

A vertical strip on the left side of the slide shows various cross-sections of building materials, including concrete, brick, and plaster, illustrating the focus on sustainable construction and renovation.

Nachhaltiges Bauen mit
nachwachsenden Rohstoffen

-

Nachhaltige Sanierung mit
nachwachsenden Rohstoffen

Architektur | TU Wien
Wintersemester 2019

DI Tobias Steiner

- ✓ Das ideale Gebäude
- ✓ Bewertung ökologischer Auswirkungen
- ✓ Bewertung ökonomischer Auswirkungen
- ✓ Methoden der Lebenszyklusbetrachtung

Grundlagen und Methoden

Nach erfolgreicher Absolvierung dieses Lehrabschnitts können Sie ..

- ✓ die Aspekte bei der Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden zuordnen und umweltbezogene Auswirkungen eines Gebäudes differenzieren.
- ✓ Indikatoren zur Beschreibung sozialer Auswirkungen und ökonomischer Aspekte erläutern und Indikatoren zur Bewertung der Ökologie von Materialien kategorisieren.
- ✓ umweltbezogene Indikatoren detailliert beschreiben und erklären was mit LCIA-Kategorien abgebildet wird.
- ✓ weitere normativ und nicht normativ geregelte Indikatoren aufzählen aus denen umweltbezogene Informationen gewonnen werden.

Lernergebnis

Das ideale Gebäude

Nachhaltigkeit bedeutet die Fähigkeit eines Systems, für gegenwärtige und zukünftige Generationen erhaltbar zu sein. Anders gesagt: Ein ideales Gebäude **solte alle Bedürfnisse seiner Nutzer lückenlos erfüllen, ohne diese zu schädigen.** Es sollte aber auch **keine Störungen in seiner Umwelt verursachen und keine Ressourcen verschwenden.**

Nachhaltigkeitsaspekte

Bei der Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden werden **umweltbezogene, soziale und ökonomische Aspekte** berücksichtigt.

Dies betrifft Veränderungen im Verlauf des Lebenszyklus, die von den Eigenschaften von **Bauwerken bzw. Bauwerksteilen oder Dienstleistungen** verursacht werden können.

Umweltbezogene Aspekte

Umweltbezogene Auswirkungen können in zwei Gruppen unterteilt werden.

- Gruppe 1: Auswirkungen, die sich auf die **Bausubstanz und das Grundstück** beziehen,
- Gruppe 2: Auswirkungen, die sich auf das **Gebäude im Betrieb** beziehen.

Umweltbezogene Aspekte

- Betrachtet werden die **Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus** eines Gebäudes.
- Die Ergebnisse der Auswirkungen aus Bausubstanz und Grundstück beinhalten **Planung, Produkte, Bau inklusive Transport zur Baustelle, Nutzung und Entsorgung.**
- Der **Gebäudebetrieb** umfasst jene Aspekte, die zur **Versorgung der Nutzer** des Gebäudes notwendig sind, wie **z. B. Energie- und Wassereinsatz.**

Soziale Aspekte

- die Zugänglichkeit zu Räumen bzw. Räumlichkeiten
(Barrierefreiheit)
- die Fähigkeit, technische Änderungen oder Änderungen der Nutzung berücksichtigen zu können (**Anpassungsfähigkeit**).
- **Gesundheit und Behaglichkeit**
- Belastungen für benachbarte Bereiche

Soziale Aspekte

Betrachtet bzw. optimiert werden müssen:

- **akustische Eigenschaften**
- Qualität der Innenraumluft
- visuelle Behaglichkeit
- Qualität des Wassers
- elektromagnetische Eigenschaften
- wärmetechnische Verhalten
- Emissionen in Außenluft, Boden und Wasser

Soziale Aspekte

Betrachtet bzw. optimiert werden müssen:

- grelles Licht und Verschattung
- Stöße und Erschütterungen
- **Herkunft der Baustoffe und Dienstleistungen** (Wurden diese verantwortungsvoll beschafft und ist eine Rückverfolgung möglich?)

Nach der Herstellung:

- Instandhaltung, **Sicherheit und Schutz** (auch vor außergewöhnlichen Ereignissen wie Überflutung, **sommerliche Hitzewellen**, Vandalismus, Einbruch etc.)

Soziale Aspekte

- Aufrechterhaltung der Funktion des Gebäudes und/oder die Möglichkeit zur Wiederherstellung der technischen Qualität
- **Einbeziehung der Beteiligten** nicht vergessen: Die Möglichkeit der Teilnahme interessierter Parteien an Entscheidungsprozessen bei der Realisierung eines Gebäudes sollte gewährleistet sein.

Ökonomische Aspekte

Bewertet mithilfe der **Lebenszykluskosten** und **weiterer quantitativer Indikatoren**. Bewertung innerhalb der Grundstücksfläche, ausgenommen wirtschaftliche **Risikobewertungen** von Gebäuden und **Renditeberechnungen**, Auswirkungen auf den Transport der Nutzer oder auch **Auswirkungen eines Bauprojekts auf die örtliche Gemeinschaft**. Zudem sind **Einnahmen, wie z. B. aus erzeugter Energie**, sowie **vermiedene Energiekosten** aufgrund der Verwendung erneuerbarer Energiequellen, in der ökonomischen Bewertung anzuführen.

Ökonomische Aspekte

Nachfolgend werden die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen näher betrachtet und **Methoden zur Bewertung** vorgestellt.

Ziel dabei:

- die **Darstellung der Auswirkungen**
- dem Auftraggeber, Nutzer und Planer die **Notwendigkeit der Betrachtung der Nachhaltigkeit** von Materialien, Konstruktionen und Gebäuden darlegen.

Bewertung der ökologischen Auswirkungen

Alle Entscheidungen, die im Zuge einer anstehenden thermischen Sanierung getroffen werden, **haben Auswirkungen auf die Umwelt** und sind so **mit einer gesellschaftlichen Verantwortung verbunden**.

Schon allein der Entschluss, eine Sanierung durchzuführen, hat gegenüber einem Abriss Vorteile: Unter anderem werden die **vorhandene Bausubstanz und Infrastruktur** genutzt. Daraus resultiert ein **geringerer Material- und Entsorgungsaufwand**.

Bewertung der ökologischen Auswirkungen

Die ökologischen Auswirkungen können unterschiedlicher Natur sein:

Nutzung von Ressourcen, Umweltverschmutzung, Abfälle sowie die Folgen für natürliche Lebensräume.

→ Es gilt, diese zu verringern.

Möglichkeiten zur Bewertung der ökologischen Konsequenzen können dabei auf folgenden Ebenen betrachtet werden:

- **Baustoffebene**
- **Konstruktionsebene**
- **Gebäudeebene**

Ökologie der Baustoffe

Die Ökologie der Materialien kann mit **mehreren Indikatoren** bewertet werden: Umweltaspekte und **Life-Cycle-Impact-Assessment-Kategorien** (kurz LCIA-Kategorien). Zudem gibt es noch Indikatoren, die keiner normativen Regelung unterliegen.

