Lehrmaterialien zu Kreislaufwirtschaft und Abfallvermeidung im Baubereich

Modul 1: Einführung in die Kreislaufwirtschaft

Modul 2: Prinzipien des kreislaufgerechten Bauens

Modul 3: Tool zur Bewertung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden

Modul 4: Betrachtung der Umweltauswirkungen entlang des Lebenszyklus

Modul 5: Abbildung der Kreislauffähigkeit auf Produkt- und Gebäudeebene

TU WIEN ECODESIGN Forschung

ÖSTERREICHISCHES ÖKOLOGIE INSTITUT

Abfallvermeidungs-Förderung der österreichischen Sammel- & Verwertungssysteme für Verpackungen
rethinkrefusereduce

Einleitung

Der Baubereich ist für zwei Drittel des Abfallaufkommens und die Hälfte des Ressourcenverbrauches in Österreich verantwortlich. Um in Zukunft mit den begrenzten, zur Verfügung stehenden Ressourcen in wirtschaftlicher und umweltverträglicher Weise umgehen und Potentiale in hohem Maße nutzen zu können, ist ein Umdenken in Richtung Kreislaufwirtschaft und nachhaltiger Gebäudegestaltung unabdingbar.

Vorliegendes Modul ist Teil der im Projekt AbBau - Lehrmaterialien zu Kreislaufwirtschaft und Abfallvermeidung im Baubereich ausgearbeiteten Materialien. Die Unterlagen bestehen aus vier theoretischen Modulen und einem praktischen Modul (Tool zur kreislauffähigen Gestaltung von Gebäuden), die zur freien und flexiblen Verwendung für HTLs im Bereich Bau und Produktdesign vorliegen. Die Anwendung ist fächerübergreifend und für kooperative Lernformen möglich, es können individuelle Schwerpunkte gesetzt werden. Möglich ist die Integration der Lehrmaterialien beispielsweise in Fächern wie Baukonstruktionstechnik, Hochbautechnologie oder die Anwendung im Bau- oder Designlabor.

Die Lehrmodule leisten einen Beitrag zur Integration vielschichtiger Aspekte rund um Kreislaufwirtschaft in die berufliche Aus- und Weiterbildung und können auch von Unternehmen genutzt werden.

Projektleitung: TU Wien, Forschungsbereich Ecodesign
Kooperation: Österreichisches Ökologie-Institut
Wien, März 2020

Die Ausarbeitung wurde durch die Abfallvermeidungsförderung der Sammel- und Verwertungssysteme für Verpackungen finanziert.

Modul 4: Betrachtung der Umweltauswirkungen entlang des Lebenszyklus

Zusammenfassung Modul 4

Entscheidungen in der Planungsphase und die Produkt- und Gebäudegestaltung haben großen Einfluss auf den Ressourcenverbrauch und Möglichkeiten zum Rückbau von Gebäuden und Wiedergewinnung von Materialien und Komponenten. Die erwartbaren Umweltauswirkungen der eingesetzten Materialien, des Abfallaufkommens, der benötigten Energie etc. können mit Hilfe von ein- und mehrdimensionalen Methoden der Umweltbewertung quantifiziert werden. Die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus und die Ergebnisse aus der Umweltbewertung stellen die Basis für Verbesserungen der Umweltleistung im Neubau und in der Sanierung dar. Im Detail wird auf die Methode der Ökobilanzierung eingegangen, deren Nutzen portraitiert und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse thematisiert.

Lernziele

- Prinzip der Lebenszyklusbetrachtung verstehen
- Umweltauswirkungen in verschiedenen Phasen eines Produktes/Gebäudes erkennen
- Methoden der Umweltbewertung kennenlernen und ihren Nutzen verstehen
- Verständnis für entscheidende Einflussgrößen auf negative Umweltauswirkungen gewinnen

Inhalt

1. Methodische Ansätze und Nutzen der Umweltbewertung 3

1.1 Denken in Lebenszyklen 3

1.2 Methoden der Umweltbewertung 7

2. Einfluss der Produktgestaltung auf die Kreislauffähigkeit.....17

Literaturverzeichnis 21

Anhang mit Abbildungen 22

1. Methodische Ansätze und Nutzen der Umweltbewertung

1.1 Denken in Lebenszyklen

Material-, Energie- und Geldströme treten im gesamten Lebenszyklus eines Produktes bzw. einer Dienstleistung auf. Diese Ströme werden jedoch oft nur für bestimmte Phasen kalkuliert z. B. Produktions- oder Nutzungsphase. Die benötigten Aufwendungen über den gesamten Lebenszyklus und deren Umweltauswirkungen werden von Unternehmen, Konsumentinnen und Konsumenten, selbst in Standards und von der Forschung oft nicht berücksichtigt.

Abb. 1: Typischer Produktlebenszyklus (Life Cycle Initiative, 2018)

Ein typischer Produktlebenszyklus ist in Abbildung 1 zu sehen: Die blauen Pfeile illustrieren unser vorherrschendes Wirtschaftssystem, das – vereinfacht betrachtet – vom Rohstoffabbau über die Produktion und Verwendung bis hin zur Entsorgung führt. Im Gegensatz dazu stellen die grünen Pfeile jene Ströme dar, die ein kreislauffähiges System ermöglichen. Die roten Pfeile zeigen, wo Ressourcen und Energie in das System ein- und Abfälle sowie Emissionen ausgeschleust werden. Komplett geschlossene Kreislaufsysteme kommen nur in der Natur vor (z.B.: Lebenszyklus von Pflanzenwachstum, über Absterben der Pflanze zum Humusaufbau).

LCT = Life Cycle Thinking - Denken in Lebenszyklen

Das **Denken in Lebenszyklen** (**Life Cycle Thinking**, **LCT**) ermöglicht es, positive Effekte zu verstärken und negative zu reduzieren. Am effektivsten ist dieser Ansatz, wenn er bereits im frühen Stadium der Produktentwicklung angewendet wird, da am Anfang die Weichen gestellt werden und der Hebel für Einsparungspotentiale und für die Reduzierung von Umweltauswirkungen am Größten ist. Die Betrachtung aller Phasen verhindert auch, dass Verbesserungen in einem Bereich unbemerkt zu einer Verschlechterung in einem anderen Bereich führen.

Die Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus hilft bei der Optimierung und verhindert die Verlagerung von negativen Umweltauswirkungen einer Phase zu einer anderen.
Zelluloseflocken haben zum Beispiel den Vorteil, dass sie aus recyceltem Altpapier hergestellt werden und als Dämmmaterial wiederverwendbar sind, wenn das Material in gutem und trockenem Zustand ist. Allerdings müssen sie zur Vermeidung von Schimmel, Schädlingsbefall und aus Brandschutzgründen mit Zuschlagsstoffen versetzt werden, die eine Kompostierung am Lebensende ausschließen.[1]

Im gesamten Produktlebenszyklus sind unterschiedliche Akteure betroffen wie z. B. Hersteller, Baufirma, Generalunternehmen, Bewohnerinnen und Bewohner und Entsorger. Dies kann zu Interessenskonflikten führen.

[1] Melzer, 2015.

LCT ist eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft. Diese Denkweise hilft, das Potential für Ressourceneinsparungen zu erkennen und positive Effekte im Sinne von Werterhalt, regionaler Wertschöpfung und nachhaltiger Ressourcennutzung zu schaffen.
Life Cycle Thinking unterstützt bei der Schadensminimierung und bei der Leistungsverbesserung von Materialien, Produkten und ganzen Gebäuden.

Um Ressourcenverbrauch, Abfallmenge und Emissionen von Produkten und Gebäuden zu verringern, muss man zuerst ihre Hauptverursacher und Einflussgrößen feststellen.
Daher sollten so genannte **Hotspots identifiziert werden**. Hotspots sind Bereiche, in denen sich ein Produkt oder eine Dienstleistung besonders negativ auf die Umwelt auswirkt. Sie zeigen also, wo der Schwerpunkt der Verbesserung liegen sollte. Zudem lassen sich bei Konzentration auf die Hotspots verschiedene Alternativen vergleichen, um Entscheidungen auf einer soliden Grundlage treffen zu können. **Hotspot-Analysen** können z. B. mittels **Kumuliertem Energieaufwand KEA** durchgeführt werden.

Lebenszyklus von Gebäuden und Produkten

Abbildung 2 zeigt das exemplarische **Umweltprofil eines Einkaufzentrums**. Ein Umweltprofil stellt die (zuvor berechneten) Umweltauswirkungen über die einzelnen Lebensphasen dar (hier: Bau, Nutzungs- und Rückbauphase). Durch den hohen Nutzungswechsel in Einkaufszentren kommt es bei einem Umbau oder Rückbau zu erhöhten Aufwendungen durch bauliche Änderungen und die Entsorgung der nicht mehr benötigten Ausstattung. Um eine flexible Gestaltung und einfache Umbaumöglichkeit anbieten zu können, müssen diese Optionen bereits in der Gebäudeplanung und bei der Ausstattung des Gebäudes mitberücksichtigt werden. So beeinflusst die Produktentwicklung die Phase der Nutzung entscheidend. → *Siehe auch Modul 2 Prinzipien des kreislaufgerechten Bauens*

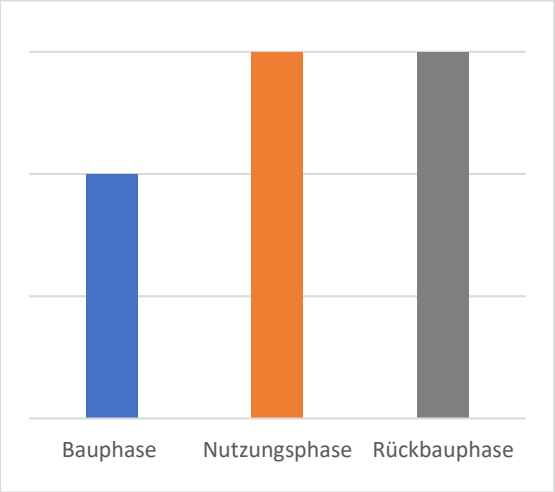


Abb. 2: Exemplarisches Umweltprofil (Primärenergieinhalt) von Gebäuden mit hohem Energieverbrauch und mehreren Nutzungswechseln

Life Cycle Thinking dient nicht nur dem Umweltschutz und dem schonenden Einsatz von Ressourcen – auch ökonomische und soziale Aspekte sollten in die Betrachtung einbezogen werden und die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Phasen sollten erkannt werden. Insbesondere bei Gebäuden ist das eine große Herausforderung. Die gebaute Umwelt unterscheidet sich in **drei wichtigen Punkten** von Produkten:

- **Gebäude sind hochkomplex**

Sie umfassen hunderte von einzelnen Komponenten und haben im Vergleich zu anderen Gebrauchsgütern, z.B. Kleidung, Elektrogeräte oder Fahrzeuge eine besonders lange Lebensdauer.
Die **Komponenten eines Gebäudes unterscheiden sich in ihrer Lebensdauer**. Deswegen sind für die Instandhaltung eines Gebäudes verschiedene Strategien nötig, je nach Eigenschaften der Komponenten. Für die Produktgestaltung bedeutet dies, dass auf die Zugänglichkeit, Reparierbarkeit, Austauschbarkeit, Reinigungsmöglichkeit u. dgl. geachtet werden soll. In der Praxis sind z. B. Gebäudekomponenten, die gewartet werden müssten, nicht immer gut zugänglich. Dies erschwert die Möglichkeit zum Aufrechterhalten der Gebrauchstauglichkeit und Funktionsfähigkeit von Gebäudeteilen, die

damit vorzeitig ausgetauscht und entsorgt werden müssen. → *Siehe auch im Modul 2 Gebäude als Schichtenmodell*

- **Anzahl der involvierten Akteure**

Entlang der gesamten Wertschöpfungskette sind sehr viele Akteure involviert, die unterschiedliche Interessen verfolgen.
Meistens sind z. B. die Investoren nicht die Nutzenden der Gebäude. Folglich werden normalerweise **die Investitionskosten getrennt von den Nutzungs- und Instandhaltungskosten betrachtet**. Diese getrennte Betrachtung führt zu kurzfristigen – oft nur die Eigeninteressen betreffenden – Entscheidungen. Eine Betrachtung in Lebenszyklen hingegen erwirkt eine gesamthafte Optimierung des Ressourcenverbrauches.

