

IMPRESSUM

Für den Inhalt verantwortlich:

DI Dr. Andreas Pfeiler | Fachverband der Stein- und keramischen Industrie Österreich

AutorInnen:

DI Claudia Dankl | ÖGUT - Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik

Mag. (FH) Hannes Warmuth | ÖGUT - Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik

BearbeiterInnen der Teilprojekte der Forschungsinitiative Zukunftssicheres Bauen:

Michael Balak | René Eckmann | Gernot Fischer | Renate Hammer | Peter Holzer |

Andreas Kolbitsch | Peter Maydl | Danilo Schulter | Christian Schranz |

Andreas Windsperger | Bernhard Windsperger

Begleitung und Koordination der Initiative mit Unterstützung des



Bundesministerium
für
Regionale
Innovation und Technologie

Wien, Juli 2015

Layout: Marlene Rieck | grafrieck design

Druck: LDD Communication GmbH

Die Broschüre ist auf ökologischem Offset-Papier bestehend aus 100 % Recyclingfasern gedruckt.



Mein Ressort hat mit dem Forschungsprogramm „Haus der Zukunft“ sehr viele Innovationen im Bereich nachhaltiges Bauen hervorgebracht. Wesentliche Themen sind hier Energieeffizienz, ökologische Baumaterialien und die Integration von erneuerbarer Energie. Auch die unterschiedlichen Bauweisen von Leicht- bis zu Massivbau wurden im Rahmen von Forschungsprojekten untersucht. Viele dieser Technologien sind heute am Markt und definieren neue Standards für Gebäude in puncto Energieeffizienz - von Niedrigenergie- bis Plusenergiegebäuden. Gebäudetechnologien sind ein Schlüsselbereich, wenn es darum geht, unsere Energieeffizienz- und Klimaschutzziele zu erreichen.

Deshalb unterstützt das Technologieministerium auch die Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie. Die Initiative richtet ihr Augenmerk auf die Anforderungen an Gebäude im Zusammenhang mit den Erfordernissen des Klimaschutzes.

Die in diesem Synthesebericht vorgestellten Forschungsprojekte der ersten Phase der Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ sind eine wertvolle Basis für weitergehende Entwicklungsaktivitäten.

In Anbetracht der Herausforderungen, vor denen die österreichische Bauwirtschaft und insbesondere die Bauprodukte-Erzeuger stehen, ist es mir ein großes Anliegen, dass wir uns in der angewandten Forschung auch zukünftig intensiv mit Fragen zum optimalen Einsatz verschiedener Materialien und Technologien auseinandersetzen.

A handwritten signature in black ink, reading "Alois Stöger". The signature is written in a cursive, flowing style.

Alois Stöger

Bundesminister für Verkehr, Innovation und Technologie



Österreich zählt bei Forschungsaufwendungen zu den Top-4 in Europa, muss sich aber auf dem Weg zum Innovation Leader weiter anstrengen. Mit der prognostizierten Forschungsquote von 3,01 Prozent liegen wir gut wenn man bedenkt, dass im Jahr 2006 - vor der Krise - die Forschungsquote bei 2,37 Prozent gelegen ist. Das bedeutet, von den 10 Mrd. Euro, die heuer in F&E investiert werden, gehen 6 von 10 Euro auf das Konto der forschenden Unternehmen.

Um die Position Österreichs weiter abzusichern gilt es auf einen breiten Mix an Maßnahmen zu setzen, damit im Zeitraum 2016-2019 mehr Mittel aus dem geplanten Österreich-fonds, durch Umschichtungen und durch eine Feinjustierung im Bundesfinanzrahmengesetz in die wettbewerbliche F&E-Förderung des FWF und der FFG fließen können.

Außerdem muss es ein vordringliches Ziel sein, künftig noch mehr Mittel aus den neuen EU-Forschungstöpfen zu holen sowie eine noch stärkere Beteiligung der Wirtschaft, insbesondere von KMU, zu erreichen.

Mein besonderer Dank gilt allen Unternehmen, die in F&E investieren und durch neues Know-how für die Zukunft vorsorgen. Ab 2016 stehen 12% Forschungsprämie zur Verfügung, da die WKÖ eine 2%ige Erhöhung im Rahmen der Steuerreform erreichen konnte.

Ich gratuliere dem Fachverband der Stein- und keramischen Industrie, der nach der äußerst erfolgreichen Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit Massiv (2008 - 2010)“ im vergangenen Jahr bereits seine zweite mehrjährige Brancheninitiative gestartet hat.

„Zukunftssicheres Bauen“ hat sich zum Ziel gesetzt, die Mitgliedsunternehmen des Fachverbands sowie deren Produkte im Zusammenhang mit Klimaschutz, Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit optimal zu positionieren. Die umfangreichen Forschungsaktivitäten sollen einerseits Inputs zur technologischen Weiterentwicklung von Bauprodukten auf mineralischer Basis zu geben, andererseits möglichst ausgeglichene Rahmenbedingungen und fairen Wettbewerb mit anderen Bauprodukten sicherstellen.

Ich wünsche weiterhin viel Erfolg auf diesem Weg!

A handwritten signature in blue ink, which reads "Christoph Leitl". The signature is fluid and cursive.

Christoph Leitl
Präsident der Wirtschaftskammer Österreich



Andreas Pfeiler
Geschäftsführer, Fachverband der Stein-
und keramischen Industrie

Die mehrjährige Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ des Fachverbands Steine-Keramik wurde im Jahr 2014 gestartet und hat im ersten Jahr fünf Forschungsprojekte abgewickelt. Es wurden Expertisen zu den Themen „Lebensdauer“, „Nachhaltigkeitsindikatoren“, „Vergleich von Bauweisen“ und „CO₂-Bilanzierung“ erarbeitet. Ein weiteres Projekt untersuchte die Zusammenhänge von Bauweisen und Katastrophenschäden. Die wissenschaftliche Projektbegleitung lag in den bewährten Händen der ÖGUT (Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik). Wie bereits beim Vorläuferprojekt „Nachhaltigkeit Massiv“ unterstützte die ÖGUT den Fachverband bei Projektkoordination, Förderungsabwicklung, Dokumentation und Berichterstellung. Die Kosten dafür wurden vom BMVIT ko-finanziert. An dieser Stelle sei dem BMVIT für diese Unterstützung ausdrücklich gedankt.

Es gehört zu den essentiellen Aufgaben des Fachverbands Steine-Keramik, Forschungsprojekte zu übergeordneten Themen im Interesse der gesamten Baustoffindustrie zu beauftragen und abzuwickeln. Die Ergebnisse dienen der Weiterentwicklung nachhaltiger Bauprodukte und Bauweisen bzw. helfen Rahmenbedingungen und Regelwerke zu verbessern. Der vorliegende Endbericht fasst die Ergebnisse 2014 in kompakter und übersichtlicher Weise zusammen.



Monika Auer
Generalsekretärin, ÖGUT

Die ÖGUT begleitet die Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ auf Basis ihrer langjährigen Erfahrungen im Forschungs- und Technologiebereich und fördert den Austausch über Ergebnisse im Rahmen ihrer weitreichenden Vernetzung mit relevanten Stakeholdern. Dabei unterstützt die ÖGUT den Fachverband Steine-Keramik bei der Entwicklung von Forschungsthemen und -strategien im Bereich der nachhaltigen Weiterentwicklung der Massivbaustoffe und -bauweisen. Besonders positiv hervorzuheben an dieser Initiative ist die konstruktive Auseinandersetzung der österreichischen Bauforschung mit VertreterInnen der Industrie, die auf Betreiben des Fachverbands Steine-Keramik nunmehr seit vielen Jahren kontinuierlich angeregt und gefördert wird.

INHALTSVERZEICHNIS

EXECUTIVE SUMMARY	5
FORSCHUNGSINITIATIVE „ZUKUNFTSSICHERES BAUEN“	6
1 ÖKOINDIKATOREN	9
Projektergebnisse auf einen Blick	9
Einleitung	9
Inhaltliche Darstellung	9
2 CO₂-BILANZIERUNG VON BAUPRODUKTEN	12
Projektergebnisse auf einen Blick	12
Einleitung	12
Inhaltliche Darstellung	13
3 WOHNGEBÄUDEZUSTAND	15
Projektergebnisse auf einen Blick	15
Einleitung	15
Inhaltliche Darstellung	16
4 KATASTROPHENSICHERHEIT	18
Einleitung	18
Inhaltliche Darstellung	18
5 METASTUDIE ZUR KOSTENOPTIMALITÄT VON ANFORDERUNGSNIVEAUS IM WOHNUNGSNEUBAU	19
Einleitung	19
Inhaltliche Darstellung	20
AUSBLICK	23
VERZEICHNISSE	24
Tabellenverzeichnis	
Abbildungsverzeichnis	
Glossar Umweltwirkungsindikatoren	
Literaturverzeichnis	

EXECUTIVE SUMMARY

Die vom Fachverband der Stein- und keramischen Industrie initiierte Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ liefert - angelegt als eine mehrjährige Forschungskoopeation von Industrie und Forschungseinrichtungen - wissenschaftliche Erkenntnisse für die Weiterentwicklung nachhaltiger Bauweisen.

ZIELSETZUNG UND INVOLVIERTE FORSCHUNGSPARTNER

Die Initiative verfolgt das übergeordnete Ziel, ganzheitliche Aspekte zukunftsicheren Bauens zu untersuchen, die dazu dienen, technologische Weiterentwicklungen von Produkten und Dienstleistungen der Unternehmen der Stein- und keramischen Industrie zu initiieren und zu fördern. Folgende Forschungspartner waren im Rahmen dieser Initiative tätig:

1. Die TU Graz beleuchtete zusätzliche Ökoindekatoren zur Bewertung der Umweltwirkung von Bauprodukten mit folgenden Ergebnissen:

Das europäische Regelwerk zur Gebäudebewertung umfasst derzeit 22 ökologische Indikatoren. Die TU Graz zeigt mittels Vergleich der Umweltwirkungen, dass Indikatoren wie Ressourceneffizienz, Landverbrauchsänderungen und Erhalt der Biodiversität eine hohe Priorität für den ökologischen Fußabdruck zukommt, diese jedoch keinen Eingang in die CEN-Normen gefunden haben. Eine Adaptierung der gängigen Regelwerke (EN 15804 bzw. EN 15978) scheint angezeigt.

