



- Tragfähigkeitserhöhung durch textilglasgitterverstärkte Mörtelfugen
- Bemessung von Fensterbrüstungen unter Ansatz der Biegezugfestigkeit
- Tragfähigkeitstabellen nach DIN EN 1996-3/NA:2019-12
- Beitrag des Mauerwerksbaus zum nachhaltigen Bauen
- Seismischer Nachweis von Mauerwerksbauten in Erdbebengebieten

Beitrag des Mauerwerksbaus zum nachhaltigen Bauen

Als komprimierter Vorabzug zu einer geplanten Veröffentlichung des Deutschen Ausschusses für Mauerwerk (DAfM) zeigt der nachfolgende Beitrag, (1) wo und wann im Lebenszyklus von Bauprodukten und (Wohn-)Gebäuden klimaschutzrelevante Nachhaltigkeitsaspekte vorliegen, (2) welche Beiträge zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz das Mauerwerk bereits heute leistet und (3) welche weiteren Beiträge es pro futuro leisten kann.

Stichworte Nachhaltigkeit; Klimaschutz; Mauerwerk; Lebenszyklus; Rohstoffe; Bauprodukte; Nutzungsphase; End of Life; Recycling

Masonry's contribution to sustainable construction

The following article explains (1) where and when in the life cycle of building products and (residential) buildings climate-related sustainability aspects exist, (2) analyses today's contribution of masonry to sustainability and climate protection and (3) points out further necessary contributions still to come.

Keywords sustainability; climate protection; masonry; life cycle; raw materials; building products; usage phase; end of life; recycling

1 Kontextualisierung

Aktuell wird der wissenschaftlich-politische Diskurs über eine nachhaltige Lebens- und Wirtschaftsweise dominiert von der Debatte um den Klimaschutz. Der Gesamtheit an Aspekten des nachhaltigen Bauens wohnt darüber hinaus eine deutlich weitreichendere thematische Breite aus der ökologischen wie ökonomischen und sozialen Sphäre inne. Jedenfalls kommt dem Bauwesen und als Teilbereich auch der Baustoffindustrie als volkswirtschaftlich relevantem Sektor¹ sowohl in Sachen Nachhaltigkeit im Allgemeinen als auch bezüglich des Klimaschutzes im Speziellen eine wichtige Rolle zu.

Auf Basis einer bereits bestehenden Studienreihe [1–5] sollte im Rahmen eines weiteren Bandes der Reihe aufgezeigt werden, (1) wo und wann im Lebenszyklus von Bauprodukten und (Wohn-)Gebäuden (vgl. Bild 1) klimaschutzrelevante Nachhaltigkeitsaspekte vorliegen, (2) welche Beiträge zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz die Bauweise Mauerwerk bereits heute leistet und (3) welche weiteren Beiträge das Mauerwerk *pro futuro* leisten kann und muss, um Teil einer nachhaltigen wie klimakompatiblen Lebens- und Wirtschaftsweise sein zu können.

2 Beginn des Lebenszyklus

2.1 Rohstoffsituation

Die mineralischen Rohstoffe des Mauerwerks sind als nicht erneuerbare Ressourcen zu kategorisieren, deren Vorkommen aber aus geologischer Sicht laut Bundesan-

stalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) weitestgehend und auch langfristig gesichert ist. Aus ganzheitlicher Perspektive ist gleichwohl auch richtig, dass der Rohstoffabbau mit der Flächennutzung für die Stadtplanung oder den Naturschutz in Konkurrenz steht. Erste Schritte seitens der öffentlichen Hand für einen fairen Ausgleich dieser Nutzungsansprüche wurden im Projekt „Mittel- und langfristige Sicherung mineralischer Rohstoffe in der landesweiten Raumplanung und in der Regionalplanung (MORO)“ [6] unternommen.

Für die Rohstoffgewinnung ist zudem erwähnenswert, dass die ortsnahe Rohstoffversorgung (Produktionsstandorte in unmittelbarer Nähe zu Rohstoffvorkommen) der masse-intensiven Mauerwerksindustrie *per se* zu kurzen Transportwegen und reduzierten Emissionen führt (Modul A2 gemäß Bild 1). Außerdem ist die Nachnutzung der nur temporären Abbaugelände sowohl gesellschaftlich als auch klimaschutzpolitisch bedeutsam, weil durch die gesetzlich vorgeschriebene Rekultivierung und Renaturierung attraktive Erholungsgebiete und wichtige Lebensräume für Flora und Fauna entstehen.

2.2 Herstellung von Bauprodukten

Aufgrund des nötigen Energieeinsatzes bei der Herstellung von Mauerwerk ist diese Phase (Modul A3 gemäß Bild 1) von großer Bedeutung für Nachhaltigkeit und Klimaschutz. Allerdings bestehen hier in puncto Energieintensität keine nennenswerten Unterschiede oder klimaschutzrelevanten Nachteile gegenüber der Herstellungsphase von Bauprodukten anderer Bauweisen. Bild 2 zeigt eine Auswertung der deutschen Datenbank für öko-bilanzielle Basisdaten *ökobau.dat* bzgl. der CO₂-Äquivalente des Moduls A3 je Tonne konstruktiver Bauprodukte. Es zeigt sich, dass pro Tonne Mauerwerk grundsätzlich

¹ Der Roh- und Ausbau von Gebäuden mit Mauerwerk stand im Jahr 2016 für eine direkte Wertschöpfung von über 41 Mrd. Euro und ca. 413 Tsd. Beschäftigte.