- **Knappheit von Baugrund**

Boden, insbesondere **Baugrund**, ist ein begehrtes und knappes Gut. Einer weiteren Zersiedelung und Versiegelung ist daher Einhalt zu gebieten. Auch hier bietet die Gebäudeplanung Optionen wie die Verdichtung oder die Nach- und Umnutzung an. Die Produktentwicklung kann mit geeigneten Lösungen wesentlich zur Kreislauffähigkeit beitragen. Abbildung 3 zeigt die Entscheidungen, die den Ressourcen- und Energieverbrauch eines Gebäudes signifikant beeinflussen und periodisch getroffen werden müssen. Eine größere Version der Grafiken befindet sich jeweils im Anhang.

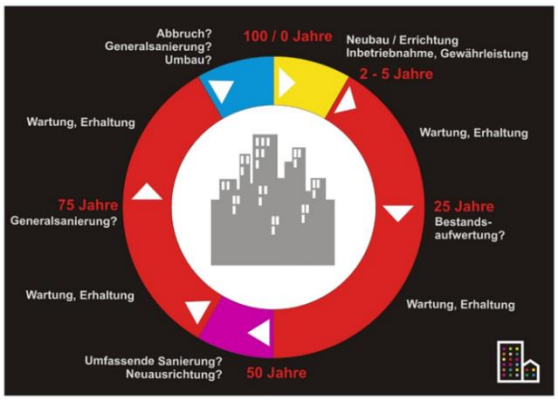


Abb. 3: Periodisch anfallende Entscheidungen im Lebenszyklus eines Gebäudes, ÖGNB

In der Planung werden die Ressourcen- und Energieverbräuche und deren Auswirkungen festgelegt, der Hebel zur positiven Einflussnahme ist zu Beginn naturgemäß am Größten.

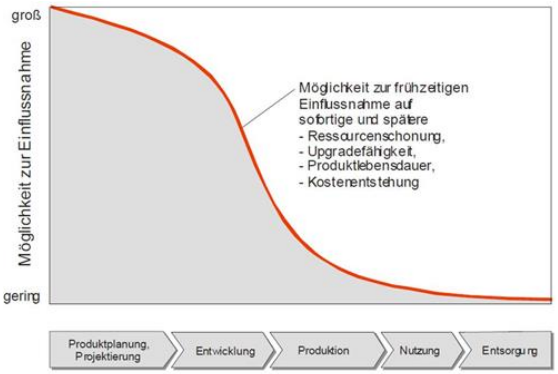


Abb. 4: Einfluss der Produktplanung auf Umweltwirkungen (Heßling, 2006).

Lebenszyklusdenken bezieht die späteren Lebensphasen bereits in den Planungsprozess mit ein. Eine Abschätzung der potenziell auftretenden negativen Umweltauswirkungen hilft bereits in der Planungsphase bei der Auswahl von ökologisch sinnvolleren Alternativen.

Aufgabe 1: Beschreibt den Lebenszyklus einer Ziegelsteinmauer.

- Welche Rohstoffe müssen werden benötigt? Wie sehen die Herstellung und Nutzungsphase aus? Welche Möglichkeiten gibt es am Ende der Nutzungsphase und welche Schritte müssen unternommen werden (z.B. Sammlung, Sortierung…)?
- Welche Schwierigkeiten können bei der Wiederverwendung der Ziegel auftreten?

Diskussion: Diskutiert anhand eines Beispiels welche Effekte die Entscheidungen in der Planungsphase auf spätere Ressourcenverbräuche haben. Wie kann man positiv Einfluss nehmen? Welche Wechselwirkungen und auch Interessenskonflikte könnten zwischen den beteiligten Akteuren auftreten?

Tipp: Überlegt euch, welche Akteure in welcher Phase beteiligt sind und welche Konsequenzen ihre Entscheidungen nach sich ziehen!

1.2 Methoden der Umweltbewertung

Umweltauswirkungen sind sehr komplex und betreffen die Ökosysteme Luft, Boden und Gewässer. Eine Umweltbewertung kann die negativen Auswirkungen auf nur eine Dimension herunterbrechen oder auch auf mehrere. Nachfolgend werden verschiedene Methoden der Umweltbewertung vorgestellt und mit Beispielen erläutert.

Eine **Umweltbewertung** zielt auf die Quantifizierung der zu erwartenden Umweltauswirkungen ab. Dafür werden die Art und Menge der Auswirkungen durch Produkte, Anlagen oder Dienstleistungen berechnet. Für die Berechnung werden Daten zu den Materialien, Prozessen und Energieflüssen erhoben. Die Ergebnisse dienen als Entscheidungshilfe beim Vergleich von Alternativen und zur Verbesserung der Umweltleistung von Produkten oder Gebäuden.

Ausgewählte eindimensionale Methoden

Bei einer vereinfachten Umweltbewertung wird nur eine **Dimension,** also **Wirkungskategorie**, betrachtet. Eine Wirkungskategorie ist z. B. der Beitrag zum Klimawandel (GWP, Global Warming Potential) oder zur Eutrophierung (Überdüngung, Nutrification Potential, NP). Der Indikator für den Beitrag zum Klimawandel wird mit CO_2-Äquivalenten ausgedrückt.

Meistens wird dafür in der einen oder anderen Form der benötigte Energieaufwand herangezogen, weil er mit vielen Faktoren zusammenhängt, die die Umwelt beeinträchtigen können, wie den CO_2-Emissionen.

Folgende **vereinfachte Umweltbewertungsmethoden** sind hier zu nennen:

Primärenergieinhalt (PEI, [MJ]) beschreibt den zur Herstellung eines Produktes notwendigen Energieverbrauch und umfasst die Rohstoffgewinnung und Herstellungsphase bis zum fertigen Produkt (bzw. der Dienstleistung). Je nach Energieträger unterscheidet man zwischen dem erneuerbaren (PEI e) und nicht erneuerbaren Primärenergieinhalt (PEI ne).[2] Für den PEI gibt es keine einheitliche Berechnung und die Qualität der Basisdaten ist nicht immer optimal. Deshalb sollten Angaben zum PEI vor Verwendung einer kritischen Betrachtung unterzogen werden.[3]

Primärenergiegehalt (PEI): Betrachtet die gesamten Energieaufwendungen für Produkte und unterscheidet:

- nicht erneuerbare Energien (Öl, Kohle, Gas) – **PEI ne**
- erneuerbare Energien (Solar, Wind, Wasser, Biomasse) – **PEI e**

Der Primärenergiegehalt dient als eindimensionaler Indikator für Vergleiche auf Produkt- wie auch auf Gebäudeebene. Der Bauteilvergleich am Beispiel von Dreh-Kipp-Fenstern aus unterschiedlichen Materialien über die Lebenszyklusphasen Herstellung, Instandhaltung und Rückbau zeigt große Unterschiede hinsichtlich des PEI. Der Betrachtungszeitraum liegt bei 50 Jahren.

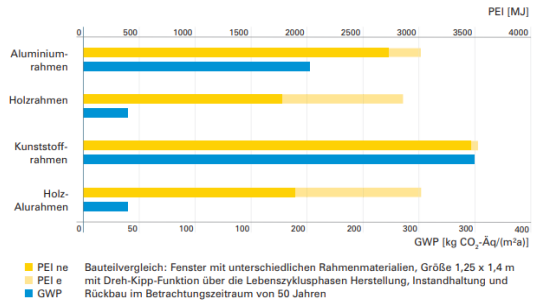


Abb. 5: PEI Vergleich von Dreh-Kipp-Fenstern[4]

Der Primärenergiegehalt ist auch für den Vergleich von ganzen Gebäuden unterschiedlicher Konstruktionsweisen anwendbar, wie die untenstehende Abbildung zeigt.

[2] Schneider et al., s.a.
[3] Linden und Marquardt (Hrsg.), 2018.
[4] Badr A. et al. 2018

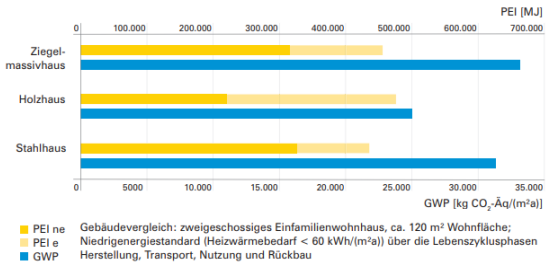


Abb. 6: PEI Vergleich unterschiedlicher Gebäude[5]

Der **kumulierte Energieaufwand** (KEA, [MJ/kg]) stellt eine weitere eindimensionale Methode stellt dar. Im Gegensatz zum PEI werden die Energieträger, die in den Produkten gebundenen sind, berücksichtigt sowie sonstigen Stoffe und deren Brennwert (= oberer Heizwert). Der KEA entspricht dem Energieaufwand, der in einer Ökobilanz abgebildet wird (siehe mehrdimensionale Methode der Ökobilanz).

Kumulierter Energieaufwand (KEA)[6] ist die Summe aller Primärenergieaufwände entlang des Lebenszyklus und wird unterteilt in:

- KPA = kumulierter Prozessenergieaufwand für Herstellung, Transporte etc.
- KNA = kumulierter nichtenergetischer Aufwand (gebundene Energie und Brennwert von Materialien z. B. in Kunststoffen)

Der **CO_2-Fußabdruck ist** eine weit verbreitete Form der Umweltbewertung (engl. **Carbon Footprint,** CF, [CO_2-Äqu.]).

Eine Spezialform ist der Product Carbon Footprint (PCF), der die anthropogen verursachten Treibhausgasemissionen eines Produktes über dessen gesamten Lebensweg in CO_2-Äquivalente aufsummiert und dadurch die Klimawirkung dieses Produktes quantifiziert. Dies erfolgt in Bezug auf die festgelegte funktionelle Einheit (z.B. 1m^3 Parkettboden über einen Zeitraum von 50 Jahren, siehe auch S. 9).

Es gibt zahlreiche Bestrebungen, eine einheitliche Methode für den Product Carbon Footprint zu schaffen, etwa die ISO-Norm 14067:2018 (Treibhausgase -Carbon Footprint von Produkten - Anforderungen und Leitlinien für Quantifizierung)[7] oder das Green House Gas GHG Protocol des Washingtoner World Resource Institutes (WRI)[8].

Der **Wasserfußabdruck** (**Water Footprint,** [m^3 oder l]) quantifiziert den Wasserverbrauch eines Produktes oder einer Dienstleistung. Mit dieser Bewertungsmethode können nur Aussagen über diese eine Wirkungskategorie getroffen werden. Der Wasserfußabdruck wurde ursprünglich für landwirtschaftliche Produkte entwickelt.

Mehrdimensionale Methode der Ökobilanz

Werden mehrere Wirkungskategorien bewertet, so spricht man von einer mehrdimensionalen Methode.

Eine der gängigsten mehrdimensionalen Methode zur Abschätzung von Umweltauswirkungen in mehreren Wirkungskategorien ist die **Ökobilanzierung** bzw. **Lebenszyklusanalyse.** Die englische Abkürzung LCA – von Life Cycle Assessment bzw. Analysis – ist weit verbreitet.