Indikatoren für den Einsatz von Ressourcen (Umweltaspekte)

Indikatoren für Umweltaspekte beinhalten unter anderem den Ressourceneinsatz von Energie und Süßwasser.

Primary Energy (PE)

Der Primärenergieinhalt bezeichnet den **Gesamtbedarf an energetischen Ressourcen, der für die Herstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung** benötigt wird. Der Primärenergieinhalt kann in Primary Energy **Non Renewable** (PENR) sowie in Primary Energy **Renewable** (PER) gegliedert werden. PENR beinhaltet den Primärenergieinhalt aller nicht erneuerbaren Ressourcen (z. B. Kohle oder Erdöl), wohingegen der PER den Primärenergieinhalt aller erneuerbaren Ressourcen (z. B. Biomasse) einschließt.

Primary Energy (PE)

PE ... Primary Energy (Primärenergie)

R ... Renewable

NR ... Non Renewable (nicht erneuerbar)

E ... Energy (Energieträger)

M ... Material (Rohstoff)

T ... Total (gesamt)

Reduziert werden kann der Primärenergiebedarf von Baustoffen vor allem durch eine **Optimierung des Herstellungsprozesses in Richtung einer energieeffizienten Produktion**. Zusätzlich kann die Verwendung von **regenerativen Energiequellen** die PE verbessern.

Einsatz von Süßwasserressourcen

In den meisten Ländern Europas wird der Umgang mit den Süßwasserressourcen als **langfristig nachhaltig betrachtet** – allerdings führen **geringe Niederschläge oder intensive landwirtschaftliche oder gewerbliche Nutzung zu Problemen**. Verschärft wird diese Situation durch die Auswirkungen des Klimawandels. [28]

Indikatoren für Umweltauswirkungen (LCIA-Kategorien)

In den LCIA-Kategorien werden die **Auswirkungen auf die Umwelt** zusammengefasst. Sie beschreiben die **Potenziale der zu erwartenden negativen Auswirkungen**.

Global Warming Potential (GWP)

Beitrag der Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung. Beinhaltet die gespeicherte Kohlendioxidmenge in Biomasse. Der Beitrag eines Spurengases zur globalen Erwärmung wird mit dem Indikator GWP Process (GWP100 P) ausgedrückt. Der Indikator GWP C-Gehalt (GWP100 C) beschreibt die Menge an Kohlendioxid, die während des Wachstums von Biomasse aus der Atmosphäre aufgenommen und über die Lebensdauer gespeichert wird. **Bei nachwachsenden Rohstoffen wie Holz oder Hanf kann das Treibhauspotenzial auch negativ sein.** Das GWP wird über einen Zeitraum von 100 Jahren (GWP100) berechnet und in kg-CO₂-Äquivalenten angeführt.

Acidification Potential (AP)

Das Versauerungspotenzial beschreibt den Beitrag eines Rohstoffs bzw. Produkts zur **Versauerung von Boden und Wasser**, welche hauptsächlich durch die Wechselwirkung von Stickoxid (NO_x) und Schwefeldioxid (SO_2) mit anderen Bestandteilen der Luft verursacht wird. Seen und Gewässer versauern **mit der Folge, dass Fischbestände in Zahl und Vielfalt bedroht sind**. Das AP wird mit den durchschnittlichen Europäischen Säurebildungspotenzialen berechnet und in kg-SO_2 -Äquivalenten angeführt.

Ozone Depletion Potential (ODP)

Das Ozonschichtabbaupotenzial beinhaltet den **Beitrag zum Ozonabbau in der Stratosphäre**, der durch die Katalysatorwirkung von Halogenen verursacht wird. Die Folge der Ausdünnung ist **ein erhöhtes Risiko von Hautkrebs und grauem Star** aufgrund der zunehmenden ultravioletten Strahlung. Vorrangiger Auslöser für den Abbau der Ozonschicht ist der Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW/CFC) R11. Das ODP wird in kg-CFC-11-Äquivalenten angeführt.

Photochemical Ozone Creation Potential (POCP)

Das Ozonbildungspotenzial beschreibt die Bildung von **troposphärischem (bodennahem) Ozon**, auch **Photosmog** genannt. Dieser entsteht durch Photooxidanzien in der unteren Atmosphäre. Photooxidanzien sind eine Mischung aus reaktionsfreudigen Gasen, die sich bei einem Aufeinandertreffen von Sonnenstrahlung und anthropogenen Emissionen wie Stickstoffoxidverbindungen oder Kohlenwasserstoffe bilden. Das POCP wird in kg-C₂H₄-Äquivalenten angeführt.

Eutrophication Potential (EP)

Das **Eutrophierungspotenzial** spezifiziert die **Überdüngung mit nicht organischen Nährstoffen wie Stickstoff- und Phosphorverbindungen**, die unter natürlichen Bedingungen nur in geringen Konzentrationen vorkommen. Sie können z. B. durch Auswaschungen von Verbrennungsemissionen in die Umwelt gelangen. Eine Übersättigung führt in Gewässern zur **verstärkten Produktion von Algen und Wasserpflanzen** und folglich zu einer **Veränderung der Artenvielfalt eines Ökosystems**. Das EP wird in $\text{kg}-(\text{PO}_4)_3^-$ Äquivalenten angegeben.

Abiotic Depletion Potential (ADPE, ADPF)

Das Potenzial für den abiotischen Abbau wird in zwei Aspekte gegliedert: in den abiotischen **Abbau nicht fossiler Ressourcen bzw. Elemente** (ADPE) und **fossiler Brennstoffe** (ADPF). ADPE stellt die **Reduktion der globalen Verfügbarkeit nicht erneuerbarer Rohstoffe wie Metalle, Mineralien, Stein, Erde etc. dar**. Nicht erneuerbar bezieht sich hier auf einen Zeitraum von mindestens 500 Jahren. **Mit langen Lebensdauern, Recycling und der Nutzung nachhaltiger Rohstoffe kann der Wert für den abiotischen Abbau demzufolge reduziert werden.**

Weitere, normativ geregelte umweltbezogene Indikatoren

Weitere umweltbezogene Informationen können aus den folgenden Indikatoren gewonnen werden:

- Komponenten für die **Wiederverwertung**,
- Stoffe, die **recycelt** werden können,
- Stoffe für die **Energierückgewinnung** (u. a. Bau- und Abbruchabfälle),
- nicht gefährliche Abfälle zur Deponierung (dauerhafte Lagerung in Deponien sowie Entsorgung durch Verbrennung),
- gefährliche Abfälle zur Deponierung (außer radioaktive Abfälle),
- radioaktive Abfälle zur Deponierung,
- exportierte Energie.

Weitere, nicht normativ geregelte umweltbezogene Indikatoren

In der Praxis werden noch weitere Indikatoren angeführt, die jedoch nicht normativ geregelt sind:

■ LCIA-Kategorien

- **Biodiversität:** Biodiversität bedeutet **biologische Vielfalt** auf unterschiedlichen Ebenen: genetische **Variabilität innerhalb einer Art, Mannigfaltigkeit der Arten (Artenvielfalt) und Vielfalt von Ökosystemen**. Laut der Weltnaturschutzorganisation IUCN sind weltweit ca. 17 000 Arten vom Aussterben bedroht. Auch ganze Ökosysteme sind betroffen, die empfindlich auf Eingriffe wie Verschmutzung reagieren.