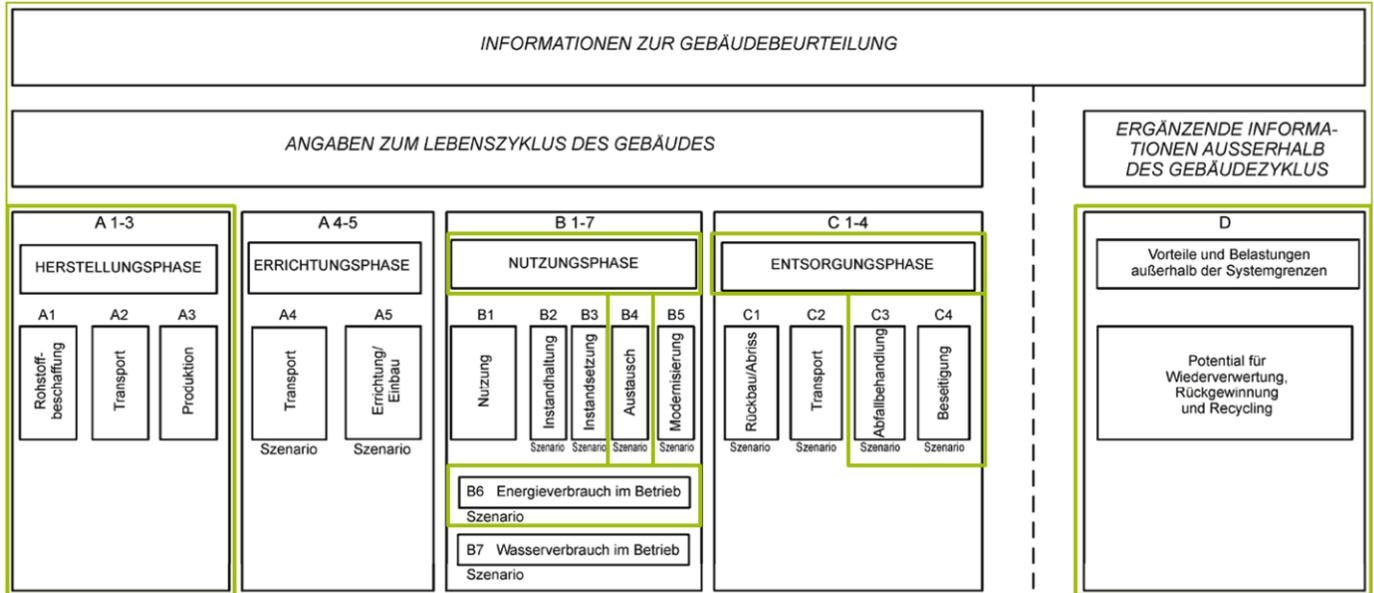


Bild 1. Gebäudelebenszyklusstadien nach DIN EN 15978 | Systemgrenzen aus [1]–[5]
Life cycle stages according to DIN EN 15978 | LCA system boundary of [1]–[5]

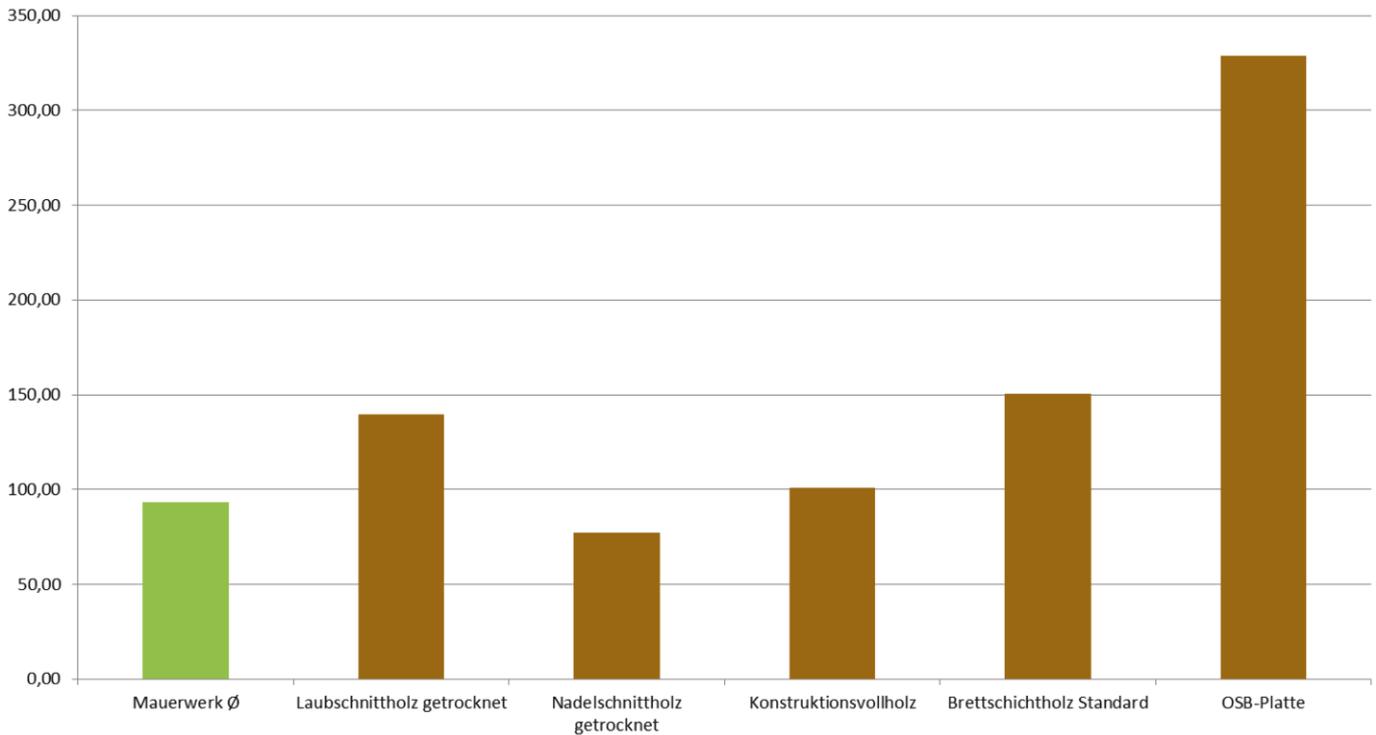


Bild 2. CO₂-Äquivalente in kg je Tonne konstruktives Bauprodukt (gemäß ökobau.dat, Version 2019-III vom 29.05.2019)
Berechnungsparameter: Ø-Bildung Mauerwerk nach Marktanteilen | für Ziegel und Porenbeton: Basisdaten aus Produkt-EPD
kg CO₂ equivalents per ton of building material (according to ökobau.dat)

keine signifikant höheren CO₂-Emissionen entstehen als etwa für konstruktive Hölzer/Holzwerkstoffe, sondern vielmehr teilweise deutlich niedrigere.²

Nichtsdestoweniger bieten die CO₂-Emissionen bei der Steinherstellung einen entscheidenden Ansatzpunkt, durch Effizienzmaßnahmen und eine perspektivische De-

karbonisierung der Energieversorgung weitere Beiträge zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit zu leisten (vgl. Abschnitt 5.3).

2.3 Errichtung von Gebäuden

Ohnehin ist die Tonne „Bauprodukt“ keine abschließend zielführende Betrachtungseinheit. Denn Klimakompatibilität und Nachhaltigkeit entscheiden sich auf Ebene des

² Für den Baustoff Beton liegen keine Angaben zu separaten CO₂-Äquivalenten für das Modul A3 vor.

