Bauphysik, Bauinformatik und Baumechanik der Fakultät für Bauingenieurwissenschaften an der Technischen Universität Graz.

Dem Fachbereich Ingenieurbaukunst ist das Bautechnikzentrum (BTZ) zugeordnet, welches als gemeinsame hochmoderne Laboreinrichtung zur Durchführung der experimentellen Forschung aller beteiligten Institute dient. Es umfasst die drei Laboreinheiten für konstruktiven Ingenieurbau, für Bauphysik und für Baustofftechnologie.

Die Lehrinhalte des Fachbereichs Ingenieurbaukunst sind aufeinander abgestimmt. Aus gemeinsam betreuten Projektarbeiten und gemeinsamen Prüfungen innerhalb der Fachmodule können alle Beteiligten einen optimalen Nutzen ziehen.

Durch den gemeinsamen, einheitlichen Auftritt in der Öffentlichkeit präsentiert sich der Fachbereich Ingenieurbaukunst als moderne Lehr- und Forschungsgemeinschaft, welche die Ziele und Visionen der TU Graz umsetzt.

Nummerierungssystematik der Schriftenreihe:

D – Diplomarbeiten/Dissertationen — F – Forschungsberichte
S – Skripten, Vorlesungsunterlagen — V – Vorträge, Tagungen

Institutskenzahl:

1 – Baumechanik — 2 – Baustatik — 3 – Betonbau
4 – Holzbau & Holztechnologie — 5 – Stahlbau & Flächentragwerke
6 – Materialprüfung & Baustofftechnologie — 7 – Baubetrieb & Bauwirtschaft
8 – Hochbau & Bauphysik — 9 – Bauinformatik
10 – Labor für Konstruktiven Ingenieurbau

Fortlaufende Nummer pro Reihe und Institut / Jahreszahl

Kurzfassung

Mit dem vom Programm „Energie der Zukunft“ geförderten Projekt „Nachhaltigkeit - massiv“ hat sich der Fachverband der Stein- und keramischen Industrie Österreichs entschlossen, die Produkte seiner Mitgliedsbetriebe im Kontext nachhaltigen Bauens auf wissenschaftlich fundierter Grundlage neu zu positionieren, Stärken und Schwächen zu erkennen und die Voraussetzung für die Entwicklung zukunftsfähiger Bauprodukte zu schaffen. 15 Einzelprojekte bearbeiten aktuelle Fragestellungen, wobei alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit eingeschlossen sind.

Das Österreichische Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO) hat vor einigen Jahren versucht, Umweltwirkungen von Bauprodukten in der Herstellungsphase durch Mittelwertbildung dreier Indikatoren zu einer Einzahlangabe zusammenzufassen. Die leichte Handhabbarkeit dieses sogenannten „OI3-Index“ hat dazu geführt, dass diese Kennzahl Eingang in einige Wohnbauförderungsrichtlinien österreichischer Bundesländer gefunden hat. In einem der 15 Teilprojekte soll vom IBO auch eine Weiterentwicklung des OI3-Index erarbeitet werden.

Als Grundlage dieses Projekts sollte mit dem gegenständlichen „Vorprojekt Gebäudebewertung“ aufgezeigt werden, in welche Richtung (insbesondere die zeitlichen und räumlichen Bilanzgrenzen betreffend) der OI3-Index erweitert werden soll, wobei vor allem die derzeit absehbare Entwicklung des europäischen Regelwerks im Rahmen des CEN/TC 350 berücksichtigt werden sollte.

Dazu wurde zunächst einmal der Rahmen künftiger ökologischer Bewertungen entsprechend der bevorstehenden europäischen Normung aufgezeigt, welche Umweltwirkungen künftig zu berücksichtigen sind und welche vom OI3-Index in seiner bisherigen Form abgedeckt werden.

Als Grundlage für die Analyse wurden zwei Wohnhausanlagen verwendet, die im Detail durchgeplant, bei der Wohnbauförderung bereits eingereicht und für die detaillierte Massenauszüge verfügbar waren. Diese Daten sind im Rahmen eines anderen Projekts erarbeitet worden, das in Zusammenarbeit mit der FA 15 des Landes Steiermark durchgeführt worden ist. Für die ökologischen Indikatoren wurde auf den Datensatz der Datenbank „ecoinvent Version 1.3“ zurückgegriffen, zum Vergleich auch die Datensätze der vom IBO betriebenen Datenbank „ECOSoft“. Die beiden Wohnhausanlagen umfassen 10 bis 15 Wohneinheiten, eine ist in Massivbauweise (Ortbeton, Hochlochziegel) hergestellt, die andere in Holzmischbauweise.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Betrachtet man ausschließlich die Errichtungsphase, erfasst der OI3-Index in Abhängigkeit vom jeweiligen Indikator zwischen 12 und 25 % der quantifizierbaren Umweltwirkungen. Gründe dafür sind vor allem die fehlende Berücksichtigung massenintensiver Bauteile, energieintensiver metallischer Bauprodukte (z.B. technische Gebäudeausrüstung) sowie der erforderlichen Transportprozesse.

Bei Betrachtung der künftig erforderlichen lebenszyklusweiten Umweltwirkungen (also einschließlich Nutzungs- und Beseitigungsphase) erfasst der OI3-Index in seiner derzeitigen Form je nach Indikator zwischen 2 und 5 % der quantifizierbaren Umweltwirkungen. Gründe dafür sind neben den zu engen räumlichen Bilanzgrenzen (siehe vorhergehenden Absatz) insbesondere die fehlende Berücksichtigung der Nutzungsphase (Austauschraten, Instandhaltungsaufwand) sowie die nicht erfasste Beseitigungsphase, die allerdings von vergleichsweise geringem Einfluss ist.

Aus diesen Erkenntnissen ist zu folgern, dass ein „OI3-Index neu“ jedenfalls einer Erweiterung sowohl der räumlichen als auch der zeitlichen Systemgrenzen bedarf. Es sollte jedoch auch kritisch hinterfragt werden, ob die komplexen und nicht miteinander korrelierenden Umweltwirkungen, quantifiziert durch die bekannten ökologischen Indikatoren, durch Aggregation zu einer Einzahlangabe sinnvoll zusammengefasst werden können. Aufgrund der zum Teil gegenläufigen einzelnen Kennwerte erscheint es fraglich, ob eine einzelne Kennzahl, die jedenfalls eine nicht vorhandene Genauigkeit vortäuscht, der Erreichung des eigentlichen Zieles wirklich dient, nämlich der Steigerung der Ökoeffizienz von Baumaßnahmen, also des erzielten Nutzens bezogen auf die Umweltwirkungen.

Jedenfalls sinnvoll erscheint eine Überprüfung der ökologischen Kennwerte (auf Basis generischer Daten) hinsichtlich Plausibilität, Vollständigkeit und Datenqualität, welche derzeit im Rahmen der Wohnbauförderungsrichtlinien einiger österreichischer Bundesländer Anwendung finden.

Dringend erforderlich ist eine einheitliche Vorgangsweise bei der CO₂-Allokation im Sinne des CEN/TC 350 und der ÖNORM EN ISO 14040 ff für nachwachsende Rohstoffe, dies betrifft vor allem die Berücksichtigung des CO₂-Speichereffekts, wodurch bei ausschließlicher Betrachtung der Errichtungsphase ein negativer Kennwert für die Wirkungskategorie „Klimaänderung (GWP)“ ausgewiesen wird.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	3
Kurzfassung	4
Abkürzungsverzeichnis	8
1 Einleitung	10
1.1 Anlass und Projektziele	10
1.2 Gewählte Vorgangsweise	10
1.3 Veröffentlichung der Ergebnisse	11
2 Gebäudebewertung	12
2.1 Grundsätzliche Vorbemerkungen zur Gebäudebewertung	12
2.2 In Österreich gebräuchliche Bewertungsmodelle	12
2.2.1 Dokumentation und Übersicht der Umsetzung des OI3-Index	12
2.2.2 TQ-Modell	15
2.2.3 Ecoinvent	16
2.3 Überblick über die künftige Gebäudebewertung in der europäischen Normung .	17
2.3.1 Intentionen des CEN/TC 350	17
2.3.2 prEN/TS 15643-1	18
2.4 Kriterienraster zur Gebäudebewertung auf Basis aktuellen CEN-Entwürfe . . .	19
3 Vergleichende Analyse	21
3.1 Wohnbauprojekte	21
3.1.1 Projekt W	21
3.1.2 Projekt N	23
3.2 Ermittlung - OI3-Kennzahlen	24
3.3 Zusammenstellung - OI3-Kennzahlen	26
3.3.1 Projekt W	26
3.3.2 Projekt N	31

4 Anforderungen an ein ganzheitlich lebenszyklusorientiertes Bewertungssystem	38
4.1 Allgemein gültiger Kriterienraster	38
4.2 Zeitliche Systemgrenzenerweiterung - OI3-Index	38
4.3 Räumliche Systemgrenzenerweiterung - OI3-Index	40
4.4 Ergebnisse - OI3 vs. CEN/TC 350	42
4.4.1 Projekt W	43
4.4.2 Projekt N	45
4.5 Gesamtresümee der untersuchten Projekte	47
5 Zusammenfassung & Erweiterungsbedarf	47
5.1 Zusammenfassung	47
5.2 Handlungs- und Erweiterungsbedarf	49
5.3 Ergebnisse Workshop Wien	51
Abbildungsverzeichnis	53
Tabellenverzeichnis	54
Literaturverzeichnis	56

Abkürzungsverzeichnis

Allgemein:

BPR	Bauproduktenrichtlinie
EPD	Environmental Product Declaration (Umweltproduktdeklaration)
EU	Europäische Union
EG	Europäische Gemeinschaft
LCA	Life Cycle Assessment (Ökobilanz)
LCI	Life Cycle Inventory (Sachbilanz)
LCIA	Life Cycle Impact Assessment (Wirkungsabschätzung)
PCR	Product Category Rules (Produktkategorieregeln)
AP	Versauerungspotential
EP	Eutrophierungspotential
GWP	Treibhauspotential
KEA	kumulierter Energieaufwand
n.e. bzw. e.	nicht erneuerbar bzw. erneuerbar
MI	Materialinput
ODP	stratosphärisches Ozonabbaupotential
PEI	Primärenergieaufwand
POCP	Photooxidantienpotential
HTP	Humantoxizitätspotential
AETP	aquatisches Ökotoxizitätspotential
TETP	terrestrisches Ökotoxizitätspotential
OI3	OI3-Index
TGH	thermische Gebäudehülle
OI3 TGH	OI3-Index der thermische Gebäudehülle
OI3 TGH,lc	OI3-Index der thermische Gebäudehülle bezogen auf die charakteristische Länge
HWB	Heizwärmebedarf
BGF	Bruttogeschoßfläche

Normung:**OIB** **Österreichisches Institut für Bautechnik****ON** **Österreichisches Normungsinstitut**

FNA Fachnormenausschuss

ISO **International Organization for Standardization**

(Internationale Organisation für Normung)

SC Subcommittee (Unterkomitee)

TC Technical Committee (Technisches Komitee)

TMB Technical Management Board

WG Working Group (Arbeitsgruppe)

Veröffentlichungsformen – international (ISO)

ISO/NWIP New Work Item Proposal (Normungsvorschlag der ISO)

ISO/WI Working Item (Internationale Arbeitsunterlage)

ISO/WD Working Draft (Arbeitsvorlage der ISO)

ISO/AWI Approved Worked Item (Internationale angenommene Arbeitsunterlage)

ISO/CD Committee Draft (Internationales Beratungsdokument)

ISO/DIS Draft International Standard (Internationaler Entwurf)

ISO/FDIS Final Draft International Standard (Internationaler Schluss-Entwurf)

ISO International Standard (Internationale Norm)

ISO/TS Technical Specification (Internationale Technische Spezifikation)

ISO/TR Technical Report (Internationaler Technischer Bericht)

PAS Public Available Specification (Öffentlich zugängliche Spezifikation)

CEN **Comité Européen de Normalisation**

(Europäische Komitee für Normung)

CEN/BT Technical Board (Technisches Büro)

Veröffentlichungsformen – europäisch (CEN)

EN Europäische Norm

prEN Europäischer Norm-Entwurf

prEN ISO Europäischer und internationaler Norm-Entwurf

CEN/TR Europäischer Technischer Bericht

CEN ISO/TR Europäischer und Internationaler Technischer Bericht

CEN/TS Europäische Technische Spezifikation

CEN ISO/TS Europäische und Internationale Technische Spezifikation

WA Workshop Agreement

1 Einleitung

Das vorliegende Projekt mit dem Titel **Vorprojekt Gebäudebewertung** ist Teil des Gesamtforschungsvorhabens *Nachhaltigkeit Massiv*, welches im Rahmen des Programms Energie der Zukunft gefördert wird.

Übergeordnetes Gesamtziel des Projektes ist die Neupositionierung der Unternehmen der Stein- und keramischen Industrie zum Thema Energie der Zukunft mit am Gesamtsystem orientierten Konzepten und Lösungen für Nachhaltiges Bauen.

Das Arbeitsprogramm umfasst 15 Arbeitspakete, welche in 3 thematischen Gruppen zu dem Thema Ökologie, Ökonomie und Soziales parallel organisiert sind. Die wissenschaftlichen Arbeiten werden durch eine hochrangige Expertengruppe begleitet, welche auch einen zusammenfassenden Endbericht erstellt.

Die im Rahmen des Projektes erarbeiteten wissenschaftlichen Grundlagen sollen die Basis für die Weiterentwicklung der Produkte und Dienstleistungen im Sinne einer nachhaltigen und energieeffizienten Bauwirtschaft bilden.

1.1 Anlass und Projektziele

Ökologische Bewertungen im Bauwesen sind meist dadurch gekennzeichnet, dass sie einerseits versuchen, Umweltwirkungen möglichst umfassend abzubilden, andererseits im Aufwand und in ihrer Darstellung möglichst einfach sein sollten. Mit dem vom Österreichischen Institut für Baubiologie und Bauökologie (IBO) entwickelten OI3-Index werden die Umweltwirkungen (GWP, PEI n.e. und AP) durch arithmetische Mittelbildung zu einer Einzahlangabe zusammengefasst. Die einfache Handhabung hat dazu geführt, dass diese Kennzahl auch in einigen Wohnbauförderungsrichtlinien der Bundesländer Eingang gefunden hat.

In der künftigen europäischen Normung sind jedoch wesentlich umfangreichere Bewertungsmodelle vorgesehen, die darüber hinaus den ganzen Lebenszyklus von Bauprodukten und Gebäuden abbilden müssen. Daher ist vorgesehen, den OI3-Index von der thermischen Gebäudehülle in der Errichtungsphase auf die gesamten Baumaßnahmen und den gesamten Lebenszyklus hin zu erweitern sowie auch zusätzliche Umweltwirkungen einzubeziehen.

Mit dem vorliegenden Projekt soll aufgezeigt werden, welche Umweltwirkungen künftig zu berücksichtigen sind, welche vom OI3-Index bisher abgedeckt wurden und welcher Erweiterungsbedarf unter Berücksichtigung von Effizienz und Treffsicherheit besteht.

Die Ergebnisse sollen in die Konzeption der Arbeitspakete „Erweiterung des OI3-Index - Nutzungsdauer von Baustoffen und Bauteilen, Bilanzgrenzen und Kennzahlen“, „Transportrucksäcke von Bauprodukten“, „Konzept zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen“ u.a. einfließen.

1.2 Gewählte Vorgangsweise

Grundsätzlich sollte an durchgeplanten bzw. ausgeführten Projekten detailliert untersucht werden, wie sich die Datenqualität auswirkt und welche Auswirkungen sich auf die Förderhöhe

(Wohnbauförderung) ergeben. Da von den Projektpartnern keine Unterlagen über ausgeführte oder geplante Bauprojekte zur Verfügung gestellt wurden, musste auf 2 bereits zur Förderung eingereichte und somit im Detail durchgeplante Wohnbauprojekte in der Steiermark zurückgegriffen werden. Die Unterlagen der beiden Wohnhausanlagen stammen aus einem anderen Projekt in Zusammenarbeit mit der Steiermärkischen Landesregierung/Wohnbauförderung und steirischen Bauträgern. Im Rahmen dieses Projekts wurde die Ökobilanz wesentlich erweitert, um Aussagen für die Projektziele ableiten zu können. Daher können nicht alle Details dieser Projekte im Rahmen der vorliegenden Studie offen gelegt werden. Aufgrund der gebotenen Vertraulichkeit sind daher hier nicht alle Daten im Detail wiedergegeben. Ohne diese Detaillierten Untersuchungen, die dem Projekt *Nachhaltigkeit Massiv* kostenlos zur Verfügung gestellt werden, wäre die Durchführung dieser Studie in der gewählten Form und Detaillierungsgrad nicht möglich gewesen.

Es wird ausdrücklich betont, dass mit der vorliegenden Studie kein Vergleich bestimmter Bauweisen hinsichtlich der ökologischen Nachhaltigkeit angestrebt wurde, was aufgrund der geringen Stichprobenanzahl nicht möglich wäre. Wie bereits oben erwähnt, zielt diese Studie ausschließlich darauf ab, die Möglichkeiten und Grenzen des bisherigen OI3-Index sowie einen Weiterentwicklungsbedarf aufzuzeigen.

1.3 Veröffentlichung der Ergebnisse

Eine Veröffentlichung der Ergebnisse dieser Studie soll im Rahmen des Endberichts zum Forschungsvorhaben *Nachhaltigkeit Massiv* durch den Fachverband Steine - Keramik im Abstimmung mit dem Förderungsgeber erfolgen.

2 Gebäudebewertung

2.1 Grundsätzliche Vorbemerkungen zur Gebäudebewertung

Trotz vieler Unsicherheiten sind die Eckpfeiler der ökologischen Gebäudebewertung bei ISO und CEN bereits erkennbar. Dies umfasst im Wesentlichen eine ganzheitliche, lebenszyklusweite Betrachtung hinsichtlich ökologischer, ökonomischer sowie sozialer Aspekte auf Basis einer Lebenszyklusanalyse für gesamte Gebäude. Ein künftiger Gebäudebewertungsindex in Österreich sollte auf die schon jetzt erkennbaren Tendenzen Rücksicht nehmen, dargestellt in Abbildung 1, welche eine Gliederung der Lebenszyklusphasen eines Gebäudes in Anlehnung und die derzeitige prCEN/TS 15643-1 [3] zeigt.

