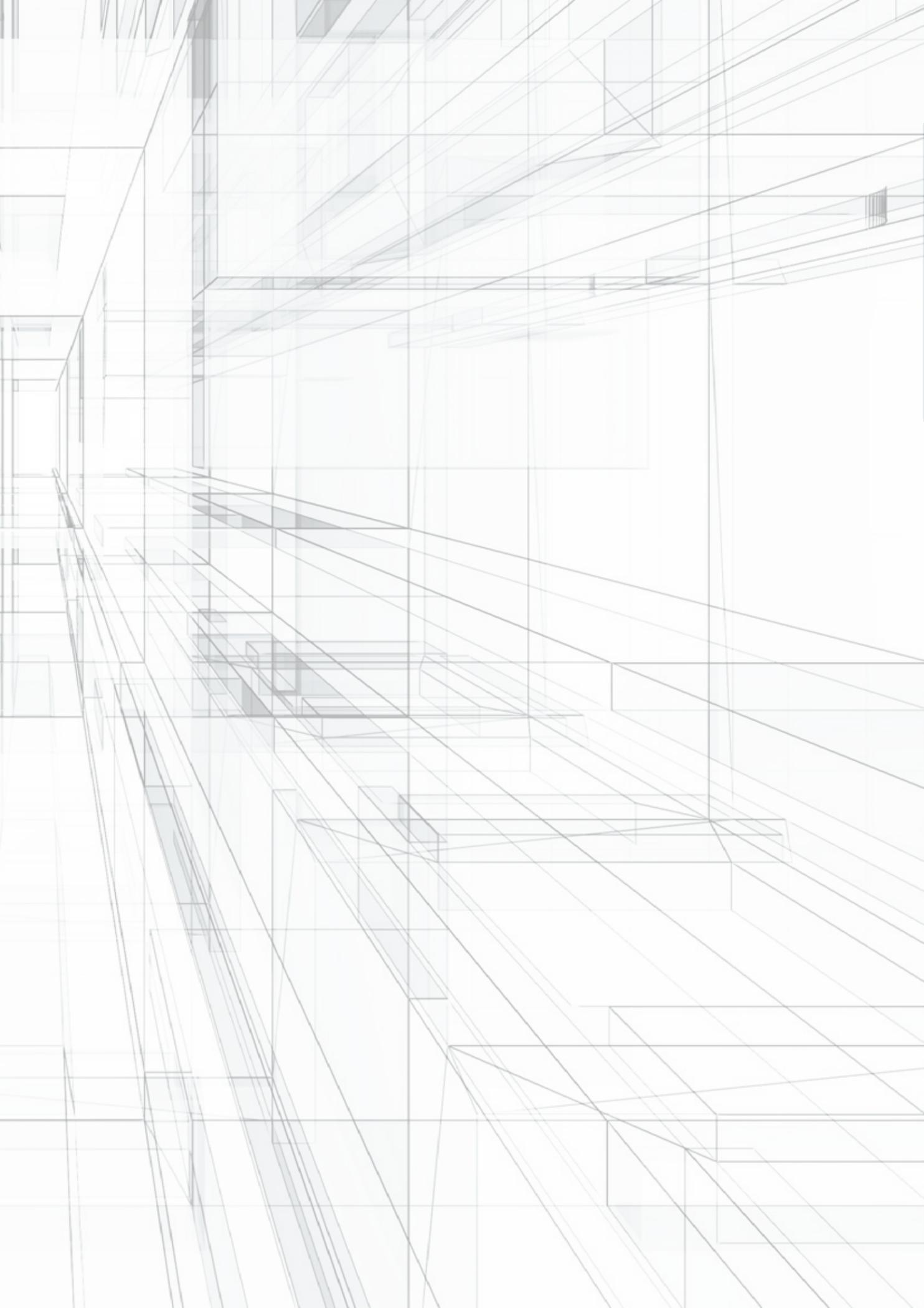


FORSCHUNGSINITIATIVE ZUKUNFTSSICHERES BAUEN

INHALTE – ERGEBNISSE – UMSETZUNG
BILANZ DER ZWEITEN UMSETZUNGSPHASE



Als Bundesminister für Verkehr, Innovation und Technologie ist mir die Schaffung und Verbreiterung der technologischen Basis für die Gebäude der Zukunft ein wichtiges Anliegen. Mein Ressort fördert im Rahmen von „Stadt der Zukunft“ durch Forschung und Entwicklung innovative und nachhaltige Konzepte im Bereich Neubau und Sanierung von Gebäuden. Dadurch ist die wissenschaftliche Kompetenz in diesem Fachbereich in Österreich stark gestiegen. Österreichische Betriebe konnten die zum Teil weltweite Technologieführerschaft im Bereich nachhaltiges Bauen ausbauen und sind an zahlreichen internationalen Vorhaben beteiligt. Neue Produktionstechnologien führen auch zu Kostenreduktion und Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit heimischer Unternehmen.

Zum Ausbau der Kompetenzen und der wissenschaftlichen Basis im Bereich nachhaltiger Massivbau unterstützt das Technologieministerium auch die Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie. Auf Klimaschutz, Energieeffizienz und nachhaltigen Ressourceneinsatz war der Fokus der zweiten Phase der Forschungsinitiative gerichtet. Die in diesem Synthesebericht vorgestellten Projekte 2015–2018 von „Zukunftssicheres Bauen“ sind eine hervorragende Basis für Umsetzungsaktivitäten in der Baubranche. Nachhaltige, klimaschonende Bauprodukte und Bauweisen sind ein unverzichtbarer Beitrag zur österreichischen Klimastrategie im Bereich Neubau und Sanierung.

Die Stein- und keramische Industrie setzt damit einen weiteren Baustein für zukünftige Gebäudekonzepte. Der Gebäudebereich wird mit Sicherheit als wesentlicher Faktor im Bereich Energienutzung und CO₂-Einsparung noch mehr an Bedeutung gewinnen. Insofern liegt mir die Ergebnisumsetzung besonders am Herzen, damit der praktische Nutzen der Erkenntnisse maximiert wird und es in der Anwendung zum Einsatz der jeweils bestmöglichen Technologie in Kombination mit den bestgeeignetsten Baumaterialien zum Wohle unserer und der nächsten Generationen kommt.

NORBERT HOFER

Bundesminister für Verkehr, Innovation und Technologie



In der zweiten Phase unserer Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ wurden in den letzten drei Jahren vier größere F&E Projekte durchgeführt und abgeschlossen. Die Projekte „Massivbauherstellung – Impulsgeber für Regionen“, „Analyse aktueller Studien der Forstwirtschaft“, „Biodiversity Impact Assessment“ und „Nachweisführung mit dynamischer Gebäudesimulation“ setzten sich dabei inhaltlich mit den Themen Klimaschutz, Artenschutz und Ressourceneffizienz auseinander.

Auch mit der Unterstützung des Projektes „Netzflexibler Wohnbau als Energiespeicher für Windstromspitzenlasten im öffentlichen Stromnetz“ zeigt der Fachverband einmal mehr, wie wichtig zukunftssichere und nachhaltige Lösungen für den Gebäudebereich sind. Das Projekt soll die Leistungsfähigkeit der thermischen Bauteilaktivierung (TBA) zur Speicherung von erneuerbarer Überschussenergie aus Windstrom im geförderten Wohnbau aufzeigen. Der Baubeginn der Wohnhausanlage Wolfsbrunn im niederösterreichischen Sommerein erfolgte erst kürzlich, sodass es noch einige Zeit dauern wird, bis Ergebnisse aus dem Praxisbetrieb vorliegen werden.

Wie schon beim Vorläuferprojekt „Nachhaltigkeit Massiv“ und Phase eins der gegenständlichen Forschungsinitiative lag die wissenschaftliche Projektbegleitung in den bewährten Händen der Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT). Wir bedanken uns an dieser Stelle ausdrücklich beim BMVIT für die Co-Finanzierung der Projektbegleitkosten und für die Unterstützung bei der Dissemination der Ergebnisse. Dank gilt auch der „klimaaktiv“ Initiative für die Unterstützung in allen Fragen des nachhaltigen Bauens aber auch bei den durchgeführten Forschungsprojekten. In Anerkennung seiner Verdienste um die Nachhaltigkeit des massiven Bauens und seiner Kompetenz im Klimaschutz wurde dem Fachverband 2017 die klimaaktiv Partnerschaft verliehen.

Mit den Ergebnissen aus der zweiten Phase der Forschungsinitiative und in Fortführung der laufenden Projekte möchte der Fachverband Steine-Keramik seinen Beitrag zu nachhaltigeren, zukunftsfähigeren Bauweisen und zur Weiterentwicklung des Bauwesens insgesamt leisten und die Wichtigkeit des Themas für die nächsten Generationen unterstreichen.

Mit einem herzlichen Glück Auf!

ANDREAS PFEILER

Geschäftsführer, Fachverband der Stein und keramischen Industrie



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

MONIKA AUER

Generalsekretärin, ÖGUT

INHALTSVERZEICHNIS

EXECUTIVE SUMMARY	7
FORSCHUNGSINITIATIVE „ZUKUNFTSSICHERES BAUEN“	10
ÖSTERREICHISCHE MASSIVBAUSTOFFHERSTELLUNG – IMPULSGEBER FÜR REGIONEN	13
Projektergebnisse auf einen Blick	13
Einleitung	13
Inhaltliche Darstellung	14
NACHWEISFÜHRUNG MIT DYNAMISCHER GEBÄUDESIMULATION IN BAUBEHÖRDLICHEN WÄRMESCHUTZNACHWEISEN UND ENERGIEAUSWEISBERECHNUNGEN	17
Projektergebnisse auf einen Blick	17
Einleitung	18
Inhaltliche Darstellung	18
ANALYSE AKTUELLER STUDIEN DER FORSTWIRTSCHAFT	21
Projektergebnisse auf einen Blick	21
Einleitung	22
Inhaltliche Darstellung	22
BIODIVERSITY IMPACT ASSESSMENT – TEIL 1: SONDIERUNG MÖGLICHER BAUSTOFFSPEZIFISCHER CHARAKTERISTIKA	26
Projektergebnisse auf einen Blick	26
Einleitung	26
Inhaltliche Darstellung	27
AUSBLICK	35
VERZEICHNISSE	36
TABELLENVERZEICHNIS	36
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	36
LITERATURVERZEICHNIS	37

EXECUTIVE SUMMARY

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

ZIELSETZUNG UND INVOLVIERTE FORSCHUNGSPARTNER

Die Initiative verfolgt das übergeordnete Ziel, ganzheitliche Aspekte zukunftsicheren Bauens zu untersuchen, die dazu dienen, technologische Weiterentwicklungen von Produkten und Dienstleistungen der Unternehmen der Stein- und keramischen Industrie zu initiieren und zu fördern. Folgende Forschungspartner sind bzw. waren im Rahmen dieser Initiative seit 2013 eingebunden:

1. Die TU Graz beleuchtete zusätzliche Ökoindikatoren zur Bewertung der Umweltwirkung von Bauprodukten.
2. Das Institut für Industrielle Ökologie nahm die Klimarelevanz von Baustoffen unter die Lupe.
3. Zum Thema der Beständigkeit und Lebensdauer von Wohngebäuden verschiedener Bau- epochen wurde die TU Wien in Kooperation mit dem OFI beauftragt.
4. Das Institute of Building Research & Innovation (IBR&I) verfasste eine Metastudie betref- fend 26 wissenschaftlicher Arbeiten, in denen der Zusammenhang von Kostenoptimalität und Nachhaltigkeit beim Wohnungsneubau untersucht wurde.
5. STUDIA beleuchtete das Thema der Regional- ität von massiven Baustoffen, das über die Länge der Transportwege Auswirkungen auf die Ökobilanz hat und gleichzeitig durch den Effekt auf regionale Wertschöpfung und Arbeitsplätze auch hinsichtlich der ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit relevant ist.
6. Das IBR&I und Dr. Kreč Büro für Bauphysik analysierten und testeten dynamische Gebäudesimulationsprogramme auf ihre Anwendbarkeit in den baubehördlichen Wärmeschutznachweisen bzw. Energieaus- weisberechnungen.
7. Der Frage der Klimarelevanz von Baustoffen ging das IBR&I anhand der Analyse von vier relevanten Studien zum Thema der Umwelt- relevanz österreichischer Holzproduktion und Nutzung nach.
8. Im Rahmen des Projekts „Biodiversity Impact Assessment“ untersuchte das IBR&I zahl- reiche Methoden und Kenngrößen mit dem Ziel, ein Instrument zu konzipieren, das eine quantitative und vergleichende Abschätzung von Folgewirkungen von Baumaterialien – mit dem Fokus Gebäudeerrichtung – auf den Biodiversitätsverlust ermöglicht.
9. Die TU Graz testet in einem EU-Projekt gemeinsam mit den belgischen Partnern VITO und KU Leuven die Anwendbarkeit des „Product Environmental Footprint“ (PEF) auf (Dienstleistungs-)Gebäude und führt im Zug der Forschungsinitiative eine vertiefende Case Study in Österreich durch (PEF4buildings).
10. Unterstützt werden im Projekt „Netzflexibler Wohnbau Sommerrein“ Planung und Errich- tung des Wohnparks Wolfsbrunn in Som- merrein, wo Überschuss-Strom aus einem benachbarten Windpark der EVN zum Heizen und Kühlen der bauteilaktivierten Gebäude genutzt werden soll; das Demonstrations- projekt wird vom Bauträger Südraum gemeinsam mit AW Architekten und FIN – Future is Now umgesetzt.
11. Die ÖGUT ist mit der wissenschaftlichen und koordinativen Begleitung der Initiative und dem Ergebnistransfer beauftragt.

ERKENNTNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE BAUPRAXIS

Die Ergebnisse der Projekte 1 bis 4 sind in der Bilanz-Broschüre „Forschungsinitiative Zukunftssicheres Bauen“ (2015) dargestellt. Im Folgenden werden die Ergebnisse und Forschungsarbeiten seit Mitte 2015 näher beleuchtet, Ergebnisse in Form von Berichten liegen insbesondere zu den Projekten 5 bis 8 vor:

- ad 5) Das Studienzentrum für internationale Analysen (STUDIA) hat mit der Studie „Österreichische Massivbaustoffherstellung“ über Datenanalysen, Interviews und eine Stoffflussanalyse, die regional- und strukturpolitische Bedeutung der Herstellung massiver Baustoffe untersucht. Über direkte Effekte, Vorleistungen, Investitionen und über den Haushaltskreislauf ist die Massivbaustoffherstellung wesentlicher Impulsgeber in Österreichs Regionen und auch für andere Branchen.
- ad 6) Das IBR&I und Dr. Kreč Büro für Bauphysik gingen bzw. gehen seit 2015 in mehreren Projekten der Frage nach, ob dynamische Simulationsprogramme für die Nachweissführung von baubehördlichen Wärmeschutz-nachweisen bzw. Energieausweisberechnungen geeignet sind und haben in diesem Zusammenhang umfassende Berechnungen und Analysen angestellt und aufbereitet.
- ad 7) Das IBR&I hat vier wissenschaftliche Studien zur Holznutzung vergleichend analysiert. Drei der Studien zielen darauf ab, Grundlagen für die Aufnahme der Waldbewirtschaftung in die nationale Treibhausgasbilanz bereitzustellen. Dabei sind Abweichungen des Kohlenstoffpools – sowohl des Waldes als auch der Holzprodukte – gegenüber einem Referenzwert 2020 zu berechnen. Alle Studien greifen auf dieselben fünf Szenarien zur zeitlichen Entwicklung der

Holzaufbringung aus österreichischem Wald 2010 bis 2100 zurück. In allen Studien weist das „Naturschutzszenario“ das größte CO_{2eq}-Emissionsvermeidungspotential auf. In allen Szenarien übertrifft der CO₂-Emissionsreduktionseffekt der energetischen Holznutzung und im „Naturschutzszenario“ auch der des Kohlenstoffaufbaus im Wald die CO₂-Emissionsreduktionseffekte aller anderen Nutzungsarten um Größenordnungen.

- ad 8) Ziel dieses Projekts des IBR&I ist es, ein Instrument zu konzipieren, das eine grundlegende quantitative und vergleichende Abschätzung der Folgewirkungen des Einsatzes unterschiedlicher Baumaterialien in der Errichtung von Gebäuden auf den Biodiversitätsverlust ermöglicht. Baumaterialspezifische Charakteristika sollen dabei bezugnehmend auf die lokale Betrachtungsebene identifiziert und beschrieben werden. In einem ersten Schritt wurden biologisch, naturwissenschaftlich fundierte Methoden und Kenngrößen sowie eine Auswahl an Modellen der Lebenszyklusanalytik mit Aspekten zur Biodiversität auf deren Eignung für die Entwicklung eines Biodiversity Impact Assessment für Baustoffe untersucht.
- ad 9) Die Universität KU Leuven erarbeitet derzeit gemeinsam mit dem belgischen Forschungsinstitut vito und der TU Graz im Auftrag der Europäischen Kommission im Projekt „PEF4Buildings“ erste Ansätze zur Bewertung von Bürogebäuden mit der PEF-Methode (Product Environmental Footprint) und Vorschläge zur Festlegung von Benchmarks oder Leistungsklassen. Ergänzend dazu hat der Fachverband Steine-Keramik eine nationale Studie beauftragt: Im direkten Vergleich mit anderen Methoden zur Nachhaltigkeitsbewertung sollen die Vor- und Nachteile der PEF-Methode sowie spezifische Unterschiede in Hinblick auf die beschriebenen Bauprodukte sowie auf die

Anwendung auf unterschiedliche Gebäudekonzepte und Typologien aufgezeigt werden. Dabei wird die Betrachtung der PEF-Methode von der Ebene der Bauprodukte auf die Gebäude-Ebene ausgeweitet. Verglichen werden ein Bürogebäude aus Belgien in herkömmlicher Bauweise und das Bürogebäude 2226 in Lustenau mit einem passiven Gebäudekonzept.

- ad 10) In der Gemeinde Sommerrein errichtet der Bauträger Südraum ab Frühjahr 2018 den von AW Architekten geplanten Wohnpark Wolfsbrunn, bestehend aus einem Mehrfamilienhaus für betreutes Wohnen und 14 Reihenhäusern. Mit dem Forschungsprojekt werden Planung und Umsetzung der Bauteilaktivierung gefördert, die die netzseitig erzeugte Umweltenergie mittels Wärmepumpe aktiv thermisch speichern soll. In der Nähe der Wohnhausanlage liegt ein Windpark der EVN; Ziel ist es, über Windfreischaltung Überschuss-Windstrom mittels Bauteilaktivierung zu nutzen. Projektbestandteil sind auch Einbau der Monitoring-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie die Auswertung und Analyse der Monitoringdaten über zwei Jahre.

Das Projekt 9 befindet sich bei Drucklegung dieses Berichts (Juni 2018) im Abschluss; es liegen noch keine endgültigen Ergebnisse vor. Das Projekt 10 befindet sich erst in der Bauphase. Zukünftige Berichte werden nach Approbation bei der Beschreibung der Forschungsinitiative auf der „Stadt der Zukunft“-Website ergänzt (<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/fti-initiative-zukunftssicheres-bauen-2015-2017.php>). Insgesamt betreffen die Projekte sehr unterschiedliche Schwerpunkte mit verschiedenen Zielen und unterschiedlichen Methoden. Die Meta-Analyse vorliegender Studien, ein neuer Blick auf vorliegende Berechnungsprogramme, die Auswertung von Daten aus einem anderen Gesichtspunkt tragen jedoch insgesamt zu einem

Erkenntnisgewinn bei und zeigen, dass es wichtig ist, die Nachhaltigkeit von Baustoffen und -prozessen kritisch zu reflektieren. Aus einer gesamthafte Sicht erscheint es angebracht, das Methodenset zur Bewertung der Einflüsse von Gebäuden auf die Umwelt an neue Erkenntnisse und Einsichten anzupassen.

AUSBLICK UND FOLGEPROJEKTE

Die gesellschaftliche und politische Diskussion wird durch die wissenschaftlichen Ergebnisse auf eine vergleichende Ebene gebracht und kann im Dialog zwischen Wissenschaft und Bauwirtschaft weitergeführt werden. Die Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie hat zur kritischen Reflexion sowie zur umfassenden Publikation und Dissemination der Ergebnisse der Forschungsinitiative beigetragen und die Berücksichtigung im Rahmen aktueller Forschungs- und Förderprogramme im Baubereich unterstützt.

In der kommenden Forschungsphase wird das Thema Ökoindikatoren verstärkt auch mit internationaler Beteiligung untersucht, da die EU hier wesentliche Vorgaben definiert, die auf nationaler Ebene umzusetzen sind. Hierzu wird aus österreichischer Sicht das Vorhaben der Anwendung des „Product Environmental Footprint“ (PEF) auf die Bewertung zweier österreichischer Dienstleistungsgebäude der TU Graz wichtige Erkenntnisse liefern.

Mineralische Baustoffe können nicht zuletzt durch ihre hohe Speichermasse zu mehr Energie- und Ressourceneffizienz von Gebäuden beitragen. Das Thema der Energieflexibilität von Gebäuden wird im bauteilaktivierten und energetisch mit einem Windpark gekoppelten Wohnpark in Sommerrein in Niederösterreich durch die Forschungsinitiative unterstützt und mitgetragen.

Ziel der Forschungsinitiative insgesamt ist, dass in zukünftigen Regelwerken und Indikatoren die Vorteile massiver Baustoffe entsprechend abgebildet werden.

FORSCHUNGSINITIATIVE ZUKUNFTSSICHERES BAUEN

HINTERGRUND UND ZIELE DER FORSCHUNGSINITIATIVE

Die Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie will Anstöße zur Weiterentwicklung im Gebäudebereich, insbesondere zur Verbesserung der Nachhaltigkeit im Bauwesen geben. Dabei stehen Beiträge des Massivbaus zu Energie- und Ressourceneffizienz und zur Verringerung des CO₂-Ausstoßes von Gebäuden im Vordergrund. Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit von Gebäuden sind aber auch Kosteneffizienz sowie Langlebigkeit, Wertbeständigkeit und Katastrophensicherheit wichtige Themen ebenso wie der Einfluss der Produktion und des Einsatzes von Baustoffen auf die Biodiversität. Die Projektergebnisse sollen Grundlagen für mögliche Brancheninitiativen liefern, von denen weitere Impulse für die Zukunftsfähigkeit der Baubranche ausgehen können.

Lösungsansätze aus dem Bereich der Grundlagenforschung sollen für die Praxis anwendbar und ökonomisch umsetzbar gemacht werden, damit darauf aufbauend die österreichische Bauwirtschaft, insbesondere Bauprodukte-Erzeuger, bei der Bewältigung aktueller Herausforderungen unterstützt werden und nachhaltige Baustoffe auf mineralischer Basis weiterentwickelt werden können. Die Forschungsprojekte zielen auch auf die Entwicklung nachhaltiger Regelwerke, Normen und Fördersysteme.

Inhaltlich knüpft „Zukunftssicheres Bauen“ an die erfolgreiche Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“ des Fachverbands Steine-Keramik an, die in den Jahren 2008 bis 2010 im Programm „ENERGIE DER ZUKUNFT“ aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und von der ÖGUT wissenschaftlich begleitet wurde.

Das übergeordnete Ziel der Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ lautet:

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

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

AUFBAU DER ERSTEN FORSCHUNGSPHASE

Den Rahmen für die Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“ bilden die sich ändernden Anforderungen an Baustoffe und Gebäude seitens Klimaschutz sowie Energie- und Ressourceneffizienz. Neue Gebäudekonzepte, Materialien und Prozessinnovationen führen dazu, dass Baustoffe und Bausysteme ständig weiterentwickelt werden müssen. Der Brückenschlag zwischen Baupraxis und wissenschaftlichen Erkenntnissen ermöglicht einen Beitrag zur nachhaltigen Gebäudeentwicklung und Gebäudebewertung. Einen Überblick über Struktur und Organisation der Initiative „Zukunftssicheres Bauen“ gibt Abbildung 1.



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

Der Fachverband vertritt die Interessen aller Unternehmen der Stein- und keramischen Industrie. Daher werden im Rahmen der Initiative vor allem Projekte der Grundlagenforschung gefördert: Indikatoren, Modelle und Bilanzierungsmethoden, die einen Beitrag zur Weiterentwicklung und Positionierung der mineralischen Baustoffe leisten können, stehen im Fokus. Weiters werden bereits vorliegende Studien und Projektergebnisse im Rahmen der Initiative untersucht und in Metaanalysen ausgewertet.

Der Zusammenhang zu Forschungsprojekten im Rahmen nationaler und internationaler Programme wird analysiert und hergestellt, Ergebnisse werden in die Initiative einbezogen sowie mit den Ergebnissen der Projekte der Initiative verknüpft, die wiederum der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden.

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

ÖSTERREICHISCHE MASSIVBAUSTOFFHERSTELLUNG – IMPULSGEBER FÜR REGIONEN

Projektbeteiligte: Dipl.-Math. Wolfgang E. Baaske,
Sandra Kranzl (Studienzentrum für internationale Analysen STUDIA, Schlierbach)

Die Forschungsinitiative wurde im Interesse aller Unternehmen der Stein- und keramischen Industrie vom Fachverband initiiert und wird von diesem geleitet. Die ÖGUT ist aufgrund ihrer langjährigen Erfahrung im Forschungs- und Technologiebereich mit der wissenschaftlichen Begleitung und dem Projektmanagement für die Initiative betraut. Die nachfolgenden Tabellen geben einen Überblick über die Forschungsprojekte der Phasen 1 und 2 der Forschungsinitiative Zukunftssicheres Bauen.

Tabelle 1: Institutionen und Projekte der Phase 2, seit Mitte 2015 (teils noch laufend)

INSTITUTIONEN	PROJEKTE
STUDIA	„Regionalität von Baustoffen“
IBR&I – Institute of Building Research & Innovation	„Analyse aktueller Studien der Forstwirtschaft“ „Biodiversity Impact Assessment“
IBR&I – Institute of Building Research & Innovation und Büro Dr. Kreč	„Vorbereitung der Nachweisführung mit dynamischer Gebäudesimulation in den baubehördlichen Wärmeschutznachweisen bzw. Energieausweisberechnungen“
TU Graz, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener Technischer Versuchs- und Forschungsanstalt	„PEF4buildings“ - nationaler Stakeholderworkshop und Case Study
Südraum mit AW Architekten und FIN – Future is Now	Unterstützung von Planung und Erreichung des Wohnparks Wolfsbrunn in Sommerrein: Demonstrationsprojekt zur Energieflexibilität von Gebäuden

Tabelle 2: Institutionen und Projekte der Phase 1 (abgeschlossen)

INSTITUTIONEN	PROJEKTE
TU Graz, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener Technischer Versuchs- und Forschungsanstalt	„Ökoindikatoren“
IIÖ – Institut für industrielle Ökologie	„CO ₂ -Bilanzierung“
OFI – Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik	„Wohngebäudezustand“
TU Wien – Institut für Hochbau und Technologie, Hochbaukonstruktion und Bauwerkserhaltung	
BTI – Bautechnisches Institut, Versuchs- und Forschungsanstalt für Baustoffe und Baukonstruktionen	„Katastrophensicherheit“
IBR&I – Institute of Building Research & Innovation	„Meta-Analyse“

Nachfolgend sind Projektergebnisse der zweiten Phase der Forschungsinitiative von Mitte 2015 bis Juni 2018 näher beschrieben. Die Ergebnisse der Phase 1 wurden in einer eigenen Broschüre bereits im Jahr 2015 veröffentlicht. Detailergebnisse aller Projekte der Phasen 1 und 2 wurden und werden im Rahmen der Berichte der Forschungspartner veröffentlicht und auf der Website von BAU!MASSIV! sowie auf der Plattform Nachhaltig Wirtschaften des bmvit online gestellt.

PROJEKTERGEBNISSE AUF EINEN BLICK

- Die Hersteller von Massivbaustoffen sind ein wichtiger Arbeitgeber im ländlichen Raum. Während in den Städten 3 von 10.000 Beschäftigten in der Massivbaustoffherstellung tätig sind, sind es in intermediären Regionen 25 und im ländlichen Raum 30.
- Österreichische Massivbaustoffe der 5 untersuchten Branchen (Ziegel, Zement, Beton und Fertigteile, Putz-Mörtel und Transportbeton) werden von 223 Unternehmen an rund 400 Werkstandorten hergestellt. Die mehrheitlich als Kleinunternehmen mit weniger als 50 MitarbeiterInnen geführten Unternehmen sind großteils in österreichischem Eigentum und beschäftigen mehr als 8.750 Personen.
- Die Stoffstromanalyse zeigt einen kurzen Transportweg der summierten Inputs (sämtliche Einsatzstoffe) und Outputs (sämtliche Produkte) von durchschnittlich 84 km, gewichtet nach bewegten Massen und unter Berücksichtigung der Verflechtungen der Zulieferung. Der durchschnittliche Transportweg der fertigen Produkte vom Werk zum Kunden beträgt 35 km.
- Die direkte Wertschöpfung aus Kapital und Arbeit liegt bei 511 Mio. Euro. Als materialintensive Branche beansprucht die Massivbaustoffherstellung viele Vorleistungen und erzielt viele Wertschöpfungseffekte indirekt: Im Jahr 2014 hat die Massivbaustoffherstellung österreichische Wertschöpfung in der Höhe von 2,02 Mrd. Euro hervorgerufen.
- Die Massivbaustoffhersteller der 5 oben genannten Branchen erzielen einen Gesamtbeschäftigungseffekt von 30.167 Vollzeitäquivalenten. Das entspricht, berücksichtigt man die unterschiedlichen Teilzeitanteile in den Branchen, 33.890 Gesamtbeschäftigungen, sowohl in der Massivbaustoffherstellung selbst, als auch über ausgelöste Effekte im Inland (32.580) wie im Ausland (1.310).