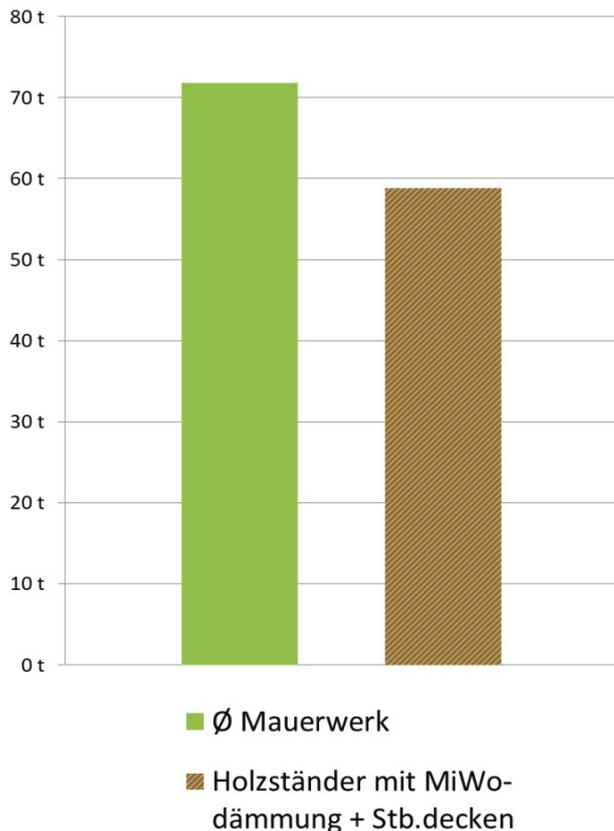


Bild 3. CO₂-Äquivalente in t bei der Gebäudeerstellung von EFH-Typengebäuden
CO₂ equivalents in tonnes for construction phase of model home type single family house

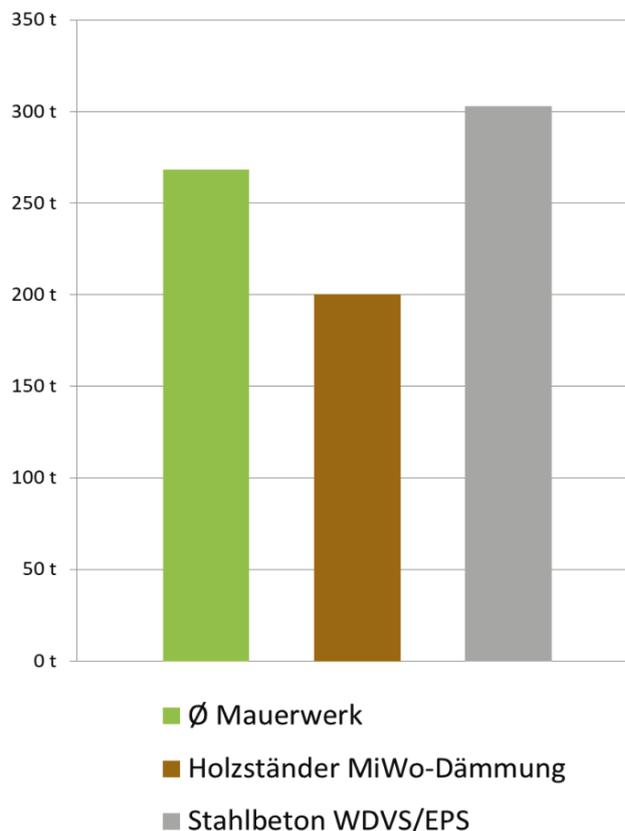


Bild 4. CO₂-Äquivalente in t bei der Gebäudeerstellung von MFH-Typengebäuden
CO₂ equivalents in tonnes for construction phase of model home type apartment building

Gesamtgebäudes über dessen vollständigen Lebenszyklus. Eine entsprechende ökobilanzielle Analyse und CO₂-Bilanzierung repräsentativer Typengebäude aus dem Ein- (EFH) und Mehrfamilienhaus-Bereich (MFH) war zentrales Element der bisherigen Studienreihe aus [1–5]. Die jüngsten Ergebnisse aus [5] für die Typengebäude und deren ersten Lebenszyklusabschnitt der Herstellungsphase verdeutlichen, dass sowohl zwischen Mauerwerk und Stahlbeton als auch zwischen Mauerwerk und Holz erhebliche CO₂-Emissionsunterschiede bestehen (siehe Bild 3 bzw. Bild 4), die maßgeblich aus rohstofflichen Charakteristika des Produktionsstadiums resultieren.

Die niedrigen Emissionswerte der Holzbauweise sind mit der ökobilanziellen Modellierung des Holzes als CO₂-Senke in seiner Ausgangsgestalt eines Baumes zu begründen, während die höchsten CO₂-Werte des Stahlbetons von den – im Vergleich zum Mauerwerk – deutlich höheren (absoluten) Gehalten an emissionsintensiven Bindemitteln, v. a. Zement, und der obligatorischen Verbundmaterialkomponente des Bewehrungsstahls verursacht werden. Allerdings ist zu betonen, dass die CO₂-Äquivalente der Gebäudeerstellung generell (jedenfalls beim derzeitigen Energiemix) nur einen untergeordneten Anteil an den gesamten CO₂-Äquivalenten des Lebenszyklus ausmachen.

Aus diesem rohstofflichen Hintergrund der Ergebnisdifferenzen leiten sich unmittelbar auch die wesentlichen Stoßrichtungen möglicher Verbesserungen ab: nämlich

eine weitere Optimierung der Rezepturen zement-basierter Mauersteinarten, eine schrittweise Dekarbonisierung der Zementherstellung und eine Substitution emissionsintensiver Primärrohstoffe durch Recyclingmaterialien (vgl. auch Abschnitt 5.3).

3 Nutzungphase im Zentrum des Lebenszyklus

Ganz wesentliches (qualitatives) Ergebnis der ökobilanziellen Analyse aus [5] war, dass die CO₂-Bilanz maßgeblich von den Energieverbräuchen für Wärme und Strom bestimmt wird und mithin divergierende *verbrauchsrelevante* – z. B. bauphysikalische – Eigenschaften von Bauweisen *ceteris paribus* (d. h. unter sonst gleichen Randbedingungen bzgl. energetischer Qualität, technischer Ausstattung etc.) zu Unterschieden in der CO₂-Bilanz führen (müssen).

Die höhere Wärmespeicherfähigkeit massiver Bauweisen wie dem Mauerwerk ist eine solche Eigenschaft. Auf Basis thermisch-energetischer Simulationen war bereits in [7] und [8] bestimmt worden, dass die o. g. Typengebäude aus Mauerwerk im Schnitt um 6,5% (EFH-Typengebäude) bzw. 8,5% (MFH-Typengebäude) niedrigere Heizenergiebedarfe aufweisen als das jeweilige Pendant in leichter Holzbauweise.