Die Ökobilanz ist eine **wissenschaftliche Methode zur Abschätzung möglicher Umweltauswirkungen von Produkten, Dienstleistungen und Systemen**. Sie umfasst alle Phasen des Lebenszyklus, also Rohstoffgewinnung, Produktion, Nutzung und End-of-Life sowie den Transport zwischen den Phasen und betrachtet mehrere Wirkungskategorien.

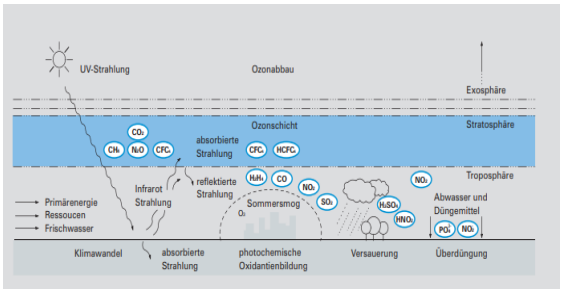


Abb. 7: Schematische Darstellung der zentralen Wirkungskategorien in einer Ökobilanz, Badr A. et al. 2018

[5] Badr A. et al. 2018
[6] ECODESIGN KIT
[7] Hirner, 2012
[8] BMU, 2016

Die LCA dient als Entscheidungshilfe bei der Planung, Entwicklung und praktischen Umsetzung. Sie kann sowohl für den Erstentwurf als auch für die Umgestaltung von Produkten oder Gebäuden zum Einsatz kommen und stellt daher für Planende und Bauherren ein praktisches Bewertungs- und Optimierungstool im Planungs- und Realisierungsverlauf dar.

Die Ökobilanzierung ist eine der effektivsten Wege, um herauszufinden, wie Materialien, Energiekonzepte und Konstruktionsarten von Bauteilen und Produkten auf die Umwelt wirken. Sie bezieht alle Planungsaspekte im Verlauf eines Neubaus, einer Sanierungs- oder Modernisierungsmaßnahme mit ein.

Ökobilanzierungen sind in der Industrie mittlerweile weit verbreitet, jedoch in der Durchführung sehr zeit- und kostenaufwändig, weil viele Inputdaten, Berechnungs- und Analyseschritte notwendig sind. Das ist der Grund, warum LCAs oft nicht bereits in der Planung, sondern erst am Ende eines Bauprojektes, z. B. im Zuge der Gebäudezertifizierung, durchgeführt werden.[9]

Das mit einer Ökobilanz gewonnene Gesamtbild der Umweltauswirkungen von Produkten wird häufig in Form einer Umweltproduktdeklarationen - **Environmental Product Declarations (EPDs)** dargestellt. EPDs enthalten produktspezifische Informationen auf Basis einer Ökobilanz, welche von Herstellern von Bauprodukten vermehrt zur Verfügung gestellt und von Anwendern nachgefragt werden. EPDs dienen als Nachweis bei z. B. Gebäudezertifizierungen und sind für die B2B-Kommunikation nützlich. → *Siehe auch Modul 5 Abbildung der Kreislauffähigkeit auf Produkt- und Gebäudeebene*

Wird jedoch bereits in der Planungsphase eine umfassende Umweltbewertung mittels Ökobilanz erstellt, können Änderungen in der weiteren Detailplanung und Ausführung zur Senkung der Umweltauswirkungen gemacht werden. Dazu ist die Identifikation sogenannter Hotspots hilfreich, die die größten Verursacher in der jeweiligen Wirkungskategorie aufzeigt. Nachfolgende Abbildung zeigt exemplarisch den Beitrag von Materialien und Bauteilen zur Wirkungskategorie Treibhauspotential, quantifiziert durch CO_2-Äquivalente als Indikator.

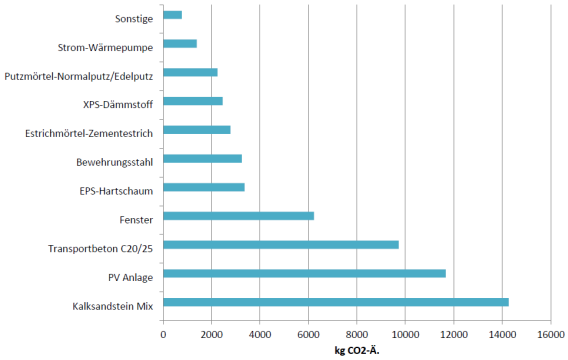


Abb. 8: Identifizierung von Hotspots mit Hilfe von Ökobilanz-Daten, hier: CO_2-Äquivalente[10]

Das Beispiel zeigt, dass der Fokus der Optimierung beim Mauerwerk, der PV-Anlage, der Tragstruktur (Beton und Bewehrungsstahl) sowie bei den Fenstern liegen soll, weil hier der größte Beitrag (= durch sogenannte Hotspots) zum Treibhauspotential vorliegt. Wie bei den eindimensionalen Indikatoren geht es bei der Ökobilanz prinzipiell nicht darum Einzelwerte zu erhalten, sondern ein Ergebnis, welches Vergleiche ermöglicht und Entscheidungen positiv beeinflussen soll. Abbildung 9 zeigt den Primärenergieinhalt verschiedener Bodenbeläge über den zeitlichen Verlauf. Durch die Häufigkeit des notwendigen Austausches aufgrund von Abnutzung oder Verschmutzung ist der PEI ne (Primärenergiegehalt, nicht erneuerbar) von Teppichen mit Abstand am Größten. Naturstein und Linoleum sind am dauerhaftesten und müssen seltener ausgetauscht werden.

[9] DGNB, 2018

[10] Fraunhofer Institute for Building Physics IBP, Johannes Gantner, in DGNB, 2018

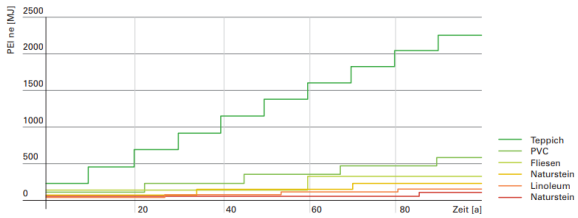


Abb. 9: Dauerhaftigkeit unterschiedlicher Bodenbeläge im Vergleich[11]

Durchführung einer Ökobilanz

Zwei internationale Standards regeln die Durchführung einer Ökobilanz: **ISO 14040:2006** und **ISO 14044:2006.** Die Durchführung erfolgt in vier Phasen[12]:

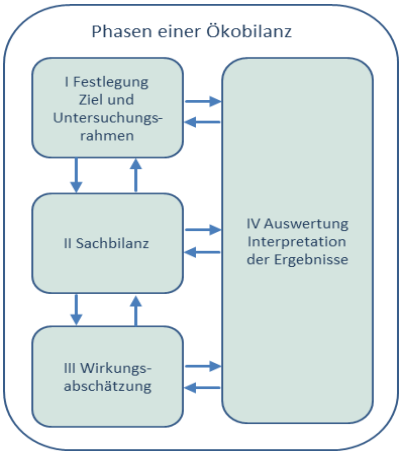


Abb. 10: Vier Phasen der Ökobilanz[13]

I. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

Ziel und Untersuchungsrahmen einer Ökobilanz müssen präzise definiert werden, weil sich später die gesamte Datensammlung und die Ergebnisse darauf beziehen.

Mögliche Ziele und Anwendung:

- Verbesserung des Umweltprofils von Produkten oder Gebäuden
- Vergleich verschiedener Optionen
- Entscheidungshilfe strategische Planung
- Unterstützung bei Gebäudezertifizierung
- Marketing
- Öffentlichkeitsarbeit

Der **Untersuchungsrahmen** beinhaltet:

a. Funktion und funktionelle Einheit
b. Systemgrenzen
c. Annahmen und Beschränkungen

Je nach angestrebtem Ziel und damit Zweck der LCA kann sie mehr oder weniger detailliert ausfallen und alle Lebensphasen oder nur Ausgewählte abdecken. Dies ist zentral für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Somit ist diese erste Phase entscheidend für den weiteren Verlauf der Ökobilanz und für die korrekte Interpretation der Ergebnisse heranzuziehen. Je klarer die Definition, desto besser lassen sich die Ergebnisse interpretieren. Um das zu ermöglichen braucht man präzise technische Angaben zur **Definition des Untersuchungsrahmens**:

a. Funktion und funktionelle Einheit (functional unit, FU/FE)

Zunächst bestimmt man die Funktion des Produkts, also seinen Sinn und Zweck.

→ Die Funktion eines Teppichbodens könnte folgendermaßen lauten: *Schalldämpfender, emissions- und wartungsarmer Bodenbelag für ein Bürogebäude*.

Darauf aufbauend definiert man die **funktionelle Einheit, eine quantitative Referenzeinheit**, auf die sich die gesamte LCA bezieht. Sie muss für einen bestimmten Zeitraum eindeutig messbar sein und dieselbe Funktion erfüllen. Informationen zur üblichen Nutzungsdauer von Bauprodukten können bei der Definition der funktionellen Einheit behilflich sein.[14]

→ Eine mögliche FU wäre beispielsweise *1m² Teppichboden, der in einem Haus verlegt ist und eine Lebensdauer von 10 Jahren hat.*

Die alleinige Menge eines Materials eignet sich nicht für eine FU (z. B. 1 kg Glas). Wichtig ist, wieviel Liter Mineralwasser mit dieser Menge Glas verpackt werden kann. 1 kg

[11] Badr A. et al. 2018
[12] https://www.ecodesignkit.de/methoden/b2-analyse-und-bewertungsmethoden/b21-die-oekobilanz/die-oekobilanz/
[13] ÖÖI, nach ISO 14040
[14] Bau EPD GmbH, 2015

Natursteinboden macht ebenso wenig Sinn als Bezugsgröße. Eine mögliche Definition wäre: 1 m² Boden, der über eine gewisse Zeit mit dem Material ausgelegt werden kann. **Damit bildet die funktionelle Einheit die nötige Grundlage, um Produkte analysieren und vergleichen zu können.**

Aufgabe 2: Funktion und funktionelle Einheit

Definiert eine beispielhafte Funktion und funktionelle Einheit einer Wärmedämmung.

Welche Funktion und funktionelle Einheit könnte für die Ziegelsteinmauer aus Aufgabe 1 praktikabel sein?

b. Systemgrenzen

Die Systemgrenzen legen fest, welche Prozesse und Lebensphasen in die Betrachtung einbezogen werden z. B. nur die Rohstoffgewinnung und Produktion eines Materials oder der gesamten Lebenszyklus inklusive Nutzung und Entsorgung. In der nachfolgenden Abbildung ist der Lebensweg eines exemplarischen Holzproduktes aufgezeigt. Die Phasen A-C liegen in diesem Beispiel innerhalb der Systemgrenze, D liegt außerhalb, d.h. sie wird in der Ökobilanz nicht berücksichtigt. Die Festlegung der Systemgrenze ist wesentlich für die Auswertung und Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Zur Festlegung der Systemgrenze werden **Abscheidekriterien (Cut-Off Criteria)** festgelegt. Sie bestimmen welche Prozesse innerhalb der Systemgrenze liegen und welche außerhalb. Zur Beschreibung des betrachteten Systems eignet sich ein **Flussdiagramm**, das die Prozesse und ihre Zusammenhänge illustriert. Die gestrichelte Linie bezeichnet die Systemgrenze, alles was innerhalb liegt, ist Teil des Untersuchungsrahmens und wird berechnet.

Darüber hinaus macht es einen großen Unterschied für die Ergebnisse, wo ein Produkt hergestellt oder ein Gebäude errichtet wird, da z. B. die Art der Stromerzeugung unterschiedliche Umweltauswirkungen verursacht. Strom aus Wasserkraft ist vergleichsweise sauber im Gegensatz zu Strom aus einem Kohlekraftwerk.

