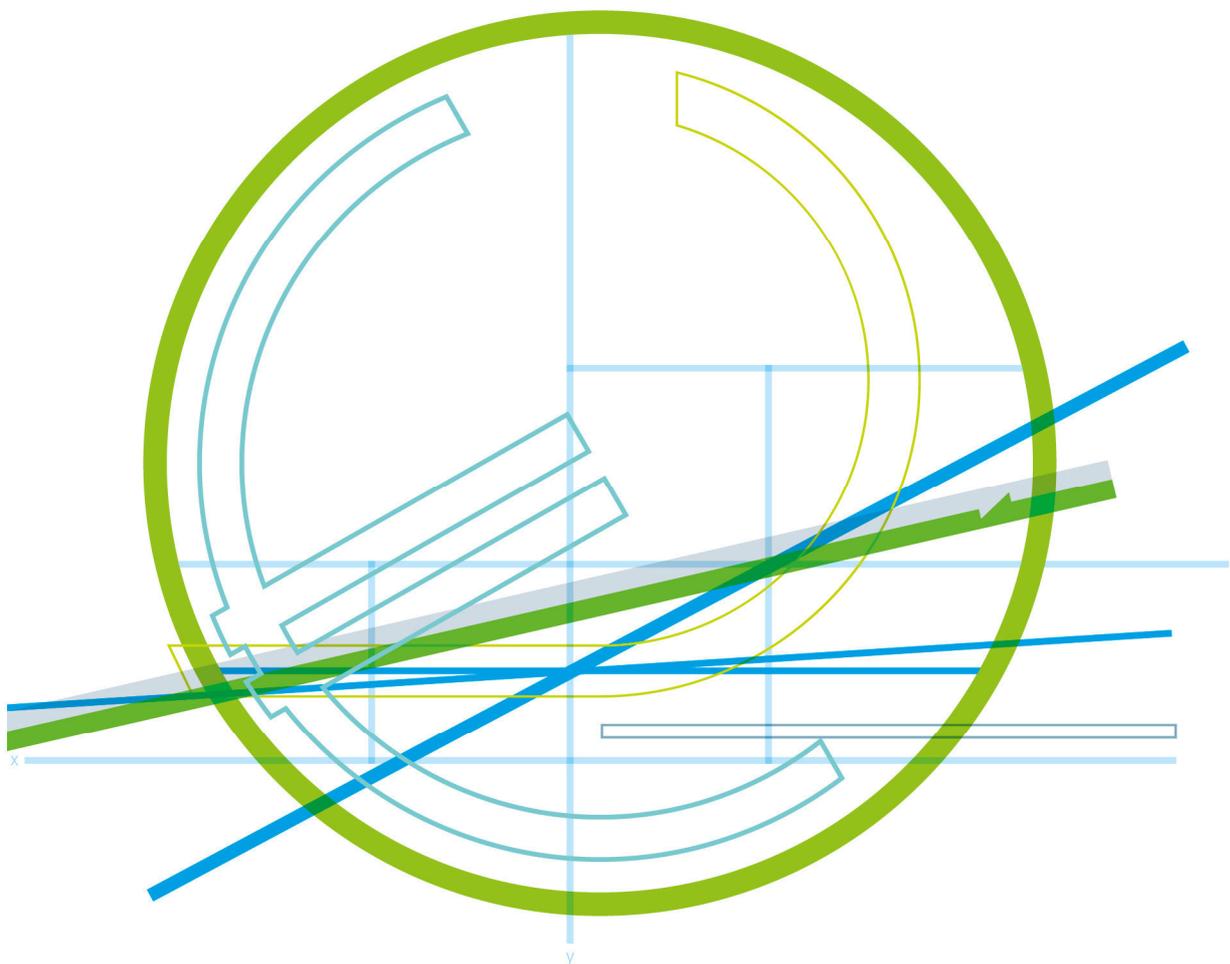


Wissenschaftliche Grundlagen für die Weiterentwicklung des Massivbaus und TQB unter besonderer Berücksichtigung energetischer Aspekte



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Energie der Zukunft“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“

Inhalte – Ergebnisse - Umsetzung

Herausgeber und Auftraggeber:

Fachverband der Stein- und keramischen Industrie Österreich
Dr. Carl Hennrich und Mag. Roland Zipfel (Leitung der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“)

AutorInnen:

DI Susanne Supper, ÖGUT - Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik
DI Johannes Fechner, 17&4 Organisationsberatung GmbH

BearbeiterInnen der Teilprojekte der Forschungsinitiative Nachhaltigkeit massiv:

Stefan Amann | Thomas Bednar | Philipp Boogman | Walter Bornett | Heinrich Bruckner | Claudia Dankl | Johann Domej | Johannes Fechner | Wolfgang Feilmayr | Helmut Floegl | Norbert Glantschnigg | Herbert Greisberger | Margot Grim | Renate Hammer | Radoslav Hanic | Christoph Harreither | Gerhard Hofer | Isabella Hofer | Peter Holzer | Wolfgang Huber | Christina Ipser | Klaus Krec | Helmuth Kreiner | Robert Lechner | Stephan Ledingner | Bernhard Lipp | Stanimira Markova | Peter Maydl | Harald Mayr | Markus Michlmair | Hildegund Mötzl | Alexander Passer | Astrid Scharnhorst | Denise Schluderbacher | Ulrich Schneider | Helmut Schöberl | Danilo Schulter | Karin Stieldorf | Florian Stift | Jürgen Suschek-Berger | Susanne Supper | Wibke Tritthart | Márton Varga | Markus Wurm | Thomas Zelger

Wien, Jänner 2011

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	5
Abstract	6
1 Präambel	7
2 Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“	8
2.1 Ziel und Hintergrund der Forschungsinitiative	8
2.2 Umfassende Nachhaltigkeit im Bauwesen	9
2.3 Aufbau und Organisation der Forschungsinitiative	11
3 Ökologische Nachhaltigkeit	14
3.1 Vorprojekt Gebäudebewertung	15
3.1.1 Projektergebnisse auf einen Blick	15
3.1.2 Einleitung	15
3.1.3 Inhaltliche Darstellung	16
3.2 Erhebung von Nutzungsdauern von Baustoffen und Bauteilen	17
3.2.1 Projektergebnisse auf einen Blick	17
3.2.2 Einleitung	18
3.2.3 Inhaltliche Darstellung	18
3.3 Erweiterung des OI3 um räumliche und zeitliche Bilanzgrenzen sowie Kennzahlen	23
3.3.1 Projektergebnisse auf einen Blick	23
3.3.2 Einleitung	23
3.3.3 Inhaltliche Darstellung	24
3.4 Alterungsmodell für Bauteile und Bauprodukte	27
3.4.1 Projektergebnisse auf einen Blick	27
3.4.2 Einleitung	27
3.4.3 Inhaltliche Darstellung	27
3.5 Transporttrucksäcke von Bauprodukten	35
3.5.1 Projektergebnisse auf einen Blick	35
3.5.2 Einleitung	35
3.5.3 Inhaltliche Darstellung	35
3.6 Kreislaufwirtschaft im Bauwesen	44
3.6.1 Projektergebnisse auf einen Blick	44

3.6.2	Einleitung.....	44
3.6.3	Inhaltliche Darstellung.....	44
4	Soziale Nachhaltigkeit	52
4.1	Soziale Aspekte in baurelevanten Nachhaltigkeitstools	52
4.1.1	Projektergebnisse auf einen Blick.....	52
4.1.2	Einleitung.....	53
4.1.3	Inhaltliche Darstellung.....	54
5	Ökonomische Nachhaltigkeit	60
5.1	Nachhaltigkeit in Bestandsgebäuden erfassen und finanziell bewerten.....	60
5.1.1	Projektergebnisse auf einen Blick.....	60
5.1.2	Einleitung.....	61
5.1.3	Inhaltliche Darstellung.....	61
5.2	Lebenszykluskosten von Immobilien	68
5.2.1	Projektergebnisse auf einen Blick.....	68
5.2.2	Einleitung.....	68
5.2.3	Inhaltliche Darstellung.....	69
5.3	Auswirkung verschiedener Baustoffe auf das Sommerverhalten und den Energieverbrauch.....	74
5.3.1	Projektergebnisse auf einen Blick.....	74
5.3.2	Einleitung.....	75
5.3.3	Inhaltliche Darstellung.....	75
5.4	Simulation von Bauteil- und Energiesystem-Varianten.....	79
5.4.1	Projektergebnisse auf einen Blick.....	79
5.4.2	Einleitung.....	79
5.4.3	Inhaltliche Darstellung.....	80
5.5	Wirksame Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau	83
5.5.1	Projektergebnisse auf einen Blick.....	83
5.5.2	Einleitung.....	83
5.5.3	Inhaltliche Darstellung.....	84
5.6	Einfluss von Naturkatastrophen auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden.....	91
5.6.1	Projektergebnisse auf einen Blick.....	91
5.6.2	Einleitung.....	91
5.6.3	Inhaltliche Darstellung.....	92
6	Umsetzung der Ergebnisse	96
6.1	Weiterentwicklung TQB – Total Quality Building	96
6.1.1	Zur Entstehung von TQB.....	96

6.1.2	Neuausrichtung des Gebäudebewertungssystems TQB	97
6.1.3	Überblick über die Weiterentwicklung der TQB-Kriterien.....	99
6.1.4	Struktur des Gebäudebewertungssystems TQB.....	102
6.2	Ergebnisse für Unternehmen	104
6.2.1	Das Wichtigste für Unternehmen im Nachhaltigkeits-Check	104
6.2.2	Hinweise und Erläuterungen zum Nachhaltigkeits-Check	107
7	Resümee	121
7.1	Zusammenfassung.....	121
7.1.1	Ökologie	121
7.1.2	Soziales	123
7.1.3	Ökonomie	123
7.2	Ausblick und weiterer Forschungsbedarf.....	125
	Verzeichnisse	127
7.3	Tabellenverzeichnis	127
7.4	Abbildungsverzeichnis	128
7.5	Glossar Umweltwirkungsindikatoren.....	130
7.6	Literaturverzeichnis	130
7.7	Normenverzeichnis	131

Kurzfassung

Mit dem Projekt „Nachhaltigkeit massiv“ hat sich der Fachverband der Stein- und keramischen Industrie Österreichs entschlossen, die Produkte und Dienstleistungen seiner Mitgliedsbetriebe sowie der gesamten Bauwirtschaft im Kontext nachhaltigen Bauens auf wissenschaftlich fundierter Grundlage neu zu positionieren und eine tragfähige Basis für die technologische Weiterentwicklung im Sinne eines nachhaltigen und energieeffizienten Bauwesens zu schaffen. Ein wesentliches Instrument hierbei ist die Weiterentwicklung des Gebäudebewertungstools TQB (Total Quality Building) in einem umfassend nachhaltigen Sinne, d.h. unter Einbeziehung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Dimension.

Im CEN/TC 350 ‘Sustainability of Construction Works – Framework for Assessment of Buildings‘ wird derzeit auf europäischer Ebene der Rahmen für die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden abgesteckt, wobei das Ziel einer ganzheitlichen Gebäudebewertung über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden verfolgt wird. Das Projekt „Nachhaltigkeit massiv“ leistet wertvollen Input für die Positionierung Österreichs in dieser Diskussion und stärkt dadurch die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Österreichischen Wirtschaft.

Die Ausarbeitung erfolgt unter Leitung des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie Österreichs durch Partner aus der universitären und außeruniversitären Forschung, aus dem Non-Profit-Bereich und der Privatwirtschaft. Insgesamt erarbeiten 15 Organisationen 17 Teilprojekte, die sich gemäß den Dimensionen der Nachhaltigkeit in die drei thematischen Gruppen Ökologie, Ökonomie und Soziales unterteilen. Das Projektmanagement – bestehend aus dem Fachverband, der 17&4 Organisations GesmbH und der ÖGUT – organisiert und betreut den intensiven fachlichen Diskurs zwischen Wissenschaft und Unternehmen.

Im Rahmen von „Nachhaltigkeit massiv“ werden internationale und nationale Nachhaltigkeitsbewertungssysteme für Gebäude auf geeignete Indikatoren hin fundiert und zielgerichtet analysiert wie beispielsweise das britische Bewertungssystem BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), das amerikanische LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), das unter belgischer Projektleitung entwickelte Gebäudebewertungssystem LEnSE (Label for Environmental, Social and Economic Buildings) oder das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen. Zwei Arbeitspakete sind der Erweiterung des OI3-Index gewidmet.

Im Projekt werden auch verschiedene thematisch fokussierte Modelle entwickelt: ein Alterungsmodell zur Lebensdauerabschätzung von Bauprodukten als Grundlage für Lebenszyklusanalysen auf Bauprodukt- und Gebäudeebene und ein Transportmodell zur treffsicheren Berechnung transportbedingter Umweltwirkungen pro Tonnenkilometer für ausgewählte Bauprodukte sowie ein vereinfachtes Lebenszykluskostenmodell, das als Managementwerkzeug für Entscheidungen in der Planungsphase von Gebäuden dienen soll. Neben der Erfassung der Lebens- und Nutzungsdauer ist ein Arbeitspaket dem Einfluss von Katastrophen gewidmet, ein weiteres dem Konzept der Kreislaufwirtschaft in der Bauwirtschaft.

Die wissenschaftlichen Arbeiten werden durch eine hochrangige Expertengruppe begleitet, die TU Wien erstellt einen zusammenfassenden wissenschaftlichen Endbericht. Aufbauend auf den Ergebnissen der einzelnen Teilprojekte erfolgen die Weiterentwicklung des Nachhal-

tigkeitsbewertungstools (TQB) und die Diffusion der Ergebnisse auf nationaler und internationaler Ebene.

Abstract

With the project “Nachhaltigkeit massiv” (‘Solid Sustainability’) the Austrian Association for Building Materials and Ceramic Industries has decided to create a solid base for the further technological development of products and services of the companies in building materials and ceramic industry and of the overall construction industry respectively in the context of sustainable construction and energy efficiency. One essential instrument therefore is the further development of the sustainability assessment tool Total Quality Building (TQB) in a comprehensive sustainable way i.e. considering the ecological as well as the economical and social dimension.

Another incentive for the Austrian Association for Building Materials and Ceramic Industries for dealing with comprehensive sustainability assessment of buildings is the European standardization: In CEN/TC 350 ‘Sustainability of Construction Works’ the framework for sustainability assessment of buildings is being set up aiming for the holistic assessment of constructions taking into consideration the whole life cycle of buildings. Referring to this process the project “Nachhaltigkeit massiv” provides a valuable input concerning positioning Austria in this discussion and therefore strengthens the competitiveness of Austria’s economy.

The project is led by the Austrian Association for Building Materials and Ceramic Industries, project partners are coming from academic research, non-university research institutes, the non-profit sector, and the private sector. In total 15 organizations are elaborating results in 17 subprojects which are divided into three groups according to the dimensions of sustainability: ecology, economy and social aspects. The project management organizes the intensive professional discussions between scientific experts and representatives of companies.

International and national sustainability related assessment methods for buildings are being analyzed to identify indicators in the framework of ‘Solid Sustainability’: the British system BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), the US system LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), the system LEnSE (Label for Environmental, Social and Economic Buildings) or the recently developed German system of the DGNB. Two work packages are dedicated to the further development of the OI3-indicator.

Several models are being developed within the project: a general model for service life prediction and a transportation model to show transport-conditioned environmental impacts of certain building materials as well as a simplified life cycle cost model that is meant to function as a management tool during the planning phase of a building. Besides service life one work package deals with the influences of catastrophes on buildings, another one shows the influences and possibilities of Resources Management in the building industry.

Research is accompanied by senior experts. The Vienna University of Technology will generate the final scientific report. Building upon the conclusions of the subprojects the sustainability assessment tool (TQB) will be developed further. The final findings will be disseminated on national and international level.

1 Präambel

Mit der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ hat sich der Fachverband der Stein- und keramischen Industrie Österreichs entschlossen, die Produkte seiner Mitgliedsbetriebe im Kontext nachhaltigen Bauens auf wissenschaftlich fundierter Grundlage neu zu positionieren und Grundlagen für die technologische Weiterentwicklung der Produkte und Dienstleistungen seiner Mitgliedsbetriebe bzw. der gesamten Bauwirtschaft im Sinne eines nachhaltigen Bauwesens zu schaffen.

Die Forschungsinitiative bereitet die Unternehmen im Fachverband Steine-Keramik auf die neuen Anforderungen des nachhaltigen Wirtschaftens vor. Ziel ist einerseits die Basis für die technologische Weiterentwicklung von Bauprodukten zu legen, andererseits Beiträge für die Verbesserung von Bewertungsinstrumenten zu leisten.

Mit dieser Forschungsinitiative konnten wesentliche österreichische Akteure an einen Tisch gebracht werden, um ein gemeinsames Verständnis zur Nachhaltigkeit von Gebäuden zu entwickeln. Die Ergebnisse zeigen, welche Chancen die Anforderungen des nachhaltigen Bauens für die massive Bauweise bringen. Im Vordergrund stand das Herausarbeiten der Stärken der Produkte und Systemlösungen, sowie deren weitere Verbesserung.

Das alles soll dazu beitragen, das Bewusstsein bei den Firmen zu stärken und in der Folge die Beiträge, aber auch das Image der Branche in Zusammenhang mit der Nachhaltigkeit zu verbessern.

Dieser Bericht ist eine populärwissenschaftlich ausgerichtete Zusammenfassung der siebzehn Teilprojekte der Forschungsinitiative, bei dem die Darstellung der Ergebnisse im Vordergrund steht. Die wissenschaftlichen Herleitungen bzw. Quellendokumentationen sind in den Teilprojekten zu finden. Die Publikationen zu den einzelnen Teilprojekten sind auf Anfrage beim Fachverband der Stein- und keramischen Industrie Österreichs sowie bei den jeweiligen AutorInnen erhältlich.

Der Projektzeitraum der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ liegt nun - seit Herausgabe dieser Zusammenfassung – etwas mehr als ein Jahr zurück. Inhaltliche Weiterentwicklungen, die seither in einigen Themenbereichen stattfanden, sind daher im vorliegenden Bericht nicht dargestellt. Nicht Thema der Forschungsinitiative waren auch die im Juli 2010 neu gefassten Anforderungen der „EU-Richtlinie über die Gesamtenergie-Effizienz von Gebäuden“, etwa in Hinblick auf dafür geeignete Gebäudekonzepte oder Berechnungsansätze.

Die Forschungsinitiative wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „ENERGIE DER ZUKUNFT“ durchgeführt.

2 Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“

2.1 Ziel und Hintergrund der Forschungsinitiative

Die Stein- und keramische Industrie übt mit ihren Baustoffen wesentlichen Einfluss auf das Baugeschehen, aber auch auf die Klimabilanz Österreichs aus. Mit der Forschungsinitiative soll der Überblick verbessert werden, welche konkreten Anforderungen in Hinblick auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden bestehen oder noch zu erwarten sind.

Die Analysen zeigen, dass europaweit enorme Veränderungen im Baubereich zu erwarten sind. Schlagworte wie „nearly zero emission buildings“ oder „Plusenergiehäuser“ sollen ab 2020 zum Standard werden. Damit einher geht die steigende Bedeutung von Bewertungssystemen zur Nachhaltigkeit im Gebäudebereich. Zahlreiche Gebäudebewertungstools mit unterschiedlichen Ansätzen und Schwerpunkten liegen zu diesem Zweck national (TQB, klima:aktiv) und international (DGNB, LEED, BREEAM) bereits vor.

Ein wesentlicher Anreiz für den Fachverband der Stein- und keramischen Industrie, sich mit der umfassenden Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden auseinander zu setzen, ist die Europäische Normung. Im CEN-Normungsausschuss TC 350 „Sustainability of Construction Works – Framework for Assessment of Buildings“ wird derzeit auf europäischer Ebene der Rahmen für die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden abgesteckt, wobei das Ziel einer ganzheitlichen Gebäudebewertung über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden verfolgt wird. Die Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ leistet diesbezüglich wertvollen Input für die Positionierung Österreichs. Ausgehend vom inhaltlichen Beitrag aus der Arbeitsgruppe Soziales konnte Österreich so den Vorsitz des Ausschusses Soziales im TC 350 übernehmen.

Gemäß dem Antrag für die Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ definierte sich das Ziel wie folgt: „Übergeordnetes Gesamtziel des Projektes ist die Neupositionierung der Unternehmen der Stein- und keramischen Industrie zum Thema Energie der Zukunft mit am Gesamtsystem orientierten Konzepten und Lösungen für nachhaltiges Bauen.“

Dies umfasst insbesondere:

- die Weiterentwicklung des umfassenden Nachhaltigkeitsbewertungstools Total Quality Building (TQB) hinsichtlich Lebenszykluskosten, Lebensdauer von Gebäuden und Bauteilen und Transporte sowie Integration sozialer und ökonomischer / energetischer Aspekte

sowie im Bezug dazu

- die technologische Weiterentwicklung der Produkte und Dienstleistungen der Unternehmen der Stein- und keramische Industrie. Es soll unter anderem gezeigt werden, wie massive Bauteile in Kombination mit Energiesystemen signifikant zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden im Sommer und im Winter beitragen können.“

2.2 Umfassende Nachhaltigkeit im Bauwesen

Der Begriff Nachhaltigkeit als sehr allgemeine Zielvorstellung findet gegenwärtig breite Zustimmung. Neben der am häufigsten zitierten Definition der Nachhaltigkeit aus dem sog. „Brundtland-Bericht“ des Jahres 1987 „Sustainable development meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“ hat sich in der Folge auch die Europäische Kommission mit der Nachhaltigkeitsstrategie ein übergeordnetes Ziel gesetzt:

„Das Gesamtziel der neuen EU-Strategie für nachhaltige Entwicklung besteht darin, Maßnahmen zu ermitteln und auszugestalten, die die EU in die Lage versetzen, eine kontinuierliche Verbesserung der Lebensqualität sowohl der heutigen als auch künftiger Generationen zu erreichen, indem nachhaltige Gemeinschaften geschaffen werden, die in der Lage sind, die Ressourcen effizient zu bewirtschaften und zu nutzen und das ökologische und soziale Innovationspotenzial der Wirtschaft zu erschließen, wodurch Wohlstand, Umweltschutz und sozialer Zusammenhalt gewährleistet werden“ (EU-Strategie für Nachhaltige Entwicklung 2006, S. 3).

Die Zielvorstellung der „kontinuierlichen Verbesserung der Lebensqualität“ wird mit den heutigen Wirtschaftsweisen und Konsummustern, die mit enormen Ressourcenbeanspruchungen verbunden sind, nicht erreichbar sein. Zusammenbrüche im ökologischen, wie auch im wirtschaftlichen und sozialen System wären die absehbare Folge. Nachhaltige Entwicklung beginnt mit einem Diskussions- und Aushandlungsprozess, der vieles in Frage stellen muss.

Dieser kurze Aufriss zeigt, dass es für die Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ erforderlich war, ein gemeinsames Verständnis von Nachhaltigkeit zu finden. Das bekannte Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit wurde als erster Ansatz herangezogen. Dahinter steht die Idee einer gleichwertigen Betrachtung und Bewertung der sozialen, ökonomischen und ökologischen Fragen in Bezug auf eine nachhaltige Entwicklung.

- Soziale Nachhaltigkeit

Das Ziel der sozialen Nachhaltigkeit ist die Friedenssicherung durch Gewährleistung der Chancengleichheit für heutige und zukünftige Generationen in Bezug auf Bildung, Gesundheitsversorgung, Einkommen und Güter, Partizipation an der Gestaltung der Gesellschaft, sowie der Umweltnutzungsmöglichkeiten bei gleichzeitiger Berücksichtigung der demografischen Entwicklung. Das Ziel kultureller Nachhaltigkeit ist die emotionale, kulturelle und spirituelle Erfüllung des Menschen durch die Pflege des kulturellen Erbes, die Förderung kultureller Vielfalt, sowie das kontinuierliche Hinterfragen der Grundlagen eines „guten Lebens“. Die Dimension der sozialen Nachhaltigkeit entwickelt sich weitgehend im gebauten Umfeld und reicht von Aspekten der Wohnzufriedenheit (z.B. Nutzerkomfort, Sicherheit) bis zur Vermeidung von Belastungen der Nachbarschaft durch Staub, Lärm, Transporte etc. bei Bauprojekten.

- Ökonomische Nachhaltigkeit

Das Ziel ökonomischer Nachhaltigkeit ist eine fortdauernde Wirtschaftsweise, die auf der vorausschauenden Nutzung der natürlichen Grundlagen, der Gewährleistung eines fairen weltweiten Wettbewerbs und der Kostenwahrheit in Bezug auf die Nutzung der Umwelt und ihrer Ressourcen, basiert.

- Ökologische Nachhaltigkeit

Das Ziel ökologischer Nachhaltigkeit ist die Erhaltung der Natur und ihrer Funktionsfähigkeit dank einer vorausschauenden Nutzung der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Ressourcen der Erde und dem Schutz der bestehenden Ökosysteme.

Der Fachverband Steine-Keramik hat sich mit der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ dieser Diskussion gestellt und Beiträge zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie entwickelt - Beiträge, die im Sinne einer Win-win-Situation auch für die Unternehmen neue Chancen ergeben. Nachhaltiges Bauen kann positive Wirtschafts- und Beschäftigungseffekte erzielen und die Positionierung Österreichs im Bereich jener Technologien stärken, die eine sparsame Nutzung natürlicher Ressourcen ermöglichen.

Die Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung finden sich in Teilen in der gegenständlichen Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ wieder:

- Orientierung am Nutzen bzw. am Bedarf
- Nutzung erneuerbarer Ressourcen und Ressourceneffizienz
- Mehrfachnutzung und Recyclingfähigkeit
- Flexibilität und Adaptionfähigkeit
- Fehlertoleranz und Risikovorsorge
- Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität

Die Forschungsinitiative zielt auch darauf ab, das Instrumentarium, mit dem die österreichische Nachhaltigkeitsstrategie umgesetzt wird, mitzugestalten.

- Gesetzliche und normative Regelungen,
- Ökonomische Instrumente, insbesondere Förderungen sowie
- Programme und Initiativen, die als Intervention ins Marktgeschehen wirken.

Beispiele sind in diesem Zusammenhang Forschungs- und Technologieprogramme wie „Haus der Zukunft Plus“ oder die Klimaschutzinitiative „klima:aktiv“, welche die Entwicklung von Gebäudebewertungen vorantreiben.

Wenn das Leitbild Nachhaltigkeit zu Recht oft als zu allgemeine Zielvorstellung kritisiert wird, so zeigt das, dass es umso wichtiger ist, Nachhaltigkeit für die jeweiligen Aktivitätsbereiche genau zu definieren. Aus diesem Grund wurde in der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ ein Schwerpunkt auf die Gebäudebewertung gelegt.

2.3 Aufbau und Organisation der Forschungsinitiative

Die Struktur und Organisation der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ ist in Abbildung 1 dargestellt.

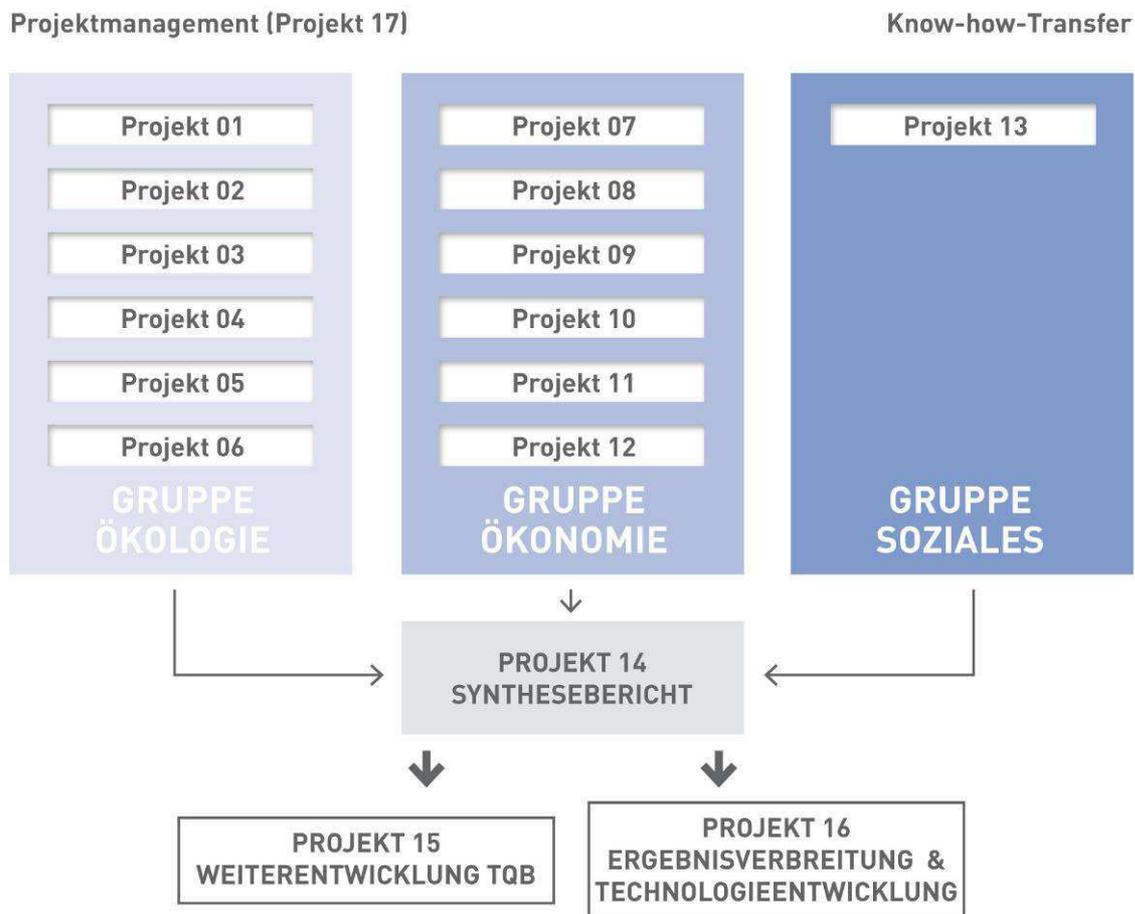


Abbildung 1: Struktur und Organisation der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“, Grafik: Marlene Rieck

Die Ausarbeitung der Forschungsergebnisse erfolgte - den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit entsprechend - in den drei parallel organisierten Arbeitsgruppen Ökologie, Soziales und Ökonomie. Die Inhalte und Ergebnisse, die in den 13 Teilprojekten der drei Arbeitsgruppen erarbeitet wurden, sind in den Kapiteln 3 bis 5 dargestellt.

Die wissenschaftlichen Arbeiten wurden im Rahmen des Projekts 14 durch eine hochrangige Expertengruppe unter der Leitung von Prof. Schneider vom Institut für Hochbau und Technologie an der TU Wien begleitet, welche auch einen Synthesebericht zur sozialen, ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit erstellte.

Aufbauend auf den Ergebnissen aus den drei Arbeitsgruppen wurde im Projekt 15 das bestehende Gebäudebewertungssystem TQ weiterentwickelt. Die Ergebnisse stehen jetzt im Rahmen des neuen Gebäudebewertungssystems TQB - Total Quality Building zur Verfügung. (siehe Kapitel 6.1).

Das Projekt 16 widmete sich der Ergebnisverbreitung auf nationaler und internationaler Ebene, wobei der Schwerpunkt auf der Aufbereitung der Ergebnisse in Hinblick auf die technologische Entwicklung in den Unternehmen lag (siehe Kapitel 6.2).

Das Projektmanagement (Projekt 17) organisierte und betreute insbesondere den intensiven fachlichen Diskurs der Wissenschaft mit den VertreterInnen der Unternehmen.

Tabelle 1 bietet eine Übersicht über die an der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ beteiligten Institutionen und deren Aufgaben.

Tabelle 1: Die an der Forschungsinitiative beteiligten Institutionen und ihre Hauptaufgaben

Institutionen	Hauptaufgaben im Rahmen der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“
Fachverband der Stein- und keramischen Industrie	Initiierung und Leitung des Gesamtprojekts
ÖGUT - Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik	Projekt 17: Projektmanagement
TU Wien, Institut für Hochbau und Technologie, Zentrum für Baustoffforschung, Werkstofftechnik und Brandschutz	Projekt 14: Wissenschaftliche Begleitung Synthesebericht
Österreichisches Ökologie-Institut	Projekt 15: siehe „Weiterentwicklung TQB – Total Quality Building“, Kapitel 6.1
17&4 Organisationsberatung GmbH	Projekt 16: siehe „Ergebnisse für Unternehmen“, Kapitel 6.2
TU Graz, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener Technischer Versuchs- und Forschungsanstalt	Projekt 01: siehe „Vorprojekt Gebäudebewertung“, Kapitel 3.1 Projekt 02: siehe „Alterungsmodell für Bauteile und Bauprodukte“, Kapitel 3.4 Projekt 04: siehe „Transportrucksäcke von Bauprodukten“, Kapitel 3.5
IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH	Projekt 03: siehe „Erhebung von Nutzungsdauern von Baustoffen und Bauteilen“ Kapitel 3.2 Projekt 06: siehe „Erweiterung des OI3 um räumliche und zeitliche Bilanzgrenzen sowie Kennzahlen“, Kapitel 3.3
TU Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft	Projekt 05: siehe „Kreislaufwirtschaft im Bauwesen“, Kapitel 3.6

e7 Energie Markt Analyse GmbH	Projekt 07: siehe „Wirksame Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau“ Kapitel 5.5
AIT - Austrian Institute of Technology	Projekt 08: siehe “Simulation von Bauteil- und Energiesystem-Varianten”, Kapitel 5.4
ARGE Krec-Stieldorf, TU Wien, Institut für Architektur und Entwerfen mit TU Wien, Department für Raumentwicklung, Infrastruktur- und Umweltplanung	Projekt 09: siehe „Nachhaltigkeit in Bestandsgebäuden erfassen und finanziell bewerten“, Kapitel 5.1
BTI - Bautechnisches Institut mit bvfs - Bautechnischer Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg und KMU Forschung Austria	Projekt 10: siehe „Einfluss von Naturkatastrophen auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden“, Kapitel 5.6
Donau-Universität Krems , Department für Bauen und Umwelt	Projekt 11: siehe „Lebenszykluskosten von Immobilien“ Kapitel 5.2
Schöberl & Pöll GmbH mit TU Wien, Institut für Hochbau und Technologie	Projekt 12: siehe „Auswirkung verschiedener Baustoffe auf das Sommerverhalten und den Energieverbrauch“, Kapitel 5.3
IFZ - Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur	Projekt 13: siehe „Soziale Aspekte in baurelevanten Nachhaltigkeitstools“, Kapitel 4.1

3 Ökologische Nachhaltigkeit

„Lange Zeit wurde der Begriff der Nachhaltigkeit mit der ökologischen Nachhaltigkeit gleichgesetzt, da die Nachhaltigkeit in erster Linie in Zusammenhang mit Umweltaspekten gebracht wurde, während der engen Verschränkung der Nachhaltigkeitsthematik mit anderen Disziplinen nicht die entsprechende Beachtung geschenkt wurde“ (Schneider et al. 2010, S. 21).

Aus diesem Grund sind auch die Methoden zur Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit am weitesten gediehen. Der Fokus lag bisher allerdings auf dem Energieeinsatz während der Nutzungsphase eines Gebäudes, der etwa durch den Energieausweis ausgewiesen wird, sowie auf den Umweltwirkungen, die während der Erzeugung der Baustoffe entstehen. Damit ist jedoch nur ein Teil der ökologischen Auswirkungen erfasst, die während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes entstehen. Eine ganzheitliche Gebäudebewertung erfordert einen lebenszyklusorientierten Ansatz, wie er etwa im Europäischen Normungsgremium CEN TC 350 „Sustainability of construction works“ erarbeitet wird.

Eine zentrale Grundlage für jedes Bewertungssystem, das die „Integrated Performance of Buildings“ abbilden soll, ist die umfassende Ökobilanzierung. Die Ökobilanz bzw. das Life Cycle Assessment (LCA) ist eine Methode zur Abschätzung der mit einem Produkt verbundenen Umweltauswirkungen. Damit werden die Umweltauswirkungen eines Produktes von der Wiege bis zur Bahre („cradle to grave“), also von der Rohstoffentnahme bis zur Entsorgung des Produktes und der Produktionsabfälle erfasst und beurteilt.

Die Internationale Organisation für Normung ISO hat die Vorgehensweise innerhalb der Ökobilanz-Methode mit der Norm ISO 14040 (ISO 2006a) in ihren Grundzügen und mit ISO 14044 (ISO 2006b) in den Details standardisiert. Eine Ökobilanz lässt sich gemäß ISO 14040 grob in vier Phasen unterteilen: (1) Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, (2) Sachbilanz, (3) Wirkungsabschätzung und (4) Auswertung.

Die Festlegung des Untersuchungsrahmens ist immer ein Kompromiss aus der Forderung, die gesamten Umweltwirkungen zu erfassen und dem Anspruch auf die breite und praktische Umsetzbarkeit. Aus diesem Grund ist es wichtig, die möglichen Einflussfaktoren zu erfassen, zu bewerten und zu entscheiden, welche davon in den Untersuchungsrahmen einbezogen werden und welche nicht.

Um eine Diskussionsgrundlage zur Klärung der Erfordernisse einer aussagekräftigen Ökobilanzierung zu schaffen, wurde zu Beginn das „Vorprojekt Gebäudebewertung“ (siehe Kapitel 3.1) durchgeführt. In den weiteren Teilprojekten der Arbeitsgruppe Ökologie wurden verschiedene Beiträge zu einer lebenszyklusorientierten ökologischen Gebäudebewertung erarbeitet. Ein Schwerpunkt lag dabei auf der Berücksichtigung der Lebensdauer von Bauprodukten und Bauteilen in Bezug auf eine angenommene Gesamtlebensdauer des Gebäudes. Dazu wurde im Rahmen des Teilprojekts „Alterungsmodell für Bauteile und Bauprodukte“ (siehe Kapitel 3.4) ein allgemeines Modell entworfen, mit dem die erforderlichen Austauschraten von einzelnen Bauteilen und Bauprodukten innerhalb des Lebenszyklus eines Gebäudes berücksichtigt werden können.

Das Teilprojekt „Erweiterung des OI3 um räumliche und zeitliche Bilanzgrenzen sowie Kennzahlen“ (siehe Kapitel 3.3) widmete sich der Weiterentwicklung des OI3, einer Maßzahl für

die Abschätzung der mit der Baustoffherstellung verbundenen Umweltwirkungen. Grundlagen für die OI3-Weiterentwicklung wurden im Teilprojekt „Erhebung von Nutzungsdauern von Baustoffen und Bauteilen“ (siehe Kapitel 3.2) erarbeitet.

Um die Entwicklung eines Modells, mit dem die durch die Baustofftransporte vom Werkstor zur Baustelle verursachten Umweltwirkungen erfasst werden können, ging es in dem Projekt „Transportrucksäcke von Bauprodukten“ (siehe Kapitel 3.5).

Im Projekt „Kreislaufwirtschaft im Bauwesen“ (siehe Kapitel 3.6) wurden Ressourcenindikatoren für das Bauwesen sowie ein materielles Gebäudepass-Konzept erarbeitet, mit dem die Materialeinsätze während des gesamten Gebäudelebenszyklus dokumentiert werden können. Dadurch soll die Nutzung von Gebäuden als Sekundärlagerstätten von Ressourcen in Zukunft unterstützt werden.

3.1 Vorprojekt Gebäudebewertung

Teilprojekt 01: Vorprojekt Gebäudebewertung

Projektbeteiligte: DI Alexander Passer MSc, DI Danilo Schulter, DI Markus Michlmair, Prof. Dr. Peter Maydl (alle TU Graz, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener TVFA für Festigkeits- und Materialprüfung)

3.1.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Vergleichende Analyse der Umweltwirkungen, die vom OI3 in seiner ursprünglichen Form erfasst werden, auf Basis zweier realer Wohnhausanlagen
- Empfehlungen in Hinblick auf die Erweiterung des OI3

3.1.2 Einleitung

„Ökologische Bewertungen im Bauwesen sind meist dadurch gekennzeichnet, dass sie einerseits versuchen, Umweltwirkungen möglichst umfassend abzubilden, andererseits im Aufwand und in ihrer Darstellung möglichst einfach sein sollten“ (Passer et al. 2008, S. 10). In diesem Spannungsfeld wurde vor einigen Jahren der OI3 vom Österreichischen Institut für Baubiologie und –ökologie (IBO) entwickelt. Es handelt sich dabei um eine Kennzahl in Form einer Einzahlangabe, in der Umweltwirkungen von Bauprodukten in der Herstellungsphase durch Mittelwertbildung dreier Indikatoren zusammengefasst sind (siehe Abbildung 2). Aufgrund seiner leichten Handhabbarkeit fand der OI3 auch Eingang in die Wohnbauförderungsrichtlinien einiger österreichischer Bundesländer.

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

Abbildung 2: Übersicht über die drei Indikatoren, die vom OI3 erfasst werden, Quelle: Passer et al. 2008, S. 14

Da sich der OI3 in seiner ursprünglichen Form nur auf die Herstellungsphase der Baustoffe bezieht, bleiben Umweltwirkungen im Rahmen der Gebäudeerrichtung (inkl. Baustoff-Transporte zur Baustelle), der Gebäudenutzung (inkl. Wartung und Instandhaltung) sowie der Entsorgung (Rückbau, Abriss) unberücksichtigt. Zudem wurden aus Gründen der Praktikabilität bisher nur die thermische Gebäudehülle sowie die Zwischendecken in die Berechnung einbezogen.

Aktuelle Entwicklungen im Bereich der europäischen Normung weisen jedoch den Weg in Richtung einer umfassenderen Bewertung, in welcher der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes inkl. der eingesetzten Bauprodukte berücksichtigt ist. Vor diesem Hintergrund soll das gegenständliche Projekt aufzeigen, „welche Umweltwirkungen künftig zu berücksichtigen sind, welche vom OI3 bisher abgedeckt wurden und welcher Erweiterungsbedarf unter Berücksichtigung von Effizienz und Treffsicherheit besteht“ (Passer et al. 2008, S. 10).

3.1.3 Inhaltliche Darstellung

Die detaillierte Untersuchung erfolgte anhand zweier durchgeplanter und ausgeführter Wohnhausanlagen mit jeweils 10-12 Wohneinheiten, wovon die eine in Massivbauweise und die andere in Holzmischbauweise errichtet ist.

Um die Anforderungen an ein lebenszyklusorientiertes Bewertungssystem zu definieren und zu überprüfen, bis zu welchem Grad die durch das Gebäude ausgelösten Umweltwirkungen vom OI3 in seiner ursprünglichen Form erfasst werden, wurde ein allgemeiner Kriterienraster für die Lebenszyklusanalyse entwickelt (siehe Abbildung 3). Die Entwicklung des Rasters orientierte sich dabei an der künftigen Normenreihe des CEN TC 350, welche auf die ganzheitliche, lebenszyklusorientierte Gebäudebewertung ausgerichtet ist.

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

✓ ...Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Studie

Abbildung 3: Kriterienraster für die Lebenszyklusanalyse, Quelle: Passer et al. 2008, S. 39

Da der OI3 – wie bereits in der Einleitung beschrieben – in räumlicher Hinsicht auf die thermische Gebäudehülle inkl. Zwischendecken und in zeitlicher Hinsicht auf die Herstellung der Baustoffe beschränkt ist, bleiben bei Betrachtung des gesamten Lebenszyklus (siehe Abbildung 3) viele Umweltwirkungen unberücksichtigt.

Im Beispiel der Wohnhausanlage in Massivbauweise werden – bei Betrachtung der Errichtungsphase des Gebäudes – je nach Kennzahl zwischen 19 und 25% der Umweltwirkungen erfasst. Dehnt man den Betrachtungsrahmen auf den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes aus, dann erfasst der bisherige OI3 zwischen 3 und 5% aller Umweltwirkungen.

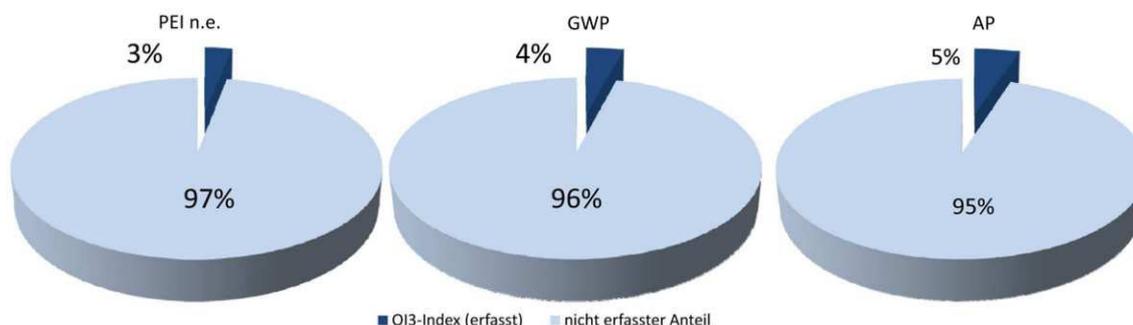


Abbildung 4: Vom bisherigen OI3 erfasste Umweltwirkungen bezogen auf den gesamten Lebenszyklus am Beispiel der Wohnhausanlage in Massivbauweise, Quelle: Passer et al. 2008, S. 44

Bei der Wohnhausanlage in Holzmischbauweise liegt der Anteil der vom bisherigen OI3 erfassten Umweltwirkungen zwischen 2 und 3% und fällt somit geringer aus als bei der Massivbauweise. In diesem Zusammenhang muss auch beachtet werden, dass in Leichtbauweise (z.B. Holzriegelbauweise) errichtete Gebäude für Fundierung, Kellerwände und –decken sowie ev. Stiegenhäuser Bauteile erfordern, die zumeist in Stahlbeton hergestellt werden. „Werden diese Bauteile nicht mitbilanziert, so werden die Leichtbauweisen überproportional günstig bewertet“ (Passer et al. 2008, S. 47).

Abschließend wurden aus den durchgeführten Analysen Empfehlungen hinsichtlich einer harmonisierten Gebäudebewertung abgeleitet. Für die weiteren Arbeitsschritte im Rahmen der Gruppe Ökologie der Forschungsinitiative Nachhaltigkeit massiv wurde eine Erweiterung der räumlichen und zeitlichen Systemgrenzen des OI3 empfohlen. Was die Aggregation unterschiedlicher ökologischer Indikatoren zu einer Einzulangabe anbelangt, so ist diese grundsätzlich als problematisch zu erachten. Werden Ergebnisse dennoch zu einer Einzulangabe aggregiert, so ist auf eine hohe lineare Korrelation zwischen den jeweiligen Indikatoren zu achten. Die im OI3 berücksichtigten Indikatoren PEIn.e., GWP und AP stehen alle in Verbindung mit Verbrennungsprozessen, was zu einer einseitigen Bewertung führt. Die Berücksichtigung weiterer Indikatoren erscheint daher notwendig und wurde in Kapitel 3.3 untersucht.

3.2 Erhebung von Nutzungsdauern von Baustoffen und Bauteilen

Projekt 03: Erweiterung des OI3-Index um die Nutzungsdauer von Baustoffen und Bauteilen

Projektbeteiligte: DI Thomas Zelger, Mag. Hildegund Mötzl, DI (FH) Astrid Scharnhorst, Markus Wurm (alle IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie GmbH)

3.2.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Zusammenstellung von Referenz-Nutzungsdauern für Baustoffe und Bauteile in typischen Einbausituationen und Einteilung in Nutzungsdauerklassen

3.2.2 Einleitung

Die Nutzungsdauer von Gebäuden, Bauteilen, funktionalen Einheiten und Baustoffen beeinflusst in hohem Maß die ökologische Gebäudequalität. Sie ist daher ein wichtiger Meilenstein in der ökologischen Lebenszyklusanalyse von Gebäuden. Ziel des gegenständlichen Projekts war es daher, die Referenz-Nutzungsdauern für alle relevanten Baustoffe und Bauteile in typischen Einbausituationen zusammenzustellen. Die Arbeit stellt eine Grundlage dafür dar, die sich aus der Nutzungsdauer ergebenden Instandhaltungszyklen innerhalb eines Betrachtungszeitraums in Form von Multiplikatoren in Ökobilanzen und insbesondere in der Berechnung des OI3 zu berücksichtigen.

Die technische Lebensdauer (service life gemäß ISO 15686-1) bildet den Ausgangspunkt der Arbeit. Die Lebensdauer ist definiert als jener Zeitraum, der sich von der Errichtung eines Gebäudes oder eines seiner Teile bis zum Verlust der funktionalen Anforderungen erstreckt und wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst (siehe Abbildung 5).

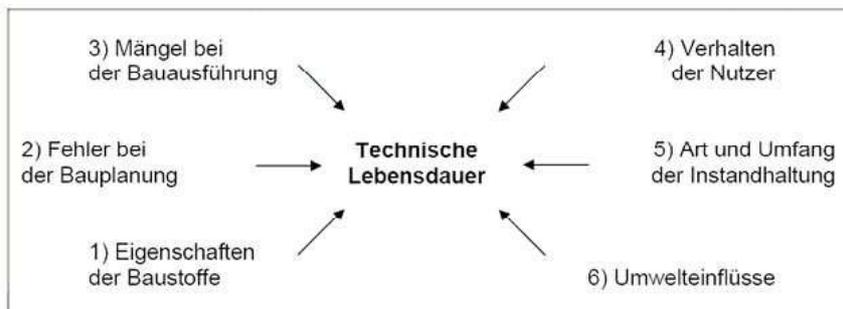


Abbildung 5: Einflussfaktoren auf die technische Lebensdauer, Quelle: Zelger et al. 2009, S. 8 basierend auf Kalusche 2004

Für die ökologische Bewertung ist allerdings nicht die Lebensdauer, sondern die Nutzungsdauer relevant. Diese ist mit der tatsächlichen Einbaudauer ident. In die Nutzungsdauer fließen zusätzlich wirtschaftliche, ästhetische, komfortbezogene und wohnhygienische Ansprüche ein und diese können bewirken, dass Bauteile früher ausgetauscht werden, als es ihrer technischen Lebensdauer entsprechen würde. Die maximal erreichbare Nutzungsdauer ist mit der technischen Lebensdauer gleichzusetzen. Zu beachten ist, dass das Ende der Nutzungsdauer einer Bauteilschicht auch den Ausbau und die Zerstörung anderer Bauteilschichten bedingen kann, deren Nutzungsdauer noch lange nicht erreicht wäre.

3.2.3 Inhaltliche Darstellung

Die Zusammenstellung der Nutzungsdauern wurde in einem ersten Schritt auf Basis systematischer Auswertungen vorhandener Lebens- und Nutzungsdauerkataloge durchgeführt, welche im Folgenden aufgelistet sind [Bezeichnung in Grafiken zwischen eckiger Klammer]:

- [Nutzungsdauerkatalog 2006] „Nutzungsdauerkatalog baulicher Anlagen und Anlagenteile“, Ahlgrim-Siess et al., 2006 (SV Stmrk+Ktn 2006)
- [IFB 2004]: Lebensdauer der Baustoffe und Bauteile zur Harmonisierung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer im Wohnungsbau (IFB 2004), darin zitiert:

- [IEMB 1998]: Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken (IEMB) der TU Berlin
- [LLB 1995]: Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (LBB)
- [Befragung von Wohnungsunternehmen]: Ergebnisse der Befragung mehrerer Wohnungsunternehmen in Deutschland
- [Leitfaden nachhaltiges Bauen]: Leitfaden nachhaltiges Bauen, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: „Leitfaden nachhaltiges Bauen“. Berlin 2001 (LNB 2001)
- [IP Bau]: Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten (IP Bau 1994)
- [BTE]: Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte (BTE 2008)
- [GFÖB 2004]: Projektteil Lebensdauer und Instandhaltungszyklen (GFÖB 2004)
- [Nachhaltiges Bauen]: Nachhaltiges Bauen (Nachhaltiges Bauen 2009)

Die Daten in diesen Quellen basieren meist auf praktischen Erfahrungen und Beobachtungen von Sachverständigen. Die Analyse der Quellen zeigte allerdings eine Reihe von Problemfeldern auf: So wird in der Mehrheit der Kataloge keine Aussage darüber getroffen, ob ein Wert eine Nutzungsdauer oder eine Lebensdauer darstellt, welche Einflussfaktoren berücksichtigt wurden und welche Methode bei der Vorhersage der Lebens- bzw. Nutzungsdauern angewandt wurde.

In Abbildung 6 ist das Ergebnis der Analysen am Beispiel einer stark durch das Klima belasteten Fassadenbekleidung mit Faserzementplatten dargestellt.