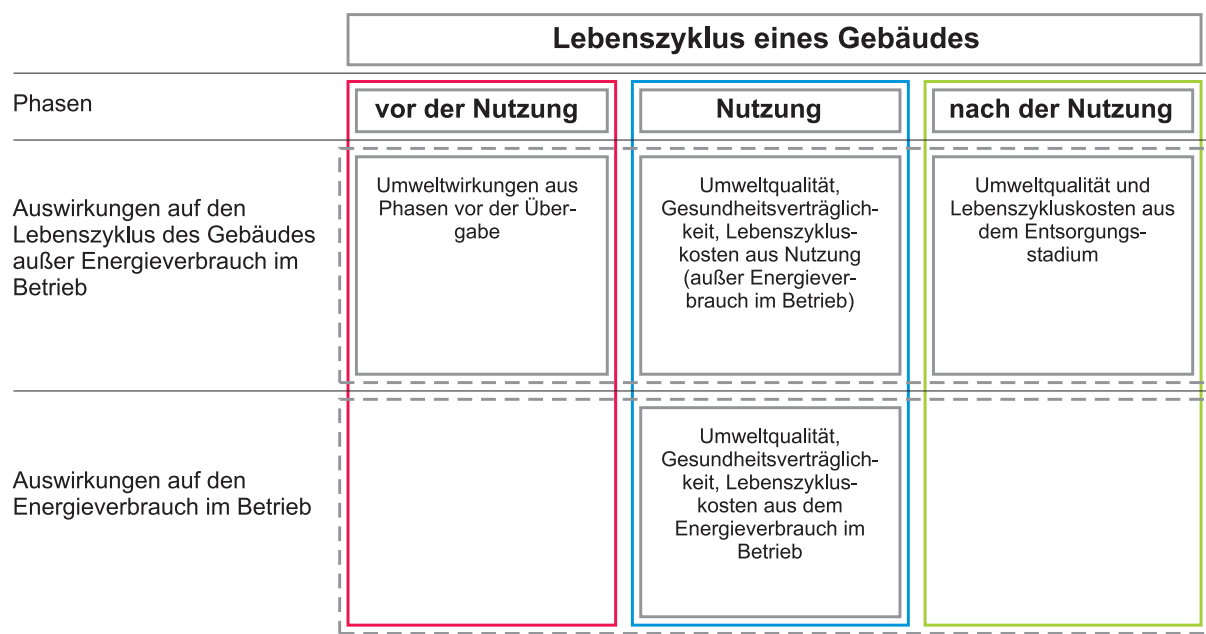


Abbildung 1: Gliederung der Lebenszyklusphasen in Anlehnung an prCEN/TS 15643-1

2.2 In Österreich gebräuchliche Bewertungsmodelle

2.2.1 Der OI3-Index

Im Jahr 2003 wurde vom Österreichischen Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO) [8], [11] im Auftrag des Landes Salzburg ein Bewertungsverfahren zur Berechnung der Umweltwirkungen während der Gebäudeerrichtung entwickelt. In weiterer Folge sollte dieser Wert ein Bewertungskriterium bei der Vergabe der Wohnbauförderung des Landes Salzburg darstellen.

Anforderungen

Um für den Einsatz im Rahmen der Wohnbauförderung geeignet zu sein, wurden einige Anforderungen festgelegt, denen das zu entwickelnde Modell zur Beurteilung der Ökokennzahlen

für die Errichtung eines Gebäudes entsprechen musste:

- Es sollte kaum Mehraufwand für die Berechnung der entsprechenden Kennzahlen entstehen.
- Eine Einzulangabe sollte die Grundlage für die Beurteilung der Umweltwirkungen bilden.
- Die wichtigsten Umweltwirkungen sollten erfasst werden.
- Das Ergebnis der Beurteilung sollte möglichst direkt proportional zu den voraussichtlich entstehenden Umweltwirkungen sein.

Um diese Anforderungen erfüllen zu können, sollte ein Bewertungstool entwickelt werden, das möglichst viele Wirkungskategorien der Umweltwirkungen zu einem Gesamtindikator zusammenfasst. Die Berechnung sollte keinen oder nur geringen zusätzlichen Aufwand bedeuten. Sie sollte zudem auf Basis von Unterlagen durchgeführt werden können, die bei der Einreichung um Wohnbauförderung ohnehin beigebracht werden müssen.

Bewertung

Das ursprüngliche Ziel, nur das Treibhauspotential der Errichtungsphase zu beurteilen, wurde bald zugunsten eines Modells, das auf der wirkungsorientierten Klassifizierung des CML¹ [7] basiert, aufgegeben. Aufbauend auf der ÖNORM EN ISO 14040 [15] wurde ein Bewertungsmodell aufgestellt, mithilfe dessen eine Art Ökobilanz für die Errichtung eines Gebäudes erstellt werden kann.

Zur Erstellung einer vollständigen Ökobilanz gemäß ÖNORM EN ISO 14040 [15] unter Einbeziehung der 3 Indikatoren des OI3-Index sind im Wesentlichen drei Schritte notwendig:

- Der erste Schritt beinhaltet die Erhebung der Stoff- und Energieflüsse (Inputs und Output), die bei der Erzeugung von Baustoffen und Bauprodukten erforderlich sind.
- Im zweiten Schritt werden diese unbewerteten Input- und Outputflüsse der Baustoffe und Bauprodukte auf Wirkungskategorien aufgeteilt und anschließend über Charakterisierungsmodelle zu Wirkungsindikator-Ergebnissen zusammengefasst.
- Erst im letzten Schritt erfolgt die Zuordnung der Wirkungsindikator-Ergebnisse der Baustoffe und Bauprodukte zu den im untersuchten Bauwerk eingesetzten Baukonstruktionen. Dazu müssen die Massen der eingesetzten Baumaterialien ermittelt werden, die in weiterer Folge mit den jeweiligen Wirkungsindikator-Ergebnissen verknüpft werden. Auf Basis von linearen Funktionen werden die ermittelten absoluten Zahlen der Wirkungsindikator-Ergebnisse gewichtet und auf die Konstruktionsfläche (KOF) bezogen. Abschließend wird der OI3-Index berechnet, der das arithmetische Mittel der untersuchten Wirkungskategorien darstellt.

Der OI3-Index stellt eine Einzulangabe dar, in der in Tabelle 1 dargestellten Wirkungskategorien berücksichtigt werden:

¹CML ... Centre of Environmental Science - Leiden University

Tabelle 1: Übersicht über die Indikatoren des OI3-Index

Wirkungskategorie	Charakterisierungsfaktor	Abkürzung	Wirkungsindikator
Klimaänderung	Treibhauspotential	GWP	kg CO ₂ - Äquivalente.
Versauerung	Versauerungspotential	AP	kg SO ₂ - Äquivalente
Primärenergieaufwendungen	Primärenergieinhalt n. e.	PEI n.e.	MJ - Äquivalente

Umrechnung auf OI3-Punkte

Die Umrechnung der Wirkungsindikator-Ergebnisse auf die gewichteten Ökoindikator-Werte OI_{GWP} , OI_{AP} und $OI_{PEI_{ne}}$ erfolgt auf Basis der in den Abbildungen 2 bis 4 dargestellten Umrechnungsfunktionen. Dabei werden jeweils obere und untere Grenzwerte des jeweiligen Wirkungsindikator-Ergebnisses festgelegt, für die 0 beziehungsweise 100 Ökoindikator-Punkte vergeben werden. Dazwischen wird linear interpoliert.

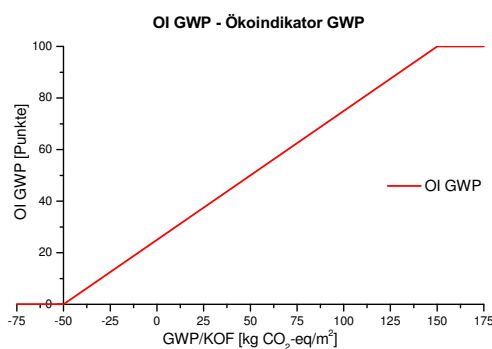


Abbildung 2: Umrechnungsfunktion des Treibhauspotentials auf den Ökoindikator OI_{GWP} (eigene Abbildung nach [11])

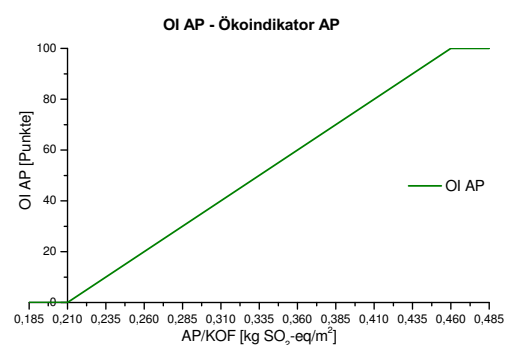


Abbildung 3: Umrechnungsfunktion des Versauerungspotentials auf den Ökoindikator OI_{AP} (eigene Abbildung nach [11])

Nach der Ermittlung der einzelnen Teilergebnisse erfolgt die Zusammenfassung zum OI3-Index. Dabei wird das arithmetische Mittel der drei ermittelten Ökoindikator-Punkte gebildet:

$$OI3 = 1/3 OI_{GWP} + 1/3 OI_{AP} + 1/3 OI_{PEI_{ne}}$$

Der ermittelte Wert OI3 stellt den OI3-Index dar. Der OI3-Index ist dimensionslos und bewegt sich innerhalb der Grenzen 0 (sehr geringe Umweltwirkungen) bis 100 (sehr hohe Umweltwirkungen).

Anwendung

Nachdem der OI3-Index erstmals im Rahmen der Wohnbauförderung des Landes Salzburg eingesetzt wurde, erkannten auch die Bundesländer Kärnten, Niederösterreich, Vorarlberg und Steiermark die Notwendigkeit, die in der Errichtungsphase eines Gebäudes verursachten Umweltwirkungen in die Kriterien der jeweiligen Wohnbauförderung aufzunehmen. Dazu wurde

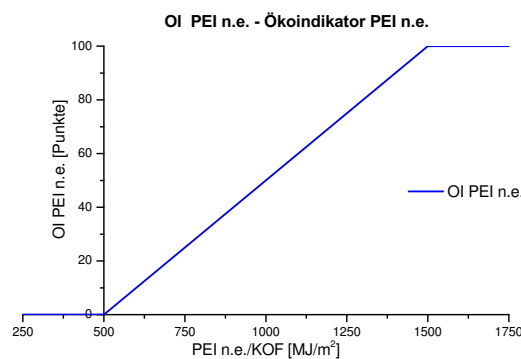


Abbildung 4: Umrechnungsfunktion des nicht erneuerbaren Primärenergieinhalts auf den Ökoindikator $OI_{PEI_{ne}}$ (eigene Abbildung nach [11])

jeweils der OI3-Index der thermischen Gebäudehülle und der Zwischendecken – entweder bezogen auf die Bruttogeschoßfläche (BGF) oder die Gebäudegeometrie (I_c) – herangezogen. Auch im Kriterienkatalog des Programms klima:aktiv haus des Umweltministeriums werden Punkte auf Basis des OI3-Index – hier ebenfalls bezogen auf die Bruttogeschoßfläche – vergeben. Je nach Bundesland und Wohnbauförderungsmodell werden die ermittelten Ergebnisse des OI3-Index unterschiedlich stark in die Bewertung der Förderungswürdigkeit der Gebäude miteinbezogen.

Die Beschränkung der Anwendung des OI3-Index in den Wohnbauförderungs-Modellen auf die Bauteile der thermischen Gebäudehülle und die Zwischendecken erfolgt aus Gründen der Praktikabilität, da die Daten der Gebäudehülle ohnehin für die Berechnung der Transmissionswärmeverluste benötigt werden. Im Rahmen der Berechnung des Heizwärmebedarfs (HWB) der Gebäude müssen die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile der thermischen Gebäudehülle berechnet werden. Über eine Verknüpfung mit Wirkungsindikator-Ergebnissen für die gebräuchlichsten Baustoffe und Bauprodukte kann im Zuge dieser Ermittlung des HWB-Werts vergleichsweise einfach der OI3-Index² berechnet werden.

2.2.2 TQ-Modell

Für den freien Markt ist seit 2001 ein integriertes Gebäudebewertungssystem TQ (Total Quality Bewertung)³ für den Neubau verfügbar, das einerseits als Checkliste für die Ermittlung von Planungszielen für das Gebäude dient und andererseits die Verwertung der Bewertungsergebnisse zu Marketingzwecken erlaubt.

Das Instrument der Total Quality Planung und Bewertung (TQ-Tool) wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit und des Lebensministeriums entwickelt und wird von der argeTQ⁴ betreut. Total Quality dokumentiert die Qualität eines Gebäudes von der Planung über den Bau

²IBO Datenbank derzeit in Verwendung von Ecosoft bzw. Öbox.

³vgl. <http://www.iswb.at>[28.11.2007]

⁴<http://www.argetq.at> [28.11.2007]

bis zur Nutzung im TQ-Gebäudezertifikat. Das Zertifikat ist das Endprodukt des integrierten TQ-Planungs- und Bewertungsprozesses (siehe [18]).

Eine nähere Betrachtung dieses Bewertungskonzepts ist nicht Gegenstand dieser Studie.

2.2.3 Ecoinvent

Eine der umfangreichsten Datenbanken für sogenannte „Ökoinventare“ stellt das Schweizer Zentrum für Ökoinventare (*ecoinvent*) mit der *ecoinvent*-Datenbank zur Verfügung [6]. Diese Datenbank umfasst mehr als 2700 Datensätze aus den Bereichen Baumaterialien, Chemikalien, Entsorgungsprozesse, Energie, Transport, Papier, Landwirtschaft etc., deren Daten hinsichtlich funktionaler Einheit und Systemgrenzen in einheitliche Form gebracht wurden [5]. Die Datensätze sind detailliert beschrieben, was dem Benutzer das Nachvollziehen der erhobenen Daten leicht möglich macht.

Die Wirkungsabschätzung wird mit Hilfe von Ökoinventaren basierend auf den Methoden von CML u.a. durchgeführt. Dabei werden die in der Sachbilanz erhobenen Material-, Stoff- und Energieflüsse mit Datensätzen verknüpft, in denen die jeweils erforderlichen Input- und Outputströme errechnet sind. In diesen Datensätzen erfolgt auch die Zuordnung der unbewerteten Input- und Outputströme zu Wirkungskategorien und durch die Verknüpfung mit Charakterisierungsmodellen die Ermittlung der Wirkungsindikatorergebnisse. Somit wird bei der Verwendung von Ökoinventaren ein Teil der Sachbilanz und die Wirkungsabschätzung in einem Schritt durchgeführt.

Problematisch bei einer Kombination verschiedener Datenbanken ist, dass diese häufig sehr uneinheitlich bezüglich der Erfassungskriterien, Qualitätsanforderungen und Datenformate sind [5]. Neben der Anzahl der in den Datenbanken abgebildeten Wirkungskategorien unterscheiden sich zudem vielfach auch die Systemgrenzen der abgebildeten Datensätze.

Beim Großteil der Sachbilanzen von Bauprodukten wird als zeitliche Bilanzgrenze „*cradle to gate*“ gewählt. Damit beinhaltet der Datensatz des jeweiligen Produkts sämtliche Umweltwirkungen, die bei dessen Herstellung anfallen - begonnen bei der Gewinnung der Rohstoffe über die in der Herstellungsphase des Produkts erforderlichen Transporte bis hin zu Energieaufwendungen und Abfallprodukte. Die anschließend erforderlichen Transporte vom Werk zur Baustelle sowie in der Rückbauphase des Bauwerks von der Baustelle zur Entsorgung sind in diesen Bilanzgrenzen ebenso wie die Stoff- und Energieflüsse, die direkt auf der Baustelle entstehen, nicht enthalten.

Für die Sachbilanz der Dienstleistungsprozesse - dazu zählt unter anderem auch die Versorgung mit Wärme, Wasser und Strom - werden Datensätze mit unterschiedlichen Bilanzgrenzen zur Verfügung gestellt. Je nach Anwendungsgebiet können dann die individuell passenden Datensätze ausgewählt werden. In dieser Studie wurden die Datensätze der Dienstleistungen mit der Bilanzgrenze des Endverbrauchers gewählt.

Während der Bearbeitung dieser Studie erfolgte ein Versionsupdate der *ecoinvent*-datenbank auf die Version 2.0, welche nicht mehr berücksichtigt werden konnte.

2.3 Überblick über die künftige Gebäudebewertung in der europäischen Normung

2.3.1 Intentionen des CEN/TC 350

Ziel der aktuellen Normungsaktivitäten des CEN/TC 350 ist es, eine gemeinsame Methodik zur ganzheitlichen Bewertung der Nachhaltigkeit von Bauwerken hinsichtlich ökologischer, ökonomischer und sozio-kultureller Aspekte über den gesamten Lebenszyklus, d.h. von der Rohstoffgewinnung über die Gebäudeerrichtung und -nutzung bis hin zur endgültigen Beseitigung, bereitzustellen. Die Nachhaltigkeitsaspekte sind dabei auf die funktionale und technische Leistung des Gebäudes zu beziehen.

Die allgemeinen Grundsätze und Anforderungen an die Beschreibungsmethodik, beispielsweise die Wahl der Systemgrenzen und Bewertungskategorien sowie das Kommunikationsformat in Form einer Umweltproduktdeklaration (EPD) gemäß ISO/FDIS 21930 [2], werden durch die künftige Normenreihe des CEN/TC 350 festgelegt. Mit den Ergebnissen der Gebäudebeschreibung sollen dem Nutzer die Umweltauswirkungen von Gebäuden in verständlicher Form dargestellt werden, um damit die Sinnhaftigkeit von ökologischen Verbesserungsmaßnahmen vermitteln zu können. Außerdem wird eine Optimierung der Lebenszykluskosten sowie eine Reduktion gesundheitsschädlicher Auswirkungen auf den Nutzer bzw. eine Erhöhung des Behaglichkeitsniveaus angestrebt. In der Abbildung 5 ist eine Übersicht über die relevanten Rahmendokumente dargestellt. Für die Gebäudebewertung nach ökologischen Gesichtspunkten wird künftig die prEN 15643-2 maßgebend sein.

prEN 15643-1: Sustainability of construction works - Integrated assessment of building performance - part 1: General framework		
environment	social	economic
prEN 15643-2: Sustainability of construction works - Integrated assessment of building performance - part 2: framework for assessment of environmental performance	prEN 15643-3: Sustainability of construction works - Integrated assessment of building performance - part 3: framework for assessment of social performance	prEN 15643-4: Sustainability of construction works - Integrated assessment of building performance - part 4: framework for assessment of economic performance

Abbildung 5: Übersicht - geplante Rahmendokumente des CEN/TC 350 - Stand Ende 2007

Wichtige methodische Grundsätze werden in insgesamt drei Arbeitsgruppen (WG) des CEN/TC 350 ausgearbeitet:

- WG 1 „Environmental Performance of Buildings“: Assessment of environmental performance of buildings - Calculation methods
- WG 2 „Building life cycle description“: Description of the building life cycle
- WG 3 „Products level“: Environmental product declarations - Product category rules, Communication formats, Methodology and data for generic data

Resümee

Der aktuelle Entwurf der prEN/TS 15643-1 [3] wurde in der Abstimmung 2007 nicht angenommen, statt dessen ist ein Schirmdokument vorgesehen, das den groben Rahmen unter Berücksichtigung aller 3 Dimensionen der Nachhaltigkeit vorgibt. Unterhalb dieses Schirmdokuments sind drei weitere europäische Normen vorgesehen, die den Rahmen für Ökologie, Ökonomie und Soziales vorgeben sollen. Darin sind wichtige Ansatzpunkte enthalten, die bei der Weiterentwicklung berücksichtigt werden sollten.