Aufgabe 3: Systemgrenzen

Definiert ein System und seine Grenzen für die Ziegelsteinmauer aus Aufgabe 1. Zeichnet ein Flussdiagramm, welches den Lebenszyklus eures Produktes darstellt.

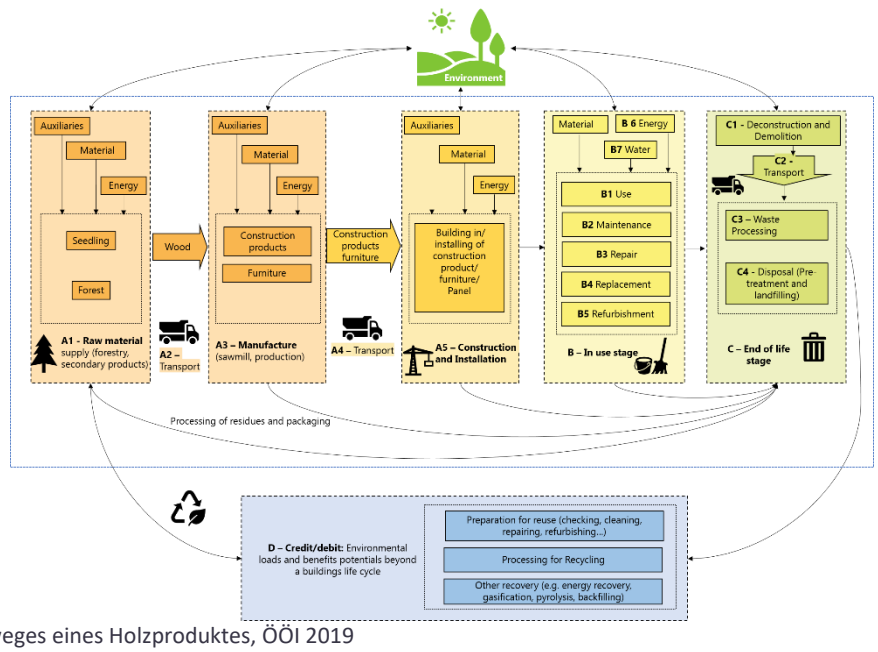


Abb. 11: Lebensweges eines Holzproduktes, ÖÖI 2019

Die **EN 15804: 2018** (Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für Bauprodukte) unterscheidet verschiedene Module, die den Lebenszyklus eines Gebäudes beschreiben. Die einzelnen Bauprodukte sind durch die Module A1-A3 abgebildet, welche die Rohstoffgewinnung inkl. Produktion der Baustoffe abdecken. Diese Systemgrenze wird mit „Cradle-To-Gate – von der Wiege bis zum Werkstor“ bezeichnet.

Bisher zeigen die meisten Umweltproduktdeklarationen nur diese Produktionsphase und nicht den gesamten Lebenszyklus. Die Systemgrenze „Cradle-To-Grave – von der Wiege bis zur Bahre“ bezieht alle Phasen inkl. Verwertung und Entsorgung mit ein. Durch erweiterte Anforderungen der Standards zur Erstellung einer EPD basierend auf einer Ökobilanz wird diese in Zukunft weiterverbreitet sein.

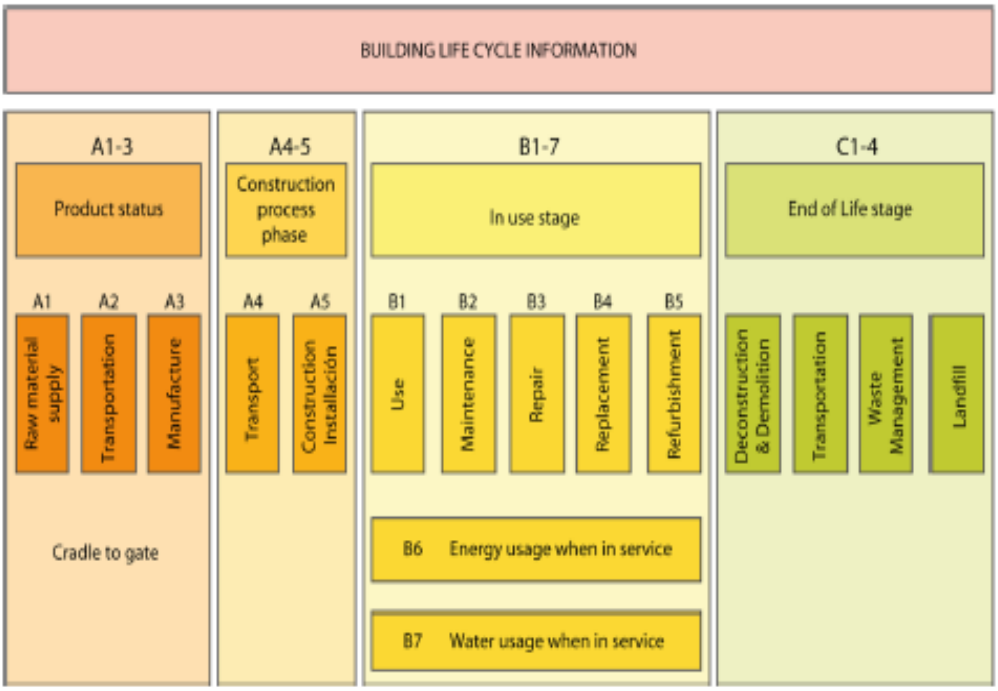


Abb. 12: Lebenszyklus - Informationsmodule gemäß EN 15978 und 15804.

c. Annahmen und Beschränkungen

Um die Ergebnisse von Ökobilanzen vergleichen zu können sind die Systemgrenzen, die bilanzierten Prozesse und die betrachteten Lebensphasen von zentraler Bedeutung. Eine vorhandene Ökobilanz sagt per se nichts über das Ausmaß der Umweltverträglichkeit oder schädlichen Umweltwirkungen von Produkten aus. Der Vergleich mit anderen Ergebnissen oder Grenzwerten macht eine Einordnung diesbezüglich möglich. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zu Produkten, die mit Umweltgütesiegeln ausgezeichnet sind. Umweltgütesiegel oder Umweltzeichen wie z. B. das Österreichische Umweltzeichen oder Blauer Engel aus Deutschland stellen eine Qualitätsauszeichnung im Vergleich zu gleichartigen Produkten in der Branche dar. → *siehe auch Modul 5 Abbildung der Kreislauffähigkeit auf Produkt- und Gebäudeebene*

Aufgabe 4: Technische Informationen

Welche technischen Informationen würdet Ihr benötigen, um die Komponenten eines Gebäudes beschreiben zu können (z. B. Fußboden, Fenster, Fassadensystem)?

II. Erstellen der Sachbilanz

In dieser zweiten Phase werden alle für die Produktion nötigen Inputs (Ressourcen und Energie) und die entstehenden Outputs (Produkt, Emissionen und Abfälle) in einer **Sachbilanz** dargestellt (=Life Cycle Inventory Analysis, **LCI**). Dazu müssen quantitative (z. B. 50 t Holz) und qualitative (z. B: lackiert, Art des Lackes) Daten für jeden Teil des Prozesses gesammelt und validiert werden. Die Daten können – je nach Verfügbarkeit - auf wissenschaftlicher Recherche, Messungen oder Schätzungen basieren. Dieser Schritt gilt als der arbeitsintensivste Teil der LCA.

Oft wird die Sachbilanz als Tabelle dargestellt. Dort werden sämtliche Material- und Energieinputs und -outputs je Teilprozess zusammenfasst und pro funktioneller Einheit aufgelistet. Die Sachbilanz kann mit Tabellenkalkulationsprogrammen, d.h. mit kommerzieller Software erfolgen, wie z.B. mit GaBi®, SimaPro®, Umberto®, Open LCA o.ä..

Plattformen wie ÖKOBAUDAT[15] oder baubook stellen Datensätze für Materialien und Prozesse für die Erstellung der Sachbilanz zur Verfügung. Online-Tools wie der baubook Rechner[16] für Bauteile oder Eco2Soft für Gebäude[17] unterstützen die Durchführung einer Ökobilanz.

Untenstehend ist eine beispielhafte Sachbilanz einer Feinsteinzeug-Fliese zu sehen. Die Funktionelle Einheit ist als 1 m^2 Feinsteinzeug-Bodenbelag über 50 Jahre hinweg definiert.

Tab. 1: Sachbilanz von 1 m^2 Feinsteinzeug-Fliese über 50 Jahre hinweg (Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung) (ITC)

Material and Energy Inventory (Sachbilanz)	**Product stage** A1-A3	**Construction process stage** A4-A5	**Use stage** B1-B7	**End of life stage** C1-C4
INPUTS				
Body raw materials(1) (kg/m^2)	2.39E+01			
Glaze raw materials(1) (kg/m^2)	7.85E-01			
Auxiliary inputs (kg/m^2)		3.50E+00	4.94E-02	
Electric energy from the grid (MJ/m^2)	1.68E+01			negligible
Thermal energy from natural gas (MJ/m^2)	1.31E+02			
Groundwater (l/m^2)	1.55E+01			
Tap water (l/m^2)	2.36E+00	8.80E-01	2.60E+02	
Recycled water from other industries (l/m^2)	1.83E+00			
Packaging (kg/m^2)	8.13E-01			
OUTPUTS				
PST tile (kg/m^2)	2.15E+01			
Electric energy sold to the grid (MJ/m^2)	1.46E+01			
Air emissions of particulate matter(2) (mg/m^2)	6.00E+03			
Air emissions of NO_x from the process (mg/m^2)	3.36E+03			
Air emissions of SO_2 from the process (mg/m^2)	2.79E+03			
Air emissions of HF (mg/m^2)	1.36E+03			
Air emissions of HCl (mg/m^2)	1.43E+01			
Air emissions of heavy metals (mg/m^2)	1.88E+00			
Non-hazardous wastes (kg/m^2)	4.91E+00			2.50E+01
Hazardous wastes (kg/m^2)	1.54E-03	8.13E-01		
Wastewater discharge (l/m^2)	3.39E-01		2.60E+02	
NOTE: (1) Composition detailed in table 2 (2) Channelled and fugitive particle matter emissions into the air				

[15] https://www.oekobaudat.de/

[16] https://www.baubook.info/BTR/?SW=5

[17] https://www.baubook.info/eco2soft/?SW=27

III. Wirkungsabschätzung

Der dritte Schritt der Ökobilanz ist die **Wirkungsabschätzung**. Bei der Wirkungsabschätzung (**Life Cycle Impact Assessment, LCIA**) werden zunächst die Inputs und Outputs der Sachbilanz verschiedenen **Wirkungskategorien** (z. B. Klimawandelpotential oder Ozonabbaupotential) zugeordnet. Diese Zuordnung nennt sich **Klassifizierung**. Anschließend werden die zugeordneten Inputs und Outputs mithilfe eines spezifischen Faktors in eine Referenzeinheit umgewandelt (**Charakterisierung**).

Ein Beispiel: Bei der Wirkungskategorie „Klimawandelpotential" ist die Bezugsgröße das CO_2 und die Referenzeinheit ist 1 kg CO_2-Äquivalente. Daher werden alle Inputs und Outputs, die zum Klimawandel beitragen (CO, N_2O oder CH_4) gemäß dem spezifischen Charakterisierungsfaktor in CO_2-Äquivalente umgewandelt. CH_4 hat einen Charakterisierungsfaktor von 25, d.h. es trägt 25 Mal so viel zum Klimawandel bei wie CO_2. Die Berechnung von Charakterisierungsfaktoren erfolgt mittels komplexer Umweltmodelle.

Aufgabe 5: Wirkungskategorien

Nennt Emissionen, die die drei Umweltmedien Boden, Wasser und Luft belasten können.