Weitere, nicht normativ geregelte umweltbezogene Indikatoren

In der Praxis werden noch weitere Indikatoren angeführt, die jedoch nicht normativ geregelt sind:

■ LCIA-Kategorien

- **Ökotoxizität:** Ökotoxische Substanzen sind natürliche oder anthropogene Stoffe, die direkt oder indirekt Ökosysteme und Biozönosen (Lebensgemeinschaften von Lebewesen innerhalb eines Biotops) schädigen [31].
- **Toxizität für den Menschen:** Bewertung der indirekten oder direkten toxischen Wirkung natürlicher oder anthropogener Stoffe auf den Menschen.

Weitere, nicht normativ geregelte umweltbezogene Indikatoren

In der Praxis werden noch weitere Indikatoren angeführt, die jedoch nicht normativ geregelt sind:

■ LCIA-Kategorien

- **Änderung der Landnutzung:** Etwa 20 Hektar **Boden** werden allein in Österreich täglich **für Verkehrs-, Industrie- und Siedlungszwecke versiegelt und verbaut.** Wichtige Bodenfunktionen wie Speicherung von Wasser und Kohlenstoff gehen dadurch verloren. Zudem wird die Hochwassergefahr durch sinkende Versickerungsflächen erhöht.

■ Umweltaspekte

- Einsatz von nicht erneuerbaren und erneuerbaren Ressourcen außer Primärenergie
- Einsatz von **nachhaltig bewirtschafteten Stoffen**, z. B. PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification), FSC (Forest Stewardship Council), **Stoffe aus verantwortungsbewusst bewirtschafteten Quellen.**

Ökologie auf Konstruktions- und Gebäudeebene

Die **Vielzahl an Indikatoren zur Bewertung** der Ökologie eines Sanierungsprojekts **erschwert die Darstellung und auch die Kommunikation**. Um diese Problematik zu lösen, gibt es in Österreich auf Gebäudeebene zwei Indikatoren, die herangezogen werden können:

- Ökoindikator 3,
- Entsorgungsindikator.

Ökoindikator 3

Der Ökoindikator 3 (OI3) stellt eine **Kombination aus den Ökoindikatoren Primärenergieinhalt, Treibhauspotenzial und Versauerungspotenzial** dar. Die Darstellung erfolgt in einer einzelnen Zahl, wodurch ein Vergleich verschiedener Konstruktionen erleichtert wird.

Weitere **Umweltauswirkungen wie Photosmog, Ressourcenverbräuche oder aber Gesundheitsgefährdungen** über den Lebenszyklus werden allerdings nicht bewertet und **müssen zusätzlich betrachtet werden.**

Ökoindikator 3

Der OI3 kommt in den folgenden Gebäudebewertungssystemen als Kriterium zur Anwendung:

- IBO-Ökopass,
- Klima:aktiv Bauen & Sanieren,
- Kommunalgebäudeausweis Vorarlberg (KGA),
- ÖGNB Total Quality Building (TQB).

Zudem ist er **Bestandteil mehrerer Wohnbauförderungsprogramme** in Kärnten, Niederösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol und Vorarlberg.

Der **OI3 eines Gebäudes** setzt sich aus den **Δ OI3 der einzelnen Konstruktionen** zusammen. Δ OI3 beschreibt den Ökoindikator eines Baustoffs und wird pro Quadratmeter Bauteil angegeben. Die **Systemgrenzen** sind für die Berechnung des OI3 genau definiert – von der **Rohstoffgewinnung bis zum Werktor**.

Um den Umwelteinfluss von Gebäuden bewerten zu können, müssten **sämtliche Bestandteile aller Konstruktionen** erfasst und in die Bewertung mit einbezogen werden. Da dies zu einem unverhältnismäßig **hohen Berechnungsaufwand** führt, bedient man sich eines **flexiblen Bilanzgrenzenkonzepts**. Dieses gibt vor, welche Bauteile bzw. Bauteilschichten berücksichtigt und ob Nutzungsdauern von Konstruktionen mit einbezogen werden müssen. Für die Berechnung können somit sieben Bilanzgrenzen herangezogen werden (Tabelle 7).

Tabelle 7 Bilanzgrenzen

Bilanzgrenze	Beschreibung
BG0	Konstruktionen der thermischen Gebäudehülle exkl. Dacheindeckungen exkl. Feuchtigkeitsabdichtungen exkl. hinterlüftete Fassade inkl. Zwischendecken
BG1	Konstruktionen der thermischen Gebäudehülle (Konstruktionen vollständig) inkl. Zwischendecken
BG2	BG1 inkl. Innenwände (nur Trennbauteile)
BG3	BG2 inkl. Innenwände (gesamt) inkl. Keller inkl. beheizte Pufferräume (Baukörper komplett) exkl. direkte Erschließung
BG4	BG3 inkl. direkte Erschließung (Stiegen, Laubengänge usw.)
BG5	BG4 inkl. Haustechnik
BG6	BG5 inkl. gesamte Erschließung inkl. Nebengebäude

Bezogen werden kann der OI3 auf die charakteristische Länge eines Gebäudes l_c , auf die konditionierte Bruttogeschossfläche BGF oder aber auch ab BG3 auf die Bezugsfläche BZF, die sich aus BGF und 50 % der nicht konditionierten Flächen (z. B. Keller) zusammensetzt.

Für Sanierungen wird der $OI3_s$ herangezogen. Durch die Angabe des Bestandsalters werden die Belastungen der Herstellung in einem **Abschreibungsmodell** berücksichtigt. Über einen Zeitraum von 80 Jahren wird die ökologische Belastung einer neuen Konstruktion, beginnend ab fünf Jahren, auf 25 % des Ausgangswerts abgeschrieben. Dies bedeutet, dass der $OI3$ eines Gebäudes nach 80 Jahren nur noch 25 % eines Neubaus beträgt. Mit dem Beginn bei fünf Jahren wird die Bauzeit abgedeckt, der Restwert von 25 % beinhaltet die Entsorgung der Baustoffe.

Einen Überblick über die berechenbaren OI3 gibt Tabelle 8.