2.3.2 prEN/TS 15643-1

Die prEN/TS 15643-1 [3] legt die Rahmenbedingungen in Form von Grundsätzen, Anforderungen und Leitlinien zur Entwicklung der Normenserie zur Beschreibung der Nachhaltigkeit von Gebäuden fest. Sie stellt den ersten Teil eines Gesamtrahmens zur Beschreibung der integralen Qualität⁵ von Gebäuden dar und ist speziell auf die umweltbezogene Qualität, auf Gesundheitsverträglichkeit und das Behaglichkeitsniveau sowie auf Wirtschaftlichkeit der Lebenszykluskosten eines Gebäudes ausgerichtet. Außerdem wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die prEN/TS 15643-1 den analytischen, quantitativ beschreibenden Teil darstellt, d.h. es werden keine bewertenden Aussagen getroffen. Im Folgenden wird nur auf jene Inhalte des vorliegenden europäischen Normentwurfs näher eingegangen, die für die künftige ökologische Beschreibung von Gebäuden maßgebend sein werden.

Systemgrenze und Gliederung der Ergebnisse

- Der Lebenszyklus eines Gebäudes beginnt bei der Bedarfsprüfung und endet beim Abbruch und Entsorgung des Gebäudes.
- Die räumliche Systemgrenze des zu bilanzierenden Gebäudes umfasst sämtliche grundstückszugehörigen Bauwerke, d.h. Außenanlagen sowie Zufahrtsstraßen sind zu berücksichtigen.
- Unberücksichtigt bleiben jene Geräte, die nicht als Teil eines Gebäudes angesehen werden können.

Sachbilanzkategorien

- Erschöpfung nicht erneuerbarer Ressourcen außer Primärenergie;
- Nutzung erneuerbarer Ressourcen außer Primärenergie;
- Erschöpfung nicht erneuerbarer Primärenergien;
- Nutzung erneuerbarer Primärenergien;
- Nutzung von Frischwasserressourcen;
- Sonderabfälle zur Beseitigung;
- Andere Abfälle zur Beseitigung.

Anmerkung: Trotz Energieinhalt sind nur stofflich genutzte Baustoffe bzw. -produkte (z.B. Holz oder Kunststoffe) entweder der Kategorie „Erschöpfung nicht erneuerbarer Ressourcen außer Primärenergie“ oder „Nutzung erneuerbarer Ressourcen außer Primärenergie“ zuzuordnen.

⁵Das englische Wort *performance* wird hier mit Qualität übersetzt

Voraussichtliche zur Anwendung kommende Wirkungskategorien

- Klimaänderung (GWP);
- Stratosphärischer Ozonabbau (ODP);
- Versauerung von Wasser und Boden (AP);
- Überdüngung (EP);
- Photooxidantienbildung (POCP).

Die Wirkungskategorien „Terrestrische und aquatische Ökotoxizität (TETP bzw. AETP)“ und „Humantoxizität (HTP)“ sowie der Wirkungskategorie „Landnutzung (Land Use)“ bleiben vorerst aufgrund des fehlenden wissenschaftlichen Konsens unberücksichtigt.

Vorläufige Kategorien der Gesundheitsverträglichkeit und Behaglichkeit

- Behaglichkeitsniveau in Bezug auf Luftfeuchtigkeit und Temperatur;
- Qualität der Innenraumluft;
- Lüftungsbedingungen;
- Behaglichkeitsniveau in Bezug auf die akustischen Bedingungen und Lärm;
- Behaglichkeitsniveau in Bezug auf die Beleuchtung (natürliche und künstliche Beleuchtung);
- Qualität des Trinkwassers;
- Äußere Umgebung (innerhalb der Grundstücksfläche).

2.4 Kriterienraster zur Gebäudebewertung auf Basis aktuellen CEN-Entwürfe

In diesem Kapitel wird die Übereinstimmung der in der Wohnbauförderung zur Anwendung kommenden Gebäudebewertungsmethode, des OI3-Index, mit den künftigen europäischen Anforderungen aufgezeigt, um daraus Ansatzpunkte zur Anpassung an die europäischen Rahmenbedingungen ableiten zu können. Es erfolgt eine rein qualitative Beschreibung des erforderlichen Erweiterungsbedarfs des OI3-Index anhand eines allgemein gültigen Kriterienrasters basierend auf den wesentlichen Inhalten der prEN/TS 15643-1 [3] (siehe Abbildung 6).

Im Hinblick auf die künftigen Anforderungen einer lebenszyklusweiten ökologischen Gebäudebeschreibung muss eine Vielzahl an geeigneten Modellen zur Eingangsdatenermittlung auf Sachbilanzebene entwickelt werden, um eine vollständige Bewertung eines Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus bewerkstelligen zu können. Besonders von Bedeutung sind jene Modelle, die zur Vorhersage der voraussichtlichen Lebensdauer von Bauprodukten bzw. Bauteilen sowie zur Erfassung der transportbedingten Umweltwirkungen von Bauprodukten geeignet sind.

Ebenso wird eine Adaptierung bestehender Datenbanken notwendig sein, um eine vollständige Berechnung der künftig geforderten Sachbilanzergebnisse sowie der festgelegten ökologischen Indikatorergebnisse durchführen zu können.

		Errichtungsphase			Nutzungsphase			Rückbauphase		
		Ökologie	Soziales	Ökonomie	Ökologie	Soziales	Ökonomie	Ökologie	Soziales	Ökonomie
Leistungs- bereiche nach ÖN B 1801-1	Rohbau									
	Technik									
	Ausbau									
	Außenanlagen									
	Transporte									
Betrieb	Haushaltsstrom									
	Endenergiebedarf									
	Wasser									
	Abwasser									

Abbildung 6: Allgemeiner Kriterienraster in Anlehnung an CEN/TC 350 bzw. ÖNORM B 1801-1 [1]

3 Vergleichende Analyse

3.1 Wohnbauprojekte

Auf den folgenden Seiten findet sich eine Beschreibung der in [13] untersuchten Wohnhausanlagen, die von zwei gemeinnützigen Bauträgern zur Verfügung gestellt wurden. Aus Gründen der Vertraulichkeit sind diese hier nur in anonymisierter Form dargestellt.

Die Auswahl der Gebäude erfolgte auf Grundlage bestimmter Kriterien:

- Wohnungsanzahl: 10-15 Wohneinheiten je Anlage
- Tragstruktur: je ein Gebäude in Massiv- und Holzmischbauweise
- Projektunterlagen: Massenauszüge mussten vorhanden sein

Tabelle 2 zeigt die ausgewählten Wohnhausanlagen.

Tabelle 2: Übersicht über die untersuchten Wohnhausanlagen

Wohnhausanlage	Bauweise	Wohnungsanzahl
1. Projekt W	Massivbauweise	10 Wohnungen
2. Projekt N	Holzmischbauweise	12 Wohnungen

Die zur Beschreibung der untersuchten Wohnhausanlagen erforderlichen Angaben wurden aus den beigegebenen Unterlagen entnommen. Auf die allgemeinen Projektinformationen folgt jeweils eine genauere Darstellung der Konstruktion des Gebäudes und des haustechnischen Systems.

3.1.1 Projekt W

Allgemeines

Das Projekt W umfasst zehn Mietkaufwohnungen und wird in der Gemeinde W errichtet. Es soll bis September 2008 fertiggestellt sein. Die Abbildung 7 zeigt den Lageplan und eine Kurzbeschreibung.

Die Wohnhausanlage besteht aus einem Gebäude mit rechteckigem Grundriss (ca. 10 x 49 m), dessen Längsachse Richtung Nordwesten orientiert ist. An der südwest-seitigen Hauptfassade stehen kleine Gärten für die Mieter der Erdgeschoßwohnungen zur Verfügung. Das Gebäude ist an der Rückseite großteils über ein innenliegende Stiegenhaus erschlossen. Die Ausnahme bilden dabei zwei Maisonettenwohnungen, bei denen der Zugang direkt von der Zufahrtsstraße aus erfolgt. Die Zufahrt auf das Grundstück erfolgt aus Südosten, die Parkplätze sind im Nordwesten angeordnet, wodurch eine Zufahrtsstraße erforderlich ist, die an der Rückseite des Gebäudes verläuft.

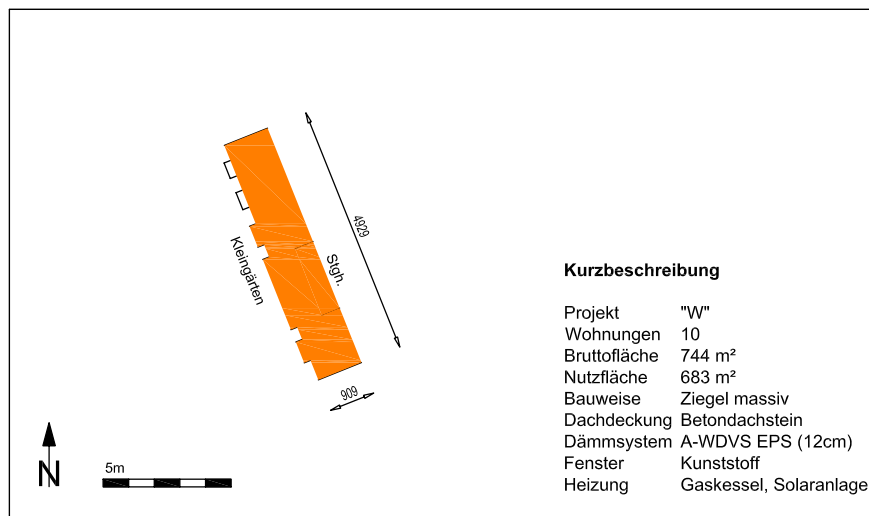


Abbildung 7: Übersichtsskizze Projekt W

Die auf zwei Geschosse aufgeteilten zehn Wohneinheiten der Anlage mit einer Größe von jeweils 51 bis 90 m² weisen eine gesamte Wohnnutzfläche von 685 m² auf. Die Wohnhausanlage verfügt über jeweils vier Zwei- und Dreizimmerwohnungen, sowie über zwei Maisonettenwohnungen mit vier Zimmern. Das Gebäude ist auf ca. 25 % seiner Fläche unterkellert. In diesem Kellergeschoß sind ausschließlich Funktionsräume und die Kellerabteile der Wohnungen untergebracht. Die erforderlichen Fahrzeugabstellplätze werden in Form von flugdachtartigen Garagen (Holzkonstruktion) zur Verfügung gestellt.

Konstruktion

Die tragende Struktur des Projekt W besteht im Wesentlichen aus einem in Ortbetonbauweise errichteten Kellergeschoß und zwei Obergeschossen mit Wänden aus Hochlochziegeln und Decken aus Ortbeton. Die Zwischenwände sind in Gipskarton-Ständerbauweise geplant.

Als Wärmedämmung wurde ein Wärmedämmverbundsystem mit 12 cm expandiertem Polystyrol als Dämmstoff – mit einer Deckschicht aus mineralischem Silikatputz – ausgewählt. Bei stärker beanspruchten Bauteilen wie zum Beispiel dem Sockelbereich wird einerseits extrudiertes Polystyrol als Dämmstoff verwendet und andererseits eine zweite Lage Textilglasgitter eingelegt. Als Fenster kommen Kunststofffenster zum Einsatz, die mit Außenjalousien aus Aluminium verschattet werden können.

Das Dach ist ein 35° geneigtes Satteldach mit einer Dachdeckung aus Betondachsteinen. Der darunterliegende Dachraum wird nicht ausgebaut.

Haustechnik

Als Heizsystem kommt eine Gas-Zentralheizung zum Einsatz, mit der Heizwärme und Warmwasser bereitgestellt werden. Unterstützt wird die Zentralheizung durch eine thermische Solaranlage mit einer Fläche von 50 m², die in erster Linie zur Warmwasserbereitung verwendet

wird. Es steht ein Pufferspeicher mit einem Volumen von 2500 l zur Verfügung, um die, gewonnene Energie der Solaranlage speichern zu können. Die Wärmeabgabe in den Räumen erfolgt mit Radiatoren, die mit Thermostatventilen reguliert werden können.

Der standortbezogene spezifische Heizwärmebedarf⁶ der Wohnhausanlage beträgt 49 kWh/m²a, der spezifische Endenergiebedarf⁷ 68 kWh/m²a.

3.1.2 Projekt N

Allgemeines

Diese gerade in Bau befindliche Wohnhausanlage umfasst zwölf Wohneinheiten. Die Fertigstellung der Anlage, die aus zwei Häusern besteht, ist für September 2008 geplant. Die Abbildung 8 zeigt den Lageplan und eine Kurzbeschreibung. Die zwölf Wohneinheiten setzen sich aus je sechs Wohnungen mit drei Zimmern zu 78 m² und sechs Wohnungen mit vier Zimmern zu 90 m² zusammen.

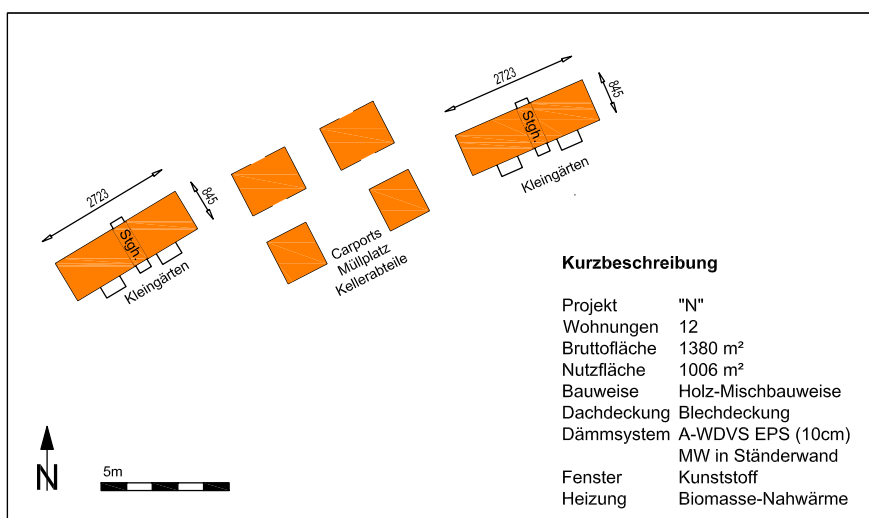


Abbildung 8: Übersichtsskizze Projekt N

Beide – grundsätzlich identischen, nebeneinander angeordneten – dreigeschoßigen Baukörper weisen jeweils eine Bruttogeschoßfläche von 690 m² auf. Die Grundrisse sind rechteckig (ca. 27 x 9 m) und Richtung Süd-Südosten orientiert, der Eingang in die Gebäude befindet sich an deren Nordseite.

Die Zufahrt zu den zwischen den beiden Baukörpern liegenden Carports erfolgt aus Süden. Bei den Carports werden auch die Technikzentrale der Heizungsanlage und Abstellräume für jede der zwölf Wohnungen untergebracht, weshalb eine Unterkellerung der Gebäude hinfällig ist.

⁶gemäß ÖNORM B 8110-6

⁷Entspricht den um die Verluste der haustechnischen Anlage bzw. um die Erträge aus Solaranlagen oder Wärmepumpen erweiterten Nutzenergiebedarf

Konstruktion

Die beiden nicht unterkellerten Gebäude werden in Holzmischbauweise errichtet. Die Gründung erfolgt auf einer 30 cm starken Fundamentplatte. Die Tragstruktur des Gebäudes ist eine Holzleichtkonstruktion mit Geschoßdecken aus Brettsperrholz. Als oberste Geschoßdecke ist – im Unterschied zu den Zwischendecken – eine Balkendecke vorgesehen. Der darüberliegende Dachraum wird nicht ausgebaut. Das mit 7° geneigte Pultdach wird mit Blech eingedeckt.

Die Wärmedämmung der Wände wird einerseits in der Tragebene (20 cm Mineralwolle-dämmung) und zusätzlich an der Außenseite als Wärmedämmverbundsystem (10 cm expandiertes Polystyrol) angebracht. Die Stiegenhauswände bestehen aus einem tragenden Kern aus 17,5 cm Stahlbeton (stiegenhausseitig) und einer vorgesetzten Holzriegelkonstruktion.

Als Fenster wurden Kunststofffenster mit Außenjalousien aus Aluminium gewählt.

Haustechnik

Die Heizungsanlage dieser Wohnhausanlage ist an die Fernwärme angeschlossen. Die Wärme wird über eine Hausübergabestation an das interne Zweileiternetz abgegeben, über Wohnungsübergabestationen wird Warmwasser und Heizwärme für die einzelnen Wohneinheiten bereitgestellt. An diesem Standort wird jedoch Biomasse-Nahwärme als Energieträger eingesetzt. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurde auch hier eine Gas-Zentralheizung für die Berechnung angenommen. Deshalb ist der Einsatz einer thermischen Solaranlage, die für den Erhalt von Wohnbauförderung sonst ein Muss-Kriterium darstellt, nicht erforderlich.

Bei dem Projekt N steht ein standortbezogener spezifischer Heizwärmebedarf von 36 kWh/m²a einem spezifischen Endenergiebedarf von 69 kWh/m²a gegenüber.

3.2 Ermittlung - OI3-Kennzahlen

In diesem Kapitel werden für die zwei bei der „steiermärkischen Wohnbauförderung“⁸ eingereichten Wohnbauprojekte (siehe Kapitel 3.1.1 und 3.1.2) der OI3-Index mit den Ökobilanzdatenbanken IBO⁹ bzw. *ecoinvent* (siehe Kapitel 2.2.3) berechnet. Hiermit soll der Einfluss von generischen Datensätze auf die OI3-Ergebnisse durch Vergleich der beiden Berechnungen Kennzahlen bzw. Dominanzanalysen aufgezeigt werden. Aufbauend auf diesen Ergebnissen werden Schlussfolgerungen gezogen und Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Datenqualität abgegeben.

Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

1. Erhebung der Materialflüsse in der Errichtungsphase des Gebäudes mittels eingereicherter Projektunterlagen;

⁸Zur Erlangung von Öko2 - Bonuspunkten für Geschossbau bzw. Wohnbauschek ist die Eruiierung des OI3 - Indexes erforderlich - siehe auch <http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/beitrag/10480159/277597/>; [17.10.2007].

⁹Mit IBO werden die Berechnungen des OI3-Index mittels Ecosoft bezeichnet.

2. Zuordnung der erhobenen Materialflüsse zu den jeweiligen Wand-, Decken- bzw. Dachaufbauten;
3. Verknüpfung mit den Ökobilanzdatensätzen;
4. Berechnung der OI3-Kennzahlen;
5. Auswertung der Ergebnisse durch Vergleich der OI3-Kennzahlen bzw. Dominanzanalysen.

Die Abbildung 9 zeigt den allgemeinen Kriterienraster für OI3-Berechnung und den hier erfolgten Berechnungen, basierend auf Abbildung 6. Die mit einem Haken versehenen Kästchen werden im Zuge der OI3-Index-Berechnung teilweise berücksichtigt.