In der ganzheitlichen lebenszyklusorientierten Ökobilanzierung aus [5] konnten diese Heizenergiebedarfsunter-

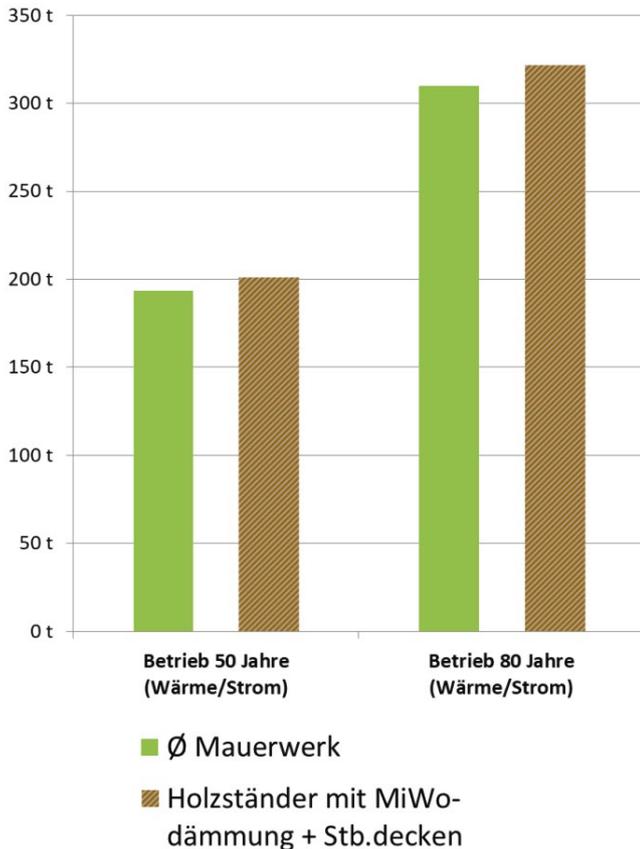


Bild 5. CO₂-Äquivalente in t in der Nutzungsphase des EFH-Typengebäudes
CO₂ equivalents in tonnes for usage phase of model home type
single family house

schiede als Differenz verursachter CO₂-Emissionen quantifiziert werden. Die entsprechenden Ergebnisse aus Bild 5 bzw. Bild 6 zeigen, dass in massiven Mauerwerkwohngebäuden über einen Lebenszyklus von 50 respektive 80 Jahren hinweg im Schnitt über 7 respektive 11 Tonnen weniger CO₂ durch die Beheizung verursacht werden als in funktional äquivalenten Wohngebäuden in Holzbauweise; was einen Teil des CO₂-bilanziellen Nachteils des Mauerwerks aus der Herstellungsphase (vgl. Abschnitt 2.3) bereits kompensiert.

Ein bau-/immobilienwirtschaftlicher Fokus auf eine klimakompatible Energieversorgung ist folgerichtig, gerade auch deshalb, weil eine entsprechende Dekarbonisierung der Energieversorgung ja nicht Halt machen würde vor Industrie und produzierendem Gewerbe und in diesem Kontext gleichsam auch die CO₂-Emissionen der Herstellung von Bauprodukten wie Mauerwerk reduziert würden. In diesem wünschenswerten Status spielten dann weder die Vorteile durch Wärmespeichereffekte des Mauerwerks noch die Vorteile durch Substitution fossiler Brennstoffe bei der energetischen Verwertung von Altholz eine bilanzielle Rolle.

4 Ende des Lebenszyklus

Die Abfallfraktion des Bauschutts, wozu auch Mauerwerk am Ende seines Lebenszyklus gehört, wird bereits heute nahezu vollständig (ca. 94%) stofflich verwertet

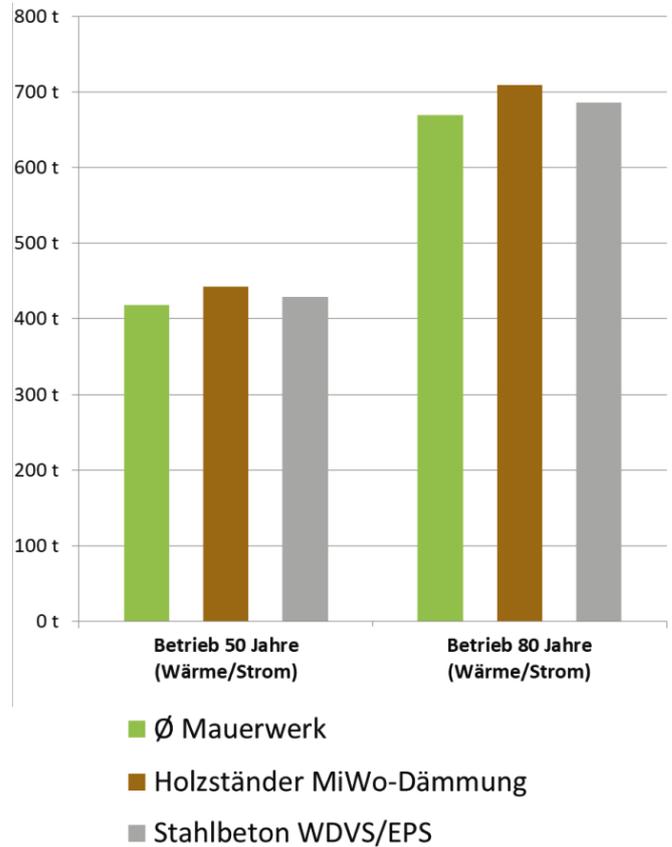


Bild 6. CO₂-Äquivalente in t in der Nutzungsphase des MFH-Typengebäudes
CO₂ equivalents in tonnes for usage phase of model home type
apartment building

bzw. zu fast 78% recycelt. Allerdings macht das Bauschutt-Recycling zu hochwertigen Sekundärrohstoffen (d.h. auf zum Ausgangsmaterial vergleichbarer Wertschöpfungsstufe) aktuell mit 21% nur einen kleinen Teil der Gesamtproduktion an Recycling-Baustoffen aus [9].

Immerhin wird damit aber gegenüber gängigen End-of-Life-Szenarien anderer Bauweisen eine hochwertigere Abfallhierarchie-Stufe erreicht. Beispielsweise wird Altholz heute weit überwiegend thermisch verwertet, was zur Erzeugung von Wärme und/oder Strom beiträgt, insbesondere aber auch erhebliche Auswirkungen auf die CO₂-Bilanz eines (Wohn-)Gebäudes hat (siehe Bild 7 bzw. Bild 8). Denn beim Verbrennungsprozess wird das beim Wachstum des Baumes biogen gespeicherte CO₂ wieder frei – für Konstruktionsvollholz etwa sind dies gemäß *ökobau.dat* über 1,6 kg CO₂-Äquivalente pro kg thermisch verwertetem (Alt-)Holz. Für die Typengebäude verursacht die Holzbauweise zwischen 27 und 47% mehr CO₂-Emissionen beim End of Life, verbunden mit entsprechend weiterer Nivellierung der Ergebnisunterschiede aus der Herstellungsphase (vgl. Abschnitt 2.3).