2. Das Institut für Industrielle Ökologie nahm die Klimarelevanz von Baustoffen unter die Lupe:

CO₂-Neutralität von Holz ist, wie auch die in Umweltproduktdeklarationen (EPDs) vorkommende CO₂-Senkenwirkungen für Biomasse nur dann berechtigt, wenn das verwendete Holz aus nachhaltiger Bewirtschaftung stammt. Ist die Herkunft aus nachhaltiger Bewirtschaftung nicht gewährleistet, darf der im Holz gebundene Kohlenstoff nicht als negative Emissionen in die Bilanzierung aufgenommen werden, was die CO₂-Bilanz erheblich verändern würde.

3. Zum Thema der Beständigkeit und Lebensdauer von Wohngebäuden verschiedener Bauepochen wurde die TU Wien in Kooperation mit dem OFI beauftragt;

Untersuchungen am Wohngebäudebestand kamen zum Ergebnis, dass der Massivbau deutlich längere Nutzungsdauern aufweist als in der Norm vorgesehen. Voraussetzung dafür ist eine regelmäßige Instandhaltung und Instandsetzung.

4. Das Institute of Building Research & Innovation verfasste eine Metastudie auf Basis von 26 wissenschaftlichen Arbeiten zum Thema Kostenoptimalität und Nachhaltigkeit beim Wohnungsneubau;

Die Metastudie hält fest, dass das rechnerische Kostenoptimum von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz im Sinne der EU-Richtlinie in einer Bandbreite zwischen etwa 10er- und der 14er-Linie des HWB im Sinne des Nationalen Plans liegt. Die betrachteten Studien bestätigen, dass das Niveau der 10er-Linie laut nationalem Plan entweder kostenoptimal oder mit moderaten Mehrkosten von etwa 10 EUR/m²BGF erzielt werden kann.

In der sogenannten ACR-Studie wurden 45 Variationen energieeffizienter Häuser einem Test unterzogen. Das Ergebnis: Es gibt nicht „das“ beste Haus, sondern sowohl Baustoffwahl, als auch Energiestandard müssen im Kontext der Gesamtsituation betrachtet werden. Dabei sind etwa Standort, Klima, Sonneneinstrahlung und das Wohnverhalten der Bewohner ausschlaggebend. Ein großer Kostenhebel ist auch die Haustechnik.

5. Die ÖGUT ist mit der wissenschaftlichen und koordinativen Begleitung der Initiative beauftragt und transferiert die Ergebnisse.

AUSBLICK UND FOLGEPROJEKTE

Die gesellschaftliche und politische Diskussion wird durch die wissenschaftlichen Ergebnisse auf eine vergleichende Ebene gebracht und kann im Dialog zwischen Wissenschaft und Bauwirtschaft weiter geführt werden. Die Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie ermöglicht eine umfassende Publikation der Ergebnisse und somit die Berücksichtigung im Rahmen aktueller Forschungs- und Förderprogramme im Baubereich.

In der kommenden Forschungsphase wird das Thema Ökoindekatoren weiter verfolgt und auch das Thema Regionalität von Baustoffen aufgegriffen, da sich lange Transportwege negativ auf die Ökobilanz auswirken. Ziel ist, dass in zukünftige Regelwerke, beispielsweise die Wohnbauförderung, auch die Vorteile massiver Baustoffe entsprechend einfließen können. Mineralische Baustoffe können nicht zuletzt durch ihre hohe Speichermasse zu mehr Energie- und Ressourceneffizienz im Wohnbau beitragen.

FORSCHUNGSINITIATIVE „ZUKUNFTSSICHERES BAUEN“

HINTERGRUND UND ZIELE DER FORSCHUNGSINITIATIVE

Die Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ des Fachverbands Steine-Keramik will Anstöße zur Weiterentwicklung im Gebäudebereich, insbesondere zur Verbesserung der Nachhaltigkeit im Bauwesen geben. Dabei stehen Beiträge des Massivbaus zur Energieeffizienz und zur Verringerung des CO₂-Ausstoßes von Gebäuden im Vordergrund. Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden sind auch Kosteneffizienz sowie Langlebigkeit, Wertbeständigkeit und Katastrophensicherheit wichtige Themen. Die Projektergebnisse sollen Grundlagen für mögliche Brancheninitiativen liefern, von denen weitere Impulse für die Zukunftsfähigkeit der Baubranche ausgehen können.

Ein wichtiges Thema im Hinblick auf die Nachhaltigkeit unserer Gesellschaft und unserer Lebensweise ist der Klimawandel, der zu zunehmenden Extremereignissen führt, wie Hochwasser, Hitzewellen, Hagel. Es war ein Ziel der Forschungsinitiative im ersten Forschungsjahr, Anforderungen an zukünftige nachhaltige Bauprodukte, -materialien und Bauweisen zu untersuchen. Lösungsansätze aus dem Bereich der Grundlagenforschung sollen für die Praxis anwendbar und ökonomisch umsetzbar gemacht werden damit darauf aufbauend die österreichische Bauwirtschaft, insbesondere Bauproduktehersteller, bei der Bewältigung aktueller Herausforderungen unterstützt werden können und nachhaltige Baustoffe auf mineralischer Basis weiterentwickelt werden können. Die Forschungsprojekte zielen auch auf die Entwicklung nachhaltiger Regelwerke, Normen und Fördersysteme.

Inhaltlich knüpft „Zukunftssicheres Bauen“ an die erfolgreiche Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ des Fachverbands Steine-Keramik an, die in den Jahren 2008 bis 2010 im Programm „ENERGIE DER ZUKUNFT“ aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert wurde. In „Nachhaltigkeit massiv“ setzten zahlreiche österreichische Forschungsinstitutionen im Auftrag des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie und unter wissenschaftlicher Begleitung durch die ÖGUT und 17&4 eine Reihe von Forschungsaktivitäten zur Definition von Kriterien zur Nachhaltigkeit von Baustoffen und zur Weiterentwicklung von Instrumenten der Gebäudebewertung. Forschungsfragen, die auf dieser Basis als besonders relevant identifiziert worden sind, werden nunmehr in der Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ aufgegriffen und weiter vertieft.

DAS ZIEL DER FORSCHUNGSINITIATIVE

„ZUKUNFTSSICHERES BAUEN“ DEFINIERT SICH WIE FOLGT:

„Untersuchung ganzheitlicher Aspekte zukunftssicheren Bauens, die dazu dienen, technologische Weiterentwicklungen von Produkten und Dienstleistungen der Unternehmen der Stein- und keramischen Industrie zu initiieren und zu fördern.“

Dies umfasst insbesondere:

- Die (Weiter-)Entwicklung von Ökoindikatoren zur Verbesserung der Methodik der Ökobilanzierung, welche - basierend auf der objektivierten Berechnung von Wirkungsbilanzdaten - ein Kerninstrument zur ökologischen Bewertung und Optimierung von Gebäuden und Bauprodukten darstellt und damit in besonderer Weise den Zielsetzungen nationaler Nachhaltigkeitsstrategien entspricht.
- Überlegungen zu neuen methodischen Ansätzen der CO₂-Bilanzierung von Bauprodukten und Auswirkungen entlang ihres gesamten Lebenszyklus, um wertvolle Ansatzpunkte für die Verbesserung in Richtung Klimaneutralität zu gewinnen.
- Das Erforschen des Wohngebäudebestands verschiedener Bauepochen in Österreich hinsichtlich Dauerhaftigkeit und Bestandssicherheit von Gebäuden in Bezug auf deren Bauweise, verwendete Baumaterialien sowie realisierte Sanierungszyklen.
- Untersuchung der Anforderungen an zukünftige, nachhaltige und katastrophensichere Bauweisen, -materialien und -produkte zum Schutz vor Extremwetterereignissen.
- Eine systematisch vergleichende Analyse wissenschaftlicher Publikationen zur Diskussion kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten.

Die Forschungsinitiative leistet einen Beitrag zur Entwicklung der Bauforschung in Österreich. Die ÖGUT ist daher mit der wissenschaftlichen und koordinativen Begleitung der Initiative beauftragt und transferiert die Ergebnisse in das österreichische Bauforschungsprogramm „Haus der Zukunft“ bzw. das Nachfolgeprogramm „Stadt der Zukunft“.

AUFBAU DER ERSTEN FORSCHUNGSPHASE

Ausgangslage für die Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ sind allgemeine Anforderungen seitens Klimaschutz sowie Energie- und Ressourceneffizienz: Zudem führen neue Gebäudekonzepte, Materialien und Prozessinnovationen dazu, dass Baustoffe und Bausysteme ständig weiter entwickelt werden müssen. Der Brückenschlag zwischen Baupraxis und neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen ermöglicht einen Beitrag zur nachhaltigen Gebäudeentwicklung und Gebäudebewertung. Einen Überblick über Struktur und Organisation der Initiative „Zukunftssicheres Bauen“ gibt *Abbildung 1*.



Abbildung 1: Struktur und Organisation der Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“

Im Interessen aller Unternehmen der Stein- und keramischen Industrie werden im Rahmen der Initiative nicht zuletzt Projekte der Grundlagenforschung forciert: Indikatoren, Modelle und Bilanzierungsmethoden, die einen Beitrag zur Weiterentwicklung und Positionierung der mineralischen Baustoffe leisten können, stehen im Fokus. Weiters werden auch vorliegende Forschungsergebnisse und bestehende Projekte im Rahmen der Initiative untersucht und ausgewertet. Der Zusammenhang zu Forschungsprojekten im Rahmen nationaler und internationaler Programme wird analysiert und hergestellt, Ergebnisse in die Initiative einbezogen sowie mit den Ergebnissen der Projekte der Initiative verknüpft, die wiederum der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden.