		Errichtungsphase			Nutzungsphase			Rückbauphase		
		Ökologie	Soziales	Ökonomie	Ökologie	Soziales	Ökonomie	Ökologie	Soziales	Ökonomie
Leistungs- bereiche nach ÖN B 1801-1	Rohbau	✓								
	Technik									
	Ausbau	✓								
	Außenanlagen									
	Transporte									
Betrieb	Haushaltsstrom									
	Endenergiebedarf									
	Wasser									
	Abwasser									

✓ ... vom OI3-Index teilweise erfasst

Abbildung 9: Kriterienraster für OI3-Berechnung

3.3 Zusammenstellung - OI3-Kennzahlen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der ökologischen Bewertung zuerst für das Wohngebäude in Projekt W und darauf folgend für jenes in Projekt N erläutert. Eingangs werden die ökologischen Kennwerte für die Kategorie „nicht erneuerbare Primärenergie (PEI n.e.)“ bzw. für die Wirkungskategorien „Klimaänderung (GWP)“ und „Versauerung (AP)“ sowie die berechneten OI3-Kennwerte dargestellt. Dabei werden die ermittelten OI3-Kennwerte auf unterschiedlichen Aggregationsebenen verglichen, um die für das Endergebnis „OI3-Punkte“ relevanten Einflussfaktoren bestimmen zu können.

Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

1. Berechnung der OI_{TGH} -Punkte der thermische Gebäudehülle;
2. Berechnung der $OI_{TGH,lc}$ -Punkte durch Aggregation der OI_{TGH} -Punkte;
3. Berechnung der OI3-Punkte.

Abschließend werden zur Verdeutlichung des Einflusses der Datenqualität auf die Ergebnisse der ökologischen Bewertung die signifikanten Parameter mittels Dominanzanalysen identifiziert.

3.3.1 Projekt W

Die unaggregierten Ergebnisse der ökologischen Bewertung der thermischen Gebäudehülle sind in Tabelle 3 ersichtlich. In Abbildung 10 werden die prozentualen Abweichungen der unaggregierten Ergebnisse gegenübergestellt. Der Vergleich zeigt, dass die mit der IBO-Datenbank berechneten Kennwerte¹⁰ zwischen 8 bis 28 % höher sind als jene, die mit der *ecoinvent*-Datenbank berechnet wurden.

Tabelle 3: Ökologische Kennwerte - Projekt W

Kategorie	Einheit	IBO	<i>ecoinvent</i>
PEI n.e.	MJ-Äquiv.	1.770.000	1.628.000
GWP	kg CO ₂ -Äquiv.	149.000	138.000
AP	kg SO ₂ -Äquiv.	594	429

OI3-Kennwerte

Als erster Schritt wurde mit den oben angeführten ökologischen Kennwerten die OI_{TGH} -Punkte für die thermische Gebäudehülle berechnet.

Die Ergebnisse sind in der Abbildung 11 dargestellt. Deutlich erkennbar ist bei Vergleich der Punkteanzahl in der Kategorie „ OI_{TGH} -AP“ der sensitive Einfluss im Zuge der durchgeführten Aggregation. Der Unterschied in den anderen Kategorien entspricht ungefähr der gleichen Größenordnung wie auf unaggregierter Ebene (siehe Abbildung 10).

Die Sensitivität der Aggregation zeigt sich anhand des Indikator AP, wie aus dem Vergleich der Abbildungen 10 und 11 erkennbar wird: Nach erfolgter Aggregation schlägt der Indikator AP wesentlich deutlicher durch, als vor der Aggregation.

¹⁰Mit IBO werden die Berechnungen des OI3-Index mittels Ecosoft bezeichnet.

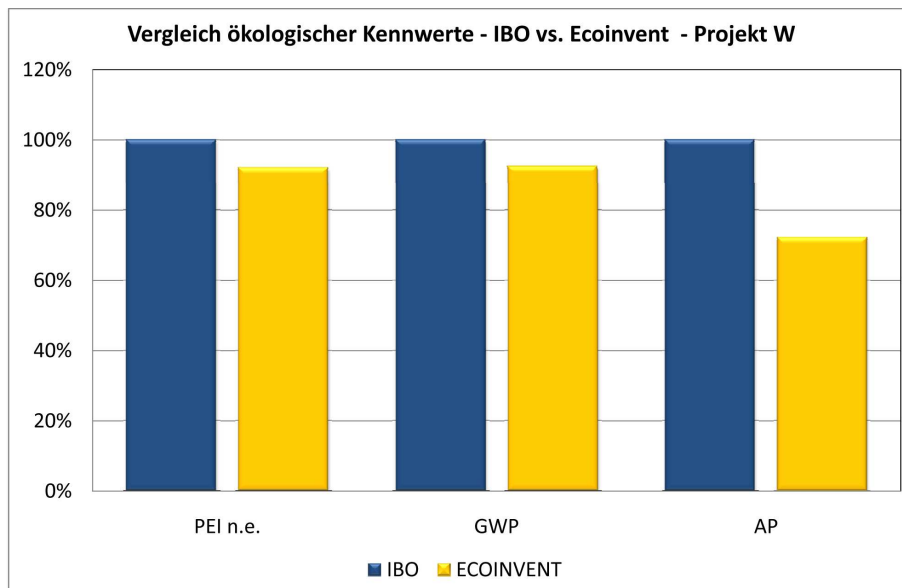


Abbildung 10: Unaggregierte ökologische Kennwerte - Projekt W

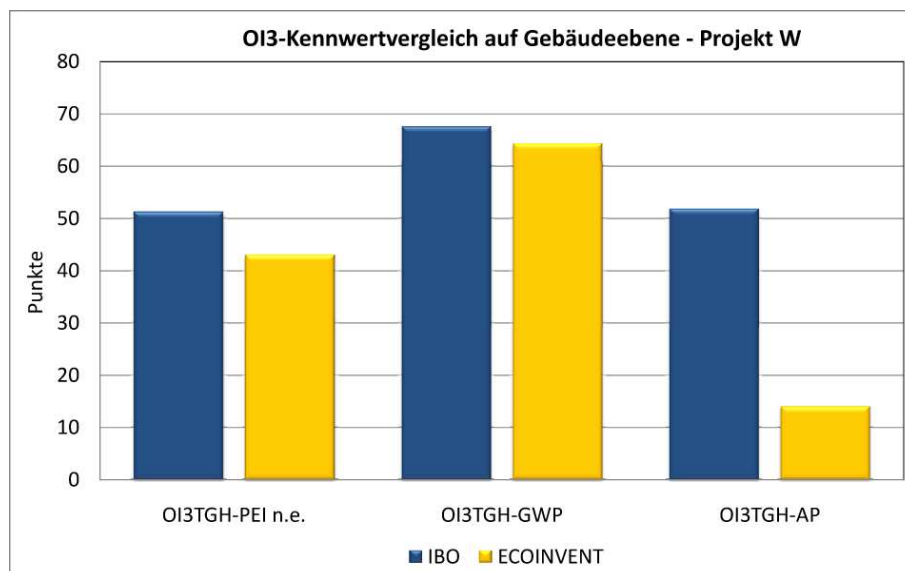


Abbildung 11: OI3-Kennwerte auf Gebäudeebene - Projekt W

Im zweiten Arbeitsschritt wurden die $OI_{TGH,lc}$ -Punkte durch Aggregation der zuvor geschilderten OI_{TGH} -Punkte berechnet. Der $OI_{TGH,lc}$ -Kennwert hängt von der charakteristischen Gebäudelänge l_c ab, die eine Verhältniszahl zwischen beheiztem Bauwerksvolumen V_B und wärmeübertragender Umfassungsfläche A_B darstellt.

In der Abbildung 12 sind die mit IBO bzw. *ecoinvent* ermittelten $OI_{TGH,lc}$ -Punkte gegenübergestellt. Der mit der Datenbank *ecoinvent* berechnete Kennwert ist dabei um fast 30 % niedriger.

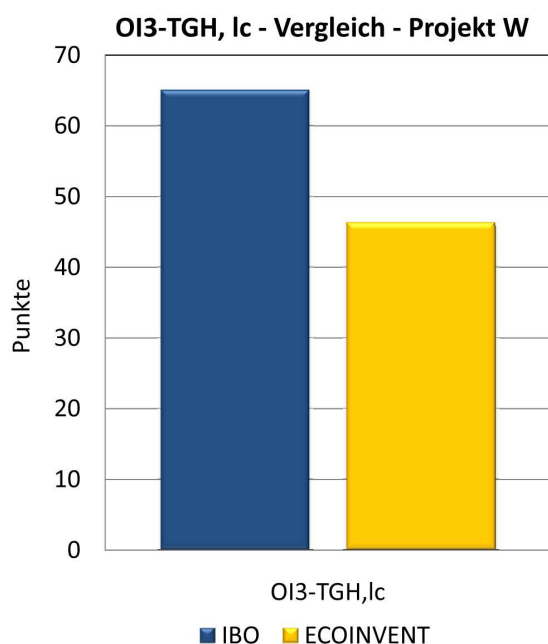


Abbildung 12: $OI_{TGH,lc}$ - Projekt W

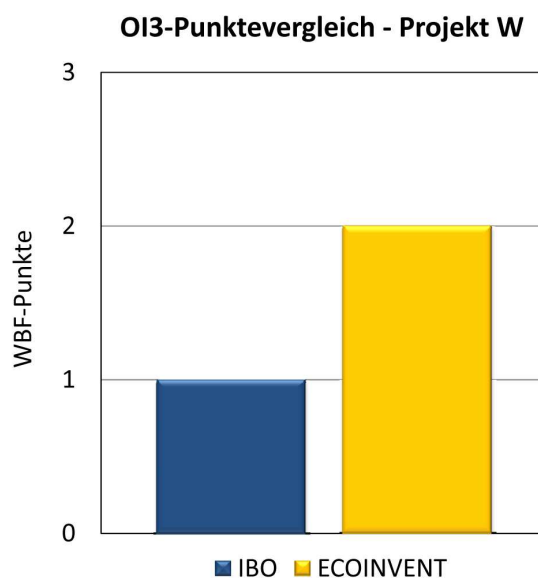


Abbildung 13: OI3-Punkte - Projekt W

Im letzten Arbeitsschritt wurden mittels der zuvor errechneten $OI_{TGH,lc}$ -Punkte die OI3-Punkte gemäß den Kriterien im geförderten Wohnbau der ökologischen Wohnbauförderung in der Steiermark ermittelt.

Die Abbildung 13 zeigt, dass für dasselbe Wohngebäude aufgrund der Ökobilanzierung mit *ecoinvent*-Datenbanken im Vergleich eine doppelt so hohe „ÖKO 2“-Zusatzförderung¹¹ lukriert werden könnte, d.h. 20 € statt 10 €/m².

Einfluss Datenqualität - Projekt W

In diesem Kapitel wird der Einfluss der Datenqualität durch Identifikation signifikanter Parameter mittels Dominanzanalysen näher erläutert.

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die Kategorie „nicht erneuerbare Primärenergie (PEI n.e.)“ bzw. für die Wirkungskategorien „Klimaänderung (GWP)“ und „Versauerung (AP)“ explizit dargestellt. Die Werte der einzelnen Bauteile sind im Rahmen der Dominanzanalyse auf jeweils 100% normiert, d.h. die Balken *IBO* und *ecoinvent* sind in deren Größe nicht miteinander vergleichbar!

¹¹siehe auch <http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/beitrag/10236659/277597/> [17.11.2007]

Dominanzanalyse - PEI n.e.

Die Ergebnisse der Analyse für die Kategorie „nicht erneuerbare Primärenergie (PEI n.e.)“ sind in der Abbildung 14 dargestellt. Die signifikanten Parameter sind die Bauteile mit der Bezeichnung „Boden gegen Erdreich“, „Decke gegen Dachraum massiv“, „Außenwand HLZ 25+WDVS“, „Fenster“ und „Wohnungstrenndecke“. Diese machen in Summe ca. 80 % der verbrauchten nicht erneuerbaren Primärenergie (PEI n.e.) aus. Die maßgebenden Positionen stellen dabei sämtliche zementgebundene Bauprodukte, die Bewehrung, der Hochlochziegel, die expandierten Polystyrolplatten bzw. die Elastomerbitumenbahnen sowie der Fenster-Kunststoffrahmen dar.

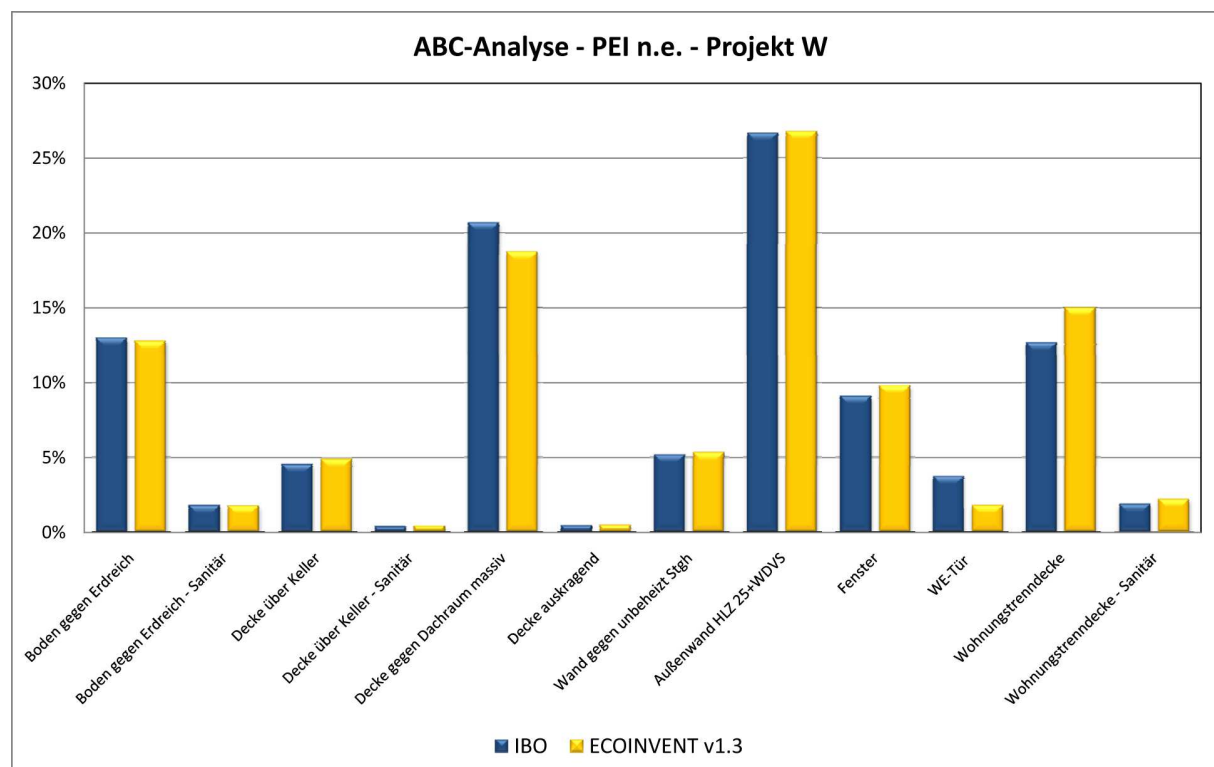


Abbildung 14: ABC-Analyse - PEI n.e. - Projekt W

Dominanzanalyse - GWP

In Abbildung 15 sind die Ergebnisse der Analyse für die Wirkungskategorie „Klimaänderung (GWP)“ dargestellt. Es zeigt sich, dass die Bauteile mit der Bezeichnung „Boden gegen Erdreich“, „Decke gegen Dachraum massiv“, „Außenwand HLZ 25+WDVS“ und „Wohnungstrenndecke“ einen Anteil von ca. 75 % am Indikatorwert GWP besitzen.

Die mit der *ecoinvent*-Datenbank berechneten und vergleichsweise besseren OI3-Kennwerte resultieren hauptsächlich aus den ökologisch günstigeren Kennwerten der Datensätze für die Bauprodukte Stahlbetondecke, Estrich, expandierte Polystyrolplatte und Fenster-Kunststoffrahmen.

Nachteilig auf das mit *ecoinvent* berechnete Ergebnis wirkt sich nur der ökologische Kennwert des Datensatzes zementgebundener Polystyrolbeton aus, da vermutlich beim IBO-Datensatz das Polystyrol ohne Umweltwirkungen bilanziert wird. Ebenso ist der *ecoinvent*-Datensatz für

das Bauprodukt „Hochlochziegel“ nur bei diesem Indikator im Vergleich zum IBO-Datensatz um ca. 20 % schlechter.

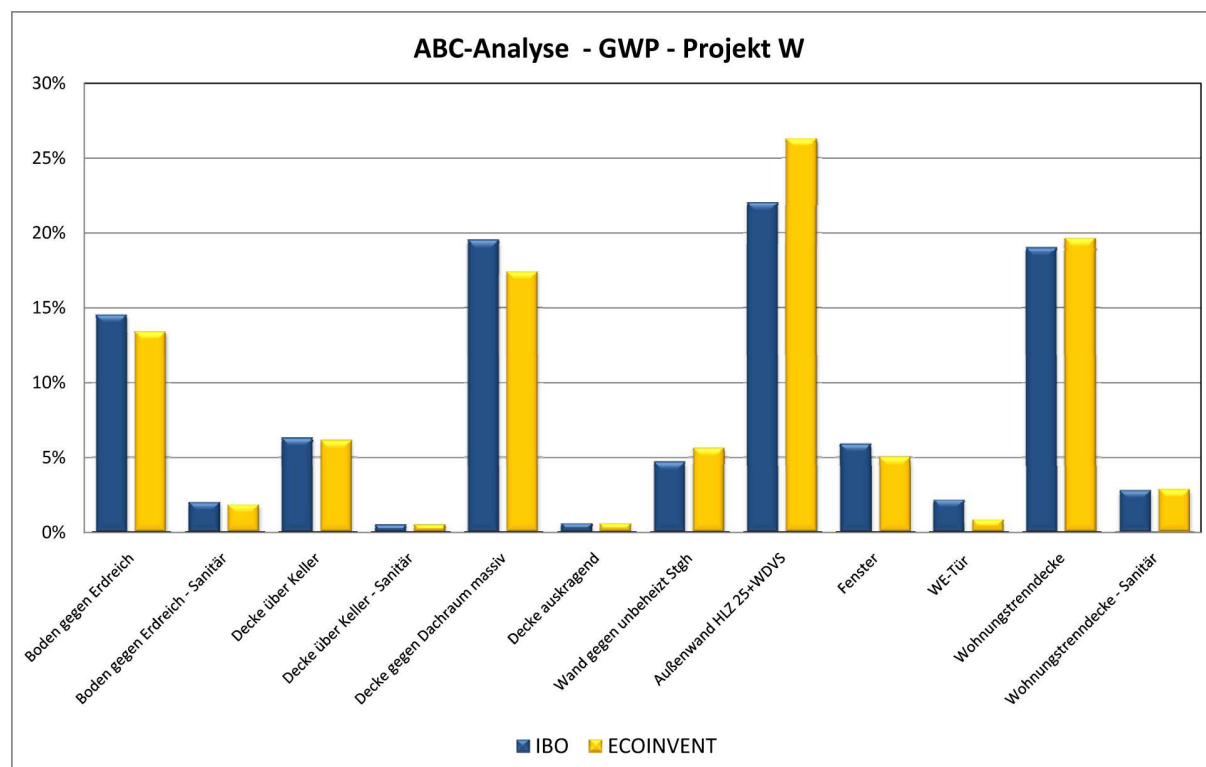


Abbildung 15: ABC-Analyse - GWP - Projekt W

Dominanzanalyse - AP

Abbildung 16 zeigt die Ergebnisse der Analyse für die Wirkungskategorie „Versauerung (AP)“. Die signifikanten Parameter stimmen mit jenen von der Kategorie „nicht erneuerbare Primärenergie (PEI n.e.)“ überein, d.h. die Bauteile mit der Bezeichnung „Boden gegen Erdreich“, „Decke gegen Dachraum massiv“, „Außenwand HLZ 25+WDVS“, „Fenster“ und „Wohnungstrenndecke“ haben in Summe einen Anteil von ca. 80 % am Indikatorwert AP.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass beim Vergleich der relativen prozentualen Anteile beim Indikator AP zwischen der Datenbank IBO und *ecoinvent* kaum nennenswerte Unterschiede erkennbar sind. Beim direkten Vergleich der IBO-Datensätze mit jenen von *ecoinvent* auf Bauproduktebene wirken sich die vergleichsweise hohen ökologischen Kennwerte bei den zementgebundenen Bauprodukten mit Ausnahme des zementgebundenen Polystyrolbetons, der expandierten Polystyrolplatte und des Fenster-Kunststoffrahmens besonders negativ auf die ökologische Bewertung mittels OI3-Index aus (siehe Abbildung 11, S. 27).