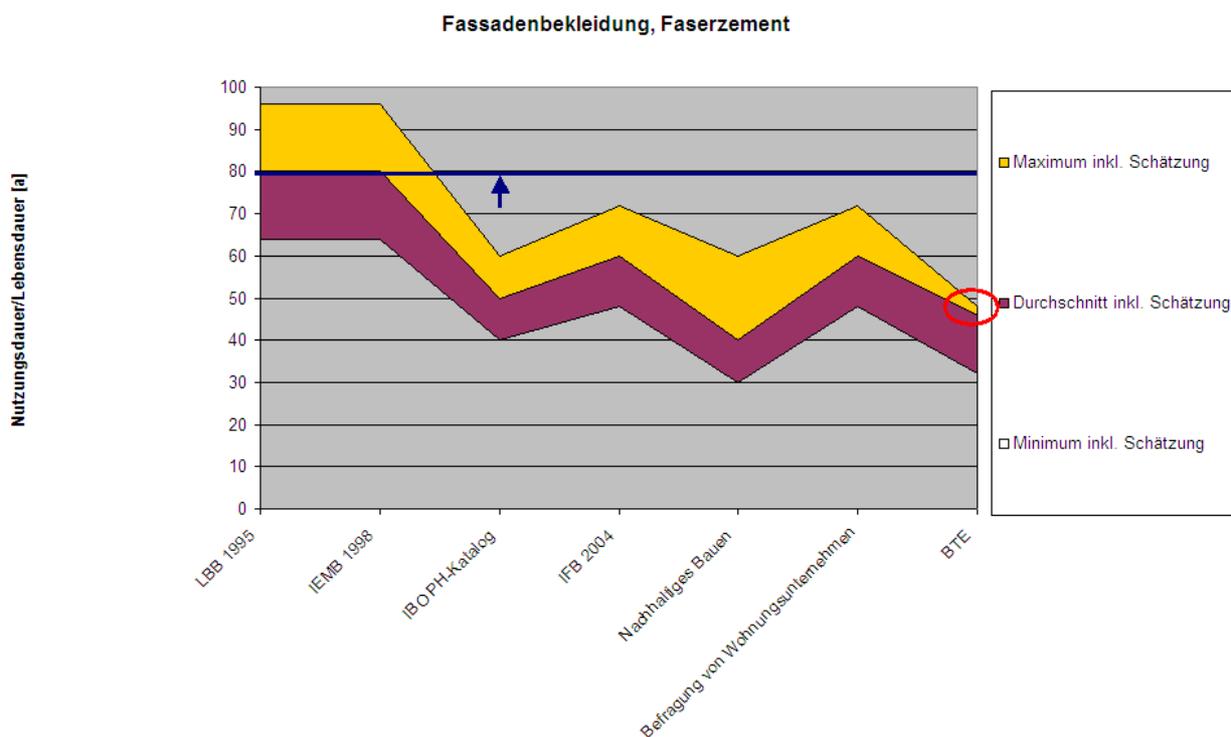


Abbildung 6: Angaben zu Nutzungsdauer bzw. Lebensdauer in den verschiedenen analysierten Quellen

Die Unterschiede der Nutzungsdauern aus den unterschiedlichen Quellen sind in diesem Fall sehr hoch: So liegen die angegebenen durchschnittlichen Kennwerte zwischen 40 und 80 Jahren. Ein möglicher Hintergrund dieser stark divergierenden Kennwerte sind sicherlich ästhetische Aspekte, zudem hängt die Nutzungsdauer auch sehr stark von der Aufhängung / Befestigung, der Orientierung der Fassade und der Farbe ab. Diese Faktoren haben wahrscheinlich in einige Quellen Eingang gefunden, wenn sie auch nicht dokumentiert wurden.

Da in den vorhandenen Katalogen nicht klar zwischen Nutzungs- und Lebensdauer unterschieden wird, wurden mit einer im Projektbericht genauer beschriebenen Plausibilitätsprüfung maximale Nutzungsdauern abgeleitet. Diese sind bei guter Planungs- und Ausführungsplanung erreichbar und entsprechen somit minimalen technischen Lebensdauern.

In einigen Teilbereichen konnte bereits mit dieser Methodik eine gute Übereinstimmung der unterschiedlichen Quellen festgestellt werden. In den Fällen, wo die Angaben aus den Katalogen stark voneinander abweichen bzw. gemäß Aggregationsalgorithmus keine Kongruenz erzielt werden konnte, wurden detailliertere Erhebungen in Fach- und Bauschadensliteratur durchgeführt, wobei auf folgende Aspekte besonderes Augenmerk gelegt wurde:

- Intrinsic Alteration of a material: Recording of physical, chemical, biological and mechanical boundary conditions, which influence the aging of a material.
- Natural influencing factors: Recording of natural influencing factors according to ISO 15686-8 (Environmental influences, Indoor climate and use)

- Technische Einflussfaktoren: Erhebung der technischen Einflussfaktoren, die durch Planer, Ausführende und Hausbetreuer steuerbar sind.
- Schadensbilder: Analyse der Schadensbilder, die an den untersuchten Baustoffen, Bauteilschichten, Konstruktionen und Gebäuden auftreten.
- Langzeiterfahrungen: Erhebung von Langzeiterfahrungen zu Baustoffen, Konstruktionen und Komponenten

Für alle untersuchten Baustoffgruppen wurden auf dieser Grundlage die minimale und die maximale sowie die durchschnittliche Nutzungsdauer erhoben. Abbildung 7 stellt beispielsweise die Nutzungsdauer für verschiedene Dachdeckungen dar, wobei 100 Jahre als Obergrenze festgelegt wurde (in den verwendeten Katalogen wurden die 100 Jahre teilweise überschritten). Standardmäßig wird mit dem Durchschnitt der maximalen Nutzungsdauern gerechnet, da von einer guten Planung und Ausführung ausgegangen wird. Die Grafik zeigt aber auch die in den Katalogen angegebenen Minimum- und die Maximumwerte.

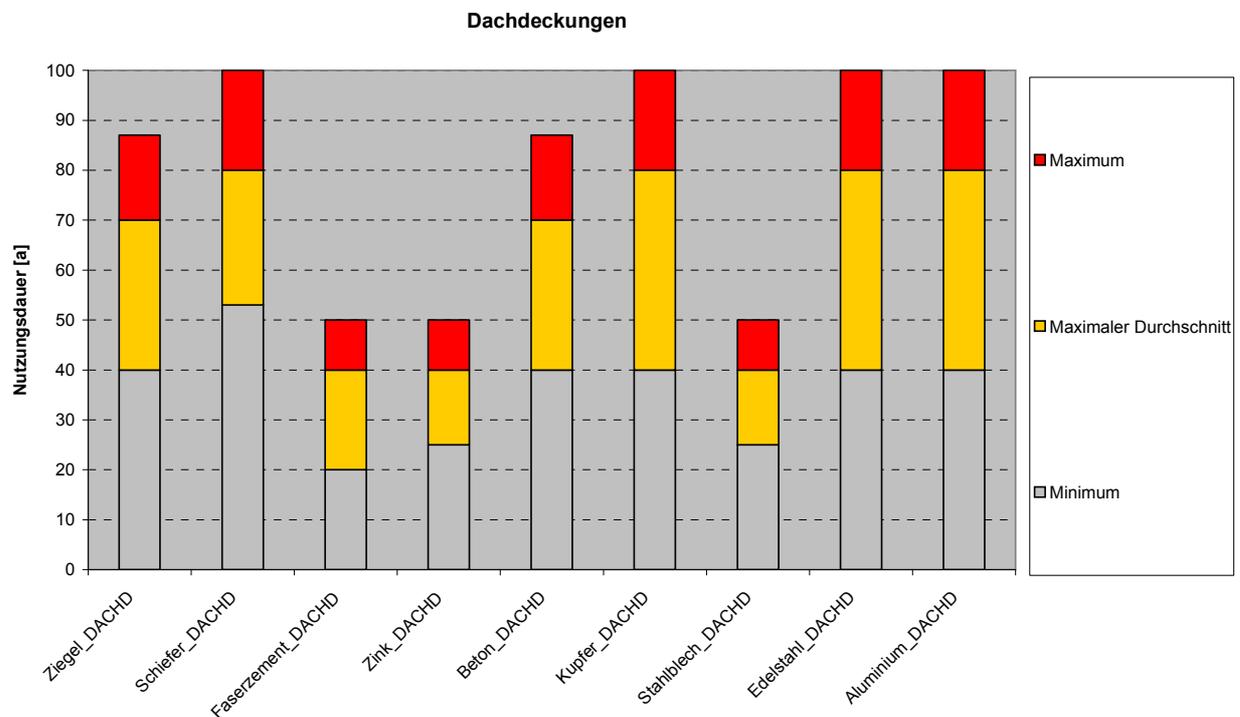


Abbildung 7: Nutzungsdauern für tragende Bauteile, Quelle: Zelger et al. 2009, S. 124

Der Bereich zwischen Minimum und Maximum der Nutzungsdauer ist die Zeitspanne, die durch Planer, Bauherr und Nutzer mit guter Planung, Ausführung und Instandhaltung sowie wirtschaftlich, ästhetisch und wohngygienisch optimierter Verhaltensweise beeinflusst werden kann. Diese Spanne ist zum Zeitpunkt der Berichterlegung bei den OI3-Berechnungen in den verschiedensten Energieausweisprogrammen noch nicht berücksichtigt.

Für eine bessere praktische Handhabbarkeit wurde schließlich eine Einteilung in Nutzungsdauerklassen von 10 Jahren durchgeführt, welche wie folgt zusammengefasst werden können:

- Statische Tragsysteme überdauern mindestens 100 Jahre, wenn eine gute Planungs-, Ausführungs- und Instandhaltungsqualität gegeben ist und natürliche Einflussfaktoren wie Klima, Innenraumkonditionen und Nutzerverhalten berücksichtigt werden. Ohne Qualitätssicherung ist mit Abschlägen zu rechnen.
- Der Ausbau innen, Dämmstoffe sowie alle äußeren Schichten, die nicht direkt bewittert sind, müssen nach ca. 50 Jahren erneuert werden. Durch Qualitätssicherungsmaßnahmen und insbesondere spezielle Produktauswahl ist eine Erhöhung dieses Werts möglich.
- Die von Witterungseinflüssen stark belasteten Außenschichten (Dacheindeckung, Abdichtungen, Außenputze, vorgehängte Fassaden) werden je nach Lage, Konstruktion und Materialqualität nach 25 bis 50 Jahren ausgetauscht.
- Bei stark genutzten Baustoffen im Innenbereich (z.B. Bodenbeläge) ergeben sich je nach der Instandhaltungsqualität Nutzungsdauern zwischen 10 und 50 Jahren.

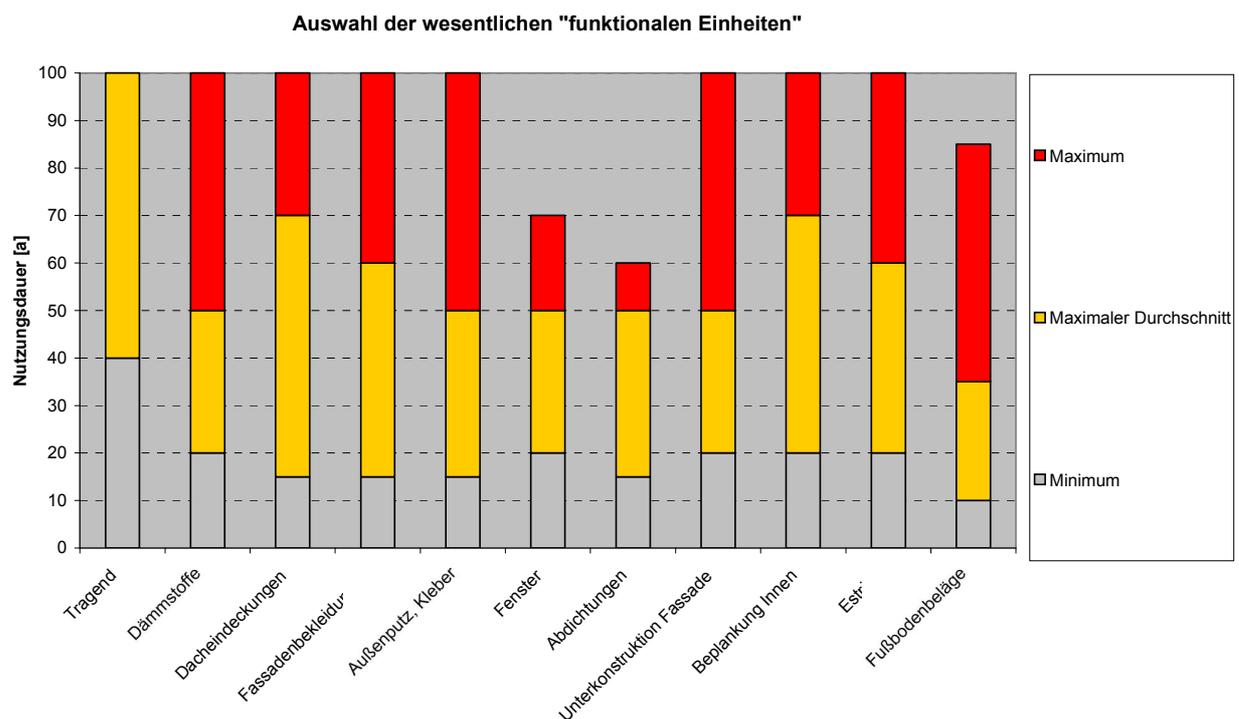


Abbildung 8: Darstellung des maximalen Durchschnitts der Nutzungsdauer (Median) für unterschiedliche Baustoffe bzw. funktionale Einheiten, Quelle: Zelger, IBO

In Abbildung 8 ist der maximale Durchschnitt der Nutzungsdauer (Median) für unterschiedliche Baustoffe bzw. funktionale Einheiten angegeben.

Die Baustoffkennwerte für die ermittelten Nutzungsdauern stehen auf www.nachhaltigkeit-massiv.at zur Verfügung (Dateiname: P03_Nutzungsdauer Baustoffe).

Die ermittelten Nutzungsdauern wurden im Rahmen des Teilprojekts „Erweiterung des OI3 um räumliche und zeitliche Bilanzgrenzen sowie Kennzahlen“ (siehe Kapitel 3.3) in die Berechnung des OI3 übernommen. Zudem werden die Bauteilaustauschraten im Teilprojekt „Lebenszykluskosten von Immobilien“ (siehe Kapitel 5.2) berücksichtigt.

3.3 Erweiterung des OI3 um räumliche und zeitliche Bilanzgrenzen sowie Kennzahlen

Projekt 06: OI3-Erweiterungen: Bilanzgrenzen, Kennzahlen und Nutzungsdauer

Projektbeteiligte: DI Dr. Bernhard Lipp, Mag. Hildegund Mötzl, DI Philipp Boogman, Markus Wurm, DI Wolfgang Huber (alle IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie GmbH)

3.3.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Weiterentwicklung des OI3 in räumlicher Hinsicht durch ein stufenförmiges Bilanzgrenzenkonzept
- Erweiterung des OI3 in zeitlicher Hinsicht um die Phase der Instandhaltung
- Die Erweiterung des OI3 um die Umweltwirkung Photosmogpotential (POCP) erscheint nicht zielführend

3.3.2 Einleitung

Der Ökoindex 3 (OI3) wurde ursprünglich vom IBO im Jahr 2003 für die Salzburger Wohnbauförderung entwickelt und fand Einzug in die Wohnbauförderungsmodelle einiger österreichischer Bundesländer, sowie die Gebäudebewertungssysteme klima:aktiv Gebäudestandard, TQ und IBO Ökopass. Der OI3 berücksichtigt die Umweltwirkungen PEIn.e. (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar), GWP (Treibhauspotential) und AP (Versauerung), die alle auf Verbrennungsprozessen beruhen. Damit sollte primär für die Wohnbauförderstellen die Möglichkeit geschaffen werden, die ökologische Amortisation von Dämmmaßnahmen, die zwar mit einem höheren Herstellungsaufwand, dafür aber mit einem geringeren Heizenergieaufwand während der Nutzung verbunden sind, abzuschätzen. Um der Praktikabilität des OI3 Rechnung zu tragen, bezog sich dieser ursprünglich nur auf die thermische Gebäudehülle inklusive Zwischendecken. Massen- und damit umweltwirkungsintensive Bauteile, wie Keller, Fundamente, Zwischenwände etc. blieben in der Berechnung unberücksichtigt. Weiters wurde nur die Herstellungsphase der Baustoffe erfasst.

Nicht zuletzt das „Vorprojekt Gebäudebewertung“ (siehe Kapitel 3.1) zeigte jedoch Erweiterungsbedarf sowohl in räumlicher als auch in zeitlicher Hinsicht auf, um einer lebenszyklusorientierten Gebäudebewertung näher zu kommen.

3.3.3 Inhaltliche Darstellung

3.3.3.1 Weiterentwicklung des OI3 zum OI4

Ziel dieses Arbeitsschritts war es, die Integration der Umweltwirkung Photosmogpotential (POCP) in den Ökoindex zu untersuchen und den Index vom OI3 zum OI4 weiterzuentwickeln. Dazu wurde zuerst der Referenzdatensatz des IBO, welcher ökologische Kennwerte zu einem Großteil der im Rohbau eingesetzten Baustoffe enthält, um das Photosmogpotential ergänzt. Mit den aktualisierten Referenzdatensätzen der Baustoffe wurde schließlich die OI4-Berechnung am Beispiel eines Modellhauses durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass das Photosmogpotential nur bei einzelnen lösemittelhaltigen Bauteilschichten relevant ist, wie beim Bitumenanstrich der erdberührten Außenwände oder bei Klebern, Lacken und Farben.

Es wird daher vorgeschlagen, den OI nicht um das Photosmogpotential zu erweitern, zumal auch nach einer Erweiterung der Bilanzgrenzen Kleber, Bodenbeläge, Farben und Lacke nicht im OI enthalten wären. Stattdessen empfiehlt es sich, das POCP eines Gebäudes direkt über die Vermeidung von Lösemitteln in den Bauprodukten zu bewerten, wie dies auch jetzt schon im Rahmen der Gebäudebewertungssysteme TQB und klima:aktiv Gebäudestandard durchgeführt wird.

3.3.3.2 Erweiterung der räumlichen Bilanzgrenzen

„Für die praktische Umsetzung der Bilanzgrenzenerweiterung über die derzeitige Bilanzgrenze TGH (Errichtung der thermischen Gebäudehülle und Decken) hinaus ist ein flexibles Bilanzgrenzenkonzept (...) erforderlich. Es wurde daher das folgende stufenförmige Bilanzgrenzenkonzept für die OI3-Weiterentwicklung entworfen“ (Lipp et al. 2009, S. 11):

- BG0 (alte TGH-Grenze) = Konstruktionen der thermischen Gebäudehülle + Zwischendecken - Dacheindeckung - Feuchtigkeitsabdichtungen - hinterlüftete Fassadenteile (- = Minus)
- BG1: Thermische Gebäudehülle (Konstruktionen vollständig) + Zwischendecken (Konstruktionen vollständig)
- BG2 = BG1 + bauphysikalisch relevante Innenwände + Pufferräume ohne Innenbauteile
- BG3 = BG2 + Innenwände komplett + Pufferräume komplett (z.B. nicht beheizter Keller)
- BG4 = BG3 + direkte Erschließung (offene Stiegen, offene Laubengänge usw.)
- BG5 = BG4 + Haustechnik
- BG6 = BG5 + gesamte Erschließung + Nebengebäude¹

Das Konzept wurde am Beispiel der Wohnhausanlage Utendorfgasse in verschiedenen Varianten (Stahlbeton-, Holzmassiv- und Ziegelbauweise) durchgerechnet (siehe Abbildung 9).

¹ Das hier dargestellte Bilanzgrenzenkonzept beruht auf der Darstellung in der TQB Version 2.1 (Wohngebäude), Stand Oktober 2010

NUR ERRICHTUNG									
		Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar	OI3	OI3 _{BEF}
		kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₂	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ eq.	MJ	MJ	Punkte	Punkte
Variante 1: Stahlbeton	BG1 (therm. Hülle, inkl. Zwischendecken)	191.696	131	749	111	2.805.807	166.103	67	103
	zzgl. Innenwände	16.379	15	126	20	515.310	162.357	40	97
	zzgl. Tiefgarage	124.973	50	411	71	1.382.522	50.859	46	150
	zzgl. Haustechnik	16.881	13	123	14	349.831	19.952	52	172
	BG5	349.929	209	1.408	216	5.053.471	399.271	52	172
Variante 2: Holzmassiv	BG1 (therm. Hülle, inkl. Zwischendecken)	-112.776	118	727	120	2.303.113	3.195.568	35	53
	zzgl. Innenwände	16.379	16	126	20	515.310	162.357	20	47
	zzgl. Tiefgarage	124.973	50	411	71	1.382.522	50.859	30	100
	zzgl. Haustechnik	16.881	13	123	14	349.831	19.952	37	122
	BG5	45.457	197	1.387	225	4.550.776	3.428.736	37	122
Variante 3: Ziegel	BG1 (therm. Hülle, inkl. Zwischendecken)	121.952	125	659	87	2.647.572	582.407	54	82
	zzgl. Innenwände	16.379	15	126	20	515.310	162.357	32	76
	zzgl. Tiefgarage	124.973	50	411	71	1.382.522	50.859	39	130
	zzgl. Haustechnik	16.881	13	123	14	349.831	19.952	46	151
	BG5	280.185	204	1.319	191	4.895.236	837.111	46	151

Abbildung 9: Beispiel Wohnhausanlage Utendorfsgasse²: Ökokennzahlen und OI3-Punkte für das Gebäude in verschiedenen Varianten und Bilanzgrenzen, berücksichtigt wird nur die Errichtungsphase, d.h. die Herstellung der Baustoffe, Quelle: Lipp et al. 2009, S. 39, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck

Der Vergleich von OI3-Bewertungen am Beispiel des Geschößwohnbaus Utendorfsgasse (Passivhaus) in Wien zeigt die Unterschiede der Bewertungen mit unterschiedlichen Bilanzgrenzen für die ausgeführte Stahlbetonbauweise sowie für zwei simulierte Varianten.

Während im derzeitigen OI3 eine Holzmassivbauvariante einen rund 50 % besseren OI3 ergeben würde, reduziert sich der Unterschied mit den erweiterten Bilanzgrenzen und unter Berücksichtigung des Austauschs von Bauteilen im Lebenszyklus auf rund 10 %. Die Transporte der Baustoffe ab Werkstor sind dabei noch nicht berücksichtigt.

In Abbildung 9 ist anhand des negativen Vorzeichens bei Bilanzgrenze 1 in der Holzmassivbauweise ersichtlich, dass das in der Holzkonstruktion gespeicherte CO₂ gutgeschrieben wird. Die CO₂-Bilanzierung erfolgt in diesem Punkt analog zum Passivhaus-Bauteilkatalog des IBO. Der Vorschlag aus dem Vorprojekt Gebäudebewertung (siehe Kapitel 3.1), CO₂ bei Holzkonstruktionen neutral zu bewerten, da es – bei Betrachtung des gesamten Lebenszyklus des Holzes - in Holzbaustoffen nur zwischengespeichert ist, wurde im gegenständlichen Projekt nicht aufgenommen. In diesem Umstand ist auch der große Unterschied zwischen der Holzmassiv-Variante und der Stahlbeton- bzw. der Ziegelbauweise bei der Kennzahl GWP begründet. Abbildung 9 zeigt auch den bedeutenden Anteil der Tiefgarage in der OI3-Bilanzierung.

² Die hier dargestellte Berechnungsmethodik entspricht dem Endbericht des Teilprojekts, im TQB Kriterienkatalog (Stand Oktober 2010) wird eine leicht abweichende Berechnungsmethode angewandt.

3.3.3.3 Erweiterung der zeitlichen Bilanzgrenzen

„Ziel dieses Teils des Arbeitspaketes ist die Berücksichtigung und Implementierung von Nutzungsdauern für die verschiedenen Bauteilschichten bei der OI3-Berechnung. Dies führt zu einer gerechteren Beurteilung von langlebigen Baustoffen“ (Lipp et al. 2009, S. 44). Die Daten für die Nutzungsdauern wurden dabei aus dem Teilprojekt „Erhebung von Nutzungsdauern von Baustoffen und Bauteilen“ (siehe Kapitel 3.2) übernommen.

Die Berechnung der OI3-Werte unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer von Baustoffen und Bauteilen erfolgte sowohl anhand der IBO -Referenzdatensätze und des Modellhauses als auch anhand des Referenzgebäudes Wohnhausanlage Utendorfasse. In Abbildung 10 sind die Ökokennzahlen und OI3-Punkte dieser Wohnhausanlage in den drei Varianten (Stahlbeton, Holzmassiv und Ziegel) für einen Betrachtungszeitraum über 100 Jahre dargestellt. In diesen 100jährigen Zeitraum fallende Erneuerungszyklen von Bauteilen werden also mittels eines Multiplikators berücksichtigt.

Wenngleich es insbesondere beim Indikator GWP nach wie vor große Unterschiede zwischen den einzelnen Bauweisen gibt, so zeigt der Vergleich zwischen Abbildung 9 und Abbildung 10 doch, dass sich diese Unterschiede ausgleichen, je weiter die Bilanzgrenzen in zeitlicher und räumlicher Hinsicht ausgedehnt werden.

Im gegenständlichen Projekt wurde darüber hinaus geprüft, inwieweit neben der Ausweitung der räumlichen und zeitlichen Bilanzgrenzen und Einbeziehung der Photosmog-Kennwerte weitere Teilbereiche des Gebäudelebenszyklus in die Bewertung aufgenommen werden sollen.

GESAMTER BETRACHTUNGSZEITRAUM: 100 JAHRE									
		Global Warming (GWP100)	Photochemical Oxidation	Acidification	Eutrophication	PEI nicht erneuerbar	PEI erneuerbar	OI3	OI3 _{BBF}
		kg CO ₂ eq.	kg C ₂ H ₂	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ eq.	MJ	MJ	Punkte	Punkte
Variante 1: Stahlbeton	BG1 (therm. Hülle, inkl. Zwischendecken)	271.041	240	1.296	169	5.019.133	423.168	141	215
	zzgl. Innenwände	32.758	31	252	39	1.030.621	324.713	97	235
	zzgl. Tiefgarage	131.729	66	452	75	1.582.847	52.645	90	298
	zzgl. Haustechnik	37.255	32	276	31	721.615	47.381	105	345
	BG5	472.784	369	2.276	313	8.354.216	847.907	105	345
Variante 2: Holzmassiv	BG1 (therm. Hülle, inkl. Zwischendecken)	-75.222	213	1.432	230	4.865.973	4.569.896	120	184
	zzgl. Innenwände	32.758	31	252	39	1.030.621	324.713	84	203
	zzgl. Tiefgarage	131.729	66	452	75	1.582.847	52.645	81	266
	zzgl. Haustechnik	37.255	32	276	31	721.615	47.381	95	313
	BG5	126.521	342	2.412	374	8.201.056	4.994.634	95	313
Variante 3: Ziegel	BG1 (therm. Hülle, inkl. Zwischendecken)	196.536	272	1.389	188	5.489.149	1.510.225	148	226
	zzgl. Innenwände	32.758	31	252	39	1.030.621	324.713	102	246
	zzgl. Tiefgarage	131.729	66	452	75	1.582.847	52.645	94	309
	zzgl. Haustechnik	37.255	32	276	31	721.615	47.381	108	356
	BG5	398.279	400	2.369	333	8.824.232	1.934.964	108	356

Abbildung 10: Beispiel Wohnhausanlage Utendorfasse: Ökokennzahlen und OI3-Punkte für das Gebäude in verschiedenen Varianten und Bilanzgrenzen, berücksichtigt wird die Errichtungsphase (Herstellung der Baustoffe) sowie Erneuerungszyklen der Bauteile in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren, Quelle: Lipp et al. 2009, S. 41, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck

Die Umweltwirkungen von Baustofftransporten vom Werkstor zur Baustelle wurden untersucht, eine Einbeziehung in der Folge aber nicht vorgesehen, da diese in den betrachteten

Wirkungskategorien nur einen relativ geringen Einfluss erkennen lassen (weniger als 4% des PEIn.e. von Errichtung und Instandhaltung, wie in Teilprojekt „Transportrucksäcke von Bauprodukten“, siehe Kapitel 3.5 dargestellt wurde.) Sinnvoll erscheint in Hinblick auf weitere Entwicklungsschritte allerdings die Einbeziehung der Entsorgung in die OI3-Berechnung.

3.4 Alterungsmodell für Bauteile und Bauprodukte

Teilprojekt 02: Lebensdauer von Bauteilen und Bauprodukten

Projektbeteiligte: DI Danilo Schulter, Prof. Dr. Peter Maydl (beide TU Graz – Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie)

3.4.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Methode zur Abschätzung der voraussichtlichen Lebensdauer von Bauprodukten und Bauteilen für bestimmte Einbaubedingungen

3.4.2 Einleitung

Die aktuellen europäischen und internationalen Normungsaktivitäten im Bereich des nachhaltigen Bauens zielen darauf ab, generelle Rahmenbedingungen für die Erstellung von Lebenszyklusanalysen auszuarbeiten. „Folglich ist in Zukunft mit einer zunehmenden Nachfrage nach Lebensdauerdaten von Bauprodukten und Bauteilen zu rechnen, da diese besonders im Bauwesen aufgrund der langen Nutzungsdauern von Gebäuden und Bauwerken von Bedeutung sind“ (Schulter et al. 2009, S. 11). Auch in Hinblick auf die Optimierung von Gebäuden nach ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten sind Grundlagen über das Alterungsverhalten und die sich daraus ergebenden Bauteil-Austauschzyklen unbedingt erforderlich. In der lebensdauergerichten Planung werden folgende Ziele verfolgt:

- Abgleich zwischen geplanter Nutzungsdauer des Gebäudes und der Lebensdauer von Bauprodukten und Bauteilen
- Aufzeigen des Einflusses der Einbaubedingungen, wie beispielsweise des örtlichen Klimas, auf die Lebensdauer von Bauprodukten
- Bereitstellung von Grundlagen für die Planung der Instandhaltungs-, Nutzungsänderungs- und Rückbaukonzepte (Austauschzyklen, Trennbarkeit etc.)
- Reduzierung der Betriebs- und Instandhaltungskosten
- Reduzierung des Aufwands für Reparatur, Rückbau und Entsorgung

3.4.3 Inhaltliche Darstellung

Die Arbeit gliederte sich in folgende Arbeitsschritte:

- Grundlagen: Überblick über Methoden zur Lebensdauerabschätzung von Bauprodukten und Bauteilen mit Schwerpunkt auf der Normenreihe ISO 15686 – Building and constructed assets – Service life planning

- Einflussfaktoren: Zusammenstellung der lebensdauerrelevanten Einflussfaktoren und Zuordnung zu den Faktorklassen der ISO 15686
- Alterungsmodell: Darstellung des generellen Alterungsmodells
- Validierung: Untersuchung des generellen Alterungsmodells anhand einiger Konstruktionen auf seine Praktikabilität

3.4.3.1 Grundlagen

Die Literaturrecherche zu den vorhandenen Möglichkeiten der Lebensdauerabschätzung ergab, dass die meisten Modelle aufgrund der mangelnden Berücksichtigung von Einflussfaktoren nicht als Basis für die Entwicklung eines generellen Alterungsmodells geeignet sind. Eine Ausnahme stellt die Normenreihe ISO 15686 dar, da diese allgemeine Rahmenbedingungen zur transparenten, weltweit harmonisierten und nachvollziehbaren Bestimmung von Lebensdauerdaten vorgibt.

Begriffsdefinitionen der ISO 15686

In der ISO 15686 sind zahlreiche Begriffe im Zusammenhang mit der Lebensdauer definiert, die wichtigsten sind im Folgenden wiedergegeben:

- Service life (SL): Lebensdauer, definiert als jener Zeitraum, in dem ein Gebäude, Bauteil oder Bauprodukt die definierten Anforderungen erfüllt
- Design life (DL): Geplante Nutzungsdauer des Bauwerks
- Estimated service life (ESL): Die mittels Faktormethode rechnerisch ermittelte Lebensdauer
- Predicted service life (PSL): Lebensdauer, die entsprechend einer ISO 15686-konformen Datenerhebung zu erwarten ist
- Reference service life (RSL): Lebensdauer, die unter einer bestimmten Referenzeinbaubedingung erwartet werden kann; dient zugleich als Ausgangswert für die Lebensdauerabschätzung mittels Faktormethode

Faktormethode der ISO 15686

Die in der Normenreihe definierte Faktormethode sieht eine Berechnung der voraussichtlichen Lebensdauer durch Multiplikation einer Referenzlebensdauer mit Erhöhungs- bzw. Abminderungsfaktoren vor. Die Höhe dieser Faktoren hängt dabei von der Differenz zwischen den geplanten und den Referenz-Einbaubedingungen ab.

Die ISO 15686 weist insgesamt sieben Faktorklassen auf:

- A – inherent performance level: Erfasst die Einflüsse der Bauproduktqualität auf die Lebensdauer (z.B. Betonsorten, Stahlgüte etc.)
- B – design level: Spiegelt die Einbausituation des Bauprodukts im Bauteil bzw. Gebäude wider, wobei alle geplanten bzw. durchgeführten Schutzmaßnahmen berücksichtigt werden

- C – work execution level: Bewertet die Ausführungsqualität und die Qualitätssicherungsmaßnahmen während der Ausführung (z.B. Einhaltung der Verarbeitungsrichtlinien, Installationsaufwand, Schutzvorkehrungen etc.)
- D – indoor environment: Erfasst die Einwirkungen durch die Nutzung des Gebäudes auf die innenliegenden Bauprodukte (z.B. Wasserdampfbeanspruchung an Innenputz etc.)
- E – outdoor environment: Hier ist zwischen dem regionalen Klima und den örtlichen Umwelteinflüssen (z.B. Spritzwasser) zu unterscheiden, wobei besonders kombinierte Einwirkungen (z.B. Wasser und Frost) zu beachten sind.
- F – usage conditions: Berücksichtigt das Ausmaß möglicher Nutzungsbeanspruchungen
- G – maintenance level: Unter Instandhaltungsniveau wird das Ausmaß und die Häufigkeit der geplanten bzw. durchgeführten Instandhaltungsmaßnahmen verstanden.

Die Faktormethode sollte allerdings nur angewandt werden, wenn nur geringfügige Anpassungen erforderlich sind, da die Modifikation einer Referenzlebensdauer mit sieben Faktoren ansonsten eine rechnerische Lebensdauer ergeben kann, die nicht mehr der Realität entspricht. „Deshalb ist stets ein Abgleich der Modellberechnungen mit Erfahrungswerten notwendig“ (Schulter et al. 2009, S. 21).

3.4.3.2 Lebensdauerrelevante Einflussfaktoren

Das Alterungsverhalten von Bauprodukten hängt von einer Vielzahl von Einflussfaktoren und Einbaubedingungen ab, die in Abbildung 11 dargestellt sind.



Abbildung 11: Übersicht über die lebensdauerrelevanten Einflussfaktoren, Quelle: Schuster et al. 2009, S. 43

Tabelle 2 zeigt die Zuordnung der lebensdauerrelevanten Einflussfaktoren zu den sieben Faktorenklassen der ISO 15686.

Tabelle 2: Zuordnung der lebensdauerrelevanten Einflussfaktoren zu den Faktorklassen der ISO 15686

Faktorklassen - ISO 15686			Einflussfaktoren
Inhärente Qualität	A	Materialqualität	- Bauproduktqualität
	B	Planungsqualität	- Planungsqualität - Lage der Bauteile - Exponiertheit
	C	Ausführungsqualität	- Ausführungsqualität
Umwelt	D	Innenraumbedingungen	- Chemische Einflüsse - Biologische Einflüsse
	E	äußere Umwelteinflüsse	- Klima- bzw. Witterungseinflüsse - Chemische Einflüsse - Biologische Einflüsse - Mechanische Einflüsse
Betriebsbedingungen	F	Nutzungsbedingungen	- Nutzungsart - Nutzungsintensität - Nutzerverhalten
	G	Instandhaltungsqualität	- Wartung - Inspektion - Instandsetzung - Verbesserung - Instandhaltungsstrategien

3.4.3.3 Generelles Alterungsmodell

Bei Anwendung des entwickelten generellen Alterungsmodells sind die in Abbildung 12 dargestellten Arbeitsschritte zu durchlaufen.



Abbildung 12: Generelles Ablaufschema bei Anwendung des Alterungsmodells, Quelle: Schulter et al. 2009, S. 45

Im ersten Arbeitsschritt erfolgt die Definition des Schichtenmodells. Dazu werden alle Bauteile beschrieben und die jeweiligen Bauteilschichten, die ähnliche Lebensdauern aufweisen oder die gleiche Funktion zu erfüllen haben, zu einer Schichtgruppe zusammengefasst. Im nächsten Arbeitsschritt erfolgt die Erhebung der Lebensdauern der Bauteilschichten auf Basis vorhandener Literaturdaten (vgl. auch Kapitel 3.2). Anschließend werden die minimalen, mittleren und maximalen Lebensdauern durch Mittelwertbildung errechnet und die dazugehörigen Standardabweichungen angegeben. „Die gemittelte maximale Lebensdauer entspricht

der Referenzlebensdauer, die als Eingangswert für die Berechnung der voraussichtlichen Lebensdauer herangezogen wird“ (vgl. Schulter et al. 2009, S. 46).

Spezieller Berücksichtigung bedarf der Punkt „Vorhandensein von Gebäudetechnik (TGA)“. Technische Einbauten weisen nämlich mitunter kürzere Lebensdauern auf als die darüber liegenden Schichten. Dies bedeutet, dass sich – wenn die Lösbarkeit der Schichten nicht gegeben ist - bei einem Austausch der Einbauten auch die Lebensdauer dieser darüber liegenden Schichten verkürzen kann. Im nächsten Arbeitsschritt erfolgt die konstruktive Bewertung des Gesamtaufbaus, welche als Anhaltspunkt für die nachfolgende Bestimmung der Abminderungsfaktoren herangezogen wird. Die Kriterien dieser konstruktiven Bewertung stellen die Anforderungen der relevanten Normen sowie Empfehlungen aus einschlägiger Fachliteratur bzw. Herstellerangaben dar. Daraufhin werden die Faktorwerte pro Schichtgruppe nach einem Bewertungsschema, das auf den Faktorklassen der ISO 15686 basiert, bestimmt. Die Basis stellen dabei die lebensdauerrelevanten Einflussfaktoren dar, die den jeweiligen Faktorklassen zugewiesen wurden (siehe Tabelle 2).

Der Berechnungsalgorithmus zur Bestimmung der Faktorwerte, der für jede Schichtgruppe getrennt anzuwenden ist, ist folgendermaßen aufgebaut:

- Die Relevanz der einzelnen Einflussfaktoren bzw. Faktorklassen kann durch Gewichtungsfaktoren abgebildet werden. (Im gegenständlichen Forschungsprojekt wurde eine Gleichgewichtung aller Einflussfaktoren und Faktorklassen angenommen.)
- Auswahl der jeweiligen Erhöhungs- oder Abminderungsfaktoren für alle Faktorklassen. Ergebnis: Faktorklassen-Werte
- Multiplikation der Faktorklassen-Werte mit den Gewichtungsfaktoren der jeweiligen Faktorklasse und Aufsummierung zu einem Faktorwert.
- Die voraussichtliche Lebensdauer pro Schichtgruppe wird schließlich durch Multiplikation der Referenzlebensdauer (Mittelwert aus vier Literaturquellen) mit dem ermittelten Faktorwert der jeweiligen Schichtgruppe errechnet.

Ein wichtiger Aspekt in Hinblick auf die Lebensdauer, der bei Instandsetzungsarbeiten zum Tragen kommt, ist die Lösbarkeit der Schichtgruppen. Die im Rahmen des gegenständlichen Projekts getroffenen Begriffsdefinitionen sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Definition der Lösbarkeit, Quelle: Schulter et al. 2009, S. 50

Lösbarkeit	Beschreibung
lösbar	schadhafte Bauteilschicht ohne Beschädigung intakter Bauteilschichten austauschbar
bedingt lösbar	lösbar, aber nur mit Zerstörung von Verbindungsmittel (z.B. nicht demontierbare Verschraubung)
nicht lösbar	schadhafte Bauteilschicht nur durch Zerstörung intakter Bauteilschichten austauschbar

„Die Bestimmung der voraussichtlichen Lebensdauer unter Einbezug der Lösbarkeit wird nach folgenden Kriterien durchgeführt“ (Schulter et al. S. 51):

- Lösbare Schichtgruppen bekommen die berechnete voraussichtliche Lebensdauer zu 100% zugewiesen.
- Die voraussichtliche Lebensdauer einer nicht lösbaren Schichtgruppe wird durch die niedrigste voraussichtliche Lebensdauer der darunterliegenden Schichtgruppen begrenzt.
- Falls eine Schichtgruppe je nach Eingriffstiefe lösbar bzw. nicht lösbar sein kann, dann wird die niedrigste Lebensdauer aus den zwei möglichen Instandsetzungsvarianten festgelegt.

Abschließend werden die Austauschraten und Ausnutzungsgrade bestimmt.

Die Austauschrate einer Schichtgruppe berechnet sich aus dem Verhältnis zwischen der voraussichtlichen Lebensdauer des Bauwerks und der voraussichtlichen Lebensdauer der Schichtgruppe unter Berücksichtigung der Lösbarkeit. Die erstmalige Herstellung wird abgezogen.

Der Ausnutzungsgrad einer Schichtgruppe ist das Verhältnis zwischen der voraussichtlichen Lebensdauer unter Berücksichtigung der Lösbarkeit und der berechneten voraussichtlichen Lebensdauer der Schichtgruppe.

Anwendung des generellen Alterungsmodells in der Praxis

„Für die praxisbezogene Umsetzung des generellen Alterungsmodells bedarf es der Bereitstellung von Informationen seitens der Bauprodukte-Erzeuger in einer kompakten Form, um realistische Lebensdauervorhersagen im Rahmen von Gebäudezertifizierungssystemen ohne großen Bearbeitungsaufwand zu ermöglichen“ (Schulter et al. 2009, S. 54).

Folgende Informationen werden von den Bauprodukte-Erzeugern benötigt:

- Angaben zu Referenzlebensdauer, Lösbarkeit sowie Erhöhungs- und Abminderungsfaktoren je nach Einbausituation.
- Untergliederung der firmenspezifischen Systemlösungen nach gleicher Referenzlebensdauer und Funktion in Schichtgruppen.
- Bereitstellung von Informationen über normative Anforderungen sowie anwendungstechnische Herstellerrichtlinien, um die Voraussetzungen für die Gültigkeit der angegebenen Referenz-Lebensdauern unmissverständlich aufzuzeigen.
- Bereitstellung von produkt- und systemspezifischen Angaben zum Instandhaltungsaufwand in Abhängigkeit von der Instandhaltungsstrategie.

Darüber hinaus ergeben sich – auch in Hinblick auf die Gebäudebewertung – folgende Erfordernisse:

- Die von den Bauprodukte-Erzeugern angegebenen Referenzlebensdauern sowie die Erhöhungs- und Abminderungsfaktoren und die Gewichtungsfaktoren sollen von einem unabhängigen Sachverständigenausschuss auf Plausibilität überprüft werden.

- Die Beschreibung der lebensdauerrelevanten Einflussfaktoren mittels Normbegriffen und –klassifikationen wäre sinnvoll, um Doppelgleisigkeiten und Begriffsverwirrungen zu vermeiden.
- Die Bewertungsproblematik bei nicht ganzzahligen Austauschraten sowie die Berücksichtigung des technischen Fortschritts bei Instandsetzungen sind auf breiter Basis zu diskutieren und eine einheitliche Vorgangsweise festzulegen.
- Alle zur Lebensdauervorhersage benötigten Informationen könnten den PlanerInnen und GebäudezertifiziererInnen in Form einer kostenlos zugänglichen Bauprodukte-Datenbank zur Verfügung gestellt werden.

3.4.3.4 Validierung des generellen Alterungsmodells

Das generelle Alterungsmodell wurde anhand einiger ausgewählter Baukonstruktionen auf seine Praxistauglichkeit untersucht. Im Folgenden ist das Beispiel einer Stahlbeton-Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem (siehe Abbildung 13) dargestellt.

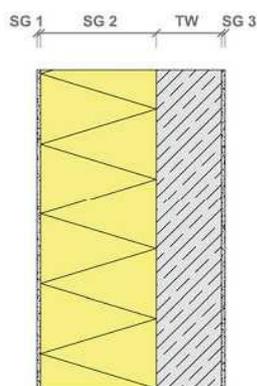


Abbildung 13: Schichtenmodell der Stahlbeton-Außenwand mit WDVS, Quelle: Schulter et al. 2009, S. 56

Tabelle 4: Voraussichtliche Lebensdauer der Stahlbeton-Außenwand mit WDVS unter Einbezug der Lösbarkeit³, Quelle: Schulter et al. 2009, S. 62

Schichtgruppe (SG)	Bezeichnung	Referenz-Lebensdauer/SG	Faktorwert/SG	Voraus. LD/SG	Lösbarkeit	Voraus. LD	Austauschrate	Ausnutzungsgrad
1	Silikatputz	43	0,83	36	SG 1 - SG 2 lösbar/nicht lösbar	36	2,5	100%
1	Putzgrund (Silikat)	43	0,83	36		36	2,5	100%
1	Glasfaserarmierung	43	0,83	36		36	2,5	100%
1	Klebspachtel	43	0,83	36		36	2,5	100%
2	Dübel kompl. 38cm	53	0,80	42	SG 2 - TW lösbar	36	2,5	86%
2	Polystyrol expandiert (EPS) -Fassadendämmplatte 27 cm	53	0,80	42		36	2,5	86%
2	Klebspachtel	53	0,80	42		36	2,5	86%
Tragwerk	Normalbeton	150	0,84	126	Tragwerk	126	0,0	100%
Tragwerk	Armierungsstahl	150	0,84	126		126	0,0	100%
3	Gipsspachtelung	18	0,84	15	SG 3 - TW lösbar	15	7,4	100%

³ In dem dargestellten Beispiel wird die Methodik beschrieben; es werden keine Aussagen über normgerechte bautechnische Abläufe oder sonstige Vorgaben gemacht.

Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse der Arbeitsschritte „Zuordnung zu Schichtgruppen“, „Ermittlung der Referenz-Lebensdauer pro Schichtgruppe (SG) auf Basis von Literaturangaben“ und „Berechnung des Faktorwerts pro Schichtgruppe (SG)“. Die voraussichtliche Lebensdauer (LD) pro Schichtgruppe wird durch Multiplikation der Referenzlebensdauer mit dem Faktorwert errechnet und in Abhängigkeit von der Lösbarkeit der Schichten festgelegt.

3.5 Transportrucksäcke von Bauprodukten

Teilprojekt 04: Transportrucksäcke von Bauprodukten

Projektbeteiligte: DI Alexander Passer MSc, DI Helmut Kreiner, Prof. Dr. Peter Maydl (alle TU Graz – Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie)

3.5.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Transportmodell für Bauprodukte, mit dem die Umweltwirkungen von Transportprozessen zwischen Werkstor und Baustelle erfasst werden können

3.5.2 Einleitung

„Ökologische Bewertungen von Bauprodukten beschränken sich bisher meist auf die Abbildung der Umweltwirkungen durch die Produktion einschließlich der Vorprozessketten und der dazu erforderlichen Transportwege“ (Passer et al. 2009, S. 5). Es handelt sich dabei um so genannte „cradle to gate“-Bewertungen, bei welchen das Werkstor des Baustoffherstellers die Systemgrenze darstellt. Um der von der künftigen europäischen Normung geforderten lebenszyklusorientierten Bewertung gerecht zu werden, müssen diese Systemgrenzen erweitert werden.

Der Fokus des vorliegenden Projekts liegt auf den Transportaufwendungen zwischen Werkstor und Baustelle, die bislang nicht systematisch untersucht wurden. Zur quantitativen Erfassung der transportbedingten Umweltwirkungen von Bauprodukten, d.h. der „Transportrucksäcke“, wurde ein theoretisches Transportmodell entwickelt, das sowohl die unterschiedlichen Spezifika einzelner Bauprodukte und deren charakteristische Transportentfernungen als auch die Eigenschaften der Transportmittel berücksichtigt.

3.5.3 Inhaltliche Darstellung

Die Meilensteine des vorliegenden Projekts waren:

- Entwicklung eines Transportmodells zur detaillierten Erfassung transportbedingter Umweltwirkungen
- Erprobung des Transportmodells an einigen gängigen Bauprodukten (Transportbeton, Ziegel, Baustahlgitter und verschiedene Dämmstoffe)
- Auswertung der Berechnungsergebnisse und Darstellung des Anteils transportbedingter Umweltwirkungen auf Bauprodukt- und Gebäudeebene

Im Folgenden werden die wesentlichen Arbeitsschritte im Überblick dargestellt.

3.5.3.1 Systemabgrenzung

Der Lebensweg eines Gebäudes ist mit beträchtlichen Stoff- und Energieflüssen verbunden, die sich in die in Abbildung 14 dargestellten Lebenswegphasen gliedern lassen.

Transporte während des Lebensweges eines Gebäudes			
Lebenswegphase → Bauprodukterzeugung	Lebenswegphase → Gebäudeerrichtung	Lebenswegphase → Nutzung	Lebenswegphase → Rückbau - Beseitigung
- Transporte der Rohstoffe von der Gewinnung zum Bauprodukterzeuger - Transporte aufbereiteter Baurestmassen zum Bauprodukterzeuger	- Transporte der Bauprodukte vom Werkstor des Bauprodukterzeugers zur Baustelle - Baustellenbezogene Transporte (Kräne, Dumper, etc.)	- Transporte, die mit der Instandhaltung, Instandsetzung, etc. verbunden sind	- Transporte der Baurestmassen vom Gebäuestandort zum Entsorgungsort - Transporte der Baurestmassen vom Gebäuestandort zum Aufbereitungsort

Abbildung 14: Transporte während des Lebensweges eines Gebäudes, Quelle: Passer et al. 2009, S. 31

Im Rahmen des gegenständlichen Projekts wird der Fokus auf die Lebenswegphase „Gebäudeerrichtung“ gelegt, d.h. konkret auf die Transportaufwendungen zwischen Werkstor und Baustelle. Transporte in der Lebenswegphase „Nutzung“, die mit der Instandhaltung und Instandsetzung verbunden sind, sind ebenfalls wie Baustellentransporte in der Errichtungsphase zu behandeln.

Was die Transportmöglichkeiten angeht, können drei Optionen unterschieden werden:

- Landweg-Transporte: Straße, Schiene
- Wasserweg-Transporte: Binnenschifffahrt, Hochseeschifffahrt
- Luftweg-Transporte: Flugzeug, Hubschrauber

Da bei weitem der Großteil der Bauprodukttransporte mit dem flächenwirksamen Transportmittel LKW stattfindet, wurde der Schwerpunkt im gegenständlichen Projekt auf die LKW-Transporte gelegt.

Im Fall der Transporte mittels LKW ergeben sich Umweltwirkungen in folgenden Bereichen:

- Betrieb und Wartung des LKW
- Herstellung und Entsorgung des LKW
- Infrastruktur: Herstellung, Instandhaltung und Rückbau / Entsorgung der Straßen

Am Beispiel eines 40-Tonnen-LKW wurde in Form einer Dominanzanalyse untersucht, ob die Berücksichtigung der Umweltwirkungen aus dem Betrieb des LKW eine ausreichende Genauigkeit bietet, oder ob alle drei Bereiche einbezogen werden müssen. Das in Abbildung 15 für verschiedene Umweltwirkungskategorien dargestellte Ergebnis zeigt, dass auch die Infrastruktur und die Herstellung und Entsorgung des Transportmittels nicht vernachlässigt werden dürfen.