Das Bemerkenswerte an der Initiative ist, dass die Diskussion über nachhaltiges Bauen in Österreich von der Industrie geführt und vorangetrieben wird, was sich positiv auf die Innovationskraft der österreichischen Unternehmen auswirkt. Nachhaltigkeit ist im Herzen der Industrie angekommen.

INSTITUTIONEN	AUFGABEN IM RAHMEN DER FORSCHUNGSINITIATIVE „ZUKUNFTSSICHERES BAUEN“
Fachverband der Stein- und keramischen Industrie	Initiierung und Leitung des Gesamtprojekts
ÖGUT – Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik	Wissenschaftliche Begleitung des Gesamtprojekts und Projektmanagement
TU Graz , Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener Technischer Versuchs- und Forschungsanstalt	Projekt „ÖKOINDIKATOREN“: siehe Kapitel 9
IIÖ – Institut für industrielle Ökologie	Projekt „CO ₂ -BILANZIERUNG“, siehe Kapitel 12
OFI – Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik TU Wien – Institut für Hochbau und Technologie, Hochbaukonstruktion und Bauwerkserhaltung	Projekt „WOHNGEBÄUDEZUSTAND“: siehe Kapitel 15
BTI – Bautechnisches Institut, Versuchs- und Forschungsanstalt für Baustoffe und Baukonstruktionen	Projekt „KATASTROPHENSICHERHEIT“: siehe Kapitel 18
IBR&I – Institute of Building Research & Innovation	Projekt „META-ANALYSE“: siehe Kapitel 19

Nachfolgend werden die Projekte, die im Rahmen der ersten Phase der Forschungsinitiative beauftragt und durchgeführt wurden, näher beschrieben. Detailergebnisse der Projekte sind im Rahmen eigener Berichte der Forschungspartner veröffentlicht.

ÖKOINDIKATOREN

Projektbeteiligte: DI Gernot Fischer, DI Dr. Danilo Schuster, Univ.- Prof. Dr. Peter Maydl (alle TU Graz, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener TVFA für Festigkeits- und Materialprüfung)



Dieses Projekt wurde im Rahmen der Basisprogramme von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG anteilig gefördert.

PROJEKTERGEBNISSE AUF EINEN BLICK

- Wirkungsindikatoren mit hoher Priorität, die in der Normung noch keine Berücksichtigung finden, sind „Ressourcen“, „Humantoxizität“ und „Ökotoxizität“
- Eine Adaptierung von derzeit angewandten bzw. eine Implementierung von zusätzlichen Wirkungsindikatoren in gängigen Regelwerken (EN 15804 bzw. EN 15978) scheint angezeigt.

EINLEITUNG

Das europäische Regelwerk für nachhaltiges Bauen umfasst in der EN 15804 „Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“ bzw. der EN 15978 „Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode“ derzeit 22 ökologische Indikatoren zur Quantifizierung der Umweltwirkungen von Bauprodukten. Diese Indikatoren sollen die Grundlage für eine verständliche, nachvollziehbare und treffsichere Bewertung auf Gebäudeebene mittels eines harmonisierten Bewertungsrahmens darstellen.

Zwar existiert eine Reihe von Studien, die sich mit der Bewertung von Basisdaten und Methoden zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen auseinandersetzen, diese sind jedoch nicht auf den Bausektor bezogen. Der Fokus der gegenständlichen Studie liegt daher auf der Ermittlung der relativen Bedeutung von Wirkungsindikatoren zur Bewertung der Umweltrelevanz von Bauprodukten, Gebäuden und Bauwerken.

Eingangspunkt der Analyse wurde im Speziellen die Relevanz von bestehenden LCIA (Life Cycle Impact Assessment)-Methoden sowie der zugrunde gelegten Wirkungsindikatoren und deren Anwendbarkeit im Bausektor untersucht. In weiterer Folge wurde die ökologische Qualität für ein Referenzgebäude, ausgeführt in vier unterschiedlichen Bauweisen, quantifiziert. Die relative Bedeutung der Wirkungsindikatoren wurde mittels Analysen der normalisierten Ökobilanz-Ergebnisse aufgezeigt. Eine Betrachtung erfolgte dabei sowohl auf wirkungsorientierter Midpoint-Ebene als auch auf schadensbasierter Endpoint-Ebene.

INHALTLICHE DARSTELLUNG

Die Analyseergebnisse der relativen Bedeutung der jeweiligen Wirkungsindikatoren der untersuchten LCIA-Methoden anhand eines Referenzgebäudes zeigen, dass derzeit zahlreiche Wirkungsindikatoren mit hoher Priorität existieren, die in der Normung noch keine Berücksichtigung finden, z.B. Ressourcen, Humantoxizität und Ökotoxizität. Aus einer

Qualitätsanalyse nach dem ILCD (International Reference Life Cycle Data)-System geht hervor, dass für die als prioritär identifizierten Wirkungsindikatoren bereits Methoden mit ausreichender Datenqualität empfohlen werden. Des Weiteren wurde im Zuge einer Untersuchung bezüglich der Umweltrelevanz gezeigt, dass jene Wirkungsindikatoren mit hoher Priorität auch eine hohe relative Bedeutung bezüglich der jeweiligen Schutzgüter - z.B. menschliche Gesundheit, Ökosystem und Ressourcen - aufweisen. Aus diesen Ergebnissen ist abzuleiten, dass eine Adaptierung der derzeit in der EN 15804 [1] bzw. der EN 15978 [2] angewandten Wirkungsindikatoren angezeigt erscheint.

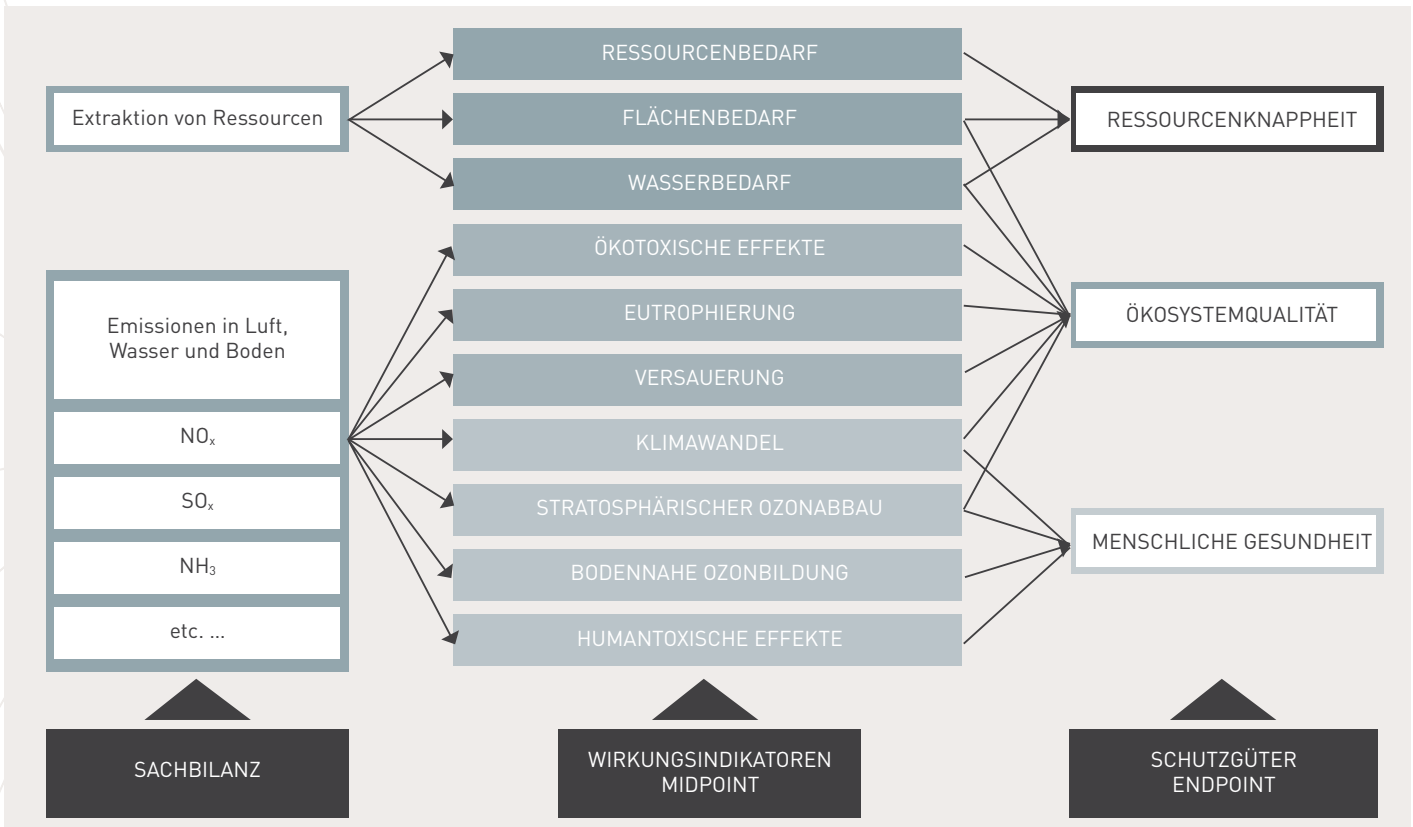


Abbildung 2:
Darstellung der Wirkungskette von Sachbilanz-Ebene bis zur Ebene der Schutzgüter (Quelle: TU Graz in Anlehnung an [3])

ZUSAMMENFASSEND LASSEN SICH FOLGENDE ARGUMENTE FÜR EINE ADAPTIERUNG VON WIRKUNGSINDIKATOREN FÜR DEN BAUSEKTOR ANFÜHREN:

- Die Analyse der relativen Bedeutung von Wirkungsindikatoren der untersuchten LCIA-Methoden anhand eines Referenzgebäudes zeigt, dass derzeit zahlreiche Wirkungsindikatoren (z.B. Ressourcen, Humantoxizität etc.) existieren, die in der Normung noch keine Berücksichtigung finden. Erst durch eine Adaptierung des aktuell angewandten Sets an Wirkungsindikatoren kann ein repräsentatives Ökobilanz-Ergebnis aggregiert werden.
- Die Qualitätsanalyse nach dem ILCD-System zeigt, dass für die prioritär identifizierten Wirkungsindikatoren bereits Methoden mit ausreichender Datenqualität empfohlen werden.
- Die Untersuchung bezüglich der Umweltrelevanz hat gezeigt, dass jene Wirkungsindikatoren mit hoher Priorität auch eine hohe Bedeutung bezüglich der untersuchten Schadenskategorien (menschliche Gesundheit, Ökosystem und Ressourcen) aufweisen.