OI3	Beschreibung
ΔOI3	Ökoindikator eines Baustoffs pro Quadratmeter
$\sum\Delta\text{OI3}$	Ökoindikator einer Konstruktion pro Quadratmeter
$\text{OI3}_{\text{BGX-lc}}$	Flächengewichtete $\sum\Delta\text{OI3}$, korrigiert in Bezug auf die charakteristische Länge l_c des Gebäudes
$\text{OI3}_{\text{BGX-BGF}}$	Flächengewichtete $\sum\Delta\text{OI3}$, bezogen auf die konditionierte Bruttogeschossfläche BGF des Gebäudes
$\text{OI3}_{\text{BGX-BZF}}$	Flächengewichtete $\sum\Delta\text{OI3}$, bezogen auf die Bezugsfläche BZF ($\text{BGF}_{\text{kond.}} + 50\%$ der Flächen der Pufferräume)
OI3_s	für Sanierungen (Abschreibungsmodell für die ökologische Belastung der Herstellung)
Index x: Bilanzgrenze, x = 0 bis 6	

Ökologische Optimierung von Gebäuden

Eine ökologische Optimierung von Gebäuden erfolgt in vier Schritten:

1. auf Baustoffebene
2. für das Bauteil
3. für das komplettes Gebäude
4. für die Entsorgung

Mit der **Wahl eines ökologischen Bauprodukts** kommt man dem Ziel nahe. Wegweiser sind hier Umweltzeichen wie z. B. das **IBO-Prüfzeichen**, natureplus® oder das **Österreichische Umweltzeichen**. Diese werden freiwillig von Herstellern beantragt und von unabhängigen Prüfinstituten vergeben. Die Prüfung erfolgt über den Lebenszyklus eines Produkts; **die Kriterien zur Bewertung sind transparent und werden regelmäßig aktualisiert und überprüft** (siehe Umweltkennzeichnungsprogramme für Dämmstoffe). Mithilfe des $\Delta OI3$ kann anschließend die **Konstruktion optimiert** werden, indem verschiedene Aufbauten unter **Berücksichtigung der Nutzungsdauern** miteinander verglichen werden.

Nutzungsdauern

Nutzungsdauern von Bauteilen oder Baustoffen sowie der Betrachtungszeitraum des Gebäudes spielen für die ökologische Qualität eines Gebäudes eine wesentliche Rolle. **Baustoffe, die länger genutzt werden können als Alternativprodukte, können so in der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus trotz höherem ökologischem Aufwand in der Herstellung in seiner Nutzung ökologischer abschneiden**, da sie nicht so oft ersetzt werden müssen. Die Nutzungsdauer stellt die technische Lebensdauer dar: Sie beginnt mit dem Einbau und endet mit dem Ausbau eines Baustoffs.

Nutzungsdauern

Wird die Nutzungsdauer in der OI3-Berechnung (ab BG3) berücksichtigt, werden auch die resultierenden Sanierungszyklen einbezogen, das heißt, wie oft ein Baustoff innerhalb des Betrachtungszeitraums ausgetauscht werden muss. Für die Berechnung werden u. a. die in Tabelle 9 genannten Werte für Nutzungsdauern empfohlen, diese sollen aber durch gebäude- und produktspezifische Werte ersetzt werden.

Tabelle 9 Baustoffbezogene Nutzungsdauern

Baustoff	Nutzungsdauer
Primärkonstruktion (Tragkonstruktion)	100 Jahre
Sekundärkonstruktion (Konstruktion exklusive Fenster, Wärmedämmverbundsysteme und Gebäudeabdichtungen)	50 Jahre
Wärmedämmverbundsystem (inkl. Putz, Klebespachtel)	35 Jahre
Fenster	35 Jahre
Bodenbeläge:	
▪ Massivparkett (inkl. Kleber), keramische Fliesen, Natur- und Kunststein	50 Jahre
▪ Mehrschichtparkett, Fertigparkett, Holzböden	25 Jahre
▪ Laminat, Linoleum, Gummi-Bodenbelag, Gummi-Noppenbelag, Kork	10 Jahre
Gebäudeabdichtungen:	
▪ Baufolien aus Kautschuk (EPDM), PE/PVC-Dichtungsbahnen	25 Jahre
▪ Alu-Bitumendichtungsbahn, Alu-Dampfsperre, Bitumen, Bitumenanstrich, Bitumenpappe, Polymerbitumendichtungsbahn	35 Jahre
▪ alle sonstigen Abdichtungen, Trennfolien, Baupapier etc.	100 Jahre
▪ im Anwendungsbereich Geschossdecke, erdberührte Fußböden	
Haustechnik	25 Jahre

Die **Berechnung auf Gebäudeebene** kann z. B. mit dem **Online-Tool Eco2Soft** durchgeführt werden. Dieses Tool ermöglicht eine exakte Berechnung der Ökobilanz eines Gebäudes – nicht nur für Neubauten, sondern **auch für Sanierungen und haustechnische Anlagen**. Dabei können sowohl Nutzungsdauern und Baujahre als **auch Transportwege** berücksichtigt werden. Zudem können der Gebäudebetrieb und die Entsorgung mit bilanziert werden. Die Bewertung des Gebäudebetriebs erfolgt u. a. mit der Eingabe des Endenergiebedarfs und der Energieträger für Raumwärme, Warmwasser und Betriebsstrom. Diese Vorgangsweise ermöglicht ökologische Optimierungen auf Konstruktions- und Gebäudeebene.

Entsorgung

Die **Ökobilanz eines Gebäudes** umfasst nicht nur die **Herstellung und Lebensphase der Produkte und Konstruktionen**. Auch der **Rückbau und die Entsorgung** spielen eine wichtige Rolle.

Um den **Aufwand des Rückbaus** zu verringern und resultierend den Prozess zu optimieren, sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Berücksichtigung der **Vorteile von Recycling**,
- **Vermeidung von Entsorgungsprozessen:**
 - Deponierung,
 - Verbrennung problematischer Materialien

Entsorgung

- **Aufbereitung** von Abfällen,
- **Einsparung** von Primärrohstoffen,
- **Vermeidung aufwendiger Produktionsprozesse** (z. B. Erzaufbereitung, Prozesse mit hohen Temperaturen wie z. B. Glasschmelze).

Entsorgung

Eine Hilfe zur **Bewertung der Entsorgung** eines Materials bzw. Produkts stellt der **Entsorgungsindikator** dar. Er stellt die **Entsorgungs- und Recyclingeigenschaften eines Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus** dar. Mittlerweile ist die Berechnung der Entsorgung oder eines Entsorgungsindikators wie auch der OI3 fixer Bestandteil mehrerer österreichischer Gebäudezertifizierungssysteme.

Die Beurteilung erfolgt in **zwei Stufen: Entsorgungseinstufung und Verwertungspotenzial**. In Tabelle 10 wird die Bedeutung dieser beiden Faktoren erklärt.