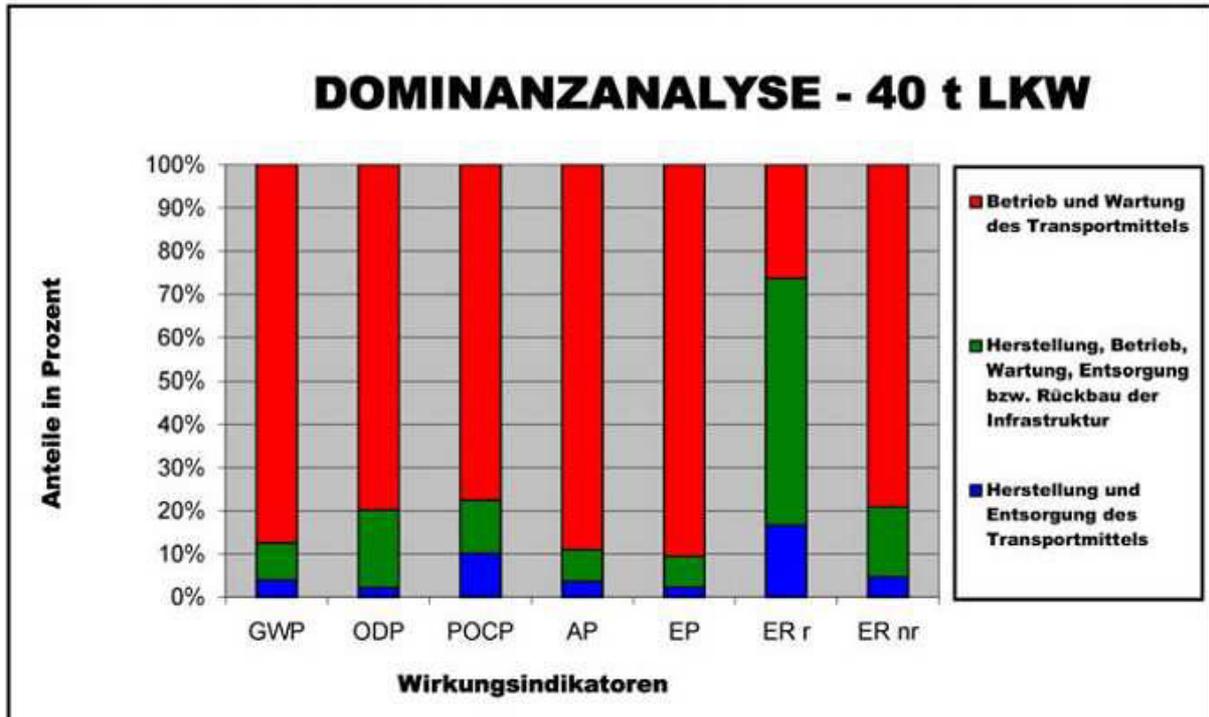


Abbildung 15: Dominanzanalyse für die verschiedenen Umweltwirkungskategorien am Beispiel eines 40-Tonnners, Quelle: Passer et al. 2009, S. 58

3.5.3.2 Einflussfaktoren auf die transportbedingten Umweltwirkungen

Transportprozesse unterliegen multifaktoriellen Einflüssen. Aufgabe in diesem Arbeitsschritt war es, diese Einflussfaktoren aufzuzeigen, um daraus mögliche Eingangsparameter für ein Transportmodell ableiten zu können. Gemäß dem Projektziel, die transportbedingten Umweltwirkungen zu erfassen, liegt der Fokus der Analyse auf jenen Einflussfaktoren, die in ökologischer Hinsicht relevant sind. Abbildung 16 bietet eine Übersicht über diese projektrelevanten Einflussfaktoren.

Übersicht über projektrelevante Transporteinflüsse		
Kategorien	projektrelevante Transporteinflüsse	inkludierte Einflüsse
Kategorie → Lage Werkstor - Baustelle	▶ Entfernung Werkstor - Baustelle (km)	
	▶ Herstellung der Straßen	abhängig von: - Straßenkategorie - Verkehrsausrüstung - zugehörige Infrastruktur - Neigungsverhältnisse
	▶ Wartung und Betrieb der Straßen	
	▶ Entsorgung bzw. Rückbau der Straßen	
Kategorie → Transportgut	Aus dieser Kategorie werden keine Transporteinflüsse gesondert betrachtet, da diese indirekt mit der Kategorie „Transportmittel“ abgedeckt werden.	
Kategorie → Transportmittel	▶ Herstellung des LKW	abhängig von: - höchstzulässiges Gesamtgewicht
	▶ Entsorgung des LKW	
	▶ Wartung und Betrieb des LKW	
	■ höchstzulässiges Gesamtgewicht	
	■ Auslastung Transportmittel - Volumen	
	■ Auslastung Transportmittel - Gewicht	
	■ Auslastung Transportprozess	
	■ EURO - Klasse	
■ Dieserverbrauch		

Abbildung 16: Übersicht über die projektrelevanten Transporteinflüsse, Quelle: Passer et al. 2009, S. 50

Einflussfaktoren Kategorie Lage Werkstor - Baustelle

- Entfernung Werkstor – Baustelle: Diese hat einen entscheidenden Einfluss, da die transportbedingten Umweltwirkungen annähernd proportional mit den gefahrenen Kilometern ansteigen.
- Verkehrsinfrastruktur zwischen Werkstor und Baustelle: Aufwand für Herstellung, Wartung und Betrieb sowie Entsorgung bzw. Rückbau der Infrastruktur

Einflussfaktoren Kategorie Transportgut

- In dieser Kategorie werden Faktoren, die unmittelbar von der Beschaffenheit, der Menge und dem Wert des Transportguts abhängig sind, beschrieben. Da sich daraus die Anforderungen an das Transportmittel ableiten, werden die Einflüsse in der Kategorie Transportgut nicht gesondert betrachtet, sondern indirekt über die Kategorie Transportmittel abgedeckt.

Einflussfaktoren Kategorie Transportmittel

- Höchstzulässiges Gesamtgewicht: Dieses setzt sich aus dem Eigengewicht (abhängig von der Art des Fahrzeugaufbaus) und dem Beladegewicht zusammen. Im Bauwesen werden üblicherweise LKW mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht von bis zu 40 Tonnen eingesetzt.
- Auslastung des Transportmittels: Verhältnis der tatsächlichen Beladung eines Transportmittels zur maximal möglichen, wobei diese maximal mögliche Beladung entweder aufgrund des maximalen Beladegewichts (bei Massengütern) oder aufgrund des

maximalen Beladevolumens (bei Volumsgütern) definiert werden kann. Eine Auslastung des Transportmittels von über 100% ist nicht möglich.

- Auslastung des Transportprozesses: Verhältnis der tatsächlich gefahrenen Kilometer zu der minimal erforderlichen Kilometerleistung, um ein Produkt von A nach B zu befördern. Die Auslastung des Transportprozesses ist ein Maß für die anteiligen Leerfahrten. „Üblicherweise ist mit einer Spedition ein höherer Auslastungsfaktor als mit einem eigenen Fuhrpark zu erreichen“ (Passer et al. 2009, S. 42). Eine Auslastung des Transportprozesses von über 100% ist nicht möglich.
- EURO-Klassen: Die EURO-Klassen stellen eine Klassifizierung der Fahrzeuge nach dem Schadstoffausstoß (HC, CO, NO_x, Russ) dar.
- Dieserverbrauch: Dieser wird auf Kilometer bezogen angegeben und ist von zahlreichen Faktoren abhängig, wie dem Gesamtgewicht, dem Straßenzustand, dem Fahrverhalten, dem Reifendruck etc.

3.5.3.3 Datenbanken: Analyse, Auswahl und Sensitivitätsanalysen

„Transportprozesse stellen aufgrund der massenintensiven Stoffflüsse im Bauwesen eine wesentliche Umweltbelastung dar“ (Passer et al. 2009, S. 51). Die quantitative Erfassung dieser Umweltwirkungen im Rahmen der ökologischen Nachhaltigkeitsbewertung erfordert ökologische Kennwerte. Zwar existiert eine große Vielfalt an Datenbanken, aus denen diese ökologischen Kennwerte entnommen werden können, doch sind diese aufgrund verschiedener Bilanzierungsmodi unterschiedlich gut für die Berechnung der transportbedingten Umweltwirkungen geeignet.

Zur Auswahl der geeigneten Datenbank werden folgende Kriterien festgelegt:

- Vollständigkeit: Alle drei Bereiche Betrieb, Herstellung und Erzeugung des Transportmittels sowie Infrastruktur werden bilanziert
- Dokumentation: Getrennte Betrachtung der drei Bereiche Betrieb, Herstellung und Erzeugung des Transportmittels und Infrastruktur ist möglich
- Ausgabe von Indikatorergebnissen gemäß ÖNORM EN ISO 14040
- Zugänglichkeit: Anfallende Kosten bei Verwendung der jeweiligen Datenbank

Die Überprüfung der einzelnen Datenbanken auf die Erfüllung dieser Kriterien ergab folgendes Ergebnis, das in Abbildung 17 dargestellt ist.

		ECOINVENT	GEMIS	GABI 4	TREMOD	ECOTRANSIT	UMBERTO	SIMA PRO
Auswahl-Kriterien	Vollständigkeit	ja	nein	ja	nein	nein	ja	ja
	Dokumentation	detailliert	allgemein	allgemein	allgemein	allgemein	allgemein	allgemein
	Ausgabe von Indikatorerg.	ja	teilweise	ja	nein	nein	ja	ja
	Zugänglichkeit	kostenpflichtig	frei	kostenpflichtig	frei	frei	kostenpflichtig	kostenpflichtig
Auswahl	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Abbildung 17: Auswahl einer geeigneten Datenbank für die ökologische Bewertung von Transportprozessen auf Basis definierter Kriterien, Quelle: Passer et al. 2009, S. 59

Die Auswahl fiel auf die Ecoinvent-Datenbank, da diese als einzige eine detaillierte Dokumentation der Indikatorergebnisse liefert und auch alle weiteren Kriterien erfüllt. Die Ecoinvent-Datenbank wird vom Schweizer Zentrum für Ökoinventare betreut. Sie wurde 2003 erstmals veröffentlicht und wird seither laufend überarbeitet.

Da in der Ecoinvent-Datenbank die meisten Einflussfaktoren auf die transportbedingten Umweltwirkungen lediglich mit Durchschnittswerten abgedeckt sind, wurde durch Variation einzelner Einflussfaktoren die Sensitivität der Ergebnisse näher analysiert. Untersucht wurden unter anderem die Einflussfaktoren höchstzulässiges Gesamtgewicht, EURO-Klassen, Treibstoffverbrauch, Auslastung des Transportmittels / Beladegewicht und Auslastung des Transportprozesses.

Die Sensitivitätsanalysen zeigten, dass die Einflussfaktoren mit den Durchschnittswerten aus der Ecoinvent-Datenbank derzeit nicht ausreichend genau abgebildet werden können. Im Fall des Einflussfaktors Beladegewicht zeigte sich beispielsweise, dass bei einer Reduzierung des Beladegewichts von 26 t auf 2 t die transportbedingten Umweltwirkungen je Tonnenkilometer⁴ auf das rund 10fache ansteigen. Diese starke Auswirkung, die der Einflussfaktor Beladegewicht auf das Ergebnis hat, zeigt, dass eine genaue Erhebung der Einflussfaktoren erfolgen müsste.

3.5.3.4 Entwicklung des Transportmodells

Das Transportmodell ermöglicht durch variable Eingangsparameter eine detaillierte Erfassung von transportbedingten Umweltwirkungen je Bauprodukt und Tonnenkilometer. Es gliedert sich in folgende Bestandteile bzw. Rechenschritte:

- **Eigene Erhebungen:** In diesem Arbeitsschritt werden die charakteristischen Transport-Prozesseigenschaften wie beispielsweise Transportmittel, Treibstoffverbrauch etc. ermittelt.
- **Berechnungsalgorithmus:** Dieser wurde auf Basis der Ecoinvent-Datensätze erstellt und dient der Ermittlung transportbedingter Umweltwirkungen je Tonnenkilometer (siehe Abbildung 18).
- **Weitere Faktoren:** Hier wird neben den im Rahmen des Berechnungsalgorithmus erfassten Einflussfaktoren insbesondere die Entfernung zwischen Werkstor und Baustelle berücksichtigt.
- **Ergebnis – transportbedingte Umweltwirkungen:** Im letzten Arbeitsschritt werden die Umweltwirkungen je Tonnenkilometer mit der Entfernung multipliziert. Daraus ergeben sich die transportbedingten Umweltwirkungen je Tonne Bauprodukt (Werkstor – Baustelle).

⁴ Ein Tonnenkilometer entspricht dem Produkt aus den beförderten Tonnen und den gefahrenen Kilometern (tkm = t x km) und stellt ein Maß für die Transportleistung von Gütern dar.

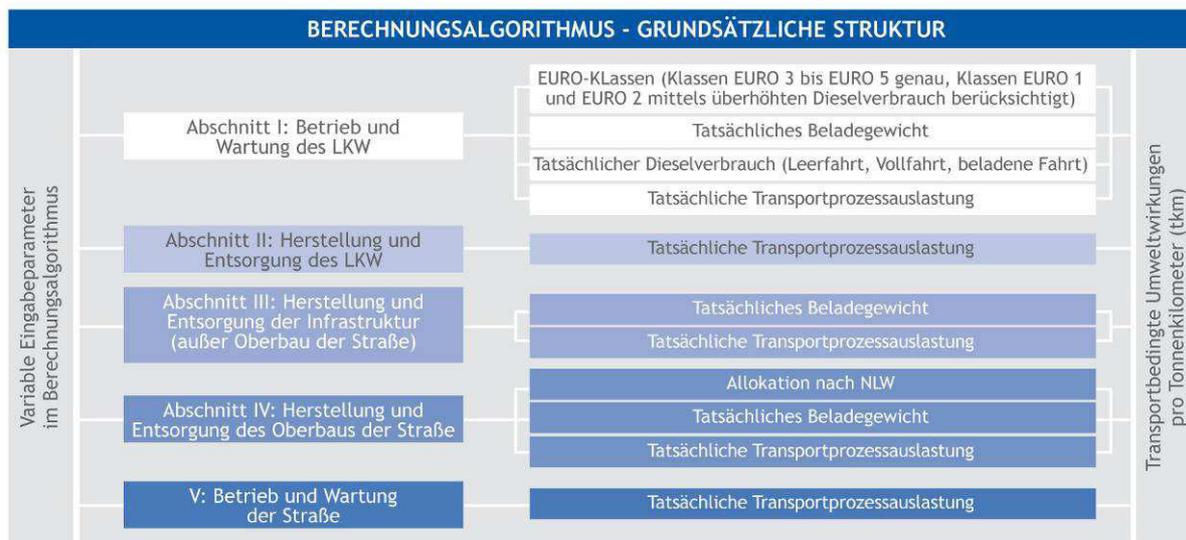


Abbildung 18: Struktur des im Rahmen des Transportmodells verwendeten Berechnungsalgorithmus, Quelle: Passer et al. 2009, S. 90, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck

3.5.3.5 Ermittlung der transportbedingten Umweltwirkungen

Im Rahmen dieses Arbeitsschrittes wurde zuerst ein Muster-Fragebogen entwickelt, mit dem die erforderlichen Daten von den Bauprodukterzeugern erhoben werden können. Bei der Strukturierung der Datenerfassung wurde auf Kompatibilität mit den Eingabeparametern des Berechnungsalgorithmus geachtet. Da die zu erhebenden Transporteigenschaften von den einzelnen Bauprodukten abhängen, wurden einige bauproduktsspezifische Fragebögen aus diesem Musterfragebogen abgeleitet und die entsprechenden Daten für einige konkrete Bauprodukte (sowohl Massen- als auch Volumsgüter) erhoben. Auf Basis dieser Datenerhebung wurden die transportbedingten Umweltwirkungen für die ausgewählten Bauprodukte Transportbeton, Baustahlgitter, Ziegel, EPS, Steinwolle und Glaswolle ermittelt.

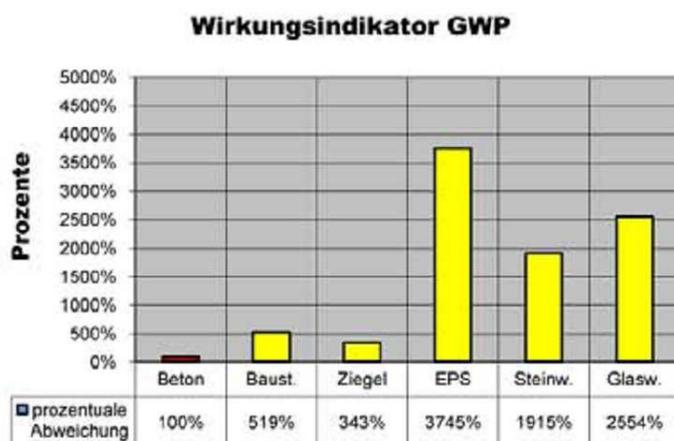


Abbildung 19: Gegenüberstellung der transportbedingten Umweltwirkungen (Werkstor – Baustelle) der untersuchten Bauprodukte am Beispiel des Wirkungsindikators GWP, bezogen auf Tonnenkilometer, Quelle: Passer et al. 2009, S. 123

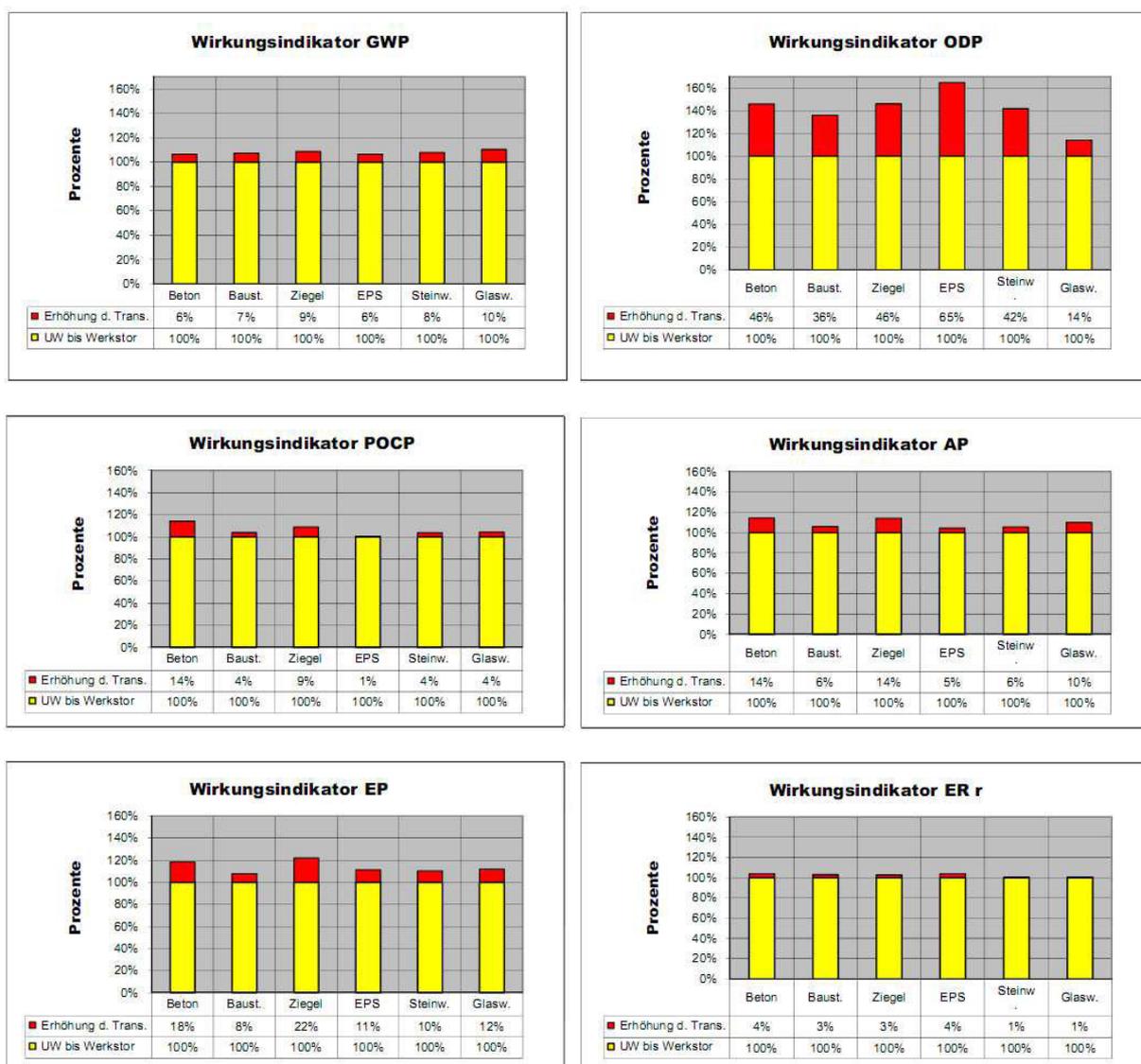
Die Ergebnisse (siehe Abbildung 19) zeigen, dass Volumsgüter bezogen auf Tonnenkilometer aufgrund der geringen Masse erheblich höhere transportbedingte Umweltwirkungen ver-

ursachen als Massengüter. „Die großen Transportdistanzen von Dämmstofftransporten führen ebenfalls zu signifikanten Umweltwirkungen“ (Passer et al. 2009, S. 122).

3.5.3.6 Auswirkungen transportbedingter Umweltwirkungen auf Bauprodukt- und Gebäudeebene

Abschließend wurde untersucht, wie hoch der Anteil transportbedingter Umweltwirkungen (Werkstor – Baustelle) an den herstellungsbedingten Umweltwirkungen auf Bauprodukt- und Gebäudeebene ist.

Abbildung 20 zeigt den Anteil der transportbedingten Umweltwirkungen auf Bauproduktebene, bezogen auf die herstellungsbedingten Umweltwirkungen. „Der größte Einfluss der transportbedingten Umweltwirkungen ist in der Wirkungskategorie „Stratosphärischer Ozonabbau – ODP“ festzustellen. Dabei erhöhen sich die herstellungsbedingten Umweltwirkungen durch den Transport zur Baustelle zwischen 14% und 65%“ (Passer et al. 2009, S. 125).



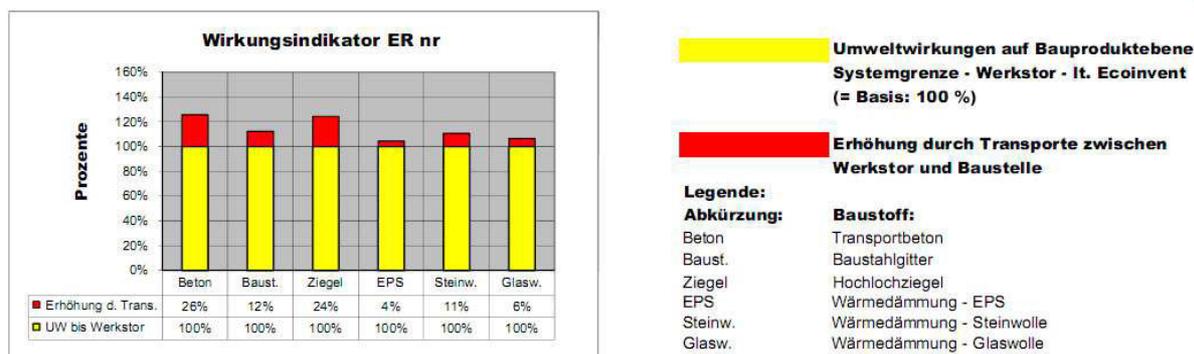


Abbildung 20: Auswirkungen der transportbedingten Umweltwirkungen (Werkstor – Baustelle) auf Bauprodukt-ebene, bezogen auf Tonne Bauprodukt; die herstellungsbedingten Umweltwirkungen werden dabei jeweils mit 100% festgelegt und die transportbedingten Umweltwirkungen jeweils als Erhöhungen dargestellt, Quelle: Passer et al. 2009, S. 126

Auf Gebäudeebene wurden die transportbedingten Umweltwirkungen am Beispiel der Passivwohnanlage Utendorfasse untersucht, welche auch in den Teilprojekten zum OI3 als Referenzgebäude gedient hatte (siehe Kapitel 3.2 und 3.3). Ziel war, mit Hilfe des Transportmodells den Anteil der transportbedingten Umweltwirkungen an den Umweltwirkungen, die mit der Herstellung der Baustoffe verbunden sind, zu ermitteln. Dazu wurden die mit dem Transportmodell ermittelten Datensätze zu den Umweltwirkungen der einzelnen Bauprodukte (Transportbeton, Baustahlgitter und Dämmstoff) mit den jeweiligen Massenvordersätzen des Referenzprojekts Utendorfasse sowie mit den Transportdistanzangaben der befragten Hersteller multipliziert. Als räumliche Bilanzgrenze wurde die in Kapitel 3.3 definierte Bilanzgrenze 3 festgelegt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 21 dargestellt.

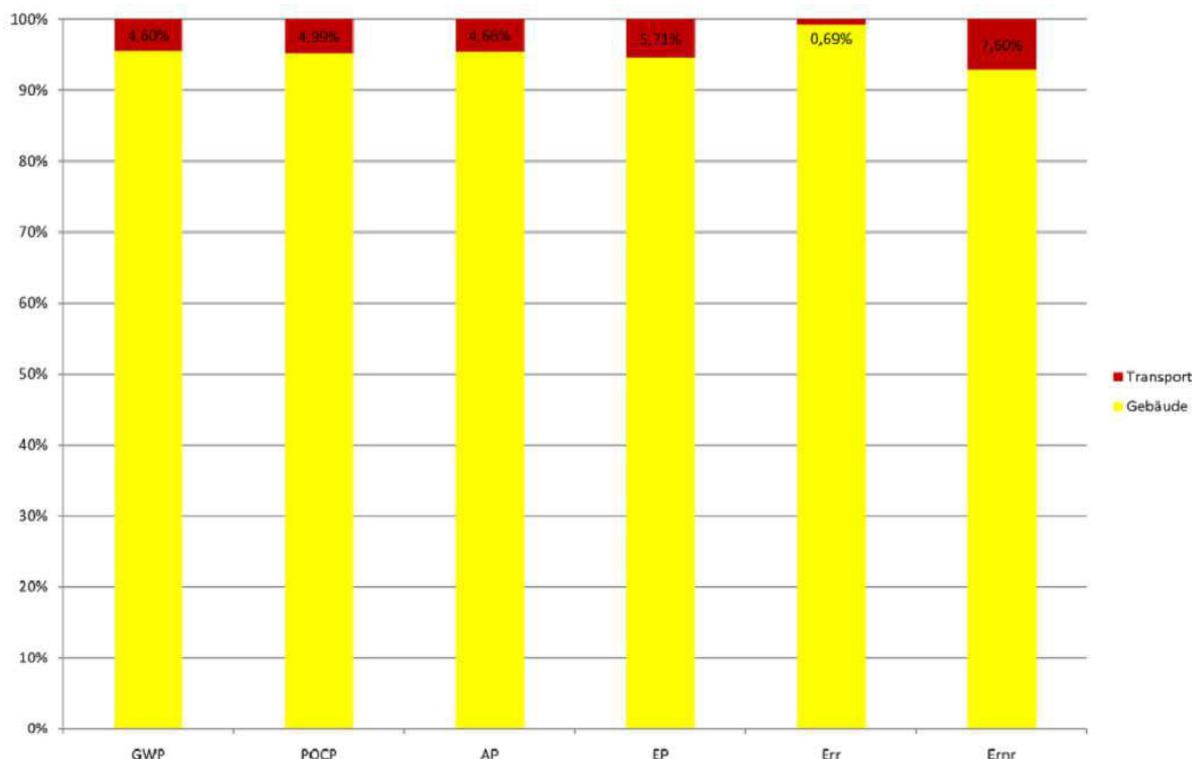


Abbildung 21: Anteil der transportbedingten Umweltwirkungen an den herstellungsbedingten Umweltwirkungen am Beispiel des in Stahlbetonbauweise errichteten Referenzgebäudes Utendorfasse, Quelle: Passer et al. 2009, S. 127

3.6 Kreislaufwirtschaft im Bauwesen

Teilprojekt 05: Konzept zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen

Projektbeteiligte: Prof. Dr. Helmut Rechberger, DI Stanimira Markova (beide TU Wien, Institut für Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft)

3.6.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Definition von ressourcenbezogenen Indikatoren für das Bauwesen
- Analyse des klassischen Planungsprozesses in Hinblick auf die Generierung der materiellen Information im Bauwesen
- Entwicklung eines materiellen Gebäudepass-Konzeptes

3.6.2 Einleitung

Hintergrund für das gegenständliche Projekt ist die „Erkenntnis, dass das Bauwesen auf der einen Seite der größte Verbraucher einer Reihe wichtiger Ressourcen (Materialien) ist und andererseits die Produkte des Bauwesens, in Form von Bauwerken, den wichtigsten Bestand (Sekundärlager) in einer Volkswirtschaft darstellen. Dieses Lager ist in Zukunft effizienter, kontrollierter und planbarer zu nutzen“ (Rechberger et al. 2009, S. 8).

Der Bausektor steht dabei vor folgenden Herausforderungen:

- Langfristig stehen dem Bauwesen wesentliche Ressourcen nicht mehr in gleichem Ausmaß wie derzeit zur Verfügung.
- Bauwerke stellen den größten Bestand an Sekundärressourcen in einer Volkswirtschaft dar.
- Die materielle Zusammensetzung der Bauwerke ist nicht ausreichend bekannt, um effizientes Recycling betreiben zu können.
- Zukünftig ansteigende Mengen an Baurestmassen erfordern höhere Recyclingraten, da Deponieraum knapp ist.

Ziel des Projekts war es daher, „methodisch-konzeptionelle Grundlagen zu entwickeln, die einen Beitrag zur Optimierung der Ressourcenbewirtschaftung im Bauwesen leisten“ (Rechberger et al. 2009, S. 8)

3.6.3 Inhaltliche Darstellung

3.6.3.1 Ermittlung des Baumaterialverbrauchs (Systemgrenze Österreich)

Im ersten Arbeitsschritt wurde auf Basis von Statistiken und Branchenberichten eine qualitative, in Haupt- und Untergruppen unterteilte Zusammenstellung der Materialien erarbeitet, die heute in Österreich im Bauwesen eingesetzt werden. Auf Basis dieser qualitativen Erfassung wurden für die Hauptgruppen (Natursteine, mineralische Werkstoffe, Bauglas, Bindemittel,

Putz und Estrich, metallische Werkstoffe, Kunststoffe, Holz und Holzwerkstoffe) und für einige Untergruppen auch Massenermittlungen durchgeführt. Diese Analysen zeigten, dass der Verbrauch bei den klassischen Baumaterialien im Allgemeinen durch ein konstantes, gleichmäßiges Wachstum geprägt ist. Eine signifikante Steigerung lässt sich nur bei Holz ausmachen.

Zudem sind im Bauwesen immer mehr neue Materialien vertreten, die komplexeren Anforderungen durch bessere funktionelle oder ästhetische Eigenschaften genügen, wie beispielsweise flüssiges Holz, transparenter Beton oder nanotechnologisch modifizierte Glas- oder Kunststoffe. Diese Materialien machen jedoch nur einen geringen Anteil am Materialverbrauch im Bauwesen aus.

3.6.3.2 Definition von ressourcenbezogenen Indikatoren für das Bauwesen

Grundlage für diesen Arbeitsschritt war eine Analyse existierender Gebäudebewertungssysteme in Hinblick auf die Berücksichtigung ressourcenrelevanter Kriterien. Auf dieser Basis wurden vier Indikatoren, mit welchen der Ressourcenverbrauch und die Ressourceneffizienz im Bauwesen beurteilt werden kann, definiert und anhand einer qualitativen Materialbilanz mit Systemgrenze Österreich dargestellt. Die vier Ressourcenindikatoren werden im Folgenden näher beschrieben.

- Indikator Verfügbarkeit

Der Indikator Verfügbarkeit beruht auf der Berechnung der statischen Reichweite (Reserven dividiert durch Jahresverbrauch). Zusätzlich gehen die verfügbaren Ressourcen im anthropogenen Sekundärlager, die potenzielle Rezyklierbarkeit des Lagers und der Beitrag aus dem Recycling-Rücklauf in die Berechnung ein (siehe Abbildung 22).

$\text{Statische Reichweite [a]} = \frac{\text{Reserven[t]}}{\text{Verbrauch[t/a]}}$	$V[\alpha] = \frac{L_{ER} + L_{IR} + \sum L_{N_n} \cdot f_{rec} + L_P}{V_{total} - R_{rec} - \Delta L}$
--	---

Abbildung 22: Indikator Verfügbarkeit, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 21

Am Beispiel Aluminium bewirkte die Berücksichtigung dieser zusätzlichen Faktoren beispielsweise eine Änderung der Verfügbarkeit im Vergleich zur statischen Reichweite von 42 auf 78 Jahre (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Berechnung der Verfügbarkeit nach der in Abbildung 22 dargestellten Methode am Beispiel Aluminium, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 22

Parameter	Bezeichnung	Wert
L_{ER} [t]	Externe Reserven (für Österreich)	17 Mio.t
L_{IR} [t]	Interne Reserven	0
L_P [t]	Lager in der Produktion (Annahme)	0
ΔL [t/a]	Lagerzuwachs (Sekundärlager)	81.890 t
R_{rec} [t/a]	Sekundäraluminium	80.000 t/a
$\sum L_{Nn}$ [t]	Gesamtes Sekundärlager	2.803.000 t
$V_{total} = V_{bau} + V_{rest}$ [t/a]	Gesamtverbrauch für das System Österreich	409.000 t/a
f_{rec}	Faktor zur Berücksichtigung der Rezyklierbarkeit des Lagers	0,85
Klassische statische Reichweite (für Österreich) [a]		42
Verfügbarkeit [a]		78

- Indikator Rezyklierbarkeit

Der Grad der Rezyklierbarkeit kann auf zwei Arten angegeben werden. Entweder als Verhältnis aus dem rezyklierten Material und dem Materialinput in das Bauwesen (durch Import oder Inlandsproduktion) oder als Verhältnis aus dem rezyklierten Material und dem Materialoutput aus dem Bauwesen. Obwohl die erste Option methodisch korrekter wäre, ist sie praktisch nicht durchführbar, da es zum heutigen Zeitpunkt keine Dokumentation gibt, die die Materialzusammensetzung von einzelnen Bauwerken oder Siedlungen liefern könnte. „Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit der Grad der Rezyklierbarkeit als die Relation der Massen des rezyklierten Materials, die in das System zurück fließen, zu den Output-Massen des Materials nach Abbruch definiert“ (Rechberger et al. 2009, S. 22). Der Grad der Rezyklierbarkeit hängt dabei stark von der Art des Abbaus, der Sammlung und Aufbereitung sowie dem Stand der Technik ab.

$$BR_{rec} = BR_{total} \cdot k_{ab} \cdot k_{tr}$$

$$R_{rec} = BR_{rec} \cdot k_{tech}$$

$$Rec = \frac{R_{rec}}{BR_{total}}$$

Abbildung 23: Indikator Rezyklierbarkeit, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 23

In Tabelle 6 ist die Berechnung des Grads der Rezyklierbarkeit für die Materialien Holz, Aluminium und Kies dargestellt.

Tabelle 6: Berechnung der Rezyklierbarkeit nach der in Abbildung 23 dargestellten Methode am Beispiel Holz, Aluminium, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 22

		Holz [AT]		Al [AT]		Kies [CH]	
BR_{total}	Baurestmassen	Mio fm/a	9,7	t/a	17.000	Mio. t/a	11,9
BR_{rec}	Baurestmassen für Recycling	Mio fm/a	2,3	t/a	17.000	Mio. t/a	11,9
Rrec_{,bau}	rezykliertes Material Bau	Mio fm/a	0,17	t/a	15.900	Mio. t/a	9,52
k_{ab}	Faktor für den selektiven Abbau	-	0,8		0,9*		0,8*
k_{tr}	Faktor für die Trennbarkeit	-	0,3		0,9*		0,8
k_{tech}	Faktor für den Stand der Technik	-	0,23		0,94		0,8*
Rec_{,bau}	Grad der Rezyklierbarkeit Bau	%	1,8**	%	84,6	%	80

- Indikator Eigenversorgung

„Die Eigenversorgung gibt an, wie viele Jahre sich eine Region mit einem bestimmten Material ohne Import versorgen kann. Im Fall von erneuerbaren Ressourcen kann der Indikator Eigenversorgung negativ werden, was einen Überschuss im System bedeutet“ (Rechberger et al. 2009, S. 24).

$$E[\alpha] = \frac{L_{IR} + \sum L_{Nn} \cdot f_{rec} + L_F}{V_{total} - R_{rec} - \Delta L_{IR}} \quad E[\alpha] = \frac{L_{IR} + \sum L_{Nn} \cdot f_{rec} + L_F}{V_{total} - R_{rec} - \Delta L_{IR}}$$

Abbildung 24: Indikator Eigenversorgung, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 24

Tabelle 7 zeigt die Berechnung des Indikators Eigenversorgung am Beispiel Aluminium und Holz.

Tabelle 7: Berechnung der Eigenversorgung nach der in Abbildung 24 dargestellten Methode am Beispiel Aluminium und Holz, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 24

Parameter		Aluminium	Holz
		t/a	Mio fm (Stand 2003)
L_{IR} [t] / L_{IR} [fm]	Interne Reserven	0	1094,73
ΔL [t] / ΔL [fm]	Lagerzuwachs	81.890	31,4
R_{rec} [t/a] / R_{rec} [fm/a]	Beitrag des rezyklierten Materials	80.000	0,168
$\sum L_{Nn}$ [t] / $\sum L_{Nn}$ [fm]	Gesamtes Sekundärlager	2.803.000	31,25
V_{total} [t/a] / V_{total} [fm/a]	Gesamtverbrauch für das System Österreich	409.000	26,6
f_{rec}	Faktor zur Berücksichtigung der Rezyklierbarkeit im Lager	0,85	0,07
mögliche Eigenversorgung [a]		8	Überschuss

Die Ergebnisse zeigen, dass sich Österreich auf Basis des derzeitigen Verbrauchs beliebig lange mit Holz versorgen könnte. Bei Aluminium ist Österreich jedoch stark auf Importe angewiesen.

- Indikator Scale-Up

Mit dem Indikator Scale-Up können Prognosen zur Materialverfügbarkeit oder Eigenversorgung in einer Region gemacht werden, unter der Annahme, dass sich der Verbrauch in einer oder in mehreren Branchen ändert.

Der Indikator kann – unter leichten Modifikationen – sowohl für offene als auch für geschlossene Systeme angewandt werden.

Offene Systeme

Im Fall eines offenen Systems wird gezeigt, wie sich die Verfügbarkeit eines Materials ändert, wenn eines oder mehrere Industriesegmente den Verbrauch um einen bestimmten Faktor ändern (Berechnungsalgorithmus siehe Abbildung 25).

$$K_{scale}[\alpha] = \frac{L_{ER} + L_{IR} + \sum L_{Nn} \cdot f_{rec} + L_F}{(\sum V_{rest} + k'_1 \cdot V_1 + \dots + k'_n \cdot V_n) - R_{rec} - \Delta L}$$

Abbildung 25: Indikator Scale-Up für offene Systeme, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 25

Tabelle 8 zeigt die Berechnung des Indikators Scale-Up für offene Systeme am Beispiel Aluminium.

Tabelle 8: Berechnung des Indikators Scale-Up für offene Systeme nach der in Abbildung 25 dargestellten Methode am Beispiel Aluminium, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 25

Parameter		Wert
L_{ER} [t]	Externe Reserven	17 Mio.t
L_{IR} [t]	Interne Reserven	0
L_P [t]	Lager in der Produktion	0
ΔL [t/a]	Lagerzuwachs (Sekundärlager)	81.890 t
R_{rec} [t/a]	Sekundäraluminium	80.000 t/a
$\sum L_{Nn}$ [t]	Gesamtes Sekundärlager	2.803.000 t
V_{rest} [t/a]	Verbrauch Rest	354.000 t/a
V_{bau} [t/a]	Verbrauch im Bauwesen	55.000 t/a
f_{rec}	Faktor zur Berücksichtigung der Rezyklierbarkeit im Lager	0,85
k'		2
$V[a]$	Verfügbarkeit	78
$Knappheit_{sclae}$ [a]	Berechnetes Scale-up	64

Geschlossene Systeme

Im Fall eines geschlossenen Systems wird gezeigt, wie lange sich eine Region noch selbst versorgen kann, wenn weder Importe noch Exporte, sondern nur die eigenen Reserven und Verbrauchsänderungen in der Region berücksichtigt werden.

$$K_{scale}[a] = \frac{L_{IR} + \sum L_{Nn} \cdot f_{rec} + L_P}{(\sum V_{rest} + k'_1 \cdot V_1 + \dots + k'_n \cdot V_n) - R_{rec} - \Delta L}$$

Abbildung 26: Indikator Scale-Up für geschlossene Systeme, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 26

Tabelle 9 zeigt die Berechnung des Indikators Scale-Up für geschlossene Systeme am Beispiel Holz.

Tabelle 9: Berechnung des Indikators Scale-Up für geschlossene Systeme nach der in Abbildung 26 dargestellten Methode am Beispiel Holz, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 26

		Scale- Up 2011		Scale- Up 2016
		Mio fm (Stand 2003)	Mio fm	Mio fm
L_{IR} [fm]	Bestand	1094,73		
ΔL [fm]	Zuwachs (jährlich, Stand 2003)	31,4		
ΣL_{Nn} [t]	Gesamtes Sekundärlager	k.A.	k.A.	k.A.
L_P	Lager in der Produktion	0	0	0
f_{rec}	Faktor zur Berücksichtigung der Rezyklierbarkeit im Lager	k.A.	k.A.	k.A.
V_{bau} [fm/a]	Verbrauch Bau	16,70	22,55	25,05
V_{en} [fm/a]	Verbrauch Energetisch	8,50	16,32	20,32
V_{rest} [fm/a]	Verbrauch Rest (Annahme: unverändert)	4,10		
k'_{bau}	Verbrauchsfaktor Bau (Prognose, EMPA)	1,00	1,35	1,50
k'_{rest}	Verbrauchsfaktor Energetisch (Prognose, interpoliert)	1,00	1,92	2,39
K_{scale} [a]	Selbstversorgung/Verfügbarkeit (regional, ohne Import)	Überschuss	78	53

3.6.3.3 Analyse des klassischen Planungsprozesses in Hinblick auf die Generierung von materiellen Informationen

In diesem Projektteil wurden die wichtigsten Schritte im klassischen Planungsprozess, die sich direkt auf die Generierung der materiellen Information auswirken, sowie die Akteure im Bauprozess ermittelt, um daraus Anforderungen an das zu entwickelnde Gebäudepass-Konzept zu definieren.

Es zeigte sich, dass im Rahmen der derzeit üblichen Dokumente im Bauprozess (Vertrag, Leistungsbeschreibung) „die materielle Information nicht ausreichend genug dokumentiert wird, sodass eine nachträgliche Erfassung in jedem einzelnen Fall nötig wäre“ (Rechberger et al. 2009, S. 40).

Ein weiteres Problemfeld in Hinblick auf die spätere Nutzung von Gebäuden als Sekundärlagerstätte ist, dass die materielle Information über den Lebenszyklus eines Gebäudes nicht in

einer geeigneten Form erhalten wird, auch wenn sie teilweise während der Errichtungsphase gesammelt wurde.

3.6.3.4 Entwicklung eines materiellen Gebäudepass-Konzepts

Im letzten Arbeitsschritt wurde ein Gebäudepass-Konzept entworfen, mit dem die materielle Information dokumentiert werden kann. „Diese Dokumentation beschreibt das Bauwerk in materieller Hinsicht so eindeutig, dass genaue qualitative und quantitative Aussagen über spätere Wiederverwertungsmöglichkeiten der eingesetzten Materialien als Produkte in der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen getroffen werden können“ (Rechberger et al. 2009, S. 38). Neben der quantitativen Information zu den verbauten Materialien sind auch Informationen über die Lage der Materialien, die Verteilung in den Konstruktionen, sowie Informationen zum Zustand der Materialien in Hinblick auf Verbundwerkstoffe im Gebäudepass enthalten.

Die Dokumentation der Materialien erfolgt dabei über zwei Zugänge:

- Qualitativ, Top-Down
- Quantitativ, Bottom-Up

Beim Top-Down-Ansatz wird das Gebäude zuerst in die einzelnen Funktionsbereiche (Fundament, Tragwerk, Fassade, Dach etc.) unterteilt und dann weiter in die einzelnen Bauelemente bis hin zu den Baumaterialien. In der detailliertesten Ebene wird die materielle Information für jedes einzelne Material in jeder einzelnen Bauteilschicht angegeben. Beim Bottom-Up-Ansatz wird für jedes Material, das in einem Bauteil vorkommt, die Masse eingetragen. Das Ergebnis ist ein Dokument, das alle Massen beinhaltet und zusätzlich darstellt

- wo sich die Materialien genau befinden
- ob es gemeinsame Bauelemente für zwei oder mehrere funktionelle Bereiche gibt
- ob die Bauelemente bzw. –materialien trennbar sind.

Das materielle Gebäudepass-Konzept wurde anhand zweier Beispiele – dem Referenzgebäude Passivwohnhausanlage Utendorfgasse und einem Einfamilienhaus – durchgerechnet.

4 Soziale Nachhaltigkeit

„Die Idee sozialer Nachhaltigkeit basiert auf dem Konzept der inter- bzw. intragenerativen Gerechtigkeit als Mittel zur Friedenssicherung. Dementsprechend weit ist das Feld der sozialen Nachhaltigkeit gefasst, da sich in dieser Säule auch die globalen Unterschiede bezgl. eines allgemeinen Nachhaltigkeitsverständnisses infolge der unterschiedlichen Lebensbedingungen widerspiegeln“ (Schneider et al. 2010, S. 15).

So findet sich in der 13. Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages folgende Definition der sozialen Nachhaltigkeit: „Die soziale Dimension ist existenzielle Grundlage und tragende Säule unserer gesellschaftlichen Entwicklung. Soziale Stabilität sowohl für das Individuum als auch die Sozialgemeinschaft ist unverzichtbar. Das Wesen der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit liegt in ihrer Schutzfunktion und der Umsetzung von gesellschaftlich determinierten Gerechtigkeitsvorstellungen und -zielen, und damit des sozialen Ausgleichs“ (Enquete-Kommission des Deutschen Bundestags, S. 77).

Um die Aspekte der menschlichen Existenz, die über die Grundbedürfnisse (z.B. „ein Dach über dem Kopf haben“) hinausgehen, abzudecken, wurde der Begriff der sozio-kulturellen Nachhaltigkeit geprägt. Darin werden Begriffe wie Ästhetik, Kunst, die Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt etc. subsumiert.

Da die soziale Dimension der Nachhaltigkeit vielfach noch wenig Beachtung findet, ist ein grundsätzlicher Diskurs über die Anforderungen an das Bauen unter diesem Aspekt besonders wertvoll. Wie das Beispiel Wien mit der Bewertung der zur Förderung eingereichten Projekte durch die „Leitstelle Alltags- und Frauengerechtes Planen und Bauen“, sowie die Erweiterung der Bewertung im Grundstücksbeirat und in dem Bauträgerwettbewerben um die soziale Komponente zeigt, ist eine derartige Diskussion durchaus zeitgemäß.

4.1 Soziale Aspekte in baurelevanten Nachhaltigkeitstools

Teilprojekt 13: Strategien und Konzepte zur Integration sozialer Aspekte in baurelevante Nachhaltigkeitstools

Projektbeteiligte: DI Wibke Tritthart, Mag. Jürgen Suschek-Berger (beide IFZ – Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur)

4.1.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Systematische Zusammenstellung vorhandener Ansätze und Strategien zur Integration sozialer Aspekte in baurelevante Nachhaltigkeitstools
- Entwicklung einer Matrix, in der soziale Aspekte im Baubereich in Bezug auf die betroffenen Personengruppen und die Gebäude-Lebenszyklusphasen dargestellt sind
- Wesentlicher Input in die Arbeitsgruppe Soziales des CEN TC 350
- Leitfaden zur Berücksichtigung der sozialen Nachhaltigkeit bei Gebäuden

4.1.2 Einleitung

Ähnlich wie die Ökobilanz zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Bauprodukten und Gebäuden herangezogen wird, so können mit Hilfe einer „Sozialbilanz“ (social life cycle assessment) die Auswirkungen im Bereich der sozialen Nachhaltigkeit analysiert werden. Aspekte der sozialen Nachhaltigkeit betreffen dabei eine Vielzahl an unterschiedlichen Bereichen des Baugeschehens. „So werden bei Produktion und Verarbeitung von Baustoffen sowie ihrer Nutzung im verbauten Zustand soziale Aspekte berührt; genauso aber auch bei der Planung und Nutzung des Gebäudes, und schließlich bei der Einbettung des Gebäudes in seine Umgebung“ (Tritthart 2010, Leitfaden).

Im Gegensatz zu den bereits relativ weit entwickelten Indikatoren der ökologischen Nachhaltigkeit sind Indikatoren, mit welchen soziale Auswirkungen im Gebäudebereich gemessen werden können, noch kaum vorhanden. Einerseits sind soziale Aspekte in Gebäudebewertungssystemen bisher meist im Bereich des Komforts und der Gesundheit integriert und decken damit bei weitem nicht das gesamte Spektrum der sozialen Nachhaltigkeit ab. Andererseits lässt sich aus den klassischen Sozialindikatoren wie Armutsquote, Lebenserwartung, Einkommen, Bildungsniveau, Analphabetenrate, Kriminalitätsrate etc. keine Beurteilung der sozialen Nachhaltigkeit einzelner Gebäude ableiten.

Ziel des vorliegenden Projekts war es daher, die vorhandenen Ansätze und Strategien (siehe Abbildung 27) zur Bewertung der sozialen Nachhaltigkeit von Gebäuden zu analysieren. Durch diese Systematisierung wurde eine Grundlage für die Integration sozialer Aspekte in baurelevante Nachhaltigkeitstools geschaffen.

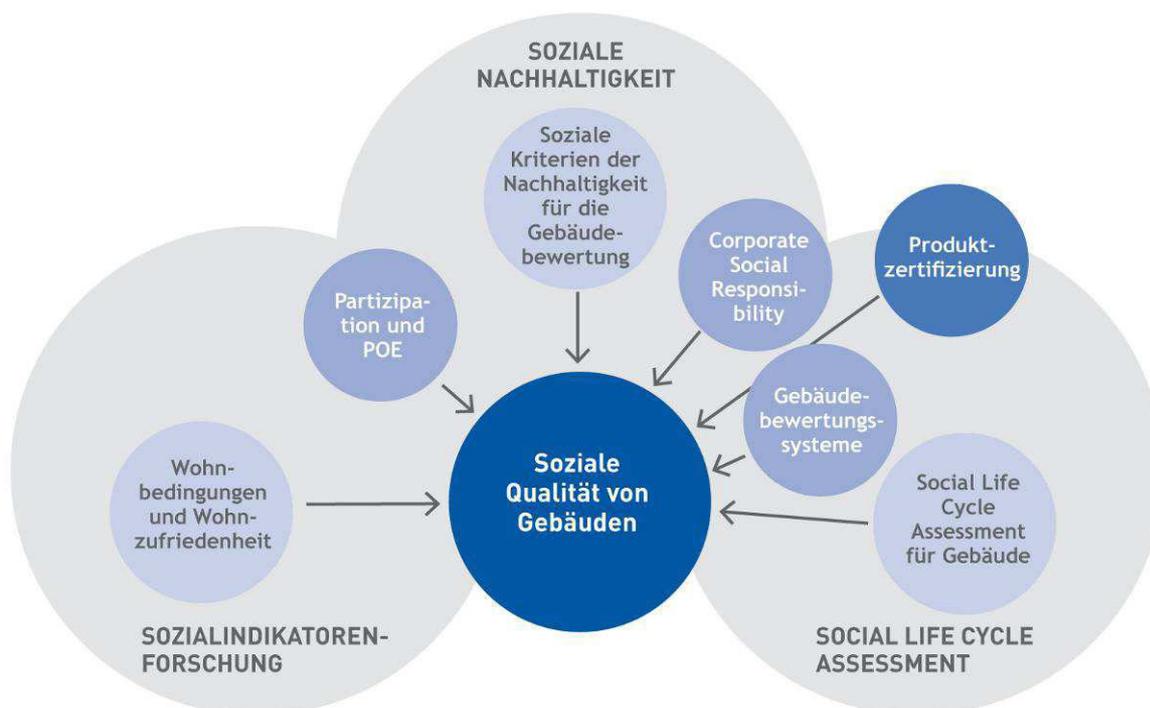


Abbildung 27: Strategien und methodische Ansätze zur Integration sozialer Aspekte in die Gebäudebewertung, Quelle: Tritthart et al. 2009, S. 17, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck

4.1.3 Inhaltliche Darstellung

Im Rahmen des gegenständlichen Projekts wurden folgende Fragestellungen untersucht:

- Welche Aspekte im Baubereich sind wesentlich, wenn die soziale Nachhaltigkeit eines Gebäudes beurteilt werden soll? In welcher Phase des Gebäudelebenszyklus treten soziale Aspekte auf und welche Akteure sind jeweils betroffen?
- In welcher Weise werden sozialen Aspekte bisher in Instrumenten und Methoden für den Entwurf und Bau nachhaltiger Gebäude berücksichtigt? Welche Indikatoren werden herangezogen, um die soziale Nachhaltigkeit von Gebäuden zu messen?