Tabelle 2:
Übersicht über die wesentlichen Indikatoren zur Bewertung der Umweltwirkungen für den Bausektor

ÜBERGEORDNETE WIRKUNGSKATEGORIEN	REL. BEDEUTUNG	QUALITÄT NACH ILCD*	EN 15804	PEF
RESOURCES				
Fossil fuels	hoch	II	+	+
Fossil depletion		II	+	+
Natural land transformation		III	-	+
Non renewable energy		II	+	+
ECOTOXICITY				
Marine aquatic ecotoxicity	hoch	-	-	-
Marine sediment ecotoxicity		-	-	-
Freshwater sediment ecotoxicity		II/III	-	+
HUMAN TOXICITY				
Human toxicity water	hoch	II/III	-	+
Respiratory inorganics		I	-	+
CLIMATE CHANGE				
Global warming (GWP 100)	hoch	I	+	+

* Level "I": empfohlen und zufriedenstellende Datenqualität vorhanden.
Level "II": Empfohlen, Verbesserungen bei der Datenqualität sind notwendig.
Level "III": Empfohlen, allerdings sind die empfohlenen LCIA-Modelle mit äußerster Vorsicht zu nutzen.

In *Tabelle 2* sind jene Wirkungsindikatoren gelistet, die aufgrund der Methoden-Analyse auf Basis des Bewertungsobjektes als wesentlich identifiziert wurden. Des Weiteren wird die Berücksichtigung der jeweiligen Indikatoren in der EN 15804 und im Product Environmental Footprint (PEF) angegeben. Daraus geht deutlich hervor, dass im PEF bereits einige Indikatoren zur Bewertung der Umweltwirkungen angewandt werden, die in der EN 15804 noch nicht berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse in *Tabelle 3* zeigen, dass für die übergeordneten Wirkungskategorien Ressourcen, Ökotoxizität und Humantoxizität eine „relative Bedeutung - hoch“ gegeben ist. Die bisher in der Normung (z.B. EN 15804) als wichtig eingestuften Wirkungsindikatoren wie Eutrophierung (EP), Versauerung (AP), Photochemische Ozonbildung (POCP) und Ozonabbaupotential (ODP) hingegen haben zufolge der Untersuchungen eine untergeordnete Bedeutung für den Bausektor. Daraus lässt sich ein Handlungsbedarf hinsichtlich einer Adaptierung und Erweiterung von Wirkungsindikatoren in Normen wie der EN 15804 ableiten.

Tabelle 3:
Relative Bedeutung der Wirkungsindikatoren für den Bausektor (übergeordnete Wirkungskategorien)

KLASSIFIZIERUNG	WIRKUNGSKATEGORIE	RELATIVE BEDEUTUNG (%-WERT)
„relative Bedeutung – hoch“ (65% - 100%)	- Resources	100 %
	- Ecotoxicity	84 %
	- Human toxicity	72 %
„relative Bedeutung – mittel“ (35% - 64%)	- Climate change	48 %
„relative Bedeutung – niedrig“ (0% - 34%)	- Eutrophication	12 %
	- Acidification	5 %
	- Waste	2 %
	- Photochemical oxidation	1 %
	- Ozone layer depletion	0 %

CO₂-BILANZIERUNG VON BAUPRODUKTEN

Projektbeteiligte: Doz. Dr. Andreas Windsperger, DI Bernhard Windsperger
(beide Institut für Industrielle Ökologie)

PROJEKTERGEBNISSE AUF EINEN BLICK

- Umwelt-Produktdeklarationen (EPD) umfassen häufig nur die Produktionsphase, da das Wissen über die Nutzungs- und Entsorgungsphase oft unvollständig ist. Bei Massivbaustoffen sind damit die wesentlichen Belastungsbereiche umfasst, wohingegen bei Holzprodukten die Freisetzung des Kohlenstoffs am Ende des Lebenszyklus fehlen kann. Ein Vergleich zwischen Baustoffen sollte aufgrund dieser unterschiedlichen Bilanzgrenzen nicht auf Zwischenproduktebene, sondern nur auf Bauwerksebene erfolgen.
- CO₂-Neutralität wie auch die in Umweltproduktdeklarationen (EPD) verwendete CO₂-Senkenwirkungen (durch im Holz gebundenen und zu CO₂ umgewandelten Kohlenstoff) für Biomasse sind nur berechtigt, wenn das verwendete Holz aus nachhaltiger Bewirtschaftung stammt. Ist die Herkunft aus nachhaltiger Bewirtschaftung nicht gewährleistet, dürfte der im Holz gebundene Kohlenstoff nicht als negative Emissionen in die Bilanzierung aufgenommen werden, was die gesamte CO₂-Bilanz erheblich verändern würde.
- Um eine transparente und exakte Bilanzierung für Holzbaustoffe durchführen zu können, müsste die Herkunft und speziell die Nachhaltigkeit der Bewirtschaftungsform des verwendeten Holzes untersucht und geprüft werden. Dies betrifft vor allem importierte Holz mengen, die im Inland weiterverarbeitet werden.

EINLEITUNG

Ziel der Studie war die Analyse der derzeitigen Bewertung der Klimarelevanz von Holz- und Massivbaustoffen sowie die Betrachtung und kritische Untersuchung neuer wissenschaftlicher Ansätze zur CO₂-Bilanzierung von Biomasse.

Die Bilanzierung von Emissionen biogenen und mineralischen Ursprungs wurde auf drei Ebenen betrachtet: auf nationaler, auf Betriebs- und auf Produktebene:

Auf nationaler Ebene wird die Verbrennung von Biomasse CO₂-neutral betrachtet, da bereits die Holzentnahme aus dem Wald als CO₂-Freisetzung gerechnet wird. Im Falle einer stofflichen Nutzung in Form von Holzprodukten (HWP - Harvested Wood Products) wird der in Biomasse gebundene Kohlenstoff als Zufluss in einen HWP-Pool bewertet. In diesem Pool wird eine Bilanzierung des Zuflusses weniger dem Abgang an gebundenem Kohlenstoff in Holzprodukten durchgeführt.

Betriebe der Stein- und keramischen Industrie unterliegen zu einem großen Teil dem Emissionshandel. Emissionen werden in der Regel in Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente

angegeben. Durch die fehlende Berücksichtigung der Senkenwirkung der Re-Karbonatisierung von Kalk wird für Emissionen mineralischen Ursprungs eine volle Freisetzung von Treibhausgasemissionen bilanziert.

Auf Produktebene wurden zahlreiche Beispiele lebenszyklusbasierter Produktbewertungen anhand der unterschiedlichen Umweltproduktdeklarationen (EPD) betrachtet. Bei EPD von Holzprodukten wird das im Holz gebundene CO₂ als negative Emission gerechnet. Erfolgt am Ende des Lebenszyklus eine energetische Verwertung, wird für den Energiegewinn eine Gutschrift für die Substitution von fossiler Energie gerechnet. Wird diese in die Bilanz eingerechnet, ergeben sich häufig negative Gesamtwerte der Treibhausgasemission.

INHALTLICHE DARSTELLUNG

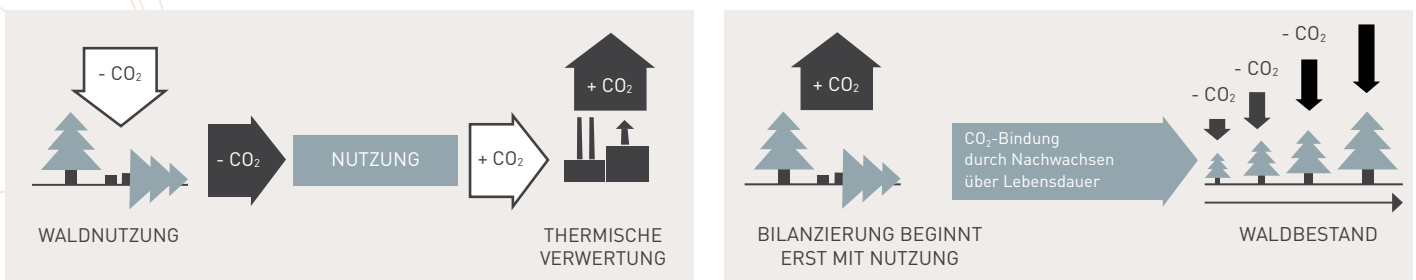
In der Wachstumsphase baut ein Baum durch seine Photosyntheseleistung Biomasse auf. Das der Atmosphäre entzogene CO₂ wird beim Verbrennen oder Verrotten der Biomasse wieder freigesetzt, wodurch sich ein Kreislauf ergibt. Grundvoraussetzung für eine solche angenommene CO₂-Neutralität ist eine nachhaltige Waldbewirtschaftung, bei der die Entnahme des Holzes und damit die Freisetzung des CO₂ durch den Zuwachs wieder ausgeglichen wird. Ist die Herkunft des Holzes aus nachhaltiger Bewirtschaftung nicht gewährleistet, dürfte der im Holz gebundene Kohlenstoff nicht als negative Emissionen in die Bilanzierung aufgenommen werden. Eine solche Bewertung könnte in Form von CO₂-Emissionsfaktoren umgesetzt werden, wie sie für Biotreibstoffe bereits vorgeschlagen werden.