EINLEITUNG

Die österreichischen Massivbaustoffhersteller haben sich historisch in der Nähe der Rohstoff-Abbaustätten in den Regionen angesiedelt. Die schweren Roh- und Endprodukte begünstigen eine dezentrale Produktionsstruktur.

Ökonomisch wie ökologisch sind kurze Transportwege sinnvoll. Die Regionalität der Stoffflüsse wirkt sich positiv auf Umwelt und Lebensqualität aus, geringe Transportwege bedeuten weniger Emissionen von Treibhausgasen, Staub und Lärm. Zudem bietet die Massivbauherstellung zahlreiche qualifizierte Arbeitsplätze im ländlichen Raum. Neben diesen direkten Einflüssen wirkt die Massivbaustoffherstellung auch über Vorleistungen, Investitionen und den Haushaltskreislauf als Impulsgeber für andere Branchen und Regionen. Sie hat damit wesentliche regional- und strukturpolitische Bedeutung. Ziel der Studie war es, diese Effekte quantitativ zu erfassen und nachzuweisen. Untersucht wurden wirtschaftliche, soziale und (ausgewählte) ökologische Effekte, die von der Aktivität der Unternehmen ausgehen und die jeweiligen Werkstandorte, Regionen und Bundesländer betreffen.

INHALTLICHE DARSTELLUNG

Die Studie beleuchtet folgende fünf Branchen: Ziegel und Ziegelfertigteile, Zement, Beton und Betonfertigteile, Putze/Mörtel sowie Transportbeton. Als Quellen diente die Umsatz- und Beschäftigenerhebung des Fachverbands Steine-Keramik plus eine von STUDIA durchgeführte Unternehmensbefragung zu regionalwirtschaftlichen Effekten bei Industrieunternehmen der genannten Branchen. Auf dieser Basis umfasst die Studie:

- eine Stoffstromanalyse der Inputs (Rohstoffe, Materialien etc.) und Outputs (Produkte, Lieferungen etc.);
- eine regionalwirtschaftliche Input-Output-Analyse der Produktions-, Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte;
- eine Erhebung des volkswirtschaftlichen Beitrags der Massivbaustoffhersteller zum Bausektor als dem wichtigsten Abnehmer der Produkte, mit der Methode der „forward linkages“.
- Einen Überblick über die Größenstruktur der 223 Betriebe nach Umsatz und Beschäftigten gibt die nachfolgende Tabelle:

Tabelle 3: Unternehmen, Umsatz und Beschäftigte in der österreichischen Massivbaustoffherstellung nach fünf erhobenen Branchen, 2014

Branche	Unternehmen	Standorte	Umsatz in Mio Euro	Beschäftigte per 31.12.
Beton- und Fertigteilherstellung	76	100-110	550	3.356
Putz- und Mörtelherstellung	11	40	398	1.059
Transportbetonherstellung	113	221	667	2.225
Zementherstellung	8	12	424	1.272
Ziegel- und -fertigteilherstellung	15	24	155	841
GESAMT	223	397-407	2.194	8.753

Quelle: Berechnungen auf Basis der Angaben der Berufsgruppen und der STUDIA Unternehmensbefragung, STUDIA 2016 (Seite 17)

Die STUDIA-Unternehmensbefragung erfasste jene Branchen, aus denen die Hersteller von Massivbaustoffen Vorleistungen beziehen, nach der wirtschaftlichen Aktivitätsklassifikation der ÖNACE 2008. Mit 29 Prozent machen Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden den größten Anteil aus, gefolgt von Herstellung von Waren (19 Prozent) und Verkehr, Lagerung und Transportdienstleistungen (18 Prozent). An vierter Stelle folgt die Energieversorgung mit 13 Prozent.

Investitionen im Rahmen der Geschäftstätigkeit, regional und sektoral sowie in das Gemeinwesen, flossen im Zeitraum 2008 bis 2014 zu knapp 19 Prozent in Umweltschutzmaßnahmen, v.a. zur Reduktion von Emissionen.

Die Stoffstromanalyse der österreichischen Massivbaustoffherstellung zeigt für die Produkte der einzelnen Branchen/Berufsgruppen unterschiedliche Transportradien; die genannten Zahlen ergeben sich als Summe der mit der transportierten Masse gewichteten Wegelängen der Einsatzstoffe und Endprodukte.

Tabelle 4: Radien und Massenströme nach Berufsgruppe

Berufsgruppe	INPUT		OUTPUT	
	Radien in km	Massenströme in %	Radien in km	Massenströme in %
Beton- und Fertigteilherstellung	0-30	44%	0-30	16%
	30-150	49%	30-150	52%
	150-300	6%	150-300	19%
	300 u. mehr	0%	300 u. mehr	13%
	SUMME	100%	SUMME	100%
Putz- und Mörtelherstellung	0-30	83%	0-50	39%
	30-150	7%	50-100	39%
	150-300	7%	100 u. mehr	22%
	300 u. mehr	3%		
	SUMME	100%	SUMME	100%
Transportbetonherstellung	0-30	33%	0-10	40%
	30-150	66%	10-30	42%
	150-300	1%	30-50	15%
	300 u. mehr	0%	50 u. mehr	3%
	SUMME	100%	SUMME	100%
Zementherstellung	0-30	61%	0-30	25%
	30-150	30%	30-150	63%
	150-300	8%	150-300	11%
	300 u. mehr	1%	300 u. mehr	0%
	SUMME	100%	SUMME	100%
Ziegel- und -fertigteilherstellung	0-30	88%	0-30	25%
	30-150	11%	30-150	50%
	150-300	1%	150-300	22%
	300 u. mehr	0%	300 u. mehr	3%
	SUMME	100%	SUMME	100%

Quelle: STUDIA 2016 (Seite 40)

Regionalwirtschaftliche Effekte wurden mit einem regionalwirtschaftlichen Modell (Baaske et al. 2004) erhoben, das davon ausgeht, dass ein bei einem Unternehmen getätigter Kauf wiederum branchen- und regionaltypische Geschäftstätigkeit auslöst. Das Modell berücksichtigt auch indirekte Effekte der ersten Runde: diese werden direkt von den Unternehmen der Massivbaustoffherstellung hervorgerufen bzw. bei den Haushaltsausgaben induziert. Das Modell betrachtet die Effekte hinsichtlich ihrer regionalen Inzidenz (Wirksamkeit) auf vier Ebenen: Bezirk, Bundesland, Österreich und Ausland. Drei verschiedene Zielgrößen werden berücksichtigt: Umsätze, Wertschöpfung und Beschäftigung. Direkte Effekte und indirekte Effekte werden unterschieden sowie die vier Kreisläufe der Vorleistungen, der Investitionen, der induzierten Ausgaben der privaten Haushalte und der Umsatzsteuer-/Zinskreislauf.

NACHWEISFÜHRUNG MIT DYNAMISCHER GEBÄUDESIMULATION IN BAUBEHÖRDLICHEN WÄRMESCHUTZNACHWEISEN UND ENERGIEAUSWEISBERECHNUNGEN

Projektbeteiligte: DI Dr. Peter Holzer, DI Thommy Padayhag, M.Sc., Tuule Mall Kull, Institute of Building Research & Innovation ZT-GmbH; Ao. Univ. Prof. i. R. DI Dr. Klaus Kreß, Büro für Bauphysik

Der Wertschöpfungseffekt umfasst sowohl die direkte Wertschöpfung (in den Unternehmen der österreichischen Massivbaustoffherstellung) in Höhe von 511 Mio. Euro als auch die indirekte Wertschöpfung in Höhe von 1.508 Mio. Euro (ausgelöst in anderen Unternehmen durch Vorleistungen, Beschäftigung, Investitionen und Steuerleistung der Massivbaustoffherstellung). Der österreichische Wertschöpfungsmultiplikator liegt somit bei 2,95 und damit deutlich höher als der Umsatzmultiplikator. Ein Euro Wertschöpfung in der österreichischen Massivbaustoffherstellung erzeugt 2,95 zusätzliche Euro Wertschöpfung in anderen österreichischen Unternehmen.

Tabelle 5: Hauptergebnisse der regionalwirtschaftlichen Analyse für die österreichische Massivbaustoffherstellung 2014

Effekt	Verursacher	Standort-bezirk	Standort-bundesland	Österreich
Wertschöpfung (in Mio. EURO)	direkter Effekt	511,460	511,460	511,460
	Vorleistungskreislauf	126,761	372,403	643,820
	Investitionskreislauf	8,333	24,036	49,186
	Haushaltskreislauf	51,685	139,102	394,553
	USt.-/Zinskreislauf	6,485	55,949	420,881
	Summe	704,723	1.102,950	2.019,900
Produktion (in Mio. EURO)	direkter Effekt	2.365,641	2.365,641	2.365,641
	Vorleistungskreislauf	394,251	1.125,621	1.892,863
	Investitionskreislauf	18,721	54,116	124,227
	Haushaltskreislauf	108,946	280,780	728,465
	USt.-/Zinskreislauf	11,623	100,973	840,639
	Summe	2.899,182	3.927,132	5.951,835
Beschäftigung (in VZÄ)	direkter Effekt	8.051	8.051	8.051
	Vorleistungskreislauf	1.341	4.010	7.537
	Investitionskreislauf	89	241	593
	Haushaltskreislauf	758	2.108	6.426
	USt.-/Zinskreislauf	116	1.002	7.560
	Summe	10.356	15.412	30.167

(Quelle: STUDIA 2016, S.55)

Von der österreichischen Massivbaustoffherstellung gingen im Jahr 2014 Beschäftigungseffekte in der Höhe von 30.167 Vollzeitäquivalenten (VZÄ) aus. Diese Zahl umfasst sowohl den direkten Beschäftigungseffekt in der Höhe von 8.051 Vollzeitäquivalenten als auch den indirekten Beschäftigungseffekt in der Höhe von 22.116 VZÄ. Eine direkt in der österreichischen Massivbaustoffherstellung beschäftigte Person löst demnach 2,75 weitere Beschäftigungen (VZÄ) in anderen Branchen und Sektoren aus. Berücksichtigt man die unterschiedlichen Teilzeitanteile in den verschiedenen Branchen, so bewirkten die Massivbaustoffhersteller im Jahr 2014 direkt sowie indirekt 33.890 Gesamtbeschäftigungen, überwiegend im Inland (32.580) aber auch im Ausland (1.310).

Auch der volkswirtschaftliche Beitrag der Massivbaustoffherstellung zum nachgelagerten Bereich der Bauwirtschaft wird in der Studie dargestellt. Die nachgelagerte Verarbeitungskette der Massivbaustoffe durch die Bauwirtschaft bedeutet ein „forward linkage“. Sind lokal Massivbaustoffe verfügbar, so regt dies ihre Nutzung an und führt letztlich zu ihrer Verbauung. Für die Hersteller von Massivbaustoffen bedeutet das, dass ihnen ein Beitrag von 23 Prozent zum nachgelagerten Bausektor zugerechnet werden kann. Dieser Beitrag ist abgeleitet aus dem Anteil der Massivbaustoffe an den baumaterialbezogenen Vorleistungen. Die Bauwirtschaft erzielt – unter Anwendung der Prinzipien der ökonomischen Allokation und der Proportionalität – dank des Einsatzes von Massivbaustoffen eine Bruttoproduktion von 9,63 Mrd. Euro, eine Wertschöpfung von 3,44 Mrd. Euro und eine Beschäftigung von 64.477 Personen.

PROJEKTERGEBNISSE AUF EINEN BLICK

- Die dynamische Gebäudesimulation eignet sich gut zur Nachweisführung in baubehördlich geforderten Wärmeschutznachweisen und Energieausweisberechnungen.
- Marktführende gewerbliche Programme zur dynamischen Gebäudesimulation (TAS und TRNSYS) bilden dynamische Wärmespeichervorgänge gut ab. Es ist nicht notwendig, neue oder zusätzliche Berechnungsalgorithmen zu programmieren.
- Die näherungsweise Berücksichtigung der Speichermassen im derzeit baubehördlich angewendeten OIB-Verfahren liefert gute Übereinstimmung bei Gebäuden in Niedrigenergiehaus-Standard. Im Gegensatz dazu kommt es bei Gebäuden in Passivhaus-Standard, also bei Gebäuden, die thermisch hoch optimiert sind, zu einer nennenswerten Unterschätzung der Speichereffekte von Bauteilen. Hier liefern die derzeit angewendeten Näherungsverfahren zur Berücksichtigung der Wärmespeicherfähigkeit keine Planungssicherheit mehr.
- Im Passivhaus-Standard und in schwerer Bauweise ergibt sich im OIB-Verfahren ein um 3 % höherer Heizwärmebedarf (HWB) als bei sehr leichter Bauweise. Der HWB liegt damit um 20 % höher als im dynamischen Verfahren.
- Zukünftig wird es einen hohen Anteil erneuerbar erzeugten Stroms geben, das Angebot wird stark schwanken, abhängig von Sonne und Wind. Zeitweise Heizungsunterbrechungen sind eine vielversprechende Möglichkeit, dieses schwankende Angebot erneuerbaren Stroms bestmöglich auszunutzen. Bauteile aus massiven Baustoffen können dabei gezielt genutzt werden, um Strom in Form von Wärme zu speichern. Doch nur dynamische Verfahren sind imstande, die Effekte eines intermittierenden Heizbetriebs mit stunden- bis tageweisen Heizungsunterbrechungen verlässlich abzubilden.
- Dynamische Verfahren beinhalten eine Vielzahl von Eingabeoptionen und komplexe Berechnungsalgorithmen, erfordern eine professionelle Bedienung und zutreffende Annahmen der Randbedingungen und bergen deshalb auch ein erhebliches Fehlerpotenzial.
- Die Einführung dynamischer Gebäudesimulation
 - erweist sich in behördlichen Wärmeschutznachweisen/Energieausweisberechnungen als erstrebenswert zur Erhöhung der Planungssicherheit bei thermisch optimierten Gebäuden;
 - ist zur Planung energieflexibler Gebäuden unentbehrlich; d.h. jene Gebäude, die thermisch hoch optimiert und mit massiven Bauteilen ausgestattet sind und mit zeitweisen Heizungsunterbrechungen erneuerbaren Strom flexibel nutzen.
 - ist aber jedenfalls sorgfältig mit einem Regelwerk für AnwenderInnen zu begleiten, um die notwendige Nachvollziehbarkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicher zu stellen.