Die wesentlichsten Ergebnisse wurden in einem Leitfaden zur Berücksichtigung der sozialen Nachhaltigkeit bei Gebäuden zusammengefasst, der unter www.nachhaltigkeit-massiv.at downgeloadet werden kann (Dateiname: P13_Leitfaden Soziales).

4.1.3.1 Definition der sozialen Nachhaltigkeit von Gebäuden

Den Hintergrund für die Arbeit stellte die allgemeine Nachhaltigkeitsdefinition „Sustainable development is a development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“ (Brundtlandt-Report, 1987) dar. Bezogen auf die soziale Nachhaltigkeit geht es dabei vor allem um die Handlungsfelder „Sicherung der menschlichen Existenz“ und „Bewahrung von Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten“, wie sie auch im Rahmen der Publikation „Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet“ (Kopfmüller 2001) definiert wurden.

Tabelle 10: Ziele des Handlungsfeldes „Sicherung der menschlichen Existenz“ und ihr Zusammenhang mit dem nachhaltigen Bauen, Quelle: Tritthart et al. 2009, S. 22

Sicherung der menschlichen Existenz	
Schutz der menschlichen Gesundheit	Schadstoffbelastung in Innenräumen, Lärmbelastung im Wohnbereich / -umfeld
Gewährleistung der Grundversorgung	Versorgung mit Wohnraum, Chancengleichheit am Wohnungsmarkt
Selbstständige Existenzsicherung	Bau- und Wohnungssektor als Arbeitsmarkt, Auswirkungen veränderter Arbeitsverhältnisse auf räumliche Nutzungsmuster
Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten	Gerechter Zugang zu Energieressourcen, gerechte Verteilung von CO ₂ -Emissionsrechten
Ausgleich extremer Einkommens- und Vermögensunterschiede	Wachsende soziale Ungleichheit und zunehmende regionale Disparitäten, Wohnungswirtschaft zwischen Markt und sozialer Frage, Phasen sozialstaatlicher Wohnungspolitik im 20. Jahrhundert - Trendwende in der Wohnungspolitik zu Beginn des 21.

	Jahrhunderts?
--	---------------

Diesen Begriffen untergeordnet ist eine Reihe von sozialen Nachhaltigkeitszielen, wie etwa Schutz der menschlichen Gesundheit, Gewährleistung der Grundversorgung (Nahrung, Bildung, Energie etc.), gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten, Ausgleich extremer Einkommens- und Vermögensunterschiede, Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen, Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt etc (siehe Tabelle 10). All diese Kriterien haben Berührungspunkte mit dem Thema Bauen. So ist etwa Wohnen zugleich Grundbedürfnis und Bestandteil der Kultur. „Eine Besonderheit des Bau-sektors liegt neben der Langlebigkeit seiner Produkte darin, dass eine Vielzahl von AkteurInnen darin involviert ist. Um nur einige zu nennen: ArchitektInnen, PlanerInnen, EigentümerInnen, ImmobilienmaklerInnen, Wohnbaugesellschaften, Bauunternehmen, Finanzierer, Behörden und Gesetzgeber etc.“ (Tritthart et al. 2009, S. 22).

Auch in dem 2001 vom deutschen Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen herausgegebenen „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ wurden zehn praxisrelevante Grundkriterien definiert, welche sozial nachhaltige Gebäude erfüllen müssen (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Zehn Praxisrelevante Grundkriterien für sozial nachhaltige Gebäude, Quelle: Tritthart et al. 2009, S. 24, nach Greiff 2005

Akzeptanz	Barrierefreiheit	Baukultur
Erreichbarkeit	Integration	Kommunikation
Partizipation	Sicherheit vor Übergriffen	Vereinbarkeit von Familie und Beruf
Zufriedenheit mit den physischen Bedingungen der Erwerbsarbeit		

4.1.3.2 Kriterien für die Wohnzufriedenheit

Wohnzufriedenheit ist ein wesentlicher Bestandteil der Lebensqualität. Aus diesem Grund existieren zahlreiche Studien und Befragungen, die sich der Erhebung der Wohnzufriedenheit widmen. „Die wichtigste diesbezügliche Befragung wird von den nationalen Statistischen Ämtern als EU-SILC-Erhebung (European Community on Income and Living Conditions) (...) durchgeführt“ (Tritthart et al. 2009, S. 28). Der Fokus dieser Erhebung liegt zwar auf dem Einkommen, dennoch werden auch detaillierte Informationen zu den Wohnbedingungen u.ä. abgefragt. Auf Basis der EU-SILC-Daten wurde von Czasny (2006) für Österreich eine Auswertung der Wohnzufriedenheit unter den Schwerpunkten Rechtsverhältnis und Haushaltstyp durchgeführt (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Wohnzufriedenheit in Österreich in Abhängigkeit von Rechtsverhältnis und Haushaltstyp, Czasny et al. 2006, S. 9

Rechtsverhältnis	Einpersonen- haushalt		Mehrpersonen- haushalt ohne Kind		Mehrpersonenhaushalt ohne Pension				Insge- samt
	mit Pension	ohne Pension	mit Pension	ohne Pension	zwei Erwachsene und			Allein- erzieher- In	
					ein Kind	zwei Kinder	3 o.m. Kindern		
Hauseigentümer	5,3	5,3	5,5	5,5	5,6	5,7	5,5	5,5	5,5
Wohnungseigentümer	5,3	5,2	5,2	5,4	5,3	5,2	((5,2))	5,5	5,3
mietfreie Wohnung/Haus	5,4	4,9	5,4	4,9	5,4	5,3	((5,0))	((5,5))	5,2
GBV-Mietwohnung	4,9	4,9	5,2	5,2	5,2	4,9	4,6	5,0	5,0
Gemeindewohnung	4,9	4,5	5,0	4,5	4,5	4,2	((4,0))	4,6	4,6
private Hauptmietwohnung	4,6	4,6	5,2	4,7	4,6	4,2	3,7	4,0	4,6
private Untermiete	((3,7)) ²	4,1	((5,4))	4,4	((3,7))	((4,2))	((3,8))	((4,7))	4,1
Zusammen	5,1	4,8	5,4	5,2	5,2	5,2	5,0	4,9	5,1

(N= 4.519)

Erläuterungen:

- Die der Erhebung zugrunde liegende Skala der Wohnzufriedenheit hat 6 Ausprägungen: (1) sehr unzufrieden, (2) ziemlich unzufrieden, (3) eher unzufrieden, (4) eher zufrieden, (5) ziemlich zufrieden, (6) sehr zufrieden. Die Tabelle fußt auf einer Auswertung, welche für jeden Haushalt die durchschnittliche Wohnzufriedenheit aller befragten Personen ermittelte.
- Bei doppelt eingeklammerten Werten ist die Besetzungszahl der jeweiligen Zelle in der ungewichteten Stichprobe kleiner als 20.

Tabelle 12 zeigt, dass die Wohnzufriedenheit bei EigentümerInnen höher als bei MieterInnen ist. In Hinblick auf die Haushaltstypen zeigt die Tabelle weiters, dass sich bestimmte Haushaltstypen (Familien mit mehr als 2 Kindern, Alleinerziehende) schwerer tun, ihre Wohnwünsche zu befriedigen, was nicht zuletzt an der Wohnkostenproblematik liegt.

Weitere Prädiktoren für die Wohnzufriedenheit sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Prädiktoren der Wohnzufriedenheit, Quelle: Tritthart et al. 2009, S. 43

objektive Umweltmerkmale:	demographische Variablen:	Personenmerkmale:
Wohngegend	Alter	bereichsspezif. Selbstzufried.
Haustyp	Staatsbürgerschaft	allgem. Lebenszufriedenheit
Hausalter	Geschlecht	Ortsverbundenheit
Personen im Haushalt	Bildung	Vergleichsmaßstäbe
Kinder im Haushalt	beruflicher Status	Potenzial zur Dissonanzred.
Hausverwaltung	familiärer Status	
Bauarbeiten im Haus	Einkommen	

Nicht selten kommt es allerdings zu einem Widerspruch zwischen ökologischen und sozialen Zielen. So steigt beispielsweise die Wohnzufriedenheit mit der Wohnungsgröße an, gleich-

zeitig nehmen aber auch die ökologischen Belastungen (Energie-, Flächen- und Materialverbrauch) zu.

4.1.3.3 Social Life Cycle Assessment

Im Rahmen von Social Life Cycle Assessment (SLCA) werden die sozialen und sozio-ökonomischen Auswirkungen, die ein Produkt während seines Lebenszyklus nach sich zieht, analysiert. Die Festlegung der Systemgrenze von sozialen Belastungen fällt dabei oft schwer, da beispielsweise große Siedlungsbauten in vielen Fällen auch mit umfangreichen Infrastrukturprojekten zur Erschließung einhergehen, die wiederum positive (Arbeitsmarkt) als auch negative (Lärm, Verkehr, Verlust an Grünraum) Effekte nach sich ziehen. Genauso wie die ökologische stützt sich auch die soziale Lebenszyklusanalyse auf die Normen ISO 14040 und ISO 14044.

4.1.3.4 Instrumente zur Darstellung und Bewertung von sozialen Aspekten

Soziale Aspekte waren von Beginn an in Gebäudebewertungssystemen (etwa BREEAM, LEED, TQB, klima:aktiv, DGNB) enthalten - hauptsächlich in den Kategorien Gesundheit und Komfort, aber auch in Bereichen, die den Bauprozess betreffen.

Neben den klassischen Gebäudebewertungssystemen existieren auch noch zahlreiche andere in der Bauwirtschaft etablierte Richtlinien und Instrumente zur Berücksichtigung der sozialen Nachhaltigkeit, wie etwa:

- Zertifikat des FSC (Forest Stewardship Council) für Holz und Holzprodukte
- Xertifix – Natursteine ohne Kinderarbeit
- RESPIRO-Leitfaden für sozial verantwortliche Beschaffung im Baugewerbe
- CSR – Corporate Social Responsibility
 - Norm SA 8000: weltweite Norm zur Auditierung und Zertifizierung der Unternehmensverantwortung
 - GRI – Global Reporting Initiative
 - SBSC – Sustainable Balanced Scoreboard

4.1.3.5 Entwicklung einer Matrix zur Systematisierung der sozialen Nachhaltigkeit im Bauwesen

„Für die Systematisierung der sozialen Aspekte im Baubereich wurde das zentrale Produkt, das Gebäude, in den Mittelpunkt gestellt und eine Betrachtung entlang seines Lebenszyklus angestellt“ (Tritthart et al. 2009, S. 56).

Tabelle 14 zeigt die wesentlichen, im Lebenszyklus eines Gebäudes auftretenden Phasen inkl. einer kurzen Charakterisierung. Diese einzelnen Phasen werden zu den Hauptphasen „Vor der Nutzung“, „Nutzung“ und „Nach der Nutzung“ zusammengefasst und stellen eine Achse der entwickelten Matrix dar.

Tabelle 14: Darstellung der Lebenszyklusphasen eines Gebäudes und Zusammenfassung in Hauptphasen, Quelle: Tritthart et al. 2009, S. 56.

Vor der Nutzung	Planung	Bedarfsplanung und Baugrundstück
		Nutzungs- und Raumkonzept, Auswahl des Planerteams
		Vorentwurf, Entwurf und Einreichung/Baugenehmigung
		Detailplanung und Ausschreibung
	Bauprodukte und Errichtung	Abbau/Gewinnung der Rohstoffe und Herstellung der Rohmaterialien und etwaiger Vorprodukte (inkl. Transporte)
		Produktion von Baustoffen, Bauprodukten und Komponenten
		Transporte der Baumaterialien und Produkte von ihren Produktionsstätten zur Baustelle
		Errichtung und Übergabe
Nutzung	Nutzung 1	Nutzung (wie geplant) und Betrieb (laufend)
		Wartung und Reparatur
	Nutzung 2 (3, 4,...)	Renovierung, Um- und Zubauten, tw Demontage
		(Neu)Nutzung, Betrieb, Wartung und Reparatur
Nach der Nutzung	Demontage	Abbruch
		Transport der Abbruchmaterialien
	Entsorgung	Neunutzung
		Recycling
		Deponierung

Die zweite Achse der Matrix bilden die Personengruppen, die von den Auswirkungen des Gebäudes betroffen sind bzw. die in die einzelnen Lebensphasen involviert sind, sei es in der Planungs- und Errichtungsphase, während der Nutzung oder auch in der Abbauphase. Dabei wurde eine Unterteilung in die NutzerInnen, die Nachbarschaft und die Gesellschaft entsprechend des räumlichen Abstands getroffen. „Dem liegt die Annahme zu Grunde, dass die größten Auswirkungen jene Personen betreffen, die am häufigsten mit dem Gebäude zu tun haben und ihm am nächsten sind“ (Tritthart et al. 2009, S. 56). Dies wird durch die Färbung der Matrixzellen dargestellt – je dunkler die Farbe der Zelle ist, desto größer und unmittelbarer sind die Auswirkungen, die zu erwarten sind (siehe Tabelle 15).

Um die in der Matrix genannten Themenfelder zu operationalisieren, d.h. sie messbar und bewertbar zu machen, müssen Indikatoren ausgearbeitet werden. Die technischen Anforderungen an die Indikatoren sind dabei Objektivität (d.h. sie müssen unabhängig von der untersuchenden Person sein), Validität oder Gültigkeit und Genauigkeit (d.h. die Indikatoren dür-

fen nicht mit Aussagen überfrachtet werden). Die praktischen Anforderungen sind geringe Kosten für die Datenbereitstellung und Berechnung, die einfache Anwendbarkeit (keine externe Expertise erforderlich), die Verständlichkeit und Kommunizierbarkeit sowie das Ausmaß an Einfluss, den das Unternehmen auf das Ergebnis des Indikators hat.

Tabelle 15: Matrix zur Systematisierung der sozialen Aspekte im Baubereich, Quelle: Tritthart et al. 2009, S. 59, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck

		GEBÄUDE-LEBENSZYKLUSPHASEN								
		VOR-NUTZUNGSPHASE / PRODUKTION			NUTZUNG			NACH-NUTZUNGSPHASE		
		Entwurf bis Baubewilligung	Produktion von Bauprodukten und Gebäudekomponenten und -systemen	Transport (Produkte bis zur Baustelle)	Errichtung	Nutzung und Betrieb	Wartung und Reparatur	Abbruch	Transport von Abbruchmaterial	Entsorgung, Recycling
Auswirkungen auf / Integration von	NutzerInnen	<ul style="list-style-type: none"> Integrierte Planung Nutzerpartizipation 				<ul style="list-style-type: none"> Komfort und Gesundheit Sicherheit und Schutz Barrierefreiheit Adaptierbarkeit Langlebigkeit Wohlbefinden (Raumaufteilung, Ausstattung des Gebäudes und des Grundstücks etc.) Leistbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> Komfort und Gesundheit Sicherheit und Schutz Wartungsarme und langlebige Produkte Einfache Wartung Demontage und Rückbaubarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> Staub, Lärm Sicherheit (Unfälle) 	<ul style="list-style-type: none"> Verkehr 	
	Nachbarschaft	<ul style="list-style-type: none"> Partizipation der AnrainerInnen 		<ul style="list-style-type: none"> Verkehr, Lärm 	<ul style="list-style-type: none"> Verkehr und Lärm Sicherheit und Minimierung von Störungen für AnrainerInnen 	<ul style="list-style-type: none"> Belastungen der Nachbarschaft (Verkehr, Lärm, Blendung,...) Benefits für die Nachbarschaft 	<ul style="list-style-type: none"> Belastungen der Nachbarschaft 	<ul style="list-style-type: none"> Staub, Lärm Sicherheit (Unfälle) 	<ul style="list-style-type: none"> Verkehr 	
	Gesellschaft	<ul style="list-style-type: none"> Partizipative Prozesse in der Stadtplanung Stakeholder dialogues etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Soziale Standards / Arbeitsbedingungen bei Baustoffgewinnung und -verarbeitung Produktion von Bauprodukten Regionale Wirtschaft und Beschäftigung 	<ul style="list-style-type: none"> Verkehr entlang der Transitrouten 	<ul style="list-style-type: none"> Soziale Standards von Bauunternehmen, Sublieferanten und produzierenden Betrieben (CSR Corporate Social Responsibility) Ausstattung auf der Baustelle (WC, Kochgelegenheit etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> Infrastruktur (Öffentlicher Verkehr etc.) Externe Kosten Architektur 	<ul style="list-style-type: none"> Gesundheitsgefährdende Stoffe, Sicherheit, Staubbelastungen bei den Durchführenden 	<ul style="list-style-type: none"> Gesundheitsgefährdende Stoffe, Sicherheit, Staub- und Lärmbelastung bei BauarbeiterInnen Rückbaubarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> Verkehr entlang der Transitrouten 	<ul style="list-style-type: none"> Gesundheitliche Belastungen Wiedernutzbarkeit und Sekundärbaustoffe

Nur ein kleiner Teil der in der Matrix genannten Themenfelder kann durch quantitative Indikatoren beschrieben werden. Vielmehr sind qualitative Indikatoren notwendig, mit denen jedoch immer ein Bezug zu Werten und sozialen Normen hergestellt wird, d.h. ein Zustand wird umso besser beurteilt, je „wertvoller“ er eingeschätzt wird. Der Wertmaßstab, der dem Urteil zu Grunde liegt, kann aber nicht wissenschaftlich abgeleitet werden, sondern nur durch Konsensbildung festgelegt werden. Beispielsweise würde in diesem Fall eine neutrale Bewertung die gute Praxis widerspiegeln, eine positive das in Best Practice Beispielen erreichte Niveau und eine negative Bewertung würde lediglich der Erfüllung der gesetzlichen Minimalanforderungen entsprechen.

5 Ökonomische Nachhaltigkeit

Im Rahmen der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ standen zwei Aspekte der ökonomischen Nachhaltigkeit im Vordergrund: Zum einen ging es um die ökonomische Bewertung nachhaltiger Gebäude insgesamt, d.h. um die Frage, ob und inwiefern sich Nachhaltigkeitskriterien im Marktpreis von Gebäuden niederschlagen. Dies wurde im Rahmen des Projektes „Nachhaltigkeit in Bestandsgebäuden erfassen und finanziell bewerten“ (siehe Kapitel 5.1) bearbeitet. Zum anderen ging es um die Analyse der Lebenszykluskosten, d.h. die umfassende Kostenbewertung eines Gebäudes über eine bestimmte Zeitperiode gesehen. Dazu wurde im Rahmen des Projektes „Lebenszykluskosten von Immobilien“ (siehe Kapitel 5.2) ein Prognoseinstrument für die Lebenszykluskosten eines Gebäudes entworfen.

Als Querschnittsthemen der ökonomischen Nachhaltigkeit, die sowohl Einfluss auf den Marktpreis als auch auf die Lebenszykluskosten eines Gebäudes haben, wurde einerseits die Katastrophensicherheit (siehe Projekt „Einfluss von Naturkatastrophen auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden“, Kapitel 5.6) und andererseits das thermische Verhalten von Gebäuden untersucht. Letzteres erfolgte anhand der drei Projekte „Auswirkung verschiedener Baustoffe auf das Sommerverhalten und den Energieverbrauch“ (siehe Kapitel 5.3), „Simulation von Bauteil- und Energiesystem-Varianten“ (siehe Kapitel 5.4) und „Wirksame Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau“ (siehe Kapitel 5.5).

Insbesondere die Sommertauglichkeit von Gebäuden stellt ein wichtiges ökonomisches Kriterium dar, da sie wesentlichen Einfluss auf die Behaglichkeit in einem Gebäude hat und sich damit auch auf den Marktpreis eines Gebäudes auswirkt. Gleichzeitig beeinflusst aber auch der Kühlenergiebedarf maßgeblich die Betriebskosten eines Gebäudes und schlägt sich somit auf die Lebenszykluskosten nieder. Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist zudem davon auszugehen, dass die Bedeutung der Sommertauglichkeit eines Gebäudes in Zukunft zunehmen wird.

5.1 Nachhaltigkeit in Bestandsgebäuden erfassen und finanziell bewerten

Teilprojekt 09: Technisch-ökologische (inkl. energetische) und humanökologische Indizes als Bewertungsparameter für den Marktwert von Gebäuden

Projektbeteiligte: Dr. Karin Stieldorf, DI Christina Ipser, Dr. Klaus Krec (alle ARGE Krec-Stieldorf, TU Wien, Institut für Architektur und Entwerfen) | Dr. Wolfgang Feilmayr (TU Wien, Department für Raumentwicklung, Infrastruktur- und Umweltplanung)

5.1.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Kurzbewertungsverfahren zur nachhaltigkeitsorientierten Bewertung von Bestandsgebäuden mit Wohnnutzung
- Darstellung des aktuellen Einflusses von Nachhaltigkeitskriterien auf den Marktwert von Immobilien anhand hedonischer Modelle

5.1.2 Einleitung

Sowohl in Österreich als auch auf europäischer und internationaler Ebene nimmt die Bedeutung von Nachhaltigkeitsbewertungen für Gebäude zu. Diese Entwicklung wird einerseits auf normativer Ebene unterstützt durch Normungsgremien wie CEN TC 350, andererseits verstärkt sich derzeit das Interesse der Immobilienwirtschaft an Nachweisen zur Nachhaltigkeit, in der Erwartung damit den Wert und die Erträge von Immobilien zu steigern. Dennoch ist eine Quantifizierung oder sogar Monetarisierung der wirtschaftlichen Vorteile, die nachhaltige Gebäude mit sich bringen, schwierig. Es fehlt u.a. an einer allgemein akzeptierten Definition, was nachhaltige Immobilien ausmacht, sowie an Daten, wie sich einzelne Nachhaltigkeitskriterien im Marktpreis niederschlagen. All dies ist jedoch Voraussetzung dafür, dass „die ökonomischen Vorteile nachhaltiger Gebäude zur Verbreitung nachhaltiger Bauweisen eingesetzt werden können“ (Stieldorf et al., S. 10).

Im Zentrum des von Stieldorf et al. durchgeführten Projekts standen folgende Fragestellungen:

- Wie weit lassen sich ökonomische Vorteile nachhaltiger Immobilien derzeit erfassen und darstellen und was muss getan werden, um diese Vorteile in Zukunft besser erfassen zu können?
- Können gängige Wertermittlungsverfahren die Vorteile nachhaltiger Immobilien derzeit richtig abbilden und was muss getan werden, um Wertermittlungsverfahren in Hinblick auf die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten zu verbessern?

5.1.3 Inhaltliche Darstellung

Im ersten Arbeitsschritt wurden bestehende Liegenschafts- und Gebäudebewertungssysteme in Hinblick auf ihre Struktur und die enthaltenen Nachhaltigkeitskriterien analysiert (siehe Kapitel 5.1.3.1). Aus dieser Basiszusammenstellung wurden im zweiten Arbeitsschritt jene Kriterien extrahiert, die eine rasche und zuverlässige Einschätzung der ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Qualitäten von Gebäuden ermöglichen (siehe Kapitel 5.1.3.2). Dieses Kriterienset wurde in Form eines Kurzverfahrens aufbereitet, welches durch seine einfache Handhabung für Bestandsgebäude geeignet ist, da „der größte Teil der erforderlichen Daten aus den Planunterlagen und dem Energieausweis entnommen bzw. im Zuge einer Begehung erfasst werden kann“ (Stieldorf et al. 2009, S. 13). Im dritten Arbeitsschritt wurde der aktuelle Einfluss von Nachhaltigkeitskriterien auf den Marktwert von Gebäuden untersucht (siehe Kapitel 5.1.3.3). Dabei stimmen zwei Drittel der Kriterien aus dem Kurzbewertungsverfahren mit Kriterien aus hedonischen Modellen, bei denen sich ein positiver Einfluss auf den Marktwert zeigt, überein. Dies bedeutet, dass sich bei etwa einem Drittel der im Kurzverfahren enthaltenen Kriterien schon jetzt ein positiver Einfluss auf den Marktwert feststellen lässt.

5.1.3.1 Analyse bestehender Liegenschafts- und Gebäudebewertungssysteme

Im Rahmen der Analyse bestehender Liegenschafts- und Gebäudebewertungssysteme wurden sowohl ökologisch- und nachhaltigkeitsorientierte als auch ökonomische Bewertungsverfahren berücksichtigt. Bei der Auswahl der untersuchten Bewertungssysteme wurde eine Einschränkung auf in Österreich entwickelte oder etablierte Verfahren vorgenommen. Zudem wurden nur Bewertungsverfahren ausgewählt, „die das ganze Gebäude erfassen und eine

Bewertung im eigentlichen Sinn vornehmen“ (vgl. Stieldorf et al. 2009, S. 17). Eine Ausnahme stellt dabei der Energieausweis dar. Dieser fokussiert bei den erfassten Kriterien auf die Energieeffizienz und stellt damit kein umfassendes Gebäudebewertungssystem dar; dennoch wurde er in die Analyse aufgenommen, da das entwickelte Kurzverfahren auf Gebäudedaten und –kennwerte aus dem Energieausweis aufbaut.

Folgende Bewertungsverfahren wurden analysiert:

Ökologisch- und nachhaltigkeitsorientierte Gebäudebewertungsverfahren

- Energieausweis
- Deklaration der bauökologischen Qualität nach Panzhauser
- TQ – Total Quality⁵
- IBO-Ökopass
- klima:aktiv Gebäudestandard
- LEnSE – Label for Environmental, Social and Economic Buildings
- DGNB – Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen

Ökonomisch orientierte Immobilienbewertungsverfahren

- Liegenschaftsbewertung mit der R&S Liegenschaftsbewertungssoftware
- GPSIM und ÖGRUSIM
- Europäisches Objekt- und Markt-rating (Property and Market Rating, TEGoVA)

Schwerpunkte bei der Analyse der ausgewählten Bewertungsverfahren waren die Zielsetzung des Verfahrens, der Anwendungsbereich, der Bewertungsaufwand und die Detailliertheit, die verwendeten Kriterien und Indikatoren und deren Gewichtung sowie die Struktur des Bewertungsverfahrens. Die Analyseergebnisse wurden tabellarisch aufbereitet, wobei die in Tabelle 16 dargestellten Daten systematisch erfasst wurden. Die vollständige Tabelle der Analyseergebnisse steht auf www.nachhaltigkeit-massiv.at zur Verfügung (Dateiname: P09_Analyse Gebäudebewertungssysteme).

Tabelle 16: Struktur der Analyse bestehender Gebäudebewertungssysteme, Quelle: Stieldorf et. al 2009

	Themenbereich	Thema	Kriterium	Indikator	Kennwert/ Messstandard	Nachweis
Beschreibung	Gliederung des Verfahrens in Themenbereiche	Themen innerhalb eines Themenbereichs	Einzelne bewertete Kriterien innerhalb eines Themas	Zur Bewertung eingesetzter Indikator	Verwendeter Kennwert, bzw. bei qualitativen Indikatoren: verbale Beschreibung der Messstandards und Messskalen	Vorgesehenes Nachweisverfahren und erforderliche Unterlagen

⁵ Dieses Bewertungssystem wurde im Rahmen der Forschungsinitiative Nachhaltigkeit massiv zu TQB weiterentwickelt.

Die chronologische Analyse der einzelnen Verfahren zeigte, dass sich die Bewertungsverfahren von der rein ökologisch orientierten Bewertung hin zu einer umfassenderen, nachhaltigkeitsorientierten Sichtweise entwickeln. Dies bedeutet, dass neben der ökologischen zunehmend auch die soziale und ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit Beachtung finden.

Obwohl alle ökologisch und nachhaltigkeitsorientierten Verfahren auf die Forcierung der Nachhaltigkeit im Bauwesen ausgerichtet sind, weisen sie große Unterschiede hinsichtlich Zielsetzung, Methodik, Anwendungsbereich, enthaltene Kriterien und verwendete Indikatoren auf. Die Anwendung der Bewertungssysteme ist zumeist aufgrund ihres Umfangs und ihrer Detailliertheit mit einem hohen Datenerhebungsaufwand verbunden. In der Praxis können sie daher nur im Zuge von Planungsarbeiten für einen Neubau oder eine umfassende Sanierung sinnvoll eingesetzt werden. „Die nachhaltigkeitsorientierte Bewertung von Bestandsgebäuden ist mit den bestehenden Methoden aufgrund der im Gebäudebestand häufig fehlenden oder unvollständigen Datengrundlagen in einem wirtschaftlichen Rahmen kaum möglich“ (Stieldorf et al. 2009, S. 22).

Genauso wie bei den Nachhaltigkeitsbewertungssystemen ist auch im Bereich der ökonomischen Immobilienbewertung eine Zunahme der Zahl etablierter Verfahren festzustellen. „Neben den bisher gängigen Verfahren (Vergleichswert-, Sachwert- und Ertragswertverfahren) nach Liegenschaftsbewertungsgesetz (LBG, BGBl. Nr. 150/1992), gewinnen zunehmend auch Verfahren aus dem angelsächsischen Raum (Discounted Cash-Flow-Verfahren, Immobilien-Ratingsysteme, hedonische Methoden) an Bedeutung“ (Stieldorf et al. 2009, S. 22). Diese Veränderungen bringen sowohl die Chance als auch die Notwendigkeit mit sich, jetzt die Grundlage für die zukünftig bessere Einbindung von Nachhaltigkeitsaspekten in die Immobilienbewertung zu schaffen.

5.1.3.2 Entwicklung eines Kurzbewertungsverfahrens für Bestandsgebäude

Ziel dieses Arbeitsschrittes war es, eine Methodik zu entwickeln, die eine rasche, aber dennoch umfassende Bewertung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Qualitätsmerkmale von Bestandsgebäuden erlaubt und aufgrund ihrer einfachen Handhabbarkeit breite Anwendung in der Immobilienbewertung findet. Der Fokus des Kurzbewertungsverfahrens liegt auf Wohngebäuden, zumal diese mit 86% (Statistik Austria, 2007) den weitaus größten Anteil am Gesamtgebäudebestand in Österreich ausmachen. Das Kurzverfahren erlaubt sowohl eine Bewertung von Ein- und Mehrfamilienhäusern als auch von einzelnen Wohneinheiten (z.B. Eigentumswohnungen).

Die Arbeit wurde in die Schritte Auswahl geeigneter Kriterien, Strukturierung des Kurzbewertungsverfahrens sowie Aggregation und Gewichtung der Kriterien unterteilt.

Auswahl geeigneter Kriterien

Aufbauend auf der in Kapitel 5.1.3.1 durchgeführten Analyse bestehender Bewertungssysteme wurde eine Liste sämtlicher enthaltener Kriterien – 132 an der Zahl - erstellt. Zudem wurde gemäß der Struktur in Tabelle 17 erhoben, wie gut die Datenverfügbarkeit bzw. wie groß der Datenerhebungsaufwand bei den einzelnen Kriterien ist.

Tabelle 17: Kategorien für die Klassifizierung der Kriterien nach Datenverfügbarkeit und Datenerhebungsaufwand, Quelle: Stieldorf et al. 2009, S. 31

Darstellung	Bezeichnung	Definition
1	verfügbar mit sehr geringem Aufwand	erforderliche Daten sind aus vorhandenen Unterlagen (Energieausweis, Planunterlagen, Gebäudedokumentation,...) unmittelbar ablesbar
2	verfügbar mit eher geringem Aufwand	Daten für geschulte Fachperson aus vorhandenen Unterlagen ablesbar, einfache Berechnung, Begehung durch Laien erforderlich, ...
3	verfügbar mit mittlerem Aufwand	Begehung durch Fachperson erforderlich, aufwändigere Berechnung mit gängiger Software, ...
4	verfügbar mit großem Aufwand	Gutachten durch Sachverständigen, längerfristiges Monitoring, Messung oder aufwändige Datenerfassung, spezielle Software erforderlich,...
5	nicht verfügbar	Datengrundlagen für die Bewertung sind nicht oder nur mit unwirtschaftlichem Aufwand verfügbar
?	keine Klassifizierung	Relevanz und Sinnhaftigkeit der Bewertung fraglich, Kriterium unklar oder Vorhandensein der Bewertungsgrundlagen unwahrscheinlich

Sodann wurden die 132 Einzelkriterien in mehreren Arbeitsschritten verschiedenen Kategorisierungs- und Ausscheidungsprozessen unterzogen.

Im ersten Arbeitsschritt wurden die prozessbezogenen Kriterien ausgeschieden, da bei Bestandsgebäuden die Beurteilung der Qualität von in der Vergangenheit liegenden Planungs- und Ausführungsprozessen heute nicht mehr möglich ist. Dazu wurden die Kriterien den Bewertungsgegenständen Standortqualität, Objektqualität, Planungsqualität, Ausführungsqualität und Bewirtschaftungsqualität zugeordnet, wobei es sich bei den drei letztgenannten um prozessbezogene Kategorien handelt (siehe Tabelle 18). Übrig blieben somit nur noch Kriterien, die der Standort- bzw der Objektqualität zugeordnet waren.

Tabelle 18: Kategorien für die Bewertung nach Bewertungsgegenstand, Quelle: Stieldorf et al. 2009, S. 32

Darstellung	Bezeichnung	Definition
S	Standortqualität	Bewertung bezieht sich auf standortabhängige Eigenschaften
O	Objektqualität	Bewertung bezieht sich auf die Qualität des Bauwerks (inkl. Außenanlagen)
P	Planungsqualität	Bewertung bezieht sich auf die Qualität des Planungsprozesses
A	Ausführungsqualität	Bewertung bezieht sich auf die Qualität des Ausführungsprozesses
B	Bewirtschaftungsqualität	Bewertung bezieht sich auf die Qualität der Bewirtschaftung

In den weiteren Arbeitsschritten wurden einzelne Kriterien zusammengefasst und weitere Kriterien ausgeschieden, wenn diese für die Bewertung von Bestandsgebäuden von sehr geringer Relevanz waren oder sich nicht auf Wohngebäude bezogen.

Nach diesen Vorauswahlprozessen verblieben 80 Bewertungskriterien, die im Rahmen einer Fragebogenumfrage unter ExpertInnen zur Diskussion gestellt wurden. Die ExpertInnen hatten die Aufgabe, Umweltrelevanz, Gesundheitsrelevanz, Komfortrelevanz, soziale Relevanz, wirtschaftliche Relevanz, Wichtigkeit, Aussagekraft und Aufwändigkeit der Kriterien auf einer fünfstufigen Skala zu bewerten sowie entsprechende Anmerkungen zu machen, falls sie der

Meinung waren, dass relevante Themen, Kriterien oder Indikatoren in der Aufstellung nicht enthalten waren. Die Auswertung der Fragebogenumfrage zeigte, dass einige Kriterien mit hoher Übereinstimmung als relevant eingeschätzt wurden, bei einigen Kriterien herrschte keine übereinstimmende Meinung über deren Relevanz und einige wenige Kriterien wurden übereinstimmend als nicht relevant eingeschätzt. In zwei Expertenworkshops wurden daher offene Punkte erörtert und das Kriterien- und Indikatorset wurde entsprechend überarbeitet. „Im Zuge der verschiedenen durchgeführten Entwicklungsschritte zeigte sich, dass die ursprünglich vorgesehene Reduktion auf eine sehr geringe Indikatorzahl mit den vielfältigen Aspekten einer nachhaltigkeitsorientierten Gebäudebetrachtung nicht in Einklang zu bringen ist“ (Stieldorf et al. 2009, S. 49). Schlussendlich wurden 34 Kriterien in das finale Kurzbewertungsverfahren aufgenommen, wobei vier als Platzhalterkriterien definiert sind. Bei letzteren handelt es sich um Kriterien, die als äußerst relevant für die Nachhaltigkeitsbewertung eingeschätzt wurden, die aber derzeit nicht (mit wirtschaftlichem Aufwand) erfasst oder bewertet werden können.

Strukturierung des Kurzbewertungsverfahrens

Im Zuge der Strukturierung des Kurzbewertungsverfahrens wurden der Standort und das Gebäude als oberste Gliederungsebenen festgelegt (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Thematische Gliederung des Kurzbewertungsverfahrens, Quelle: Stieldorf et al., S. 47

Themenbereich		Bewertete Aspekte
Standort		Stärken und Schwächen des Standortes und standortbedingte Umweltwirkungen
Gebäude	Qualität und Ausstattung	technische, planerische und gestalterische Qualität, Zustand und Ausstattung des Gebäudes
	Umwelt und Ressourcen	unmittelbar gebäudebedingte Umweltwirkungen (Ressourcenverbrauch und Emissionen)
	Komfort und Gesundheit	unmittelbar gebäudebedingte Auswirkungen auf Komfort und Gesundheit der Gebäudenutzer

Der Standort einer Immobilie ist in der monetären Liegenschaftsbewertung von entscheidender Bedeutung. In den verschiedenen nachhaltigkeitsorientierten Bewertungssystemen wird mit den Standorteigenschaften jedoch sehr unterschiedlich umgegangen. Während beispielsweise im TQB der Standort in der Kriteriengruppe „Standort und Ausstattung“ berücksichtigt wird, wird die Standortqualität bei DGNB zwar bewertet, das Bewertungsergebnis „Standort“ wird jedoch gesondert ausgewiesen und nicht in die Gesamtnote einbezogen. Im Rahmen des gegenständlichen Projekts wurde im Gegensatz dazu die Auffassung vertreten, dass die Standortqualität von grundlegender Bedeutung für die Nachhaltigkeit einer Immobilie ist und daher als integraler Bestandteil einer Nachhaltigkeitsbewertung zu sehen ist. Zudem wurde der Themenbereich Standort im Kurzbewertungsverfahren an die erste Stelle gestellt, da es auch hinsichtlich der Abläufe bei Planung und Datenerfassung sinnvoll erscheint, mit dem Standort zu beginnen.

In der Dreiteilung der Gliederungsebene Gebäude in „Qualität und Ausstattung“, „Umwelt und Ressourcen“ und „Komfort und Gesundheit“ spiegelt sich die „Triple Bottom Line“ der Nachhaltigkeitsdefinition wider.

Aggregation und Gewichtung der Kriterien

Für die Marktwirksamkeit des Bewertungsverfahrens ist die Aggregation der Bewertungsergebnisse unumgänglich. „Da jedoch jeder Aggregationsschritt mit einem Informationsverlust verbunden ist, wurde als Kompromiss eine Teilaggregation vorgeschlagen“ (Stieldorf et al. 2009, S. 50). Dies bedeutet, dass in der Ergebnisdarstellung jeweils die teilaggregierten Ergebnisse für jeden Themenbereich (siehe Tabelle 19) ausgewiesen sind, dennoch bleiben die detaillierten Ergebnisse auf Ebene der einzelnen Kriterien zusätzlich sichtbar.

THEMA	NR.	KRITERIUM	GEWICHTUNG		
1. Standort	1.1	Anbindung an die Infrastruktur	20 %	100 %	
	1.2	Zugang zu öffentlichen Verkehrsmitteln	15 %		
	1.3	Sichere und ausreichende Fuß- und Radwege	10 %		
	1.4	Freiräume	10 %		
	1.5	Anliegende Medien und Potenziale	5 %		
	1.6	Lärmbelastung	15 %		
	1.7	Umgebungsrisiken	10 % (20 %)		
	1.8	Flächeninanspruchnahme	15 %		
	1.9	Image und Zustand von Standort und Quartier (Platzhalter, derzeit noch nicht bewertet)	0 %		
2. Gebäude	2.1 Qualität und Ausstattung	2.1.1	Ausstattung der Wohneinheit	10 %	100 %
		2.1.2	Ausstattung der Wohnanlage/Siedlung	10 %	
		2.1.3	Architektur- und Haustechnikplanung	10 %	
		2.1.4	Raumaufteilung und Nutzungsflexibilität	15 %	
		2.1.5	Barrierefreiheit	20 %	
		2.1.6	Kriminalitätsprävention und räumliches Sicherheitsempfinden	10 %	
		2.1.7	Alter und Zustand	15 %	
		2.1.8	Schallschutz	10 %	
		2.1.9	Lebenszykluskosten (Platzhalter, derzeit noch nicht bewertet)	0 %	
	2.2 Umwelt und Ressourcen	2.2.1	Heizenergiebedarf	25 %	100 %
		2.2.2	Energieträger und Ressourcenverbrauch (Heizenergiebedarf)	20 %	
		2.2.3	CO ₂ -Emissionen (Heizenergiebedarf)	15 %	
		2.2.4	Geräte und Anlagen zur Raumkühlung	10 %	
		2.2.5	Photovoltaikanlage netzgekoppelt	5 %	
		2.2.6	Energieeffizienz in den Allgemeinbereichen	10 %	
		2.2.7	Umgang mit Wasser	10 %	
		2.2.8	Kanalanschluss	5 %	
		2.2.9	Risikopotenzial: Umweltbelastungen aus Baustoffen und Materialien (Platzhalter, derzeit noch nicht bewertet)	0 %	
	2.3 Komfort und Gesundheit	2.3.1	Trinkwasserqualität	10 %	100 %
		2.3.2	Natürliche Lüftung und Belüftbarkeit	15 %	
			Mechanische Lüftung	0 %	
		2.3.3	Radonbelastung und Vermeidungsmaßnahmen	5 % (10 %)	
		2.3.4	Behaglichkeit im Sommer	25 %	
		2.3.5	Behaglichkeit im Winter	20 %	
		2.3.6	Licht und Sonne	25 %	
	2.3.7	Risikopotenzial: Gesundheitsbelastungen aus Baustoffen und Materialien (Platzhalter, derzeit noch nicht bewertet)	0 %		

Abbildung 28: Kriterienset zur nachhaltigkeitsorientierten Kurzbewertung von Bestandsgebäuden mit Wohnnutzung, Quelle: Stieldorf et al. 2009, S.59, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck

Die Festlegung der Gewichtungsfaktoren für die Kriterien kann zwar wissenschaftlich argumentiert und durch wissenschaftliche Methoden unterstützt werden, trotzdem bleibt sie immer eine subjektive Entscheidung.

Im gegenständlichen Projekt wurden zwei unterschiedliche Gewichtungsansätze verfolgt: einerseits der Analytische Hierarchie Prozess (AHP) von Saaty, ein multikriterielles Analyseverfahren, und andererseits die freie Zuteilung von Gewichtungsfaktoren auf Basis einer dreiteiligen Skala, ein Verfahren, das auch im Rahmen des DGNB angewendet wurde. Die 34 Kriterien des finalen Kriteriensets wurden anhand beider Gewichtungsverfahren gewichtet. Nach ausführlicher Diskussion und konsensuellem Beschluss legte das Projektteam schließlich die endgültigen Gewichtungsfaktoren fest (siehe Abbildung 28)⁶.

Ergebnis: Checklisten-Bewertungssystem

Das Kurzbewertungsverfahren ist in Form eines Checklisten-Bewertungssystems angelegt, welches eine systematische Bewertung der nachhaltigkeitsrelevanten Gebäudemerkmale erlaubt. „Die Checklisten wurden dabei so zusammengestellt, dass der größte Teil der erforderlichen Daten aus den Planunterlagen und dem Energieausweis entnommen bzw. im Zuge einer Begehung erfasst werden kann“ (Stieldorf et al. 2009, S. 49/50). Die Checkliste zum Kurzbewertungsverfahren steht auf www.nachhaltigkeit-massiv.at zum Download bereit (Dateiname: P09_Checkliste).

Damit das Kurzbewertungsverfahren jedoch in großem Rahmen eingesetzt werden kann, ist eine Softwareimplementierung erforderlich, welche eine automatisierte Datenerfassung und Bewertung ermöglicht. Durch eine Verknüpfung mit Rauminformationssystemen könnte etwa die Bewertung der Standorteigenschaften auf die Adresseingabe reduziert werden. Erste Schritte in diese Richtung wurden in Zusammenarbeit mit der Firma R&S im Rahmen des gegenständlichen Projekts bereits eingeleitet.

5.1.3.3 Einfluss von Nachhaltigkeitskriterien auf den Marktwert von Gebäuden

In der Immobilienwirtschaft entwickelt sich langsam ein Bewusstsein dafür, dass nachhaltige Immobilien mit wirtschaftlichen Vorteilen verbunden sind. Um diese Vorteile deutlich zu machen, müssen sie jedoch quantifiziert, monetarisiert und kommuniziert werden. Eine Möglichkeit, die Zusammenhänge zwischen dem Marktwert von Immobilien und ihren einzelnen Standort- und Objekteigenschaften zu untersuchen, stellt die hedonische Regressionsanalyse dar. „Bei der hedonischen Methode handelt es sich um eine Art statistisch fundierte Vergleichswertmethode“ (Stieldorf et al. 2009, S. 63). Basierend auf einem ausreichend großen Datensatz können mit der hedonischen Methode implizite Preise für einzelne Eigenschaften von Immobilien errechnet werden. Der Methode liegt die Theorie zu Grunde, dass ein Nachfrager nicht ein Gut per se kaufen will, sondern den damit verbundenen Nutzen, wie Schutz, Raum, Wohlbefinden, soziales Umfeld etc. Für die Modellierung hedonischer Modelle werden daher häufig Immobilienattribute wie Alter, Größe, Lage, Zustand und Ausstattung herangezogen. Diese klassischen Liegenschaftsparameter eignen sich dafür, die Preisunterschiede zwischen Immobilien weitgehend zu erklären. Zudem ist die Datenverfügbarkeit in diesem Bereich sehr gut.

⁶ Im Gebäudebewertungssystem TQB, das in Kapitel 6.1 näher beschrieben ist, werden die fünf Hauptkriterien-gruppen gleich gewichtet.

Aufgabe im gegenständlichen Projekt war es, die Übereinstimmung zwischen dem in Kapitel 5.1.3.2 entwickelten Kriterienset mit den in hedonischen Modellen verfügbaren Modellvariablen zu untersuchen und hedonische Preise für nachhaltigkeitsrelevante Kriterien zu berechnen. Als Grundlage dienten drei auf Immobilientransaktionsdatenbanken basierende hedonische Modelle, die vor mehr als 15 Jahren am Fachbereich Stadt- und Regionalforschung der TU Wien entwickelt wurden und seither regelmäßig aktualisiert werden. Die Ergebnisse zeigen vor allem in den Bereichen Standort sowie Qualität und Ausstattung deutliche Zusammenhänge zwischen Nachhaltigkeitskriterien und Marktpreisen. So nimmt beispielsweise bei Eigentumswohnungen in Wien der geschätzte Marktpreis um 2% ab, wenn die nächste U-Bahn-Station um 10% weiter entfernt ist. Das Vorhandensein eines Balkons bewirkt einen um rund 4,5% höheren Marktwert, verglichen mit einer ansonsten vollkommen gleichen Eigentumswohnung. Die tabellarische Zusammenstellung der prozentuellen Zu- und Abschläge auf den Marktwert kann auf www.nachhaltigkeit-massiv.at downgeloadet werden (Dateiname: P09_Marktwert_Zu- und Abschläge).

5.2 Lebenszykluskosten von Immobilien

Teilprojekt 11: Berechnung von Lebenszykluskosten von Immobilien

Projektbeteiligte: DI Dr. Helmut Floegl, DI Peter Holzer, DI Renate Hammer MAS (alle Donau-Universität Krems) | EURIng. Johann Domej MSc (T.S.P Bauprojekt Management GmbH)

5.2.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Tabellenkalkulationswerkzeug zur Berechnung von Lebenszykluskosten von Immobilien

5.2.2 Einleitung

„Die technischen und wirtschaftlichen Lebensdauern der in den letzten Jahrzehnten errichteten Gebäude werden immer kürzer, zugleich steigen die Folgekosten“ (Floegl et al. 2010, S. 12). Ziel des gegenständlichen Forschungsprojekts war es daher, ein Werkzeug zu entwickeln, mit dem schon in der Planungsphase eines Gebäudes anhand der Geometrie der Bauteile die Folgekosten prognostiziert werden können. Im Sinne der ökonomischen Nachhaltigkeit können somit allfällige Kostentreiber bereits frühzeitig aufgezeigt und gegebenenfalls durch Planungsänderungen eliminiert werden. Ein derartiges Prognosewerkzeug trägt entscheidend dazu bei, die langfristige Leistbarkeit einer Immobilie zu gewährleisten.

Die Lebenszykluskosten weisen eine sehr hohe Komplexität auf, was sich aus den fünf nachfolgend angeführten Unschärfen erklärt:

- Sie entstehen während der gesamten Lebensdauer von der ersten Idee bis zum Abriss und beinhalten die Baukosten.
- Sie sind in ihrem Bestandteil Folgekosten nicht präzise genug standardisiert: Folgekosten können bei strenger Abgrenzung nur das Funktionieren der Elemente des

Gebäudes abbilden, oder aber im weiteren Sinn die Vollkosten der kompletten Nutzung umfassen.

- Sie sind nicht eindeutig den Bauelementen und auch nicht den Gewerken zuordenbar.
- Sie sind von der Nutzung bzw. von Nutzungsänderungen abhängig.
- Sie können im Sinne einer Erfolgsrechnung als zusätzliche Investition für höhere Erträge anfallen.

5.2.3 Inhaltliche Darstellung

Das Projekt zielt im ersten Schritt darauf ab, die Standards und Strukturen zur praxistauglichen Ermittlung von Lebenszykluskosten zu definieren. Darauf aufbauend wurde ein Lebenszykluskostenmodell entwickelt, das zur ÖNORM B 1801-1 (Bauprojekt- und Objektmanagement - Objektterrichtung) kompatibel ist und für verschiedene Wohn- und Gewerbegebäude vergleichbare Daten liefert. Abschließend wurde die Tauglichkeit dieses Werkzeugs anhand eines tatsächlich errichteten Gebäudes und einer fiktiven Gebäudevariante gezeigt.

5.2.3.1 Strukturierung der Lebenszykluskosten

Im Allgemeinen lässt sich feststellen, dass sich der Prozess der Gebäudeentwicklung, -planung und -errichtung seit dem Bauboom Anfang der Neunziger Jahre stark strukturiert und professionalisiert hat. „Die begleitende Kostenkontrolle mit richtiger Prognose der Errichtungskosten wurde zum kritischen Erfolgsfaktor für Bauentscheidungen“ (Floegl et al. 2010, S. 21).

Aktuell ist eine große Anzahl höchst unterschiedlicher Lebenszykluskostenmodelle verfügbar. Sie lassen sich grob unterteilen in Instrumente, die spezifisch auf ein betrachtetes Gebäude ausgerichtet sind und Modelle, die allgemein anwendbare, praxisbezogene Werkzeuge darstellen, wie etwa das nordische Lebenszykluskostenmodell. Gemeinsam ist diesen praxisbezogenen Lebenszykluskostenmodellen, dass sie einen unmittelbaren Bezug zu brauchbaren Regelwerken und Standardisierungen im Bereich Lebenszykluskosten herstellen. Auch in dem im gegenständlichen Projekt entwickelten Modell stellen die ÖNORM B 1801-1 und die ÖNORM B 1801-2 die Ausgangsbasis dar. Die ÖNORM B 1801-1 bietet eine praxisgerechte Strukturierung der Errichtungskosten. In der ÖNORM B 1801-2 sind die Folgekosten in ihrer Hauptstruktur einfach und zielorientiert festgelegt. Abbildung 29 bietet einen Überblick, welche Kostenbereiche jeweils von den Kostenhauptgruppen abgedeckt werden.

Allerdings fallen im praktischen Gebäudebetrieb weit mehr Kosten an, als aus dem Blickwinkel der Errichtung angesetzt werden. Dies bedeutet, dass sich beispielsweise bei den laufenden Kosten der Büroorganisation kein direkter Bezug zum Gebäude herstellen lässt. Hingegen zählen alle Kosten, die anfallen, um ein Gebäude sinnvoll betreiben und nutzen zu können, zu den Lebenszykluskosten.