In nationalen Klimabilanzen, die derzeit jährlich im Rahmen der Verpflichtungen für die United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC erstellt werden, wird derzeit nur die Produktion innerhalb nationaler Grenzen betrachtet, d.h. die Mengen an importierten und exportierten Ressourcen werden nicht berücksichtigt. Dadurch haben Auslagerungen von Produktionen positive Effekte auf die CO₂-Bilanz, obwohl sie de facto zu einer Erhöhung der Belastungen führen. Um eine solche „Carbon Leakage“ zu vermeiden, wäre es notwendig, zusätzlich zur nationalen Bilanz auch Importe von Rohstoffen und Produkten in die Treibhausgasinventur einzubeziehen. Dabei sollte auch eine detaillierte Analyse und Untersuchung der importierten Holz mengen hinsichtlich der Herkunftsländer sowie der Bewirtschaftungsformen durchgeführt werden; vorhandene Systeme der Holzzertifizierung hinsichtlich der Nachhaltigkeit der Forstwirtschaft sollten Eingang in die Bilanzierung finden.

Neue Methoden zur CO₂-Bilanzierung, wie sie z.B. im Rahmen des IEA-Forschungsprojekts Bioenergy Task 38 entwickelt werden, betrachten die Emissionen ab dem Holzeinschlag und in Abhängigkeit von der Zeitdynamik der Freisetzung des CO₂ und dem Nach-

wachsen des Holzes. Die Per-se-Neutralität von Biomasse würde sich in Richtung einer zeitabhängigen Neutralität verändern. Rasch nachwachsende Holzarten werden von diesem Ansatz bevorzugt, aber auch die Kaskadennutzung von Holz schneidet gegenüber einer sofortigen Verbrennung besser ab, da die stoffliche Nutzung zu einer temporären Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre führt.

Bei der derzeitigen Praxis der Kohlenstoffbilanzierung wird bei Nutzungsbeginn ein Minus an Emissionen in Form des im Holz gebundenen CO₂ verbucht. Bei neuen wissenschaftlichen Ansätzen wird z.B. bei der thermischen Verwertung die sofortige Belastung gerechnet, eine CO₂-Gutschrift erfolgt erst mit dem Nachwachsen des Holzes, siehe dazu auch *Abbildung 3*.



Neben diesen zeitdynamischen Aspekten werden aktuell auf wissenschaftlicher Ebene weitere Themen für eine mögliche Einbeziehung in die Klimabewertung von Biomasse diskutiert. Dabei handelt es sich einerseits um die Untersuchung und Berechnung von Klimaeffekten aus Landnutzungsänderungen bei der Nutzung forstwirtschaftlicher Flächen. Auch Albedo-Effekte (= Rückstrahlvermögen) werden immer bedeutender, die beispielsweise bei Aufforstungen durch das Waldwachstum zu erhöhter Absorption führen.

Bei mineralischen Produkten dominiert die Emissionsfreisetzung während des Produktionsprozesses. Für die Reduzierung der Emissionen der mineralverarbeitenden Industrie werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Moderne Ofentechnologien
- Steigerung der Energieeffizienz
- Minderung des Klinkeranteils im Zement
- Ersatz von fossilen Brennstoffen durch Alternativbrennstoffe und Biomasse

Weiters kann der Einsatz von mineralischen Abfällen im Baubereich die benötigte Menge an Frischmaterial verringern, wobei Klimabelastungen, die für die Bereitstellung des eingesparten Frischmaterials stehen, gutgeschrieben werden können.

Abbildung 3: Derzeitige Praxis der Bewertung der Kohlenstoffbilanzierung (links) und neue wissenschaftliche Ansätze zur Kohlenstoffbilanzierung (rechts) (Quelle: Windsperger nach Bird et al.)

WOHNGEBÄUDEZUSTAND

Projektbeteiligte: Dr. Michael Balak, (Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik), Univ.- Prof. Dr. Andreas Kolbitsch, Dr. Christian Schranz (beide Technische Universität Wien, Institut für Hochbau und Technologie, Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung)

PROJEKTERGEBNISSE AUF EINEN BLICK

- Wohngebäude in Massivbauweise weisen deutlich längere Nutzungsdauern auf als in der Norm vorgesehen, vorausgesetzt die Substanz wird nicht durch Feuchtigkeitseintritt geschädigt
- Eine regelmäßige Instandhaltung und Instandsetzung ist ausschlaggebend für die hohe Dauerhaftigkeit von Massivbauten

EINLEITUNG

Bei der ökonomischen und ökologischen Bewertung von Konstruktionsvarianten für Gebäude über ihren Lebenszyklus stellt die Berücksichtigung der Lebensdauer von Bauteilen einen nicht außer Acht zu lassenden Faktor dar. Über den tatsächlichen Qualitätszustand der Wohngebäude in Österreich ist wenig bekannt - Statistiken beziehen sich meist nur auf den Wohnungsbestand und nicht auf den Gebäudezustand an sich. Die Bauteillebensdauer stellt eine wichtige Entscheidungshilfe in der Planungsphase, von Neubau-, aber auch Sanierungsprojekten dar. Insbesondere die langfristige Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit von Baustoffen und Bauteilen führt zu einer Verlängerung der Lebensdauer und zu einer Reduzierung des Unterhaltungs- und Erneuerungsaufwandes der betroffenen Bauteile. Die tatsächliche Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten wird somit wesentlich von den Bauteileigenschaften, der Ausführungsqualität, der konkreten Beanspruchung und Einbausituation sowie der Wartung bzw. Instandhaltung bestimmt.

Erfahrungsgemäß zeigen Wohnbauten unterschiedlicher Bauweise und Materialzusammensetzung signifikant abweichende technische und/oder wirtschaftliche Nutzungsdauern. Dabei wird meist davon ausgegangen, dass Massivbauten lange Nutzungsdauern aufweisen. Um diese qualitative Feststellung zumindest stichprobenartig zu überprüfen, erfolgte eine technische Untersuchung von Wohnbauten unterschiedlicher Bauepochen und unterschiedlicher Massivbauweisen. Dabei sollte die Bestandssicherheit abgeschätzt sowie die beeinflussenden Faktoren ermittelt werden, um eine evidenzbasierte Grundlage für die baustoffspezifische Bewertung unterschiedlicher Bauweisen und Baukonstruktionen zu gewinnen.

Nach einer eingangs durchgeführten Literaturrecherche wurden sowohl an den beteiligten Institutionen vorliegende technische Untersuchungsergebnisse zu Bestandsobjekten ausgewertet als auch zusätzliche Objektuntersuchungen an relevanten Gebäuden durchgeführt.



Abbildung 4:
Der „Körnerkasten“, ein ehemaliges Tor des Kastells Cannabiaca/Zeiselmayer (Niederösterreich) zeigt: Werden massive Bauteile entsprechend instandgehalten, kann die Nutzungsdauer unter gewöhnlichen Randbedingungen fast beliebig verlängert werden.
© BDA, Foto: Bettina Neubauer-Pregl

INHALTLICHE DARSTELLUNG

Anhand von 23 Wohngebäuden aus verschiedenen Baupochen in Österreich - Romanik, Mittelalter, Barock, Gründerzeit, Zwischenkriegszeit, Nachkriegszeit - wurde eine repräsentative Auswahl an Gebäuden hinsichtlich ihres gegenwärtigen Bauwerkszustandes umfassend untersucht. Aus der Zustandserhebung des österreichischen Gebäudebestandes hervorgehend, konnte die tatsächliche Dauerhaftigkeit verschiedener Bauweisen abgeschätzt und eine Bewertung der Nachhaltigkeit der Bausubstanz dargestellt werden.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass Gebäude generell eine sehr lange Lebensdauer aufweisen, vorausgesetzt Instandhaltung und Instandsetzung erfolgen in regelmäßigen Intervallen.

HAUPTTEIL	UNTERTEILUNG	BEOBACHTETE LEBENSDAUER
GESAMTOBJEKT		» 100
ROHBAU	Tragende Elemente	» 100
	Nichttragende Elemente	> 80
	Erdberührte Elemente	» 100*
GEBÄUDEHÜLLE	Dach	> 40
	Fassade ohne Fenster	40-70
	Fenster	20-60
HAUSTECHNIK	E-Installation	40
	Heizung	20-40
	Sanitärinstallation	20-50
INNENAUSBAU		> 10

Abbildung 5:
Lebensdauern von Bauteilen laut vorgenommener Untersuchungen
(Quelle: OFI, TU Wien)

(* nur Rohbau, nicht Abdichtungen)

Die drei am häufigsten auftretenden Schadensursachen, die zu einer Reduktion der Lebensdauer der Gebäude führen, sind aufsteigende Feuchtigkeit, Risse im Mauerwerk sowie Schädlingsbefall der Holzbauteile. Durch eine ordentliche Instandhaltung und Instandsetzung können die Schäden beseitigt werden, bevor diese zu groß werden und dadurch die Tragfähigkeit und Lebensdauer des Bauwerks reduziert wird.

Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass die Bausubstanz zeitlich uneingeschränkt nutzbar ist, sofern kein Feuchtigkeitseintritt in die Tragstruktur, aber auch in die nicht-tragenden Bauteile stattfindet. Die Hochbausubstanz im Massivbau ist über Jahrhunderte nutzbar.

Eine Bauepochen-übergreifende Bewertung der untersuchten Bauteile lieferte hinsichtlich der Schadensursachen und -auswirkungen folgende Ergebnisse:

- **Schäden an hölzernen Dachkonstruktionen:** Schäden an hölzernen Dachkonstruktionen konnten in praktisch allen Fällen auf den Befall durch tierische und/oder pflanzliche Schädlinge in Folge von Feuchtigkeitseinwirkung zurückgeführt werden. Besonders betroffen sind dabei die Holzoberflächen von Balken. Die Schäden sind in der Regel so gravierend, dass die Teilelemente zumindest bereichsweise ausgetauscht werden müssen.
- **Schäden an gemauerten tragenden und aussteifenden Wandkonstruktionen:** Auch nach feuchtebedingten Schädigungsprozessen am Mauerwerk zeigen sich in der Regel keine bestandsgefährdenden Tragfähigkeitsverluste. Die in der Norm [4] für Wohnbauten ausgewiesene Nutzungsdauer von 50 Jahren wird daher auch bei teilweise vernachlässigter Instandhaltung und Wartung überschritten.
- **Schäden an Holzdeckenkonstruktionen:** Holzdeckenkonstruktionen in Bauwerken der Epochen bis 1918 (Romanik, Gotik, Barock, Biedermeier und Gründerzeit) sind - neben Teilen der Dachkonstruktionen - die am häufigsten von Schädigungen betroffenen Bauteile, wobei Feuchtezutritt vor allem zu den besonders schadensanfälligen Hirnholzbereichen an den Balkenköpfen als schadenursächlich zu bezeichnen ist.
- **Schäden an massiven Deckenkonstruktionen:** Festgestellt wurden Schäden, die als Folge von Bindemittelauswaschung in den Mörtelfugen entstehen. Generell sind diese Schädigungen analog zu den Schädigungen an tragenden Mauerwerksbereichen einzustufen.