EINLEITUNG

Massive Baustoffe haben die Eigenschaft, Wärme oder Kälte sehr gut zu speichern. Diese Eigenschaft kann gezielt zur Senkung des Energieaufwandes in Gebäuden für Heizen und Kühlen genutzt werden. Ausgangshypothese für die durchgeführten Berechnungen im Rahmen der Studie war, dass dynamische Rechenverfahren die Beiträge der zur thermischen Speicherung fähigen Baustoffe zur Senkung des Energieaufwandes für Heizen oder Kühlen besser abbilden, als es die derzeit in den baubehördlichen Wärmeschutznachweisen angewendeten Verfahren wie das quasistationäre Monatsbilanzverfahren gemäß ÖNORM B 8110-6 vermögen.

Ziel der Arbeiten ist es, eine Anwendung dynamischer Rechenverfahren in den baubehördlichen Wärmeschutznachweisen und Energieausweisberechnungen zu ermöglichen.

INHALTLICHE DARSTELLUNG

Zunächst wurden die theoretischen Grundlagen erarbeitet. In einem zweiten Schritt wurde ein analytischer Vergleich zwischen quasistationärer Berechnung – d. h. einer Berechnung ohne Berücksichtigung der Wärmespeicherefähigkeit – und dynamischer, periodisch-eingeschwungener Berechnung – d. h. einer Berechnung mit exakter Berücksichtigung der Wärmespeicherefähigkeit – an exemplarisch ausgewählten Bauteilen angestellt.

Ergebnis ist, dass sich bei dynamischer periodisch eingeschwungener Berechnung nur eine geringe Abhängigkeit des Heizwärmebedarfs (HWB) von der Wärmespeicherefähigkeit des Gebäudes von 1 bis 2 % zeigt. Diese Abhängigkeit sinkt mit der Verbesserung der thermischen Qualität der Gebäudehülle.

In einem zweiten Schritt wurden das thermische Verhalten und der Heizwärmebedarf des definierten Referenzgebäudes entsprechend ÖNORM B 8110-6:2014 mit dem gewerblichen Simulationsprogramm TAS unter einem realitätsnahen stündlichen Wetterdatensatz von Klagenfurt berechnet. Das Referenzgebäude wurde dabei in zwei Wärmeschutzstandards „Niedrigenergiehaus“ und „Passivhaus“ sowie in vier Schwereklassen (schwer, mittel, leicht und sehr leicht) differenziert.

Die Ergebnisse des Heizwärmebedarfs wurden mit den Ergebnissen nach quasistationärem Verfahren laut OIB verglichen. Außerdem wurden Spezialuntersuchungen durchgeführt über die Effekte von Heizungen mit höherem Strahlungsanteil (Flächenheizungen) und über Effekte bei periodischer zweitägiger Heizunterbrechung.

Es zeigt sich:

- Schwere Bauweise senkt den HWB, insbesondere bei sehr gut gedämmten Gebäuden. Als bedeutsam stellt sich insbesondere die Bauweise der Decken heraus. Eine schwere Ausführung der Decken führt im Fall eines Passivhauses im Vergleich zu einer „sehr leichten“ Deckenausbildung zu einem um ca. 17% niedrigerem HWB.
- Quasistationäre Berechnungen können den Effekt der Wärmespeicherung nicht abbilden. Insbesondere bei sehr gut gedämmten Gebäuden führt dies zu irreführenden Ergebnissen.
- Nur Gebäude mit Speichermasse eignen sich für temporäre Heizungsunterbrechungen. Nur dynamische Berechnungsverfahren können diesbezüglich die Planung unterstützen.
- Gewerbliche Simulationsprogramme sind für die HWB-Berechnung tauglich. Die Vergleichbarkeit der Randbedingungen ist aber schwierig herzustellen. Folgende Eingangsgrößen haben sich dabei als relevant erwiesen: Wärmeübergang an Außenoberflächen, konvektiver und radiativer

Wärmeübergang an raumseitigen Bauteilflächen, Wärmegewinne durch Solarstrahlung auf Außenoberflächen, Ausnutzung innerer und solarer Gewinne, nicht-lotrechter Strahlungsdurchgang durch Verglasungen, Verschmutzung von Verglasungen und Wärmebrücken.

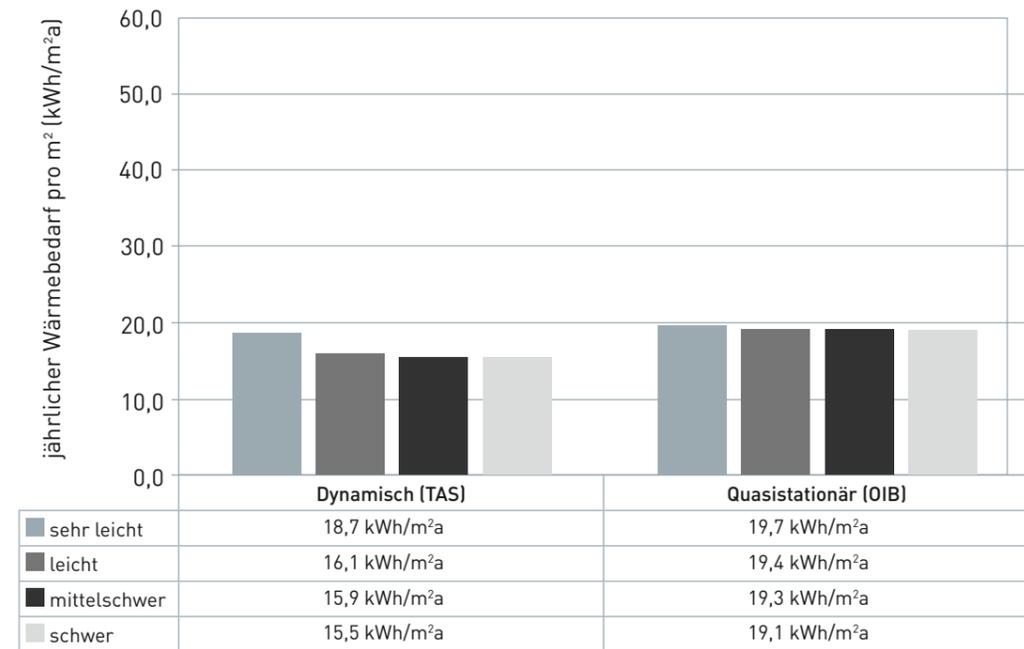
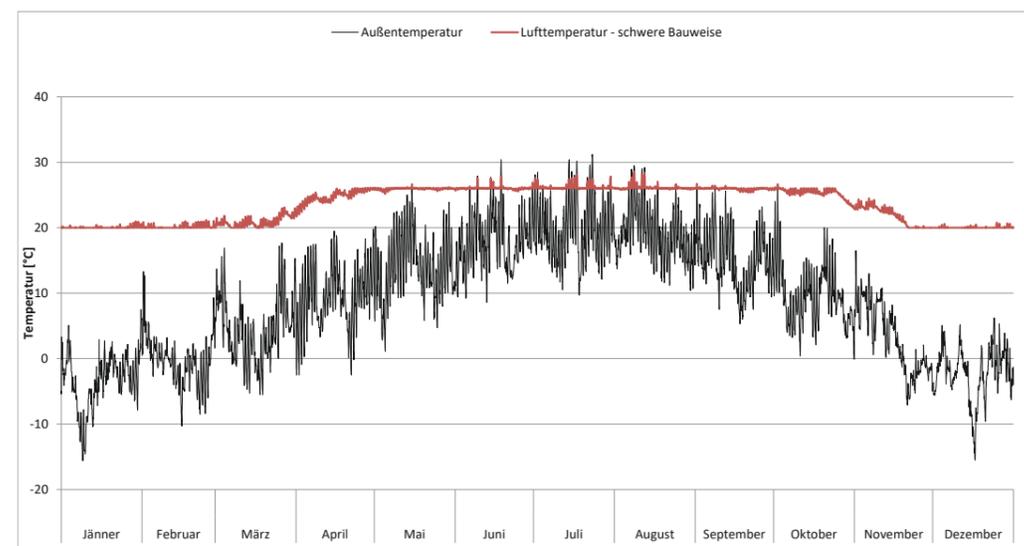


Abbildung 2: Abhängigkeit des HWB von der Bauweise, für den Wärmeschutzstandard Passivhaus: Die dynamische Berechnung bildet den nennenswert höheren HWB der sehr leichten Bauweise (hellblaue Säule der linken Säulengruppe) realistisch ab. Das quasistationäre Verfahren unterschätzt ihn deutlich (hellblaue Säule der rechten Säulengruppe).
Quelle: IBR&I, Studienergebnisse



ANALYSE AKTUELLER STUDIEN DER FORSTWIRTSCHAFT

Projektbeteiligte: DI Dr. Peter Holzer, Arch. DI Dr. Renate Hammer, MAS, Institute of Building Research & Innovation ZT-GmbH

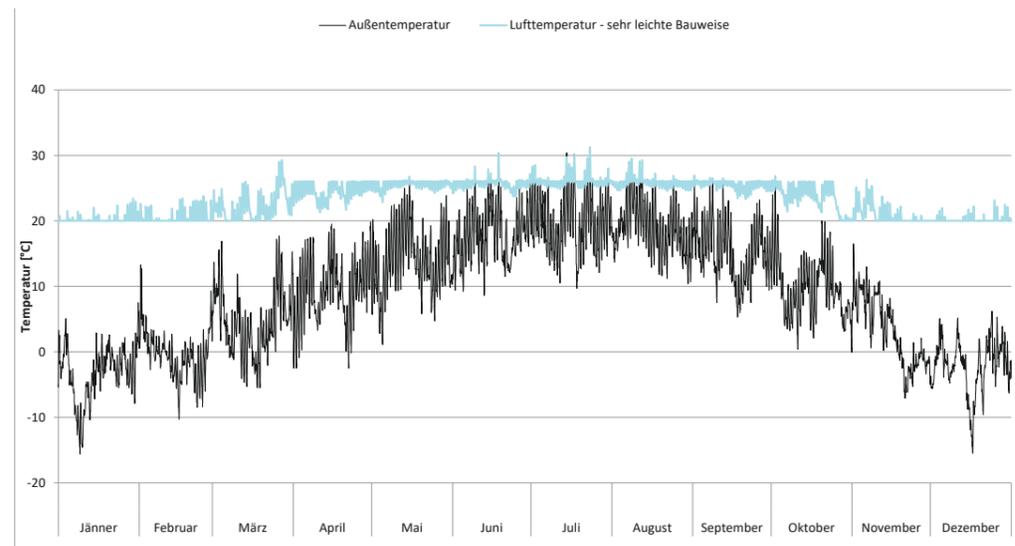


Abbildung 3 (diese und vorherige Seite): Raumtemperaturverlauf im PH, schwere und sehr leichte Bauweise.

Quelle: IBR&I, Studienergebnisse

Im Passivhaus in der schweren Bauweise beginnt die Heizperiode Mitte November, im Passivhaus in der sehr leichten Bauweise bereits Ende Oktober. In der sehr leichten Bauweise kommt es während der gesamten Heizperiode zu temporären Temperaturanstiegen auf bis zu 25°C, in der schweren Bauweise hingegen sind nur geringe Anstiege bis 21°C, und diese auch nur von Mitte Jänner bis Mitte März, zu verzeichnen. Während die schwere Bauweise solare Wärmeeinträge und innere Gewinne also mit nur geringen Temperaturerhöhungen in die Baumassen speichert, führen dieselben Gewinne in der sehr leichten Bauweise zu deutlichen temporären Temperaturerhöhungen, was die Ursache für deren ermittelten Mehrbedarf an Heizwärme ist.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse erachten die Studienautoren eine gezielte Implementierung der Möglichkeit, gewerbliche Simulationsprogramme in den baubehördlichen Wärmeschutznachweisen bzw. Energieausweisberechnungen einzusetzen, für jedenfalls sinnvoll und angezeigt.

Grundsätzlich ist in der ÖNORM B 8110-6:2014, die laut OIB RL 6 für die Berechnung des Energieausweises anzuwenden ist, bereits mit Hinweis auf ÖNORM EN ISO 13790:2008 explizit die Möglichkeit eingeräumt, den Heizwärmebedarf und den Kühlbedarf neben dem quasi-stationären Verfahren auch mit dynamischen Verfahren zu berechnen.

Außerdem bestehen mit Entwurf ÖNORM EN ISO 52016-1 (15) und 52017-1 (16), beide von 2015, zwei österreichische Normentwürfe, welche Rahmen anbieten, um die Anwendung dynamischer Berechnungen von thermischem Gebäudeverhalten und Energiebedarf zu standardisieren.

PROJEKTERGEBNISSE AUF EINEN BLICK

Systematisch vergleichend analysiert wurden drei wissenschaftliche Studien, die darauf abzielen, Grundlagen für die Berücksichtigung der Waldbewirtschaftung in der nationalen Treibhausgasbilanz bereitzustellen. Dabei sind Differenzen des Kohlenstoffpools – sowohl des Waldes als auch der Holzprodukte – gegenüber einem Referenzwert 2020 zu berechnen und in die Treibhausgasbilanz aufzunehmen. Die Studien greifen auf dieselben fünf Szenarien der zeitlichen Entwicklung der Holzaufbringung aus österreichischem Wald 2010 bis 2100 zurück und sind damit direkt vergleichbar.

- Das „Naturschutzszenario“ weist das größte CO_{2eq}-Emissionsvermeidungspotential auf. 40% der gesamten Emissionsreduktion resultieren aus der energetischen Nutzung (Substitution fossiler Energieträger) und weitere 47% aus dem Kohlenstoffaufbau im Wald. Die verbleibenden 13% beruhen auf der stofflichen Holznutzung, sowohl der stofflichen Substitution als auch auf dem Kohlenstoff-Pool Aufbau.
- In allen Szenarien übertrifft der CO_{2eq}-Reduktionseffekt der energetischen Holznutzung sowie im „Naturschutzszenario“ auch der Effekt des Kohlenstoffaufbaus im Wald die Effekte aller anderen Nutzungsvarianten um Größenordnungen.
- Im Vergleich zum Referenzszenario mit Trendfortschreibung weisen die Szenarien mit forcierter Waldbewirtschaftung und Holznutzung einen gleich großen oder niedrigeren Beitrag zur CO_{2eq}-Emissionsvermeidung auf.
- Die stoffliche Holznutzung zeigt in allen Szenarien die anteilig geringsten CO_{2eq}-Emissionsvermeidungseffekte.