Tabelle 10
Entsorgungseinstufung
von Baustoffen

Entsorgungseinstufung von Baustoffen					
	Verwertung			Beseitigung	
	1	2	3	4	5
Recycling	Wiederverwendung, Recycling zu technisch vergleichbarem Produkt	Recycling zu hochwertigem Rohstoff mit hohem Marktwert; Rohstoff nach Aufbereitung	Recycling zu hochwertigem Rohstoff mit niedrigem Marktwert	technisch möglich, aber nicht praktikabel; Downcycling	technisch und wirtschaftlich nicht vertretbarer Aufwand
Verbrennung	verursacht keine abfallspezifischen Schadstoffe	in größeren Anlagen unproblematisch	in Abfallverbrennungsanlagen	nach Aufbereitung	Materialien mit hohem Schadstoffgehalt
Ablagerung	Kompostierung bzw. Vererdung	auf Baurestmassen- bzw. Inertstoffdeponien	auf Baurestmassendeponie erlaubt, aber nicht unproblematisch	auf Masseabfall- oder Reststoffdeponie; Emissionen möglich	gefährlicher Abfall; starke Verunreinigung
Verwertungspotenzial von Baustoffen					
	1	2	3	4	5
Abfallmenge	25 % Abfall	50 % Abfall	75 % Abfall	100 % Abfall	125 % Abfall

Die **materialbezogene Entsorgungskennzahl** von Bauteilen wird in vier Schritten berechnet:

1. Berechnung des **anfallenden Volumens**,
2. **Gewichtung mit der Entsorgungseinstufung** der Baustoffe,
3. **Gewichtung mit dem Verwertungspotenzial** der Baustoffe,
4. Berücksichtigung der **Abfallfraktionen**: organisch, mineralisch, metallisch.

Besteht das gesamte Bauteil aus nur einer Abfallfraktion, wird die Entsorgungskenn-zahl um 0,1 reduziert.

Der gebäudebezogene Entsorgungsindikator stellt die flächengewichtete Mittelung aller materialbezogenen Entsorgungskennzahlen des Gebäudes dar. Auch hier gilt das System der Bilanzgrenzen sowie der Nutzungsdauern. Der Entsorgungsindikator EI10 wird über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes gebildet. Als Bilanzgrenze werden BG1 oder BG3 herangezogen. Er wird aus der Summe aller in der Bilanzgrenze betrachteten Außenbauteilflächen plus 25 % aller betrachteten Innenbauteilflächen berechnet. Auch Fenster und Türen werden erfasst. Für Kombinationen bestimmter Baustoffe wie Stahlbeton in Kombination mit zementgebundener Schüttung oder bituminöser Abdichtung sind Abstufungen beim Verwertungspotenzial erforderlich, da eine Trennung der Schichten nur schwer möglich ist.

Bewertung der ökonomischen Auswirkungen

Ein wichtiger Bestandteil ressourceneffizienten Bauens ist der Vergleich der **Wirtschaftlichkeit** verschiedener **Sanierungs-** und **Energiekonzepte**.

Der **Fokus der Bauherren** liegt häufig darin, (kurzfristige) **Kosten möglichst gering zu halten**, mit der Folge, dass Sanierungsmaßnahmen nicht realisiert werden.

Ein Blick auf die **Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen** bietet die Möglichkeit, eine **Entscheidung hinsichtlich der Kosten/des Nutzens**, in diesem Fall Ressourceneinsparung, zu treffen.

Methoden

Auf Grundlage der **Lebenszykluskosten und des Kapitalwerts** können verschiedene Methoden der **ökonomischen Bewertung** eines Sanierungskonzepts herangezogen werden. In der Wirtschaftlichkeitsberechnung gibt es **statische und dynamische Verfahren**. Statische Verfahren sind aufgrund der Betrachtung von nur einem Zeitabschnitt nur begrenzt einsetzbar. Mit Ausnahme der Amortisationsrechnung sind diese für **mehrperiodische Betrachtungen** nicht aussagekräftig. Dynamische Verfahren bieten mithilfe der zeitlichen Berücksichtigung der Ein- und Auszahlungen (Auf- bzw. Abzinsung) die Möglichkeit, Investitionsalternativen zu vergleichen.

Entscheidung

Grundsätzlich gilt: **Je dynamischer der Markt und je länger die Investitionsdauer, desto schwieriger ist eine Abschätzung** künftiger Zahlungsströme und des damit verbundenen Risikos. Die **Gegenwartspräferenz** ist dabei ein entscheidender Faktor für das Tätigen von Investitionen.

Statische Verfahren

Statische Verfahren bieten die Möglichkeit, schnell **einfache Aussagen** über die Wirtschaftlichkeit einer Investition zu treffen – allerdings mit **Nachteilen**: u. a. werden die **Nutzungsdauer und der Zeitwert des Geldes nicht berücksichtigt**.

Kostenvergleichsrechnung

Die Kostenvergleichsrechnung **analysiert eine einzelne Periode des Investitionszeitraums**. Das Verfahren wird häufig in der Praxis angewandt, und zwar dort, wo eine Zurechnung der Erlöse zu einer Investition nicht eindeutig möglich ist. **Sämtliche durch die Investition verursachten Kosten – darunter fallen Kapital- und Betriebskosten – müssen der Investition zugerechnet werden.**

Gewinnvergleichsrechnung

Im Gegensatz zur Kostenvergleichsrechnung können bei der Gewinnvergleichsrechnung **nicht nur die Kosten, sondern auch die daraus resultierenden Erträge eindeutig zugeordnet** werden.

→ Je höher der Gewinn, desto vorteilhafter.

Rentabilitätsvergleichsrechnung

In der Gewinnvergleichsrechnung werden nur die absoluten Gewinne einer Investition dargelegt. Dies wird allerdings problematisch, sobald die **Investitionssummen der Alternativen unterschiedlich hoch** sind. In diesem Fall ist der Rentabilitätsvergleich die aussagekräftigere Methode. Rentabilität bedeutet das **Verhältnis des Gewinns zum durchschnittlich gebundenen Kapital**. Als durchschnittlich gebundenes Kapital wird die halbierte Summe aus Anschaffungswert und Restwert bezeichnet.

Amortisationsrechnung 1/2

Die Amortisationsrechnung ist eine der in der Praxis am häufigsten angewandten Methoden der Investitionsrechnung. Wo Kosten-, Gewinn- und Rentabilitätsvergleichsrechnung mit Erträgen und Kosten arbeiten, werden hier **Ein- und Auszahlungen (u. a. Investitionssumme, Einzahlungen durch Erträge und Auszahlung für Entsorgung)** herangezogen.

Als **Amortisationsdauer**, auch **kritische Nutzungsdauer** oder **Pay-back-Period** genannt, wird die **Zeitspanne angesetzt, in der die Investitionssumme durch Rückflüsse wieder ausgeglichen ist.**

Amortisationsrechnung 2/2

Eine **geringe Amortisationsdauer** bedeutet auch ein **geringes Risiko**, daher spielt die Länge der Amortisationsdauer eine entscheidende Rolle. Allerdings bedeutet eine kurze Amortisationsdauer nicht zwangsläufig die beste Wirtschaftlichkeit, da die Cash-Flows nach der Amortisationsdauer nicht einbezogen werden. **Für präzisere Ergebnisse** kann die Amortisationsrechnung **dynamisch**, also **mit der Berücksichtigung des Zeitwerts des Geldes**, durchgeführt werden.

Dynamische Verfahren

Dynamische Verfahren nach der Barwertmethode **erfordern mehr Informationen zu den Kosten.**

Festgelegt werden müssen Daten über **kapitalgebundene, verbrauchsgebundene und nicht verbrauchsgebundene Baunutzungskosten sowie kalkulatorische Zinsen.**

Zudem sind der **Betrachtungszeitraum** und die **mittleren jährlichen Kostensteigerungen** der einzelnen Komponenten, wie z. B. Energiepreissteigerungen, zu berücksichtigen.