Weitere festgestellte Schäden betreffen die Bereiche von Natureinstiegen als auch Eisen- und Stahlbetonstiegen.

Eine hohe Dauerhaftigkeit von in Massivbauweise errichteten Wohngebäuden ist dann gewährleistet, wenn es zu keinem Feuchtigkeitseintritt kommt sowie regelmäßige Instandhaltung und Instandsetzung eingehalten werden.

KATASTROPHENSICHERHEIT

Projektbeteiligte: Dr. René Eckmann (BTI Bautechnisches Institut, Versuchs- und Forschungsanstalt für Baustoffe und Baukonstruktionen)

EINLEITUNG

In der österreichischen Klimawandelanpassungsstrategie werden explizit Handlungsempfehlungen zur Umsetzung von baulichen Maßnahmen an Gebäuden zum Schutz vor Extremwetterereignissen (Starkregen, lokale Überflutungen, Wind, Hagel, tlw. höhere Schneelasten) erwähnt, mit Verweis auf den aktuellen Forschungsbedarf zu konkreten Anforderungen und zu technischen und konstruktiven Lösungen, u.a. hinsichtlich der Baustoffe. Das Teilprojekt „Katastrophensicherheit“ sollte daher in diesem Zusammenhang die Wiedernutzbarkeit (Re-Use, Rezyklierbarkeit) von Bauwerken nach Schadereignissen hinsichtlich der technischen Machbarkeit sowie der ökonomischen Erfordernisse für den Sanierungsfall analysieren.

Speziell galt es die Frage zu beantworten, welche Baustoffe und Baukonstruktionen gegenüber welchen Schadeinwirkungen besonders widerstandsfähig sind bzw. welche als ungeeignet oder zu kostenintensiv für eine Sanierung eingestuft werden können. Dazu wurde eine Erhebungsmatrix mit Daten aus einzelnen Schadensgutachten herangezogen, Datenmaterial aus Gutachten, einschließlich monetärer Schadensbewertungen, sollte systematisch erhoben werden.

Als Erhebungsgebiet wurde überwiegend Oberösterreich festgelegt. Als Erhebungszeitraum wurden die Jahre von 2011 bis 2013 herangezogen. Um die Analyse hinsichtlich des Einflusses auf die konstruktiven Elemente eines Gebäudes einzugrenzen, wurden die Schadensursachen „Brand“ und „Überschwemmung/Hochwasser“ gewählt. Das Augenmerk wurde auf Schadensursachen gelegt, bei denen überwiegend anzunehmen war, dass die tragenden Bauteile eines Gebäudes substantziell geschädigt werden.

INHALTLICHE DARSTELLUNG

Im festgelegten Erhebungszeitraum konnten zwar mehr als 1.650 Schadensfälle dokumentiert werden. Die Gutachten beinhalten sowohl Einfamilienhäuser, den mehrgeschossigen Wohnbau, landwirtschaftliche sowie gewerbliche Objekte. Es wurde eine Unterscheidung in Ziegel-, Beton-, Holzmassiv- und Holzleichtbau vorgenommen. Bei der Auswertung nach den Schadensursachen „Brand“ und „Überschwemmung/ Hochwasser“ ergaben sich aber teilweise Kategorien mit weniger als vier Schadensfällen. Aufgrund der geringen Datenmenge ist die statistische Auswertung dieser Daten auf wissenschaftlichem Niveau nicht haltbar. Da wissenschaftliche Datenauswertungen nicht möglich waren hat das BTI seinem Auftraggeber nahegelegt, von einer Veröffentlichung Abstand zu nehmen. Es wurde daher beschlossen, den Teilbericht nicht zu veröffentlichen. Für künftige Studien scheint es angebracht, Sachverständige unmittelbar nach Großereignissen wie Hochwasser oder Brand zu befragen, um künftig auf solche Daten als Auswertungsbasis zugreifen zu können.

METASTUDIE ZUR KOSTENOPTIMALITÄT VON ANFORDERUNGSNIVEAUS IM WOHNUNGSNEUBAU

Projektbeteiligte: Arch. DI Dr. Renate Hammer MAS, DI Dr. Peter Holzer
(beide Institute of Building Research & Innovation)

EINLEITUNG

Die EU-Anforderung zur Berechnung kostenoptimaler Anforderungsniveaus an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden sowie die überproportional ansteigenden Kosten für Wohnraum haben zu einer kontrovers geführten gesellschaftlichen und politischen Debatte, flankiert von zahlreichen Studienpublikationen, geführt. Vor diesem Hintergrund wurden in diesem Teilprojekt insgesamt 26 Studien, die im Zeitraum 2009 bis 2013 in diesem Spannungsfeld publiziert wurden, flankiert von 10 relevanten Normen und Regelwerken, im Rahmen einer erweiterten Metastudie systematisch analysiert.

GEGENSTAND DER ANALYSE WAREN FOLGENDE FRAGESTELLUNGEN:

- A. Welche Niveaus des rechnerischen Kostenoptimums der Gesamtenergieeffizienz werden bei den unterschiedlichen Publikationen ermittelt?
- B. Welche Konsistenz oder Divergenz der dahingehenden Rechenergebnisse liegt im Vergleich mit dokumentierten praktischen Erfahrungen vor?
- C. Werden mittelbare ökonomische, ökologische und soziale Wechselwirkungen von Baumaßnahmen außerhalb der Systemgrenzen der LCA ergebnisrelevant berücksichtigt?
- D. Zeigt sich eine Signifikanz von Kostenunterschieden von Bauten aus überwiegend mineralischen Baustoffen gegenüber Bauten aus überwiegend Leichtbaumaterialien?
- E. Wie ist das Niveau der wissenschaftlichen Qualität der untersuchten Studien einzuschätzen, etwa hinsichtlich Art und Umfang des Datenmaterials, Vollständigkeit der berücksichtigten Randbedingungen, Objektivität und Nachvollziehbarkeit der Schlussfolgerungen?

Eine Analyse der ausgewählten Primärstudien im strengen Sinn einer Metastudie, also der Ableitung einer mit induktiven statistischen Verfahren ermittelten, für die Grundgesamtheit gültigen Aussage, hat sich aufgrund der Heterogenität der Primärstudien, mit vielfach abweichenden Randbedingungen und Methoden sowie bisweilen unzureichender Quantität und ungeklärter Qualität der Eingangsdaten als nicht möglich erwiesen. Durchgeführt wurde daher eine qualitativ vergleichende Interpretation der vorliegenden Primärstudien nach den festgelegten Fragestellungen.

INHALTLICHE DARSTELLUNG

A. NIVEAUS DES RECHNERISCHEN KOSTENOPTIMUMS DER GESAMTENERGIEEFFIZIENZ

Zur Frage A liegen überwiegend konsistente Aussagen vor, welche rechnerisch und mit standardisierten Randbedingungen ein Kostenoptimum in jenen Bereichen der Gesamtenergieeffizienz bestätigen, die im OIB Nationalen Plan¹ 2011 beschrieben und aktuell in der OIB RL 6² 2015 zumindest teilweise umgesetzt wurden. Weitgehend übereinstimmend weisen die untersuchten Studien Mehrkosten von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren von 60 bis 100 EUR/m²_{BGF}, sofern diese nicht durch Wegfall des statischen Wärmeabgabesystems kompensiert werden. Eine in ihren Randbedingungen abweichende, aber äußerst sorgfältig durchgeführte Studie weist davon abweichend für ein exemplarisches EFH Kostenoptima in den Bereichen von Niedrigenergie- und Sonnenhäusern aus.

Jene fünf Studien, die gezielt das rechnerische Kostenoptimum von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz im Sinne der EU-Richtlinie untersuchen, geben für dieses eine Bandbreite zwischen etwa 10er- und der 14er-Linie des HWB im Sinne des Nationalen Plans an. Sie bestätigen, dass das Niveau der 10er-Linie laut Nationalem Plan entweder kostenoptimal oder mit moderaten Mehrkosten von etwa 10 EUR/m²_{BGF} erzielt werden kann. Dass sich in der OIB RL 6 2015 allerdings in Abweichung vom Nationalen Plan keine Anforderungen an den Primärenergiebedarf finden, stellt eine problematische Abweichung von den EU-Vorgaben zur Festlegung kostenoptimaler Anforderungsniveaus dar.

Der Effekt von Wohnraumlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung wird von mehreren der untersuchten Studien mit einer Senkung des Nutzwärmebedarfs von ca. 15 kWh/m²_{BGF} bei einer Steigerung der Gesamtkosten in der Höhe von 60-100 EUR/m²_{BGF} angegeben (summiert über den gesamten Betrachtungszeitraum von 30 Jahren).

Der Effekt von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung wird von mehreren der untersuchten Studien mit einer Senkung des Endenergiebedarfs in der Größenordnung von 15 kWh/m²_{BGF+a} angegeben, bei geringen Kostenanstiegen in der Größenordnung von 10 EUR/m²_{BGF} (summiert über den gesamten Betrachtungszeitraum von 30 Jahren).