Gleichwohl stehen die Mauerwerks- wie die gesamte mineralische Baustoffindustrie hinsichtlich der relativ geringen Quoten hochwertigeren Recyclings und im Sinne vollständig geschlossener Stoffkreisläufe vor großen Herausforderungen. Für hochwertigere Verwertungsmöglichkeiten sind etwa limitierende Faktoren wie unzureichende Verfahrensweisen beim Abbruch/Rückbau, Trennung

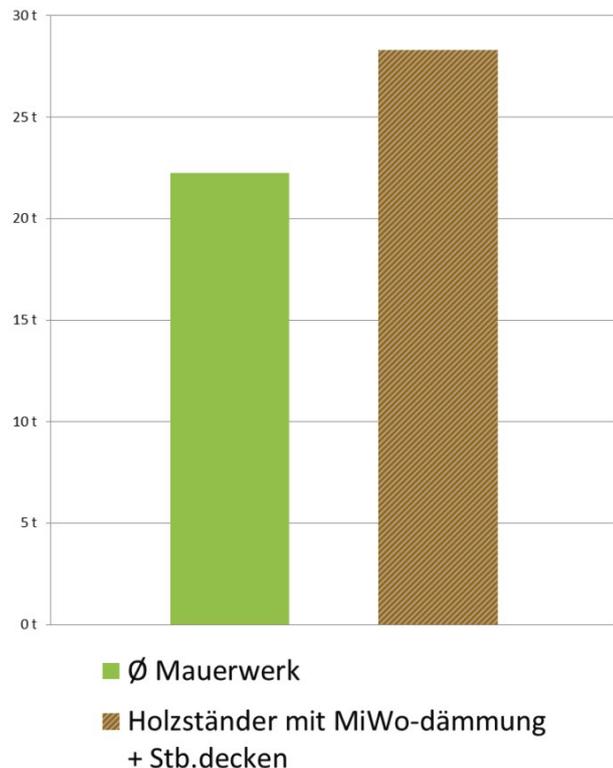


Bild 7. CO₂-Äquivalente in t des End of Life des EFH-Typengebäudes
CO₂ equivalents in tonnes for end of life of model home type apartment building

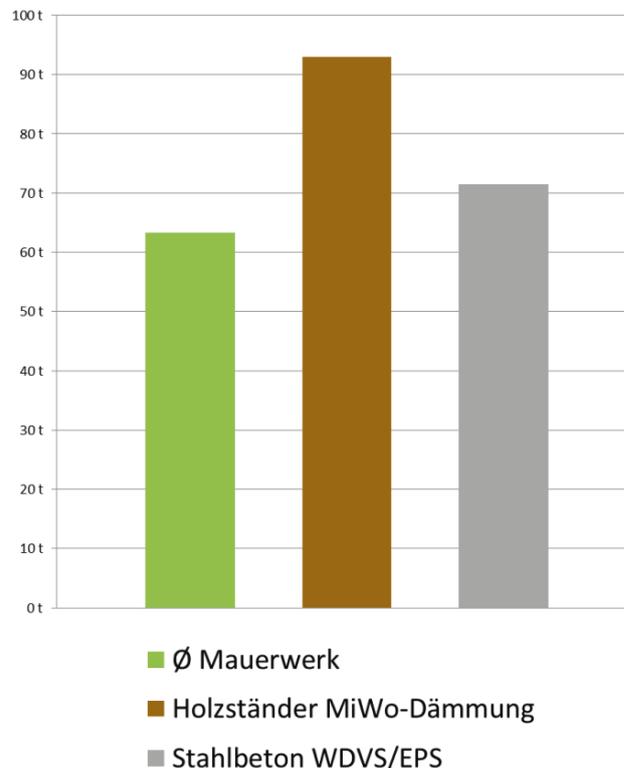


Bild 8. CO₂-Äquivalente in t des End of Life des MFH-Typengebäudes
CO₂ equivalents in tonnes for end of life of model home type apartment building

und Aufbereitung oder fehlende Marktplattformen zu beheben. Aktuelle Forschungsprojekte aus Industrie und Wissenschaft zeitigen hier erste Fortschritte [10]. Des Weiteren stellt die Wiederverwendung von massiven Bauteilen z. B. aus Mauerwerk eine noch konsequentere Verfolgung des Denkens in geschlossenen Kreisläufen dar, weil hierdurch vor allem Verluste an vergegenständlichter Energie und Arbeit vermieden werden [11]. Zu flankieren sein wird dies auch mit neuen Geschäftsmodellen, durch die überhaupt erst der nötige breitgefaste Zugriff auf Sekundärrohstoff-Potenziale (sog. Urban Mining als Nutzung einer anthropogenen (städtischen) Rohstofflagerstätte) ermöglicht und ein funktionierender Markt etabliert werden kann – bis hin zu neuen service-orientierten Geschäftsmodellen, in denen Bauprodukte/Bauteile über feste Nutzungsdauern in Leasing-Modellen angeboten werden (bereits heute etwa für Bodenbeläge [12] oder Fassaden [13]) und sich der Hersteller und „Leasing-Geber“ so den Zugriff auf die zurückzubauenden Sekundärrohstoffe sichern kann.

5 Gesamtbetrachtung

5.1 Ökologische Nachhaltigkeit und Klimakompatibilität

Eine abschließende Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeitsqualität und Klimakompatibilität für (Wohn-)Gebäude bedarf grundsätzlich einer Gesamtbetrachtung des Gebäudelebenszyklus. In den Beschreibungen der Abschnitte 2 bis 4 wurde bisher jeweils nur die CO₂-Bilanz diskreter Lebenszyklusphasen der o. g. Typengebäud-

de adressiert. Vervollständigt man diese Analysen hin zu einer ganzheitlichen Ökobilanz, entsteht eine Gesamt-CO₂-Betrachtung wie in Bild 9 bzw. Bild 10 für einen 50-Jahre-Lebenszyklus (als normative Konvention eines Zeithorizonts)⁵ dargestellt. Die ökobilanziellen Unterschiede der betrachteten Bauweisen aus der Herstellungsphase (vgl. Abschnitt 2) haben sich bereits komplett nivelliert. Denn (1) wird beim End of Life die CO₂-Speicherwirkung des Holzes umgekehrt (vgl. Abschnitt 4), und (2) verursacht die Holzbauweise in der Nutzungsphase wegen der geringeren Wärmespeichereffekte mehr CO₂ (vgl. Abschnitt 3). Insgesamt beträgt die CO₂-Einsparung über 50 Jahre für das MFH-Typengebäude in Holzbau gegenüber dem Mauerwerk 1,9% bzw. 15,8 Tonnen; für das EFH-Typengebäude in Holzbau sind gegenüber Mauerwerk um 0,3% bzw. 0,89 Tonnen höhere CO₂-Emissionen zu konstatieren.