Kapitalwertmethode 1/3

Die Kapitalwertmethode gilt als Grundlage für die weiteren dynamischen Investitionsrechnungsverfahren und ist in der Praxis weit verbreitet. **Alle Ein- und Auszahlungen, die mit einer Investition zusammenhängen, werden betrachtet und auf den Investitionszeitpunkt abgezinst.** Somit wird angenommen, dass die laufenden Ein- und Auszahlungen jeweils zum Periodenende anfallen. **Die Investitionsentscheidung sollte auf Basis der Höhe des Kapitalwerts getroffen werden.**

Kapitalwertmethode2/3

Als **Kapitalwert (Net Present Value, NPV)** wird die Summe aller Barwerte der durch die Investition verursachten Ein- und Auszahlungen bezeichnet. **Ist dieser positiv, werden mit der Investition höhere Renditen als der Kalkulationszinssatz erzielt.**

Dies bedeutet, dass neben der Amortisation des eingesetzten Kapitals und dessen Verzinsung noch ein Überschuss in Höhe des Kapitalwerts erzielt wurde.

Kapitalwertmethode3/3

Ein negativer Kapitalwert bedeutet, dass die Renditen der Investition kleiner sind als der Kalkulationszinssatz.

Werden mehrere Alternativen miteinander verglichen, sollte **diejenige mit dem höchsten positiven Kapitalwert gewählt werden.**

Allerdings ist diese Methode nur dann geeignet, wenn die Alternativen den gleichen Kapitalbedarf und die gleichen Laufzeiten aufweisen.

Methode des internen Zinsfußes

Als **interner Zinsfuß** (Internal Rate of Return, IRR) wird **derjenige Zinssatz bezeichnet, bei dem der Kapitalwert gleich null ist**. Dies ist die Effektivverzinsung der Investition. Die Höhe des internen Zinsfußes ist bei Investitionsentscheidungen ausschlaggebend. **Ist der interne Zinsfuß größer als die geforderte Mindestverzinsung, ist die Investition wirtschaftlich**. Allerdings gilt bei dieser Methode die Annahme, dass auch die aus der Investition frei werdenden Rückflüsse zum internen Zinsfuß angelegt werden können, was nicht immer der Realität entspricht.

Annuitätenmethode 1/2

Sind Kapitalbedarf und Laufzeiten der Investitionsalternativen unterschiedlich, ist die Annuitätenmethode die geeignetere Methode, um eine Entscheidung für eine thermische Sanierung zu treffen. Sie basiert auf der Kapitalwertmethode: Zunächst werden die Kapitalwerte berechnet und anschließend mithilfe des Annuitätenfaktors in Annuitäten umgerechnet. Damit werden die unterschiedlichen Alternativen vergleichbar gemacht.

Annuitätenmethode 2/2

Der **Annuitätenfaktor** ist der Faktor, der für die zur Umrechnung eines **Kapitalbetrags** in eine zeitlich begrenzt anfallende Reihe betragsmäßig gleich hoher Zahlungen unter Einbeziehung einer **Verzinsung** erforderlich ist. Die Höhe des Faktors ist von der **Laufzeit** der Zahlungsreihe und dem zugrunde liegenden Zinsfuß abhängig.

Annuitätischer Gewinn

Die Methode des annuitätischen Gewinns basiert auf der Annuitätenmethode. Er ist als **Differenz zwischen annuitätischen Erlösen und annuitätischen Kosten** definiert.

Bei Sanierungsmaßnahmen kann der annuitätische Gewinn als Differenz zwischen den jährlichen Energiekosten ohne Maßnahmen und den jährlichen Energiekosten nach Durchführung der Sanierung berechnet werden.

Weitere ökonomische Indikatoren

Zusätzlich zur dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung gibt es noch weitere Indikatoren, die zur Bewertung der Ökonomie verwendet werden können.

Verhältnis Marktwert/Investitionskosten

Die Berechnung des Verhältnisses Marktwert zu Investitionskosten zum Zeitpunkt der Fertigstellung gibt Auskunft darüber, **inwieweit die Investition, in diesem Fall die Sanierung, den Marktwert des Gebäudes beeinflusst.**

Indikatoren für die Prüfung des langfristigen Werts/der langfristigen Stabilität des ökonomischen Werts

Zur Bewertung der **Wertstabilität** gibt es zwei Möglichkeiten:

1. **Objektrating-Verfahren** (ähnlich den Bonitätsprüfungen im Finanzsektor): Die Einstufung beeinflusst den voraussichtlichen langfristigen Wert.
2. **Analysen von Finanzszenarien** und/oder von sogenannten Monte-Carlo-Simulationen: Hier werden voraussichtliche Abweichungen vom gegenwärtigen Wert eines Gebäudes unter unterschiedlichen künftigen Bedingungen modelliert.

Indikatoren, die wirtschaftliche Risiken darstellen

Die Risikobewertung erfolgt im Wesentlichen ähnlich wie die Bewertung der Wertstabilität, nur unter einem anderen Gesichtspunkt. Wie bereits erwähnt, bieten u. a. die Sensitivitätsanalyse oder die Szenariotechnik geeignete Möglichkeiten zur Risikoanalyse.

Externe Kosten

Manche Länder berücksichtigen Umweltbelastungen und auch Beeinträchtigungen der Gesundheit auf ökonomischer Ebene.

Kosten, die in Verbindung mit dem CO₂-Ausstoß aufgrund der Errichtung eines Gebäudes und der daraus resultierenden Gesundheits- und Umweltbelastung entstehen, werden betrachtet.

Ersatzindikatoren für ökonomische Aspekte

Zusätzlich gibt es noch weitere Indikatoren, die zur ökonomischen Bewertung von Sanierungsmaßnahmen herangezogen werden können, ohne den langfristigen Wert oder ein etwaiges Risiko zu bestimmen:

■ **Energieeffizienz:** Eine **optimierte thermische Hülle** und auch die damit verbundenen Energieeinsparungen **verringern das Risiko hoher Energiekosten**, die von nicht beeinflussbaren jährlichen Steigerungen betroffen sind.

Ersatzindikatoren für ökonomische Aspekte

■ **Anpassungsfähigkeit:** Die künftige Anpassungsfähigkeit an Nutzungsänderungen hat nicht nur Auswirkungen auf die soziale Qualität, sondern auch auf die Wirtschaftlichkeit.

Eine **flexible Raumnutzung**, wie Wohngebäude mit Räumen ohne spezifische Nutzung (nutzungsneutral), ermöglichen nach Bedarf eine **schnelle und kostengünstige Umgestaltung**. Zudem sollten Optionen für einen nachträglichen Einbau berücksichtigt werden, indem etwa Leitungen überdimensioniert werden.

Ersatzindikatoren für ökonomische Aspekte

■ **Flächeneffizienz:** Je effizienter Flächen genutzt werden können, desto wirtschaftlicher sind sie. Vor allem bei Sanierungsprojekten mit Innendämmung ist mit Verkaufserlösschmälerungen zu rechnen – durch die **Verringerung der nutzbaren Fläche** reduzieren sich mögliche Einnahmen durch Miete oder Verkauf.