Resümee - Projekt W

Bei der gesamten ökologischen Bewertung des Wohngebäudes in Projekt W (Massivbauweise) mittels OI3-Index zeigt sich der signifikante Einfluss der Datenqualität auf das Bewertungsergebnis. Die *ecoinvent*-Datenbank weist im Vergleich zur IBO-Datenbank besonders bei zementgebundenen Bauprodukten mit Ausnahme des zementgebundenen Polystyrolbetons, der

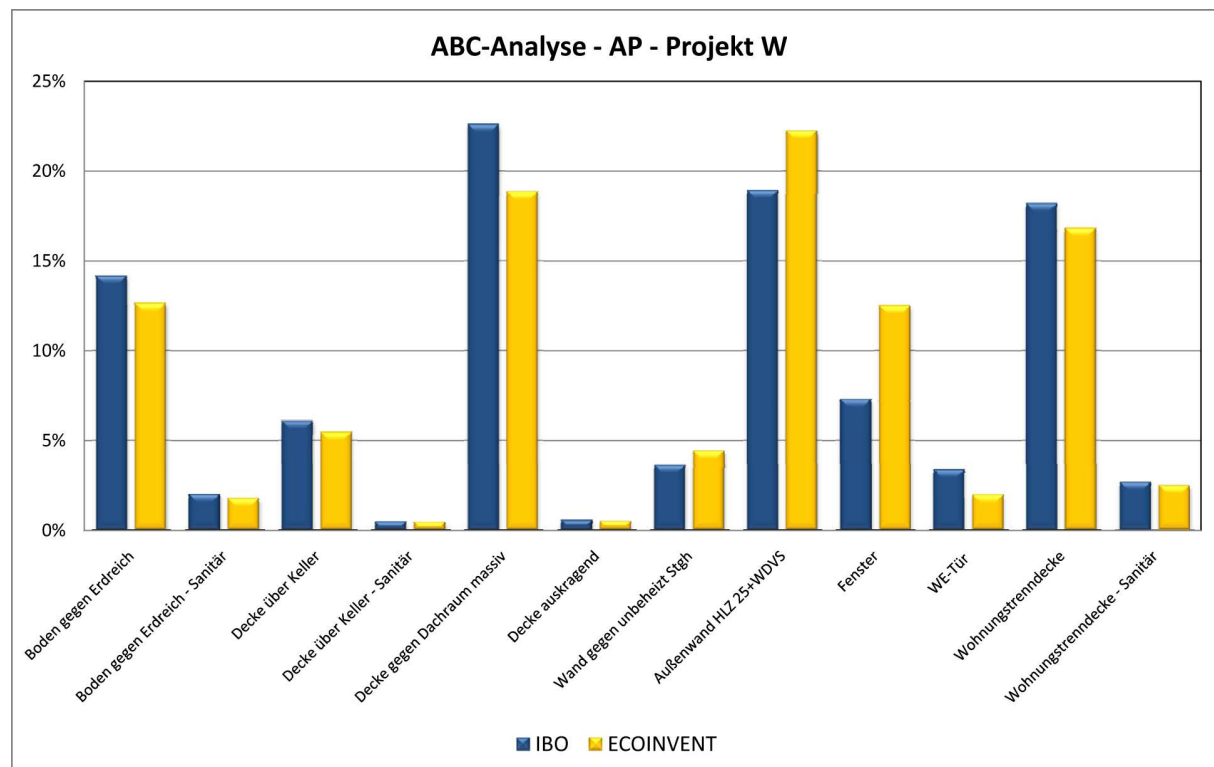


Abbildung 16: ABC-Analyse - AP - Projekt W

expandierten Polystyrolplatte und dem Fenster-Kunststoffrahmen wesentlich niedrigere Kennwerte aus. Durch den Umstand, dass die IBO-Datenbank nur ökologische Kennwerte für einen CEM I (mind. 95 % Klinkeranteil) ausweist, muss vermutet werden, dass dieser bei der Ökobilanzierung von zementgebundenen Bauprodukten herangezogen wird. Dies führt im Vergleich zu einem CEM II/A-S (mind. 80 % Klinkeranteil) zu deutlich höheren Kennwerten.

Bei der Berechnung des OI3-Index mittels *ecoinvent* wurde aber ein CEM II zugrunde gelegt, da in Österreich im Gegensatz zu Deutschland und Schweiz hauptsächlich ein CEM II produziert wird, welcher aufgrund der Zugabe von Zumahlstoffen einen durchschnittlichen Klinkeranteil von ca. 78 % (Mittelwert aus der Jahresproduktion von 2004 [16]) aufweist.

Ebenso wird eine genauere Ursachenanalyse bezüglich der expandierten Polystyrolplatte bzw. des Fenster-Kunststoffrahmens aufgrund der alleinigen Angabe von Absolutwerten in der IBO-Datenbank ohne genauere Beschreibung der zugrunde gelegten Produktionsdaten unterbunden.

3.3.2 Projekt N

Die unaggregierten Ergebnisse der ökologischen Bewertung der thermischen Gebäudehülle sind in der Tabelle 4 angeführt.

Der Vergleich zwischen den IBO- und *ecoinvent*-Kennwerten in Abbildung 17 zeigt, dass die mit der IBO-Datenbank berechneten Kennwerte in der Kategorie „nicht erneuerbare Primärenergie (PEI n.e.)“ um 10 % und in der Wirkungskategorie „Versauerung (AP)“ um 38 % höher sind.

Im Gegensatz dazu ist der mit der *ecoinvent*-Datenbank berechnete Kennwerte der Wirkungskategorie „Klimaänderung (GWP)“ um 265 % höher als jener, der mit der IBO-Datenbank berechnet wurde. Dies ist auf die CO₂-neutrale Bilanzierung von Holzprodukten in der *ecoinvent*-Datenbank zurückzuführen, wohingegen in der IBO-Datenbank der im Holz gebundene CO₂-Gehalt gutgeschrieben (negativer Rechenwert!) wird.

Tabelle 4: Ökologische Kennwerte - Projekt N

Kategorie	Einheit	IBO	<i>ecoinvent</i>
PEI n.e.	MJ-Äquiv.	1.461.000	1.321.000
GWP	kg CO ₂ -Äquiv.	23.000	84.000
AP	kg SO ₂ -Äquiv.	587	364

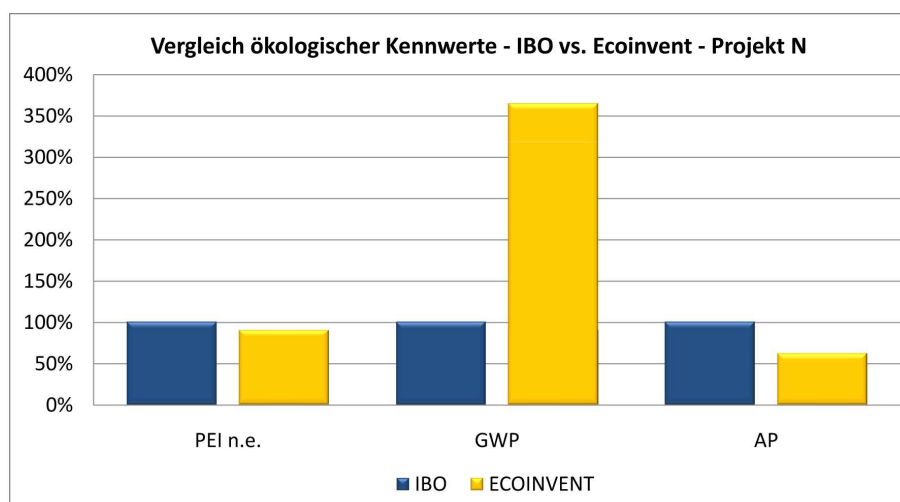


Abbildung 17: Unaggregierte ökologische Kennwerte - Projekt N

OI3-Kennwerte - Projekt N

Die Ergebnisse der berechneten OI_{TGH} -Punkte für die thermische Gebäudehülle des Wohngebäudes in Projekt N sind in Abbildung 18 dargestellt. Die Ergebnisse belegen, dass der zuvor gezeigte bedeutende Unterschied bei der Wirkungskategorie „Klimaänderung (GWP)“ zwischen den unaggregierten *ecoinvent*- und IBO-Ergebnissen von ca. 265 % sich auf ca. 60 % beim Kennwert OI_{TGH} -GWP reduziert (siehe Abbildung 17).

Im Gegensatz dazu erhöht sich der Unterschied bei der Wirkungskategorie „Versauerung (AP)“ von 48 % beim unaggregierten Indikatorwert AP auf ca. 86 % beim Kennwert OI_{TGH} -AP, d.h., Bauprodukte mit einem vergleichsweise höheren Versauerungspotential werden aufgrund des vom OI3-Index vorgegebenen Aggregationsschritt deutlich schlechter bewertet, als jene mit einem höheren Treibhauspotential (GWP).

Die in Abbildung 19 dargestellten Ergebnisse der $OI_{TGH,lc}$ -Punkteberechnung weisen trotz der zuvor gezeigten divergierenden OI_{TGH} -Einzelkennwerte nur eine geringfügige Abweichung zwischen dem IBO- und dem *ecoinvent*-basierenden Kennwert auf. Dies ist auf folgende Ursachen zurückzuführen:

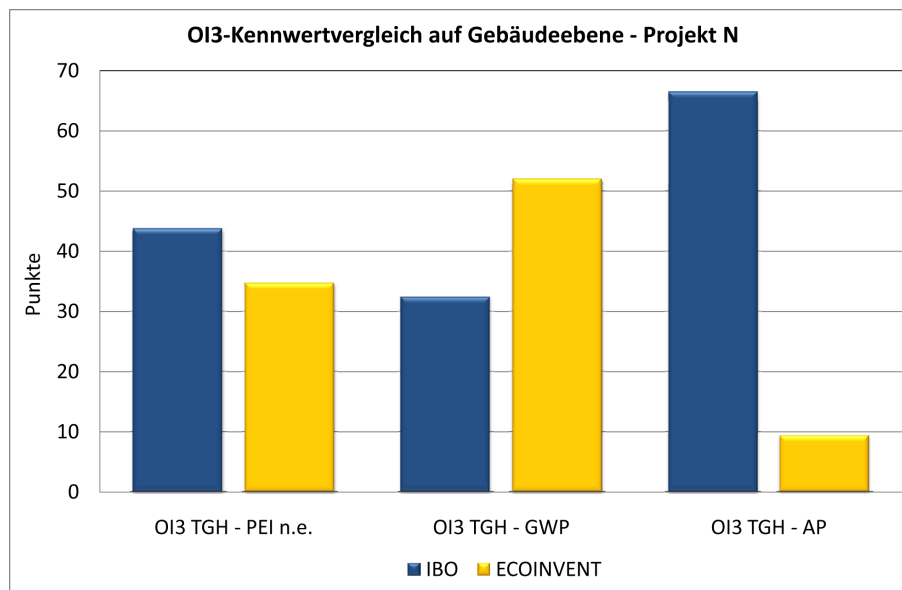


Abbildung 18: OI3-Kennwerte auf Gebäudeebene - Projekt N

- Die CO₂-Gutschrift für Holzprodukte bei den IBO-Datensätzen ergibt im Vergleich mit *ecoinvent* niedrigere OI_{TGH}-GWP-Kennwert;
- Die Ökobilanzierung mittels *ecoinvent* führt zu vergleichsweise niedrigeren OI_{TGH}-PEI n.e. bzw. OI_{TGH}-AP-Kennwerten;
- Die Aggregation der OI_{TGH}-Einzelkennwerte zum OI_{TGH,lc}-Kennwert führt bei diesem gebäudespezifischen Datenbankvergleich zu einem annähernd ähnlichen Ergebnis (siehe Abbildung 19).

Als zweiter Schritt wurden die OI3-Punkte gemäß der steiermärkischen Wohnbauförderungsrichtlinie ermittelt und in der Abbildung 20 dargestellt. Erwartungsgemäß hatte der marginale Unterschied auf OI_{TGH,lc}-Kennwertebene zwischen IBO und *ecoinvent* keine negativen Auswirkungen auf die Höhe der Förderung.

Vergleicht man Abbildung 18 und Abbildung 19 ist klar zu erkennen, dass sich die Unterschiede (negative und positive Bewertung) bei der Berechnung aufheben und in Summe ein annähernd gleiches Ergebnis liefern.

Ersetzt man aber den mittels IBO-Datensätzen berechneten Indikatorwert GWP (23.002 kg CO₂-Äquivalente) durch den auf *ecoinvent*-basierenden Indikatorwert GWP (84.000 kg CO₂-Äquivalente), dann erhöht sich der OI_{TGH,lc}-Kennwert basierend auf der IBO-Datenbank von ca. 40 Punkte auf 62 Punkte, wodurch nur mehr ein „ÖKO 2“-Punkt gemäß steiermärkischer Wohnbauförderungsrichtlinie erreicht und somit eine um 10 €/m² niedrigere Zusatzförderung lukriert werden könnte.

Die Werte der einzelnen Bauteile ergeben im Rahmen der Dominanzanalyse jeweils 100%.

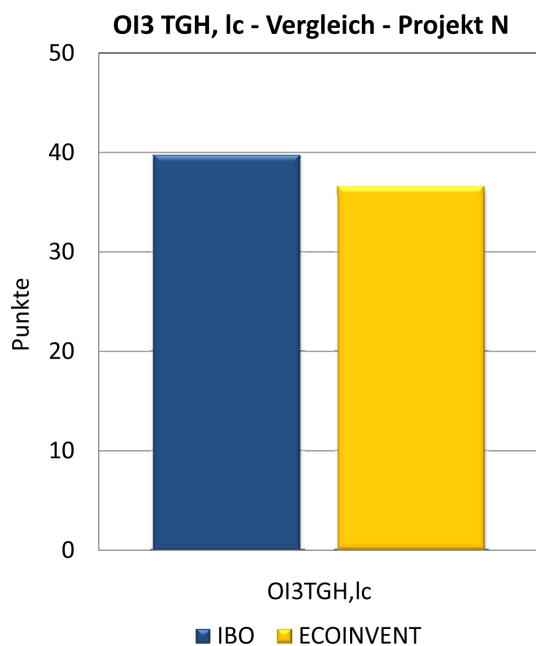
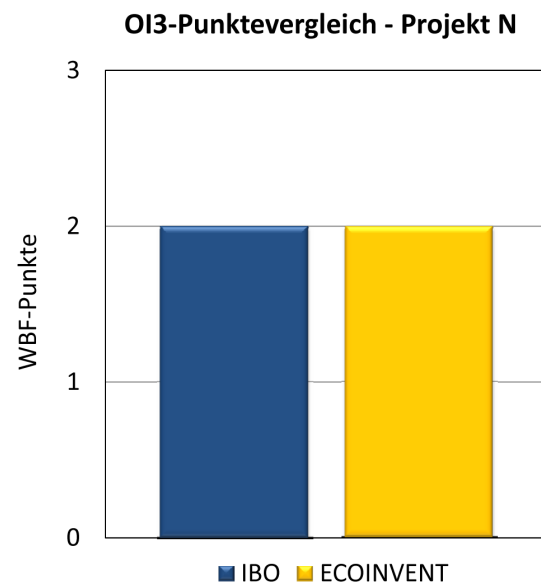
Abbildung 19: OI3_{TGH,lc} - Projekt N

Abbildung 20: OI3-Punkte - Projekt N

Einfluss Datenqualität - Projekt N

Dominanzanalyse - PEI n.e.

Die Ergebnisse der Analyse für die Kategorie „nicht erneuerbare Primärenergie (PEI n.e.)“ in der Abbildung 21 zeigen, dass die Bauteile mit der Bezeichnung „Erdberührter Fußboden“, „Außenwand Holzbau“, „Fenster 4-16-4“ und „Geschoßdecke Leichtbau“ einen Anteil von über 80 % am Indikatorwert PEI n.e. einnehmen. Folgende Bauprodukte haben dabei einen maßgeblichen Anteil: zementgebundener Polystyrolbeton, Stahlbetondecke, Zementestrich, Mineralwolleplatten, OSB- bzw. Gipskartonplatten, Fenster-Kunststoffrahmen, Leimbinderdecke sowie die EPS-Dämmplatte.

Zementgebundene Bauprodukte sowie die EPS-Dämmplatte weisen bei der Ökobilanzierung mittels *ecoinvent* im Vergleich zur IBO-Datenbank niedrigere Kennwerte aus und bei den oben genannten Holzprodukten mit Ausnahme der Leimbinderdecke tendenziell etwas höhere. Außerdem konnte mit Hilfe der *ecoinvent*-Datenbank auch die Bitumenglasvliesbahn bilanziert werden, die doch einen nicht zu vernachlässigbaren Anteil am Verbrauch von nicht erneuerbarer Primärenergie (PEI n.e.) aufweist.

Dominanzanalyse - GWP

Die Ergebnisse der Analyse für die Wirkungskategorie „Klimaänderung (GWP)“ in der Abbildung 22 zeigen die signifikanten Parameter auf Bauteilebene.

Die in IBO-Datensätzen vergebene CO₂-Gutschrift für Holzprodukte erschwert eine genauere ABC-Analyse, da die prozessbedingten Umweltwirkungen durch den Abzug der CO₂-Gutschrift einen negativen Indikatorwert GWP ergeben. Dies hat zur Folge, dass die Bauteile mit der Bezeichnung „Erdberührter Fußboden“ und „Fenster 4-16-4“ in Summe ca. 155 % ausmachen.