Welche Wirkungskategorien würdet Ihr diesen Emissionen zuordnen? s. auch Abb. 7.

Eine Wirkungsabschätzung der Feinsteinzeug-Fliesen aus obigem Beispiel ist in Tabelle 2 zu sehen.

Tab. 2: Wirkungsabschätzung für Feinsteinzeug-Fliesen pro m^2 in den verschiedenen Lebenszyklusphasen gemäß den Modulen der EN 15804: 2018 (ITC)

	ADP-elements kg Sb Eq.	ADP-fossil MJ	AP kg SO_2 Eq.	EP kg PO_4^{3-}Eq.	GWP kg CO_2 Eq.	ODP kg R11 Eq.	POCP kg C_2H_4 Eq.
A1	9.93E-05	2.82E+01	1.17E-02	1.87E-03	2.12E+00	2.23E-07	1.05E-03
A2	6.45E-09	4.19E+00	5.37E-03	6.94E-04	3.16E-01	5.93E-10	3.59E-04
A3	9.74E-07	8.90E+01	1.23E-02	1.44E-03	7.04E+00	4.22E-07	8.81E-04
A4	1.44E-08	8.79E+00	1.27E-02	1.38E-03	6.75E-01	1.24E-09	8.12E-04
A5	6.60E-05	4.05E+00	4.82E-04	2.00E-04	5.01E-01	1.06E-08	5.32E-05
B2	2.19E-07	1.32E+00	9.12E-04	1.57E-04	1.52E-01	5.36E-08	2.64E-04
C1	0	0	0	0	0	0	0
C2	4.23E-09	2.45E+00	9.11E-04	1.84E-04	1.79E-01	3.63E-10	1.01E-04
C3	0	0	0	0	0	0	0
C4	9.93E-10	1.13E+00	5.79E-04	8.50E-05	1.56E-01	1.38E-09	1.02E-04
D	2.37E-08	-1.70E+00	-1.24E-04	-3.87E-05	-1.78E-01	-1.72E-08	-1.61E-05

NOTE:
Eq.: Equivalent
ADP: Abiotic (Resource) Depletion Potential, AP: Acidification Potential, EP: Eutrophication, GWP: Global Warming Potential, ODP: Ozone depletion, POCP: photochemical oxidant creation
D = Benefits and loads beyond the product system boundary

IV. Interpretation der Ergebnisse

Der Zweck der Interpretationsphase ist das Identifizieren, Quantifizieren, Prüfen und Evaluieren der Ergebnisse der Sachbilanz bzw. Wirkungsabschätzung. Dies erfolgt im Kontext der Ziele und des Untersuchungsrahmens, die in Schritt 1 festgelegt wurden. Aus der Interpretation leitet man Schlussfolgerungen und Empfehlungen ab und zeigt signifikante Auswirkungen auf die Umwelt auf. Zudem sollte im Zuge der Interpretation eine Evaluierung der durchgeführten Ökobilanz erfolgen, die ihre Vollständigkeit, Robustheit und Konsistenz der Daten überprüft und ihre Beschränkungen erläutert. Zum Beispiel können die erzielte Datenqualität in der Sachbilanz und die Unsicherheiten bei der Wirkungsabschätzung aufgezeigt werden.

Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen sollen der Zielgruppe übermittelt werden. Sie können intern und extern für Informations- und Marketingzwecke, Vergleiche von Alternativen, Neugestaltung von Produkten und Dienstleistungen, Integration in Zertifizierungssysteme und für die strategische Planung verwendet werden. Außerdem schreiben die Normen ISO 14040 und ISO 14044 einen Reviewprozess durch unabhängige ExpertInnen und eine öffentliche Bekanntmachung der Ergebnisse vor.

In Tabelle 3 sind die relativen Beiträge von 1 m^2 der betrachten Feinsteinzeug-Fliese zu den Wirkungskategorien zu sehen. Solche Übersichten helfen, Maßnahmen zur Umweltentlastung zielgerichtet auszuwählen.

Tab. 3: Beiträge der Inputs und Outputs von 1m^2 Feinsteinzeug-Fliese zu den Wirkungskategorien je Lebenszyklusphase, gemäß EN 15804: 2018 (in %), (ITC)

Module life cycle	Input/output	ADP-elements	ADP-fossil	AP	EP	GWP	ODP	POCP
A1	Body raw materials		14.4	9.2	8.1	12.5	25.8	15.0
	Glazes (from cradle to gate)	59.6	6.1	16.8	23.2	6.8	6.2	14.2
A3 Granulate manufacture	Electricity sold to the grid		-28.3	-19.0	-9.0	-28.1	<-1.0	-25.8
	Electricity bought from the grid		6.3	6.0	3.0	6.7	23.3	6.7
	Thermal energy from natural gas		32.3	7.6	9.3	31.1	<1.0	11.8
A3 Tile manufacture	Thermal energy from natural gas		44.7	10.5	12.6	43.1		16.3
	Electricity bought from the grid		10.0	9.3	4.7	10.5	36.5	7.5
	Emissions from raw materials decomposition			12.8	2.6	1.1		4.6
A2	Transport			12.0	11.6	2.9	<1.0	10.0
A4	Transport		6.4	28.4	23.2	6.2	<1.0	22.5
A5	Adhesive	40.0						
B2	Detergent						7.1	6.3
D	Benefits and loads beyond the product system boundary						-2.5	
Rest of processes			≤3.0	<2.5	≤3.5	<3.0	<2.0	<3.0

Die Ergebnisse einer LCA sind hilfreich für die Beantwortung der in Phase 1 - Ziel und Untersuchungsrahmen - gestellten Fragen:

- Was ist im Design/Re-Design zu berücksichtigen?
- Was soll verändert werden?
- Was soll bei einer Renovierung so belassen werden, wie es ist?
- Auf welche Strategien konzentrieren?
- Wie die Ergebnisse vermitteln?

Aufgabe 6: Grenzen einer Ökobilanz

Diskutiert die Probleme, die bei einer Ökobilanz auftreten könnten. Wo kann die LCA an ihre Grenzen stoßen?

Einflussgrößen und Wechselwirkungen

Wenn wir die Umweltverträglichkeit eines Produktes oder Gebäudes in einer bestimmten Lebenszyklusphase verbessern möchten, kann es zu sogenannten **Trade-Offs**, also entgegengesetzten Wechselwirkungen, kommen. Beispielsweise kann ein bestimmtes Material den Heizwärmebedarf in der Nutzung reduzieren, andererseits aber eine höhere dem Produkt selbst innewohnende Energie (sog. Embodied Energy, siehe auch Kumulierter Energieaufwand), ein höheres Abfallaufkommen oder eine kürzere Lebensdauer nach sich ziehen[18].

Die nachfolgende Diskussion rund um die Branchenergebnisse am Beispiel Beton soll die

[18] Blengini und Di Carlo, 2010

Grenzen und Anwendbarkeit von Ergebnissen der Ökobilanz näherbringen.

Praktischer Nutzen von Ergebnissen einer Ökobilanz am Beispiel Beton

Abb. 10: Architektur in Beton (Pxhere, s.a.)

Die Deutsche Bauzeitschrift hat 2014 einen Vergleich von Environmental Product Declarations für 1 m^3 Beton, der in Deutschland hergestellt wurde und im Hoch-, Tief- und Ingenieurbau eingesetzt wird durchgeführt. Es wurde eine Nutzungsdauer von 50 Jahren betrachtet. Dabei handelt es sich nicht um herstellerspezifische Bilanzen, sondern um einen **Branchenquerschnitt**. Die entsprechenden EPDs wurden auf der Homepage des Informationszentrums Beton veröffentlicht[19]. Qualität und Langlebigkeit der Betonsorten variieren je nach Zusammensetzung, Verarbeitung, Verdichtung und Nachbehandlung.[20]

Nehmen wir an, dass wir per Hotspot-Analyse prüfen wollen, ob für unterschiedliche Druckfestigkeitsklassen verschiedene Ökobilanzen nötig sind. Betrachtet man dazu z. B. die Graue Energie, zeigen sich deutliche Unterschiede (bspw. C 8/10: 0,521 MJ/kg; C30/37: 0,774 MJ/kg[21]). Verschiedene Bilanzen sind also angebracht.

Die Ökobilanzen zeigen beispielsweise, dass das Treibhauspotential mit der Druckfestigkeit zunimmt, beim spezifischen Treibhauspotential verhält es sich hingegen umgekehrt.

Die Analyse hat gezeigt, dass während der Nutzungsphase normalerweise keine Belastung auftritt. Die **größten Belastungen entstehen durch den Zement, der 85-90 % des Primärenergiebedarfs und etwa 95 % des Treibhauspotentials verursacht** (das sind für die Klasse C20/25 etwa 1050 MJ/m^3 bzw. 200 CO_2-Äqu./m^3).[22]

Vor allem die Betonherstellung, aber auch der Transport verursachen erhebliche Umweltauswirkungen. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, dass die Sand- und Kiesvorkommen einer Region begrenzt und die Inbetriebnahme neuer Abbaustätten aufwändig ist, weil sie mit hohen Anforderungen einhergeht. Werden die Rohstoffe aus einer anderen Region bezogen, verändert sich auch das Ergebnis der Ökobilanz.[23]

Um zu ermitteln, wie groß die Belastung des gesamten Bauproduktes oder Gebäudes durch den Beton ist, braucht man die Ergebnisse der Ökobilanz nur mit den verbauten Kubikmetern zu multiplizieren.

Die Systemgrenze wurde bis zum Werkstor gezogen (Cradle-To-Gate with options). Den rückgebauten Beton könnte man zu Granulat weiterverarbeiten, das wiederum bei der Betonherstellung eingesetzt werden könnte. Der Einsatz ganzer gebrauchter Bauteile liegt ebenfalls außerhalb des Untersuchungsrahmens.

Der Branchenvergleich zeigt, dass die Systemgrenzen und Funktionelle Einheit gleich sein müssen, ansonsten ist ein direkter Vergleich der Ergebnisse nicht möglich.

[19] https://www.beton.org/wissen/nachhaltigkeit/umweltproduktdeklarationen/
[20] Linden und Marquart (Hrsg.), 2018
[21] Kolb, 2019
[22] Linden und Marquart (Hrsg.), 2018
[23] Linden und Marquart (Hrsg.), 201

2. Einfluss der Produktgestaltung auf die Kreislauffähigkeit

Die größte Lücke, die einen geschlossenen Kreislauf innerhalb der Baubranche unterbricht, ist derzeit beim Abbruch von Gebäuden zu finden. Derzeit werden zwar Abbruchmaterialien recycelt, allerdings werden diese meist minderwertig eingesetzt, wie zum Beispiel im Straßenbau oder zur Verfüllung. Darüber hinaus wird ein großer Teil der Recycling-Baustoffe nicht im engeren Sinne recycelt, sondern z.B. als Zuschlagsstoff für Beton verwendet. Solche Anwendungen stellen keine gleichwertige Verwendung der Ressource dar, man spricht in diesem Zusammenhang von **Downcycling** oder gemäß der EU-Abfallhierarchie von „sonstiger (stofflicher) Verwertung".

Abb. 11: Abbruch (Pixabay, 2019)

Wiederverwendung forcieren – verwertungsorientierter Rückbau

Gemäß **Recycling-Baustoff-Verordnung**, **RBV**[24] ist beim Abbruch und Rückbau von Gebäuden eine Schad- und Störstofferkundung ab einer bestimmten Menge an Bau- und Abbruchabfällen (750 t) verpflichtend, und die Hauptbestandteile des Gebäudes sind voneinander zu trennen.