Methoden der Lebenszyklusbetrachtung

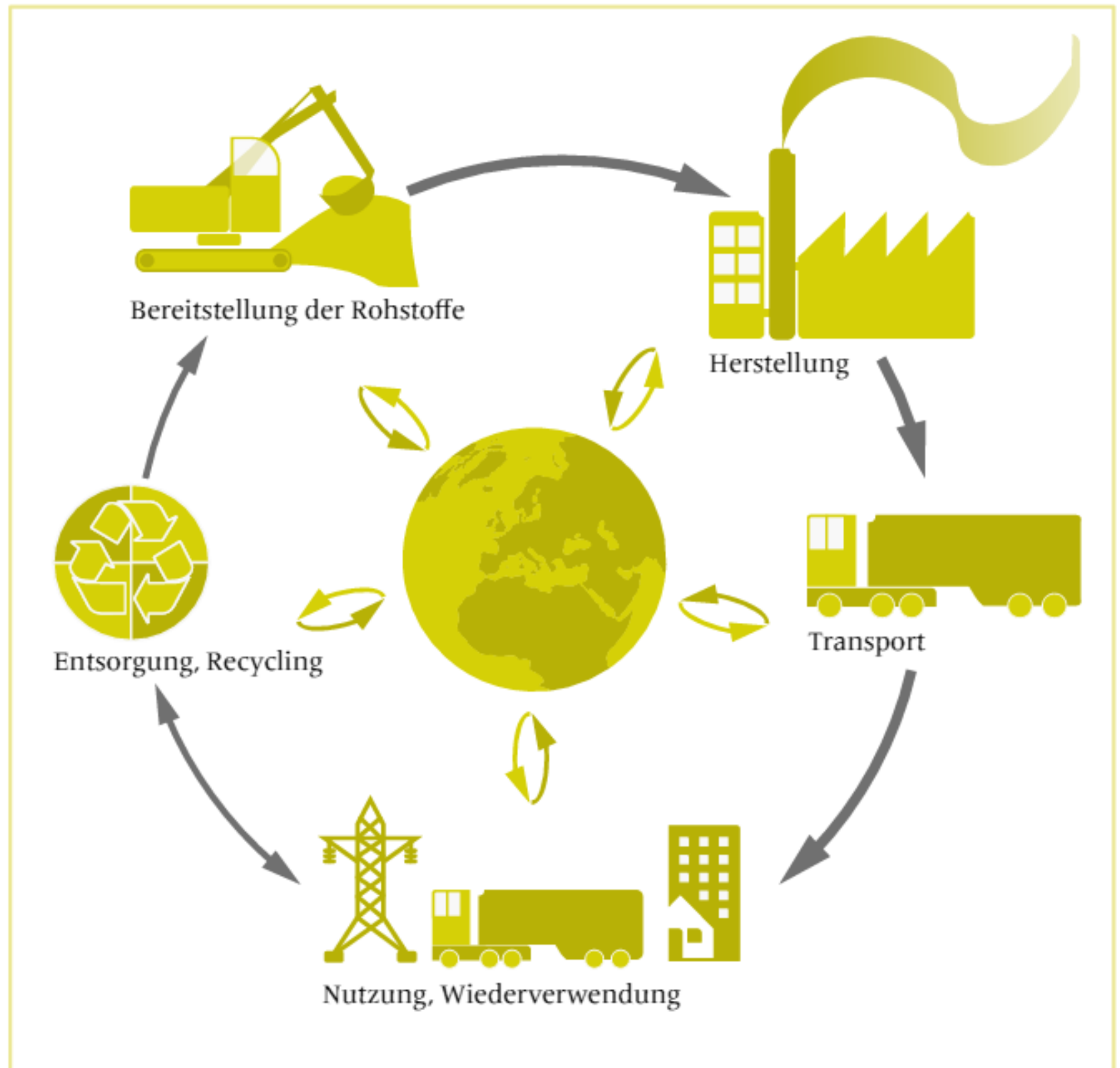
Lebenszyklus und Produktlebenszyklus

Der Begriff Lebenszyklus stammt ursprünglich aus der Biologie und wird dort verwendet, um einen **vorhersagbaren, sich zyklisch wiederholenden Prozess** zu beschreiben, der von den Individuen einer Spezies durchlaufen wird und in einzelne Phasen oder Abschnitte unterteilt werden kann. Diese Betrachtungsweise – also die Definition eines sich zyklisch wiederholenden Prozesses, der in einzelne Phasen untergliedert werden kann, **lässt sich auf Produkte oder Dienstleistungen übertragen.**

Lebenszyklus und Produktlebenszyklus

Erste Ansätze dazu erfolgten in den 1960er- und 1970er-Jahren mit dem Ziel, den **Verbrauch natürlicher Ressourcen und die verursachten Umweltemissionen von Produkten und Dienstleistungen** zu bestimmen (vgl. Abbildung 3).

Abbildung 3 Grafische Darstellung eines Produktlebenszyklus mit einzelnen Lebenszyklusphasen; die hellgrünen Pfeile symbolisieren Ressourcenverbräuche, die dunkelgrünen Pfeile symbolisieren Emissionen in die Umwelt, die den jeweiligen Phasen zugeordnet werden können.



Lebenszyklusdenken

Der Vorteil dieser Art und Weise, Produkt- oder Dienstleistungssysteme zu betrachten, liegt darin, dass den einzelnen definierten Lebenszyklusphasen **strukturiert Informationen zugeordnet** werden können.

Dadurch wird eine **systematisch gegliederte und übersichtliche Betrachtung und Analyse des gesamten Produktlebenszyklus** möglich.

Lebenszyklusdenken

Dieser Ansatz in der Ökologie wird auch als Lebenszyklusdenken (Life Cycle Thinking) bezeichnet. **Zentrales Ziel ist es dabei, Umweltwirkungen und Ressourcenverbräuche über den gesamten Lebensweg eines Produkts zu minimieren.** Indem der ganze Produktlebenszyklus von der Ressourcengewinnung bis zur Entsorgung betrachtet wird, soll eine Verlagerung von Belastungen zwischen einzelnen Lebenszyklusphasen – im Weiteren auch zwischen geografischen Regionen oder zwischen verschiedenen Umweltwirkungskategorien – vermieden werden.

Lebenszyklusmanagement

Nicht nur in Bezug auf die Ökologie kann es vorteilhaft sein, für Produkte oder Dienstleistungen **Lebenszyklusphasen** zu definieren und diesen Phasen Informationen zuzuordnen, sodass mehrere Lebenszyklusphasen gemeinsam betrachtet oder im Idealfall der gesamte Produktlebenszyklus untersucht werden kann.

Bei derart strukturierten Informationen kann es sich neben Umweltwirkungen und Ressourcenverbräuchen z. B. auch um **Informationen über Aufgaben und Tätigkeiten, Personenressourcen oder Kosten und Erträge** handeln.