Für eine Betrachtung von 80 Jahren als realitätsnahe Ansatz für den Lebenszyklus eines (Wohn-)Gebäudes setzt sich die Ergebnissenivellierung fort (siehe Bild 11 und Bild 12): Mit Mauerwerk lassen sich gegenüber dem Holzbau für das EFH- bzw. MFH-Typengebäude 2,1% (9,55 Tonnen) bzw. 4,0% (45,9 Tonnen) CO₂-Äquivalente einsparen. Hier können sich die Vorteile höherer Wärmespeichereffekte des Mauerwerks über einen längeren Zeitraum kumulieren, und die obligatorisch anzusetzenden Nutzungsdauern für (konstruktive) Holzbauteile von kleiner 80 Jahren führen zu höheren Erneuerungsmaßnahmen.

⁵ Als Variante und „gelebte“ Baupraxis wird anschließend auch ein 80-Jahre-Lebenszyklus betrachtet.

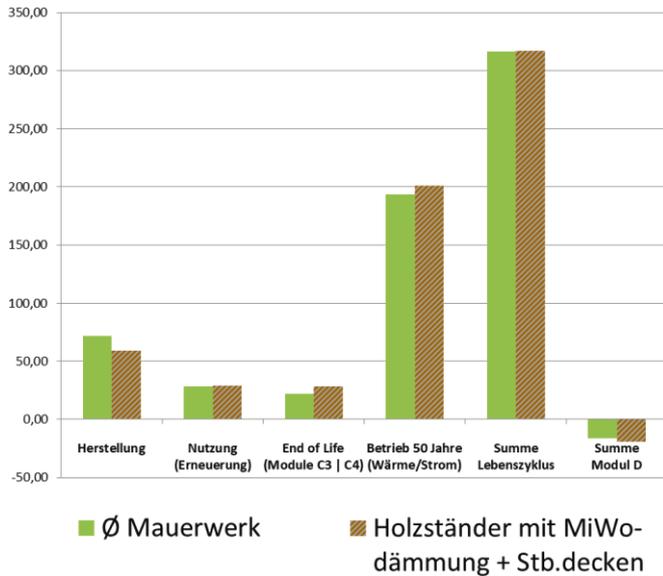


Bild 9. CO₂-Äquivalente in t für EFH-Typengebäude für 50-Jahre-Gebäudelebenszyklus
CO₂ equivalents in tonnes of model home type single family house for 50 years life cycle

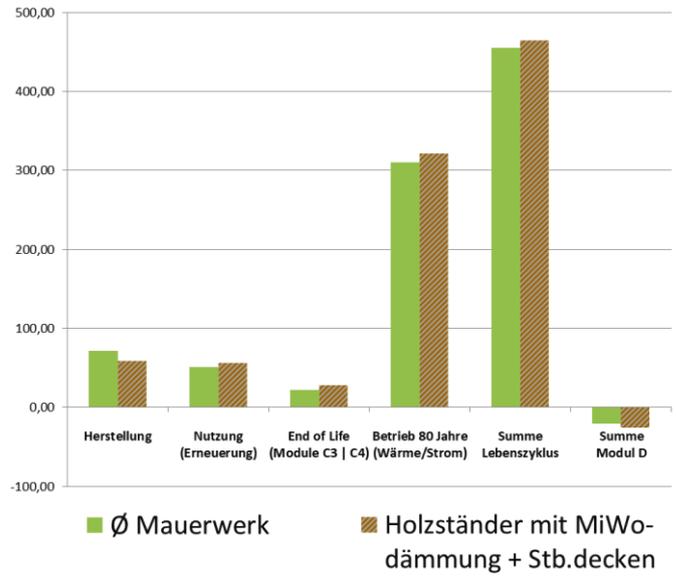


Bild 11. CO₂-Äquivalente in t für EFH-Typengebäude für 80-Jahre-Gebäudelebenszyklus
CO₂ equivalents in tonnes of model home type single family house for 80 years life cycle

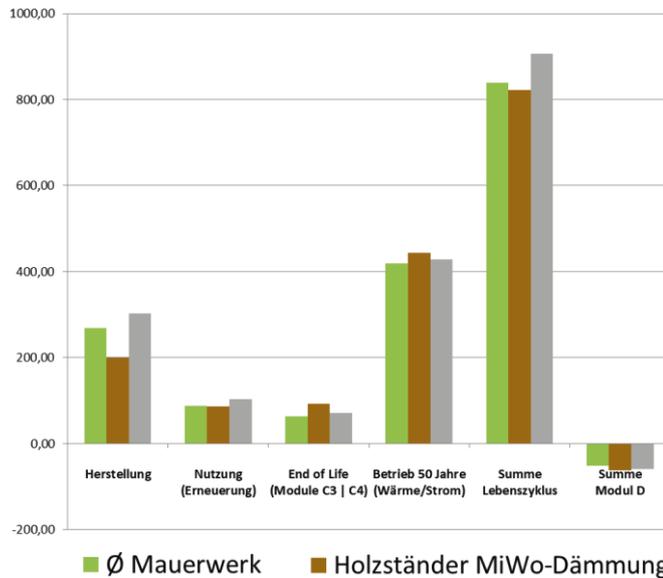


Bild 10. CO₂-Äquivalente in t für MFH-Typengebäude für 50-Jahre-Gebäudelebenszyklus
CO₂ equivalents in tonnes of model home type apartment building for 50 years life cycle

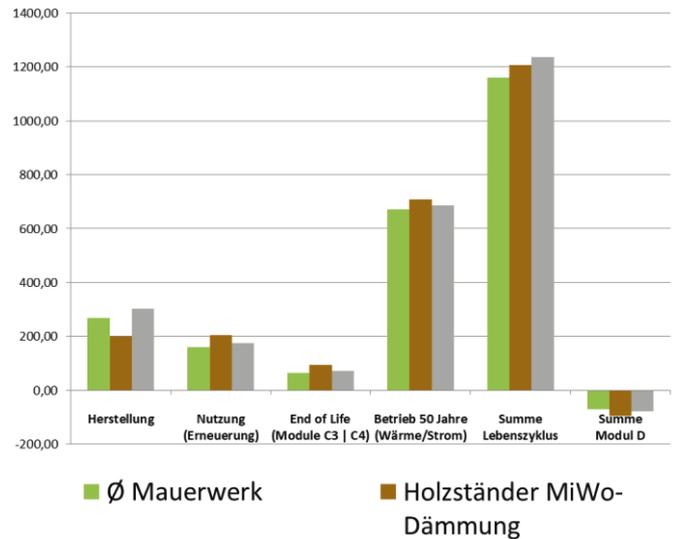


Bild 12. CO₂-Äquivalente in t für MFH-Typengebäude für 80-Jahre-Gebäudelebenszyklus
CO₂ equivalents in tonnes of model home type apartment building for 80 years life cycle

Im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit tritt mit der Baubiologie (Vermeidung von Schadstoffen wie organische Lösemittel, Weichmacher etc.) ein weiterer Anforderungsbereich hinzu, insbesondere mit Blick auf die Innenraumluftqualität (siehe Abschnitt 5.2). Anders als Holz (-werkstoffe) im Baubereich können mineralisch basierte Baustoffe wie Mauerwerk hier *per se* als unkritisch und emissionsarm klassifiziert werden.

5.2 Ökonomische und soziokulturelle Nachhaltigkeit

Qualitätsbestimmend für die ökonomische Nachhaltigkeit von (Wohn-)Gebäuden sind zum einen die Lebenszy-

kluskosten (über Herstellungskosten hinaus v. a. Instandhaltungskosten inkl. Preissteigerungsraten und Diskontierung künftiger Zahlungen auf heute) und zum anderen die Werthaltigkeit (mit Nutzungsflexibilität und Werthaltigkeit als Maßstäbe).

Für das Mauerwerk wirken sich zweierlei Charakteristika reduzierend auf die Lebenszykluskosten aus. Es sind dies (1) niedrigere Herstellungskosten gegenüber Stahlbeton- und Holzbauweise aufgrund einfacherer bautechnischer Verarbeitung (vgl. Bild 13). Und (2) deutlich niedrigere Nutzungskosten gegenüber der Holzbauweise aufgrund längerer technischer Lebensdauern von Wandkonstruktionen, insbesondere für realitätsnahe Zeithorizonte von 80 Jahren und mehr (siehe Bild 14 und Bild 15).

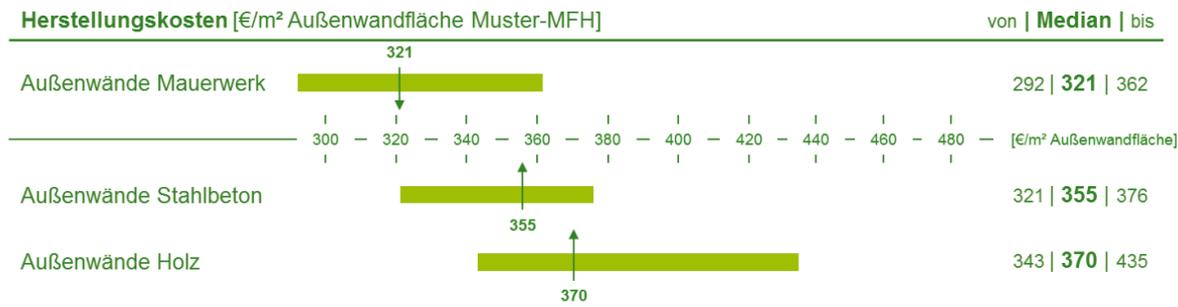


Bild 13. Herstellungskosten von Außenwandkonstruktionen gemäß Daten aus [4]
Manufacturing costs of exterior wall constructions according to data of [4]

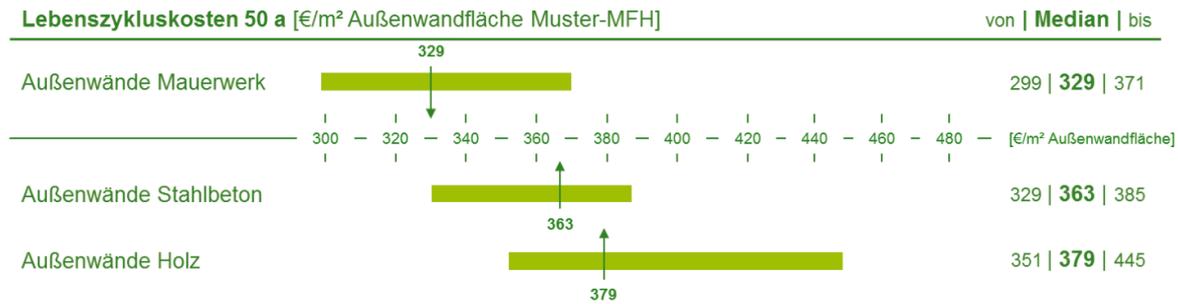


Bild 14. Lebenszykluskosten-Betrachtung über 50 Jahre auf Basis von Daten aus [4]
Life cycle cost analysis for 50 years approach based on data according to [4]

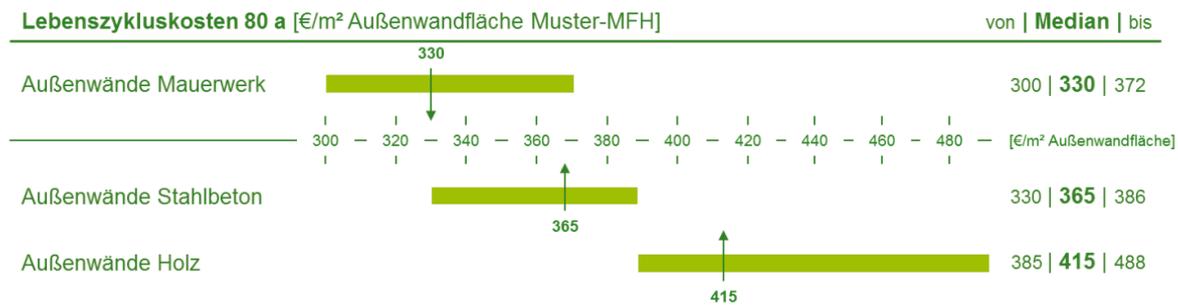


Bild 15. Lebenszykluskosten-Betrachtung über 80 Jahre auf Basis von Daten aus [4]
Life cycle cost analysis for 80 years approach based on data according to [4]

Die Mauerwerksbauweise begünstigt zudem die Nutzungsflexibilität als eine Ausprägung der Werthaltigkeit. Denn ihre statischen Reserven führen in Verbindung mit den üblichen Stahlbetondecken bei Nutzungsänderungen zu statisch und baupraktisch leichter umsetzbaren Grundrissänderungen oder einer Kompensation von Laststeigerungen. Und auch die hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Schadensergebnissen bzw. ein entsprechendes Sicherheitsniveau⁴ trägt zur Werthaltigkeit von Mauerwerksgebäuden bei.

Als zentrale konstruktionsspezifische soziokulturelle Aspekte sind der thermische und der akustische Komfort bzw. der Schallschutz zu nennen. Dabei resultieren die Vorzüge der Mauerwerksbauweise aus ihrer vergleichsweise hohen Masse, was einerseits zu einer höheren Wärmespeicherfähigkeit und letztlich zu positiven Auswirkungen auf winterliche Heizenergiebedarfe und Spitzen-

heizleistungen sowie sommerliche Überheizungszeiträume und Spitzentemperaturen führt. Andererseits lassen sich mit der monolithischen Mauerwerksbauweise auch schallschutztechnische Anforderungen deutlich leichter einhalten als mit leichten Bauweisen, die komplexe Konstruktionsdetails erfordern.

Mineralische Baustoffe wie Mauerwerk legen zudem hervorragende baukonstruktive Voraussetzungen für eine hohe Raumluftqualität und Nutzergesundheit, weil potenzielle Schadstoffquellen in der Gebäudekonstruktion *per se* vermieden werden (vgl. Abschnitt 5.1).

5.3 Forschungsbedarfe für den Mauerwerksbau

Eine ganz grundlegende Aufgabenstellung für die Mauerwerksindustrie wird einerseits eine faire und sachgerechte Synchronisation der (langfristigen) geologischen Ressourcenverfügbarkeit mit anderen sozialen und ökologischen Nutzungsinteressen an (potenziellen) Abbaugebieten sein.

⁴ Etwa beim Brandschutz: nichtbrennbarer Baustoff, hoher Feuerwiderstand, niedriges materielles Schadensausmaß im Schadensfall.

Dieser Themenkomplex der Rohstoffversorgung und Flächennutzung steht andererseits im Zusammenhang mit Verbesserungen bei der Nutzung von Sekundärrohstoffen/-produkten. Gemeinsam mit der rahmensetzenden Politik muss die Mauerwerksindustrie hier produktionstechnologische, verfahrenstechnische und marktmechanische Hindernisse einer Ausweitung der hochwertigen stofflichen Verwertung und konstruktionsbezogene Hemmnisse für eine Etablierung der Wiederverwendung ganzer Bauteile konsequenter angehen.

Die unter Abschnitt 5.1 konstatierte Ergebnisgleichheit der Gesamt-CO₂-Betrachtung der Typengebäude bedeutet mitnichten, dass die Bauweisen keine Handlungsbedarfe mehr aufweisen – auch für Mauerwerk bestehen dezidierte Potenziale der Verbesserung. Ein solcher Bereich betrifft die Reduzierung der Klimaeffekte der Prozesse zum einen des Rohstoffabbaus und zum anderen der Mauersteinherstellung durch eine Dekarbonisierung und entsprechende Umstellung der Energieversorgung (erneuerbare Energieproduktion und -versorgung direkt am (Produktions-)Standort, klimakompatible Energieversorgung von jenseits des (Produktions-)Standorts und Kompensationen). Zudem ist Zement als Rezepturbestandteil von Mauersteinen⁵ ein ganz wesentlicher Trei-

⁵ Für Ziegel als Mauersteinart ohne das Bindemittel Zement gelten allein die Ausführungen zu Möglichkeiten der Dekarbonisierung des Herstellungsprozesses.

Literatur

- [1] Graubner, C.-A.; Pohl, S. (2013) *Nachhaltigkeit von Ein- und Zweifamilienhäusern aus Mauerwerk*. Institut für Massivbau, Technische Universität Darmstadt.
- [2] Graubner, C.-A.; Pohl, S. (2014) *Nachhaltigkeit von mehrgeschossigen Wohngebäuden aus Mauerwerk*. Institut für Massivbau, Technische Universität Darmstadt.
- [3] Pohl, S. (2016) *Nachhaltigkeit von Mauerwerk im Geschosswohnungsbau*. LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH, Darmstadt.
- [4] Pohl, S. (2017) *Betrachtungen zur Nachhaltigkeitsqualität der Holzbauweise im Wohnungsbau*. LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH, Darmstadt.
- [5] Pohl, S. (2018) *CO₂-Tonnagen und Wärmespeichereffekte über den Lebenszyklus von Gebäuden*. LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH, Darmstadt.
- [6] BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) [Hrsg.] (2017) *Mittel- und langfristige Sicherung mineralischer Rohstoffe in der landesweiten Raumplanung und in der Regionalplanung* (Abschlussbericht; MORO Praxis Heft 9). BMVI, Berlin.
- [7] Lahme, A.; Buchholz, S. (2015) *Einfamilien-Typenhaus nach EnEV-2016-Standard in verschiedenen Bauweisen – Beratung zur Verbesserung des thermischen Komforts und zur Energieeinsparung*. alware GmbH, Braunschweig.
- [8] Lahme, A. (2015): *Mehrfamilien-Typenhaus nach EnEV-2016-Standard in verschiedenen Bauweisen – Beratung zur Verbesserung des thermischen Komforts und zur Energieeinsparung*. alware GmbH, Braunschweig.
- [9] bbs „Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.“ [Hrsg.] (2018) *Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016*. Berlin.
- [10] Fraunhofer IBP [Hrsg.] (2019) *Presseinformation: Das Fraunhofer-Projekt BauCycle: Recycling von feinkörnigem Bauschutt*. Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen.
- [11] Jäger, W. (2019) *Nachhaltigkeit im Mauerwerksbau – Wiederverwendungsfähige Mauerwerkskonstruktionen REM-MOMAB – Rezyklierbare modulare Massive Bauweise*. Vortrag zur 12. Sitzung des Runden Tisches Ressourceneffizienz im Bauwesen, Berlin.
- [12] Internet-Auftritt von Tarkett Holding GmbH Desso (2020) *Desso Services*, www.desso-businesscarpets.de/dienstleistungen/teppich-leasing/ [Abruf am 28.11.2019]
- [13] Internetauftritt von Lindner Group KG (2020) *Produktleasing*, lindner-group.com/de_DE/kompetenzen/green-build/produktleasing/ [Abruf am 28.11.2019]

Autor

Dr.-Ing. Sebastian Pohl (Korrespondenzautor)
s.pohl@lcee.de
LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH
Birkenweg 24
64295 Darmstadt

Zitieren Sie diesen Beitrag

Pohl, S. (2020) *Beitrag des Mauerwerksbaus zum nachhaltigen Bauen*. Mauerwerk 24, H. 2, S. 100–107.
<https://doi.org/10.1002/dama.202000003>

Dieser Aufsatz wurde in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet. Eingereicht: 24. Januar 2020; angenommen: 20. März 2020.