Beim **verwertungsorientierten Rückbau** wird das Gebäude stückweise in seine Bestandteile zerlegt (Metall-, Beton-, Holzteile…), die auf der Baustelle getrennt und danach recycelt werden. Er bietet auch die Möglichkeit dafür zu sorgen, dass werthaltige Bauteile weiter genutzt und direkt in anderen Gebäuden eingebaut werden. Hemmnisse hierfür bestehen derzeit in rechtlichen Anforderungen und Bestimmungen zum Abfallende (Regelung ab wann ein entsorgtes Produkt wieder genutzt werden darf) sowie auch in der Produktgestaltung und Verbindungstechnik. Alles was z. B. verklebt ist, ist später schwer oder gar nicht zu trennen und erschwert/verhindert einen zerstörungsfreien Ausbau und somit die Wiederverwendung. → *siehe auch Modul 2 Prinzipien des kreislaufgerechten Bauens*

Die folgenden Beispiele zeigen auf, wie derzeit in Österreich beim Abbruch von Gebäuden mit ausgewählten Komponenten verfahren wird. Außerdem wird ersichtlich, wie eine Optimierung nach Ende der Nutzungsphase zu einer Schließung von Kreisläufen und Abfallvermeidung beitragen kann.

Beispiel Parkettboden

Parkettböden werden vom Abbruchunternehmen manuell oder mithilfe diverser Werkzeuge entfernt. Auch bei hoher Parkettqualität wird dieser selten wiederverwendet.

Abb. 12: Parkettboden beim Abbruch (BauKarussell, 2018)

Holz wird beim Abbruch derzeit noch als Störfaktor angesehen, der die Erzeugung von Recyclingbaustoffen, z.B. aus Stahlbeton oder Ziegeln, erschwert. Die Abfallfraktion Altholz wird vor allem stofflich, z.B. in der

[24] BGBl. II Nr. 181/2015, Änderung BGBl. II Nr. 290/2016

Spanplattenproduktion oder unter energetischer Nutzung thermisch verwertet, wenn Verunreinigungen eine stoffliche Verwertung verhindern. Gerade bei hochwertigen Parkett- oder Landhausdielenböden stellt dies geradezu eine Wertvernichtung dar.

Im Rahmen der Schad- und Störstofferkundung eines Gebäudes können werthaltige Komponenten identifiziert werden, die sich für einen Wiedereinsatz eignen. Der Zustand des Parkettbodens kann damit bei einer Begehung dokumentiert werden. Ist er in gutem Zustand, können die mit dem Abbruch Beauftragten mit der Planung einer Wiederverwendung beginnen.

Schritte im verwertungsorientierten Rückbau, um eine **Wiederverwendung** von Parkettböden **zu ermöglichen** umfassen:

a. Definition des Zeitrahmens

Wie lange sollen bzw. können die vorhandenen Materialien und Bauteile im Gebäude gelagert werden?
Anmerkung: Das Zeitfenster von der Freigabe bis zum Abbruch ist meist kurz!

b. Einbeziehung von Stakeholdern

Mit den ProjektentwicklerInnen und ArchitektInnen wird überlegt ob das Parkett z. B. bei Sanierung/Umbau vor Ort wieder eingebaut werden kann, um die Ressourceneffizienz zu erhöhen und den Charakter des Gebäudes zu wahren.
Anmerkung: Verschiedene Akteure müssen meist erst vom Nutzen einer Wiederverwendung überzeugt werden!

c. Angebot und Nachfrage

Um Lagerkosten zu vermeiden, müssen rasch Käufer für die Bauteile und Materialien gefunden werden.
Bedenke: Dies stellt die Zuständigen oft vor eine zeitliche und logistische Herausforderung!

d. Informationsmanagement und Qualitätssicherung

Eine umfassende Dokumentation des Produkts muss vorliegen. Produktdatenblätter, technische und chemische Analysen und Angaben zum Einbau erleichtern die Demontage von Bauteilen wesentlich (Wie ist der Parkettboden verlegt worden? Nägel, Schrauben, Klick-System, verklebt…). → *siehe Modul 2 Prinzipien des kreislaufgerechten Bauens*

e. Einbindung von Akteuren in der Wertschöpfungskette

Wer war der ursprüngliche Hersteller/Verkäufer des Produkts? Besteht die Möglichkeit, bei der Parkettsanierung zu kooperieren? Eine solche Kooperation kann eine Chance für den Produzenten bieten, das restliche Gebäude mit neuen Böden auszustatten.
Zur erfolgreichen Umsetzung sind neue Wege und Kooperationen nötig und bieten Chancen für verschieden Akteure entlang der Wertschöpfungskette!

Beispiel Verwertungsorientierter Rückbau

Das Start-Up **BauKarussell** hat es sich zum Ziel gesetzt, die **Wiederverwendung von Bauteilen in den standardmäßigen Rückbau von Gebäuden zu integrieren**.[25] Bei den Pilotprojekten mit Abbruchgebäuden wurde deutlich ersichtlich, dass die Produktplanung und -gestaltung der Anfangsphase (Verbindungstechnik, qualitative Ausführung, Trennbarkeit…) die nachfolgenden, vor allem die letzte Phase wesentlich beeinflusst.

Beispiel Polystyrolplatten – Gefährlicher Abfall oder Wertstoff?

Polystyrolplatten zur Wärmedämmung, die vor dem Jahr 2000 produziert worden sind, enthalten mit hoher Wahrscheinlichkeit FCKWs (Fluorchlorkohlenwasserstoffe); im Jahre 2000 wurde der Einsatz von FCKWs verboten.

[25] http://www.pulswerk.at/baukarussell.htm

Der FCKW-Gehalt ist ausschlaggebend, ob die Dämmplatten als gefährlicher Abfall gelten und damit entsorgt werden müssen oder eine andere Verwendung finden können z. B. als Wärmedämmung am Dach.

Gelten sie als gefährlicher Abfall, müssen sie besonders vorsichtig behandelt werden, weil das Treibhauspotential von FCKWs etwa tausendfach höher ist als das von CO_2. Um Emissionen zu vermeiden, dürfen die Platten nicht brechen, müssen sorgfältig gelagert und anschließend fachkundig thermisch behandelt werden, um die Eliminierung der FCKWs sicherzustellen.

Wenngleich die Gesamtmasse an eingesetzten FCKWs niedrig ist, ist sie doch bedenklich, da sie umweltschädigend ist. Weil die Dämmplatten eine so geringe Masse haben, werden sie beim Abbruch oft nicht vorsichtig genug behandelt: Sie brechen, werden zerschnitten und fallen gelassen.

Schritte, um einen sorgsamen Umgang zu gewährleisten und gleichzeitig Möglichkeiten zur Wiederverwendung auszuloten, umfassen:

- Bei der **Schad- und Störstofferkundung** vor Beginn der Abbrucharbeiten, sollte geprüft werden, ob die Platten FCKWs enthalten. Dies dient vor allem der Abschätzung der Abbruchkosten. Gleichzeitig werden auch die Pflichten im Umgang mit den Abfällen mit dem Abbruchunternehmen geklärt.
- **Produktinformation**: Enthalten die Platten keine FCKWs, muss zur Wiederverwendung eine umfassende Dokumentation vorliegen, z.B. Produktdatenblatt, ggf. technische Analyse des Materials.
- Über **Haftung und Gewährleistung** sollte eine Vereinbarung getroffen werden.

Beispiel Büromöbel

Der erste operative Schritt eines Abbruchs ist die Räumung, die in der Regel ebenfalls vom Abbruchunternehmen durchgeführt wird. Das Abbruchunternehmen hat für solche spezifischen Aufgaben oft eigene Vertragspartner, weswegen der Projektentwickler die operative Arbeit nicht so einfach überblicken kann. Das Wiederverwendungs- und Recyclingpotential wird dabei meistens nicht ausgeschöpft.

Büromöbel werden allgemein in kurzen, regelmäßigen Abständen von ein paar Jahren ausgetauscht. Folglich sind sie oft in gutem Zustand, in hoher Qualität und in einheitlichem Stil verfügbar und somit für den Second-Hand-Markt geeignet.

Ein wesentlicher Schritt, um eine Wiederverwendung von gebrauchten Büromöbeln zu ermöglichen stellt die Einbindung verschiedener Akteure entlang der Wertschöpfungskette dar, vor allem beim Übergang von Produkt – Abfall – Abfallende – wiederverwendetes Produkt.

Serviceorientierte Geschäftsmodelle (z. B. Vermieten von Möbeln) stellen neue Anforderungen an die Produktgestaltung hinsichtlich Langlebigkeit und Robustheit. Nachdem die Produkte im Besitz des Herstellers verbleiben, hat dieser großes Interesse daran, diese langlebig, service- und wartungsarm zu gestalten bzw. diese wiederkehrenden Leistungen so einfach und ökonomisch wie möglich durchzuführen. Wertschöpfung wird nicht über die verkaufte Stückzahl, sondern über den zur Verfügung gestellten Nutzen des Mobiliars generiert. Die Serviceleistungen können vom Hersteller selbst oder von anderen Anbietern durchgeführt werden. Die Produzentenverantwortung kann so weit gehen, dass der Produzent seine Produkte am Lebensende zurücknimmt, wiederaufbereitet und auf den Markt bringt.

Eine **verlängerte Nutzungsdauer** stellt bei rohstoff- und herstellungsintensiven Produkten wie Parkettboden, Möbeln oder Betonelementen ein **wichtiges Kriterium zur Reduktion des Ressourcenverbrauches und der Umweltauswirkungen** dar.

Bilanz ziehen: Textaufgaben zur Reflexion

Textaufgabe 1: Zum Text „Böser Beton“ (Philip Pramer, in: Der Standard, 03.05.2019)[26]

a. Beschreibt, wie Zement zum weltweiten Klimawandel beiträgt.
b. Erklärt, warum man die Zementproduktion nicht klimaneutral gestalten kann.
c. Ordnet die im Text genannten Möglichkeiten zur Verringerung der CO_2-Emissionen den Methoden des ReSOLVE-Frameworks der Ellen MacArthur-Foundation (siehe Modul 1, Seite 11) zu. Wo könnten eurer Meinung nach Schwierigkeiten bei der Umsetzung dieser Maßnahmen auftreten?
d. Illustriert die verschiedenen möglichen Lebenswege eines Zementsacks und führt die jeweils beteiligten Akteuren an.
e. Zeigt die Möglichkeiten auf, die die Akteure zur Umsetzung der Maßnahmen aus Punkt d haben.

Textaufgabe 2: Zum Text „Der Kampf der Armen in der Megacity“ (Katrin Gänsler, in: Der Standard, 03.05.2019)[27]

a. Erklärt, von welchem knappen Gut im Artikel die Rede ist und warum es so begehrt ist!
b. Erläutert das soziale Problem, das der Artikel behandelt und nennt seine Gründe und die Lösungen, die vorgeschlagen werden.
c. Illustriert den sozialen Lebenszyklus des Verkaufszentrums für Arzneimittel (vorletzter Absatz). Bezieht dabei das im Artikel beschriebene gesellschaftliche Problem mit ein, sowie seine Gründe und Lösungsvorschläge.

Textaufgabe 3: Zum Text „Der Stein des Anstoßes“ (Julia Schilly, in: Der Standard, 14.05.2011)[28]

a. Erläutert die Gründe, warum ein so hoher Anteil der Natursteine in Österreich importiert wird.
b. Ordnet die sozialen Probleme, mit denen die ArbeiterInnen in Steinbrüchen in Indien und China konfrontiert sind, folgenden Bereichen zu:
- soziale Leistungen und soziale Sicherheit
- KonsumentIn: Gesundheit, Sicherheit, Datenschutz, Verantwortlichkeit am Ende des Lebenszyklus…
- Lokale Gemeinschaft: Zugang zu materiellen Ressourcen, z.B. Grundbesitz, sichere und gesunde Lebensbedingungen, Versammlungsfreiheit…
- Gesellschaft: öffentliche Zielsetzungen und Gesetze in Bezug auf nachhaltige Entwicklungen, Vermeidung bewaffneter Konflikte, Korruption…
- andere Akteure der Wertschöpfungskette: fairer Wettbewerb, soziale Verantwortung (z.B. Code of Conduct in der Branche), Berücksichtigung geistigen Eigentums…

c. Nennt die Herausforderungen und Möglichkeiten, die mit der Lösung einhergehen, die heimischen Verbrauchern vorgeschlagen wird.