Lebenszyklusmanagement

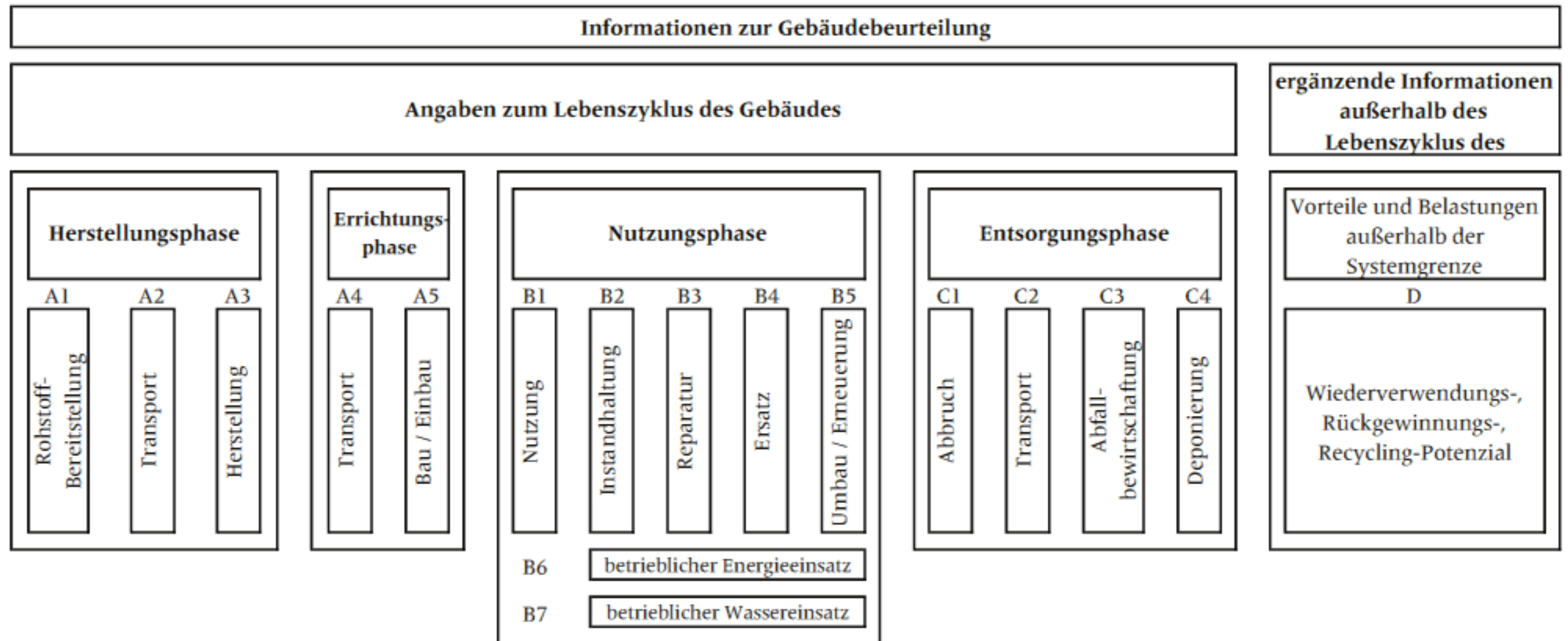
Unter dem Begriff Life Cycle Management (LCM) werden **Werkzeuge und Methoden** zusammengefasst, mit denen unterschiedliche **produktbezogene Informationen erfasst und strukturiert** werden.

Ziel dieses Managementsystems ist die **Verbesserung der technologischen, wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Aspekte** von Organisationen, ihren Produkten und Dienstleistungen.

Gebäudelebenszyklus

Auch für das zusammengesetzte Produkt bzw. das Produktsystem Gebäude lässt sich ein Lebenszyklus beschreiben. Je nach Anwendungszweck können dafür recht **unterschiedliche Lebenszyklusphasen** definiert werden. Die EN 15804 unterscheidet für die ökologische Gebäudebeurteilung etwa die Phasen Herstellung, Errichtung, Nutzung und Entsorgung und untergliedert diese weiter in Informationsmodule, die mit den Großbuchstaben A bis C gekennzeichnet werden (siehe Abbildung 4). Darüber hinaus wird für Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze (Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- und/oder Recyclingpotenziale) ein zusätzliches Informationsmodul (Modul D) definiert.

Abbildung 4 Definierte Lebenszyklusphasen und Module für die Beschreibung und Beurteilung von Gebäuden nach EN 15804:2014-04 [26]



Genormte Methoden der Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden

Mit dem Begriff Lebenszyklusbetrachtung ist **in der Regel** die Betrachtung oder Analyse eines Produkts (bzw. einer Dienstleistung oder eines Prozesses) unter Anwendung des Lebenszyklusansatzes – also unter Berücksichtigung mehrerer Lebenszyklusphasen oder des gesamten Produktlebenszyklus – gemeint.

Der Ausdruck Lebenszyklusbetrachtung beschreibt jedoch **keine genormte Definition oder Methode**.

Genormte Methoden der Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden

Wird der Begriff im Zusammenhang mit der Beurteilung von Gebäuden oder Bauprodukten verwendet, so ist in den meisten Fällen eine der folgenden **zwei standardisierten Methoden** gemeint:

- **Ökobilanzierung** (Life Cycle Assessment, LCA),
- **Lebenszykluskostenanalyse** (Life Cycle Cost Analysis, LCCA, oder Life Cycle Costing, LCC).

Die Methode der **Ökobilanzierung** dient der **systematischen Analyse der Umweltauswirkungen von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen unter Berücksichtigung des Lebenszyklusansatzes** (siehe **Die Ökobilanz als Kernelement von Umweltkennzeichnungsprogrammen**). Die **Lebenszykluskostenanalyse** ist eine Methode der **ökonomischen Lebenszyklusbetrachtung** (siehe **Lebenszykluskosten-betrachtung**).

Diese beiden Ansätze werden auch in der europäischen Normenreihe DIN EN 15643 ff. Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden als **quantitativ beschreibende, analytische Methoden für die Bewertung der umweltbezogenen bzw. der ökonomischen Qualität** von Gebäuden angeführt. Diese Normenreihe definiert die Rahmenbedingungen für die **Bewertung von Gebäuden hinsichtlich ihrer umweltbezogenen, sozialen und ökonomischen Qualität unter Berücksichtigung des Lebenszykluskonzepts.**

Literaturempfehlung



Nachhaltiges Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen
Nachhaltige Sanierung mit nachwachsenden Rohstoffen

Ökologie und Ökonomie des Dämmens

Analyse und Bewertung von Dämmmaßnahmen in der Altbausanierung
Fraunhofer IRB Verlag, 2018, 306 Seiten EUR 69,00



Unterlagen



Nachhaltiges Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen
 Nachhaltige Sanierung mit nachwachsenden Rohstoffen

www.introversiv.at

<http://www.introversiv.at/blog/lehre/2-nachhaltiges-bauen-mit-nachwachsenden-rohstoffen-nachhaltige-sanierung-mit-nachwachsenden-rohstoffen/>