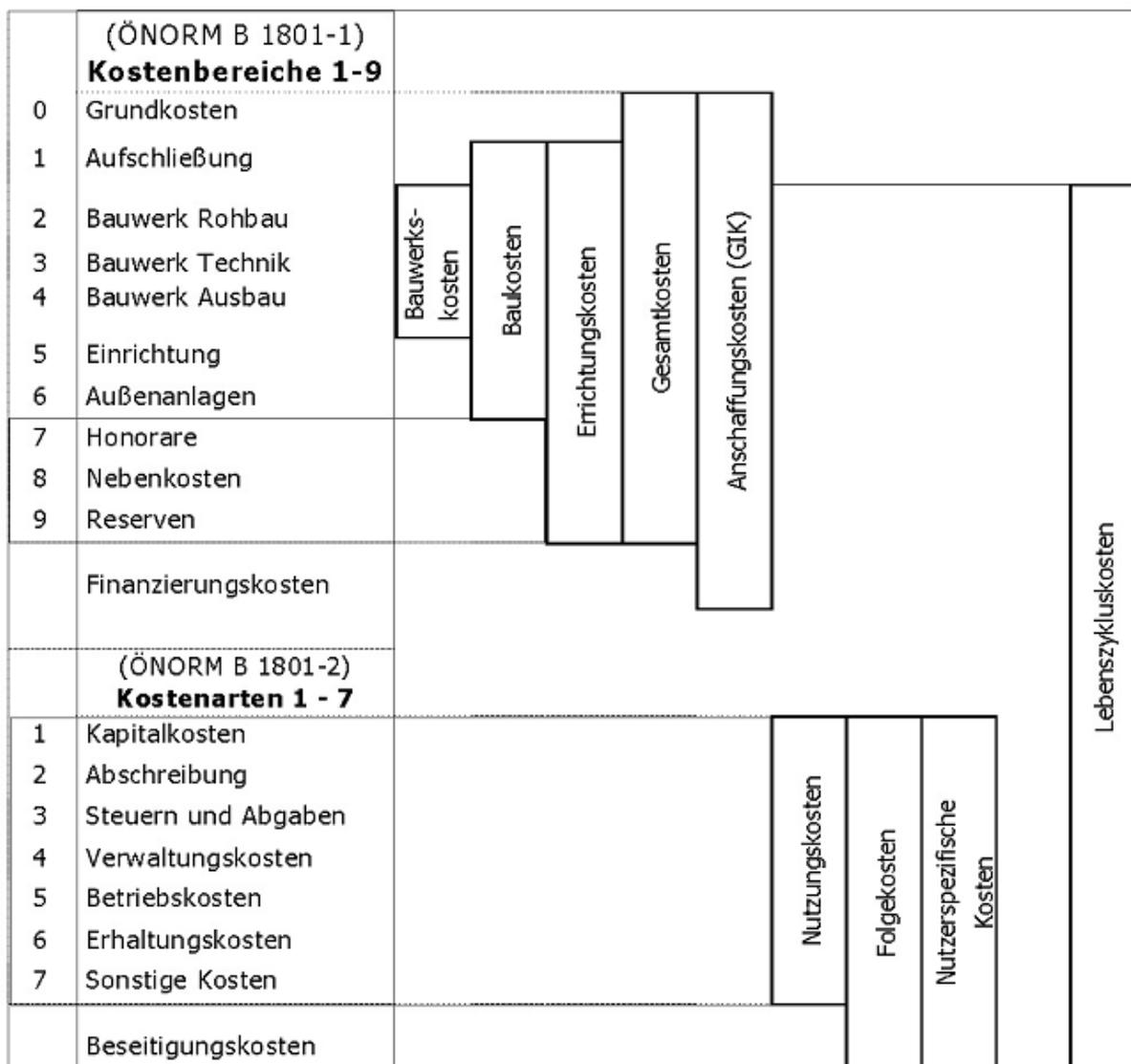


Abbildung 29: Übersicht über die erste Ebene der Kostenstrukturen nach ÖNORM B 1801-1 und ÖNORM B Entwicklung des Lebenszykluskostenmodells

Die Grundlage für die Modellentwicklung stellt Abbildung 30 dar, in der alle Kostengruppen der Lebenszykluskosten dargestellt sind. Wie unter 5.2.3.1 beschrieben, basiert das Modell auf den Kostenstrukturen der ÖNORM B 1801-1 und -2, bei genauer Betrachtung der beiden Kostenstrukturen zeigt sich aber, dass es zwischen der Struktur der Errichtungskosten und der Struktur der Folgekosten keinen direkten Bezug gibt.

„Das gegenständliche Modell muss aber die zu erwartenden Folgekosten aus den Elementen der Errichtung (mit ihren zugehörigen Kosten) und entsprechenden Formeln und Erfahrungswerten hochrechnen können. Dazu bedarf es weiterer nichtmonetärer Größen (Flächen, Längen und entsprechende Einheitskosten für Leistungen und Verbrauchsmittel“ (Floegl et al. 2010, S. 23).

Als Grundlage wurden bestimmte Basisparameter definiert, die im Lebenszykluskostenmodell einzugeben sind. Dazu gehören allgemeine Flächengrößen des Grundstücks und des Gebäudes, Flächenwerte von Fenstern / Glasfassaden, Jalousien, Sanitärflächen, Stiegenflächen etc. sowie die Angabe des Zeitpunkts des Baubeginns, des Baufertigstellungszeit-

punkts und der kalkulierten Lebensdauer (Zeit, die vom Baufertigstellungszeitpunkt bis zum kalkulierten Abbruch vergehen wird).

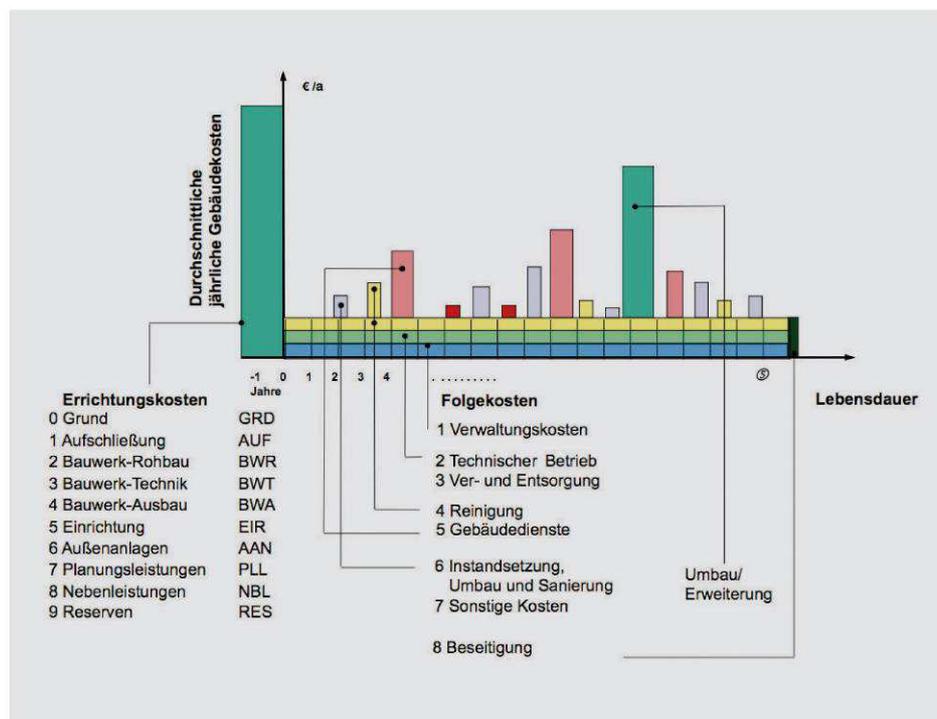


Abbildung 30: Die Kostengruppen erster Ordnung des Lebenszykluskostenmodells, Quelle: Floegl et al. 2010, S. 23

Alle Kosten, die zu definierten Zeitpunkten anfallen, werden dabei auf den Baufertigstellungszeitpunkt abgezinst, d.h. mit ihrem Barwert in Rechnung gestellt (DCF – Discounted Cash Flow Method). Lediglich die Errichtungskosten, die zum Zeitpunkt der Baufertigstellung anfallen, gehen mit ihrem Nominalwert ein. Gemäß der Zinseszinsrechnung wird ein konstanter Zinssatz über die gesamte Lebensdauer angesetzt.

Zukünftige Preissteigerungen bei Produkten und Leistungen werden über Preissteigerungsfaktoren berücksichtigt, wobei das Modell zwischen Preissteigerung Bau, Preissteigerung Technik, allgemeine Preissteigerung, Preissteigerung Energie und Preissteigerung Lohn unterscheidet. Die Prognoseannahmen beruhen dabei auf der Extrapolation langjähriger volkswirtschaftlicher Werte.

Bei den Folgekosten wird unterschieden zwischen jährlichen Kosten, die laufend entstehen und mindestens einmal jährlich abgerechnet werden und mehrjährigen Kosten, die in größeren Intervallen auftreten.

In den meisten einfachen Lebenszykluskostenmodellen werden Errichtungskosten und Folgekosten getrennt strukturiert und ihre Barwerte aufsummiert. Da in diesem Ansatz jedoch keine Annahmen über Wirkungszusammenhänge enthalten sind, ist er nicht sehr aussagekräftig. Aus diesem Grund wird im gegenständlichen Projekt der Ansatz verfolgt, die Struktur der Folgekosten an jene der Errichtungskosten anzugleichen (siehe Tabelle 20). „Die gewählte Struktur ermöglicht eine direkte Verknüpfung der Kosten der Elemente der Bau-

werksgliederung, der Bauwerkskostengruppen, mit den zugeordneten Folgekosten. Damit lassen sich diese Elemente lebenszykluskostenmäßig erfassen und gegebenenfalls als Folgekostentreiber identifizieren“ (Floegl et al. 2010, S. 39).

Tabelle 20: Struktur der Lebenszykluskosten, Quelle: Floegl et al. 2010, S. 38

	Herstellkosten	Jährliche Folgekosten	Jährliche Kosten für Verbrauchsgüter	Mehrfürliche Kosten	Entsorgung
0	Grund				
0.1	Grundkosten				
0.2	Sonstige				
1	Aufschließung				
1.1	Freimachen+Untersuchen				
1.2	Anschlusskosten				
1.3	Sonstige				
2	Bauwerk-Rohbau	Verwaltungskosten		Rohbau Instandsetzung	Entsorgung
2.1	Bauwerk-Bau	Verwaltungskosten		Bauwerk-Bau	Entsorgung Bauwerk
2.2	Stahlbau/Fassade			Stahlbau/Fassade	
2.3	Baunebengewerbe			Baunebengewerbe	
2.4	Sonstiges			Ausmalen	
3	Bauwerk-Technik	Techn. Betriebsführung	Energie Strom Gebäude	Technik Instandsetzung	
3.1		Allgemeine	Strom Technik		Entsorgung Technik
3.2	Elektrotechnik	Elektrotechnik		Elektrotechnik	
3.3	Nachrichtentechnik	Nachrichtentechnik		Nachrichtentechnik	
3.4	Sanitär-/Gasanlagen	Sanitär-/Gasanlagen	Wasser/Abwasser	Sanitär-/Gasanlagen	
3.5			Klimatisierungskosten		
3.6	HKL-Anlagen	HKL-Anlagen	Heizung	HKL-Anlagen	
3.7	Förder- und Hebeanlagen	Förder- und Hebeanlagen	Strom Aufzüge	Förder- und Hebeanlagen	
3.8	Sonstiges			Sonstiges	
4	Bauwerk-Ausbau			Ausbau Instandsetzung	
4.1	Dachwerkdeckung			Dach	Entsorgung Ausbau
4.2	Fassade			Fassade	
4.3	Innenausbau			Innenausbau	
4.4	Sonstiges			Sonstiges	
5	Einrichtung				
5.1	Einrichtung			Einrichtung	
6		Reinigung			
6.1		Unterhaltsreinigung			
6.2		Fenster- Glasflächenreinigung			
6.3		Fassadenreinigung			
6.4		Sondereinigung			
7			Energie Strom Nutzer		
7.1			Strom Verbraucher		
7.2			Licht Verbraucher		
7.3			Müllentsorgung		
8		Gebäudedienste			
8.1		Sicherheitsdienste			
8.2		Empfang/Rezeption			
8.3		Informations- und Kommt			
8.4		Unzüge - interne Transporte			
9	Außenanlagen				
9.1	Befestigte Anlagen	Schneeräumung/Reinigung AA			
9.2	Unbefestigte Anlagen	Gärtdienste			
9.3	Sonstiges				
10	Planungsleistungen			Planung Instandsetzung	
10.1	Bauwerk-Bau			Bauwerk-Bau	
10.2	Stahlbau/Fassade			Stahlbau/Fassade	
10.3	Baunebengewerbe			Baunebengewerbe	
10.4	Sonstiges			Sonstiges	
10.5	Elektrotechnik			Elektrotechnik	
10.6	Nachrichtentechnik			Nachrichtentechnik	
10.7	Sanitär-/Gasanlagen			Sanitär-/Gasanlagen	
10.8	HKL-Anlagen			HKL-Anlagen	
10.9	Förder- und Hebeanlagen			Förder- und Hebeanlagen	
10.10	Sonstiges			Sonstiges	
10.11	Dach			Dach	
10.12	Fassade			Fassade	
10.13	Innenausbau			Innenausbau	
10.14	Sonstiges			Sonstiges	
10.15	Einrichtung			Einrichtung	
10.16	Außenanlagen			Außenanlagen	
11	Nebenleistungen				
11.1	Nebenleistungen				
12	Reserven				
12.1	Reserven				
	Summe				

5.2.3.2 Lebenszykluskosten – Ergebnisse

Das Modell wurde für ein tatsächlich ausgeführtes Bürogebäude (Variante 1), ein dreigeschoßiger quadratischer Verwaltungsbau in Stahlbeton-Bauweise mit 5.500 m² Bruttogeschosßfläche und Bandfassade, durchgerechnet. Als fiktive, nicht gebaute Variante (Variante 2) wurde das gleiche Gebäude als Lochfassade mit massiver Ziegelaußenwand durchgerechnet. Anschließend wurden auf Basis einer kalkulatorischen Lebensdauer von 36 Jahren - wobei es sich um den Zeitraum handelt, in dem alle bedeutenden mehrjährigen Kosten mindestens einmal auftreten - die Ergebnisse verglichen. In beiden Varianten zeigte sich eine Spitze bei den mehrjährigen Kosten im 22. und 31. (Variante 1) bzw. 28. (Variante 2) Lebensjahr der Immobilie (siehe Abbildung 31).

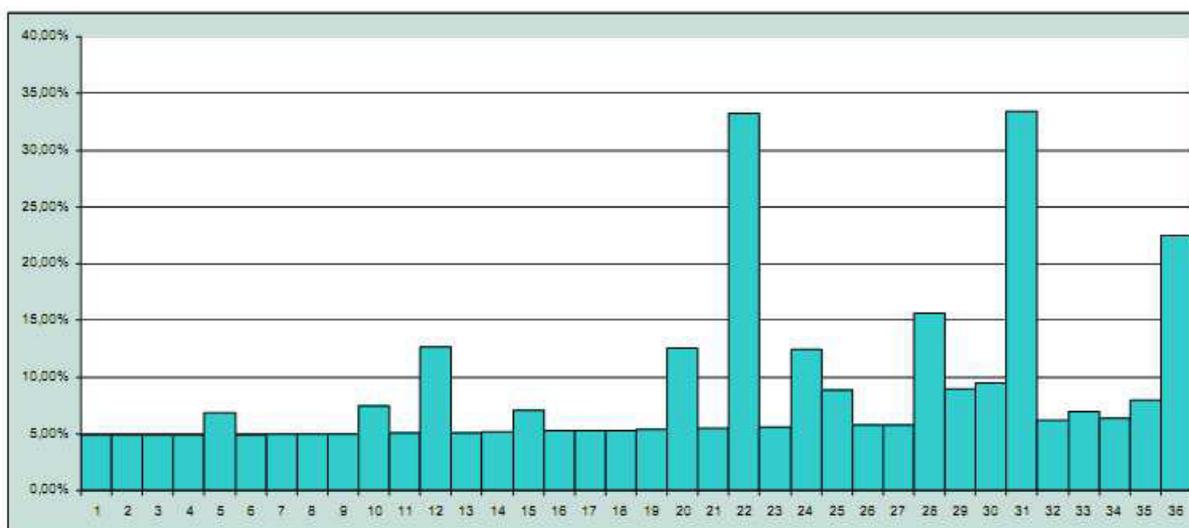


Abbildung 31: Barwert der jährlichen Zuwächse der Lebenszykluskosten, bezogen auf die Errichtungskosten, Beispiel Variante 1, Quelle: Floegl et al. 2010, S. 47

Was die bedeutenden Folgekostentreiber angeht, so bestätigte das Modell die Erfahrung vieler Gebäudebetreiber, dass die Reinigungskosten fast so hoch wie die Energiekosten sind. „Der größte Folgekostentreiber ist jedoch die Gebäudetechnik“ (Floegl et al. 2010, S. 49). Im Bereich der Verbrauchskosten zeigte das Modell jedoch in eindrucksvoller Weise, dass die massive Variante im Vergleich zur ausgeführten Stahlbeton-Variante eine beachtliche Reduktion der Heizungs- und Klimatisierungskosten (-48 %) sowie der gebäudetechnikbezogenen Stromkosten (-39 %) zur Folge hat (siehe Abbildung 32).

Mit dem vorliegenden Lebenszykluskostenmodell ist es gelungen, ein detailliertes Prognosewerkzeug mit 12 Hauptgruppen und 54 Kostengruppen zu schaffen. In den bisherigen Tests stellte sich das Modell auch sehr robust dar, wenngleich ausführlichere Tests, bei welchen Lebenszykluskostenprognosen bei bereits in Betrieb stehenden Gebäuden nachträglich durchgeführt werden, um die prognostizierten Ergebnisse mit den tatsächlichen vergleichen zu können, sehr sinnvoll erscheinen. Auch können mit dem Lebenszykluskostenmodell in seiner derzeitigen Form nur Aussagen über Gesamtgebäude getätigt werden, der Einsatz im Bereich der Bauteil- oder Haustechnikoptimierung ist nicht möglich.

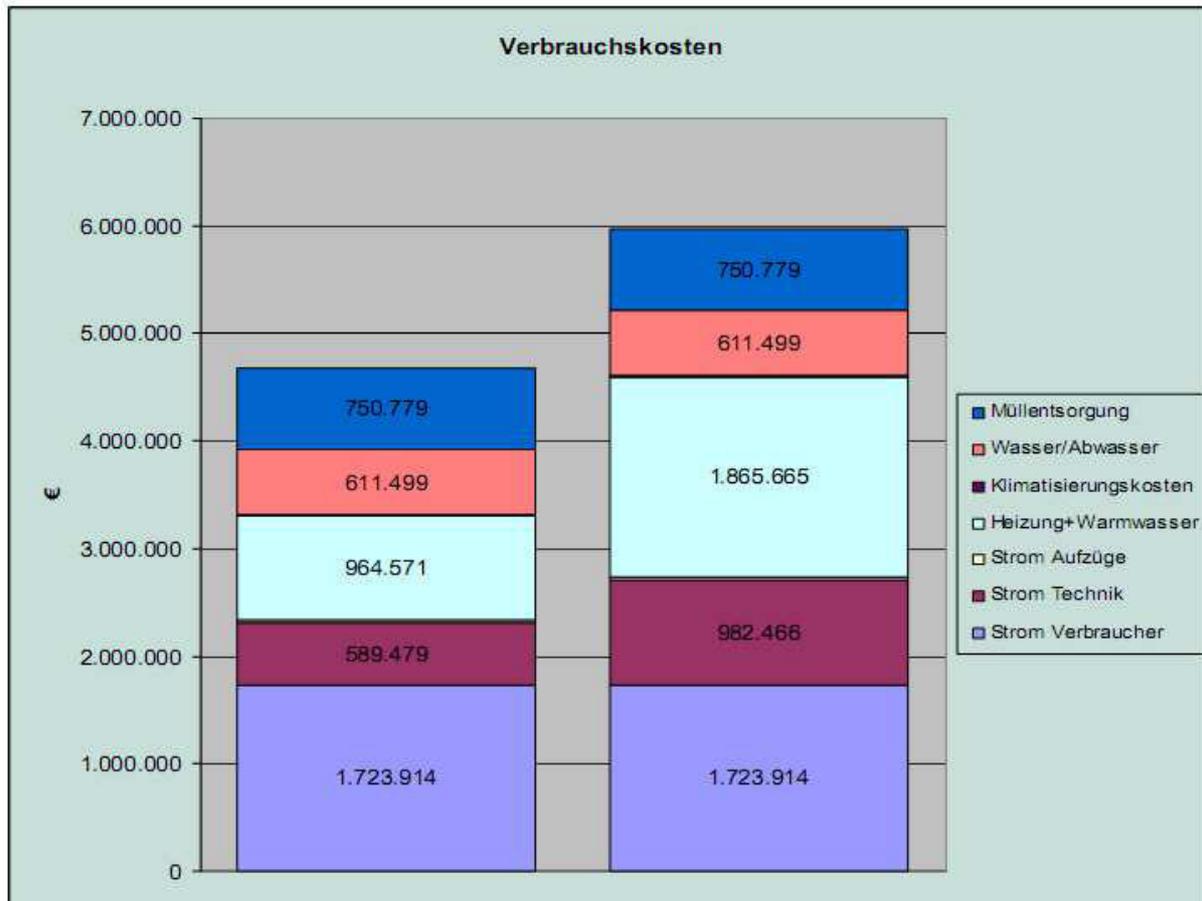


Abbildung 32: Verbrauchskosten der beiden Varianten im Vergleich (links Variante 2, rechts Variante 1), Quelle: Floegl et al. 2010, S. 54

Das beschriebene Lebenszykluskostentool steht als Excel Instrument zur Verfügung (Kontakt: Dr. Helmut Floegl, Donau Universität Krems)

5.3 Auswirkung verschiedener Baustoffe auf das Sommerverhalten und den Energieverbrauch

Projekt 12: Auswirkung verschiedener Baustoffe auf das Sommerverhalten und den Energieverbrauch

Projektbeteiligte: DI Helmut Schöberl, DI Radoslav Hanic (beide Schöberl & Pöll GmbH) | Prof. Dr. Thomas Bednar, DI Christoph Harreither (beide TU Wien, Forschungsbereich Bauphysik und Schallschutz)

5.3.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Messergebnisse in bewohnten Objekten, die das Nutzerverhalten und den damit verbundenen Einfluss auf die sommerlichen Raumtemperaturen zeigen
- Berechnungstool zur dynamischen Berechnung der sommerlichen Raumtemperatur, in dem die Eigenschaften der Bauteile inkl. Fenster, das Klima, die inneren Lasten

und die Lüftungsmöglichkeiten inklusive kontrollierter Wohnraumlüftung detailliert berücksichtigt werden.

- Vorschlag zur Weiterentwicklung der ÖNORM B 8110-3

5.3.2 Einleitung

„Die Szenarien für den Klimawandel zeigen (...) eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass die sommerlichen Außentemperaturen in Österreich ansteigen werden“ (Schöberl et al. 2009, S. 6). Dadurch steigt auch das Risiko der sommerlichen Überwärmung von Gebäuden und die Berücksichtigung des Sommerverhaltens sowie die Beeinflussbarkeit durch die NutzerInnen werden bei der Planung von Gebäuden immer wichtiger.

Derzeit wird der Nachweis der Sommertauglichkeit mit Hilfe der ÖNORM B 8110-3 (Ausgabe 1999-12-01) erbracht. Die Norm beinhaltet zwei Nachweisverfahren: den Nachweis über den Tagesverlauf der Raumtemperatur mit einem geeigneten Rechenprogramm und den Nachweis mit dem vereinfachten Verfahren, welches die Lüftungswärmeverluste, die inneren und solaren Gewinne sowie die Speicherfähigkeit des Gebäudes stark vereinfacht abbildet. Die meisten Gebäude können diesen Nachweis leicht erfüllen – in der Realität treten aber dennoch hohe Raumtemperaturen in sommerlichen Hitzeperioden auf. Eine Überarbeitung der ÖNORM B 8110-3 in Richtung einer dynamischen Berechnung der sommerlichen Raumtemperaturen ist daher dringend notwendig.

Der maßgeblich im gegenständlichen Projekt entwickelte Normenentwurf wird derzeit (November 2010) durch die Bauphysik-Softwarehersteller umgesetzt. Die Validierung erfolgt im Rahmen der ON-AG 175 12, Validierung von Software für den Wärmeschutz. Anschließend werden Ringrechnungen durchgeführt und nach deren Auswertung wird der endgültige Entwurf, der dann für die allgemeine praktische Anwendung entsprechend abgesichert sein wird, im Normenausschuss abgestimmt. Prof. Bednar rechnet mit einem Inkrafttreten der neuen Norm zur Sommertauglichkeit bis Frühjahr 2011.

5.3.3 Inhaltliche Darstellung

Im ersten Arbeitsschritt wurden hygrothermische Messungen in vier bewohnten Passivhäusern durchgeführt, um das Nutzerverhalten und den damit verbundenen Einfluss auf die sommerlichen Raumtemperaturen zu erforschen. Sodann wurden die gemessenen Ergebnisse anhand von Gebäudesimulationen validiert. Auf dieser Basis wurden abschließend Vorschläge für die Überarbeitung der ÖNORM B 8110-3 erarbeitet und in einem Excel-Instrument umgesetzt.

5.3.3.1 Hygrothermische Messungen

Für die Messungen wurden Wohnungen in folgenden Gebäuden ausgewählt, die in unterschiedlichen Bauweisen errichtet wurden und alle mit einer kontrollierten Wohnraumlüftung, die auch im Sommer in Betrieb ist, ausgestattet sind:

- Passivhaus Mühlweg (Holzbau), 1210 Wien
- Passivhaus Wienerberg City Gebös (Ziegelbau), 1100 Wien

- Passivhaus Kammelweg (Mischbau: Stahlbeton & Holz), 1210 Wien
- Passivhaus Utendorfgasse (Stahlbetonbau), 1140 Wien

Bei den Messungen wurden die Parameter Raumtemperatur, Raumluftfeuchtigkeit, Fensterstellung (geschlossen / geöffnet) sowie Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Zuluft erfasst. In den Hitzeperioden im Juli und August 2009 zeigte sich der positive Effekt der Nachtkühlung durch geöffnete Fenster deutlich, dennoch wurden die Lüftungsmöglichkeiten über Fenster und Fenstertüren von den BewohnerInnen aus unterschiedlichen Gründen nicht vollständig genutzt:

- Erst ab relativ hohen Raumtemperaturen wird nachts vermehrt gelüftet.
- Informationen zum „optimalen Lüftungsverhalten“ in Passivhäusern während der Heizperiode (Lüften erfolgt grundsätzlich über die Lüftungsanlage; Stoßlüften bei Bedarf) führen bei manchen BewohnerInnen zu der Annahme, dass man in Passivhäusern auch im Sommer nachts nicht ausgiebig lüften muss.
- Leben Kleinkinder und / oder Haustiere im Haushalt oder befinden sich die Fenster in leicht zugänglichen Bereichen, werden die Fenster aus Sicherheitsgründen (Absturz, Weglaufen, Einbruch) maximal gekippt.
- Wegen des Umgebungslärms bleiben die Fenster in Schlafräumen häufig geschlossen.
- Vielen BewohnerInnen ist die reduzierende Wirkung von Insektenschutzgittern auf den Luftwechsel nicht bewusst.
- Soll sich die Lüftung über Räume mit offenem Fenster auf die ganze Wohnung auswirken, müssen die Innentüren nachts offen sein. Dies ist aus unterschiedlichen Gründen häufig nicht der Fall.

5.3.3.2 Validierung der thermischen Gebäudesimulation

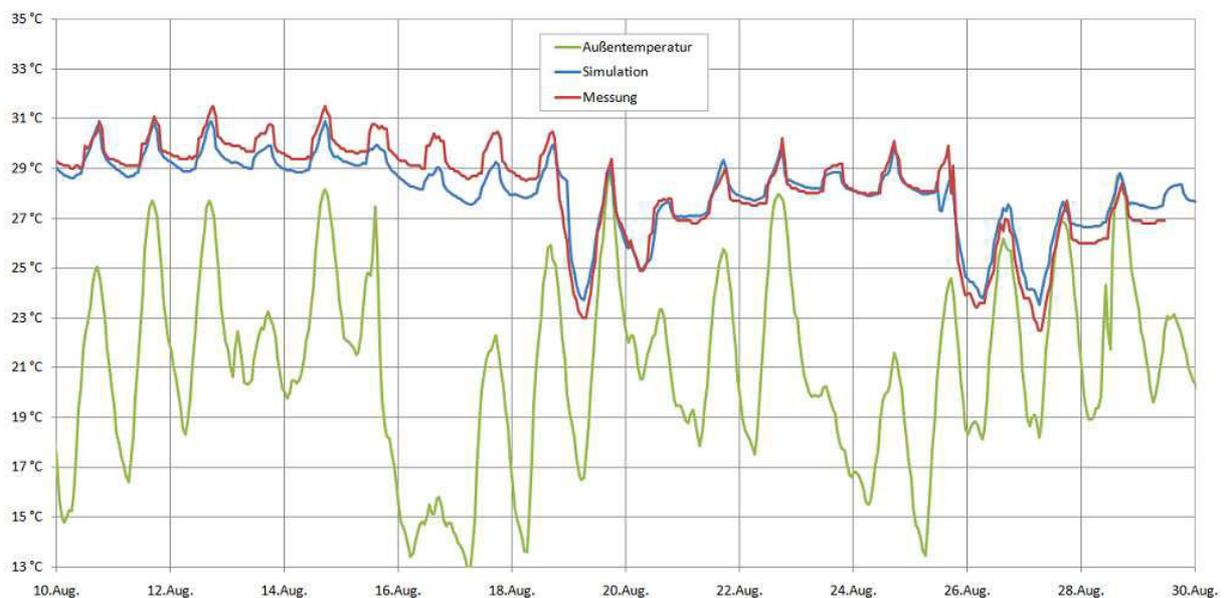


Abbildung 33: Vergleich der simulierten und gemessenen Raumtemperaturen, Quelle: Schöberl et al. 2009, S. 24

Anhand der Messungen in leer stehenden Wohnungen, in denen die Wärmeabgabe von Personen und Geräten elektrisch (und damit kontrolliert) simuliert wurde, konnte eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den mit einem an der TU Wien entwickelten Simulationsmodell berechneten Raumtemperaturen gefunden werden (siehe Abbildung 33).

5.3.3.3 Vorschlag zur Überarbeitung der ÖNORM B 8110-3

In der derzeitigen Fassungen der ÖNORM B 8110-3 werden die tatsächlich auftretenden Raumtemperaturen häufig unterschätzt. Um die Temperatur beeinflussenden Faktoren besser zu erfassen, wurde basierend auf Excel ein Berechnungsinstrument entwickelt, welches in weiterer Folge auch in die entsprechende Bauphysiksoftware zum Nachweise der Sommerauglichkeit eingebaut werden soll. „Das Modell folgt den Vorgaben der EN ISO 13791 und EN ISO 13792“ (Schöberl et al. 2009, S. 31). Die Eingabeparameter für das im Rahmen des gegenständlichen Projekts entwickelte Berechnungsinstrument sind in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Eingabeparameter in das neu entwickelte Excel-Tool für den vereinfachten Nachweis der sommerlichen Überwärmung von Räumen, Quelle: Schöberl et al. 2009, S. 41

EINGABEPARAMETER	
Eigenschaften der umgrenzenden Bauteile des Raumes sowie der Innenwände	<ul style="list-style-type: none"> • Schichtenaufbau • Schichtdicke • Wärmeleitfähigkeit • Spezifische Wärmekapazität • Dichte • Flächen • Orientierung
Strahlungseigenschaften der Außenbauteile Eigenschaften der Fenster	<ul style="list-style-type: none"> • Strahlungsabsorptionsgrad der Außenoberflächen • Größe • Öffenbar / nicht öffenbar • Wärme- und strahlungstechnische Eigenschaften der Verglasung und des Rahmens • Strahlungstechnische Eigenschaften und Position des Sonnenschutzes
Klima	<ul style="list-style-type: none"> • Seehöhe • Tagesmittelwert des Standortklimas (Sommer) • Tagesgang (innerstädtisch / Umland)
Innere Lasten	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmeeintrag durch Personen und Geräte in Watt (Tagesverlauf)
Lüftung	<ul style="list-style-type: none"> • Hygienischer Luftwechsel mit Außenluft oder über Lüftungsanlage • Mögliche nächtliche Fensteröffnung (offen, 10cm gekippt, zu) • Luftwechsel der Lüftungsanlage

Abschließend erfolgte eine Untersuchung verschiedener Bauweisen (Stahlbeton-, Ziegel- und Leichtbau) mit dem neu entwickelten Excel-Tool, wobei die inneren Lasten (Büro bzw. Wohnraum), die nächtliche Fensterlüftung (Fenster geschlossen bzw. offen) und die Verschattung (Fenster verschattet bzw. Fenster nicht verschattet) variiert wurden. In Abbildung 34 werden ein Büro- und ein Wohnraum in den drei Bauweisen einander gegenübergestellt, wobei in dieser Variante die Fenster nachts offen sind und eine Außenverschattung vorhanden ist.

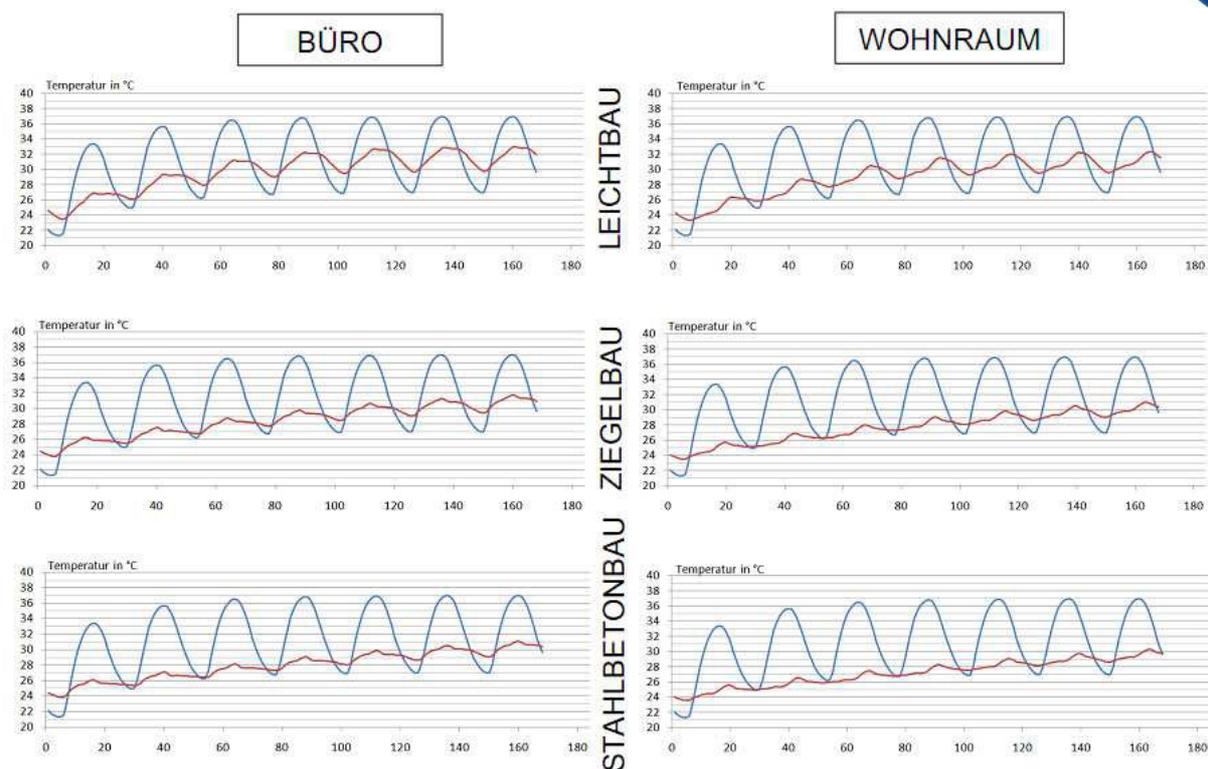


Abbildung 34: Vergleich der Stufenantworten des beispielhaft gewählten Raumes in Abhängigkeit der verschiedenen Bauweisen (Leicht-, Ziegel- und Stahlbetonbau) und der inneren Lasten (Büro- und Wohnraum) mit Außenverschattung und Nachtlüftung. Blaue Kurve: Außentemperatur. Rote Kurve: Raumtemperatur, Quelle: Schöberl et al. 2009, S. 48

Abbildung 35 zeigt wiederum den Büro- sowie den Wohnraum, diesmal allerdings mit nachts geschlossenen Fenstern und ohne Verschattungsmaßnahmen.

Die Darstellungen zeigen sowohl die Vorteile der Massivbauweise in Hinblick auf das Wärmespeichervermögen, als auch den wesentlichen Einfluss von Nachtlüftung und Verschattung. „Für das sommerliche Verhalten von Räumen ohne mechanische Lüftung ist die nächtliche Wärmeabfuhr über ausreichend große Öffnungen entscheidend. Eine mechanische Lüftung mit einem 2,5fachen Luftwechsel hat bei weitem nicht die Wirkung von offenen Fenstern“ (Schöberl et al. 2009, S. 52).

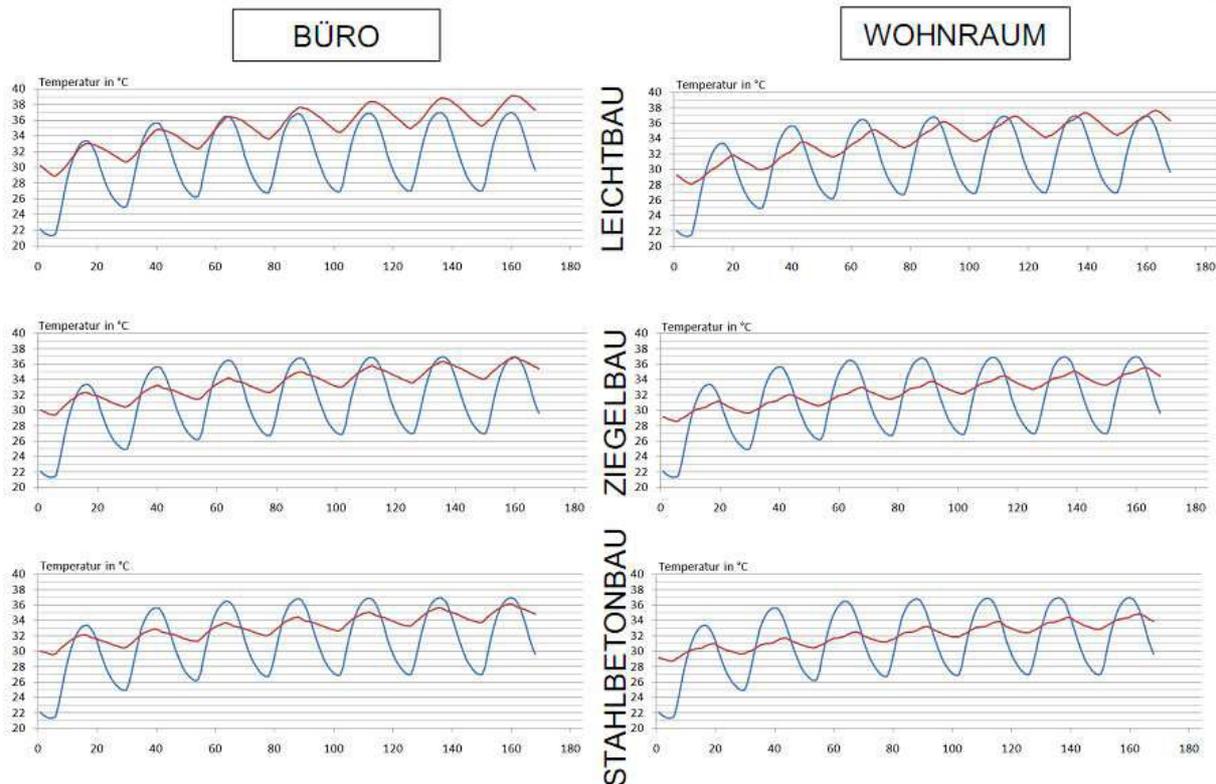


Abbildung 35: Vergleich der Stufenantworten des beispielhaft gewählten Raumes in Abhängigkeit der verschiedenen Bauweisen (Leicht-, Ziegel- und Stahlbetonbau) und der inneren Lasten (Büro- und Wohnraum) ohne Außenverschattung und ohne Nachtlüftung. Blaue Kurve: Außentemperatur. Rote Kurve: Raumtemperatur, Quelle: Schöberl et al. 2009, S. 51

5.4 Simulation von Bauteil- und Energiesystem-Varianten

Teilprojekt 08: Massive Bauteile und Energiesysteme

Projektbeteiligte: DI (FH) Florian Stift, DI (FH) Stephan Ledinger (beide AIT Austrian Institute of Technology, vormals: Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal GmbH)

5.4.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Dynamische Simulation eines Büroraumes in 108 verschiedenen Varianten (Bauteile massiv / leicht, Ausrichtung, Fensterflächenanteil, eingesetzte Energiebereitstellungssysteme etc.) in Hinblick auf den jeweiligen Heiz- und Kühlenergiebedarf
- Bei den untersuchten Massivbauvarianten (massive Decke, massiver Boden) reicht eine im Vergleich zur Leichtbauvariante (abgehängte Decke, aufgeständerter Boden) um durchschnittlich 4 % niedrigere Heizleistung und eine um 8 % niedrigere Kühlleistung aus, um den Heiz- und Kühlbedarf in gleichem Ausmaß zu decken.

5.4.2 Einleitung

Die Wahl der Bauteile (z.B. Art des Decken- und Bodenaufbaus) sowie der Energiesysteme (z.B. Bauteilaktivierung, Heiz- und Kühlregel) hat entscheidenden Einfluss auf den Heiz- und

Kühlenergiebedarf sowie das komforttechnische Verhalten eines Gebäudes. Ziel des gegenständlichen Projekts ist es daher, die Möglichkeiten der Optimierung des Energiebedarfs auf Basis unterschiedlicher Bau- und Energiesysteme wissenschaftlich fundiert zu analysieren. Besonderes Augenmerk wird dabei auf das energetische Potenzial massiver Bauteile gelegt, deren thermische Speicherfähigkeit in Kombination mit effizienten Energiesystemen anhand einer thermisch-dynamischen Gebäudesimulation (TRNSYS 16.01) untersucht wird.

5.4.3 Inhaltliche Darstellung

Im ersten Arbeitsschritt wurden für den österreichischen Markt repräsentative „Prototypen“ in Hinblick auf Gebäudetypen und Gebäudetechniksysteme definiert, wobei besonderes Augenmerk auf die Varianten Leicht- und Massivbau gelegt wurde. Im nächsten Arbeitsschritt wurden diese virtuellen Prototypen im Detail thermisch-dynamisch modelliert und simuliert. Abschließend wurden die Ergebnisse ausgewertet und interpretiert, wobei der Fokus auf der Untersuchung, wie sich die Bauschwere zur Glättung von Lastkurven und zur Optimierung des Komforts nutzen lässt, lag.

5.4.3.1 Variantendefinition

Im Zuge der Untersuchungen wurden fünf Gebäudeparameter (siehe Abbildung 36) und drei Energieverteilssysteme (siehe Abbildung 37) im Simulationsmodell variiert, sodass insgesamt 108 verschiedene Varianten durchgerechnet werden konnten.

Parameter	Anzahl Varianten	Beschreibung
Fensterflächenanteil	2 (3)	40% und 80% (+ 100% für ausgewählte Varianten)
Orientierung	4	Nord, Ost, Süd, West
Ext. Verglasung, Verschattung	2	g-Wert der gesamten Verglasung: 0,2 und 0,62
Bauweise	3	Abgehängte Decke und aufgeständerter Boden; Massive Decke und massiver Boden; Abgehängte Decke und massiver Boden
Wärme- und Kältebereitstellung	3	Fan Coils; thermische Bauteilaktivierung; Kühlsegel

Abbildung 36: Untersuchte Variationen der Gebäudeparameter, Quelle: Stift et al. 2009, S. 14

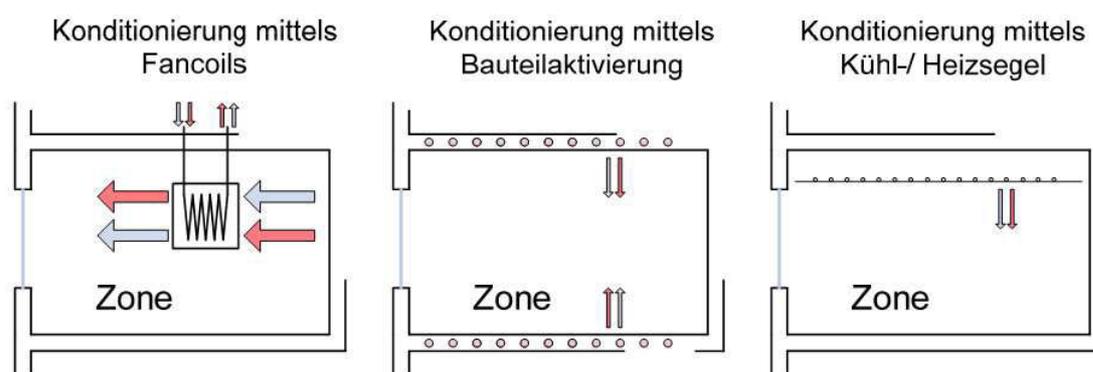


Abbildung 37: Untersuchte Variationen der Energieverteilungssysteme, Quelle: Stift et al. 2009, S. 14

Weiters wurden für die Durchführung der thermisch-dynamischen Simulation Randbedingungen definiert bzw. Annahmen getroffen, welche in Tabelle 22 dargestellt sind. „Die U-Werte der Wand-, Boden- und Deckenkonstruktion bleiben in den verschiedenen Varianten gleich, lediglich die einzelnen Aufbauten wurden so verändert, dass an der Innenseite des Bauelements Schichten mit großer oder geringer Speichermasse enthalten sind“ (Stift et al. 2009, S. 17).

Tabelle 22: Randbedingungen des Simulationsmodells, Quelle: Stift et al. 2009, S. 15

Innenabmessungen	B x H x T (2,5m x 3m x 5m)
U-Wert Außenwand	0,2 W/m ² K
U-Wert Fenster	1,1 W/m ² K
Wetterdatensatz	ZAMG Messwerte: Wien 2003
Heizgrenzlufttemperatur	20°C
Kühlgrenzlufttemperatur	26°C
Infiltration	0,2 Luftwechsel [Raumvolumen/h]
Betriebszeit	Mo-Fr: 8-18 Uhr
Luftwechsel	2-fach * Betriebszeit
Interne Lasten	21 W/m ² * Betriebszeit
Wärmerückgewinnung	Rein sensibel; während Betriebszeit
Rückwärmezahl	0,6 [-]

Als Eingangsgrößen für das Standortklima wurde der Wetterdatensatz der ZAMG für den Standort Wien, Hohe Werte des Jahres 2003 verwendet. Weitere wichtige Eingabeparameter sind interne thermische Lasten (Personen- und Geräteabwärme), die direkten Einfluss auf die Energiebilanz haben und an Zeitprofile (angenommene Betriebszeit des Büros) gekoppelt sind.

5.4.3.1.1 Dynamische Simulation und Ergebnisse

Die Simulationen der 108 Varianten wurden in Hinblick auf folgende Zielgrößen durchgeführt:

- Spezifischer Jahresheizenergiebedarf
- Spezifischer Jahreskühlenergiebedarf
- Jahresprofile der Raumlufthtemperatur und der operativen Temperatur
- Jahresprofil des Heiz- und Kühlbedarfs
- Überschreitungsstunden der Raumlufthtemperatur

Bei der Auswertung der Ergebnisse hinsichtlich der Bauweise ist zu beachten, dass immer nur Varianten miteinander verglichen werden können, die in Bezug auf Fensterflächenanteil, Orientierung, Verschattung und Energieverteilungssystem ident sind. Aus diesem Grund wurden

jeweils exemplarisch verschiedene Varianten einander gegenüber gestellt. So ist aus Abbildung 38 ersichtlich, „dass die erforderliche Leistung zur Deckung des maximalen Heiz- und Kühlbedarfs des Raumes in allen Massivbaufällen niedriger als im Leichtbau ist“ (Stift et al. 2009, S. 20).

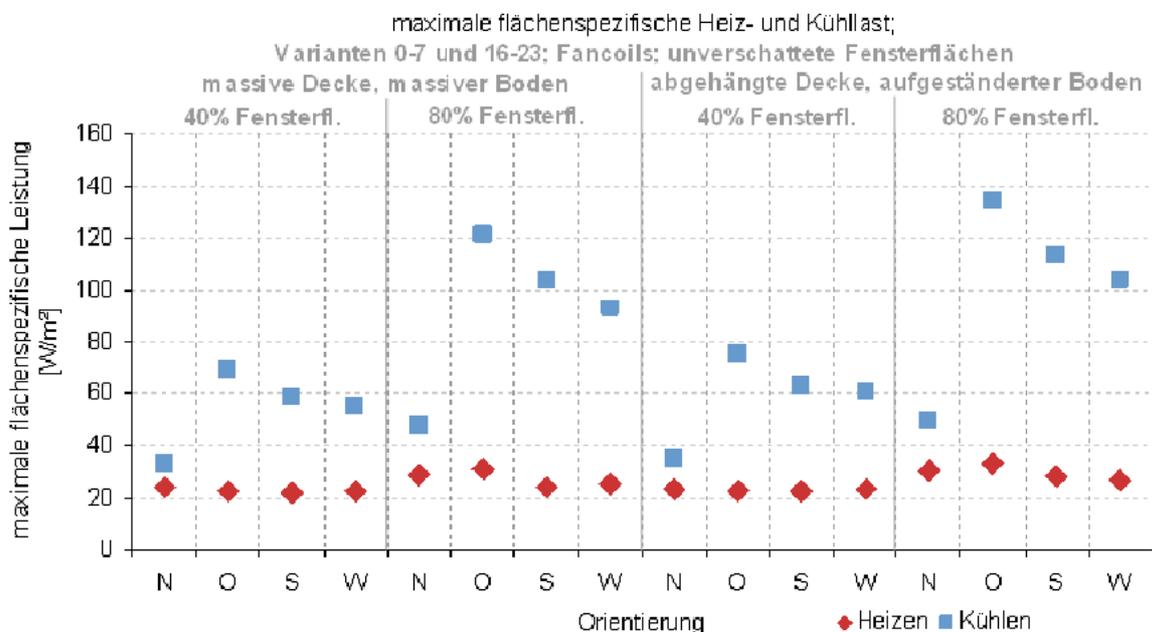


Abbildung 38: Vergleich der maximalen flächenspezifischen Heiz- und Kühllasten, Quelle: Stift et al. 2009, S. 20

Aufgrund der thermischen Trägheit massiver Bauteile fallen auch die Spitzenkühllasten niedriger aus bzw. bleibt der Kühlbedarf länger auf einem niedrigeren Niveau als bei leichten Bauelementen (siehe Abbildung 39).

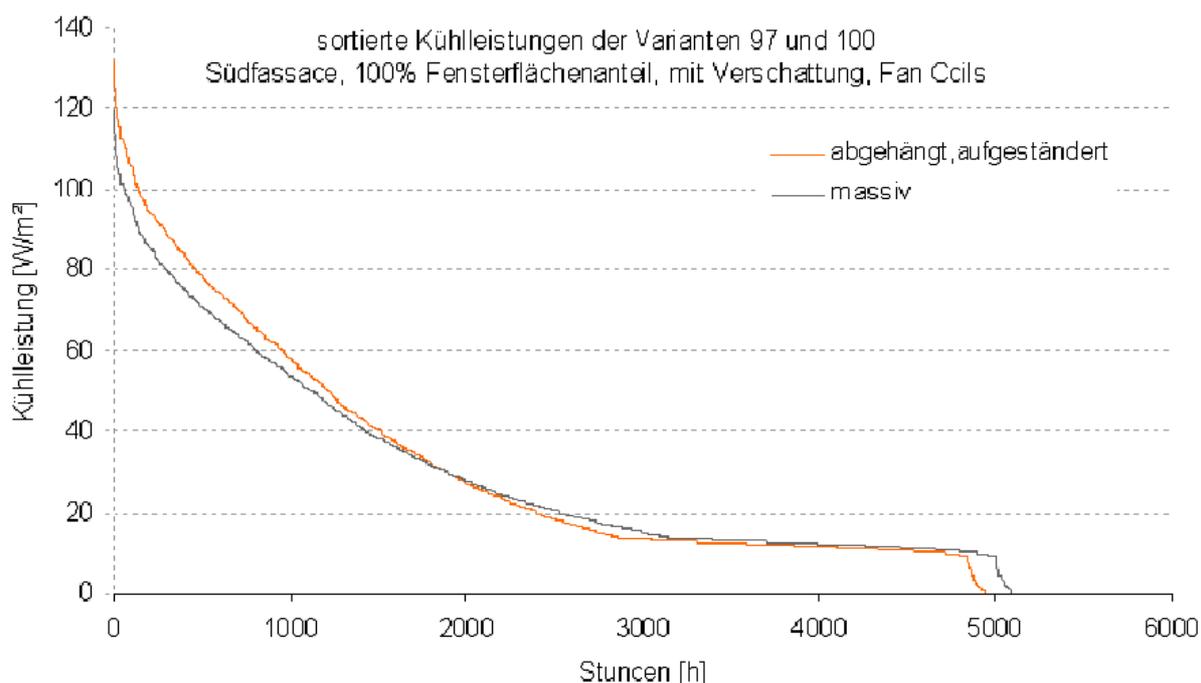


Abbildung 39: Vergleich der Kühlleistungen, Quelle: Stift et al. 2009, S. 21

In Hinblick auf den Komfort aussagekräftiger als die Lufttemperatur ist die operative Temperatur, denn diese entspricht der vom Menschen gefühlten Temperatur. Diese operative Temperatur bleibt bei der massiven Variante unter jener der Leichtbauvariante, da sich die Raumumschließungsflächen bei der massiven Bauweise weniger schnell aufwärmen. „Die Trägheit der massiven Elemente dämpft den täglichen Verlauf der Raumlufttemperaturen und vor allem der operativen Temperaturen“ (Stift et al. 2009, S. 23). Dadurch verlangsamt sich aber auch die nächtliche Auskühlung.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass der positive Effekt größerer Speichermassen auf den Energieverbrauch nur dann voll ausgenutzt werden kann, wenn die gebäudetechnischen Systeme darauf abgestimmt sind. „Mittels intelligenter Regelung (...) thermisch aktivierter Bauteile können zeitliche Diskrepanzen zwischen Energieangebot und Energienachfrage überbrückt werden“ (Stift et al. 2009, S. 10).