[26] https://derstandard.at/2000102411187/Boeser-Beton-Warum-Zement-der-geheime-Klimakiller-ist
[27] https://derstandard.at/2000102403944/Der-Kampf-der-Armen-in-der-Megacity-Lagos
[28] https://derstandard.at/1304552103277/Umstrittene-Naturstein-Importe-Der-Stein-des-Anstosses, 14.5.2011

Literaturverzeichnis

Alvarez, S.; Carballo-Penela, A.; Mateo-Mantecón I. and Rubio, A. (2016): Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats analysis of carbon footprint indicator and derived recommendations. In: Journal of Cleaner Production 121, 238-247.

Badr, Amani; Fuchs, Matthias; Stark, Thomas; Zeumer, Martin (2018): Nachhaltigkeit gestalten. Leitfaden für Architekten, Innenarchitekten, Landschaftsarchitekten, Stadtplaner, Fachingenieure, Bauherren und Interessierte, Bayrische Architektenkammer

Bau EPD GmbH (2015): Nutzungsdauerkatalog der Bau-EPD GmbH für die Erstellung von EPDs, http://www.bau-epd.at/wp-content/uploads/2015/08/EPD-AT_Referenznutzungsdauern-20150810.pdf, [Abgerufen am 11.03.2020].

BGBl. II Nr. 181/2015, Änderung BGBl. II Nr. 290/2016: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Pflichten bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recycling-Baustoffen (Recycling-Baustoffverordnung – RBV

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2016): Produktbezogene Klimaschutzstrategien: Product Carbon Footprint verstehen, anwenden und nutzen. https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/produkte-und-konsum/product-carbon-footprint/ [Abgerufen am 18.06.2019].

DGNB (2018): Leitfaden zum Einsatz der Ökobilanzierung, DGNB Leitfaden, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, Februar 2018

ECO DESIGN Kit https://www.ecodesignkit.de/home-willkommen/ [Abgerufen am 11.04.2019]

Europäische Kommission (2018): Construction and Demolition Waste. Verfügbar in: http://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm (Abgerufen am 11.06.2019).

Hirner, H. (2012): CO2-Fußabdruck. https://www.austrian-standards.at/ueber-standards/nutzen-von-standards/nutzen-in-der-wirtschaft/co2-fussabdruck/ [Abgerufen am 18.06.2019].

Kolb, B. (2019): Beton-Ökobilanz. In: Forum Nachhaltiges Bauen, https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Beton [Abgerufen am 18.06.2019].

Life Cycle Initiative (2018): What is Life Cycle Thinking? Verfügbar in: https://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/what-is-life-cycle-thinking/ [Abgerufen am 11.04.2019].

Linden, W. und Marquardt, I. (Hrsg.) (2018): Ökologisches Baustoff-Lexikon. Bauprodukte, Chemikalien, Schadstoffe, Ökologie, Innenraum. 4. Auflage. Berlin: VDE Verlag.

Melzer, H. (2015): Recycling und Entsorgungseigenschaften von Dämmstoffen. Verfügbar in: http://www.nachhaltiges-bauen.jetzt/recycling-und-entsorgungseigenschaften-von-daemmstoffen/ [Abgerufen am 14.06.2019].

Schneider, P.; Pfoh, S. und Grimm, F. (s.a.): Leitfaden 01. Ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. Projektplattform Energie des Bayerischen Bauindustrieverbandes e.V. in Kooperation mit der TU München. [Abgerufen am 11.06.2019].

Abbildungsverzeichnis

https://www.google.com/search?as_st=y&tbm=isch&hl=de&as_q=abbruch+abfall&as_epq=&as_oq=&as_eq=&cr=&as_sitesearch=&safe=images&tbs=sur:fc#imgrc=xJIQG72nNEtcZM:
https://pxhere.com/de/photo/680904

Icons:

Freepik (2019): www.flaticon.com [Abgerufen am 15.05.2019]

Anhang mit Abbildungen

Abb. 3: Periodisch anfallende Entscheidungen im Lebenszyklus eines Gebäudes, ÖGNB

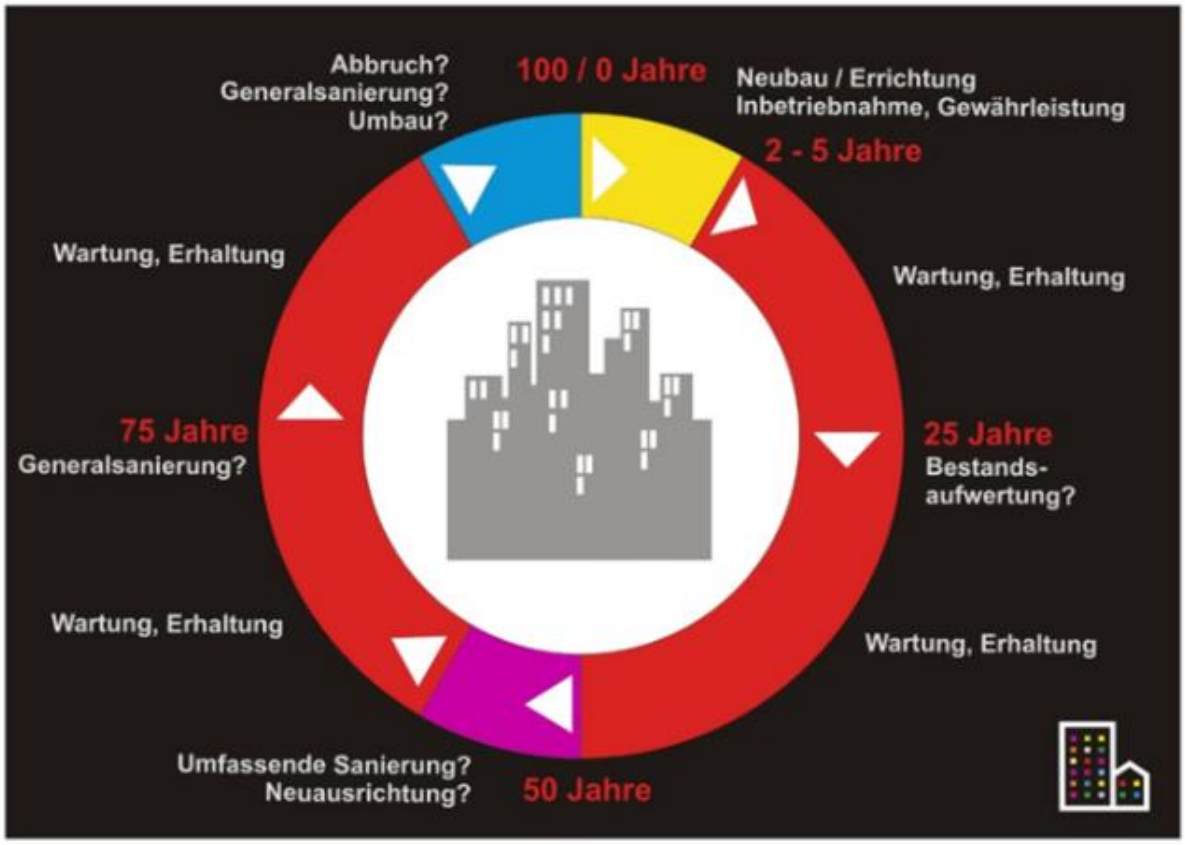
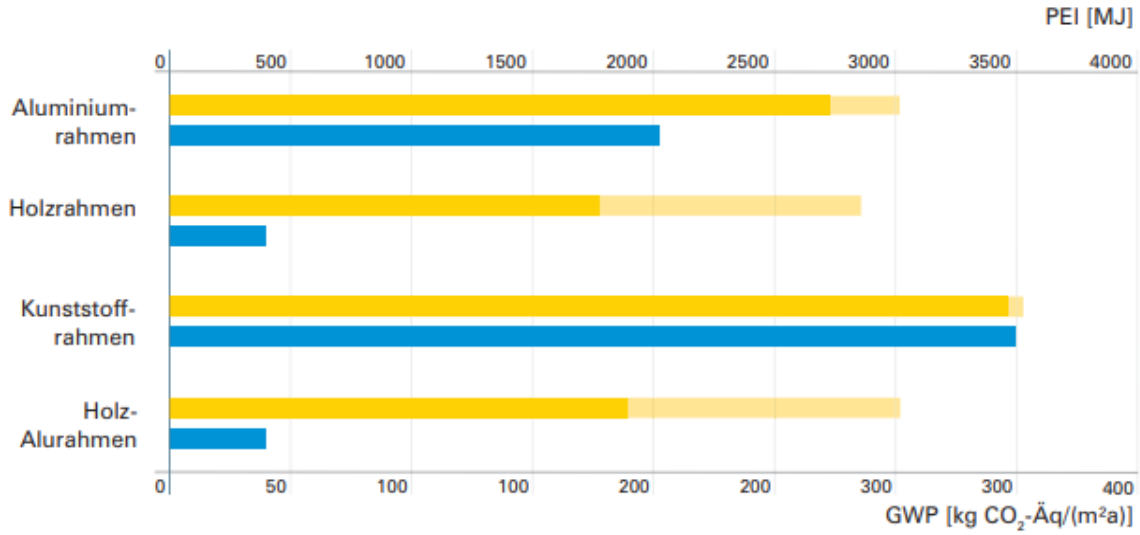


Abb. 5: PEI Vergleich von Dreh-Kipp-Fenstern[29]



[29] Badr A. et al. 2018

Abb. 6: PEI Vergleich unterschiedlicher Gebäude[30]