Nach Fertigstellung der Analyse im März 2016 wurde noch eine weitere Studie des Umweltbundesamtes (Böhmer, Siegmund; Gössl, Michael; Krutzler, Thomas; Pölz, Werner; Effiziente Nutzung von Holz: Kaskade versus Verbrennung. Wien 2014) ausgewertet, die ein Argumentarium für die forcierte kaskadische Nutzung von Holz aufbaut. Diese Studie weist aber auch auf ein zunehmendes Konkurrenzverhältnis der energetischen und der stofflichen Holznutzung sowie auf eine sinkende Importverfügbarkeit von Holz hin.

EINLEITUNG

Drei wissenschaftliche Studien aus dem Erscheinungszeitraum November 2014 bis Jänner 2015 erörtern die Umweltrelevanz österreichischer Holzproduktion und -nutzung. Die Studien erarbeiten Grundlagen für die Aufnahme der Waldbewirtschaftung in die nationale Treibhausgasbilanz, die im Rahmen der 17. UN-Klimakonferenz 2011 in Durban verpflichtend ab 2013 zu führen beschlossen wurde. Die drei Studien wurden durch den Klima- und Energiefonds gefördert, es handelt sich um folgende Arbeiten:

- Treibhausgasemissionen des stofflichen und energetischen Einsatzes von Holz in Österreich im Vergleich zu Substitutionsstoffen, Umweltbundesamt, UBA, Nov 2014
- Klimaschutz in der Forstwirtschaft, Zukünftige Bewirtschaftungsszenarien für den österreichischen Wald und deren Auswirkungen auf Treibhausgase, Bundesforschungszentrum für Wald, BFW, Jänner 2015
- Holz Kohlenstoff Pool, Universität für Bodenkultur, Institut für Marketing und Innovation, BOKU, Jänner 2015
- Die drei Studien wurden in wechselseitiger Abstimmung erstellt. Nach Abschluss der vorliegenden vergleichenden Analyse wurde zusätzlich eine weitere Studie des UBA (2014) berücksichtigt; sie beschreibt im Gleichklang mit den zuvor untersuchten Studien die Effekte der stofflichen und energetischen Substitution sowie des C-Pool Aufbaus aufgrund von Holznutzung.

INHALTLICHE DARSTELLUNG

Gemeinsame methodische Basis der drei Studien ist eine numerische Simulation österreichischer Holzaufbringung und -nutzung im Zeitverlauf von 2010 bis 2100 für fünf unterschiedliche Waldbewirtschaftungsszenarien. Das Szenario R (Referenzszenario) bildet eine Fortschreibung des derzeitigen Trends der Waldbewirtschaftung ab. Die Szenarien 1a bis 1c bilden eine forcierte Waldbewirtschaftung und Holznutzung (+20% bis 2100) ab. Das Szenario 2 („Naturschutzszenario“) bildet eine reduzierte Waldnutzung (-20% bis 2100) ab.

Die Studie des Umweltbundesamtes, UBA (2015), berechnet Differenzen der CO_{2equ}-Emissionen, welche aus der Substitution von Materialien und Brennstoffen durch Holzeinsatz entstehen können. Innerhalb der stofflichen Holznutzung wird eine sehr unterschiedliche spezifische Emissionsreduktion in Abhängigkeit vom Einsatzgebiet des Holzes berichtet: im Sektor Bau/Konstruktion bewirkt die stoffliche Nutzung von Holz anstelle der Substitutionsmaterialien eine spezifische Emissionsreduktion von 79 kgCO_{2equ} pro m³ Holz. Im Sektor Möbel hingegen 442 kgCO_{2equ} pro m³ Holz. Die energetische Nutzung von Holz wird mit einer Emissionseinsparung von 743 kgCO_{2equ} pro m³ Holz dokumentiert. Die in der Studie ausgewiesenen genutzten Holzmengen übertreffen mit jährlich 31,7 Mio. m³ den jährlichen Holzeinschlag von ca. 22 Mio. m³ nennenswert. Die Frage nach der Ursache dieser Diskrepanz konnte auch in einem Gespräch mit den AutorInnen am 30.06.2016 nicht geklärt werden.

Die Studie des Bundesforschungszentrums Wald, BFW (2015), berechnet mit Hilfe eines Waldwachstums-Simulationsverfahrens die Holzmengenbilanzen des Waldes für die genannten fünf Waldbewirtschaftungsszenarien. Daraus werden die Kohlenstoffströme und insbesondere die Veränderung des Kohlenstoffpools im Wald abgeleitet. Letzterer wird nach ober- und unterirdischer Biomasse, Totholz und Bodenkohlenstoff gegliedert. Die Studie kommt zum Ergebnis, dass die Waldbewirtschaftungs-

szenarien mit forcierter Holznutzung im Betrachtungszeitraum bis 2100 zu einer Holzvorratsverringering im Wald um fast 30% gegenüber 2010 und zu einer Verringerung des jährlichen Zuwachses von 15% führen. Selbst das Referenzszenario führt in diesem Zeitraum zu 10% Holzvorratsverringering und zu einer Verringerung des jährlichen Zuwachses von 10%. Lediglich das Naturschutzszenario führt zu einer Vorratsvergrößerung bei gleichbleibendem jährlichem Zuwachs. Für alle Szenarien mit gesteigerter Holznutzung wird der Wald ab ca. 2050 als CO_{2equ}-Quelle ausgewiesen. Für diese Szenarien ergeben sich Netto-CO₂-Emissionen aus einem Abbau des Wald-Kohlenstoffpools, im Zeitraum bis 2.100, mit einem Mittelwert von 2.700 ktCO_{2equ}/a.

Die Studie der Universität für Bodenkultur, BOKU (2015), untersucht die Klimaschutzeffekte durch den Aufbau eines Holz-Kohlenstoff-Pools in Form von Holzprodukten (Harvested Wood Products) aus heimischen Wäldern. Es werden Effekte der Kohlenstoffspeicherung im Äquivalent von jährlich vermiedenen CO_{2equ}-Emissionen angegeben. Es wird für die Szenarien mit forcierter Holznutzung sowie auch für das Referenzszenario ein Äquivalent der vermiedenen CO_{2equ}-Emissionen von bis zu 6.500 ktCO_{2equ}/a ausgewiesen. Gemittelt über den Betrachtungszeitraum ergeben sich jährlich vermiedene CO_{2equ}-Emissionen von 2.000 ktCO_{2equ}/a (im Szenario 2) bis 3.800 ktCO_{2equ}/a (im Szenario 1b). Langfristig geht der Effekt der Kohlenstoffspeicherung in Form von Holzprodukten allerdings zurück und gegen Null. Begründet wird dies in der Studie mit der Sättigung des Marktes. Durch die Nutzung von Holzprodukten in einem gesättigten Markt werden bestehende Holzprodukte ersetzt, weswegen der Holzprodukt pool nicht weiter wächst und entsprechend auch der CO₂-Speicher nicht weiter vergrößert werden kann. In der Zusammenschau der Reduktionseffekte aus der stofflichen und energetischen Substitution, aus dem Aufbau des C-Pools Wald und aus dem Aufbau des C-Pools aus Holzprodukten leitet sich folgendes Ergebnis ab:

Tabelle 6: Jährliche CO_{2equ}-Emissionsvermeidungseffekte unterschiedlicher Holznutzungen

	Stoffliche Holznutzung	Energetische Holznutzung	Wald C-Pool Aufbau	Holzprodukte C-Pool Aufbau	Summe
Szenario R	-1.400	-11.000	0	-2.800	-15.200
Szenario 1a	-1.350	-11.500	2.700	-2.200	-12.350
Szenario 1b	-1.600	-12.500	2.700	-3.800	-15.200
Szenario 1c	-1.600	-12.500	2.700	-3.300	-14.700
Szenario 2	-1.300	-10.000	-11.600	-2.000	-24.900
alle Zahlenwerte inkl. CO _{2equ} -Emissionen pro Jahr					

Quelle: nach IBR&I 2016, Seite 9

Die Gegenüberstellung zeigt, dass das Szenario 2 (Naturschutzszenario) das größte CO_{2equ}-Emissionsvermeidungspotenzial bietet. In allen fünf Szenarien übertrifft der Reduktionseffekt der energetischen Holznutzung die Effekte der anderen Varianten bei Weitem. Die stoffliche Holznutzung zeigt in allen Szenarien die anteilig geringsten CO_{2equ}-Emissionsvermeidungseffekte.

Unter den untersuchten Szenarien weist im 90-jährigen Betrachtungszeitraum allein das Szenario 2 einen Anstieg des Holzvorrats und einen zumindest gleichbleibenden jährlichen Holzzuwachs auf. Bei allen anderen Szenarien sinkt der Holzvorrat um 10% bis fast 30% und sinkt der jährliche Holzzuwachs um 10 bis 15%.

VfmS/ha

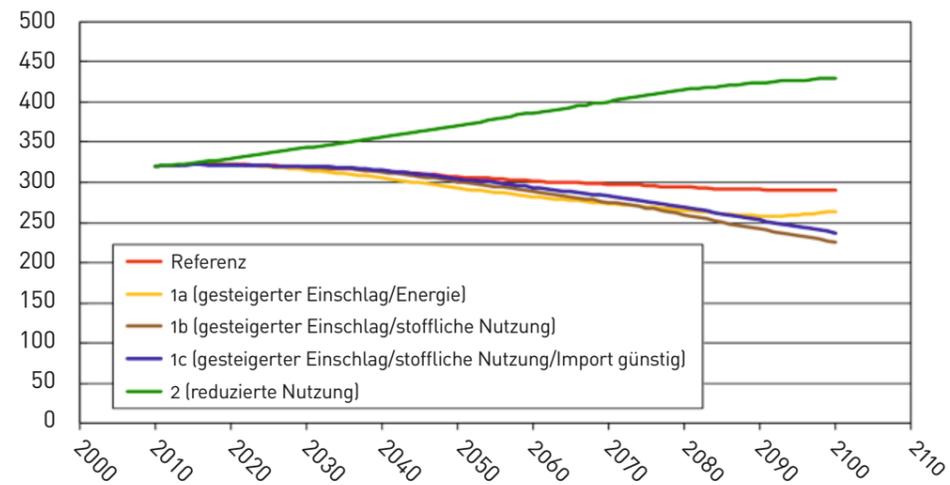


Abbildung 4: Simulierte Vorratsentwicklung nach Bewirtschaftungsszenarien

Quelle: BFW 2015, Kap. 5.3, S. 32, Abb. 20, nach IBR&I

Ergänzend wurde die Studie des Umweltbundesamtes (2014) zur forcierten kaskadischen Nutzung von Holz in die Analyse aufgenommen. Sie verweist auf die Schwierigkeit, für die stoffliche und in zunehmendem Maß auch für die energetische Nutzung von Holz die Wirtschaftlichkeit nachzuweisen; als Gründe werden die geringere Verfügbarkeit traditioneller Holzsortimente für die stoffliche Nutzung, knapper werdende Ressourcen, drohende Übernutzung des Waldes in Europa, steigende Importe sowie steigende Preise genannt.

Ferner postuliert die Studie, dass das hohe Potenzial der stofflichen Nutzung von Holz hinsichtlich Ressourceneffizienz, Wertschöpfung und Beschäftigungseffekten sowie Minderung der Treibhausgase durch Bindung von Kohlenstoff derzeit noch nicht zur Gänze genutzt wird und leitet daraus Vorschläge und Forderungen zur Forcierung stofflicher und kaskadischer Holznutzung ab. Erläutert wird das Zusammenspiel von stofflicher und energetischer Nutzung. Demnach liegt eine Konkurrenzsituation zwischen den beiden Nutzungen vor, mit einer zunehmenden Verschiebung hin zur energetischen Verwertung. Es tritt bereits Holz-mangel in einigen Industriesparten, etwa der Zellstoff- und Papierindustrie sowie der Plattenindustrie auf, welcher den Importanteil an Holz für diese Industriezweige gegenwärtig steigen lässt, mit teils erheblichen Transportwegen.

Interessant ist auch, dass in nennenswerter Abweichung von der Bilanz „Holzströme in Österreich“ des bmlfuw (2013) in dieser Studie (2014) der jährliche Holzeinschlag – unter Absehung von Schadholtzereignissen – mit einem mittleren Niveau von nur rund 18 Mio. Efm angegeben wird, anstelle der in bmlfuw (2013) genannten 21,9 Efm.

Hinsichtlich der Untersuchung gegenwärtiger Förderinstrumente zur energetischen und stofflichen Nutzung von Holz kommt die Studie zur Einschätzung, dass die nationalen Instrumente von Ökostromgesetz, Umweltfördergesetz, Klimaschutzgesetz, die Förderungen des Klima- und Energiefonds aber auch Förderprogramme auf Ebene der Länder und Gemeinden eine Steigerung des energetischen Biomasseeinsatzes forcieren, wohingegen eine Förderung für die stoffliche Nutzung von Holz in Österreich nur in beschränktem Ausmaß existiert. Entsprechend wird die Forderung nach verstärkter Förderung der stofflichen und kaskadischen Holznutzung abgeleitet.

Eingeräumt wird ein Zusammenhang der intensivierten Nutzung von Holzbiomasse auf die Biodiversität des Waldes. Insbesondere angesprochen werden der Verlust von Lebensräumen bei verstärkter Totholzentnahme sowie der irreversible Nährstoffentzug bei maschineller Ganzbaumnutzung. Abgeleitet wird außerdem die für den Klimaschutz vorrangige Bedeutung der Holznutzung vor der Kohlenstoff-Akkumulation im Wald. Diese Argumentation widerspricht aber dem Ergebnis der drei zuvor analysierten Studien, welche für das Naturschutzszenario über den Betrachtungszeitraum bis 2100 die bei Weitem vorteilhaftesten Klimaschutzwirkungen ausweisen.