In der ACR-Studie „Innovative Gebäudekonzepte im Vergleich“ [5] werden ebenfalls rechnerisch anhand eines festgelegten Einfamilienhauses die Kosten und Umweltfolgen die Gebäudevarianten Niedrigenergiehausstandard und Sonnenhaus mit HWBOIB = 40 kWh/m²_{BGF+a} jenen des Passivhaus- und Plusenergiestandards mit HWBOIB = 10 kWh/m²_{BGF+a} gegenübergestellt. Mit von den zuvor genannten Studien insbesondere abweichendem, nämlich längerfristigem Berechnungszeitraum kommt die Studie zu abweichenden Ergebnissen:

Die Gesamtbarwerte aller untersuchten Gebäudevarianten aus Errichtung und Betrieb, letztere inklusive Energiekosten, Wartung, Reparatur und Ersatz, über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren, erreichen einen Mittelwert von 2.673,- EUR/m²_{NGF}, bei einer Bandbreite ± 14 % oder ± 371 EUR/m²_{NGF} um den Mittelwert.

Die Gruppe der Niedrigenergiehäuser wird in dieser Studie [5] mit einem Mittelwert der Gesamtbarwerte über alle Baustoffkategorien und Wärmeerzeuger von 2.520 EUR/m²_{NGF} als der kostengünstigste Energiestandard ausgewiesen. Die Gruppe der Sonnenhäuser wird mit einem Mittelwert der Gesamtbarwerte von 2.735 EUR/m²_{NGF}, jene der Passivhäuser mit 2.767,- EUR/m²_{NGF} und jene der Plusenergiehäuser mit 2.785,- EUR/m²_{NGF} dokumentiert.

¹ Nationaler Plan gemäß Art. 9 (3) zu 2010/31/EU: Im Nationalen Plan sind die Mindestanforderungen für den Niedrigenergiehausstandard (nZEB) sowie die Zwischenziele zur Erreichung festgelegt (http://www.oib.or.at/sites/default/files/nationaler_plan.pdf)

² OIB-Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz, Ausgaben unter <http://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien/richtlinien-ausgaben>

B. BERECHNETES KOSTENOPTIMUM IM VERGLEICH ZU PRAKTISCHEN ERFAHRUNGEN

Zur Frage B wurden fünf Studien untersucht. Die Studien kommen mit jeweils sehr unterschiedlichen methodischen Ansätzen zu erheblich divergierenden Schlussfolgerungen:

Während die Studien gbv [6] und Rhomberg [7] einen erheblichen Mehrverbrauch gerade von Gebäuden mit niedrigstem berechneten Energiebedarf ausweisen, bestätigen die Studien von Treberspurg et al. [8] und Schöberl et al. [9] eine weitgehend gute Übereinstimmung von Bedarf und Verbrauch, allerdings unter rechnerischer Bereinigung der Effekte höherer als normgerechter Raumtemperaturen.

Die Randbedingungen und Annahmen der Studien sind in einem Maß speziell, das eine darüber hinausgehende zusammenfassende Aussage unmöglich macht. Es wird daher für weiterführende Informationen auf die Langfassung der Studie, Kapitel 6, verwiesen.

C. BERÜCKSICHTIGUNG VON LEBENSDAUER UND SONSTIGEN WECHSELWIRKUNGEN

Untersucht wurde, ob in den analysierten Studien über die Aspekte der Gesamtenergieeffizienz und Kostenoptimalität hinausgehend, auch mittelbare ökonomische, ökologische und soziale Wechselwirkungen im Zusammenhang etwa mit Lebensdauer und Werthaltigkeit von Baumaßnahmen, berücksichtigt werden.

Von zwei Ausnahmen abgesehen, muss festgestellt werden, dass Aspekte der Lebensdauer und sonstiger ökologischer oder sozialer Wechselwirkungen über die klassischen Wirkkategorien des Energiebedarfs und Klimaschutzes hinaus unberücksichtigt bleiben.

In keiner der beleuchteten Studien finden sich Aussagen zu sozialen Auswirkungen von energie- oder kostenoptimierten Bauformen im übergeordneten Maßstab, etwa im städtebaulichen Kontext. Aber auch wesentliche Aspekte der Ökologie, wie Umweltwirkungen im Zusammenhang mit dem Verlust an Biodiversität werden nicht behandelt. Gerade letzteres ist umso erstaunlicher als der Biodiversitätsverlust als Wirkungsendpunkt in relevanten Grundlagenstudien als deutlich bedrohlicher eingeschätzt wird als beispielsweise der Klimawandel. Auch die Betrachtung von sozialen und weiterführenden Umweltindikatoren ist trotz deren Bedeutung und Wichtigkeit im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung in den vorliegenden Studien nicht vorhanden. Dieser Umstand ist umso bemerkenswerter, als in der einschlägigen Normung die Berücksichtigung dieser sonstigen Wechselwirkungen in Bewertungen der umweltbezogenen Qualität explizit eingefordert wird³⁴.

Eine deutsche Studie [10] zu Sensitivitätsanalysen von Gebäudeökobilanzen, die Auswirkungen kalkulatorischer Gebäude-Nutzungsdauern von 30 bis 150 Jahren untersucht, kommt zum Schluss, dass der Anteil der Primärkonstruktion auf das Gesamtergebnis der Ökobilanz für alle Indikatoren bei einem längeren Betrachtungszeitraum stark abnimmt, dass daher umgekehrt besonders langlebige Bauteile bei einem kurzen Betrachtungszeitraum in einer Gebäudebilanz mit Entsorgungsszenario am Ende des Betrachtungszeitraum in der Ökobilanz gegenüber weniger haltbaren Bauteilen ungünstig abschneiden. Um einer aus dieser Rechenmethodik folgenden Tendenz zur frühen Obsoleszenz der Bauteile entgegenzuwirken, wird in dieser Studie die Diskussion folgender Lösungen angeregt:

- Verlängerung des Betrachtungszeitraums bei der Ökobilanz auf 100 oder 150 Jahre.
- Einführung eines Bonus für Bauteile mit langer Nutzungsdauer ähnlich dem Recyclingpotenzial der Metalle.
- Berücksichtigung von Gutschriften für Bauteile mit längerer Nutzungsdauer entsprechend ihres noch nicht ausgeschöpften Nutzungsrestwerts.
- Primärkonstruktionen erhalten prinzipiell eine Gutschrift von mind. 50 % ihres Herstellungsaufwands.

³ ÖNORM EN ISO 14044
Umweltmanagement
- Ökobilanz -
Anforderungen und
Anleitungen

⁴ EN 15978 Nachhaltig-
keit von Bauwer-
ken - Bewertung der
umweltbezogenen
Qualität von Gebäuden
- Berechnungsmethode

D. KOSTENUNTERSCHIEDE DER BAUWEISEN

Drei der 26 untersuchten Studien gehen auf das Thema von Kostenunterschieden zwischen Bauweisen näher ein. Die Studie der energy agency [11] konstatiert dabei der monolithischen Ziegelbauweise gegenüber der Holzleichtbauweise Mehrkosten von bis zu 75,- EUR/m²_{BGF}, im Vergleich zwischen monolithischer Ziegelbauweise und Holzmassivbauweise werden Mehrkosten der Ziegelbauweise von ca. 30,- EUR/m²_{BGF} angegeben.

Hingegen kommt eine Studie der Donau Universität Krems [12] von 2012 zu dem Ergebnis, dass die Mehrkosten der Holzbauweise (mineralwollgedämmte Holzleichtbauweise) gegenüber einer vergleichbaren Ziegelbauweise bis zu 33,- EUR/m²_{BGF} betragen. Im Vergleich zwischen einschaliger Ziegelbauweise und zellulosegedämmter Holzleichtbauweise werden der Holzbauweise Mehrkosten von bis zu 141,- EUR/m²_{BGF} zugewiesen.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt die kürzlich veröffentlichte Studie der Austrian Cooperative Research [5], entstanden unter Mitwirkung von zehn Forschungsinstituten, unter Beteiligung von VertreterInnen aller relevanten Fachverbände. Zusätzlich bleibt festzuhalten, dass die Ermittlung der Kosten auf vollständigen Leistungsverzeichnissen unter Berücksichtigung von branchenüblichen Kosten basieren. Im Vergleich der Bauweisen dokumentiert die Studie im direkten Vergleich von Ziegel+EPS-Zusatzdämmung und mineralwollgedämmter Holzleichtbauweise Mehrkosten der Holzbauweise in den Gesamtkosten über 50 Jahre von bis zu 58,- EUR/m²_{NGF} oder 2 % der Bauwerkskosten. Im Vergleich von einschaliger Ziegelbauweise und Holzmassivbauweise dokumentiert die Studie Mehrkosten der Holzbauweise in den Gesamtkosten über 50 Jahre von bis zu 238,- EUR/m²_{NGF} oder 9 % der Bauwerkskosten.

E. WISSENSCHAFTLICHE QUALITÄT DER STUDIEN

Vorweg: Keiner einzigen der untersuchten Studie musste eine offensichtlich prädisponierende Motivation oder eine bewusst verzerrende Darstellung zu konstatiert werden. Dennoch machten Defizite in der wissenschaftlichen Qualität wie bereits erwähnt eine Auswertung im eigentlichen Sinn einer Metastudie unmöglich. Im Detail wurden wiederholt einer oder mehrere der folgenden Mängel festgestellt: (1) Zu geringe Quantität der Daten, (2) Zu geringe oder mangelhaft dokumentierte Qualität der Daten, (3) Inkonsistenz der Methodik, (4) Abweichung der Methodik von geltenden Normvorgaben.

AUSBLICK

Die Forschungsaktivitäten „Zukunftssicheres Bauen“ werden auch nach Abschluss der im Bericht beschriebenen Projekte 2015 und in den Folgejahren fortgesetzt. Dabei werden Themen mit übergeordneter Bedeutung für die mineralische Baustoffindustrie aufgegriffen. Diskussionen zu Normen und zu Gebäudebewertungssystemen finden laufend statt und sollten auch dementsprechend an aktuelle Erkenntnisse angepasst werden.