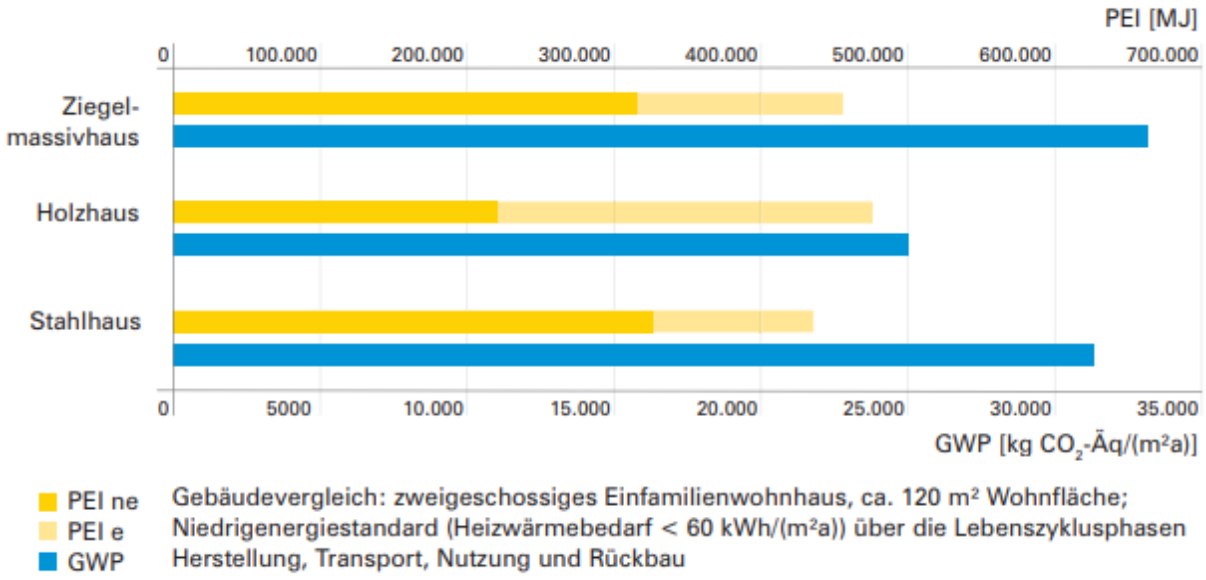
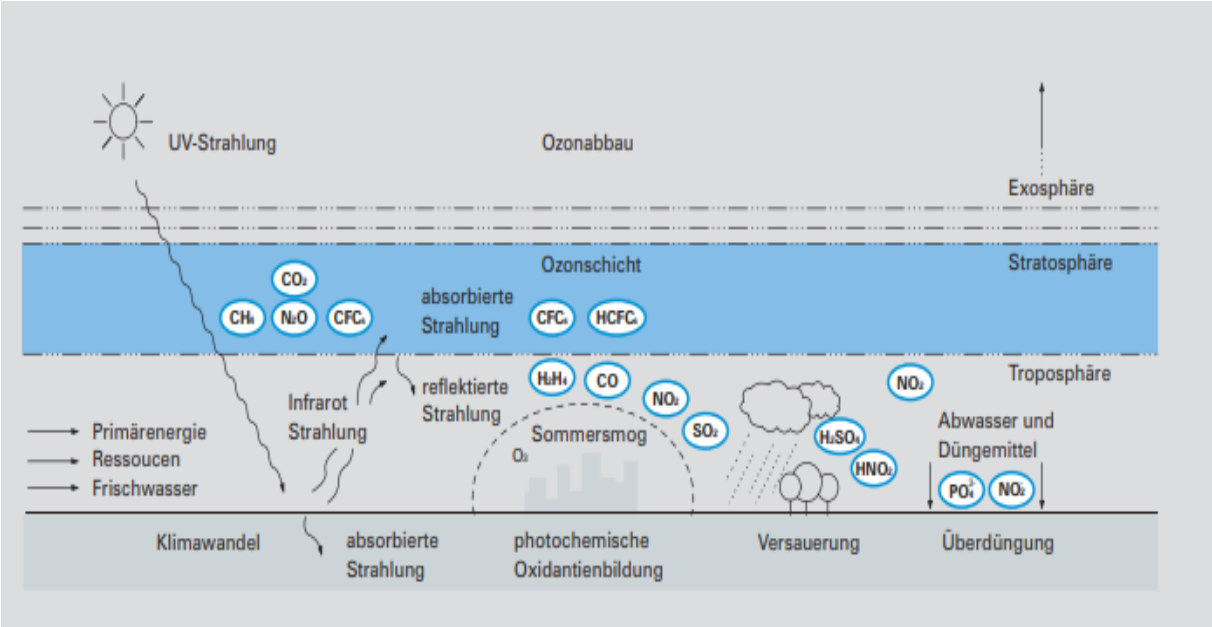


Abb. 7: Schematische Darstellung der zentralen Wirkungskategorien in einer Ökobilanz[31]



[30] Badr A. et al. 2018

[31] Badr A. et al. 2018

Abb. 8: Identifizierung von Hotspots mit Hilfe von Ökobilanz-Daten, hier: CO_2-Äquivalente[32]

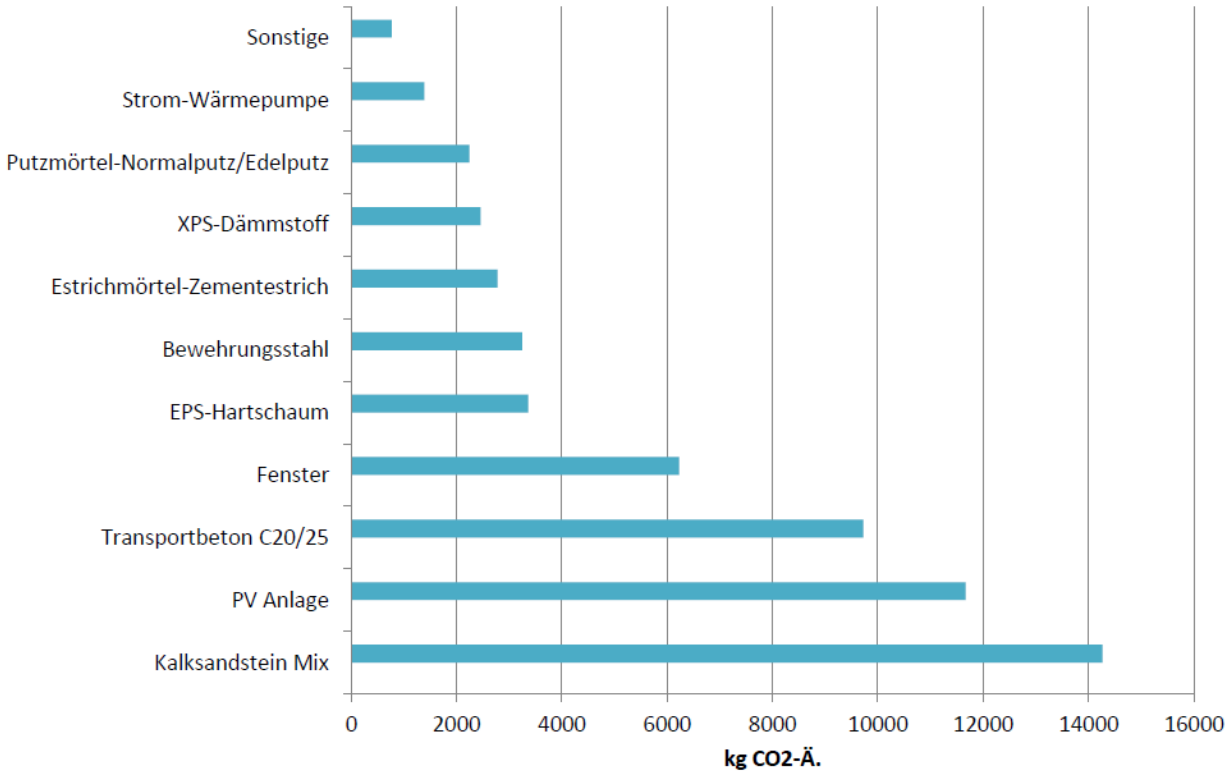
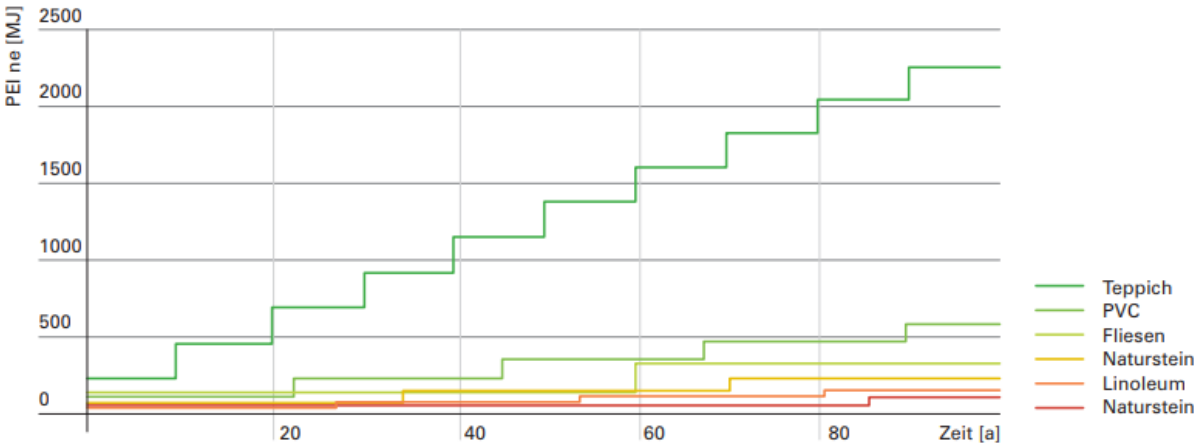


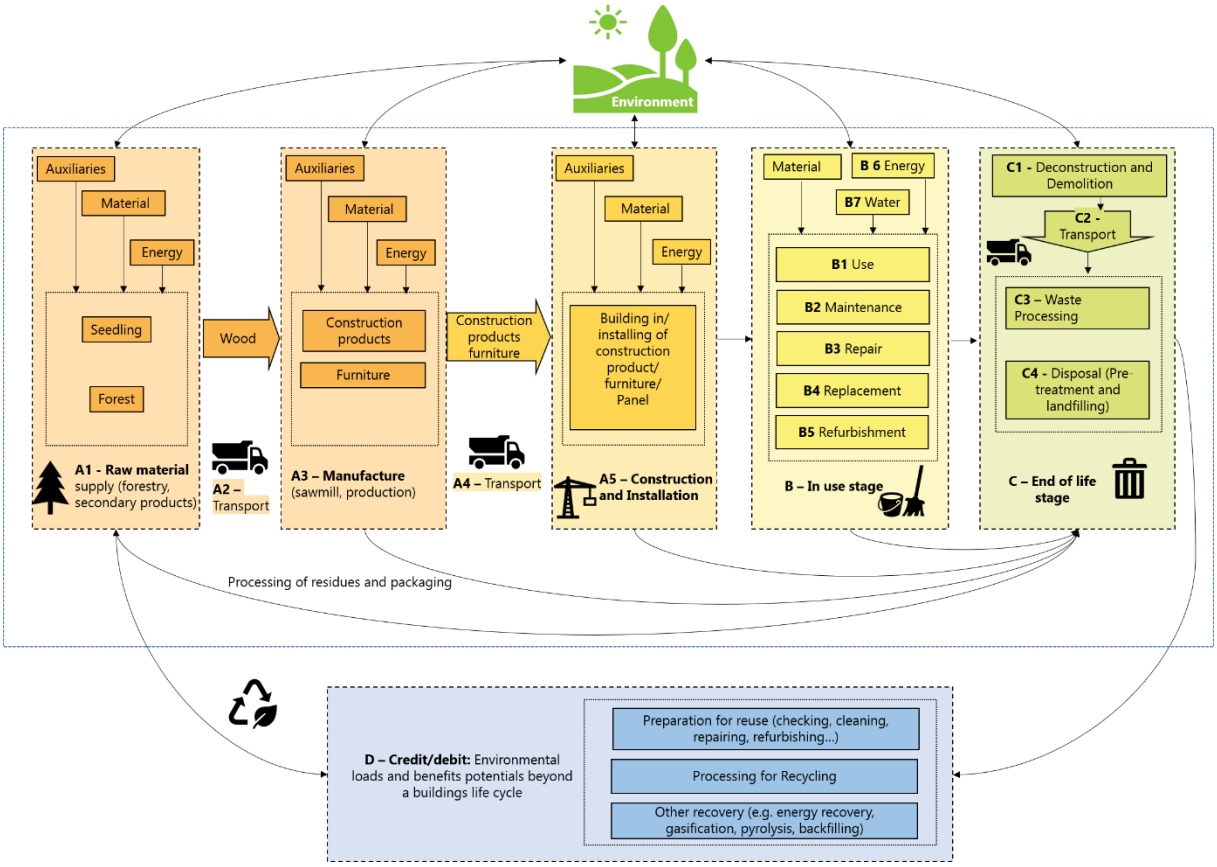
Abb. 9: Dauerhaftigkeit unterschiedlicher Bodenbeläge im Vergleich[33]



[32] Quelle: Fraunhofer Institute for Building Physics IBP, Johannes Gantner, in DGNB, 2018

[33] Badr A. et al. 2018

Abb. 11: Darstellung des Lebensweges eines exemplarischen Holzproduktes[34]



[34] Österreichisches Ökologie-Institut, 2019