5.5 Wirksame Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau

Teilprojekt 07: Wirksame Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau

Projektbeteiligte: DI (FH) Gerhard Hofer, Dipl. Umwelt-Natw. ETH Márton Varga, DI Margot Grim, Stefan Amann (alle e7 Energie Markt Analyse GmbH)

5.5.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Leitfaden zur wirksamen Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau

5.5.2 Einleitung

Die Arbeitsorganisation von Unternehmen lässt sich heute immer weniger in feststehenden räumlichen Gebäudestrukturen abbilden. Im Vordergrund stehen der Austausch von Wissen und eine möglichst reibungslose Abwicklung von Projekten in immer neu gebildeten Arbeitsgruppen. Für das Gebäude leiten sich daraus neue Anforderungen ab; es muss nutzungsflexibel sein. Nutzungsflexibilität kann dabei auf zwei Ebenen definiert werden: Unter Nutzungsflexibilität im weiteren Sinne versteht man, dass in einem Bürogebäude mit möglichst wenig Aufwand beispielsweise auch Wohnungen untergebracht werden können. Hingegen bleibt bei der Nutzungsflexibilität im engeren Sinn, die im gegenständlichen Projekt schwerpunktmäßig untersucht wurde, die Büronutzung bestehen; Nutzungsänderungen sind aber durch eine Anpassung der Raumaufteilung, die Vergrößerung oder Verkleinerung von Büroräumen oder die Umwandlung von Zellenbüros in Großraumbüros und umgekehrt möglich. Damit im Zusammenhang steht auch die Herausforderung, die gebäudetechnischen Systeme (Beleuchtung, Stromzufuhr, Verkabelungen, Belüftung etc.) an sich ändernde Situierungen der Arbeitsplätze anzupassen.

Dieser Herausforderung wurde bisher durch einen leichten Innenausbau, d.h. durch doppelte Böden und abhängte Decken, begegnet, die eine leicht änderbare Verlegung der Versorgungsleitungen erlauben. Diese Vorgangsweise ist allerdings mit einer Entkopplung der in der Tragstruktur (Decken, Böden) vorhandenen Speichermasse von der Innenraumluft verbunden, wodurch kein Wärmeaustausch stattfinden kann und schränkt damit eine weitere

wesentliche Funktion von Gebäuden ein: Die Schaffung und Aufrechterhaltung von komfortablen Innenraumbedingungen. Durch wirksame Speichermassen werden nämlich „die Innenraumtemperaturen im Sommer und im Winter stabilisiert, was einerseits zu einer höheren thermischen Behaglichkeit für die NutzerInnen führt, andererseits die Spitzenlasten sowie den gesamten Energieeinsatz für Heizung und Kühlung des Gebäudes und somit Investitions- und Betriebskosten reduziert“ (Hofer et al. 2009, S. 14). Bei Gebäuden mit hoher speicherwirksamer Masse folgt zudem die Temperaturspitze im Innenraum der Außentemperaturspitze mit einer Verzögerung von bis zu sechs Stunden und wird somit in die Abendstunden verlegt (siehe Abbildung 40).

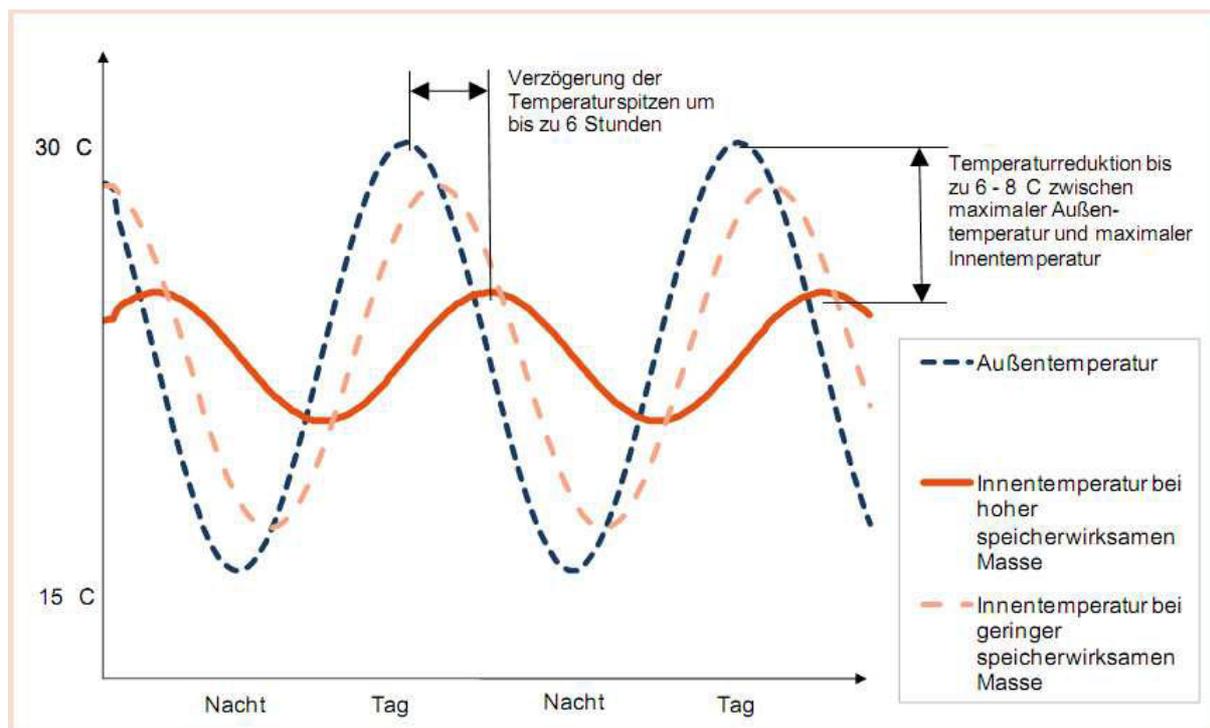


Abbildung 40: Der Einfluss der Speichermasse auf Temperatur und Komfort, Quelle: Hofer et al. 2009, S. 14

Ziel des gegenständlichen Projekts ist es, Lösungen für diese gegensätzlichen Anforderungen an den Innenausbau zu finden. „Dabei soll weder die Anforderung an hohe Nutzungsflexibilität noch jene an hohe Behaglichkeit mit geringem Energieeinsatz in Frage gestellt werden. Vielmehr sollen die dargestellten Lösungen die Möglichkeit aufzeigen, wie ein massiver Innenausbau und damit ein hoher Innenraumkomfort, bei gleichzeitiger Wahrung der Nutzungsflexibilität, realisiert werden kann“ (Hofer et al. 2009, S. 16)

5.5.3 Inhaltliche Darstellung

Die Zielgruppe des Leitfadens zur wirksamen Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau sind sowohl PlanerInnen und EntwicklerInnen, aber auch NutzerInnen und Bauherren von Büroimmobilien. Der Leitfaden stellt die Auswirkungen der speicherwirksamen Masse in den Bereichen Energie, Komfort und Raumakustik detailliert dar und zeigt technische Lösungsmöglichkeiten für die Gestaltung des Innenausbaus und der Gebäudetechnik, wobei schwerpunktmäßig auf Möglichkeiten der geregelten Zu- und Abführung von Wärme aus massiven Bauteilen eingegangen wird. Besonderes Augenmerk ist auf die Planungsphase zu legen, da viele der beschriebenen Maßnahmen neue Schnittstellen zwischen den ein-

zelenen Gewerken erfordern oder neue bauphysikalische, statische und / oder funktionelle Herausforderungen zu meistern sind. „Als Faustregel kann für jedes Gebäude angenommen werden, dass mit der Minimierung des Energiebedarfs der Abstimmungsbedarf in der Planung zwischen den einzelnen Fachplanern steigt“ (Hofer et al. 2009, S. 115).

Der Leitfaden steht auf www.nachhaltigkeit-massiv.at zum Download zur Verfügung (Dateiname: P07_Leitfaden Speichermasse).

5.5.3.1 Auswirkung und Berechnung der wirksamen Speichermasse

Die Fähigkeit von Baustoffen, Energie in Form von Wärme aufzunehmen, ist das grundlegende Prinzip der thermisch wirksamen Speichermasse. Schwere, dichte Materialien können im Allgemeinen mehr Wärme speichern als leichte und luftige. Die effektive Wärmespeicherung eines Bauteils hängt dabei von der spezifischen Wärmespeicherfähigkeit des Materials, der Stärke und der Fläche, die zum Wärmeaustausch mit der Innenraumluft zur Verfügung steht, ab.

„Die Anforderungen an die thermische Behaglichkeit in Büroräumen sind hoch, da die NutzerInnen hier lange Zeitspannen verbringen, ohne ihren Aufenthaltsort beliebig wechseln zu können“ (Hofer et al. 2009, S. 30). Die raumklimatischen Bedingungen werden durch die Faktoren Lufttemperatur, Strahlungsverhältnisse, Luftbewegung und Luftfeuchte bestimmt. Wie im Behaglichkeitsdiagramm ersichtlich ist, können höhere Lufttemperaturen durch niedrigere Oberflächentemperaturen ausgeglichen werden und umgekehrt.

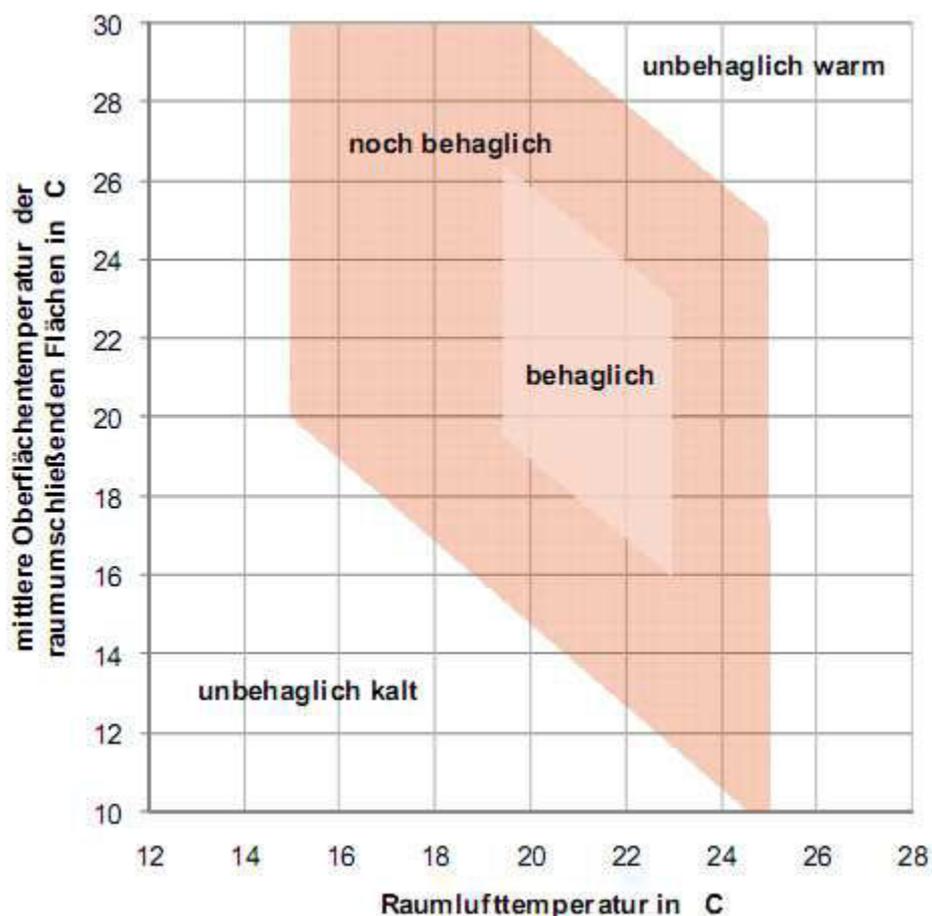


Abbildung 41: Thermische Behaglichkeit als Funktion der mittleren Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen und der Raumlufthtemperatur, Quelle: Hofer et al. 2009, S. 31, basierend auf Frank 1975

Massive Bauteile können Wärme aufnehmen und speichern, ohne dass sich ihre Oberflächentemperatur nennenswert erhöht und durch die kühlen Oberflächentemperaturen fällt die empfundene Temperatur auch an heißen Tagen niedriger aus als die Lufttemperatur. Die Temperatur ausgleichende Wirkung der Speichermasse kann also insbesondere die Gefahr der sommerlichen Überhitzung verringern. Gleichzeitig muss aber auch die thermische „Entladung“ der Bauteile sichergestellt werden, d.h. die aufgenommene Wärme muss auch wieder abgegeben werden, was zum einen durch einen erhöhten nächtlichen Luftwechsel („Nachtlüftung“) und zum anderen durch die direkte Abführung der Wärme mittels Bauteilaktivierung geschehen kann.

So vorteilhaft wirksame Speichermassen für den thermischen Komfort sind, so herausfordernd gestaltet sich ihr Einsatz in Bezug auf die Raumakustik. „Harte Materialien mit hoher Baustoffdichte und glatter Oberfläche, wie etwa verspachtelter Stahlbeton oder Sichtbeton, haben eine hohe Schallreflexion, was zu einer hohen Nachhallzeit im Raum führt“ (Hofer et al. 2009, S. 32). Um dennoch Nutzungskomfort zu gewährleisten ist daher eine raumakustische Planung und Simulation unerlässlich. Auch der Einsatz von Schallabsorbern (weiche Materialien mit poröser oder löchriger Oberfläche) kann angebracht sein.

5.5.3.2 Bauteilbezogene Lösungsmöglichkeiten für wirksame Speichermassen

Grundsätzlich kann jede Raum abschließende Fläche für die Wärmespeicherung nutzbar gemacht werden, d.h. die Decke, der Boden, die Außenwand oder die Zwischenwände. Jede Lösungsmöglichkeit ist dabei mit Herausforderungen in Hinblick auf Nutzungsflexibilität, Sicherheit, Brandschutz und Schallschutz verbunden.

Wirksame Speichermasse in der Decke

Von allen raumabschließenden Flächen weist die Decke das größte Potenzial als speicherwirksame Masse auf und dieses kann durch Strukturierung weiter erhöht werden. Zum einen sind Decken in vielen Fällen aus massiven Bauteilen aufgebaut, zum anderen weisen sie eine ideale Situierung auf und tragen dadurch dazu bei, dass die im Raum befindlichen Personen „einen kühlen Kopf bewahren“. Der Verzicht auf abgehängte Decken in Büroräumen reduziert zudem die notwendige Geschoßhöhe, wodurch gegebenenfalls bei Ausnützung der maximal zulässigen Gebäudehöhe zusätzliche Geschoße möglich sind. Allerdings müssen die Funktionen, die normalerweise von einer abgehängten Decke übernommen werden (Raum für Installationsleitungen, Verbesserung der Raumakustik), in anderen Bauteilen untergebracht oder durch andere haustechnische Lösungen ersetzt werden.

Folgende Lösungsmöglichkeiten stehen zur Verfügung:

- Frei liegende Stahlbetondecke aus Ortbeton oder Fertigteilen
 - Decke aus Ziegelsteinen: vorwiegend bei kleineren Gebäuden oder innovative / historische Lösungen (Gewölbe)
- Decke für Installationen: Auflösung der Tragkonstruktion in eine dünne Stahlbetonplatte (Funktionen: Tragfähigkeit, Brandschutz und Auflagefläche für die Leitungen) mit aufgesetzten Stahlrippen; in den Hohlräumen können Installationsleitungen und Geräte untergebracht werden

- Fertigteildecke mit Lüftung über Hohlkammern: Spezialform dieser Decke ist für die luftgeführte Bauteilaktivierung anwendbar

Wirksame Speichermasse im Boden

Auch die Bodenfläche, die der Deckenoberfläche entspricht, sowie massive Teile des Fußbodenaufbaus (Estrichbeton) können als Speichermasse verwendet werden. Damit die Speichermasse in den Böden wirksam werden kann, ist von isolierenden Bodenbelägen (z.B. Teppiche) und Doppelböden, die oft zur Aufnahmen von elektrischen und haustechnischen Leitungen eingesetzt werden, abzusehen. Stattdessen sollten Fliesen, dünne Parkettböden oder Kunststoffböden als Bodenbelag eingesetzt werden. Für den Fußbodenaufbau eignen sich Hohlraumböden mit einer darüber liegenden Schicht Fließestrich oder auch schwimmende Estriche, in die bereits Elektrokanäle integriert wurden.

Wirksame Speichermasse in der Außenwand

In modernen Bürogebäuden wird die Lochfassade, bei der die Außenwände tragende Funktion übernehmen, zunehmend durch Fassaden mit Fensterbändern oder vollflächiger Verglasung verdrängt. Zwar stellt die Fläche der Fassade die kleinste der raumumschließenden Flächen dar, dennoch ist die Nutzung massiver Fassaden eine gute Zusatzmaßnahme, um die Speichermasse eines Gebäudes zu erhöhen. Für Bürogebäude ist insbesondere die massive Ausführung der Parapete geeignet. Durch Innendämmung oder Wandverkleidungen werden massive Außenwände durch die thermische Entkopplung allerdings wirkungslos.

Wirksame Speichermasse in den Zwischenwänden

Massive Zwischenwände lassen sich in Bürogebäuden kaum verwirklichen, da sie die Nutzungsflexibilität stark einschränken. Eine Alternative stellt die Lösung dar, nur die Flurtrennwände massiv auszuführen. Bei dieser Variante ist allerdings darauf zu achten, dass sich die Eingangstüren zu den Büros flexibel gestalten lassen. Eine weitere Möglichkeit stellen leichte Zwischenwände aus homogen aufgebauten Gips-Wandbauplatten dar, welche im Vergleich zu Gipskarton-Ständerwänden eine höhere Speichermasse besitzen.

5.5.3.3 Gebäudetechnikbezogene Lösungsmöglichkeiten bei hohen wirksamen Speichermassen

So sinnvoll freiliegende massive Bauteile – insbesondere Decken – in Hinblick auf die wirksame Speichermasse sind, so herausfordernd gestaltet sich die Unterbringung der gebäudetechnischen Systeme und damit der Arbeitsplatzversorgung (Be- und Entlüftung, Beleuchtung, elektrische Installationen, Sprinkleranlagen) sowie die Raumakustik. Schließlich stehen keine abgehängten Decken zur Verfügung, hinter denen diese Systeme versteckt werden könnten. Dennoch gibt es zahlreiche Lösungsmöglichkeiten, die im Folgenden beschrieben sind.

Unterstützende Lösungen für die Raumkonditionierung

Die Verteilleitungen von zentralen Lüftungsanlagen können über den Gang, den Fußboden, direkt, frei sichtbar an der Decke geführt oder in den Deckenaufbau integriert werden (siehe Abbildung 42).

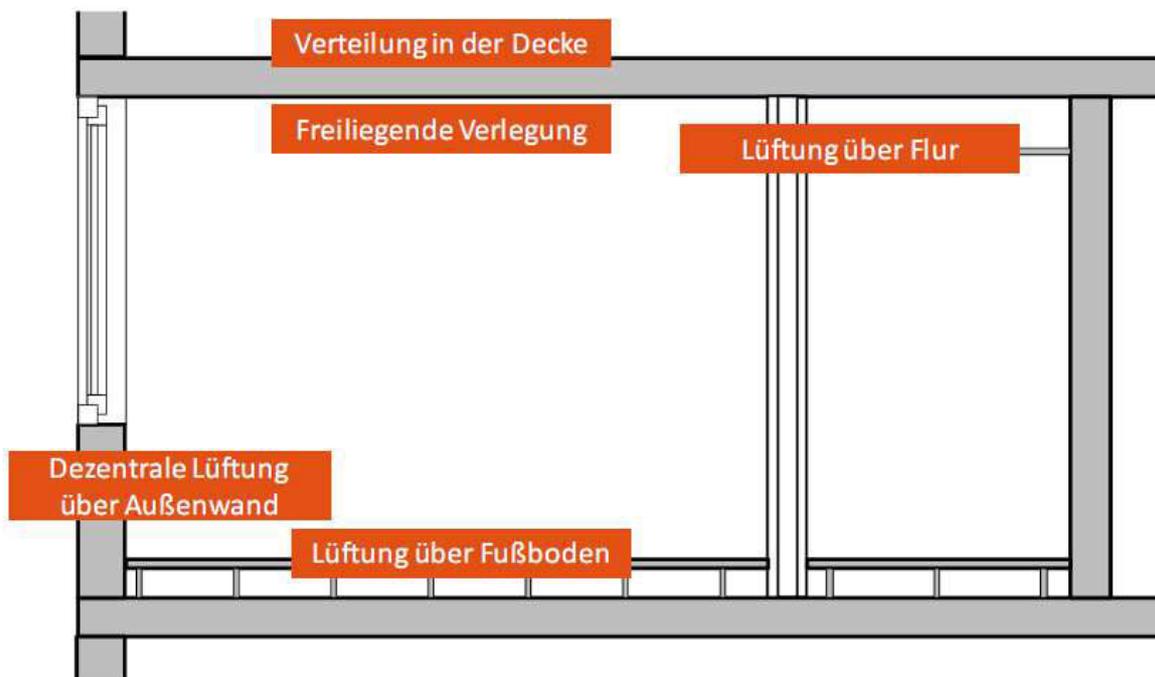


Abbildung 42: Möglichkeiten für die Anordnung von Lüftungsverteilungen bei einer massiven Decke, Quelle: Hofer et al. 2009, S. 62

- **Verteilung in der Decke:** Wird die Be- und Entlüftung direkt in den massiven Deckenaufbau integriert oder wird eine Decke für Installationen ausgeführt, dann bietet es sich an, zur Heizung und Kühlung das System der Bauteilaktivierung einzusetzen. In diesem Fall ist nämlich kein zusätzliches Abgabesystem mehr notwendig.
- **Freiliegende Verlegung:** Bei der frei sichtbaren Verlegung von Leitungen ist auf hohe Material- und Ausführungsqualität sowie den erhöhten Reinigungsaufwand zu achten.
- **Teilabgehängte Decke für die Luftführung:** Die haustechnischen Installationen können auch in Deckenkoffern untergebracht werden, wodurch nur ein Teilbereich der Decke als Speichermasse verloren geht. Von den zentralen Deckenkoffern aus wird die Luft über Weitwurfdüsen in den Raum eingebracht. Einen Spezialfall stellt die Lüftung über die Flurtrennwand dar, bei der die Deckenkoffer nur im Bereich des Gangs angebracht sind.
- **Kühlsegel und Kühlbalken:** Diese sind an der Decke montiert und decken ebenfalls nur einen Teilbereich der Decke ab. Vorteilhaft sind multifunktionale Kühlbalken, welche die Funktionen Beleuchtung, Lüftung, Kühlung, Sprinkelung und raumakustische Maßnahmen vereinen.
- **Dezentrale Haustechnik:** Werden dezentrale Lüftungsgeräte verwendet, dann sind Zuluftleitungen gar nicht mehr nötig. Allerdings sind dezentrale Lüftungsgeräte mit einem höheren Wartungsaufwand und einem schlechteren Wärmerückgewinnungsgrad verbunden.
- **Arbeitsplatzversorgung an der Fassade:** Sofern es die Gebäudetiefe erlaubt, können die haustechnischen Installationen auch an der Fassade angebracht sein, beispiels-

weise in Form umlaufender Kabelkanäle unterhalb des Fensterbretts. Zudem sind auch Gesamtfassadenlösungen verfügbar, welche mit dezentralen Be- und Entlüftungssystemen sowie Heizung und Kühlung ausgestattet sind, sodass keine Verteilungen mehr erforderlich sind.

- Quelllüftung in Bodennähe: Bei der Quelllüftung wird die Zuluft nicht in Decken-, sondern in Bodennähe eingeblasen, was abgesehen vom Freihalten der Decke den Vorteil hat, dass die Frischluft direkt in den Komfortbereich eingebracht wird und für die Lufterneuerung auch geringere Luftmengen erforderlich sind.
- Ausgesparte Kabeltrassees im Boden: Soll auch der Boden als wirksame Speichermasse genutzt werden, dann können die Leitungen in Kabeltrassees, die in regelmäßigen Abständen in den Boden eingelassen sind, geführt werden.

Unterstützende Lösungen für die Beleuchtung

- Pendel- oder Anbauleuchten: Die Verkabelung von Deckenleuchten kann über Leerverrohrungen direkt in der massiven Decke verlaufen oder über eine Montage an der Deckenuntersicht. Erfolgt die Kabelführung direkt in der Decke, so muss das Beleuchtungskonzept schon vorab gut durchdacht sein.
- Stehleuchten: Boden- und Tischstehleuchten erlauben eine absolute Arbeitsplatzflexibilität und individuelle Einstellung der Beleuchtungsstärke.

Unterstützende Lösungen für die Raumakustik

Unverkleidete Betondecken, großflächige Glasflächen und Naturstein- oder Holzfußböden sind zwar günstig in Bezug auf die thermischen Eigenschaften, wirken sich aber nachteilig auf die Raumakustik aus. Das Einbringen von Akustikelementen und eine professionelle Akustikplanung können dem entgegenwirken.

- Akustikplatten: Diese können entweder direkt auf die Decke aufgebracht werden, oder abgehängt an der Decke montiert werden.
- Frei schwebende Akustikelemente an der Decke: Dazu werden Schall absorbierende Elemente an der Decke aufgehängt.
- Schall absorbierende Beleuchtungskörper: Hier werden Akustikelemente direkt in die Beleuchtungskörper integriert.
- Akustikputz: Akustikputze haben zwar viele optische Vorteile, allerdings wird die wirksame Speichermasse auf bis zu ein Drittel reduziert.
- Akustik-Trennwände und Schallschirme: In diesem Fall werden Bürotrennwände mit Schall absorbierenden Materialien ausgestattet.
- Textile Akustikmodule an der Wand: Bei dieser Variante können Akustikelemente zur Wandgestaltung eingesetzt werden, allerdings müssen die verwendeten Materialien sehr robust sein.
- Einrichtungsgegenstände mit raumakustischen Platten: Hier werden Schränke, Schreibtischelemente etc. mit Akustikelementen ausgestattet.

- Fußbodenbelag: Wird der Boden nicht als speicherwirksame Masse oder im Rahmen einer Bauteilaktivierung genutzt, dann wirken sich textile Bodenbeläge wie Teppiche sehr günstig auf die Raumakustik aus.

Lösungen für Sprinkleranlagen

Bei freigelegten massiven Decken können folgende Verlegearten für Sprinkleranlagen verwendet werden:

- Sichtbare Verlegung an der Decke
- Verlegung im Doppelboden des darüber liegenden Geschoßes mit Leerverrohrung im Deckenaufbau zur Durchquerung der Decke
- Verlegung im Flur und Integration der Sprinklerdüse in die Flurtrennwand
- Verlegung über Integration in multifunktionale Kühlbalken

Kommt eine Bauteilaktivierung zum Einsatz, dann ist bei allen Lösungsvarianten, wo direkt an der Decke Befestigungen angebracht werden, darauf zu achten, dass die Rohrleitungen der Bauteilaktivierung nicht angebohrt werden.

5.5.3.4 Wärmeabführung aus den speicherwirksamen Massen

Um die Wirksamkeit der Speichermassen über längere Zeit zu gewährleisten, muss die gespeicherte Wärme auch wieder aus der Gebäudemasse abgeführt werden.

Abkühlung der Gebäudemasse durch Nachtlüftung

Die Speichermassen können über einen erhöhten nächtlichen Luftwechsel (mindestens 2, besser 4 h^{-1}) mit der kühlen Nachtluft heruntergekühlt werden. Dazu muss die Außentemperatur in der Nacht mindestens 5 Stunden unter 21°C liegen. Folgende Varianten stehen zur Verfügung:

- Natürliche Fensterlüftung: Bei dieser Variante ist auf Einbruchssicherheit, Lärm- und Abgasbelastung, plötzliche Wetterumschwünge sowie die Sorgfalt der NutzerInnen, dass diese die Fenster tatsächlich abends öffnen und morgens schließen, zu achten.
- Natürliche Lüftung mit automatisch gesteuerten Lüftungsöffnungen an der Fassade
- Mechanische Lüftung mittels elektrisch betriebener Ventilatoren: Hier lassen sich die Luftbewegungen innerhalb eines Gebäudes über weite Strecken kontrollieren, doch die Variante ist mit einem erhöhten Stromverbrauch verbunden, der sogar die durch die Nachtlüftung eingesparte Kühlenergie übersteigen kann.

Bauteilaktivierung

„Die wassergeführte Bauteilaktivierung (...) ist ein System der Flächenheizung und / oder – kühlung“ (Hofer et al. 2009, S. 80). Dabei werden in massiven Bauteilen (meist Decken) mäander- oder spiralförmige Rohrregister integriert, in denen je nach Jahreszeit warmes oder kaltes Wasser zirkuliert und die Bauteile temperiert. Das System der Bauteilaktivierung ist mit folgenden Vorteilen verbunden:

- Niedriger Energieeinsatz und Reduktion der Lastspitzen: Die großen Abstrahlungsflächen erlauben eine geringe Temperaturdifferenz zwischen Innenraum- und Wassertemperatur und die wirksame Speichermasse reduziert Lastspitzen.
- Nutzung von alternativen Energiequellen: Die Nutzung von Umweltenergie (Energiepfähle, Erdreichwärmetauscher oder Solarkollektoren) eignet sich hervorragend für die Bauteilaktivierung.
- Hoher Komfort: Durch den Ausgleich von Strahlungstemperaturasymmetrien zwischen der Raumluft und der Oberflächentemperatur ist mit Bauteilaktivierung ein hoher Komfortgewinn verbunden.
- Geringe Investitionskosten: Die Investitionskosten fallen bei Bauteilaktivierung weit günstiger als bei allen anderen gängigen Kälteabgabesystemen aus.
- Selbstregelungseffekt: „Wenn keine hohen Heiz- und Kühllasten zu erwarten sind, kann die Bauteilaktivierung auch mit einer konstanten Vorlauftemperatur von rund 22°C beschickt werden“ (Hofer et al. 2009, S. 83).

Bei der Verlegung der Rohre ist darauf zu achten, dass diese sorgfältig ausgeführt wird, da Schäden an den Rohren nicht mehr nachträglich repariert werden können. Auch ist die kurzfristige Regelbarkeit der Innenraumtemperaturen aufgrund der Trägheit des Bauteilaktivierungssystems eingeschränkt.

Neben der wassergeführten Bauteilaktivierung sind auch luftgeführte Bauteilaktivierungssysteme möglich, wobei die Frischluftversorgung in diesem Fall mit Hilfe des gleichen Systems bewerkstelligt wird.

5.6 Einfluss von Naturkatastrophen auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden

Teilprojekt 10: Einfluss von Naturkatastrophen auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden

Projektbeteiligte: DI Harald Mayr, DI (FH) Isabella Hofer (beide BTI - Bautechnisches Institut Linz) | DI Norbert Glantschnigg (Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg) | Dr. Walter Bornett (KMU-Forschung Austria)

5.6.1 Projektergebnisse auf einen Blick

- Vergleich verschiedener Gebäudetypen und Bauweisen hinsichtlich ihrer Schadensanfälligkeit bei außerplanmäßigen Einwirkungen
- Einfache Bewertungsmatrix zur Abschätzung der typischen Schadenshöhe im Katastrophenfall in Abhängigkeit von der Bauweise und der Katastrophenart

5.6.2 Einleitung

Nicht zuletzt vor dem Hintergrund des Klimawandels und der damit in Zusammenhang stehenden Zunahme von Extremwetterereignissen und Naturkatastrophen wird die Berücksich-

tigung der Katastrophensicherheit von Gebäuden wichtiger. Die ökonomische Optimierung der Lebenszykluskosten bedeutet in diesem Sinne, dass „die Funktion eines Gebäudes unter Katastropheneinwirkung erhalten bleibt bzw. einfach und kostengünstig wieder hergestellt werden kann“ (Mayr et al. 2009, S. 7). Da sich die verschiedenen Baustoffe und – konstruktionen in Katastrophenfällen unterschiedlich verhalten, sind auch die nachfolgenden Sanierungskosten in hohem Maße different. Es erscheint sinnvoll, die Katastrophensicherheit im Sinne einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbetrachtung in Zukunft zu berücksichtigen. Ziel des gegenständlichen Projekts war es, „Grundlagen für eine zukünftige Bewertung von Gebäuden unter der Berücksichtigung außergewöhnlicher Einflüsse bzw. Katastrophen zu erforschen“ (Mayr et al. 2009, S. 7). Um Schadensereignissen vorzubeugen, müssen die Problembereiche in einem Gebäude analysiert werden und schon in der Planung entsprechende konstruktive Maßnahmen berücksichtigt werden.

5.6.3 Inhaltliche Darstellung

Im ersten Arbeitsschritt wurden Daten zu Schadensfällen aus unterschiedlichen Quellen zusammengestellt und ausgewertet. Aus den Ergebnissen wurde eine einfache Bewertungsmatrix zur Abschätzung der typischen Schadenshöhe abgeleitet. Abschließend wurden Empfehlungen, wie das Schadensrisiko minimiert werden kann, formuliert

5.6.3.1 Analyse der Daten zu Schadensereignissen

Im Rahmen der Datenanalyse wurde in erster Linie Datenbanken von BTI und bvfs verwendet sowie eine Expertenbefragung der KMUFA, weiters wurden Daten der Brandverhütungstelle Oberösterreich, des Oberösterreichischen Landesfeuerwehrverbandes, des Lebensministeriums und der Schweizer Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen herangezogen.

In den Daten von BTI, bvfs und KMUFA wurden 325 Schadensfälle erfasst, wobei in 149 Fällen Angaben zur Bauweise verfügbar waren. Es handelte sich um 97 Massivbauten, 30 Holzbauten und 22 Mischbauten, wobei die Bauweise wie folgt definiert wurde:

- Massiv: Gebäude überwiegend aus massiven anorganischen Baustoffen und die Fassade wird meistens innen und außen verputzt, z.B. Ziegelbauweise
- Holz: Gebäude überwiegend aus Holz und die Innenseite der Wandfläche wird häufig verkleidet (z.B. Gipskartonplatten), z.B. Blockbauweise
- Misch: Gebäude, bei denen die Konstruktionen wie Wände und Decken aus einer großen Vielfalt an unterschiedlichen Baustoffen bestehen, z.B. Holzleichtbauweise

Bei der Datenauswertung wurde besonderes Augenmerk auf folgende Fragestellungen gelegt:

- Was sind die häufigsten Katastrophenarten in Österreich und welche Schäden werden jeweils verursacht?
- Welche Bauweisen sind von Katastrophen besonders betroffen und in welcher Höhe liegen jeweils die Schadenssummen?
- An welchen Bauteilen treten die Schäden vermehrt auf?

Abbildung 43 zeigt, dass die meisten Katastrophen durch Stürme und Niederschlagswasser ausgelöst werden, gefolgt von Hochwasser und Hagel. Unabhängig von der Katastrophenart liegt der Großteil der resultierenden Schadenssummen im Bereich bis 10.000 Euro (siehe Abbildung 44).

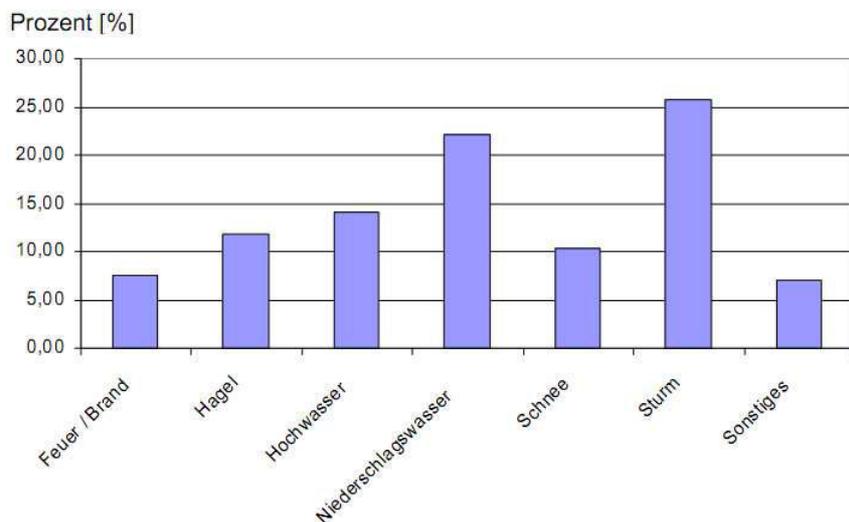


Abbildung 43: Verteilung der Katastrophenarten, Quelle: Mayr et al. 2009, S. 16

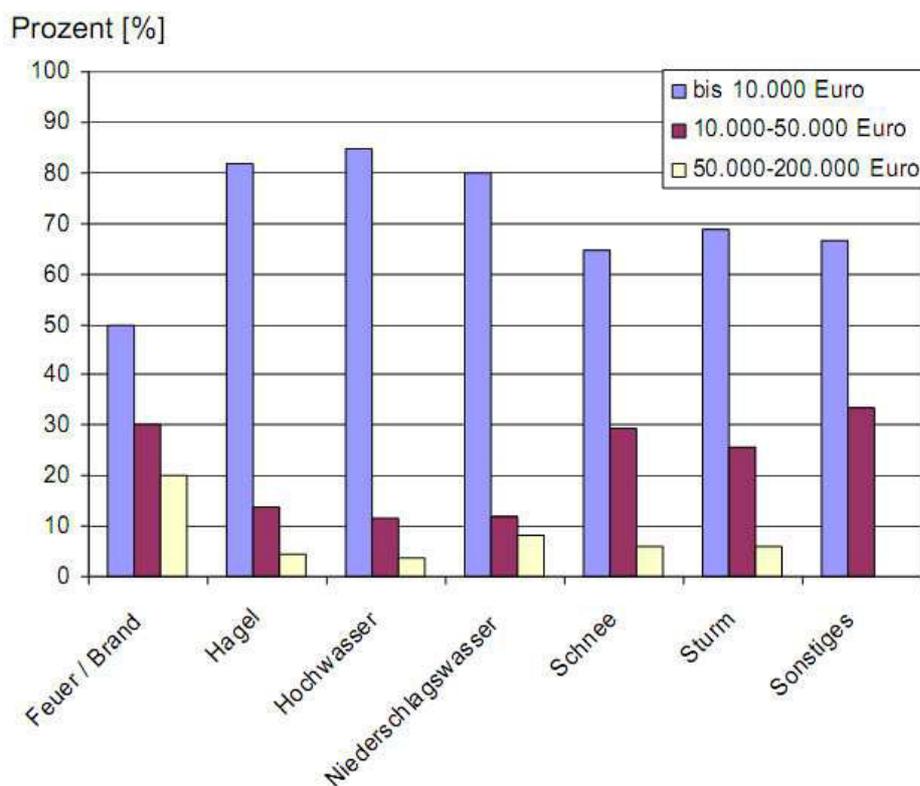


Abbildung 44: Verteilung der Schadenssummen je Katastrophenart, Quelle: Mayr et al. 2009, S. 16

In Abbildung 45 ist die Verteilung der Schadenssummen je Bauweise dargestellt. Die oben dargestellte Dominanz von geringen Schäden im Bereich von bis 10.000 Euro spiegelt sich grundsätzlich in allen Bauweisen wider, allerdings mit unterschiedlichen Ausprägungen. So entfallen im Massivbau 76% der Schäden auf diesen Bereich, wohingegen im Holzbau nur rund 40% und im Mischbau 50% der Schäden dieser Schadenssummenkategorie zuzuord-

nen sind. Große Schadenssummen mit 50.000 bis 200.000 Euro treten im Massivbau mit 3% am seltensten und im Mischbau mit 40% am häufigsten auf.

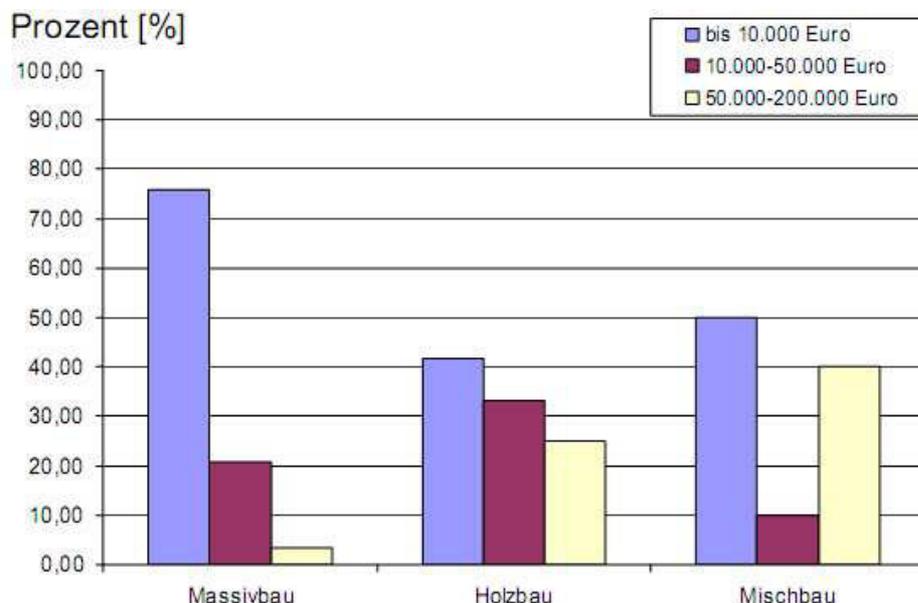


Abbildung 45: Verteilung der Schadenssummen je Bauweise

Diese Ergebnisse aus der Datenauswertung von BTI und bvfs decken sich mit den Einschätzungen aus den Experteninterviews: „Die Experten waren sich einig, dass die Massivbauweise im Vergleich zur Holzbauweise oder Mischbauweise nicht so stark von Katastrophen betroffen sei“ (Mayr et al. 2009, S. 19). Dies wird mit der größeren Stabilität und Katastrophenresistenz der Massivbauweise begründet.

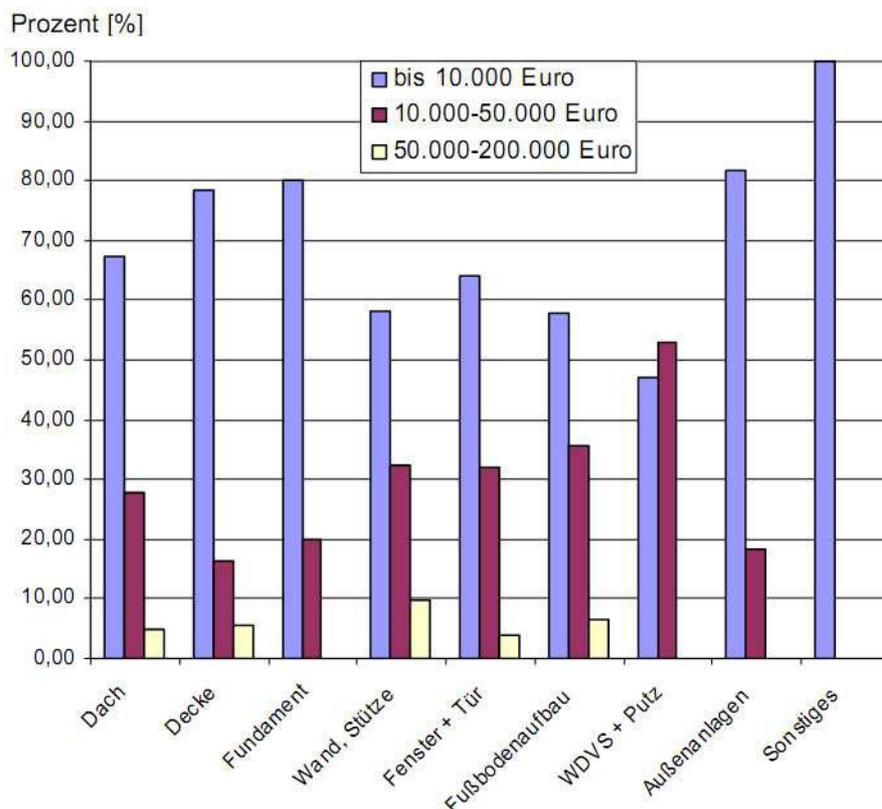


Abbildung 46: Verteilung der Schadenssummen je Bauteil, Quelle: Mayr et al. 2009, S. 18

Auch die Auswertung der Schadenshöhen bei den einzelnen Bauteilen zeigte, dass Schäden in der Höhe bis 10.000 Euro dominieren (siehe Abbildung 46). Dies gilt für alle Bauteile mit Ausnahme des Wärmedämmverbundsystems mit Putz, bei welchem Schäden in der Höhe von 10.000 bis 50.000 Euro am häufigsten auftreten.

Aus den Ergebnissen wurde eine einfache Bewertungsmatrix zur Abschätzung der typischen Schadenshöhe im Katastrophenfall abgeleitet (siehe Abbildung 47).

Bewertungsmatrix für typische Schadenshöhe im Katastrophenfall						
	Feuer Brand	Hagel	Hochwasser	Niederschlag	Schnee	Sturm
Massiv	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Holz	hoch	gering	mittel	mittel	mittel	gering
Misch	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel

Massiv: Gebäude überwiegend aus massiven, anorganischen Baustoffen

Holz: Gebäude überwiegend aus Holz

Misch: Gebäude aus verschiedenen Baustoffen

gering: Schadenssumme typisch bis EUR 10.000

mittel: Schadenssumme typisch EUR 10.000-50.000

hoch: Schadenssumme typisch über EUR 50.000

Abbildung 47: Bewertungsmatrix zur Abschätzung der typischen Schadenshöhe im Katastrophenfall, Quelle: Mayr et al. 2009, S. 47

5.6.3.2 Empfehlungen zur Minimierung des Schadensrisikos

Schon während der Planungsphase eines Gebäudes sollen die standortbezogenen Katastrophen-Risiken (etwa über Gefahrenzonenpläne) abgeschätzt werden, um auf dieser Basis Entscheidungen über die entsprechenden Bauweisen und Baumaterialien zu treffen. „Das Gebäude soll also konstruktiv an die Auftrittswahrscheinlichkeit von Naturkatastrophen angepasst werden“ (Mayr et al. 2009, S. 37).

- Hochwasser: Neben vorbeugenden Maßnahmen zum Hochwasserschutz ist bei der Sanierung von Hochwasserschäden insbesondere darauf zu achten, dass die vollständige Austrocknung der Wände gewährleistet ist.
- Hagel: Materialien wie Naturstein, verputztes Mauerwerk, Beton und Ziegel bieten einen hohen Schutz gegen Hagel. Im Gegensatz dazu weisen Sonnenschutzelemente (z.B. außenliegende Rollläden), Metall, Faserzementplatten und Kunststoffe nur einen geringen Hagelwiderstand auf.
- Sturm: Sturmschäden entstehen häufig durch Ausführungsmängel an Dach und Außenwänden. Es ist insbesondere darauf zu achten, dass das Dach immer in einem guten Zustand ist (z.B. Austauschen kaputter Dachziegel).

6 Umsetzung der Ergebnisse

6.1 Weiterentwicklung TQB – Total Quality Building

Eines der übergeordneten Gesamtziele der Forschungsinitiative Nachhaltigkeit massiv war die Weiterentwicklung des umfassenden Nachhaltigkeitsbewertungsinstruments TQB - Total Quality Building (frühere Kurzbezeichnung TQ; seit 2009: TQB).

Träger des Gebäudebewertungssystems TQB ist die im Jänner 2009 gegründete Österreichische Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (ÖGNB). Diese versteht sich als Dach für all jene Unternehmen, Institutionen und auch Einzelpersonen, die an einer Höherqualifizierung der österreichischen Bauwirtschaft im Sinne des nachhaltigen Bauens interessiert sind.

Die Ziele der ÖGNB definieren sich wie folgt:

- Gebäudebewertungssysteme, die unter dem Dach der ÖGNB weiterentwickelt werden, wurden von Beginn an als „offener Standard“ erarbeitet und interessierten Personen, Unternehmen und Institutionen frei verfügbar gemacht.
- Die ÖGNB will als Open-Source-Entwickler dem Trend zu teuren Labels bewusst entgegen steuern.
- Wissen, Methoden und Werkzeuge zur nachhaltigen Qualitätssteigerung der österreichischen und internationalen Bauwirtschaft werden dabei soweit wie möglich kostenlos all jenen zur Verfügung gestellt, die durch ihr Wirken zu einer deutlichen Höherqualifizierung des Baugeschehens beitragen wollen.
- Zusätzlich dazu wird die österreichische Bau- und Immobilienwirtschaft gezielt durch Kongresse, Veranstaltungen, Medienarbeit und Erfahrungsaustausch unterstützt werden.

Weitere Informationen zur ÖGNB sind unter www.oegnb.net zu finden.

6.1.1 Zur Entstehung von TQB

Die Wurzel von TQB liegt - wie jene von zahlreichen anderen Gebäudebewertungssystemen (z.B. BREEAM, LEED, HQE) – in der internationalen Initiative „Green Building Challenge“, die Mitte der 1990er Jahre als Antwort auf die immer stärker wahrnehmbaren Umweltwirkungen des Hochbaus gestartet wurde. Damals gab es zwar eine Vielzahl technischer Lösungsansätze zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden, was aber fehlte, war eine einheitliche Methode, die eine vergleichende Bewertung unterschiedlicher Gebäude zuließ. Vor diesem Hintergrund wurde auf Basis der bereits vorhandenen Bewertungsansätze mit dem Green Building Tool ein gemeinsames Bewertungstool entwickelt, das für vergleichende Benchmarks in den damals 15 Ländern, die sich an der Green Building Challenge beteiligten, eingesetzt wurde. „Schon bald zeigte sich, dass eine Anwendung dieses Bewertungssystems auf nationaler Ebene auf Schwierigkeiten stößt: Zahlreiche rechtliche, aber auch qualitative Ansprüche nationaler Prägung konnten nicht zufriedenstellend abgebildet werden“ (Lechner 2009, S. 7). Das Bewertungssystem wurde daher stärker an nationale Bedürfnisse angepasst. In Österreich entwickelte sich das Gebäudebewertungssystem Total Quality Building.

ding, das im Jahr 2002 erstmals veröffentlicht wurde. Es umfasste damals neun Kategorien zur Bewertung der sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Qualität von Gebäuden. Das Ergebnis wurde in Form einer gestürzten Notenskala angezeigt.

6.1.2 Neuausrichtung des Gebäudebewertungssystems TQB

Bei der Weiterentwicklung und Neuausrichtung von TQB standen gemäß des TQB-Kriterienkatalogs Stand Oktober 2010 die folgenden Aspekte im Mittelpunkt.

6.1.2.1 Praxistauglichkeit

Die Praxistauglichkeit eines Gebäudebewertungssystems hängt entscheidend von der Verfügbarkeit entsprechender Daten im bauwirtschaftlichen Alltag ab. Die Dokumentation von Gebäudeeigenschaften ist idealtypisch ohne wesentlichen Mehraufwand im Rahmen eines qualitativ hochwertigen Planungs- und Errichtungsprozesses möglich. Um eine Gebäudebewertung durchführen zu können, müssen die erforderlichen Dateninventare in entsprechender Qualität vorliegen oder mit vertretbarem Aufwand herstellbar sein. Die Kosten für eine Gebäudedokumentation und –bewertung müssen bei Wahrung der inhaltlichen Ansprüche so gering wie möglich gehalten werden.