Die gesellschaftliche und politische Diskussion wird durch die hier vorgestellten wissenschaftlichen Ergebnisse auf eine vergleichende Ebene gebracht und kann im Dialog zwischen Wissenschaft und Bauwirtschaft weiter geführt werden. Die Ergebnisse liefern auch einen Beitrag für Forschungs- und Förderprogramme im Baubereich, indem sie den aktuellen Handlungs- bzw. Forschungsbedarf konkret aufzeigen. Durch die Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie wird auch weiterhin der Transfer von Ergebnissen in die österreichische Bauforschung und vice versa sichergestellt.

Darüber hinaus werden Ergebnisse als wissenschaftliche Basis für die nachhaltige Weiterentwicklung der Bauprodukte bzw. der massiven Bauweise, zur Mitgestaltung der technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen sowie für die Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen von BAU!MASSIV! herangezogen.

VERZEICHNISSE

TABELLENVERZEICHNIS	
Tabelle 1: An der Forschungsinitiative beteiligte Institutionen und ihre Aufgaben	11
Tabelle 2: Übersicht über die wesentlichen Indikatoren zur Bewertung der Umweltwirkungen für den Bausektor	14
Tabelle 3: Relative Bedeutung der Wirkungsindikatoren für den Bausektor (übergeordnete Wirkungskategorien)	14
Tabelle 4: Auswertung der Gebäudearten Einfamilienhaus (EFH) und mehrgeschoßiger Wohnbau (mWB) nach dem Schadensausmaß und der Bauweise des Schadereignisses Brand im Erhebungszeitraum sowie Berechnung und Reihung eines durchschnittlichen Schadensfalles nach Bauweise (geringste Schadenshöhe = Rang 1).	23
Tabelle 5: Auswertung der Gebäudearten Einfamilienhaus (EFH) und mehrgeschoßiger Wohnbau (mWB) nach dem Schadensausmaß und der Bauweise des Schadereignisses Überschwemmung/Hochwasser im Erhebungszeitraum sowie Berechnung und Reihung eines durchschnittlichen Schadensfalles nach Bauweise (geringste Schadenshöhe = Rang 1).	24

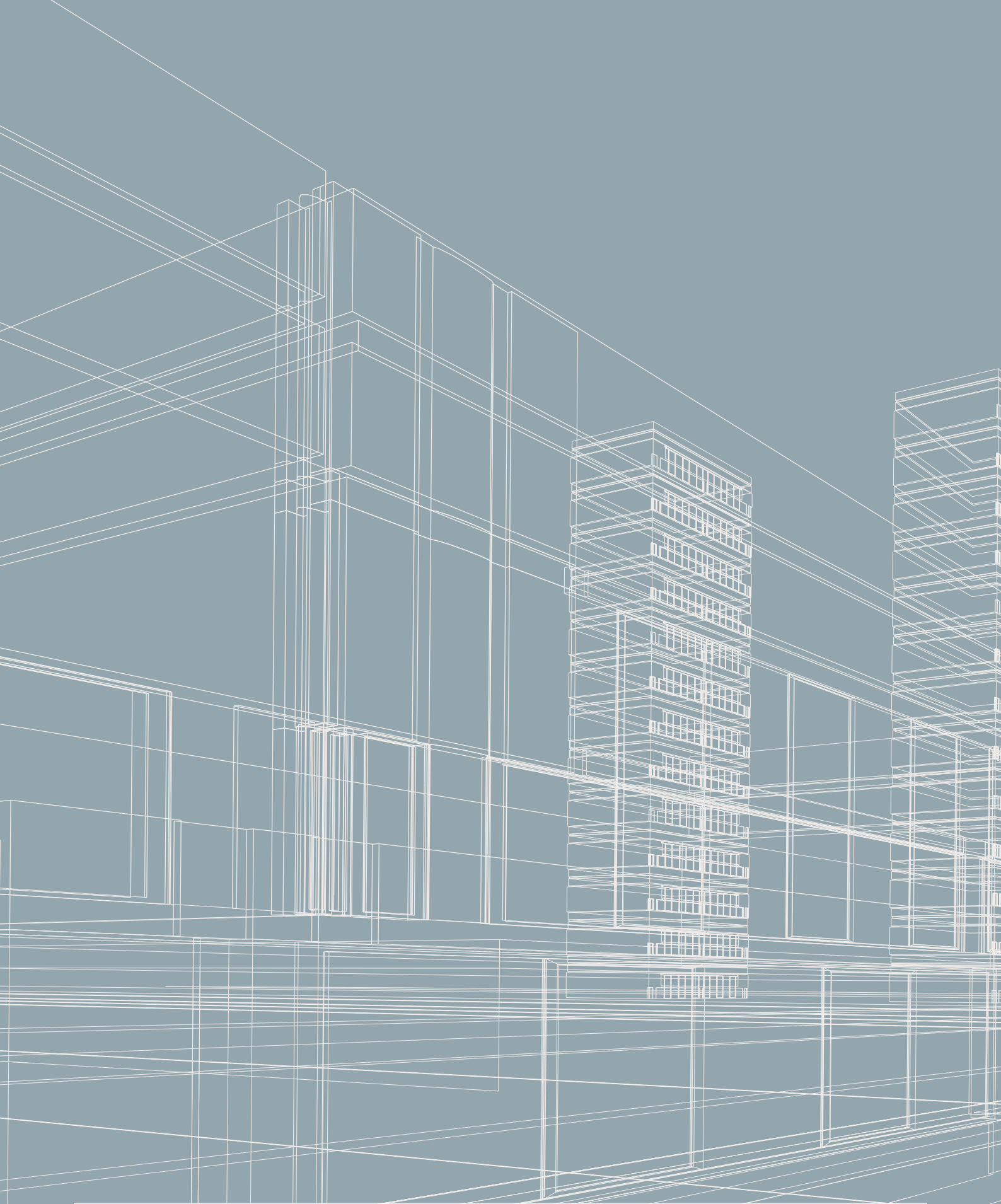
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
Abbildung 1: Struktur und Organisation der Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“	10
Abbildung 2: Darstellung der Wirkungskette von Sachbilanz-Ebene bis zur Ebene der Schutzgüter (Quelle: TU Graz in Anlehnung an [3])	13
Abbildung 3: Derzeitige Praxis der Bewertung der Kohlenstoffbilanzierung (links) und neue wissenschaftliche Ansätze zur Kohlenstoffbilanzierung (rechts) (Quelle: Windsperger nach Bird et al.)	17
Abbildung 4: Der „Körnerkasten“, ein ehemaliges Tor des Kastells Cannabiaca/Zeiselmauer (Niederösterreich) zeigt: Werden massive Bauteile entsprechend instandgehalten, kann die Nutzungsdauer unter gewöhnlichen Randbedingungen fast beliebig verlängert werden. © BDA, Foto: Bettina Neubauer-Pregl	19
Abbildung 5: Lebensdauern von Bauteilen laut vorgenommener Untersuchungen (Quelle: OFI, TU Wien)	20

GLOSSAR UMWELTWIRKUNGSINDIKATOREN

GWP	Global Warming Potential: Treibhauspotenzial
AP	Acidification Potential: Versäuerungspotenzial
PEI n.e.	Primärenergieinhalt nicht erneuerbar
POCP	Photochemical Ozone Creation Potential: Photochemisches Ozonbildungspotenzial/ Photosmogpotential
EP	Eutrophication Potential: Eutrophierungspotenzial
ODP	Ozone Depletion Potential: Ozon-Abbau-Potenzial
ER r:	Kumulierter Energieaufwand erneuerbar
ER nr:	Kumulierter Energieaufwand nicht erneuerbar

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] European Committee for Standardization(CEN), Sustainability of construction works - Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products, EN 15804:2012
- [2] European Committee for Standardization (CEN), Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method, EN 15978:2012
- [3] European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: ILCD Handbook: International Reference Life Cycle Data System - Analysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment, Italy, 2010
- [4] ÖNORM EN 1990: 2013-03-15: Grundlagen der Tragwerksplanung. Austrian Standards, Wien, 2013
- [5] Sölkner P.J., Oberhuber A., Spaun S., et al.: Innovative Gebäudekonzepte im ökologischen und ökonomischen Vergleich über den Lebenszyklus, Herausgeber: bmvit, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 51/2014, 2014
- [6] Bauer Eva: Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit. Investitions- und Nutzungskosten in Wohngebäuden gemeinnütziger Bauvereinigungen unter besonderer Berücksichtigung energetischer Aspekte. Österreichischer Verband gemeinnütziger Bauvereinigungen. Wien, 2013
- [7] Rhomberg Bau, FH Vorarlberg: Wohnkomfort und Heizwärmeverbrauch im Passivhaus und Niedrigenergiehaus. Forschungszentrum Nutzerzentrierte Technologien der Fachhochschule Vorarlberg/ Innsbrucker Wissenschaftsunternehmen alpS GmbH, im Auftrag der Rhomberg Bau GmbH (privates Bauunternehmen). März 2013
- [8] Treberspurg Martin, Smutny Roman: Nachhaltigkeits-Monitoring Ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien. Universität für Bodenkultur Wien, Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen. Wien 2009
- [9] Schöberl Helmut, Lang Christoph, Handler Simon: Ermittlung und Evaluierung der baulichen Mehrkosten von Passivhausprojekten. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Wien August 2012
- [10] König H. und De Cristofaro L.: Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen, die Auswirkungen kalkulatorischer Gebäude-Nutzungsdauern von 30 bis 150 Jahren auf normativer Grundlage von DIN 276 und VDI 2067. Deutschland, 2010
- [11] Mitterndorfer M., Mair am Tinkhof O., Simader G.: Berechnung von kostenoptimalen Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (gemäß EPBD Art. 5), 2012
- [12] Holzer P., Hofstätter M., Passawa R.: Bauen 2020 Gebäudesystemvergleich, Wissenschaftliche Studie über den analytischen Vergleich unterschiedlicher Gebäudesysteme, 2012



IN KOOPERATION MIT DEN FORSCHUNGSPARTNERN:



Institute of
Building Research
& Innovation