BIODIVERSITY IMPACT ASSESSMENT – TEIL 1: SONDIERUNG MÖGLICHER BAUSTOFFSPEZIFISCHER CHARAKTERISTIKA

Projektbeteiligte: Arch. DI Dr. Renate Hammer, DI Dr. Peter Holzer, MAS, Mag. Nadja Bartlmä BSc.,
Institute of Building Research & Innovation ZT-GmbH

PROJEKTERGEBNISSE AUF EINEN BLICK

- Der Grenzwert für die genetische Vielfalt als Teil der Unversehrtheit der Biosphäre gilt im System der „Planetary Boundaries“ (Steffen 2015) als überschritten. Dies bedeutet, es besteht die Gefahr des irreversiblen Auftretens von Umweltveränderungen, die die Bewohnbarkeit der Erde für die Menschheit einschränken können.
- Trotz höchster Dringlichkeit zur Forderung nach Erhalt von Biodiversität fehlen normierte Methoden zu diesem Zweck. Insbesondere fehlt die Beschreibung von Ursache-Wirkungszusammenhängen in Hinsicht auf den Verlust von Biodiversität.
- Diese Studie stellt eine Sammlung von biologisch, naturwissenschaftlich fundierten Methoden und Kenngrößen sowie von Modellen der Lebenszyklusanalytik dar, die auf ihre Eignung als Indikator zur Bewertung der Auswirkung von Gebäuden und Baumaterialien auf den Erhalt biologischer Vielfalt hin eingestuft werden.

EINLEITUNG

Die Quantifizierung von Biodiversitätsverlusten gilt als wissenschaftlich schlecht etabliert, die Erstellung eines diesbezüglichen Ursache-Wirkungszusammenhangs als objektiv undurchführbar. In den drei Normenwerken EN 15643-2 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden“, ISO 21931-1 „Rahmenbedingungen für Methoden zur Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Bauwerken“ und in der ISO 14025 für die Typ III Umweltdeklaration wird Biodiversität zwar als Indikator zur Beschreibung wesentlicher globaler und lokaler Umweltauswirkungen genannt. Jedoch wird festgehalten, dass normierte methodische Ansätze zur Quantifizierung der Auswirkungen fehlen und der Indikator Biodiversität daher zusätzlich zu den normierten Indikatoren anzuführen ist. Verbindlichkeit und Art der Nennung obliegen damit der Auslegung.

Die Komplexität der Bewertung von Biodiversitätsverlusten trägt dazu bei, dass diese auch in die Lebenszyklusanalytik bislang nur in Teilaspekten Eingang gefunden haben. Das Ausweisen von Wirkungen auf die Biodiversität wird als zumindest gleichrangig mit Wirkungen auf das Klima eingestuft. Akteuren der Wirtschaft fehlt allerdings weitgehend die Möglichkeit, die Wirkungen ihrer Tätigkeit in Hinsicht auf den Erhalt biologischer Vielfalt darzustellen und zu optimieren. Diese Sachlage soll mit der Studie verbessert werden.

Ziel ist ein Instrument zu konzipieren, das eine grundlegende quantitative und vergleichende Abschätzung der Folgewirkungen des Einsatzes unterschiedlicher Baumaterialien in der Errichtung von Gebäuden auf den Biodiversitätsverlust ermöglicht. Baumaterialspezifische Charakteristika sollen dabei bezugnehmend auf die lokale Betrachtungsebene identifiziert und beschrieben werden.

INHALTLICHE DARSTELLUNG

Die Studie bereitet in einem ersten Arbeitsschritt die Grundlagen umfangreich auf: eine eingehende Literaturrecherche zur Quantifizierbarkeit der Biodiversität sowie die Sichtung und Gruppierung der Literatur in Hinsicht auf geeignete Methoden, um die Ergebnisse in Ökobilanzierung und EPDs einzuarbeiten.

Es wird auf zwei grundlegend unterschiedliche Weisen an die Betrachtung von Biodiversitätsverlusten herangegangen: Einerseits liegen Methoden vor, die sich aus der Biologie ableiten; diese betrachten das Phänomen des Biodiversitätsverlustes an sich und tun dies vorwiegend aus der Perspektive der Grundlagenforschung. Andererseits wird auf Basis dieser Grundlagen versucht, Biodiversität als Schutzgut in die bestehende Bewertungsmethodik der Lebenszyklusanalyse zu integrieren; hier liegen hoch anwendungsorientierte Modelle vor.

Die beiden Herangehensweisen sind nur bedingt kompatibel und nur wenige der vorliegenden Modelle erscheinen geeignet, eine sinnvolle und tragfähige Verbindung zwischen grundlagen- und anwendungsorientierten Ansätzen zu ermöglichen. Der systematische Überblick wird daher in zwei Teilen vorgelegt:

- Biologisch, naturwissenschaftlich fundierte Methoden und Kenngrößen
- Modelle der Lebenszyklusanalytik, die den Aspekt der Biodiversität berücksichtigen

In beiden Teilen wird versucht, einen möglichen Bezug zur Bewertung von Baustoffen herzustellen. Bei den biologisch naturwissenschaftlichen Kenngrößen werden dabei unmittelbare Verankerungsmöglichkeiten innerhalb des Baustoff- beziehungsweise Gebäudelebenszyklus im Rahmen der EN 15978 gesucht. Bei den Modellen der Lebenszyklusanalytik wird anhand der EN ISO 14044 lokalisiert, wo der Aspekt Biodiversität eingefügt ist.

Wesentliche Modelle, Methoden und Kenngrößen werden im Bericht in einem standardisierten Rahmen ausführlich charakterisiert und erläutert. Die folgende Darstellung beschränkt sich auf jene Kenngrößen, Methoden und Modelle, die als Ergebnis der Systematisierung, Clusterung und Bewertung für die zukünftige Entwicklung eines Biodiversity Impact-Assessments für Baustoffe ausgewählt wurden. Es sind dies jene, die die Ursachen-Wirkungszusammenhänge des Einsatzes unterschiedlicher Baustoffe auf Biodiversität am treffendsten und umfassendsten beschreiben, um den Stellenwert der Biodiversität innerhalb des Gesamtzusammenhangs der Methode oder des Modells sowie im Vergleich zur Verortung des Klimawandels darzustellen.

Biologisch, naturwissenschaftlich fundierte Methoden und Kenngrößen

Planetary Boundaries – Changes in Biosphere Integrity: Das Modell definiert Schwellenwerte für neun biophysikalische Prozesse. Die Überschreitung dieser Schwellenwerte etabliert einen unkontrollierbaren, bedrohlichen Systemzustand, eine potentielle, grundlegende Verschlechterung der Lebensbedingungen auf dem Planeten. Einer dieser neun biophysikalischen Prozesse beschreibt die Veränderungen der biosphärischen Integrität. Zwei Teilaspekte, genetische Diversität und funktionelle Biodiversität, werden unterschieden.

Biodiversity Intactness Index (BII): Es erfolgt die Herstellung eines Ursache-Wirkungsbezugs zwischen der Art und Intensität der Landnutzung unterschiedlicher Ökosysteme in einem bestimmten geographischen Gebiet als Ursache und dem Umfang der dort vorliegenden Biodiversität im Vergleich zu einem quasi-natürlichen Referenzzustand als Wirkung. Daten zu Art und Intensität der Nutzung unterschiedlicher Ökosysteme wurden aus globalen Datenbanken zusammengeführt und zu aktuell sechs Landnutzungsklassen verdichtet. Für diese Landnutzungsklassen wurde der Umfang an bestehender Biodiversität abgeschätzt, definiert als verbliebener Prozentanteil an Biodiversität im Vergleich zur Biodiversität eines quasi-natürlichen Zustands. Biodiversität umfasst folgende Aspekte der Artenvielfalt:

- als Anzahl der aktuell bestehenden Taxa innerhalb einer Art;
- Artendiversität als Anzahl unterschiedlicher Taxa, die innerhalb eines Lebensraumes vorkommen;
- Biotopvielfalt als Anzahl der unterschiedlichen Biotoptypen, die innerhalb einer landschaftsräumlichen Einheit vorhanden sind;
- der genetischen Vielfalt.

Natural Capital Index (NCI): Es erfolgt die Herstellung eines Ursache-Wirkungsbezugs zwischen dem Verlust an natürlichem Lebensraum mit seinen Ökosystemen sowie dem Verlust an Qualität in bestehend verbliebenen Ökosystemen als Ursache und der Reduktion der Individuenanzahl eines repräsentativen Sets von Taxa im Vergleich zur Individuenanzahl eines Referenzsets nach Baseline-Definition als Wirkung. Der NCI versteht sich nicht als Einzelindikator, sondern als flexibler Indikatorrahmen. Die Ursachen „Verlust von Lebensraum“ und „Verlust von Qualität in bestehend verbliebenen Lebensräumen“ werden dabei durch Multiplikation in Zusammenhang gebracht. Die Größe eines Ökosystems fließt als Prozentsatz des gesamten zu betrachtenden Gebiets in die Berechnung ein. Die Qualität ergibt sich aus der Zählung der Individuen eines vorbestimmten Sets charakteristischer Tier- und Pflanzentaxa, in durchschnittlicher Relation zu deren Vielfalt in entsprechenden Ökosystemen in angestrebtem Zustand (Baseline) wie auch die nachstehende Formel und Abbildung zeigen.

NCI = Lebensraum Quantität x Lebensraum Qualität [%]

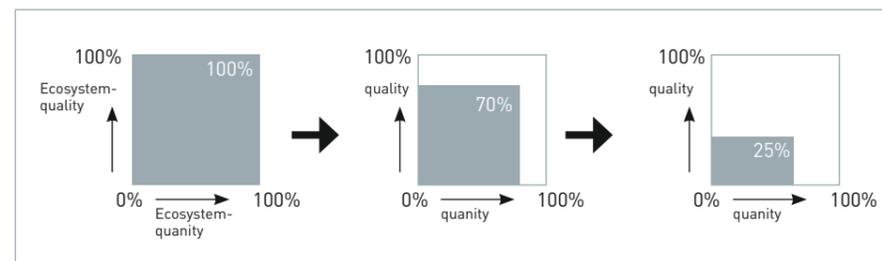


Abbildung 5: Veranschaulichung der Kalkulation des Natural Capital Index, Quelle: Brink ten 2000 nach IBR&I 2016, Seite 27)

Das Ergebnis wird als durchschnittliche Spezies-Abundanz oder Mean Species Abundance kurz MSA in % bezeichnet, was eine methodische Unschärfe darstellt. Die Brauchbarkeit dieses Indikators ist grundsätzlich gegeben, da die Ursachen, auf die sich der NCI bezieht, die Rohstoffgewinnung

berücksichtigen können und baustoffbezogene Daten zu Klimawandelpotential und Versauerungspotential – als in NCI berücksichtigter Aspekt der Umweltverschmutzung – in der LCA¹ vorliegen.

Mean Species Abundance (MSA): Als Einzelindikator ist die MSA wirkungsorientiert und versteht sich als Maß der Intaktheit von Biodiversität, auch als Natürlichkeit bezeichnet. Die MSA wurde jedoch in ein systematisch relationales System eingearbeitet und stellt dort einen gewichteten Ursache-Wirkungsbezug her zwischen Landnutzung, Ablagerung atmosphärischen Stickstoffs, Infrastrukturdichte, Fragmentierung und Klimawandel als Ursachen und der Abnahme der Individuenanzahl originär ansässiger Taxa im durchschnittlichen Verhältnis zur Individuenanzahl dieser Taxa in einem entsprechenden quasi natürlichen Ökosystem als Wirkung. Die MSA wird als Einzelindikator im Natural Capital Index NCI angewendet, aber auch als systemische Kennzahl im Berechnungstool GLOBIO.

Hemerobie: Es wird kein direkter Ursache-Wirkungsbezug hergestellt, sondern eine Bewertung des Ist-Zustandes eines Ökosystems vorgenommen, auf Basis der Abweichungen der vorgefundenen Vegetation von ihrem potentiell natürlichen Zustand. Art und Grad der menschlichen Beeinflussung werden in unterschiedlichen Indikatoren ausgedrückt: auf lokaler Ebene LOISLs (Abkürzung für Local Indicators of Sustainable Land use), z.B. Verteilung sensibler Lebensräume, Anteil sensibler Lebensräume oder Natürlichkeitsgrad der Landschaft, und auf regionaler Ebene RESLs (Abkürzung für REgional Indicators of Sustainable Land use), z.B. Zerschneidungsgrad oder Versiegelungsgrad. Die Entwicklung, Erprobung und Einführung von Landschaftsstrukturmaßen, kurz LSM, auf Englisch area metrics, ist notwendig, um biologische Vielfalt messen und bewerten zu können. Ziel ist es Sets von brauchbaren und aussagekräftigen Maßzahlen zu definieren, um sie praktischen Anwendungen zu Grunde zu legen. Es erscheint sinnvoll, ein entsprechendes Set bei Bedarf auch im Rahmen der Baustoff- bzw. Gebäudelebenszyklusanalyse einzusetzen.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA): Das Millennium Ecosystem Assessment führt im Rahmen einer globalen Bestandsaufnahme Ergebnisse aus unterschiedlichen Untersuchungen zusammen. Daher gibt es keinen einheitlichen Wirkungsendpunkt. Nebeneinander dargestellt werden z.B. der Living Planet Index, die Rote Liste nach IUCN, die Aussterberate in [E/MY], die Artenvielfalt u.a. Indirekte Treiber sind übergeordnete Entwicklungen wie Bevölkerungswachstum oder Wirtschaftswachstum. Als direkte Treiber werden Lebensraumveränderung, Klimawandel, invasive Arten, Raubbau und Umweltverschmutzung (Stickstoff- und Phosphorkreislauf) genannt. Die Wirkintensität wird nach Ökosystemen differenziert.

IUCN CMP Unified Classification of direct Threats: Red List Assessment on vascular plants: Evaluierung des Aussterberisikos von über 20.600 vaskulären Pflanzenarten unter Bezugnahme auf ursächliche und direkte Bedrohungen, basierend auf einer umfassenden Datensammlung unter Leitung des IUCN. Die Einschränkung der Betrachtung auf vaskuläre Pflanzen macht eine Verallgemeinerung nur im Sinne der Relationsbildung zu diesen als Leittaxa möglich.

¹ Die Ökobilanz, englisch „Life cycle assessment, kurz LCA,“ ist ein Verfahren, um umweltrelevante Vorgänge zu erfassen und zu bewerten. Ursprünglich vor allem zur Bewertung von Produkten entwickelt, wird sie heute auch bei Verfahren, Dienstleistungen und Verhaltensweisen angewandt.

Clustering der biologisch, naturwissenschaftlich fundierten Methoden und Kenngrößen: Es wurden vier Gruppen und mit den Planetary Boundaries eine übergeordnete systematische Methode identifiziert.