Eine höhere Aussagekraft hat in diesem Fall die auf *ecoinvent* basierende Dominanzanalyse

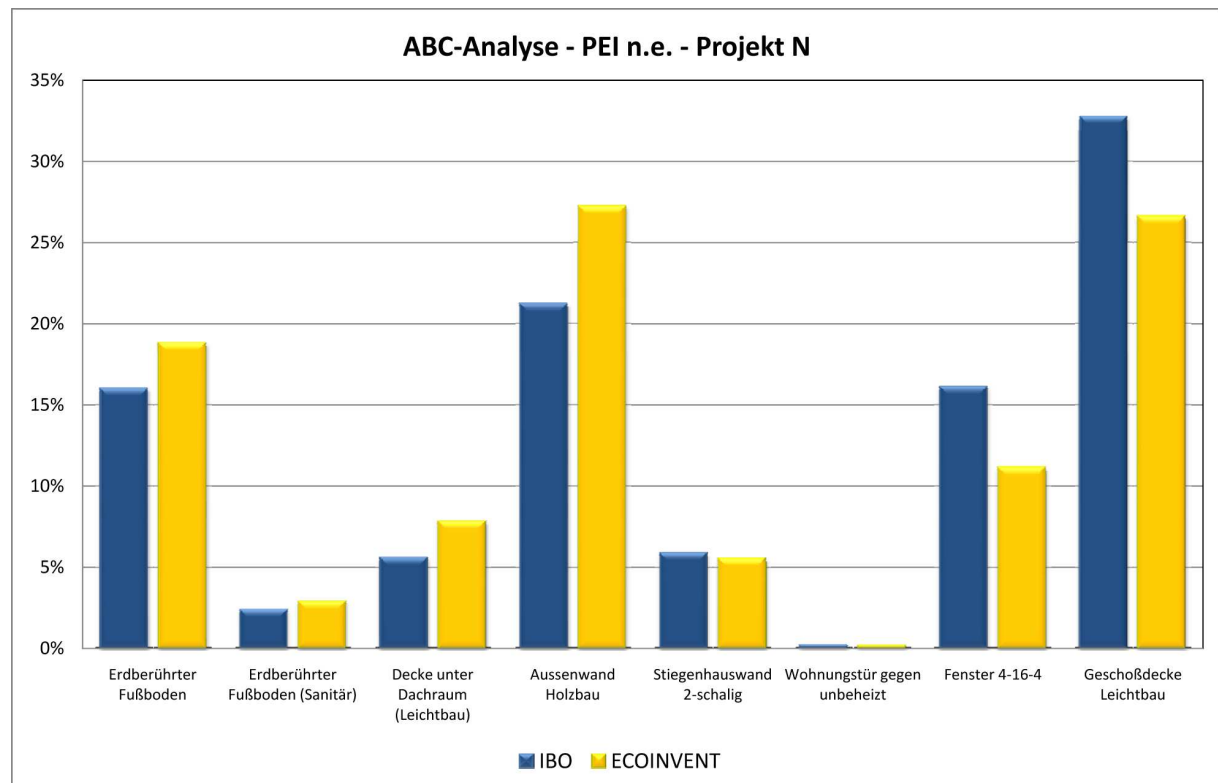


Abbildung 21: ABC-Analyse - PEI n.e. - Projekt N

aufgrund der CO₂-neutralen Ökobilanzierung von Holzprodukten. Die maßgeblichen Bauteile hinsichtlich klimarelevanter Umweltwirkungen sind jene mit der Bezeichnung „Erdberührter Fußboden“, „Außenwand Holzbau“ und „Geschoßdecke Leichtbau“ mit einem Anteil von ca. 73 %. Den größten Anteil am Indikatorwert GWP haben alle zementgebundenen Bauprodukte sowie Mineralwolleplatten, Bitumenglasvliesbahnen, Bewehrung und die Leimbinderdecke gefolgt von den OSB- bzw. Gipskartonplatten.

Beim Vergleich der IBO-Datensätze zwischen „zementgebundener Polystyrolbeton“ und „Styropor Beton“ ist auffällig, dass diese sich um den Faktor 5 unterscheiden. Dies führte dazu, dass der für das Wohngebäude in Projekt N zur Ökobilanzierung verwendete IBO-Datensatz „Styropor Beton“ nun einen ökologisch schlechteren Indikatorwert GWP aufweist, wie der mit *ecoinvent* bilanzierte Styroporbeton. Bei der Ökobilanzierung des zuvor bilanzierten Wohngebäudes - Projekt W war diese Situation aber genau umgekehrt, da vom betreffenden Förderansucher der IBO-Datensatz „zementgebundener Polystyrolbeton“ zur Ökobilanzierung ausgewählt wurde. Eine Überprüfung der Datensätze erscheint dringend erforderlich.

Dominanzanalyse - AP

In der Abbildung 23 sind die Ergebnisse der Analyse für die Wirkungskategorie „Versauerung (AP)“ ersichtlich. Die signifikanten Parameter entsprechen jenen der Kategorie „nicht erneuerbare Primärenergie (PEI n.e.)“, d.h. die Bauteile mit der Bezeichnung „Erdberührter Fußboden“, „Außenwand Holzbau“, „Fenster 4-16-4“ und „Geschoßdecke Leichtbau“ nehmen einen Anteil von über 80 % am Indikatorwert AP ein. Bei diesem Indikator schneiden alle ergebnisrelevanten Bauprodukte, die mit der *ecoinvent*-Datenbank bilanziert werden, wesentlich besser ab.

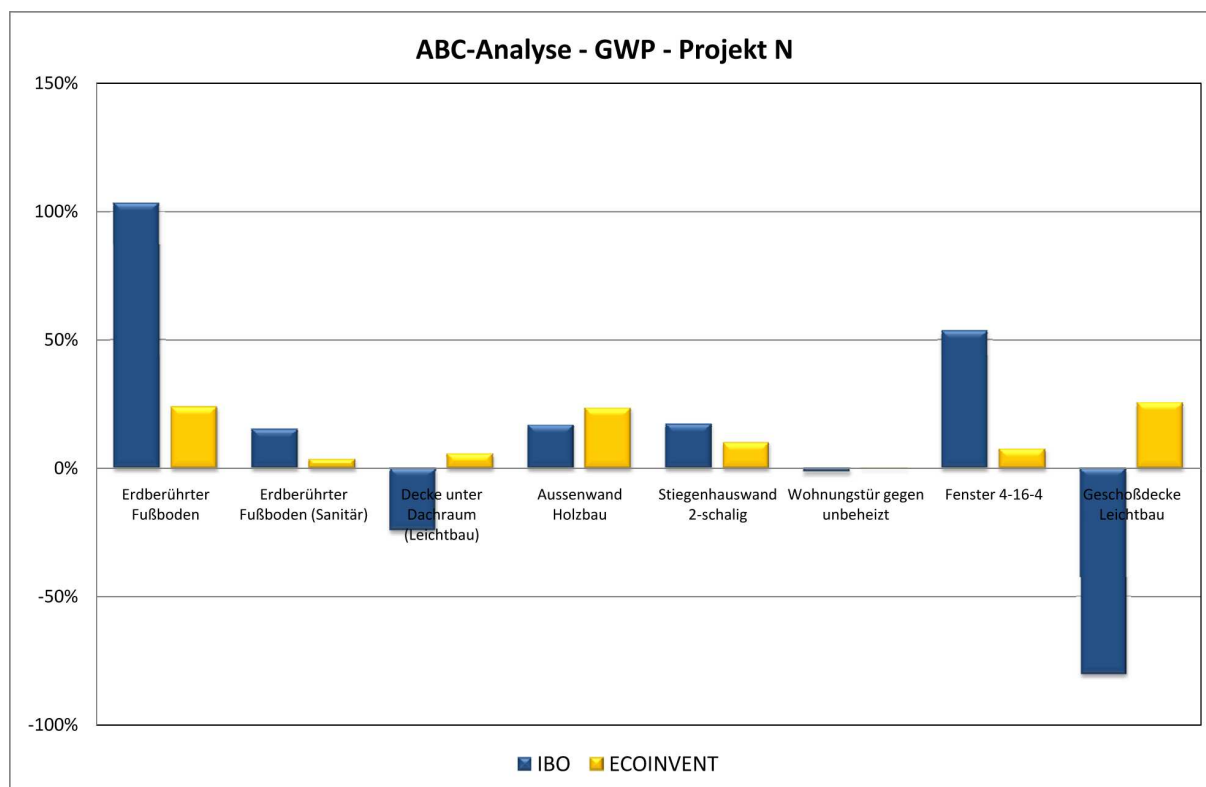


Abbildung 22: ABC-Analyse - GWP - Projekt N

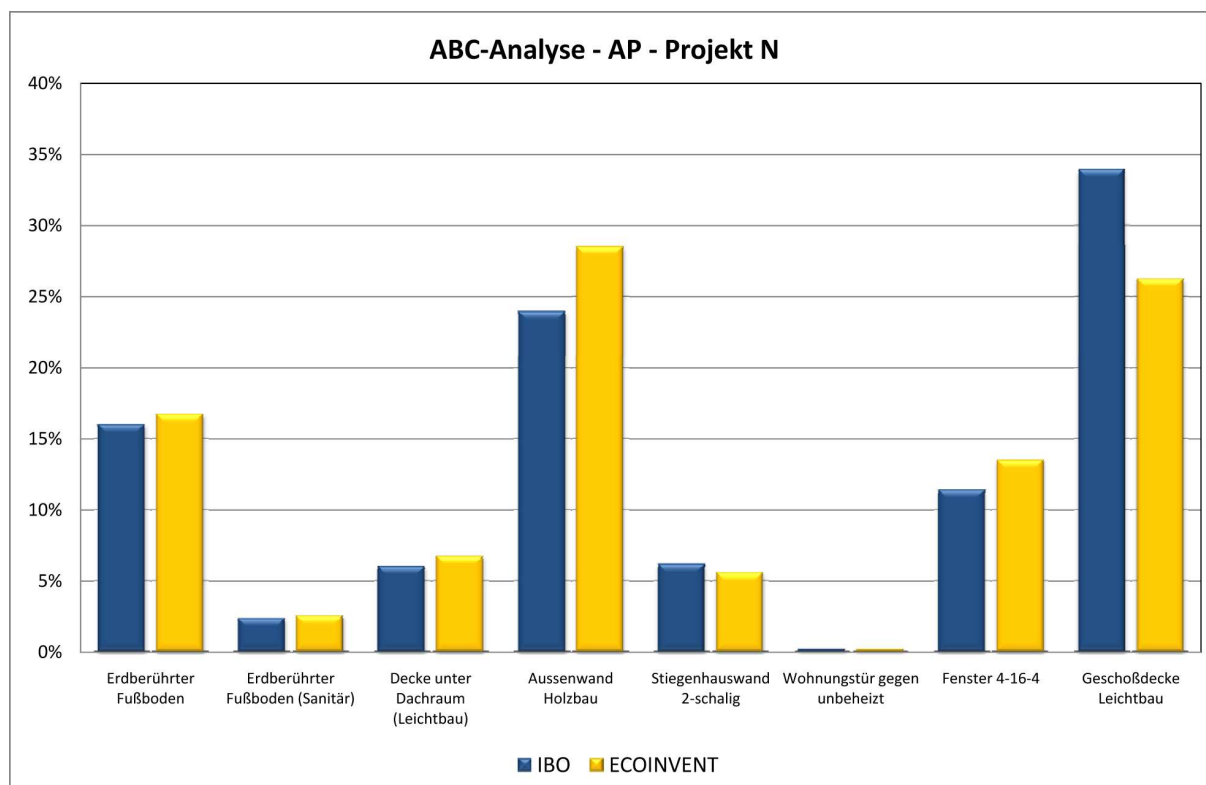


Abbildung 23: ABC-Analyse - AP - Projekt N

Resümee - Projekt N

Die Berechnung der OI3-Punkte gemäß der steiermärkischen Wohnbauförderungsrichtlinie für das Wohngebäude in Projekt N (Holzmischbauweise) führte zum gleichen Endergebnis, obwohl die mit IBO- bzw. *ecoinvent* berechneten OI_{TGH} -Einzelkennwerte sich doch deutlich voneinander unterscheiden. Die mit *ecoinvent* berechneten OI_{TGH} -Einzelkennwerte für die Indikatoren „nicht erneuerbare Primärenergie (PEI n.e.)“ und „Versauerung (AP)“ liegen im Vergleich zu IBO niedriger. Nur beim Kennwert OI_{TGH} -GWP wird aufgrund der in der IBO-Datenbank angewandten CO_2 -Gutschrift für Holzprodukte ein wesentlich niedriger Kennwert erreicht. Deshalb ergibt sich aber für die bilanzierte Wohnanlage die gleich hohe OI3-Punkteanzahl.

Eine überschlagsmäßige Berechnung zeigt aber, dass unter vergleichbaren Bedingungen, d.h. keine CO_2 -Gutschrift für Holzprodukte, mit der IBO-Datenbank nur ein „ÖKO 2“-Punkt statt zwei erreicht werden, wodurch nur mehr eine ÖKO 2-Zusatzförderung in der Höhe von 10 €/m² anstatt von 20 €/m² erlangt werden könnte.

Beim direkten Datensatzvergleich zwischen der IBO- und *ecoinvent*-Datenbank ist auffällig, dass die *ecoinvent*-Datenbank für die OSB-Platte bzw. Mineralwolle einen vergleichsweise höheren Verbrauch an „nicht erneuerbare Primärenergie (PEI n.e.)“ benötigt, hingegen in der Wirkungskategorie „Versauerung (AP)“ günstigere Kennwerte aufweist.

Frappierend ist außerdem der eklatante Kennwertunterschied zwischen den beiden ähnlich lautenden IBO-Datensätzen „zementgebundener Polystyrolbeton“ und „Styropor Beton“, der sich vermutlich durch divergierende Allokationsverfahren hinsichtlich des Polystyrols ergibt. Möglicherweise wird das Polystyrol einmal als Sekundärrohstoff ohne Umweltwirkungen und ein andermal als Primärrohstoff mit Umweltwirkungen bilanziert.

4 Anforderungen an ein ganzheitlich lebenszyklusorientiertes Bewertungssystem

In diesem Kapitel wird eine Ökobilanzierung in Anlehnung an die CEN/TC 350 Rahmenbedingungen für die zwei zuvor untersuchten Wohnhausanlagen durchgeführt. Zuerst wird ein allgemein gültiger Kriterienraster definiert, der einen Überblick über die künftige Anforderungen auf europäischer Ebene an die Gebäudebewertungsmethodik gibt. Nachfolgend werden die zeitlichen und räumlichen Systemgrenzen sowie die erforderlichen Annahmen bzw. Einschränkungen genauer beschrieben. Abschließend erfolgt die Ergebnisdarstellung der durchgeführten Analysen hinsichtlich des mit dem OI3-Index erfassten Anteils an Umweltwirkungen in Bezug auf die Errichtungsphase und den gesamten Lebensweg des Gebäudes.

4.1 Allgemein gültiger Kriterienraster

Im allgemein gültigen Kriterienraster sind jene wesentlichen Aspekte hinsichtlich einer ganzheitlich, lebenszyklusweiten Bewertung von Gebäuden dargestellt, die im Hinblick auf die künftige Normenreihe des CEN/TC 350 zu erfassen und zu bewerten sind (siehe Abbildung 24, vgl. auch Kapitel 2.3).

Der Kriterienraster setzt sich aus den Leistungsbereichen - angelehnt an die ÖNORM B 1801-1 [1] - sowie aus dem erforderlichen Transport und dem Betrieb eines Gebäudes zusammen. Unter dem Begriff „ganzheitlich“ wird die Berücksichtigung von ökonomischen, ökologischen sowie sozio-kulturellen Aspekten verstanden. In dieser Studie werden ausschließlich die ökologischen Aspekte berücksichtigt.

4.2 Zeitliche Systemgrenzenerweiterung - OI3-Index

Die festgesetzte zeitliche Systemgrenze umfasst den gesamten Lebensweg eines Gebäudes, der folgende Lebenszyklusphasen beinhaltet:

- Errichtungsphase;
- Nutzungsphase:
 - Instandhaltung;
 - Betrieb;
- Rückbauphase.

Zusätzlich wurden alle über den Lebensweg erforderlichen Transportprozesse berücksichtigt.

		Errichtungsphase			Nutzungsphase			Rückbauphase		
		Ökologie	Soziales	Ökonomie	Ökologie	Soziales	Ökonomie	Ökologie	Soziales	Ökonomie
Leistungs- bereiche nach ÖN B 1801-1	Rohbau	✓			✓			✓		
	Technik	✓			✓			✓		
	Ausbau	✓			✓			✓		
	Außenanlagen	✓			✓			✓		
	Transporte	✓			✓			✓		
Betrieb	Haushaltsstrom				✓					
	Endenergiebedarf				✓					
	Wasser				✓					
	Abwasser				✓					

✓ ...Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Studie

Abbildung 24: Kriterienraster für Lebenszyklusanalyse

4.3 Räumliche Systemgrenzenerweiterung - OI3-Index

Im Gegensatz zum OI3-Index, der nur die thermische Gebäudehülle erfasst, wird unter der räumlichen Systemgrenzenerweiterung die vollständige Erfassung aller wesentlichen Bauleistungen in der Errichtungsphase bzw. über den gesamten Lebensweg eines Gebäudes in Anlehnung an die CEN/TC 350, sowie die mit dem Gebäudebetrieb verbundenen Stoff- und Energieflüsse verstanden.

Im Folgenden werden die festgelegten Begriffsdefinitionen bzw. Annahmen sowie die durchgeführten Rechenschritte näher erläutert.

Bauleistungen

Die Erhebung der Materialflüsse der lebenszyklusweiten Bauleistungen basiert einerseits auf den zur Verfügung gestellten Leistungsverzeichnissen und andererseits auf den festgelegten Instandhaltungszyklen sowie Entsorgungsszenarien. Die erforderlichen Hilfsstoffe konnten aufgrund fehlender Angaben im Leistungsverzeichnis bei der Ökobilanzierung nicht berücksichtigt werden. Des Weiteren mussten zur Eingrenzung des Arbeitsaufwands einige Leistungen abgegrenzt werden, dargestellt in Tabelle 5 (Unberücksichtigte Bauleistungen - getrennt nach Lebenszyklusphasen aufgelistet).

Tabelle 5: Unberücksichtigte Bauleistungen

	Errichtung	Instandhaltung	Rückbau
Leistungsbereiche	Gebäudeeinrichtung Grundstücksaufschließung Baustellenabwicklung	Gebäudeeinrichtung Wartungsarbeiten Reinigungstätigkeiten Baustellenabwicklung	Gebäudeeinrichtung Baustellenabwicklung
Leistungsgruppen	Baustelleneinrichtung Abbrucharbeiten Malerarbeiten Baureinigung	Baustelleneinrichtung Malerarbeiten	Baustelleneinrichtung Malerarbeiten

Leistungsbereiche

Die in der ÖNORM B 1801-1 [1] zur Kostenermittlung beschriebenen Gliederungsarten sind dieser Studie zugrunde gelegt worden, wobei folgende geringfügige Änderungen vorgenommen werden mussten.