6.1.2.2 Inhaltliche Qualität

Die für die Erfassung und Bewertung von Gebäuden anzuwendenden Kriterien müssen in ihrer Gesamtheit dazu geeignet sein, umweltbezogene, soziale und wirtschaftliche Aspekte des betrachteten Bauwerks im gesamten Lebenszyklus abzubilden. Wenngleich diese Zielsetzung im Sinne der Nachhaltigkeit von Bauwerken selbstverständlich scheint, stellt die konkrete Ausformung naturgemäß eine komplexe Herausforderung dar. Insbesondere dann, wenn auch die Praxistauglichkeit und damit der mit der Bewertung einhergehende Aufwand beachtet wird. Als wesentlichste Änderung gegenüber der bisherigen TQ-Version ist einerseits der konsequente Übergang zu einer Lebenszyklusbetrachtung des Gebäudes zu nennen („cradle to grave“). Andererseits wurden die für die Gebäudebewertung relevanten Systemgrenzen intensiv diskutiert und in einzelnen Bereichen adaptiert.

6.1.2.3 Konformität und Vergleichbarkeit

Spätestens seit dem Start des CEN-Normenausschusses TC350 - Sustainability of construction works – ist zumindest in der Fachwelt die umfassende Gebäudebewertung in Diskussion. Damit einhergehend wurde von der Immobilienwirtschaft der Ruf nach international anwendbaren Bewertungsstandards laut, was letztendlich dem Kernziel von TC350 entspricht. Im Rahmen des Projekts wurde darauf geachtet, weitestgehende Konformität mit den vorliegenden Zwischenergebnissen von TC350 zu erzielen. Dass diese Konformität endgültig erst nach Vorlage einer entsprechenden Europeanorm erreicht werden kann, liegt auf der Hand. TQB verfolgt in dieser Hinsicht mit großer Aufmerksamkeit entsprechende Fortschritte von TC350.

Die praktische Umsetzung auf der Ebene konkreter Qualitätskriterien unterscheidet sich jedoch schon aufgrund unterschiedlicher rechtlicher Rahmenbedingungen im Bereich der Baugesetzgebung und der damit einhergehenden Baupraxis in allen europäischen Ländern beträchtlich. Vor diesem Hintergrund ist zu hinterfragen, inwieweit europaweit gültige Bewer-

tungsansätze „gleicher Bauart“ ohne eine europaweite Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen Sinn machen. Auch wenn von TC350 hier grundsätzlich Antworten in Form einer Rahmennorm entwickelt werden, bleibt abzuwarten, inwieweit diese Rahmennorm auf nationaler Ebene nicht doch zu stark unterschiedlichen nationalen Bewertungssystemen unter Beachtung einzelner zentraler Kenngrößen wie Energiebedarf, Umweltbilanzierung im Lebenszyklus usw. führen wird.

Vergleichbarkeit und Konformität sind aber auch auf nationaler Ebene gefragt: Die vorliegende TQB-Version wurde deshalb unter umfassender Beachtung der von klima:aktiv vorliegenden Bewertungssysteme entwickelt und ist mit den daraus resultierenden Vorgaben kompatibel. Während klima:aktiv einen klar erkennbaren Fokus auf die Aspekte des Energieverbrauchs und des Klimaschutzes legt, weitet TQB das inhaltliche Spektrum mit einer Gleichgewichtung der fünf Hauptkriteriengruppen auf (siehe Abbildung 48). TQB unterscheidet sich gegenüber klima:aktiv auch hinsichtlich der erforderlichen Nachweisdichte: Neben der Messung der Luftdichtheit ist bei TQB u.a. auch die Messung der Schallschutzeigenschaften und der Innenraumluftqualität obligatorisch. Zudem wird die TQB-Zertifizierung von externen PrüferInnen durchgeführt, wohingegen klima:aktiv dem Prinzip der Selbstdeklaration folgt.

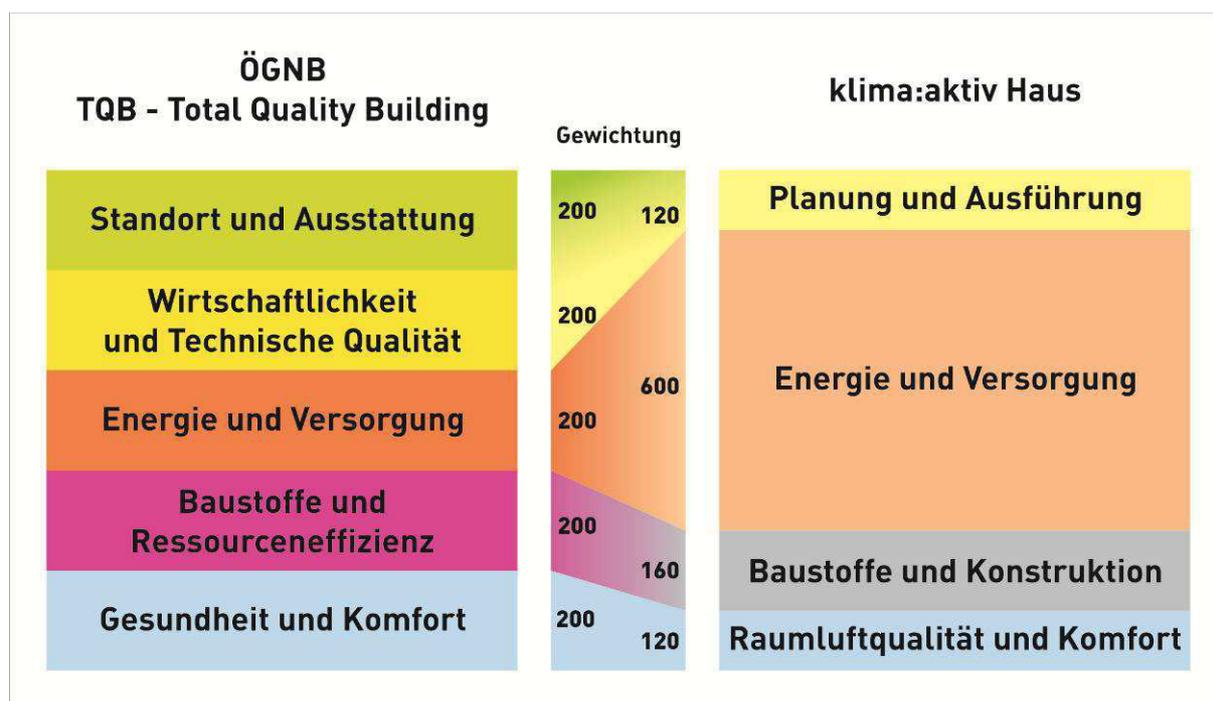


Abbildung 48: Vergleich der Hauptkriteriengruppen der Bewertungssysteme TQB und klima:aktiv, Quelle: ÖGNB

6.1.2.4 Kommunizierbarkeit

Ein wesentlicher Schwachpunkt der bisherigen Version von TQB war die Kommunizierbarkeit der Ergebnisse. TQB agierte bislang mit einem „gestürzten Notensystem“ in insgesamt neun Bewertungskategorien. Die neue Version benutzt wie klima:aktiv ein 1.000-Punktesystem und reduziert seine Bewertungskategorien auf insgesamt fünf übergeordnete, gleichwertig gewichtete Themen: Standort und Ausstattung, Wirtschaftlichkeit und technische Objektqualität, Energie und Versorgung, Gesundheit und Komfort, Baustoffe und Ressourceneffizienz. Wie schon die Benennung dieser Hauptthemen zeigt, wird vorerst auf eine beispielhaft von der DGNB getroffene Einteilung nach Umwelt, Soziales, Wirtschaft, technische Qualität und

Prozessqualität verzichtet. Dies liegt darin begründet, dass zahlreiche für eine umfassende Gebäudebewertung relevante Kriterien nicht nur jeweils einer der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit zugeordnet werden können, sondern Auswirkungen auf zwei oder sogar drei Säulen der Nachhaltigkeit haben. Beispielsweise stellt der Endenergieverbrauch eines Gebäudes sowohl eine umweltrelevante Dimension (Emissionen), als auch eine soziale Dimension (Kosten für NutzerInnen) und letztlich auch eine wirtschaftliche Dimension (Investitionskosten, Lebenszykluskosten) dar. Auch der Standort und Ausstattung wird nicht getrennt bewertet, da aus Sicht von TQB beide Aspekte untrennbar mit der Gesamtqualität eines Gebäudes verbunden sind.

TQB wird in Zukunft mehrere Kommunikationsformate anbieten: Vom Gebäudezertifikat über die tabellarische Übersicht von Einzelkriterien und zugehöriger umfassender Dokumentation bis hin zu Gebäudeprofilen im Sinne der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit. Diese flexible Auslegung des Bewertungssystems stellt eine weitere Form der Anpassungsfähigkeit an zu erwartende Ergebnisse aus TC350 dar.

6.1.3 Überblick über die Weiterentwicklung der TQB-Kriterien

Das gegenständliche Projekt ist Teil der Syntheseleistung über alle vorgelagerten Teilprojekte der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv „(siehe Kapitel 3 bis 5). Dies bedeutet, dass alle für die Gebäudebewertung relevanten Teilerkenntnisse berücksichtigt und implementiert wurden, die aus der Vielzahl der durchgeführten Untersuchungen sowohl inhaltlich als auch aus praktikablen Überlegungen heraus für ein umfassendes Gebäudebewertungssystem möglich und sinnvoll erschienen.

Schneider et al. (2010) geben in ihrem Synthesebericht einen Überblick (siehe Tabelle 23) über die Umsetzung der Vorschläge aus den inhaltlichen Teilprojekten (siehe Kapitel 3 bis 5) im Rahmen der Weiterentwicklung von TQB.

Tabelle 23: Umsetzung der Vorschläge aus den inhaltlichen Teilprojekten im Rahmen der Weiterentwicklung von TQB, Quelle: basierend auf Schneider et al. 2010, S. 130ff.

Projektname / Kapitel	Vorschläge zur TQB-Weiterentwicklung aus dem jeweiligen Projekt	Umsetzung der jeweiligen Vorschläge im Rahmen der Weiterentwicklung von TQB
Erhebung von Nutzungsdauern von Baustoffen und Bauteilen / Kapitel 3.2	<ul style="list-style-type: none"> Nutzungsdauerkatalog dient als Grundlage für die zeitliche Bilanzgrenzen-Erweiterung 	<ul style="list-style-type: none"> Ergebnisse flossen in Kapitel 3.3 ein, siehe dort
Erweiterung des OI3 um räumliche und zeitliche Bilanzgrenzen sowie Kennzahlen / Kapitel 3.3	<ul style="list-style-type: none"> Integration der neuen Modelle in die OI3-Berechnung 	<ul style="list-style-type: none"> Umsetzung der räumlichen und zeitlichen Bilanzgrenzen-erweiterung im TQB-Kriterium E.3 (Ökoeffizienz der Konstruktion)
Alterungsmodell für	<ul style="list-style-type: none"> Integration des Alterungs- 	<ul style="list-style-type: none"> Vorerst keine Integration des

<p>Bauteile und Bauprodukte / Kapitel 3.4</p>	<p>modells erst zu einem späteren Zeitpunkt möglich, da Referenzlebensdauerangaben seitens der Bauproduktehersteller fehlen, sowie eine Gewichtung der Einflussfaktoren seitens eines Sachverständigenausschusses erst erfolgen muss.</p>	<p>Alterungsmodells, dies ist zu einem späteren Zeitpunkt allerdings möglich.</p>
<p>Transportrucksäcke von Bauprodukten / Kapitel 3.5</p>	<ul style="list-style-type: none"> Integration des Transportmodells erst zu einem späteren Zeitpunkt möglich, da noch kein entsprechender Referenzdatensatz für Bauprodukt-Transporte vorhanden ist. 	<ul style="list-style-type: none"> Vorerst keine Integration des Alterungsmodells, dies ist zu einem späteren Zeitpunkt allerdings möglich.
<p>Kreislaufwirtschaft im Bauwesen Kapitel / 3.6</p>	<ul style="list-style-type: none"> Integration der Ressourcenindikatoren erst zu einem späteren Zeitpunkt möglich, da noch kein entsprechender Referenzdatensatz vorhanden ist. Vorschlag des Kriteriums „Vorhandensein eines materiellen Gebäudepasses“ 	<ul style="list-style-type: none"> Vorerst keine Integration der Ressourcenindikatoren bzw. des Gebäudepass-Konzeptes Als Alternative wird im TQB-Kriterium E.4.1. (Entsorgung) ein Entsorgungsindikator berücksichtigt und im TQB-Kriterium E.2.2. wird der Einsatz von Recyclingmaterialien bewertet Im Vergleich zur TQ-Vorgängerversion deutlich erhöhte Berücksichtigung und verstärkte Gewichtung der Kriterien zur Ressourceneffizienz (TQB-Kriteriengruppe E)
<p>Soziale Aspekte in baurelevanten Nachhaltigkeitsstools / Kapitel 4.1</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ordnung der Kriterien entsprechend den Dimensionen der Nachhaltigkeit Überarbeitung des Kriteriums „Kosten“ in Hinblick auf die Leistbarkeit des Wohnraums Empfehlung zur Integration eines Kriteriums zur Über- 	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Gewichtung der TQB-Kriteriengruppe D „Gesundheit und Komfort“ Bewertung der Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus (TQB-Kriterium B.1.1.) lässt Rückschluss auf die Leistbarkeit zu

	<p>prüfung der Wohnzufriedenheit nach Bezug (POE – Post Occupancy Evaluation)</p>	
<p>Nachhaltigkeit in Bestandsgebäuden erfassen und finanziell bewerten / Kapitel 5.1</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kriterien des Kurzbewertungsverfahrens ermöglichen die Integration in Liegenschaftsbewertungstools • An einer softwaretechnischen Umsetzung wird gearbeitet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Das „Kurzbewertungsverfahren“ könnte TQB für den Bereich der Bestandsgebäude ergänzen.
<p>Lebenszykluskosten von Immobilien / Kapitel 5.2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Integration des Berechnungsmodells für Lebenszykluskosten möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung des entwickelten Tools im Rahmen des TQB-Kriteriums B.1.1. (Wirtschaftlichkeitsberechnungen) möglich. • Allgemein niedrigere Gewichtung der Wirtschaftlichkeit von Gebäuden im Vergleich zur TQ-Vorgängerversion
<p>Auswirkung verschiedener Baustoffe auf das Sommerverhalten und den Energieverbrauch / Kapitel 5.3</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der überarbeiteten ÖNORM B 8110-3 	<ul style="list-style-type: none"> • Umgesetzt im TQB-Kriterium D.1.2. (Thermischer Komfort im Sommer)
<p>Simulation von Bauteil- und Energiesystem-Varianten / Kapitel 5.4</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nachweis des positiven Effekts der speicherwirksamen Massen auf das Innenraumklima anhand der Simulationen 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der speicherwirksamen Masse im TQB-Kriterium D.1.2.⁷ (Thermischer Komfort im Sommer)
<p>Wirksame Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau / Kapitel 5.5</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ein hoher Anteil an speicherwirksamen Massen als mögliches Zusatzkriterium im Bereich Sommertauglichkeit / Bürogebäude, da diese eine positive Wirkung auf das Innenraumklima haben und häufig 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung im TQB-Kriterium D.1.2.⁸ (Thermischer Komfort im Sommer)

⁷ TQB Version 2.1 für Wohngebäude, S. 53, Stand Oktober 2010

⁸ TQB Version 1.0 für Dienstleistungsgebäude, S. 70ff, Stand Oktober 2010

	weniger haustechnische Anlagen nötig sind (Einsparungen seitens Wartung, Instandhaltung etc.)	
Einfluss von Naturkatastrophen auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden / Kapitel 5.6	<ul style="list-style-type: none"> Integration der Bewertungsmatrix 	<ul style="list-style-type: none"> Berücksichtigung des Risikos von Naturkatastrophen im Rahmen des Kriteriums A.2.1. (Basisrisiko für Naturkatastrophen), jedoch keine Unterscheidung nach Bauweisen

6.1.4 Struktur des Gebäudebewertungssystems TQB

In der Tabelle 24 wird die Struktur des Gebäudebewertungssystems TQB auf Basis des TQB-Kriterienkatalogs für Wohngebäude, Version 2.1, Oktober 2010 dargestellt.

Tabelle 24: Struktur und Kriterienübersichten des Gebäudebewertungssystems TQB, Quelle: TQB-Kriterienkatalogs für Wohngebäude, Version 2.1, Oktober 2010

A		Standortqualität und Ausstattung	max. 200
A	1.	Infrastruktur	max. 50
A	1. 1.	Anschluss an den öff. Verkehr / Reduktion MIV	max. 20
A	1. 2.	Qualität der Nahversorgung (Einkauf, Restaurants, Dienstleistungen, Bankfiliale, ...)	max. 10
A	1. 3.	Soziale Infrastruktur (Kinderbetreuungseinrichtungen, Medizin.Versorg., ...)	max. 10
A	1. 4.	Nähe zu Erholungsgebieten und Freizeiteinrichtungen	max. 10
A	2.	Standortsicherheit und Baulandqualität	max. 50
A	2. 1.	Basisrisiko Natur (Hochwasser/Wildbäche/Starkregen, Lawinen, Muren, Erdbeben, Radon)	max. 10
A	2. 2.	Qualität des Baulandes und Versiegelung	max. 20
A	2. 3.	Magnetische Wechselfelder Niederfrequenzbereich (Hochspannung, Trafostationen,...)	max. 10
A	2. 4.	Nähe zu Mobilfunksendeanlagen	max. 10
A	3.	Ausstattungsqualität	max. 50
A	3. 1.	Innere Erschließung	max. 10
A	3. 2.	Ausstattungsmerkmale des Wohnbaus	max. 20
A	3. 3.	Wohnungsbezogene Freiräume	max. 10
A	3. 4.	Einbruchsschutz	max. 10
A	4.	Barrierefreiheit und Nutzungssicherheit	max. 50
A	4. 1.	Barrierefreiheit des Objekts und der Wohneinheiten	max. 50

B.		Wirtschaftlichkeit und technische Objektqualität	max. 200
B. 1.		Wirtschaftlichkeit	max. 100
B. 1. 1.		Wirtschaftlichkeitsberechnungen	max. 50
B. 1. 2.		Integrale Planung und Variantenanalyse	max. 25
B. 1. 3.		Grundlagen für Gebäudebetrieb, Wartung und Instandhaltung	max. 25
B. 2.		Baustellenabwicklung und Logistik	max. 30
B. 2. 1.		Baustellenabwicklung und Logistik	max. 30
B. 3.		Flexibilität und Dauerhaftigkeit	max. 40
B. 3. 1.		Dimensionierung und statisches Konzept	max. 20
B. 3. 2.		Erweiterbarkeit / Entkernbarkeit	max. 20
B. 4.		Brandschutzqualität	max. 30
B. 4. 1.		Brandabschnitt-trennende Bauteile	max. 10
B. 4. 2.		Brandmeldeeinrichtungen	max. 10
B. 4. 3.		Besondere Löscheinrichtungen	max. 10

C.		Energie und Versorgung	max. 200
C. 1.		Energiebedarf	max. 75
C. 1. 1.		Heizwärmebedarf HWB	max. 45
C. 1. 2.		Endenergiebedarf EEB	max. 25
C. 1. 3.		Luftdichtheit des Gebäudes	max. 10
C. 1. 4.		Wärmebrücken	max. 10
C. 2.		Energiebereitstellung	max. 75
C. 2. 1.		Primärenergiebedarf PEB – Energiebereitstellung !!!	max. 50
C. 2. 2.		PV-Anlage	max. 20
C. 2. 3.		Energieeffiziente Lüftungsanlage	max. 10
C. 2. 4.		CO ₂ -Emissionen durch Energiebereitstellung – Warmwasser !!!	max. 20
C. 3.		Wasserbedarf und Wasserqualität	max. 50
C. 3. 1.		Kaltwasserzähler pro Nutzungseinheit	max. 5
C. 3. 2.		Brauchwassernutzung	max. 15
C. 3. 3.		Wassersparende Sanitäreinrichtungen	max. 20
C. 3. 4.		Hygienische Qualität	max. 25

D.		Gesundheit und Komfort	max. 200
D. 1.		Thermischer Komfort	max. 50
D. 1. 1.		Thermischer Komfort im Winter	max. 20
D. 1. 2.		Thermischer Komfort im Sommer	max. 30
D. 1. 3.		Gebäudeautomation	max. 20
D. 2.		Raumluftqualität	max. 50
D. 2. 1.		Lüftung (Komfortlüftung mit WRG, natürliche Lüftung - freie Nachtlüftung)	max. 25
D. 2. 2.		Produktmanagement: Emissions- und schadstoffarme Bau- und Werkstoffe	max. 40
D. 2. 3.		Vermeidung von Schimmel / Feuchteschäden während der Errichtung/Sanierung	max. 10
D. 3.		Schallschutz	max. 50
D. 3. 1.		Umgebungs-lärmsituation	max. 12
D. 3. 2.		Schalltechnisch günstige Grundrissgestaltung	max. 12
D. 3. 3.		Luftschallschutz von Trennbauteilen zwischen Nutzungseinheiten	max. 12
D. 3. 4.		Luftschallschutz von Wohnungstrenndecken	max. 12
D. 3. 5.		Trittschallschutz Trenndecken zw. Nutzungseinheiten	max. 12
D. 3. 6.		Grundgeräuschpegel Innen (Tag) L_{Gg} / Bemessung Fassade / Anlagenpegel Lüftung $L_{a,F,max}$	max. 12
D. 4.		Tageslicht und Besonnung	max. 50
D. 4. 1.		Tageslichtquotient	max. 25
D. 4. 2.		Direkte Besonnung im Winter	max. 25

E.		Baustoffe und Konstruktion	max. 200
E. 1.		Vermeidung kritischer Stoffe	max. 50
E. 1.	1.	Vermeidung von HFKW: Dämmstoffe und Montageschäume	max. 15
E. 1.	2.	Vermeidung von PVC	max. 35
E. 1.	3.	Vermeidung von VOC	max. 5
E. 2.		Regionalität, Recyclinganteil, Umweltzertifizierte Produkte	max. 50
E. 2.	1.	Verwendung regionaler Produkte	max. 20
E. 2.	2.	Einsatz von Recyclingmaterialien	max. 10
E. 2.	3.	Einsatz zertifizierter Produkte (Baustoffe ökologisch optimiert)	max. 30
E. 3.		Umwelteffizienz des Gesamtgebäudes	max. 50
E. 3.	1.	OI _{BGG3,BZF} ökologischer Index des Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus	max. 50
E. 4.		Entsorgung	max. 50
E. 4.	1.	Entsorgungsindikator	max. 50

6.2 Ergebnisse für Unternehmen

6.2.1 Das Wichtigste für Unternehmen im Nachhaltigkeits-Check

Die Aufbereitung der Ergebnisse für die Mitglieder des Fachverbandes Stein- und keramische Industrie erfolgte in Abstimmung mit dem Fachverband. Um einen Bezug zur praktischen Tätigkeit der Unternehmen zu schaffen, wurden wesentliche Ergebnisse der Forschungsinitiative in einen Zusammenhang mit den aktuellen Themen und Herausforderungen der Branche gebracht. Der Nachhaltigkeitscheck mit den anschließenden Erläuterungen (siehe Kapitel 6.2.2) und weiterführenden Hinweisen bietet Unternehmen die Möglichkeit für eine Standortbestimmung zur Nachhaltigkeit.

6.2.1.1 Unser Unternehmen positioniert sich zur Nachhaltigkeit

Es gibt viele Möglichkeiten im Bereich der Effizienzsteigerung, der Produktentwicklung und Innovation, die wertvolle Beiträge für die nachhaltige Entwicklung bringen:

Unser Unternehmen zeigt sein Engagement durch:

- Veröffentlichung von Nachhaltigkeitsberichten
- Managementsysteme gemäß EMAS, ISO 14000, Energiemanagement
- Nutzung von Beratungsangeboten

6.2.1.2 Unsere Produkte zeigen ihre Nachhaltigkeits-Qualitäten

Qualität kann nur marktwirksam werden, wenn die entsprechenden Informationen bei den Kunden ankommen.

- Wir erstellen Lebenszyklusanalysen (Ökobilanzen).
- Unsere Produkte tragen Labels, Umweltzeichen
- Unsere Produkte sind auf baubook.at mit entsprechenden Daten gelistet

6.2.1.3 Wir leisten Beiträge für „nearly zero emission“ und andere Zukunftskonzepte

Bausysteme, die Energie-Funktionen integrieren, haben Zukunft - in Kombination mit bestmöglichem Wärmeschutz zur Minimierung der Verluste.

Unsere Produkte

- ermöglichen den Passivhaus-Standard (z.B. durch entsprechende U-Werte)
- tragen zur Integration von Energiesystemen in Bauteile bei (z.B. Photovoltaik, Solarthermie in Fassaden- und Dachelementen)
- tragen zu innovativen Energie-Speicherkonzepten bei, z.B. in Kombination mit Bauteilaktivierung

6.2.1.4 Wir optimieren Lebenszyklen und sichern so die Zukunft unserer Baustoffe

Die Ressourcen sind begrenzt, Baustoffe die heute eingebaut werden, sind Ressourcen für die nächsten Generationen. Bauen bei jedem Wetter und in möglichst kurzer Bauzeit wird zunehmend gefordert.

- Wir nutzen die Möglichkeiten der Vorfertigung.
- Wir optimieren den Ressourceneinsatz laufend.
- Wir setzen Recyclingmaterial in relevantem Ausmaß ein.

Die Lebensdauer von Bauprodukten beeinflusst den ökologischen und ökonomischen Aufwand für die Instandhaltung von Gebäuden. Die Abstimmung der Produktlebensdauern in Konstruktionen trägt zur Optimierung bei.

- Wir kennen die voraussichtliche Lebensdauer unserer Produkte bzw. Systemlösungen für definierte Einbaubedingungen und geben diese an.
- Wir dokumentieren die Anforderungen an die Qualitätssicherung, um die Referenzlebensdauer zu erreichen, und geben diese weiter.
- Unsere Bauprodukte weisen Angaben zur Trennbarkeit und Rückbaubarkeit auf.
- Wir stellen den Nutzen für den Auftraggeber bei Verwendung langlebiger Bauprodukte und -teile transparent und nachvollziehbar dar (beispielsweise durch Verwendung des in Kapitel 5.2 dargestellten Lebenszykluskosten-Prognosetools der Donau-Uni Krems).

6.2.1.5 Wir kennen die Performance der eigenen Produkte in Gebäudebewertungen

Bausysteme und -produkte haben Auswirkungen auf die Ergebnisse von Gebäudebewertungen.

- Die Performance unserer Produkte in den Gebäudebewertungssystemen (z.B. TQB, klima:aktiv, DGNB, BREEAM etc.) ist uns bekannt.

- Wir können auf Referenzgebäude, bei denen unsere Produkte eingesetzt wurden, mit guten Bewertungsergebnissen verweisen.

6.2.1.6 Wir zeigen, wie unsere Produkte zur Sommertauglichkeit von Gebäuden beitragen

Massive Baustoffe haben durch ihre Speicherwirksamkeit Vorteile.

- Unsere Bausysteme werden im Hinblick auf die Anforderungen der Sommertauglichkeit entwickelt bzw. verbessert.
- Wir streichen bei unseren Publikationen die Vorteile der speicherwirksamen Masse, wie sie Gebäude in Massivbauweise vorweisen, hervor, und weisen auf die ÖNORM B 8110-3 hin.
- Wir berücksichtigen die Vorschläge, die im Leitfaden zur wirksamen Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau (siehe Kapitel 5.5) dargestellt sind und geben den Leitfaden weiter.

6.2.1.7 Wir versuchen, die Belastungen durch Transporte zu verringern

Die Optimierung der Logistik ist aus Umwelt- und Kostengründen immer zu empfehlen. Die Belastungen aus den Bauprodukttransporten werden in Zukunft stärkere Beachtung finden.

- Wir kennen die mit unserem Fuhrpark verbundenen (Umwelt)Belastungen (Berechnung z.B. mit HBEFA Version 3.1 online, <https://www.co2-tec.com/>) und bemühen uns kontinuierlich, diese zu verringern.
- Wir kennen die typischen Transportwege unserer Bauprodukte vom Werkstor bis zur Baustelle und können somit die damit verbundenen Umweltwirkungen quantitativ abschätzen (Ermittlung z.B. mit dem in Kapitel 3.5 dargestellten Transportmodell).
- Wir nutzen Beratungsprogramme, um Optimierungsmöglichkeiten zu erarbeiten.

6.2.1.8 Unser Unternehmen bekennt sich zur sozialen Verantwortung

Im europäischen Normenausschuss CEN TC350 werden neben ökologischen auch soziale Anforderungen vorbereitet.

- Wir nehmen unsere soziale Verantwortung gegenüber MitarbeiterInnen, Lieferanten, KundInnen und der Gesellschaft wahr, indem wir freiwillige Selbstverpflichtungen eingehen („Corporate Social Responsibility“: SA 8000 - Standard for Social Accountability) und diese periodisch evaluieren.
- Die sozialen Auswirkungen unserer Produkte werden von uns in Erfahrung gebracht und nach Möglichkeit verbessert.

6.2.2 Hinweise und Erläuterungen zum Nachhaltigkeits-Check

6.2.2.1 Unser Unternehmen positioniert sich zur Nachhaltigkeit

Die Stein- und keramische Industrie übt mit ihren Baustoffen wesentlichen Einfluss auf das Baugeschehen und damit auf die nachhaltige Entwicklung in Österreich aus.

Aus Sicht des externen Beraters fällt auf, dass die Unternehmen der Fachgruppe bisher in der allgemeinen Umsetzung betreffend Nachhaltigkeit in Unternehmen eher wenig in Erscheinung treten. Dies kann u.a. durch die Anzahl der Betriebe, die ins EMAS-Standortregister eingetragen sind oder auch mit der Anzahl von Good Practice Beispielen belegt werden, wie sie z.B. in Programmen wie klima:aktiv (Energieeffiziente Betriebe) oder Fabrik der Zukunft vorgestellt werden. Obwohl es eine Umweltzeichen-Richtlinie für mineralische Bauprodukte gibt, trägt bisher kein einziges Produkt das österreichische Umweltzeichen.

Warum ist die Orientierung zur Nachhaltigkeit so wichtig?

Wenn die Unternehmensziele und –strategien sowie die Produkte mit den Anforderungen der Nachhaltigkeit stark im Konflikt stehen, sind für die weitere Entwicklung in der Zukunft Probleme zu erwarten. Der Druck in Richtung Nachhaltigkeit geht von mehreren Seiten aus:

- Ressourcen sind begrenzt, sowohl was die Entnahme als auch die Belastbarkeit betrifft, das wird im globalen Zusammenhang immer deutlicher. Die Mengen sind beträchtlich (laut WKO werden pro Kopf und Jahr 12 Tonnen mineralische Rohstoffe in Österreich verarbeitet).

Absehbare Engpässe kommen neben den bekannteren Diskussionen um Peak Oil auch bei Metallen auf uns zu, die Reichweiten von Kupfer und Eisen liegen innerhalb weniger Jahrzehnte, Preissignale sind bereits spürbar.

- Die Nachfrage wird durch umweltpolitische Entwicklungen in Richtung Nachhaltigkeit gedrängt (siehe beispielsweise Kapitel 5.1).

Während der Energieaufwand für den Betrieb eines Gebäudes und die Gesamtenergieeffizienz von Bauwerken im Rahmen der EU-Gebäuderichtlinie und des Energieausweises im Vordergrund stehen, werden die Umweltbelastungen, die mit der Herstellung der Gebäude verbunden sind, aber auch die dauerhaften ökonomischen und sozialen Wirkungen, erst in Ansätzen erfasst. Im Normenausschuss CEN/TC 350 („Sustainability of Construction Works“) wird auf europäischer Ebene mit intensiver österreichischer Beteiligung bereits an Methoden für eine umfassende Gebäudebewertung gearbeitet („Integrated Performance of Buildings over its Life Cycle“).

- Planer sind gefordert, verfügen aber weithin nicht über die Informationen und Methoden, um die Nachhaltigkeits-Performance mit vertretbarem Aufwand zu optimieren

In diesem Sinn ist eine Stärken / Schwächen / Optionen / Gefahren-Analyse der Unternehmensstrategie sehr empfehlenswert. Die Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ hat dazu wesentliche Informationen erarbeitet.

Nachhaltigkeitsbericht

Ein Nachhaltigkeitsbericht bildet den Nachhaltigkeitsprozess der Organisation ab – schwerpunktmäßig im jeweiligen Berichtszeitraum. Nachhaltigkeitsberichte dokumentieren die eigenen Leistungen und sind Teil der Kommunikationsstrategie. Im Vergleich zu Umweltmanagementsystemen sind die Anforderungen offener, es gibt allerdings Kriterien (Global Reporting Initiative, CSR; Leitfaden: Reporting about Sustainability, im Auftrag der WKO et al., siehe <http://wko.at/up/enet/nachhleitfaden.pdf>)

EMAS

Umweltmanagement gemäß EMAS beruht auf einer EU-Verordnung über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung (Eco Management and Audit Scheme, EG Nr. 761/2001 geändert durch VO Nr. 196/2006, neue Revision EMAS III Nr. 1221/2009 – Inkrafttreten mit 1/2010).

Folgende Firmen sind im Standortregister eingetragen: stauss - Perlite GmbH, Laufen Austria AG, Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke GmbH, Baumann Glas / 1886 GmbH,

Aspanger Bergbau und Mineralwerke GmbH & Co KG, Bernegger GmbH, Karl Freingruber GesmbH, Schraufstädter GmbH, Baukontor Gaaden Ges.m.b.H

Siehe: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/pz38st.pl>

ISO 14000 und Energiemanagement EN 16001:2009

Die ISO 14001⁹ ist eine weltweite Umweltnorm zum Umweltmanagement. Seit 2009 gibt es mit der EN 16001 eine weitere Norm, die vergleichbar aufgebaut ist und den Teilbereich Energie herausgreift. Mit der Novelle vom 3. Februar 2006 wurde die Abstimmung zwischen EMAS und ISO 14001 herbeigeführt (Abschnitt 4 der ISO 14001:2004 wurde zur Gänze in die EMAS-VO übernommen (bei EMAS III in Anhang II).

Generelles Ziel der Normen ist es, Organisationen beim Aufbau von Systemen und Prozessen zur Verbesserung ihrer Ressourcen- und Energieeffizienz zu unterstützen. Bei größeren oder energieintensiven Betrieben ist zur Identifizierung von Energieeffizienzmaßnahmen oftmals die Implementierung von Energiemanagementsystemen notwendig.

Dabei sind die Erhebung und das Monitoring von Daten und Prozessparametern sowie der Aufbau des Know-hows im Betrieb gefordert.

Prinzipien:

- Freiwilliges Instrument, um einen neuen Standard für ein einheitliches Energiemanagement mit Zertifizierung auf europäischer Ebene zu implementieren
- Struktur der ÖNORM EN 16001 entspricht der ISO 14001 / EMAS-VO zur Implementierung eines Umweltmanagements
- Verpflichtung der Geschäftsleitung, Optimierungsmaßnahmen im Energiebereich zeitlich zu fixieren und mit Budgetplänen hinterlegt zu evaluieren
- Aufnahme des Aspekts des Energieverbrauchs während des Anlagenbetriebes in den Beschaffungsprozess
- Kontinuierliche Verbesserung der betrieblichen Energieabläufe
- Ermittlung und Berücksichtigung der energierelevanten gesetzlichen Verpflichtungen und anderer Anforderungen, zu denen sich die Organisation bezüglich ihrer Energieaspekte verpflichtet hat

Die Umsetzung kann über freiwillige Verpflichtungen und / oder Anreizsysteme erfolgen. Standards wie ISO 50001 oder EN 16001 sind als Grundlage heranzuziehen. Umsetzungsschritte:

- Umfassende Durchleuchtung des Energiebereichs einschließlich der rechtlichen / sonstiger Rahmenbedingungen und des organisatorischen Bereichs

⁹ International Standardisation Organisation, EN ISO 14001:2004-11-15, ÖNORM EN ISO 14001:2005 01 01.

- Überblick über Organisationsabläufe, Verfahren, Verantwortlichkeiten und Pflichten im Energiebereich
- Ermittlung von Optimierungspotenzialen, die sich auch ökonomisch rechnen werden erkannt
- Kontinuierliche Verbesserung wird sichergestellt
- Interne und externe Audits
- Bewusstseinsbildung bei den MitarbeiterInnen

Empfehlung: Wenn vorhanden, lässt sich Qualitätsmanagement relativ einfach um Energieaspekte im Sinne des Energiemanagements und weitere Aspekte im Sinne des Umweltmanagements erweitern.

Solange keine entsprechenden Anforderungen bestehen, liegt der Wert für das Unternehmen nicht unbedingt in der externen Auditierung und Zertifizierung, sondern im Prozess der internen Bestandserhebung, der Optimierung von Prozessen und Abläufen sowie der erforderlichen Dokumentationen.

Handbuch zur Einführung von Energiemanagement:

http://www.energymanagement.at/fileadmin/elearning/Tools_Startaktivitaeten/Energiemanagement_Handbuch_ka_eeb.pdf

Beratungen und Förderung für Klein- und Mittelbetriebe

Die Beratungen für Klein- und Mittelbetriebe zum Aufbau von Umweltmanagementsystemen sind in Österreich sehr stark nach Bundesländern ausdifferenziert. Überregionale Programme, wie etwa das EU-weit standardisierte Umweltmanagementsystem EMAS, die vom Umweltministerium initiierten klima:aktiv-Angebote oder das vom Grazer Umweltamt entwickelten Programm ÖKOPROFIT zeugen jedoch von der Tendenz, bundesweit einheitliche Kriterien für die betriebliche Umweltberatung zu schaffen.

Auch der Umfang, in dem die Betriebsberatung gefördert wird, variiert von Bundesland zu Bundesland stark: Die Erstberatung wird etwa in Niederösterreich zu 100 Prozent von der öffentlichen Hand getragen, in Wien zu 82, in der Steiermark zu 70 und in Tirol zu lediglich 50 Prozent gefördert. In Oberösterreich wird die Kurzberatung der „Ökoberatung“ im Umfang von 3 Stunden zu 100 Prozent vergütet, im Rahmen des Vorarlberger Programms „Impuls 3“ wird das Einstiegspaket ÖKOSTART im Umfang von 23 Stunden lediglich zu 37 Prozent gefördert.

Insgesamt werden die betrieblichen Umweltprogramme der Länder vom Lebensministerium mit einem Beitrag von 33 Prozent der Gesamtkosten gefördert; der Bund beteiligt sich über die Umweltförderung im Inland (UFI) an den jeweiligen Länderprogrammen mit maximal 300.000.- Euro im Jahr. Dieses Budget ist nicht eindeutig aufgeteilt zwischen Beratungs- und Umsetzungsförderung, da in umfangreicheren Beratungsprogrammen wie etwa EMAS die Grenzen zwischen geförderter Beratung und der Förderung von Umsetzungsmaßnahmen fließend sind.

Einen Überblick über die Beratungsangebote bietet eine Studie des Energieinstituts der Wirtschaft, siehe:

http://www.energieinstitut.net/portal/page/portal/EIW_HOME/DOWNLOADS/eiw_studie_beratung_foerderung.pdf

Energieinstitut der Wirtschaft

Das Energieinstitut der Wirtschaft ist eine wirtschaftsnahe Plattform, um die österreichische Wirtschaft bei der Erreichung gesetzter Klimaschutzziele und bei der Realisierung von Marktchancen zu unterstützen.

Ziel des Energieinstituts ist es, durch praxisnahe Information...

- durch österreichweite Unterstützungsaktionen im Bereich der betrieblichen Energieberatung Betriebe zur Teilnahme an Beratungsaktionen und zur Umsetzung der Beratungsempfehlungen zu motivieren.
- erprobte innovative Lösungen zur Steigerung der Energieeffizienz zu unterstützen, um diese möglichst schnell zum Einsatz zu bringen. Dazu sollen derzeit verfügbare Kennwerte (Benchmarks) verdichtet und den Betrieben und Beratern zur Verfügung gestellt werden.
- den Einsatz und die Entwicklung neuer Produkte, Technologien und Gesamtlösungen im Energiebereich – sowohl in der Erzeugung als auch in der Nutzung – zu unterstützen.
- den Dialog mit der Politik und Gesellschaft über die Bedürfnisse und die Aktivitäten der Wirtschaft im Zusammenhang mit energiewirtschaftlichen und energiepolitischen Fragestellungen zu begleiten.
- den Erfahrungsaustausch zwischen Vertretern der Wirtschaft im Energie- und Klimaschutzbereich auf internationaler Ebene zu verstärken.

Die EIW-EnergieeffizienzberaterInnen sind die Basis eines österreichweiten Netzwerks, das sich eingehend mit den Potenzialen für Energieeffizienz in Klein- und Mittelbetrieben beschäftigt.

Weitere Informationen, siehe: www.energieinstitut.net

klima:aktiv

klima:aktiv ist die im Jahr 2004 gestartete Initiative des Lebensministeriums für aktiven Klimaschutz und Teil der Österreichischen Klimastrategie. Ziel ist die rasche und breite Markteinführung klimafreundlicher Technologien und Dienstleistungen.

Das Programm „energieeffiziente betriebe“ unterstützt produzierende Industrie- und Gewerbebetriebe bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Speziell kleine und mittlere Unternehmen haben wenig Ressourcen und Zeit sich mit Energiebelangen zu beschäftigen. Gerade im KMU-Bereich bestehen jedoch nach wie vor beachtliche Einsparpotenziale, die durch kostengünstige Maßnahmen realisiert werden können:

- Informationen zu Einsparungsmöglichkeiten

- Beraterpool mit klima:aktiv Grobcheck
- Tools zur Implementierung von Energiemanagement
- Druckluft-Schwerpunkt
- Pumpen-Schwerpunkt
- Auszeichnungsveranstaltungen

Weitere Informationen, Leitfäden und AnsprechpartnerInnen siehe <http://www.klimaaktiv.at/article/archive/12134/>

Der ÖEKV

Der Österreichische Energiekonsumenten-Verband (Ö.E.K.V.), Verband zur Wahrung und Förderung der Interessen österreichischer Energieverbraucher, bietet Beratung und Vermittlung von wirtschaftlich, technologisch und umweltpolitisch optimalen Lösungen in Angelegenheiten des Energiebezuges, mit einem Schwerpunkt für große Energieabnehmer. Die Österreichische Plattform Eigenstrom wird durch die Interessensgemeinschaft österreichischer Unternehmen aus dem privaten Bereich, Vertreter und Experten von Technologiefirmen, Interessensvertretungen, Wirtschaft und Wissenschaft gebildet.

Weitere Informationen, siehe www.oekv-energy.at/

Branchenkonzept, Benchmarking, Best Practice

Das Energie-Branchenkonzept „Energiekennzahlen und -sparpotentiale in der Stein- und keramischen Industrie“ wurde im Juli 1996 in einer Gemeinschaftsaktion von O.Ö. Energie-sparverband, Ökologischer Betriebsberatung und Wirtschaftskammer OÖ herausgegeben. Es basiert auf Pilotberatungen in der Stein- und keramischen Industrie in Oberösterreich, die im Sommer 1994 durchgeführt wurden.

Angeführt sind explizit die Branchendurchschnittswerte. Im Durchschnitt der untersuchten Betriebe wurden ein Energieeinsparpotential von 11%, ein Energiekosteneinsparpotential von 30% und eine Amortisationsdauer der zur Energieeinsparung erforderlichen Investitionen von durchschnittlich 4,4 Jahren festgestellt.

<http://www.ess.co.at/wifi/uis/b/bu/bue/buew/stein/stein.doc>

Das internationale Projekt BESS - Benchmarking and Energy Management Schemes in SMEs lädt Betriebe ein, sich mit ihren Daten am Branchenvergleich zu beteiligen.

Unter den Best Practice Projekten zum Thema Energiesparen im Unternehmen im Rahmen von klima:aktiv ist derzeit noch kein Unternehmen aus dem Fachverband Steine Keramik zu finden (siehe <http://www.klimaaktiv.at/article/archive/16144/>)

6.2.2.2 Unsere Produkte zeigen ihre Nachhaltigkeits-Qualitäten

Lebenszyklusanalysen (Ökobilanzen)

Eine zentrale Grundlage für jedes Bewertungssystem, das die „Integrated Performance of Buildings“ abbildet, ist die umfassende Ökobilanzierung auf Produktebene. Handlungsbedarf

besteht hier nicht nur durch deren Erfordernis im Rahmen von Gebäudebewertungssystemen, sondern auch durch die zu erwartenden (ökonomischen) Folgen der Ressourcenbeanspruchung auf globaler Ebene sowie die Bauprodukterichtlinie. Hersteller, die über die erforderlichen Informationen verfügen, können damit auch bestehende Potenziale zur Optimierung ihrer Produkte und Produktionsprozesse erkennen. Die Generierung zusätzlicher Daten hat allerdings nur dann Wirkung, wenn die daraus abgeleiteten Informationen richtig interpretiert werden und wenn damit Produkte und Bauweisen verbessert werden.

Die Ökobilanz bzw. das Life Cycle Assessment (LCA) ist eine Methode zur Abschätzung der mit einem Produkt verbundenen Umweltauswirkungen. Die Ökobilanz beruht auf einem Lebenszyklus-Ansatz. Damit werden die Umweltauswirkungen eines Produktes von der Wiege bis zur Bahre („cradle to grave“), also von der Rohstoffentnahme bis zur Entsorgung des Produktes und der Produktionsabfälle erfasst und beurteilt.

Die Internationale Organisation für Normung ISO hat die Vorgehensweise innerhalb der Ökobilanz-Methode mit der Norm ISO 14040 (ISO 2006a) in ihren Grundzügen und mit ISO 14044 (ISO 2006b) in den Details standardisiert. Eine Ökobilanz lässt sich gemäß ISO 14040 grob in vier Phasen unterteilen: (1) Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, (2) Sachbilanz, (3) Wirkungsabschätzung und (4) Auswertung.

Die Fragestellung, die mithilfe einer Ökobilanz beantwortet werden soll, kann deren Struktur und Inhalte sowie die Vorgehensweise wesentlich vorbestimmen. Typische Anwendungen der Ökobilanz sind:

- Produktentwicklung und -verbesserung, Eco-Design und Schwachstellenanalyse,
- Strategische Planung,
- Bestimmen der Richtlinien der Politik ("public policy making"),
- Marketing und Produktinformation für Konsumentinnen und Konsumenten im Sinne von Produktvergleichen.

Darüber hinaus kann die Ökobilanz

- beim Aufbau und Führen von Umweltmanagementsystemen,
- bei der Beurteilung der Umweltperformance, und
- beim Vergeben von Umweltzeichen

unterstützend eingesetzt werden. Den meisten dieser Anwendungen ist die Ausrichtung auf einen bevorstehenden Entscheid gemeinsam. So wird eine Schwachstellenanalyse eines Produktes in der Regel im Hinblick auf die Beseitigung der Schwachstellen erstellt. Auch in der strategischen Planung stehen meist mehrere Alternativen zur Disposition, unter denen die "beste" Vorgehensweise auszuwählen ist. Innerhalb von Umweltmanagementsystemen können Ökobilanzinformationen für die Umweltberichterstattung oder als Evaluationsbasis von Optimierungsoptionen verwendet werden. Dies deutet bereits an, dass es verschiedene Typen von Ökobilanzen geben muss.

Umweltzeichen und Umwelt-Produktdeklaration

Mit der Norm EN ISO 14020 "Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Allgemeine Grundsätze" liegt ein weltweit akzeptiertes Anforderungsraaster für eine seriöse nachvollziehbare Umweltinformation vor. Die Einteilung der Umweltzeichen erfolgt nach Typ I (ISO 14024), Typ II (ISO 14021) und Typ III (ISO/TR 14025).

In der Grundsatznorm werden die Prinzipien zur produktbezogenen Umweltinformation beschrieben. Diese sollten der Maßstab sein, an dem sowohl die Unternehmen ihre Umweltaussagen und die von ihnen gewählten Kommunikationsinstrumente messen sollten, als auch Richtschnur, an der die Unternehmen selbst beurteilt werden.

- "Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Umweltkennzeichnung Typ I" enthält Vorgaben für die Ökolabel-Systeme, wie das österreichische Umweltzeichen, Blauer Engel, oder EU-Umweltzeichen. Wichtigstes Merkmal ist, dass die Kriterien für die Vergabe eines Kennzeichens und die Entscheidung, ob ein bestimmtes Produkt mit dem Kennzeichen versehen werden darf, nicht in Eigenregie der herstellenden Unternehmen oder einzelner interessierter Kreise, sondern in Regie einer neutralen Körperschaft erfolgt.
- Selbstdeklarierte Umweltaussagen (Typ II): Vorgegeben sind in der ISO die Rahmenbedingungen für Umweltaussagen, die Hersteller auf Verpackungen oder in Broschüren für ihre Produkte verwenden können.
- Umwelt-Produktdeklarationen (Typ III) beruhen auf detaillierten Anforderungen für die entsprechende Produktgruppe (PCR-Dokument), die Informationen werden vom Hersteller zur Verfügung gestellt. www.environdec.com

Österreichisches Umweltzeichen

Nach der Richtlinie des Österreichischen Umweltzeichens für Wärmedämmstoffe aus mineralischen Rohstoffen sind derzeit zwei Produkte ausgezeichnet. Nach der Richtlinie für mineralisch gebundene Bauprodukte sind derzeit keine Bauprodukte ausgezeichnet.

Die Richtlinien des Österreichischen Umweltzeichens sind unter www.umweltzeichen.at abrufbar.

Die im Folgenden auszugsweise dargestellten Kriterien zum Österreichischen Umweltzeichen geben einen guten Überblick über wesentliche Anforderungen zur Nachhaltigkeit.

- Einsatz von Recyclat und nachwachsenden Rohstoffen: Bei der Verwendung mineralischer Recyclate müssen die Anforderungen der Richtlinie für Recycling-Baustoffe bzw. der Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbau-Restmassen eingehalten werden.
- Erneuerbare Energieträger
- Energiebedarf für die Herstellung
- Das Produkt muss zur Rückbaubarkeit gemäß Anforderungen ÖNORM B 2251 geeignet sein.
- Vom Antragsteller müssen Informationen zum ökologischen Rückbau gemacht werden. (Emissionsvermeidung, empfohlene Maschinen und Werkzeuge, Angaben zur

Wieder- oder Weiterverwendung bzw. Verwertung und zur Deponierung des Bauprodukts).

- Dokumentation umweltrelevanter Daten: Für alle eingesetzten Materialien sind Herkunfts- und Qualitätsnachweise zu führen. Liegt ein gültiger Vertrag mit dem Österreichischen Güteschutzzeichen für Recyclingbaustoffe oder einem gleichwertigen vor, so gelten alle geforderten Qualitätsnachweise als erfüllt.
- Die Einsatzmengen aller Roh- und Hilfsstoffe des Fertigprodukts sind anzugeben [Masseneinheit / kg Fertigprodukt]
- Die Einsatzmengen an Recyclat bzw. nachwachsender Rohstoffe je kg Fertigprodukt sind anzugeben [Massen%/kg bzw. Vol%/kg]
- Eine Aufstellung aller eingesetzten Energieträger, die zur Herstellung von einer Masseneinheit des Bauprodukts benötigt werden, muss vorgelegt werden [kWh/Masseneinheit]
- Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern im Fertigprodukt muss ausgewiesen werden [%/kg]
- Verpackung: Eingesetzte Kunststoffe müssen frei von halogenierten organischen Verbindungen sein. Inverkehrsetzer von Verpackungen haben diese entweder selbst zurückzunehmen und zu verwerten oder nachweislich an einem Sammel- und Verwertungssystem teilzunehmen. Es gelten die Bestimmungen der Verpackungsverordnung.
- Produktionsstätte: Alle behördliche Auflagen und gesetzlichen Regelungen, insbesondere die Materien Luft, Wasser, Abfall, Umweltinformation sowie ArbeitnehmerInnenschutz betreffend, sind einzuhalten.
- Ein Abfallwirtschaftskonzept (AWK) ist vorzulegen.