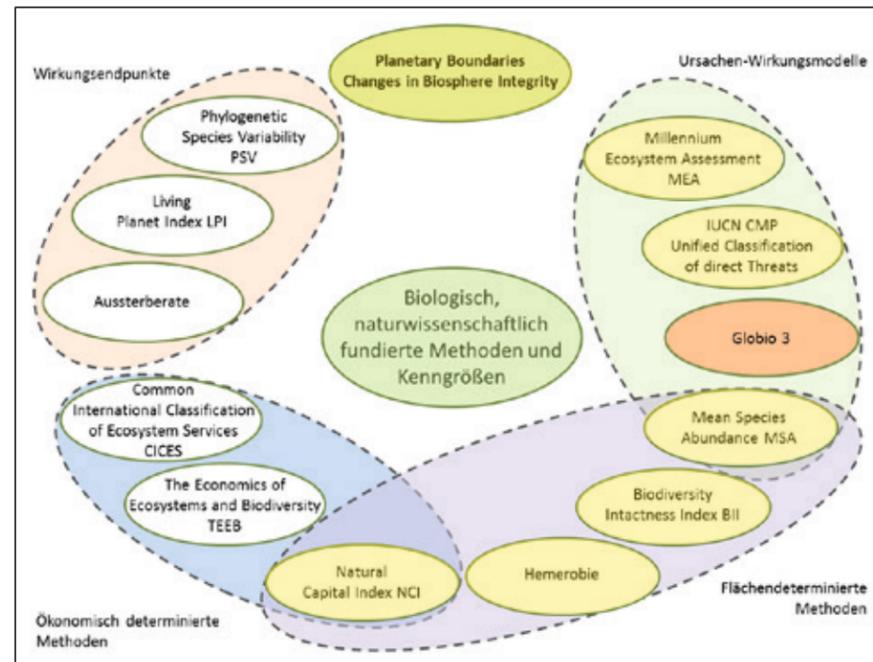


Abbildung 6: Clustering der biologisch, naturwissenschaftlich fundierten Methoden und Kenngrößen (IBR&I 2016, Seite 165). Ausgewählte Methoden und Kenngrößen für die zukünftige Entwicklung eines Biodiversity Impact-Assessments für Baustoffe in gelb hervorgehoben.

Modelle der Lebenszyklusanalytik, die den Aspekt der Biodiversität berücksichtigen

Eco Indicator 99: Vollaggregierendes Umweltschadensmodell bezogen auf drei Schutzgüter: menschliche Gesundheit (human health, kurz HH), Ökosystemqualität (ecosystem quality, kurz EQ) und Ressourcen(-schonung) (resources, kurz R). Als Normalisierungswerte werden Schäden in Europa pro Kopf (Personenäquivalente) verwendet. Das Referenzsystem zur Normalisierung war West Europe 1990 und West Europe 1995. Die Gewichtung der Zusammenführung zu einem Indikator unterliegt der Werthaltung und Betrachtungsweise im Rahmen der Ergebnisinterpretation. Folgende Wirkungsindikatoren sind für die Bewertung Biodiversität relevant:

- Erhöhung der Ökotoxizität ausgedrückt durch die Erhöhung des potentiell betroffenen Anteils (PAF) ausgewählter Taxa
- Erhöhung der Versauerung und Eutrophierung ausgedrückt durch die Erhöhung des Anteils potentiell verschwundener Taxa (PDF) von vaskulären Pflanzen teils modelliert für „alle“ Taxa
- Lokaler Effekt durch Landnutzung (wie oben)
- Lokaler Effekt durch Landkonvertierung (wie oben)
- Regionaler Effekt durch Landnutzung (wie oben)
- Regionaler Effekt durch Landkonvertierung (wie oben)

Relevante Wirkungsindikatorwerte sind:

- $PAF \cdot m^2 \cdot \text{Jahr}$ – PAF: Potentially Affected Fraction of species/möglicherweise betroffener Anteil von Spezies: Anteil der Individuen einer Spezies deren NOEC² unter einer bestimmten Expositionskonzentration eines Stoffes überschritten wird.
- $PDF \cdot m^2 \cdot \text{Jahr}$ – PDF: Potentially Disappeared Fraction of species/möglicherweise verschwundenen Anteil von Spezies: Anteil der Spezies eines Biotops, der unter einer bestimmten Expositionskonzentration eines Stoffes innerhalb dieses Biotops ausstirbt.

Impact 2002+Q2.21 kombiniert als Modell aus den Ergebnissen der Sachbilanz einer Teilaggregation auf Midpoint-Level mit einer schadensorientierten Aggregation auf unterschiedliche Endpoint-Levels. Eine Vollaggregation auf einen finalen Einzelwert wird jedoch nicht durchgeführt. Version adapted by Quantis: Die Normalisierung erfolgt durch die Inbezugsetzung der Wirkungen zur Anzahl der betroffenen Personen im Jahr und wird in der Version von Quantis im Unterschied zu Impact 2002+ in Punkten ausgedrückt. Der Normalisierungsfaktor repräsentiert die vollständige Wirkung einer spezifischen Kategorie dividiert durch die Einwohnerzahl Europas. Der Aggregationslevel wird mit einem Beispiel veranschaulicht:

- Midpoint Level in kg einer Referenzsubstanz seq
- Endpoint Level in DALY³, $PDF \cdot m^2 \cdot \text{year}$ und MJ
- Normalisierter Endpoint Level in Punkten, die Personen*Jahren entsprechen. Das heißt, ein Punkt entspricht der durchschnittlichen Wirkung, die von einer Person innerhalb eines Jahres in Europa verursacht wird.

Im Vergleich zu IMPACT 2002+ weist IMPACT 2002+Q2.21 eine Erweiterung der betrachteten Aspekte um die Nutzung von Wasser auf, z.B. um Turbinenwasser (jene Menge Wasser, die nötig ist, um die Elektrizität zu erzeugen, die für den gesamten Lebenszyklus des Produkts notwendig ist), Wasserentnahme (diese umfasst, neben Verdunstung, jegliche Nutzung außer Turbinenwasser, z.B. Trinkwasser, Bewässerung, etc.) und Wasserverbrauch (kann, je nach Interpretation, Teil der Wasserentnahme sein).

Impact World+: Impact World+ ist ein Modell, das sowohl eine Teilaggregation auf Midpointlevel als auch eine schadensorientierte Aggregation auf Endpoint-Level umfasst. Eine Vollaggregation auf einen Wert erfolgt nicht.

² höchste Konzentration ohne beobachtete schädliche Wirkung, englisch „No Observed Effect Concentration, kurz NOEC“ bezeichnet die höchste Expositionskonzentration eines Stoffes, bei der keine statistisch signifikante expositionsbezogene Wirkung auf eine definierte Rezipientengruppe festgestellt werden kann

³ Als Maß für Lebensqualität wurden die behinderungsbereinigten Lebensjahre, englisch „Disability-Adjusted Life Years“, kurz DALY, festgelegt. Mit DALY wird nicht ausschließlich die menschliche Sterblichkeit erfasst, sondern auch die Beeinträchtigung eines beschwerdefreien Lebens.

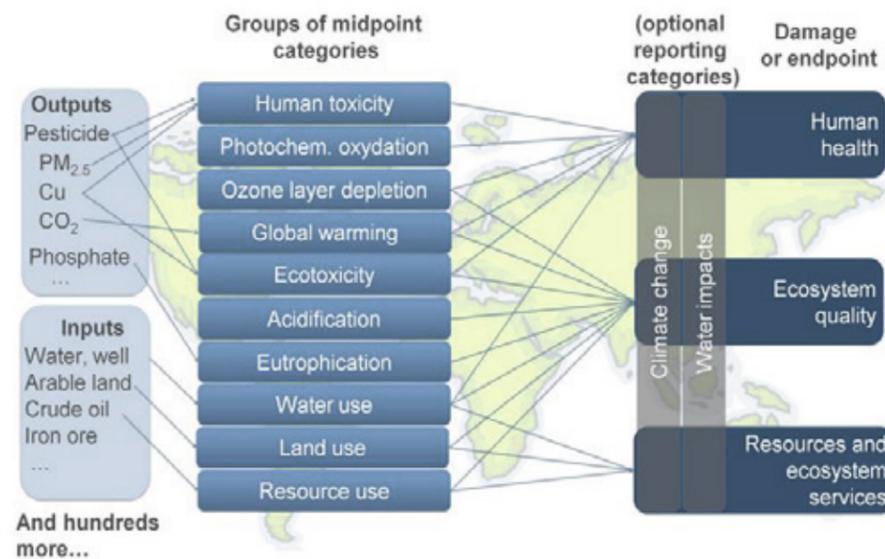


Abbildung 7: Darstellung des Charakterisierungsmodells von Impact World+;
Quelle: <http://www.impactworldplus.org/en/methodology.php>, nach IBR&I 2016 (Seite 111)

Zur Einbeziehung der Klimaerwärmung und Landnutzung gibt es keine Beschreibung. Der Fokus der Präsentation des Modells liegt auf Wassernutzung und Ökotoxizität.

Die Wassernutzung und ihre Auswirkung auf die Biodiversität sind durch eine Unterteilung in vier Kategorien sehr genau erfasst. Die räumliche Differenzierung des Modells in global, kontinental (neun Regionen), Landesebene und Feinauflösung erlaubt eine, an unterschiedliche Anforderungen angepasste, Erhebung und Auswertung der Daten aus der Sachbilanz.

Die Ökotoxizität wird auf Midpoint Ebene ausgedrückt durch die Erhöhung des Anteils potentiell betroffener Taxa (PAF). Die verwendete Einheit, CTUe – Comparative Toxic Units⁴, wurde von USEtox übernommen. $CTUe \text{ per kg emitted} = PAF \cdot m^3 \cdot \text{day per kg}_{\text{emitted}}$.

Auf Endpoint Ebene werden alle Wirkungskategorien, welche die Ökosystemqualität betreffen, über $PDF \cdot m^2 \cdot \text{Jahr}$, das bedeutet, über die Erhöhung des Anteils potentiell verschwundener Arten, ausgedrückt.

ReCiPe verbindet das problemorientierte, auf Midpoint-Level Kategorien aggregierende, Modell CML-IA mit einer schadensorientierten Endpoint Aggregation auf die Schutzgüter Humangesundheit, Ökosysteme und Ressourcen, aufbauend auf Eco Indicator 99. Dabei ist es möglich die Charakterisierung auf Endpoint-Level mit oder ohne Kalkulation der Midpoints durchzuführen. Diese Möglichkeit der flexiblen Verknüpfung eines teilaggregierenden und eines vollaggregierenden Modells stellt eine besondere Charakteristik von ReCiPe dar. Relevante Wirkungsindikatoren für die Biodiversität sind:

- für den Klimawandel: Infraroter Strahlungsantrieb in $W \cdot \text{yr} / m^2$.
- für die terrestrische Versauerung: Basissättigung in $\text{yr} \cdot m^2$.
- für die Frischwasser Eutrophierung: Phosphorkonzentration in $\text{yr} \cdot \text{kg} / m^3$, jener für die Meeres-Eutrophierung ist die Stickstoffkonzentration in $\text{yr} \cdot \text{kg} / m^3$.
- Wirkungsindikatoren für Terrestrische Ökotoxizität, Frischwasser Ökotoxizität und Meeres-Ökotoxizität sind jeweils die risikogewichteten Konzentrationen von Chemikalien in $m^2 \cdot \text{yr}$.
- Wirkungsindikatoren für Landwirtschaftliche Landinanspruchnahme und städtische Landinanspruchnahme sind jeweils die Flächeninanspruchnahme in $m^2 \cdot \text{yr}$.
- Der Wirkungsindikator für die natürliche Landtransformation ist die Transformation in m^2 .

ILCD 2011: Das ILCD Handbuch stellt eine umfassende Anleitung zur Erstellung von LCAs dar. Es handelt sich nicht um ein konkretes Modell, wie z.B. Eco Indicator 99, oder auch ReCiPe und CML, sondern um eine evaluierende Zusammenschau. Unterschiedliche Methoden zu Grundlagen der Sachbilanzierung, englisch Life Cycle Inventory, kurz LCI, und der Wirkanalyse, englisch Life Cycle Inventory Analysis, kurz LCIA, werden diskutiert und bewertet. Als Schutzgüter sind Humangesundheit, Natürliche Umgebung (Biodiversität in Ökosystemen) und Natürliche Ressourcen (Produktivität von Ökosystemen) festgelegt.

Empfehlungen zu unterschiedlichen Methoden auf Basis von Veröffentlichungen bis 2008 werden je Midpoint und Endpoint Charakterisierungsmodell bzw. Wirkungsindikator abgegeben. Lücken in den Methoden und Forschungsbedarf zu einzelnen Kategorien werden aufgezeigt. Wirkungsindikatoren mit Relevanz für die Bewertung von Biodiversität sind:

- Als Indikator für den Klimawandel dienen Strahlungsantrieb und resultierende Temperatursteigerung.
- Eine verringerte Ozonkonzentration ist Wirkungsindikator für den stratosphärischen Ozonabbau.
- Die Wirkung der ionisierenden Strahlung auf Ökosysteme basiert auf der toxischen Konzentration, die 50% der Taxa beeinträchtigt, englisch Hazardous Concentration affecting 50% of species, kurz HC₅₀ und/ oder auf dem Konzept der Veränderungen im potentiell betroffenen Anteil, englisch potentially affected fraction, kurz PAF.
- Um die Konsistenz zu anderen Wirkungskategorien zu wahren wurde als Wirkungsindikator für die photochemische Ozonformation der zeitlich und räumlich integrierte Anstieg in der Ozonkonzentration der Troposphäre gewählt.
- Zur Versauerung wird kein Indikator angegeben.
- Zur Eutrophierung wird kein Indikator angegeben.
- Der empfohlene Midpoint Indikator für Ökotoxizität erfasst das gesamte Ausmaß der Wahrscheinlichkeit von Auswirkungen.
- Der empfohlene Endpoint Indikator für Ökotoxizität zeigt den Unterschied in der Schwere der Auswirkungen.
- Zur Landnutzung können Wirkungen auf Midpoint oder Endpoint Ebene beschrieben werden durch unterschiedliche Qualitätsindikatoren wie Artensterben, Primärproduktion, Verlust von Erdreich und Inhaltstoffe von Erdreich.
- Im Bereich des Abbaus von Ressourcen gibt es mehrere Ansätze und unterschiedliche Inhalte. Es können vier unterschiedliche Kategorien von Wirkungsindikatoren unterschieden werden:
 - Methoden, die am Beginn der Wirkungskette ansetzen und deren Umweltrelevanz niedrig ist.
 - Methoden, die auf der Knappheit von Ressourcen aufbauen.

⁴ Comparative toxic units, kurz CTUe, deutsch etwa toxische Vergleichseinheiten, werden im Modell USEtox eingeführt. Dabei entspricht eine CTUe dem $PAF \cdot m^3 \cdot \text{day}$ jeweils pro kg emittierter Substanz.

AUSBLICK

- Methoden, die auf Wasser fokussieren
- Endpoint Methoden, die versuchen den gesamten Umweltmechanismus abzubilden.

ILCD stellt eine ausführliche Anleitung zur Erstellung von LCAs dar. Es handelt sich nicht um eine Methode im eigentlichen Sinn, sondern um einen Handlungsleitfaden, der viele Erkenntnisse zu Sachbilanzen, Wirkungsindikatoren und Schutzgütern übersichtlich vergleicht und zusammenfasst. Es werden Handlungsempfehlungen abgegeben.

Clustering der Modelle der Lebenszyklusanalytik

Auch die Modelle der Lebenszyklusanalytik wurden geclustert, in sechs Gruppen, und mit ILDC 2011 wurde eine übergeordnete, zusammenführende Bewertung der Modelle identifiziert. Geclustert wurde nach den Prinzipien teilaggregierend auf Endpoint-Level, vollaggregierend, monetär/politische Modelle, nationale Modelle, teilaggregierende Modelle auf Midpoint-Level und toxisch determinierte Modelle:

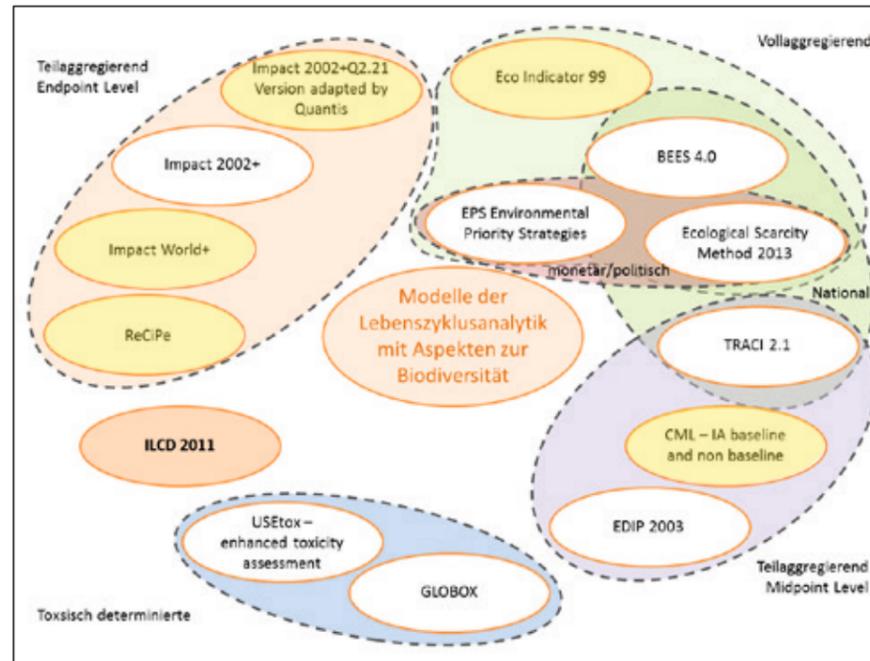


Abbildung 8: Cluster der lebenszyklusanalytischen Modelle mit Aspekten betreffend Biodiversitätsverluste (IBR&I 2016, Seite 166). Ausgewählte Modelle für die zukünftige Entwicklung eines Biodiversity Impact-Assessments für Baustoffe in gelb hervorgehoben.

Das IBR&I wurde seitens des Fachverbands Steine Keramik bereits damit beauftragt, auf Basis der durchgeführten Bewertung und Auswahl an biologisch, naturwissenschaftlich fundierten Methoden und Kenngrößen wie auch an Modellen der Lebenszyklusanalytik mit Aspekten zur Biodiversität ein Biodiversity Impact Assessment für Baustoffe zu entwickeln. Ergebnisse werden im Laufe des Jahres 2018 erwartet.

Die Forschungsaktivitäten der Initiative „Zukunftssicheres Bauen“ werden auch in den kommenden Jahren fortgesetzt. Dabei werden weiterhin Themen mit übergeordneter Bedeutung für die mineralische Baustoffindustrie aufgegriffen. Diskussionen zu Normen und zu Gebäudebewertungssystemen finden laufend statt, aktuelle Erkenntnisse sollten entsprechend eingearbeitet werden.

Die gesellschaftliche und politische Diskussion wird durch die hier vorgestellten wissenschaftlichen Ergebnisse auf einer vergleichenden Ebene bereichert und kann im Dialog zwischen ForscherInnen und Bauwirtschaft weiter geführt werden. Die Ergebnisse liefern auch einen Beitrag für Forschungs- und Förderprogramme im Baubereich, indem sie aktuellen Handlungs- bzw. Forschungsbedarf konkret aufzeigen. Die Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie trägt in hohem Ausmaß zur Qualitätssicherung, zur kritischen Reflexion wie auch zum Transfer von Ergebnissen in die österreichische Bauforschung bei.

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

VERZEICHNISSE

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Institutionen und Projekte der Phase 2, seit Mitte 2015 (teils noch laufend)	12
Tabelle 2: Institutionen und Projekte der Phase 1 (abgeschlossen)	12
Tabelle 3: Unternehmen, Umsatz und Beschäftigte in der österreichischen Massivbaustoffherstellung nach fünf erhobenen Branchen, 2014	14
Tabelle 4: Radien und Massenströme nach Berufsgruppe	15
Tabelle 5: Hauptergebnisse der regionalwirtschaftlichen Analyse für die österreichische Massivbaustoffherstellung 2014	16
Tabelle 6: Jährliche CO ₂ _{equ} -Emissionsvermeidungseffekte unterschiedlicher Holznutzungen	23

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Struktur und Organisation der Forschungsinitiative „Zukunftssicheres Bauen“. Quelle: ÖGUT	11
Abbildung 2: Abhängigkeit des HWB von der Bauweise, für den Wärmeschutzstandard Passivhaus: die dynamische Berechnung bildet den nennenswert höheren HWB der sehr leichten Bauweise (hellblaue Säule der linken Säulengruppe) realistisch ab. Das quasistationäre Verfahren unterschätzt ihn deutlich (hellblaue Säule der rechten Säulengruppe). Quelle: IBR&I, Studienergebnisse	19
Abbildung 3 (diese und vorherige Seite): Raumtemperaturverlauf im PH, schwere und sehr leichte Bauweise. Quelle: IBR&I, Studienergebnisse	19/20
Abbildung 4: Simulierte Vorratsentwicklung nach Bewirtschaftungsszenarien Quelle: BFW 2015, Kap. 5.3, S. 32, Abb. 20, nach IBR&I	24
Abbildung 5: Veranschaulichung der Kalkulation des Natural Capital Index Quelle: Brink ten 2000 nach IBR&I 2016, Seite 27)	28
Abbildung 6: Clustering der biologisch, naturwissenschaftlich fundierten Methoden und Kenngrößen (IBR&I 2016, Seite 165). Ausgewählte Methoden und Kenngrößen für die zukünftige Entwicklung eines Biodiversity Impact-Assessments für Baustoffe in gelb hervorgehoben.	30
Abbildung 7: Darstellung des Charakterisierungsmodells von Impact World+. Quelle: http://www.impactworldplus.org/en/methodology.php , nach IBR&I 2016 (Seite 111)	32
Abbildung 8: Cluster der lebenszyklusanalytischen Modelle mit Aspekten betreffend Biodiversitätsverluste (IBR&I 2016, Seite 166). Ausgewählte Modelle für die zukünftige Entwicklung eines Biodiversity Impact-Assessments für Baustoffe in gelb hervorgehoben.	34

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Baaske WE, Kranzl S (2016): Österreichische Massivbaustoffherstellung: Impulsgeber für Regionen. Analyse sozial- und regionalwirtschaftlicher Effekte österreichischer Werksstandorte. Studie im Auftrag des Forschungsvereins Steine-Keramik des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie.
- [2] Baaske WE, Lancaster B (2004): Evaluating Local Commitment for Employment – Towards a realisation of the European Employment Strategy, Trauner, Linz, ISBN 3-85487-573-8
- [3] Bartlmä N, Hammer R, Holzer P, IBR&I (2016): Biodiversity Impact Assessment. Sondierung möglicher baustoffspezifischer Charakteristika. Im Auftrag des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie.
- [4] BFW (2015): Klimaschutz in der Forstwirtschaft, Zukünftige Bewirtschaftungsszenarien für den österreichischen Wald und deren Auswirkungen auf Treibhausgase, Bundesforschungszentrum für Wald, BFW, Jänner 2015
- [5] Boku (2015): Holz Kohlenstoff Pool, Universität für Bodenkultur, Institut für Marketing und Innovation, BOKU, Jänner 2015
- [6] Hammer R, Holzer P, IBR&I (2016): Analyse aktueller Studien der Forstwirtschaft. Systematisch vergleichende Analyse vier aktueller wissenschaftlicher Publikationen zur Umweltrelevanz österr. Holzproduktion und -nutzung. Im Auftrag des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie.
- [7] Holzer P, Kreč K (2015): Vorbereitung der Nachweisführung mit dynamischer Gebäudesimulation in den baubehördlichen Wärmeschutznachweisen bzw. Energieausweisberechnungen. Schlussbericht zum Arbeitspaket 1 „Aufbereitung der theoretischen Grundlagen“. Im Auftrag des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie.
- [8] UBA (2015): Treibhausgasemissionen des stofflichen und energetischen Einsatzes von Holz in Österreich im Vergleich zu Substitutionsstoffen, Umweltbundesamt, UBA, Nov 2015

IMPRESSUM

Verantwortlich für den Inhalt:

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

AutorInnen:

DI Claudia Dankl | ÖGUT – Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik
DI Franziska Trebut | ÖGUT – Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik
Mag. (FH) Hannes Warmuth | ÖGUT – Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik

BearbeiterInnen der Teilprojekte der

Forschungsinitiative Zukunftssicheres Bauen:

Wolfgang Baaske | Renate Hammer | Peter Holzer | Klaus Kreč

Begleitung und Koordination der Initiative mit Unterstützung des bmvit

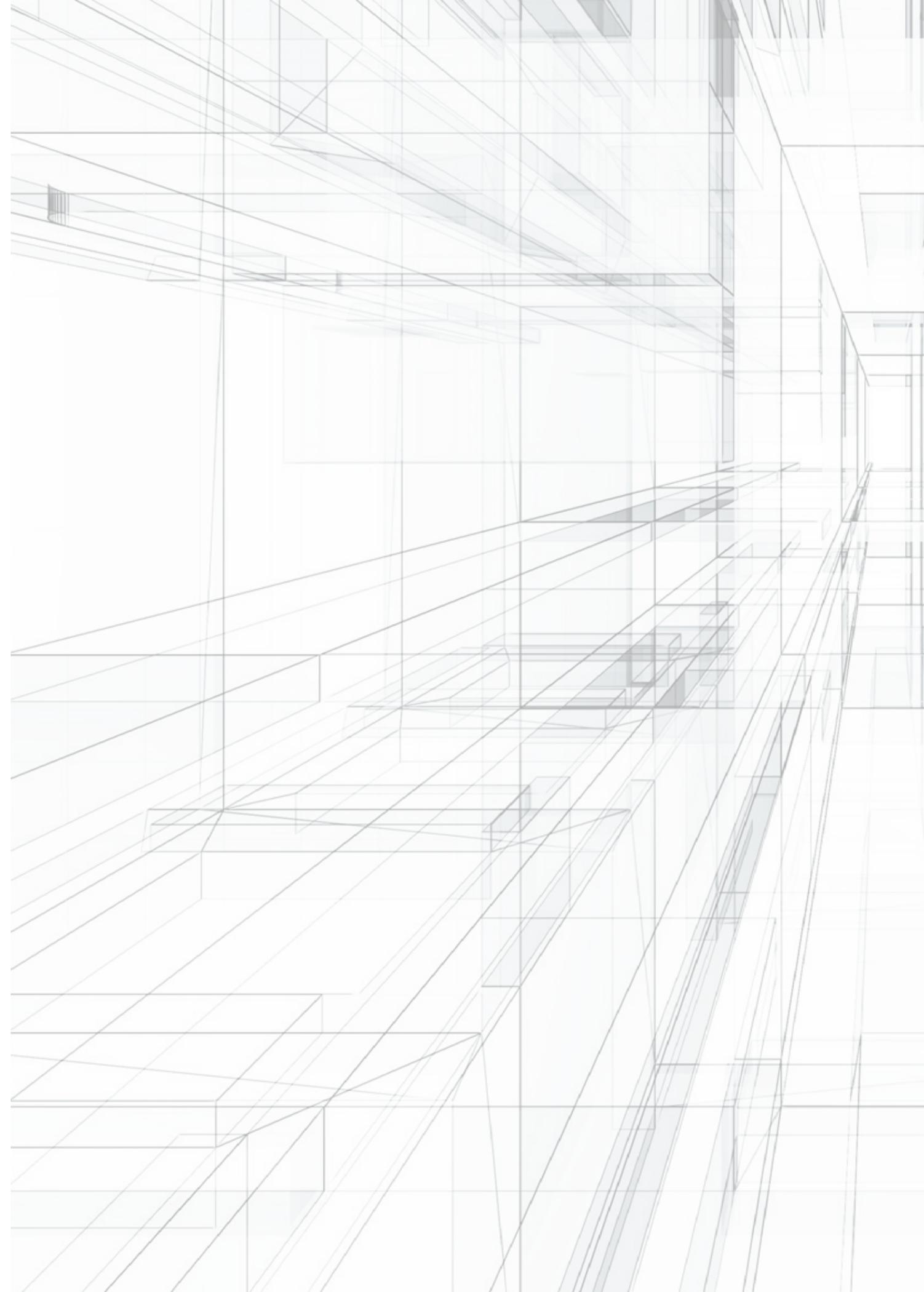
Grafik und Layout: designbar | creativityhappens

Fotocredits: bmvit, Lukas Lorenz, ÖGUT, iStock: Franck-Boston T, 1xpert

Druck: Wograndl Druck GmbH

Änderungen, Druck - und Satzfehler sowie Irrtümer vorbehalten.

Wien, Juni 2018



IN KOOPERATION MIT DEN FORSCHUNGSPARTNERN:



Institute of
**Building Research
& Innovation** ZT-GmbH



STUDIA
INTELLIGENT ANALYSiert