- Adaptierung der Bezeichnung „Kostenbereiche“ in „Leistungsbereiche“;
- Vernachlässigung ökologisch irrelevanter Bereiche, wie Honorare, Nebenkosten und Reserven;
- Vernachlässigung der Leistungsbereiche Aufschließungsarbeiten und Vorbereitungsarbeiten am Grundstück sowie die Einrichtung des Gebäudes;
- Berücksichtigung aller erforderlichen Transportprozesse.

Folgende Leistungsbereiche werden unter dem Begriff „Bauleistungen“ zusammengefasst und bei der Ökobilanzierung berücksichtigt:

- Bauwerk-Rohbau;

- Bauwerk-Technik;
- Bauwerk-Ausbau;
- Außenanlagen;
- Transporte.

Zuordnung der LV-Positionen

In diesem Kapitel werden jene Arbeitsschritte erklärt, die für die Zuordnung der LV-Positionen in die zuvor festgelegten Leistungsbereiche erforderlich waren.

- Zusammenfassung der Leistungsgruppen „Verputzarbeiten“ und „Estricharbeiten“ in den Leistungsbereich „Bauwerk-Ausbau“ anstatt der LB-HB¹²-gemäßen Zuordnung zu Baumeisterarbeiten¹³;
- Zuordnung der in Leistungsgruppen zusammengefassten LV-Positionen in die jeweiligen Leistungsbereiche;
- Durchführung von Plausibilitätskontrollen bzw. Prüfung auf Vollständigkeit.

Die Zuordnung der bilanzierten Leistungsgruppen zu den festgelegten Leistungsbereichen Bauwerk-Rohbau, Bauwerk-Technik, Bauwerk-Ausbau und Außenanlagen ist in der Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Zuordnung der Leistungsgruppen zu Leistungsbereichen

Bauwerk-Rohbau		Bauwerk-Technik		Bauwerk-Ausbau		Außenanlagen		Transporte
01	Baustellengemeinkosten	01	Elektroinstallationen	10	Verputzarbeiten	13	Außenanlagen	
03	Erdarbeiten	02a	Heizung	11	Estricharbeiten	26	Asphaltierungsarbeiten	
04	Wasserhaltungsarbeiten	02b	Solaranlage	21	Schwarzdeckerarbeiten			
05	Dränarbeiten	03	Sanitär	22	Dachdeckerarbeiten			
06	Kanalisierungsarbeiten			23	Bauspenglerarbeiten			
07	Stahlbetonarbeiten			24	Fliesenlegerarbeiten			
09	Mauer- und Versetzarb.			31	Schlosserarbeiten			
12	Abdichtungsarbeiten			35	Rauch- und Abgasfänge			
16	Fertigteile			37	Tischlerarbeiten			
18	Winterbauarbeiten			44	Wärmedämmverbundsystem			
19	Baureinigung			45	Beschichtungen Holz u. Met.			
20	Regieleistungen			45	Beschichtungen Mwk. u. Putz			
26	Natursteinarbeiten			51	Fenster Holz			
36	Zimmermeisterarbeiten			53	Fenster Kunststoff			
39	Trockenbauarbeiten			57	Abschlüsse v. Fenstern			

Betrieb

Folgende für den Gebäudebetrieb relevanten Bereiche werden im Rahmen dieser Ökobilanz untersucht:

- Bedarf an Trinkwasser;
- Anfallendes Abwasser;
- Bedarf an Haushaltsstrom;
- Bedarf an Heizwärme und Warmwasser.

¹²LB-HB... Standardleistungsbeschreibung Hochbau

¹³ Anmerkung: Bis auf einzelne Gruppen entspricht der Leistungsbereich Bauwerk-Rohbau den in der LB-HB zu den Baumeisterarbeiten zusammengefassten Leistungsgruppen (LG 02 bis LG 20).

Die Entsorgung des anfallenden Hausmülls wurde in dieser Ökobilanz-Studie vernachlässigt.

Eingangsdaten - Gebäudebetrieb

In diesem Kapitel werden die zur Ökobilanzierung verwendeten Berechnungsannahmen hinsichtlich Energiebedarf der Gebäude für Beheizung und Warmwasserbereitstellung dargestellt. Die Ermittlung des Energiebedarfs wurde mithilfe der Berechnungsalgorithmen des Gebäudeenergieausweises durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 7 dargestellt.

Der Betrieb des Gebäudes umfasst folgende Betriebsbereiche:

- *Trinkwasser*: 135l Trinkwasser pro Tag für jeden Einwohner¹⁴ [10];
- *Abwasser*: 135l je Einwohner und Tag [17];
- *Haushaltsstrom*: 1786 kWh Verbrauch an elektrischen Strom pro Person und Jahr [19];
- *Beheizung und Warmwasserbereitung*: Die Randbedingungen für die erforderliche Beheizung und Warmwasserbereitstellung sind in der ÖNORM B 8110-5 [14] definiert. Die darin enthaltenen Nutzungsprofile für Wohngebäude dienen als Grundlage für die Berechnung des Energiebedarfs für Beheizung und Warmwasserbereitung. Die Ermittlung des Bedarfs an Energie für die Bereitstellung von Warmwasser und Heizung wurde auf Basis des Energieausweises durchgeführt. Die Ergebnisse sind der Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Rechnerischer jährlicher Bedarf an Heizenergie der zwei untersuchten Wohnhausanlagen

	Projekt W	Projekt N
jährl. Endenergiebedarf [kWh/WHA]	65.800	94.800
davon Hilfsenergie [kWh/WHA]	1.020	200

4.4 Ergebnisse - OI3 vs. CEN/TC 350

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Ökobilanzierung über den gesamten Lebensweg zuerst für die Wohnhausanlage - Projekt W und anschließend für Projekt N erklärt. Die zum Vergleich herangezogenen Ökobilanzergebnisse wurden alle mit der *ecoinvent*-Datenbank berechnet.

Die Ergebnisse werden folgendermaßen dargestellt:

1. Tabellarische Darstellung der ökologischen Kennwerte für die Errichtungsphase bzw. für den gesamten Lebensweg;
2. Gegenüberstellung der vom OI3-Index erfassten Umweltwirkungen mit jenen der vollständigen Errichtungsphase eines Gebäudes;
3. Gegenüberstellung der vom OI3-Index erfassten Umweltwirkungen mit jenen des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes.

¹⁴ Die Festlegung der Personenbelegung der beiden Wohnhausanlagen wird individuell durchgeführt. Im Mittel entspricht sie 85 % der Maximalbelegung

4.4.1 Projekt W

In Tabelle 8 sind die ökologischen Kennwerte der Lebenszyklusanalyse dargestellt. Dies umfasst sowohl die Kennwerte für die eingeschränkte räumliche Systemgrenze nach den OI3-Index, die gesamte Errichtungsphase, als auch den gesamten Lebenszyklus (siehe auch Tabelle 3, Seite 26).

Tabelle 8: Ökologische LCA-Kennwerte - Projekt W

Kategorie	Einheit	OI3-Index	Errichtungsphase	Gesamter Lebenszyklus
PEI n.e.	MJ-Äquiv.	1.628.000	5.970.000	52.086.000
GWP	kg CO ₂ -Äquiv.	138.000	417.000	3.240.000
AP	kg SO ₂ -Äquiv.	429	1.860	8.240

Errichtungsphase

Im ersten Teil der erweiterten Lebenszyklusberechnung erfolgt die räumliche Systemgrenzen-erweiterung. Die Ergebnisse sind in Abbildung 25 dargestellt.

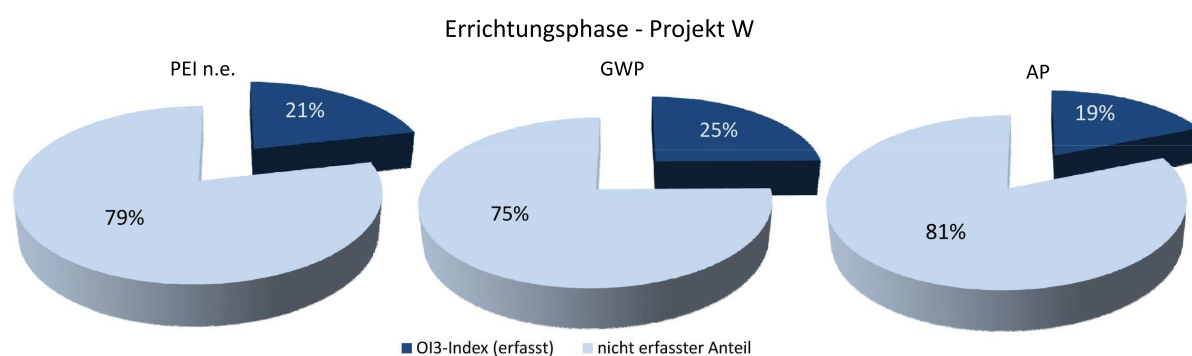


Abbildung 25: Errichtungsphase - Projekt W

PEI n.e. - Errichtungsphase

Am Beispiel der Wohnhausanlage - Projekt W zeigt sich, dass der OI3-Index vom gesamten nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf (PEI n.e.) der Errichtungsphase einen Anteil von ca. 21 % erfasst.

GWP - Errichtungsphase

In der Wirkungskategorie „Klimaänderung (GWP)“ werden vom OI3-Index ca. 25 % aller in der Errichtungsphase verursachten klimarelevanten Umweltwirkungen erfasst.

AP - Errichtungsphase

In der Wirkungskategorie „Versauerung (AP)“ wird der im Vergleich zu PEI n.e. und GWP niedrigste erfasste Anteil des OI3-Index an den gesamten Umweltwirkungen der Errichtungsphase in der Höhe von 19 % ausgewiesen.

Resümee - Errichtungsphase - Projekt W

Die Analyse des Wohngebäudes - Projekt W in Massivbauweise zeigt, dass vom OI3-Index in Abhängigkeit vom jeweiligen Indikator zwischen 19 % und 25 % an den gesamten in der Errichtungsphase verursachten Umweltwirkungen erfasst werden. Dies lässt sich auf die fehlende Berücksichtigung massenintensiver Bauteile (Fundamente bzw. Zwischenwände), energieintensiver metallischer Bauprodukte (Haustechnikanlage, Dachhaut etc.) und der erforderlichen Transportprozesse zurückführen.

Lebenszyklus

Im zweiten Teil der erweiterten Lebenszyklusberechnung erfolgt die zeitliche Systemgrenzerweiterung auf den gesamten Lebenszyklus. Die Ergebnisse sind in Abbildung 26 dargestellt.

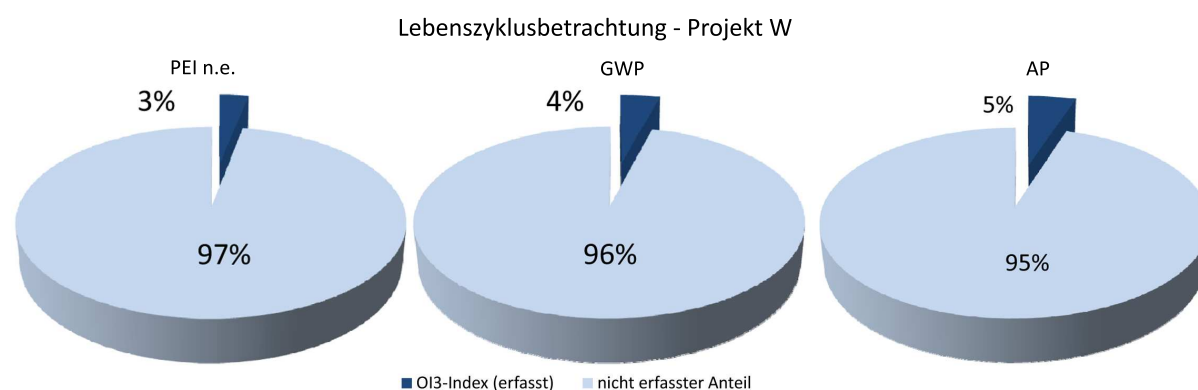


Abbildung 26: Lebenszyklusbetrachtung - Projekt W

PEI n.e. - Lebenszyklus

Bei der umfassenden Ökobilanzierung des untersuchten Gebäudes über den gesamten Lebensweg zeigt sich, dass der prozentuale Anteil des OI3-Index am lebenszyklusweiten Primärenergieverbrauch (PEI n.e.) nur mehr 3 % beträgt. Ausschlaggebend für dieses Ergebnis sind einerseits die zuvor erwähnte teilweise Erfassung aller Stoff- und Energieflüsse in der Errichtungsphase und andererseits die Vernachlässigung des Energiebedarfs für Wärme und Strom sowie der Instandhaltungsprozesse in der Nutzungsphase sowie die Rückbauphase.

GWP - Lebenszyklus

Von den lebenszyklusweit anfallenden Treibhausgasemissionen werden vom OI3-Index aufgrund der zuvor erwähnten unvollständigen Erfassung aller Lebenszyklusphasen eines Gebäudes lediglich 4 % erfasst.

AP - Lebenszyklus

Der vom OI3-Index erfasste prozentuale Anteil am lebenszyklusweit betrachteten Versauerungspotential (AP) der Wohnhausanlage - Projekt W beträgt 5 % und deckt sich in etwa mit jenem Anteil der Kategorie „nicht erneuerbaren Primärenergie (PEI n.e.)“ bzw. Wirkungskategorie „Klimaänderung (GWP)“.

Resümee - Lebenszyklus

Der Vergleich der Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse des Wohngebäudes - Projekt W mit

dem vom OI3-Index erfassten Anteil zeigt, dass vom letztgenannten in Abhängigkeit vom jeweiligen Indikator zwischen 3 % und 5 % von den lebenszyklusweit verursachten Umweltwirkungen bilanziert wird. Die Gründe hierfür sind einerseits die unvollständige Bilanzierung aller gebäuderelevanter Materialflüsse und andererseits die fehlende Berücksichtigung der Nutzungs- und Rückbauphase.

4.4.2 Projekt N

Die ökologischen Kennwerte der Lebenszyklusanalyse sind in Tabelle 9 dargestellt. Diese umfasst sowohl die Kennwerte für die eingeschränkte räumliche Systemgrenze nach dem OI3-Index, die gesamte Errichtungsphase, als auch den gesamten Lebenszyklus. Siehe dazu auch Tabelle 4, Seite 32.

Tabelle 9: Ökologische LCA-Kennwerte - Projekt N

Kategorie	Einheit	OI3-Index	Errichtungsphase	Gesamter Lebensweg
PEI n.e.	MJ-Äquiv.	1.321.000	7.809.000	74.653.000
GWP	kg CO ₂ -Äquiv.	84.000	520.000	4.605.000
AP	kg SO ₂ -Äquiv.	364	2.760	12.360

Errichtungsphase

Im ersten Teil der erweiterten Lebenszyklusberechnung erfolgt die räumliche Systemgrenzerweiterung. Die Ergebnisse sind für die Indikatoren PEI n.e., GWP und AP dargestellt (siehe Abbildung 27).

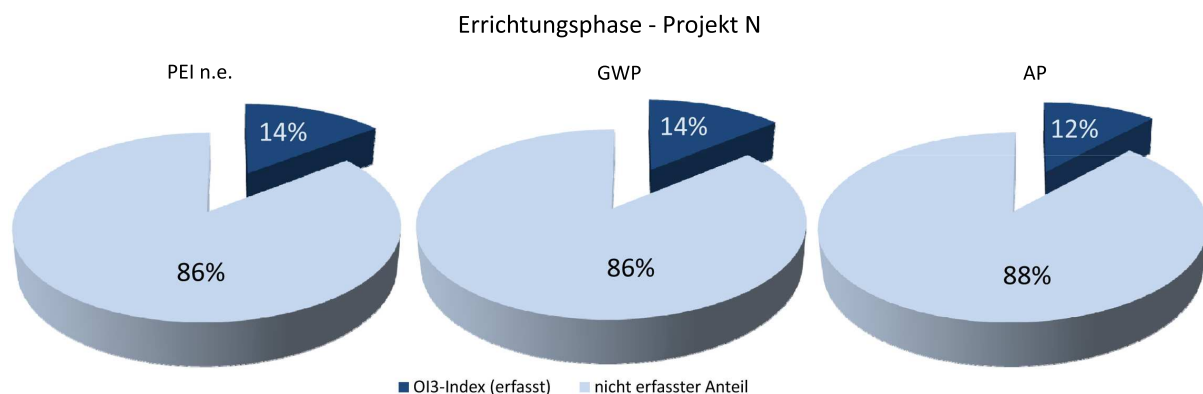


Abbildung 27: Errichtungsphase - Projekt N

PEI n.e. - Errichtungsphase

Die Gegenüberstellung des Primärenergieverbrauchs (PEI n.e.) in der Errichtungsphase der Wohnhausanlage - Projekt N - mit dem gemäß OI3-Index berechneten Primärenergieverbrauchs (PEI n.e.) zeigt, dass dieser nur einen Anteil von 14 % abbildet. Verglichen mit dem Ergebnis der Wohnhausanlage -Projekt W - in Massivbauweise (21 %) ist der Anteil für das in Holzmischbauweise erstellte Gebäude in Projekt N um 7 % niedriger.

GWP - Errichtungsphase

Von den in der Errichtungsphase anfallenden Treibhausgasemissionen werden vom OI3-Index aufgrund der alleinigen Bilanzierung der thermischen Gebäudehülle nur ein Anteil von 14 % erfasst.

AP - Errichtungsphase

Der OI3-Index erfasst vom Versauerungspotential (AP) in der Errichtungsphase der Wohnhausanlage - Projekt N einen Anteil von 12 % und stellt somit den vergleichsweise niedrigsten Anteil aller drei Indikatoren dar.

Resümee - Errichtungsphase

Am Beispiel der Wohnhausanlage - Projekt N - wird beim Vergleich zwischen den vollständig erfassten Umweltwirkungen in der Errichtungsphase und den vom OI3-Index erfassten Umweltwirkungen ersichtlich, dass aufgrund der zur Berechnung des OI3-Index gewählten räumlichen Systemgrenzen je nach Indikator zwischen 12 % und 14 % von den gesamten in der Errichtungsphase anfallenden Umweltwirkungen bilanziert werden (siehe auch Erklärung im Abschnitt 4.5).

Lebenszyklus

Im zweiten Teil der erweiterten Lebenszyklusberechnung erfolgt die zeitliche Systemgrenzerweiterung auf den gesamten Lebenszyklus. Auch hier sind die Ergebnisse in Abbildung 28 dargestellt.

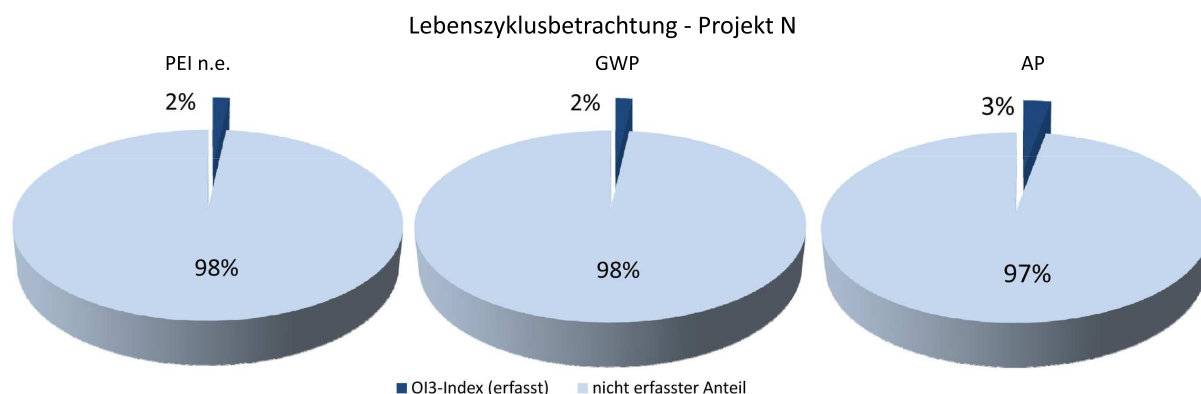


Abbildung 28: PEI n.e. - Lebenszyklus - Projekt W

PEI n.e. - Lebenszyklus

Der vom OI3-Index erfasste prozentuale Anteil am lebenszyklusweit betrachteten Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie (PEI n.e.) beträgt lediglich 2 %.

GWP - Lebenszyklus

Von den lebenszyklusweit anfallenden Treibhausgasemissionen wird vom OI3-Index ein marginaler Anteil von 2 % abgedeckt und ist um die Hälfte geringer wie der für die Wohnhausanlage - Projekt W berechnete Anteil von 4 %.

AP - Lebenszyklus

Der vom OI3-Index erfasste prozentuale Anteil am lebenszyklusweit betrachteten Versauerungspotential (AP) der Wohnhausanlage - Projekt N beträgt lediglich 3 %.

Resümee - Lebenszyklus

Die Gegenüberstellung der LCA-Ergebnisse des Wohngebäudes - Projekt N mit den erfassten Umweltwirkungen des OI3-Index zeigt, dass vom letztgenannten in Abhängigkeit vom jeweiligen Indikator ein Anteil zwischen 2 % und 3 % von den lebenszyklusweit verursachten Umweltwirkungen erfasst wird. Die Ursachen sind analog zu den Schlussfolgerungen der Wohnhausanlage - Projekt W einerseits auf die beim OI3-Index gewählte räumliche Systemgrenze sowie andererseits auf das Vernachlässigen der Nutzungs- und Entsorgungsphase zurückzuführen.

4.5 Gesamtresümee der untersuchten Projekte

In Anbetracht der aktuellen Diskussion über die ökologischen Vor- und Nachteile von Leicht- und Massivbau ist noch ergänzend anzumerken:

Jedes in Leichtbauweise errichtete Gebäude (z.B. Holzriegelbauweise) erfordert massive Bauteile, die zumeist in Stahlbeton hergestellt werden: Fundierung, Kellerwände und -decke, zum Teil Stiegehäuser, ev. Garagen.

Werden diese Bauteile nicht mitbilanziert, so werden die Leichtbauweisen überproportional günstig bewertet. Dies wird auch im Vergleich der Projekte W (Massivbauweise) und N (Holzmischbauweise) deutlich, wo in der Bilanzierung mittels OI3-Index lediglich ca. 2 % anstatt ca. 4 % der jeweiligen Indikatorwerte beim gesamten Lebenszyklus abgebildet werden. Dies wird weiters verschärft, wenn die zeitliche Bilanzgrenze von der Lebenszyklusbetrachtung auf die Errichtungsphase eingeschränkt wird (ca. 15 % anstatt ca. 20 %).

Weiters werden bei der Bilanzierung von Leichtbauweisen Verbindungsmittel des Ingenieurholzbaus sowie weitere Details der konstruktiven Durchbildung nicht mitbilanziert, da meist von Regelquerschnitten ausgegangen wird. Wie bereits in [12] gezeigt wurde, sind diese Anteile nicht zu vernachlässigen.

5 Zusammenfassung & Erweiterungsbedarf

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Erkenntnisse der Studie zusammengefasst und der erforderliche Erweiterungsbedarf des OI3-Indices in Richtung einer europaweit harmonisierten Gebäudebewertung aufgezeigt.

5.1 Zusammenfassung

Zuerst wurden die OI3-Punkte gemäß steiermärkischer Wohnbauförderungsrichtlinie für zwei Wohnhausanlagen mittels der IBO- bzw. *ecoinvent*-Datenbank ermittelt. Der Vergleich der

Ergebnisse zeigt, dass die Datenqualität einen maßgeblichen Einfluss auf die einzelnen ökologischen Kennwerte hat. Besonders stechen dabei zementgebundene Bauprodukte, expandierte Polystyrol-, Mineralwolle-, Gipskarton- und OSB-Platten, Hochlochziegel, Bewehrung, Leimbinderdecke sowie der Fenster-Kunststoffrahmen hervor. Obwohl ähnlich lautend weisen die beiden IBO-Datensätze „zementgebundener Polystyrolbeton“ und „Styropor Beton“ markant unterschiedlich hohe ökologische Kennwerte auf. Eine detaillierte Untersuchung der IBO-Datensätze ist aufgrund der alleinigen Angabe von Absolutzahlen ohne genauere Beschreibung der zugrundegelegten Rahmenbedingungen nicht möglich. Bei der ökologischen Bewertung der klimarelevanten Treibhausgasemissionen (GWP) ist die fehlende Anpassung an die international etablierte Bewertungspraxis hinsichtlich CO₂-neutraler Bilanzierung von nachhaltig bewirtschaftetem Holz (siehe [9], S. 370) zu bemängeln. Dieser Umstand führte auch dazu, dass trotz vergleichsweise divergierender OI_{TGH} -Punkte für die Wohnhausanlage - Projekt N (Holzmischbauweise) das gleiche Endergebnis (2 Förderpunkte) aufgrund des hohen Massenanteils von Holzprodukten erreicht wird. Aufgrund der durchgeführten OI3-Indexberechnungen für die zwei Gebäude konnte festgestellt werden, dass auf Ebene der OI_{TGH} -Kennwerte der Indikator OI_{TGH} -AP aufgrund der festgesetzten Aggregationsschritte besonders sensitiv auf Datenunsicherheiten reagiert. Gerade hier schneiden aber die mit der IBO-Datenbank bilanzierten zementgebundenen Bauprodukte verglichen mit *ecoinvent* besonders schlecht ab. Abschließend sei erwähnt, dass durch eine geschickte Datensatzauswahl für ein und dasselbe Gebäude eine höhere ÖKO 2-Zusatzförderung gemäß steiermärkischer Wohnbauförderungsrichtlinie erreicht werden kann.

Der nächste Arbeitsschritt war die Ermittlung des vom OI3-Index erfassten Anteils an den gesamten Umweltwirkungen in der Errichtungsphase bzw. über den gesamten Lebensweg der beiden Wohnhausanlagen. Die dafür erforderliche räumliche und zeitliche Systemgrenzenerweiterung wurde in Anlehnung an CEN/TC 350 vorgenommen. Die Ermittlung des Energiebedarfs in der Nutzungsphase basiert auf den Berechnungsalgorithmen des Gebäudeenergieausweises. Des Weiteren wurden die durch Instandhaltungsmaßnahmen verursachten Materialflüsse berücksichtigt.

Der Vergleich der Lebenszyklusanalyse der beiden Wohngebäude mit dem OI3-Index brachte folgende Ergebnisse:

- Der OI3-Index erfasst in Abhängigkeit vom jeweiligen Indikator zwischen 12 % und 25 % an den gesamten in der Errichtungsphase verursachten Umweltwirkungen. Die Gründe sind die fehlende Berücksichtigung massenintensiver Bauteile (Fundamente bzw. Zwischenwände), energieintensiver metallischer Bauprodukte (Haustechnikanlage, Dachhaut etc.) sowie der erforderlichen Transportprozesse.
- Der vom OI3-Index erfasste Anteil an den lebenszyklusweiten Umweltwirkungen beträgt je nach Indikator zwischen 2 % bis 5 %. Die Gründe für diese marginalen Anteile sind einerseits die unvollständige Bilanzierung aller gebäuderelevanter Materialflüsse und andererseits die fehlende Berücksichtigung des gesamten Gebäudelebenszyklus.

5.2 Handlungs- und Erweiterungsbedarf für eine künftige harmonisierte Gebäudebewertung

Aufbauend auf den erlangten Erkenntnissen dieser Studie werden im Folgenden der erforderliche Handlungs- und Erweiterungsbedarf hinsichtlich einer harmonisierten Gebäudebewertung erläutert.

Aggregation: Die Aggregation unterschiedlicher ökologischer Indikatoren zu einer Einzahlangabe ist grundsätzlich als problematisch zu erachten. Im Hinblick auf die große Anzahl in den Normenwerken von CEN und ISO vorgeschlagenen Indikatoren, erscheint mittel- bis langfristig eine Reduktion auf eine überschaubare Anzahl dringend geboten. Dabei werden jene auszuwählen sein, mit denen ein Maximum an Umweltwirkungen mit vertretbarem Aufwand abgebildet werden kann.

Datenqualität: Eine Aktualisierung der IBO-Datenbank ist besonders für massen- bzw. energieintensive Bauprodukte (z.B. zementgebundene Bauprodukte, Bewehrung etc.) dringend erforderlich. Ebenso ist unbedingt eine Anpassung an die wissenschaftlich anerkannte CO₂-neutrale Bilanzierung von nachhaltig bewirtschaftetem Holz umzusetzen (siehe [9], S. 370).

Systemgrenze: Eine Erweiterung der räumlichen sowie zeitlichen Systemgrenzen entsprechend der künftig harmonisierten Gebäudebewertungsmethodik des CEN/TC 350 und ist im Zuge der OI3-Indexerweiterung zu empfehlen, wobei im Hinblick auf den künftigen Energieausweis Synergieeffekte zu nutzen wären. In der Abbildung 29 sind die wesentlichen Indikatoren sowie die jeweiligen Lebenszyklusphasen dargestellt. Die vom OI3-Index in der derzeitigen Form abgedeckten Bereiche sind gelb unterlegt.

Bewertungsmodelle: Zur Ermittlung der Eingangsdaten zur Ökobilanzierung über den gesamten Lebensweg eines Gebäudes sind einheitliche Bewertungsmodelle hinsichtlich Lebensdauer, Energiebedarf in der Nutzungsphase, Transport und Entsorgungsszenarien aufgrund der hohen Ergebnisrelevanz dringend erforderlich.

Korrelation der Indikatoren: Vereinzelt sind in der Literatur vergleichende Korrelationsuntersuchungen (siehe [4] und [20]) bzgl. der wichtigsten Indikatoren zu finden. Bei Aggregation zu einer Einzahlangabe ist auf eine hohe lineare Korrelation zwischen den jeweiligen Indikatoren zu achten. Notwendig erscheint die Berücksichtigung weiterer Indikatoren, wie in der aktuellen Diskussion im CEN/TC 350 vorgeschlagen. Dazu zählt aber auch eine Gewichtung, die sich an den Schutzziele zu orientieren hat, wofür jedoch derzeit noch kein allgemeiner wissenschaftlicher Konsens besteht. Durch die ausschließliche Betrachtung von Umweltwirkungen, die in Zusammenhang mit Verbrennungsprozessen entstehen (z.B. GWP, PEI n.e. und AP) und anschließender Aggregation zu einer Einzahlangabe, erfolgt jedenfalls eine überhöhte Gewichtung und damit eine einseitige Bewertung.

Bewertungsebene	Kategorienname	Lebenszyklus		
		Errichtungsphase	Nutzungsphase	Rückbauphase
Sachbilanz	Erschöpfung nicht erneuerbarer Ressourcen außer Primärenergie			
	Nutzung erneuerbarer Ressourcen außer Primärenergie			
	Erschöpfung nicht erneuerbarer Primärenergien	OI3		
	Nutzung erneuerbarer Primärenergien			
	Nutzung von Frischwasserressourcen			
	Sonderabfälle zur Beseitigung			
	Andere Abfälle zur Beseitigung			
Wirkungsabschätzung	Klimaänderung (GWP)	OI3		
	stratosp. Ozonabbau (ODP)			
	Versauerung (AP)	OI3		
	Überdüngung (EP)			
	Photooxidantienbildung (POCP)			

OI3... teilweise abgedeckt durch den OI3-Index in der Wohnbauförderung

Abbildung 29: Vom OI3-Index erfasste Indikatoren bzw. Lebenswegphasen eines Gebäudes nach CEN/TC 350

5.3 Ergebnisse Workshop Wien

Nächste Schritte: Es ist vorgesehen die Ergebnisse der vorliegende Studie in einem gemeinsamen Workshop der beteiligten Institute zu diskutieren und im Einvernehmen mit dem Auftraggeber die Ausrichtung der damit zusammenhängenden Projekte festzulegen.

Abbildungsverzeichnis

1	Gliederung der Lebenszyklusphasen in Anlehnung an prCEN/TS 15643-1	12
2	Umrechnungsfunktion des Treibhauspotentials auf den Ökoindikator OI_{GWP} (eigene Abbildung nach [11])	14
3	Umrechnungsfunktion des Versauerungspotentials auf den Ökoindikator OI_{AP} (eigene Abbildung nach [11])	14
4	Umrechnungsfunktion des nicht erneuerbaren Primärenergieinhalts auf den Ökoindikator OI_{PEIne} (eigene Abbildung nach [11])	15
5	Übersicht - geplante Rahmendokumente des CEN/TC 350 - Stand Ende 2007 .	17
6	Allgemeiner Kriterienraster in Anlehnung an CEN/TC 350 bzw. ÖNORM B 1801-1 [1]	20
7	Übersichtsskizze Projekt W	22
8	Übersichtsskizze Projekt N	23
9	Kriterienraster für OI3-Berechnung	25
10	Unaggregierte ökologische Kennwerte - Projekt W	27
11	OI3-Kennwerte auf Gebäudeebene - Projekt W	27
12	$OI3_{TGH,lc}$ - Projekt W	28
13	OI3-Punkte - Projekt W	28
14	ABC-Analyse - PEI n.e. - Projekt W	29
15	ABC-Analyse - GWP - Projekt W	30
16	ABC-Analyse - AP - Projekt W	31
17	Unaggregierte ökologische Kennwerte - Projekt N	32
18	OI3-Kennwerte auf Gebäudeebene - Projekt N	33
19	$OI3_{TGH,lc}$ - Projekt N	34
20	OI3-Punkte - Projekt N	34
21	ABC-Analyse - PEI n.e. - Projekt N	35
22	ABC-Analyse - GWP - Projekt N	36
23	ABC-Analyse - AP - Projekt N	36
24	Kriterienraster für Lebenszyklusanalyse	39
25	Errichtungsphase - Projekt W	43
26	Lebenszyklusbetrachtung - Projekt W	44

27	Errichtungsphase - Projekt N	45
28	PEI n.e. - Lebenszyklus - Projekt W	46
29	Vom OI3-Index erfasste Indikatoren bzw. Lebenswegphasen eines Gebäudes nach CEN/TC 350	50

Tabellenverzeichnis

1	Übersicht über die Indikatoren des OI3-Index	14
2	Übersicht über die untersuchten Wohnhausanlagen	21
3	Ökologische Kennwerte - Projekt W	26
4	Ökologische Kennwerte - Projekt N	32
5	Unberücksichtigte Bauleistungen	40
6	Zuordnung der Leistungsgruppen zu Leistungsbereichen	41
7	Rechnerischer jährlicher Bedarf an Heizenergie der zwei untersuchten Wohnhausanlagen	42
8	Ökologische LCA-Kennwerte - Projekt W	43
9	Ökologische LCA-Kennwerte - Projekt N	45

Literatur

- [1] ÖNORM B 1801-1: Kosten im Hoch- und Tiefbau Kostengliederung. (1995-05-01)
- [2] ISO/FDIS 21930, Sustainability in building construction — Environmental declaration of building products. (2007)
- [3] EN PRCEN/TS 15643-1:2007: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Rahmenbedingungen für die Beschreibung der integralen Qualität von Gebäuden - Teil 1: Analyse der Umweltqualität, der Gesundheitsverträglichkeit, des Behaglichkeitsniveaus sowie der auf einer Betrachtung von Lebenszykluskosten basierenden Wirtschaftlichkeit.
- [4] ETH ZÜRICH: Grundzüge „Ökologische Systemanalyse“.
- [5] FRISCHKNECHT, R.: *Umweltverträgliche Technologien: Analyse und Beurteilung. Teil 2: Ökobilanzen*. Zürich : Eigenverlag, 2006. – Vorlesungsskriptum
- [6] FRISCHKNECHT, R. (Hrsg.) ; JUNGBLUTH, N. (Hrsg.): Overview and Methodology. Data v.1.1 (2004). ecoinvent report No. 1 / Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf, 2004. – Forschungsbericht
- [7] HEIJUNGS ET AL.: Environmental Life Cycle Assessment of Products. Guide. / Centre of Environmental Science (CML). Leiden, 1992. – Forschungsbericht
- [8] IBO -ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUBIOLOGIE UND -ÖKOLOGIE GMBH: OI3-INDIKATOR - IBO-Leitfaden für die Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude. (2004)
- [9] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE: *Carbon Dioxide Capture and Storage*. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2005
- [10] KAUCH, P. ; RENNER, H. ; SCHLACHTER, H.: *Siedlungswasserbau 1 - Wasserversorgung*. Wien : Manz Verlag Schulbuch, 1998
- [11] LIPP, B.: Der OI3-Index. In: *IBOmagazin 2* (2006), S. 3–7
- [12] MAYDL PETER ET AL.: Vorstudie Nachhaltiger Massivbau - Zur Objektivierung der Position des Massivbaus hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit / Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener TVFA für Festigkeits- und Materialprüfung - Technische Universität Graz. 2005. – Forschungsbericht. – nicht veröffentlicht
- [13] MICHLMAIR, M.: *Ökobilanzierung von Wohnhausanlagen*, Technische Universität Graz, Diplomarbeit, 2008. – nicht veröffentlicht
- [14] ÖNORM B 8110-5:2007: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile.
- [15] ÖNORM EN ISO 14040:2006: Umweltmanagement - Ökobilanz. Grundsätze und Rahmenbedingungen.

-
- [16] ORISICH, PETER, ET AL.: Zement Fundament der Zukunft - Nachhaltigkeitsbericht der Österreichischen Zementindustrie 2004 / VÖZ. 2004. – Forschungsbericht
- [17] RENNER, H. ; KAUCH, P. ; SCHRIEBERTSCHNIGG, W. ; SCHLACHTER, H. ; NEMECEK, E.: *Siedlungswasserbau 2 - Abwasser- und Abfalltechnik*. Wien : Manz Verlag Schulbuch, 1998
- [18] S. GEISSLER, M. BRUCK, R. LECHNER: Total Quality Planung und Bewertung (TQ-PB) von Gebäuden / BMVIT. 2004. – Forschungsbericht
- [19] *Kapitel Energie*. In: STATISTIK AUSTRIA, (Hrsg.): *Statistisches Jahrbuch Österreichs 2007*. Wien : Verlag Österreich, 2007, S. 348–367
- [20] WALK W.: Anwendbarkeit des Kumulierten Energieaufwandes (KEA) als vereinfachten Umweltindikator. (2005)