Natureplus und IBO Prüfzeichen

natureplus ist ein internationales Qualitätszeichen für Bau- und Wohnprodukte (Typ I), deren Anteil an nachwachsenden und/oder mineralischen Rohstoffen inklusive Wasser mindestens 85 M-% beträgt und das die entsprechende Vergaberichtlinie erfüllt. natureplus ist ein internationaler Verein für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen mit etwa 100 Mitgliedern in vielen europäischen Ländern. Das Österreichische Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO) ist ein Verein mit angeschlossener GmbH, der sich seit über 25 Jahren in Österreich mit Fragen der Baubiologie und Bauökologie befasst. Das IBO ist natureplus-Prüfinstitut und natureplus-Kontaktstelle in Österreich. Das IBO-Prüfzeichen wird nur für Produkte vergeben, für die es noch keine natureplus-Vergaberichtlinien gibt. Das IBO-Prüfzeichen hat zwei Jahre Gültigkeit. Der umfassende Prüfbericht informiert Konsumenten und Auftraggeber detailliert über das Ergebnis der Prüfung. Die Anmeldung zur IBO-Produktprüfung kostet für das erste Produkt Euro 900,-, für jedes weitere Euro 100,-. Die Verleihung des IBO-Prüfzeichens für ausgezeichnete Produkte ist mit einer jährlichen Nutzungsgebühr verbunden. Die Nutzungsgebühr staffelt sich mit der Anzahl der geprüften Produkte: 1. Produkt 1.090,- p.a. (exkl. MwSt.)

Weitere Informationen: www.ibo.at, www.natureplus.org

baubook.at

Die Internetplattform baubook wird vom Energieinstitut Vorarlberg und der IBO GmbH betrieben. baubook.at stellt neben ökologischen und energetischen Kriterien eine zentrale Produktdatenbank sowie die Basisdaten für die Berechnung von Energie- und Gebäudeausweisen zur Verfügung und bietet Informationen zur Erfüllung der Vorgaben entsprechend den Kriterien der einzelnen Wohnbauförderungen und des klima:aktiv Gebäudestandards.

Die baubook-Plattform bietet eine exemplarische Auswahl an Produkten und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie wird von Architekten, Beratern, Bauherren und dem ausführenden Baugewerbe bei der Umsetzung von energieeffizienten und ökologischen Gebäuden genutzt.

Die Aufnahme in das Produktverzeichnis der baubook-Plattform erfolgt anhand von Hersteller- und Händlerangaben, belegt durch entsprechende Prüfzeugnisse unabhängiger akkreditierter Prüfinstitute oder anhand von Prüfnachweisen der Hersteller. Der Nachweis für die Erfüllung der Vorgaben entsprechend den Kriterien der einzelnen Wohnbauförderungen oder des klima:aktiv Gebäudestandards obliegt dem Hersteller. Für den Fall von unrichtigen Herstellerangaben haftet ausschließlich der Hersteller. Für die Deklaration fallen Kosten in der Höhe ab 60 EUR p.a. und Produkt an. Weitere Informationen: www.baubook.at

Der Fachverband Steine Keramik vertritt – nicht zuletzt auf Grund der Ergebnisse der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ - die Meinung, dass zentrale Datenregister für Daten zu Bauprodukten sinnvoll und notwendig sind. Das Datenmanagement sollte auf normativen Grundlage erfolgen, in denen die Anforderungen klar beschrieben sind. Entsprechende Initiativen sollen gestartet bzw. unterstützt werden.

6.2.2.3 Wir leisten Beiträge für „nearly zero emission“ und andere Zukunftskonzepte

Die Novellierung der Europäischen Gebäuderichtlinie (GEEG) sieht vor, dass neu errichtete Gebäude bis 2020 "fast keine Emissionen" mehr verursachen. Der geforderte neue Standard „Niedrigstenergie“ bedeutet eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz: Der fast bei null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen – einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird – gedeckt werden¹⁰.

Die Optimierung des Gebäudebestandes soll damit auch zur Speerspitze auf dem Weg zur angestrebten Energieautonomie werden, denn ein deutlich reduzierter „Restenergiebedarf“ kann dann leichter mit in der Nähe verfügbaren erneuerbaren Quellen gedeckt werden.

Mit hochwertigem Wärmeschutz können die Wärmeverluste heute weitgehend minimiert werden. Um einen "sehr geringen Energiebedarf" sicherzustellen, sind auch die Wärmeverluste, die durch das notwendige Lüften entstehen, zu reduzieren.

Wärmetauscher können etwa 80 % der Wärme, die beim hygienisch erforderlichen Luftwechsel entweicht, zurückgewinnen - vorausgesetzt diese befinden sich in einer Lüftungsanlage. Nutzt man die zurückgewonnene Wärme, dazu noch die Abwärme von Personen, Geräten und Tätigkeiten wie Kochen und Duschen und dazu die durch die Fenster eingestrahelte

¹⁰ Siehe z.B. Martin Leitl in der Bauzeitung vom 19.11.2010 <http://www.diebauzeitung.at/ireds-108563.html>

Solarenergie, so stellt sich die Frage, ob man überhaupt noch ein herkömmliches Heizsystem braucht.

Eigentlich nicht: wenn die Heizlast weniger als 10 Watt pro Quadratmeter beträgt, kann ein Wohnhaus allein mit einer Lüftungsanlage unter Komfortbedingungen beheizt werden. Es muss aber nicht - auch kleine Radiatoren, Bereiche mit Fußbodenheizung, Deckenheizung oder z.B. ein Pelletszimmerofen sind möglich.

Integration von Photovoltaik, Solarthermie in Fassaden- und Dachelementen

Die gebäudeintegrierte Photovoltaik (GIPV) sowie Solarthermie (z.B. Fassadenkollektoren) verbinden umweltfreundliche Energieerzeugung mit Architektur. Zusätzlich zur Energiegewinnung kann GIPV noch eine Vielzahl weiterer Funktionen erfüllen: Beschattung, Wärmedämmung, Schallschutz etc.

Weitere Informationen: Siehe www.solarfassade.info

6.2.2.4 Wir optimieren Lebenszyklen und sichern so die Zukunft unserer Baustoffe

Trennbarkeit und Rückbaubarkeit

Die konstruktive Optimierung von Gebäuden in Abhängigkeit von unterschiedlichen Produktlebensdauern ermöglicht es, Instandhaltungsmaßnahmen mit geringstem ökologischem und ökonomischem Aufwand durchführen zu können, vergleichbar etwa mit Serviceprogrammen der Autoindustrie in Abhängigkeit vom Kilometerstand.

„Nachhaltigkeit massiv“ stellt eine allgemeine Methode vor (siehe Kapitel 3.4), wie die Lebensdauer von Bauprodukten in Abhängigkeit von der jeweiligen Einbaubedingung abgeschätzt werden kann.

Der Nutzen für die Bauindustrie liegt darin, dass Bauprodukt- bzw. Systementwickler ein generelles Alterungsmodell zur Verfügung haben, womit - mit eigenen Daten befüllt – Aussagen zu bestimmten Produkten getroffen werden können. Mit diesen Angaben zur Lebensdauer können auch in der Lebenszykluskostenprognose wirtschaftliche Aussagen getroffen werden.

- Mit dem Alterungsmodell kann die voraussichtliche Lebensdauer eines Produkts bzw. einer Systemlösung für definierte Einbaubedingungen bestimmt werden.
- Die Lebensdauern können durch experimentelle Überprüfungen ermittelt werden, möglichst auf Grundlage entsprechender Normen (derzeit nicht umfassend verfügbar).
- Die Relevanz der jeweiligen bauteilspezifischen Einflussfaktoren kann mittels Abminderungs- und Gewichtungsfaktoren aufgezeigt werden.
- Damit sind realistische Annahmen für Lebenszyklusbewertungen und Lebenszykluskostenprognosen im Rahmen von Gebäudebewertungssystemen möglich.
- Die Quantifizierung des Nutzens für den Auftraggeber bei Verwendung langlebiger, robuster Bauprodukte in der künftigen Gebäude- und Immobilienbewertung kann damit transparent und nachvollziehbar dargestellt werden.

- Ein wesentlicher Erfolgsfaktor wird die Etablierung und konsequente Umsetzung eines Qualitätsmanagement-Systems im Bauprojekt zur zielsicheren Erreichung der Referenz-Lebensdauer (oder Abminderung) lt. Produktdatenblatt sein.

Richtlinien und Normen:

Richtlinie für Recycling-Baustoffe, Österreichischer Baustoff-Recyclingverband, Ausgabe Jänner 2007, www.br.v.at

Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbau-Restmassen, Österreichischer Güteschutzverband Recycling-Baustoffe, Ausgabe Juli 1996, www.gsv.or.at

ÖNORM B 2251: Anforderungen zur Rückbaubarkeit

Lebenszyklus-Kostenprognose

Mit Hilfe einer Lebenszyklus-Kostenprognose können Varianten in der Gestaltung der Baukörper, der Außenhülle und der Gebäudetechnik berechnet und damit die Lebenszykluskosten eines Gebäudes bei gegebener Nutzung optimiert werden.

6.2.2.5 Wir kennen die Performance der eigenen Produkte in Gebäudebewertungen

1. Österreich ist im Bereich der nachhaltigen Gebäude international sehr gut positioniert - einer von nicht vielen Bereichen; ein eigenes, besonders ambitioniertes Bewertungssystem kann den Anspruch auf eine Vorreiterposition sichtbar unterstreichen.

Die Weiterentwicklung von bestehenden Gebäudebewertungssystemen in Richtung eines einfachen Instruments zur Messung und Kommunikation der ökologischen, ökonomischen und sozialen Qualität von Bauwerken ist für die Bauwirtschaft von höchster Bedeutung. Investoren, aber auch Förderstellen haben Bedarf an Informationsinstrumenten, die möglichst einfache „Ratings“ ermöglichen.

2. Es geht nicht nur um das Zertifizieren, sondern auch um den Lern- und Optimierungsprozess, wenn mit derartigen Systemen auf breiter Basis gearbeitet wird.

3. Die weitere enge Einbeziehung der Industrie und der Wirtschaft ist von besonderer Bedeutung dafür!

Gebäudebewertung in Österreich

Das österreichische Gebäudebewertungssystem TQB konnte durch die Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ ein wesentliches Stück verbessert werden. In Österreich gibt es mit dem klima:aktiv Gebäudestandard bereits ein Gebäudebewertungssystem, das staatlich im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Lebensministeriums forciert wird und das in Zusammenhang mit TQB steht, wobei der Klimaschutz hier eindeutig im Vordergrund steht.

Die Nachhaltigkeitsbewertung wird als Versuch, ökologische, wirtschaftliche und soziale Aspekte zu integrieren, weiterhin ein Spiegelbild der allgemeinen Nachhaltigkeitsdiskussion sein, wobei die Gewichtung je nach umwelt- und gesellschaftspolitischer Relevanz vorgenommen werden wird. Förderstellen werden hier durchaus andere Gewichtungen vornehmen als z.B. Gebäudebetreiber. Wesentlich ist die Transparenz, und damit bleibt die Möglichkeit der permanenten Diskussion und Aushandlung.

Die Arbeit mit Bewertungssystemen stärkt die Kompetenz der PlanerInnen im Sinne eines kontinuierlichen Lern- und Verbesserungsprozesses. Verfügen die PlanerInnen über die erforderliche Kompetenz zur Optimierung in Bezug auf Nachhaltigkeit, dann kann diesen auch die Verantwortlichkeit für ein „Planungsziel Nachhaltigkeit“ übertragen werden. Gebäudebewertungssysteme werden dabei zum Kommunikationsinstrument zwischen Bauherr / Investor und PlanerInnen, in der Immobilienwirtschaft und zwischen BürgerInnen und Verwaltung / Förderstelle.

Zur Optimierung von Bauaufgaben sind Planungstools, mit denen eine wissenschaftlich fundierte Nachhaltigkeitsperformance zum jeweiligen Planungsstand einfach erkennbar wird, von besonderer Bedeutung. Die Industrie kann dazu beitragen, dass die Potenziale der verschiedenen Bauweisen besser genutzt werden, indem die entsprechenden Informationen zu ihren Produkten in den in der Praxis verwendeten Planungshilfsmitteln implementiert werden. Umfassende Planungstools erlauben es auch, die Eigenschaften der Bauprodukte und Bauweisen entsprechend darzustellen. Für die Massivbauweisen bieten ihre Langlebigkeit und Wertbeständigkeit, der geringe Wartungsaufwand sowie die hohe Speichermasse, wodurch Sommertauglichkeit ohne energieaufwändige Kühlung sichergestellt werden kann, besondere Chancen. Mit einem umfassenden Bewertungs- und Planungstool sind darüber hinaus entsprechende Weiterentwicklungen zu erwarten.

Weitere Informationen: www.oegnb.net | www.bauen-sanieren.klimaaktiv.at | www.HAUSderZukunft.at

6.2.2.6 Wir zeigen, wie unsere Produkte zur Sommertauglichkeit von Gebäuden beitragen

Sommertauglichkeit ist gemäß der OIB Richtlinie 6 für Wohngebäude sicherzustellen. In der Praxis wird der entsprechende Nachweis nach ÖNORM B 8110-3 meist nur geführt, wenn er ausdrücklich verlangt wird, was je nach Bundesland nicht immer der Fall ist.

Eine stärkere Beachtung dieser Norm bzw. genauerer Nachweise gemäß ÖNORM B 8110-3 entsprechend dem Vorschlag 2011 sollte auf Grund der Vorteile der Massivbauweisen im Interesse der Massivbauindustrie liegen.

Empfehlung: Weitergabe des Leitfadens „Wirksame Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau“ (siehe Kapitel 5.5), erarbeitet von e7 im Rahmen der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“, an Bauherrn, Investoren, Entwickler.

6.2.2.7 Wir versuchen, die Belastungen durch Transporte zu verringern

Die Möglichkeiten in Unternehmen, Mobilitätsmanagement umzusetzen, sind vielfältig. Mit Hilfe von geförderter Beratung werden Einsparpotentiale aufgezeigt, auch für die Umsetzung können Förderungen in Anspruch genommen werden.

Beispiele für geförderte Maßnahmen:

- Einrichtung von Verkehrsinformations- und Logistiksystemen und Anschaffung von Tourenoptimierungs-Systemen,
- Förderbandsysteme z.B. in Steinbrüchen als Ersatz für Radladertransporte,

- Umstellung von Transportsystemen und Fuhrparks,
- Umrüstung von Fahrzeugen auf E-Fahrzeuge, auf Erdgas-, Ethanol-, Biodiesel-, Biogas- oder mit anderen pflanzlichen Treibstoffen betriebene Fahrzeuge sowie innerbetriebliche Distributions- und Betankungsanlagen für mit alternativen Kraftstoffen betriebene Fahrzeuge,
- Mobilitätsmaßnahmen für MitarbeiterInnen etc.
- Durchführung von Spritspartrainings

Mehr zu den Programmen und Beratungsangeboten:

<http://www.klimaaktiv.at/article/archive/12044/>

6.2.2.8 Unser Unternehmen bekennt sich zur sozialen Verantwortung

Sowohl nationale als auch internationale Gebäudebewertungssysteme erheben den Anspruch, auch soziale Aspekte des Baubereichs in eine umfassende Gebäudebewertung einzubeziehen. Ein Sozial Life Cycle Assessment (SLCA) eines Gebäudes beschreibt die sozialen Belastungen aller Produkte, bezogen auf die funktionale Einheit des Gebäudes: Belastungen, die während der Bauphase, der Nutzung und beim Abbruch auftreten. Bei einer LCA sind neben den NutzerInnen der Gebäude auch weitere Betroffene zu berücksichtigen. In der im Projekt 13 entwickelten Systematik werden diese in drei Gruppen zusammengefasst: NutzerInnen, Nachbarschaft und Gesellschaft.

Da die soziale Dimension der Nachhaltigkeit vielfach noch wenig Beachtung findet, ist ein grundsätzlicher Diskurs über die Anforderungen an das Bauen und an Bauten unter diesem Aspekt besonders wertvoll.

7 Resümee

7.1 Zusammenfassung

Nachhaltigkeit im Bauwesen wurde bislang vor allem mit der ökologischen Nachhaltigkeit assoziiert. In diesem Sinn ist es ein großer Verdienst von „Nachhaltigkeit massiv“, dass neben den ökologischen auch die ökonomischen und sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit im Gebäudebereich intensiv diskutiert und sichtbar gemacht worden sind. Nach Abschluss dieses Forschungsprojekts liegen Grundlagen vor, die es den Unternehmen ermöglichen, ihre Produkte im Sinne der Nachhaltigkeit zu verbessern und im Wettbewerb neu zu positionieren.

Die thematischen Arbeitspakete der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ brachten folgende konkreten Ergebnisse:

7.1.1 Ökologie

Die Bewertung der ökologischen Qualität der Bauteile in Förderungen und Gebäudebewertungen kann und soll mit den vorliegenden Ergebnissen schrittweise erweitert werden:

- Eine ausführliche Darstellung der Bewertungsproblematik liegt im Synthesebericht (Teilprojekt 14) vor. Diskutiert wurde hier zum einen die Tatsache, dass eine wissenschaftlich begründbare Zusammenführung der Bewertungssysteme mit den Zielen der Nachhaltigkeit noch aussteht. Zum anderen bringt es das in der Praxis schwer erfüllbare Erfordernis großer Datenmengen mit sich, dass mit unvollständigen Ansätzen (z. B. einzelne ökologische Indikatoren) bedeutsame Aussagen getroffen werden. Ein Schwerpunkt der Gruppe Ökologie lag bei der (Weiter-)Entwicklung theoretischer Bewertungsmodelle für jene Bereiche des ökologischen Bauens, wo eine Beurteilung der ökologischen Qualität bisher aufgrund fehlender Daten und Lösungsansätze nur in einem unzureichenden Maße möglich war.
- Einer dieser Bereiche ist die Ermittlung der Lebensdauer von Baustoffen bzw. Bauteilen. Dazu wurde eine Methode zur Bestimmung der Lebensdauer auf Basis der ISO 15686 erstellt (siehe Kapitel 3.4). Ein Schwachpunkt des Modells ist jedoch, dass dabei auf Eingangsparameter zurückgegriffen werden muss, welche große Unsicherheiten bergen.
- Den Erzeugern von Bauprodukten wird die Angabe einer Referenzlebensdauer ihrer Produkte in Kombination mit klar formulierten Wartungsanweisungen zur optimalen Ausnutzung der Lebensdauer empfohlen. Vertiefende F&E-Tätigkeiten und die Erstellung entsprechender Normen für weitere Baustoffgruppen werden dazu erforderlich sein – gerade in Bezug auf die angestrebte lebenszyklische Betrachtung von Gebäuden.
- Ein Nutzungsdauerkatalog für eine große Anzahl an Bauprodukten wurde anhand unterschiedlicher Literaturquellen zusammengestellt (siehe Kapitel 3.2). Da dieser jedoch nicht auf einer einheitlichen Datengrundlage beruht, wird für die Anwendung in

Lebenszyklusbetrachtungen eher die Verwendung von groben Austauschraten anstelle von Jahreszahlangaben vorgeschlagen.

- Das OI3-System kann durch die Erweiterung der räumlichen und zeitlichen Bilanzgrenzen wesentlich treffsicherer gemacht werden (siehe Kapitel 3.3). Als räumliche Bilanzgrenze scheint die Bilanzgrenze BG3 für Gebäude mit vertretbarem Aufwand umsetzbar zu sein. Diese räumliche Bilanzgrenze erfasst nahezu alle Bauteile, die in der Bauphysik ohnehin aufscheinen müssten. (BG1 = Thermische Gebäudehülle, Decken, Dacheindeckung, Feuchtigkeitsabdichtungen, hinterlüftete Fassadenteile; BG2 umfasst über BG1 hinaus auch Innenwände; BG3 berücksichtigt zusätzlich den Keller.)
- Als zeitliche Bilanzgrenze für die OI3-Berechnungen müssten in der Praxis die Herstellung der Baustoffe und die Instandhaltung (Bauteil-Austauschzyklen) umsetzbar sein. Wichtig dabei ist, dass bei den Bauphysikprogrammen die Nutzungsdauern von Bauteilschichten implementiert werden. Eine rasche und möglichst fehlerfreie Einführung könnte gewährleistet werden, wenn auch ein vollständiger Bauteilkatalog dazu in allen Programmen implementiert würde.
- Die Untersuchung einer vorgeschlagenen Erweiterung des OI3 mit dem Photosmogpotential (POCP) zeigte, dass dieses praktisch ausschließlich von lösemittelhaltigen Bitumenanstrichen bestimmt wird. Das POCP eines Gebäudes wird daher am besten direkt über die Vermeidung von Lösemitteln in den Bauprodukten reduziert. Dies wird aus praktischen Gründen auch derzeit schon so in den Gebäudebewertungssystemen TQB, klima:aktiv und IBO ÖKOPASS durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Projektteils sind daher eine Rechtfertigung dieser Vorgangsweise.
- Die Berechnungen des Projektes Transportrucksäcke von Bauprodukten (siehe Kapitel 3.5) zeigen je nach Wirkungsindikator einen Beitrag der Transporte zwischen 0,69% und 7,6%. Bei dieser Größenordnung erscheint eine exakte und aufwändige Erfassung der Transporte und deren Einbeziehung in die Wirkungskategorien des OI3 nicht erforderlich. Eine sehr viel wirkungsvollere und effizientere Maßnahme ist die direkte Bewertung der eingesetzten Transportfahrzeuge (Klasse EURO 4 und 5) in einem Gebäude-Bewertungssystem sowie die Optimierung der Logistik.
- Zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen wurde ein Vorschlag entwickelt, der die Indikatoren Verfügbarkeit, Recyclierbarkeit, Eigenversorgung und Scale-Up (Auswirkungen eines deutlich größeren Materialeinsatzes) beschreibt (siehe Kapitel 3.6). Um die Sekundärressourcen im Baubestand besser abschätzen zu können, wurde die Idee eines materiellen Gebäudepasses untersucht. Mit einem derartigen Gebäudepass könnten die größten Baustoffgruppen (Beton, Metalle, Ziegel, Glas) im Zuge der Errichtung bzw. während größerer Umbautätigkeiten erfasst werden, indem z.B. eine entsprechende Software in gängige Ausschreibungsprogramme integriert wird. Noch steht allerdings zur Diskussion, ob der Aufwand für die Datenerhebung bzw. -verwaltung im Vergleich zum Nutzen vertretbar ist. Die Fragestellung könnte aber in absehbarer Zeit durch Ressourcenengpässe in einem neuen Licht erscheinen.

7.1.2 Soziales

Im Sinne einer umfassenden Gebäudebewertung integrieren sowohl nationale als auch internationale Gebäudebewertungssysteme auch soziale Aspekte – als eine der drei Säulen der Nachhaltigkeit. Dabei werden meist einzelne Gesichtspunkte, die der sozialen Nachhaltigkeit zuzuordnen sind, herausgegriffen. Eine systematische Betrachtung und Implementierung der sozialen Dimension in Gebäudebewertungssysteme gibt es bis heute noch nicht.

- Das Projekt 13 „Strategien und Konzepte zur Integration sozialer Aspekte in baurelevante Nachhaltigkeitstools“ (siehe Kapitel 4.1) bietet einen Überblick über soziale Aspekte im Bauwesen. Die erstellte Matrix zeigt sozialrelevante Themenfelder im Bauwesen sowohl in Hinblick auf die Phasen im Lebenszyklus als auch in Hinblick auf die betroffenen Personengruppen und könnte im Rahmen weiterer Forschungstätigkeiten zur Indikatorenfindung herangezogen werden. Mit der erarbeiteten Systematisierung leistete das Projekt bereits einen wesentlichen Beitrag zum Framework Document im europäischen Normenausschuss CEN TC350/WG5, darüber hinaus wurden die sozialen Kriterien in der Gebäudebewertung TQB weiterentwickelt. Folgt man der Idee der Lebenszyklusanalyse auch in der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit, dann sind die sozialen Auswirkungen in einer umfassenderen Weise zu eruieren, so wie es bei den ökologischen Auswirkungen bereits getan wird. Da jedoch die soziale Dimension der Nachhaltigkeit vielfach noch wenig Beachtung findet, ist ein grundsätzlicher Diskurs über die Anforderungen an das Bauen unter diesem Aspekt besonders wertvoll.

7.1.3 Ökonomie

Die Beiträge zur ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeit beziehen sich vor allem auf die Zielsetzungen einer fortdauernden Wirtschaftsweise durch eine vorrausschauende Nutzung der natürlichen Grundlagen und den Wettbewerb auf der Basis gleicher Rahmenbedingungen und der Kostenwahrheit.

- Der gezielte Einsatz speicherwirksamer Massen ist vor allem in Bürobauten von ökonomischer und ökologischer Relevanz. In vielen Bürobauten übersteigt der Kühlenergiebedarf den Heizenergiebedarf. Das ist aus Sicht der Nachhaltigkeit besonders ungünstig, da in Hitzeperioden allgemein ein besonders hoher Strombedarf gegeben ist. Im Projekt „Wirksame Speichermasse im modernen, nutzungsflexiblen Bürobau“ konnte gezeigt werden, wie die Speicherwirksamkeit bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Grundriss-Flexibilität optimiert werden kann (siehe Kapitel 5.5). Die Überblicksstudie bietet eine umfangreiche und detaillierte Darstellung von Lösungsmöglichkeiten. Zusätzlich sind darin Speichermassen-Berechnungen hinsichtlich Energieeinsparung und Nutzungskomfort enthalten, ein Leitfaden richtet sich an PlanerInnen und Entwickler, aber auch an NutzerInnen und Bauherrn von Büroimmobilien. Die Ergebnisse werden ergänzt durch das Projekt „Massive Bauteile und Energiesysteme“, bei dem der Energiebedarf verschiedener Bausysteme und Haustechnikanlagen anhand einer virtuellen, thermisch-dynamischen Gebäudesimulation untersucht wurde (siehe Kapitel 5.4).
- Es zeigte sich, dass die Bauteilaktivierung und der Wert von Speichermassen in nachhaltigen Bauwerken von zentraler Bedeutung in Hinblick auf den wirtschaftlichen

Wettbewerb im Neubau sind. Die Ergebnisse haben bereits zu einem neuen Projekt geführt: Der Innovationspreis ‚Energiespeicher Beton‘. Mit einem weiterführenden Forschungs-, Demonstrations- und Kommunikationsprojekt soll diese Technologie weiterentwickelt und breit zugänglich gemacht werden.

- Zur Ermittlung der Lebenszykluskosten von Immobilien wurde ein praxistaugliches Rechenwerkzeug für den Einsatz in der Immobilien-Projektentwicklung entwickelt und in seiner Funktionsweise dargestellt (siehe Kapitel 5.2). Das Modell beruht weitestgehend auf vorhandenen Normen und Rechenmethoden und ermöglicht eine Lebenszyklus-Kostenprognose mit Kostengruppen. Mit Hilfe einer derartigen Lebenszyklus-Kostenprognose können Varianten in der Gestaltung der Baukörper, der Außenhülle und der Gebäudetechnik berechnet und damit die Lebenszykluskosten eines Gebäudes bei gegebener Nutzung optimiert werden.
- In Gebäuden, die die aktuellen Nachweise der Vermeidung sommerlicher Überwärmung nach ÖNORM B 8110-3 erfüllen, können dennoch in Hitzeperioden zu hohe Raumtemperaturen auftreten. Die Auswirkung verschiedener Baustoffe auf das Sommerverhalten von Gebäuden und den Energieverbrauch konnte durch die Entwicklung eines Berechnungstools zur dynamischen Berechnung der sommerlichen Raumtemperatur und Messungen in bewohnten Objekten genauer erforscht werden (siehe Kapitel 5.3). Ein maßgeblich im gegenständlichen Projekt entwickelter Normenentwurf wird derzeit mit Ringrechnungen abgesichert und so für die Abstimmung im Normenausschuss vorbereitet. Voraussichtlich im Frühjahr 2011 soll die neue Norm zur Sommertauglichkeit erscheinen.
- Damit die Vorteile nachhaltiger Gebäude marktwirksam werden, müssen sie in der Immobilienbewertung entsprechend berücksichtigt werden, d.h. der Nutzen muss quantifiziert, monetarisiert und schließlich auch kommuniziert werden. Zur Darstellung des Marktwerts von Gebäuden legt die Forschungsinitiative ein Kurzbewertungsverfahren vor, das als „Einstieg“ in die Bewertung von Bestandsgebäuden dienen könnte (siehe Kapitel 5.1). Vorstellbar wäre die Verwendung des Kurzbewertungsverfahrens in Form eines frei zugänglichen Tools zur Ergänzung bzw. „Vorbewertung“ von TQB.

Die mit dem Abschluss von „Nachhaltigkeit massiv“ vorliegende Neufassung des Gebäudebewertungssystems Total Quality Building (TQB) berücksichtigt wesentliche Ergebnisse aus den einzelnen Projekten im Rahmen der TQB-Kriterien (siehe Kapitel 6.1). Mit der Kompatibilität zwischen TQB und klima:aktiv Gebäudestandard wurde auch ein wesentlicher Beitrag zu einem abgestimmten österreichischen Bewertungssystem geleistet.

Die Weiterentwicklung der bestehenden Gebäudebewertungssysteme in Richtung eines möglichst einfachen Instruments zur Messung und Kommunikation der ökologischen, ökonomischen und sozialen Qualität von Bauwerken ist für die Bauwirtschaft von höchster Bedeutung. Wenn künftig mit derartigen Systemen auf breiter Basis gearbeitet wird, so ist damit auch ein Lern- und Optimierungsprozess in der gesamten Baubranche zu erwarten. Die Forschungsinitiative hat mit ihren Ergebnissen die Tür für die engere Einbeziehung der Industrie und der Wirtschaft in diese Entwicklung geöffnet.

Die Forschungsinitiative hat auch gezeigt, dass es im Interesse der Bauwirtschaft liegt, dass der Aufwand für Zertifizierung und Deklaration in Gebäudebewertungssystemen in Grenzen gehalten wird. Der Zugang zur Zertifizierung soll im Sinne eines offenen Systems möglichst

breit sein. Der Anspruch an die Gebäudebewertung, Gebäude auf Basis von Lebenszyklusbetrachtungen zu bewerten, kann bisher nur in Ansätzen erfüllt werden. Hier bestehen noch Defizite in der Datengrundlage, in der Gewichtung der identifizierten Kriterien und Indikatoren. Es handelt sich um eine Fülle an Daten, die erhoben, verwaltet und laufend aktualisiert werden müssen. Es ist ersichtlich, dass der Aufwand zur Erstellung und Pflege dieser Daten enorm ist, daher ist im Sinne des Nachhaltigkeitspostulats auch die „Notwendigkeit“ dafür zu argumentieren.

Nach Abschluss des Projekts werden die gewonnenen Erkenntnisse in die Weiterbildung und Qualifizierung auf breiter Ebene eingebracht. Zudem wurden die Ergebnisse kompakt für die Zielgruppe Unternehmen aufbereitet (siehe Kapitel 6.2).

Der Fachverband der Stein- und keramischen Industrie sieht in der Forschungsinitiative einen ersten Beitrag zur wissenschaftlichen Diskussion auf europäischer und österreichischer Ebene. Der Fachverband der Stein- und keramischen Industrie verbreitet die Forschungsergebnisse und wird sich für die Umsetzung der Ergebnisse in Österreich und auf europäischer Ebene beim technischen Normungskomitee CEN TC 350 „Nachhaltigkeit von Gebäuden“ einsetzen.

7.2 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Abgeleitet aus den Ergebnissen der Teilprojekte und den vor allem im Synthesebericht angeführten Problemen ergibt sich in verschiedenen Bereichen Forschungsbedarf:

- Zusammenführung der theoretischen Grundlagen der Nachhaltigkeit mit den Indikatorenmodellen

Die im Synthesebericht ausführlich behandelten und im Kapitel 7.1.1 kurz angesprochenen Kritikpunkte zeigen, dass die Definition, was ein nachhaltiges Gebäude ausmacht bzw. wie eine nachhaltige Umstrukturierung der Baupraxis von statten gehen sollte, weiterer Untersuchungen bedarf. Theoretische Analysen liefern Anhaltspunkte dazu, wie die Idee der Nachhaltigkeit aufzufassen ist und welche Themen in diesem Zusammenhang von Bedeutung sind. Die (bau-) praktische Umsetzung der Nachhaltigkeit lässt jedoch häufig einen klaren Zusammenhang zu diesen Grundlagen vermissen. Zukünftig sollten daher die Indikatoren der Bewertungswerkzeuge mit den theoretischen Grundlagen der Nachhaltigkeit in Einklang gebracht werden.

Auch das Drei-Säulen-Modell muss nicht zwangsläufig so aufgefasst werden, dass soziale, ökonomische und ökologische Belange in gleichem Maße bei einer Bewertung von Gebäuden vertreten sein müssen, solange deren Gewicht zur Erreichung des anzustrebenden Gesamtziels nicht geklärt ist.

- Systembereinigung innerhalb der derzeit verwendeten Ansätze

Neben einer klaren Bestimmung der relevanten Themenbereiche ist es für zukünftige Forschungstätigkeiten und für die Weiterentwicklung im Bereich der nachhaltigkeitsorientierten Gebäudebewertung dringend zu empfehlen, die einzelnen Systeme Baustoff / Bauteil / Gebäude klar voneinander abzugrenzen, um in der Folge getrennt voneinander eine ganzheitliche Analyse nach sozialen, ökonomischen und ökologi-

schen Aspekten durchzuführen und damit die Wissenschaftlichkeit der Untersuchung zu garantieren.

- Abgleichung der Bewertungssysteme mit Normen

Die Tatsache, dass Gebäudebewertungen in manchen Fällen eine Übererfüllung von bereits genormten Gebäudeeigenschaften (z. B. Schallschutz, Brandschutz, Öko- und Humanverträglichkeit von Bauprodukten) verlangen, zeigt dass aus Sicht der Kriteriensteller nachhaltigkeitsrelevante Aspekte in den betreffenden Normen nicht ausreichend berücksichtigt wird. Es kann daraus ein Forschungsbedarf abgeleitet werden, um zu klären, wo in einzelnen Normen der Bedarf einer Überarbeitung, besteht. Dann wäre eine Verbesserung der Norm (vgl. Sommerliche Überwärmung in Kapitel 5.3) die wissenschaftlich fundierte Lösung.

Für die Verbreitung der Gebäudebewertung wäre es überlegenswert, diese – ähnlich dem Energieausweis - im Rahmen z. B. einer OIB-Richtlinie zu normen, und damit auch den Zugang zur Zertifizierung zu erweitern.

- Forcierung einer nachhaltigkeitsorientierten Baupraxis

Der Erfolg der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ (und auch anderer Forschungsprojekte) ist entscheidend von der Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis abhängig. Dies erfordert freilich eine schlüssige und problemorientierte Vermittlung der Resultate an Baustoffhersteller und Bauausführende.

Einzelne Hersteller können z.B. anhand vorgegebener Musterprojekte das Gebäudebewertungssystem TQB anwenden und damit wichtige Einflussgrößen darlegen, sodass man sieht, in welcher Form sie mit ihren Produkten auf das Ergebnis Einfluss nehmen und erkennen, wo das „Nachhaltigkeitspotential“ ihrer Produkte liegt.

Aufbauend darauf können für Bauausführende zweckmäßige, an die NutzerInnen angepasste Ratgeber bzgl. einer nachhaltigkeitsoptimierten Planung und Verwendung von (massiven) Baustoffen und Bauteilen erstellt werden. Damit können die Anliegen, welche nachhaltigkeitsorientierte Bauweisen verfolgen, vermittelt werden, um so die Umstellung der Betriebe auf eine zukunftsfähige Führung der Unternehmen zu erleichtern.

Im Rahmen eines Workshops wurden im September 2010 von Beteiligten der Forschungsinitiative u.a. folgende Ideen für ein mögliches Folgeprojekt diskutiert.

- Vereinfachtes TQB-Modell als Grundlage für die Wohnbauförderung
- Transporttrucksäcke: Grundlagen zur Verbesserung der Datenlage
- Kreislaufwirtschaft: Weiterentwicklung von Ressourcenindikatoren
- Soziale Aspekte, insbesondere „Sicherheit“
- Servicierung von massiven Gebäuden, Anleitung für breite Anwendung von Lebenszykluskostenprognosen

Verzeichnisse

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die an der Forschungsinitiative beteiligten Institutionen und ihre Hauptaufgaben	12
Tabelle 2: Zuordnung der lebensdauerrelevanten Einflussfaktoren zu den Faktorklassen der ISO 15686.....	29
Tabelle 3: Definition der Lösbarkeit, Quelle: Schulter et al. 2009, S. 50.....	32
Tabelle 4: Voraussichtliche Lebensdauer der Stahlbeton-Außenwand mit WDVS unter Einbezug der Lösbarkeit, Quelle: Schulter et al. 2009, S. 62.....	34
Tabelle 5: Berechnung der Verfügbarkeit nach der in Abbildung 22 dargestellten Methode am Beispiel Aluminium, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 22	46
Tabelle 6: Berechnung der Rezyklierbarkeit nach der in Abbildung 23 dargestellten Methode am Beispiel Holz, Aluminium, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 22	47
Tabelle 7: Berechnung der Eigenversorgung nach der in Abbildung 24 dargestellten Methode am Beispiel Aluminium und Holz, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 24	48
Tabelle 8: Berechnung des Indikators Scale-Up für offene Systeme nach der in Abbildung 25 dargestellten Methode am Beispiel Aluminium, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 25.....	49
Tabelle 9: Berechnung des Indikators Scale-Up für geschlossene Systeme nach der in Abbildung 26 dargestellten Methode am Beispiel Holz, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 26	50
Tabelle 10: Ziele des Handlungsfeldes „Sicherung der menschlichen Existenz“ und ihr Zusammenhang mit dem nachhaltigen Bauen, Quelle: Tritthart et al. 2009, S. 22	54
Tabelle 11: Zehn Praxisrelevante Grundkriterien für sozial nachhaltige Gebäude, Quelle. Tritthart et al. 2009, S. 24, nach Greiff 2005.....	55
Tabelle 12: Wohnzufriedenheit in Österreich in Abhängigkeit von Rechtsverhältnis und Haushaltstyp, Czasny et al. 2006, S. 9	56
Tabelle 13: Prädiktoren der Wohnzufriedenheit, Quelle: Tritthart et al. 2009, S. 43.....	56
Tabelle 14: Darstellung der Lebenszyklusphasen eines Gebäudes und Zusammenfassung in Hauptphasen, Quelle: Tritthart et al. 2009, S. 56.	58
Tabelle 15: Matrix zur Systematisierung der sozialen Aspekte im Baubereich, Quelle: Tritthart et al. 2009, S. 59, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck	59
Tabelle 16: Struktur der Analyse bestehender Gebäudebewertungssysteme, Quelle: Stieldorf et. al 2009	62
Tabelle 17: Kategorien für die Klassifizierung der Kriterien nach Datenverfügbarkeit und Datenerhebungsaufwand, Quelle: Stieldorf et al. 2009, S. 31	64
Tabelle 18: Kategorien für die Bewertung nach Bewertungsgegenstand, Quelle: Stieldorf et al. 2009, S. 32	64
Tabelle 19: Thematische Gliederung des Kurzbewertungsverfahrens, Quelle: Stieldorf et al., S. 47 ..	65
Tabelle 20: Struktur der Lebenszykluskosten, Quelle: Floegl et al. 2010, S. 38.....	72
Tabelle 21: Eingabeparameter in das neu entwickelte Excel-Tool für den vereinfachten Nachweis der sommerlichen Überwärmung von Räumen, Quelle: Schöberl et al. 2009, S. 41.....	77
Tabelle 22: Randbedingungen des Simulationsmodells, Quelle: Stift et al. 2009, S. 15	81
Tabelle 23: Umsetzung der Vorschläge aus den inhaltlichen Teilprojekten im Rahmen der Weitentwicklung von TQB, Quelle: basierend auf Schneider et al. 2010, S. 130ff.	99

Tabelle 24: Struktur und Kriterienübersichten des Gebäudebewertungssystems TQB, Quelle: TQB-Kriterienkatalogs für Wohngebäude, Version 2.1, Oktober 2010	102
---	-----

7.4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Struktur und Organisation der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“, Grafik: Marlene Rieck.....	11
Abbildung 2: Übersicht über die drei Indikatoren, die vom OI3 erfasst werden, Quelle: Passer et al. 2008, S. 14	15
Abbildung 3: Kriterienraster für die Lebenszyklusanalyse, Quelle: Passer et al. 2008, S. 39	16
Abbildung 4: Vom bisherigen OI3 erfasste Umweltwirkungen bezogen auf den gesamten Lebenszyklus am Beispiel der Wohnhausanlage in Massivbauweise, Quelle: Passer et al. 2008, S. 44.....	17
Abbildung 5: Einflussfaktoren auf die technische Lebensdauer, Quelle: Zelger et al. 2009, S. 8 basierend auf Kalusche 2004	18
Abbildung 6: Angaben zu Nutzungsdauer bzw. Lebensdauer in den verschiedenen analysierten Quellen	20
Abbildung 7: Nutzungsdauern für tragende Bauteile, Quelle. Zelger et al. 2009, S. 124	21
Abbildung 8: Darstellung des maximalen Durchschnitts der Nutzungsdauer (Median) für unterschiedliche Baustoffe bzw. funktionale Einheiten, Quelle: Zelger, IBO	22
Abbildung 9: Beispiel Wohnhausanlage Utendorfsgasse: Ökokennzahlen und OI3-Punkte für das Gebäude in verschiedenen Varianten und Bilanzgrenzen, berücksichtigt wird nur die Errichtungsphase, d.h. die Herstellung der Baustoffe, Quelle: Lipp et al. 2009, S. 39, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck.....	25
Abbildung 10: Beispiel Wohnhausanlage Utendorfsgasse: Ökokennzahlen und OI3-Punkte für das Gebäude in verschiedenen Varianten und Bilanzgrenzen, berücksichtigt wird die Errichtungsphase (Herstellung der Baustoffe) sowie Erneuerungszyklen der Bauteile in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren, Quelle: Lipp et al. 2009, S. 41, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck	26
Abbildung 11: Übersicht über die lebensdauerrelevanten Einflussfaktoren, Quelle: Schuster et al. 2009, S. 43	29
Abbildung 12: Generelles Ablaufschema bei Anwendung des Alterungsmodells, Quelle: Schulter et al. 2009, S. 45.....	31
Abbildung 13: Schichtenmodell der Stahlbeton-Außenwand mit WDVS, Quelle: Schulter et al. 2009, S. 56	34
Abbildung 14: Transporte während des Lebenswegs eines Gebäudes, Quelle: Passer et al. 2009, S. 31	36
Abbildung 15: Dominanzanalyse für die verschiedenen Umweltwirkungskategorien am Beispiel eines 40-Tonnens, Quelle: Passer et al. 2009, S. 58.....	37
Abbildung 16: Übersicht über die projektrelevanten Transporteinflüsse, Quelle: Passer et al. 2009, S. 50	38
Abbildung 17: Auswahl einer geeigneten Datenbank für die ökologische Bewertung von Transportprozessen auf Basis definierter Kriterien, Quelle: Passer et al. 2009, S. 59.....	39

Abbildung 18: Struktur des im Rahmen des Transportmodells verwendeten Berechnungsalgorithmus, Quelle: Passer et al. 2009, S. 90, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck.....	41
Abbildung 19: Gegenüberstellung der transportbedingten Umweltwirkungen (Werkstor – Baustelle) der untersuchten Bauprodukte am Beispiel des Wirkungsindikators GWP, bezogen auf Tonnenkilometer, Quelle: Passer et al. 2009, S. 123.....	41
Abbildung 20: Auswirkungen der transportbedingten Umweltwirkungen (Werkstor – Baustelle) auf Bauprodukteebene, bezogen auf Tonne Bauprodukt; die herstellungsbedingten Umweltwirkungen werden dabei jeweils mit 100% festgelegt und die transportbedingten Umweltwirkungen jeweils als Erhöhungen dargestellt, Quelle: Passer et al. 2009, S. 126 .	43
Abbildung 21: Anteil der transportbedingten Umweltwirkungen an den herstellungsbedingten Umweltwirkungen am Beispiel des in Stahlbetonbauweise errichteten Referenzgebäudes Utendorfgasse, Quelle: Passer et al. 2009, S. 127.....	43
Abbildung 22: Indikator Verfügbarkeit, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 21	45
Abbildung 23: Indikator Rezyklierbarkeit, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 23	46
Abbildung 24: Indikator Eigenversorgung, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 24.....	47
Abbildung 25: Indikator Scale-Up für offene Systeme, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 25.....	48
Abbildung 26: Indikator Scale-Up für geschlossene Systeme, Quelle: Rechberger et al. 2009, S. 26.....	49
Abbildung 27: Strategien und methodische Ansätze zur Integration sozialer Aspekte in die Gebäudebewertung, Quelle: Tritthart et al. 2009, S. 17, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck.....	53
Abbildung 28: Kriterienset zur nachhaltigkeitsorientierten Kurzbewertung von Bestandsgebäuden mit Wohnnutzung, Quelle: Stieldorf et al. 2009, S.59, grafisch überarbeitet durch Marlene Rieck.....	66
Abbildung 29: Übersicht über die erste Ebene der Kostenstrukturen nach ÖNORM B 1801-1 und ÖNORM B Entwicklung des Lebenszykluskostenmodells	70
Abbildung 30: Die Kostengruppen erster Ordnung des Lebenszykluskostenmodells, Quelle: Floegl et al. 2010, S. 23.....	71
Abbildung 31: Barwert der jährlichen Zuwächse der Lebenszykluskosten, bezogen auf die Errichtungskosten, Beispiel Variante 1, Quelle: Floegl et al. 2010, S. 47	73
Abbildung 32: Verbrauchskosten der beiden Varianten im Vergleich (links Variante 2, rechts Variante 1), Quelle: Floegl et al. 2010, S. 54	74
Abbildung 33: Vergleich der simulierten und gemessenen Raumtemperaturen, Quelle: Schöberl et al. 2009, S. 24.....	76
Abbildung 34: Vergleich der Stufenantworten des beispielhaft gewählten Raumes in Abhängigkeit der verschiedenen Bauweisen (Leicht-, Ziegel- und Stahlbetonbau) und der inneren Lasten (Büro- und Wohnraum) mit Außenverschattung und Nachtlüftung. Blaue Kurve: Außentemperatur. Rote Kurve: Raumtemperatur, Quelle: Schöberl et al. 2009, S. 48	78
Abbildung 35: Vergleich der Stufenantworten des beispielhaft gewählten Raumes in Abhängigkeit der verschiedenen Bauweisen (Leicht-, Ziegel- und Stahlbetonbau) und der inneren Lasten (Büro- und Wohnraum) ohne Außenverschattung und ohne Nachtlüftung. Blaue Kurve: Außentemperatur. Rote Kurve: Raumtemperatur, Quelle: Schöberl et al. 2009, S. 51	79
Abbildung 36: Untersuchte Variationen der Gebäudeparameter, Quelle: Stift et al. 2009, S. 14	80
Abbildung 37: Untersuchte Variationen der Energieverteilsysteme, Quelle: Stift et al. 2009, S. 14.....	81

Abbildung 38: Vergleich der maximalen flächenspezifischen Heiz- und Kühllasten, Quelle: Stift et al. 2009, S. 20.....	82
Abbildung 39: Vergleich der Kühlleistungen, Quelle: Stift et al. 2009, S. 21	82
Abbildung 40: Der Einfluss der Speichermasse auf Temperatur und Komfort, Quelle: Hofer et al. 2009, S. 14	84
Abbildung 41: Thermische Behaglichkeit als Funktion der mittleren Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen und der Raumlufttemperatur, Quelle: Hofer et al. 2009, S. 31, basierend auf Frank 1975	85
Abbildung 42: Möglichkeiten für die Anordnung von Lüftungsverteilungen bei einer massiven Decke, Quelle: Hofer et al. 2009, S. 62.....	88
Abbildung 43: Verteilung der Katastrophenarten, Quelle: Mayr et al. 2009, S. 16	93
Abbildung 44: Verteilung der Schadenssummen je Katastrophenart, Quelle: Mayr et al. 2009, S. 16.....	93
Abbildung 45: Verteilung der Schadenssummen je Bauweise.....	94
Abbildung 46: Verteilung der Schadenssummen je Bauteil, Quelle: Mayr et al. 2009, S. 18	95
Abbildung 47: Bewertungsmatrix zur Abschätzung der typischen Schadenshöhe im Katastrophenfall, Quelle: Mayr et al. 2009, S. 47.....	95
Abbildung 48: Vergleich der Hauptkriteriengruppen der Bewertungssysteme TQB und klima:aktiv, Quelle: ÖGNB.....	98

7.5 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

7.6 Literaturverzeichnis

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2001): Leitfaden Nachhaltiges Bauen, im Auftrag des Deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

Czasny Karl et al. (2006): Wohnzufriedenheit im heimischen Wohnungswesen, Artikel für das Jahrbuch 2006 des Vereins für Wohnbauförderung

Deutscher Bundestag (26.06.1998): Abschlussbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“; Konzept Nachhaltigkeit – Vom Leitbild zur Umsetzung

Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung

Greiff Rainer (2005): Soziale Indikatoren des nachhaltigen Bauens, Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2005

Kalusche Wolfdietrich (2004): Technische Lebensdauer von Bauteilen und wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes, Lehrstuhl für Planungs- und Bauökonomie, Brandenburgische Technische Universität Cottbus

Kanatschnig Dietmar et al. (2003): Reporting about Sustainability – In 7 Schritten zum Nachhaltigkeitsbericht, im Auftrag von Lebensministerium, WKO, IV, ABCSD und BMWA, im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften – Programmlinie Fabrik der Zukunft (siehe http://www.fabrikderzukunft.at/fdz_pdf/leitfaden_sustainability_reporting_deutsch.pdf, 24.11.2010)

Kopfmüller Jürgen et al. (2001): Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet: Konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren, Edition Sigma

Rat der Europäischen Union (09.06.2006): Überprüfung der EU-Strategie für nachhaltige Entwicklung – Die neue Strategie für nachhaltige Entwicklung

Statistik Austria (2007): Gebäude und Wohnung 2001 (Gebäude- und Wohnungszählung) nach Eigentümer, Eigentümerin des Gebäudes und Gebäudeart

7.7 Normenverzeichnis

ISO 15686-1 (Ausgabedatum 2000-09): Hochbau und Bauwerke - Planung der Lebensdauer – Teil 1: Allgemeine Grundlagen

ISO 15686-8 (Ausgabedatum 2008-06): Hochbau und Bauwerke - Planung der Lebensdauer – Teil 8: Referenznutzungsdauer und Bestimmung der Nutzungsdauer

ÖNORM B 1801-1 (Ausgabedatum 2009-06-01): Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objekterrichtung

ÖNORM B 1801-2 (Ausgabedatum 1997-06-01): Kosten im Hoch- und Tiefbau - Objektdaten – Objektnutzung

ÖNORM B 2251 (Ausgabedatum 2006-08-01): Abbrucharbeiten - Werkvertragsnorm

ÖNORM B 8110-3 (Ausgabedatum 1999-12-01): Wärmeschutz im Hochbau - Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse

ÖNORM EN ISO 13791 (Ausgabedatum 2005-03-01): Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik - Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren

ÖNORM EN ISO 13792 (Ausgabedatum 2005-06-01): Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik - Vereinfachtes Berechnungsverfahren

ÖNORM EN ISO 14001 (Ausgabedatum 2009-08-15): Umweltmanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung

ÖNORM EN ISO 14020 (Ausgabedatum 2002-04-01): Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Allgemeine Grundsätze

ÖNORM EN ISO 14040 (Ausgabedatum 2009-11-01): Umweltmanagement – Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (Ersatz für ISO 14040:2006-10)

ÖNORM EN ISO 14044 (Ausgabedatum 2006-10-01): Umweltmanagement – Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen

ÖNORM EN 16001 (Ausgabedatum 2009-08-01): Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung

ISO 50001 (Ausgabedatum 2010-03-26 - Draft International Standard): Energy management systems -- Requirements with guidance for use

IMPRESSUM

Verfasser

Österreichische Gesellschaft für Umwelt und
Technik ÖGUT

Hollandstraße 10/46, 1020 Wien

Tel +43.1.315 63 93

Fax +43.1.315 63 93-22

Email office@oegut.at

Web www.oegut.at

AutorInnen

Susanne Supper - ÖGUT

Johannes Fechner - 17&4

Organisationsberatung GmbH

Auftraggeber

Fachverband der Stein- und keramischen

Industrie Österreich

Carl Hennrich und Roland Zipfel

(Leitung der Forschungsinitiative

„Nachhaltigkeit massiv“)

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22

1060 Wien

office@klimafonds.gv.at

www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige
Verantwortung für den Inhalt dieses
Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise
die Meinung des Klima- und Energiefonds
wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die
Weiternutzung der hier enthaltenen
Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH