

Bautechnologien für den Klimaschutz

Monitoring innovativer Bauformen mit besonderer Relevanz
für den Klimaschutz in Österreich

Gekürzte Fassung

R. Lechner, B. Lubitz-Prohaska,
D. Orth, A. Stimpfl, L. Brenneis

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

48a/2023

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Autorinnen und Autoren: Robert Lechner, Beate Lubitz-Prohaska, Daniel Orth, Anna Stimpfl, Leander Brenneis (alle pulswerk GmbH)

Gesamtumsetzung: pulswerk GmbH, das Beratungsunternehmen des Österreichischen Ökologie-Instituts

Fotonachweis: Bruno Klomfar für Haus der Zukunft (CC BY-NC) – Seite 14, Kurt Hörbst für BMK / Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit – Seite 15 und 22, Manfred Seidl – Seite 21, Herta Hurnaus für Wienerberger – Seite 27, Wienerberger Ziegelindustrie GmbH – Seite 28

Wien, 2023

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundeskanzleramtes und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an Isabella Warisch Isabella.Warisch@bmk.gv.at.

Ihre Rückmeldungen an das Autor:innenteam richten sich bitte gesamthaft an Leander Brenneis Brenneis@pulswerk.at

Bautechnologien für den Klimaschutz

Monitoring innovativer Bauformen mit besonderer Relevanz
für den Klimaschutz in Österreich

Gekürzte Fassung

Robert Lechner, Beate Lubitz-Prohaska,
Daniel Orth, Anna Stimpfl, Leander Brenneis
pulswerk GmbH

Wien, November 2022

Im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorwort

Österreichs Bauwirtschaft kann mittlerweile seit Jahrzehnten auf zahlreiche Innovationsleistungen verweisen, die auch aufgrund vieler nationaler FTI-Programmen vorangetrieben wurden. Stand vor mittlerweile bald 20 Jahren das „Haus der Zukunft“ im Zentrum der Überlegungen, so hat sich der Fokus in den letzten zehn Jahren auf gebäudetaugliche Energiesysteme und netztaugliche Lösungen im Gebäudeverbund bis hin zur „Stadt der Zukunft“ gewandelt. Das Ziel Klimaneutralität 2040 stellt nun zunehmend neue Schwerpunkte in den Mittelpunkt: Begriffe wie Nullenergiehäuser, Gebäude als Kraftwerk und netzdienlicher Energiespeicher, Treibhausgasneutralität der verwendeten Baumaterialien und zuletzt die Kreislauffähigkeit im gesamten Lebenszyklus zielen allesamt auf umfassende Nachhaltigkeit und damit Zukunftsfähigkeit ab. Die Grenzen zwischen übergeordnetem Energiesystem, der Deckung des Gebäudeenergiebedarfs mit erneuerbarer Energie, der Baustoffproduktion und kaskadischen Weiterverwendung am Ende des Gebäudelebenszyklusses verschwinden dabei zusehends. Wenngleich hierzulande die Konkurrenz um das „beste und damit nachhaltigste“ Baukonzept groß ist, können allen in Österreich wichtigen Bauweisen umfassende Entwicklungsleistungen attestiert werden. Besonders energieeffizient sind sie dabei praktisch alle. Der Holzbau arbeitet zügig an weitestgehend treibhausgasneutralen materiellen Gebäudekonzepten, Bauteilaktivierung im Massivbau verspricht ganzjährig umfassenden thermischen Komfort und monolithische Ziegelbauten mit guten Dämmeigenschaften beschreiben den Weg ressourcenschonender thermischer Hüllkonzepte. Die gegenständliche Untersuchung betrachtet die wesentlichsten Vor- und Nachteile der Bauweisen, beschreibt deren Lösungskompetenz und Entwicklungsbedarf am Weg zur Klimaneutralität. Erstmals wurde dabei auch eine Marktübersicht für die Neubauleistung des letzten Jahrzehnts erstellt, die gezielt auf die drei Hauptbauweisen eingeht und eine Verbindung zu den dort realisierten Energiesystemen herstellt. Diese Marktsondierung versteht sich deshalb auch als Status Quo – Bericht und soll der Bauwirtschaft und Entscheidungsträger:innen auf allen Ebenen Orientierung für weitere Entwicklungsleistungen geben.

Inhalt

Vorwort	5
1 Ziele und zentrale Ergebnisse	9
2 Zielsystem: Was ist nachhaltig?	12
3 Holzbau und Klimaschutz	14
3.1 Treibhausgasneutralität von Holz als Baumaterial ist eine sensible Gratwanderung.....	14
3.2 Strukturierte Einschätzung zentraler Nachhaltigkeitsaspekte	16
3.3 Beispielhafte Realisierungen	18
3.3.1 Holz-Passivhaus am Mühlweg, 1210 Wien	18
3.3.2 Betriebsgebäude Denkwerkstätte, Dorf 135a, 6952 Hittisau.....	19
4 Bauteilaktivierung im Massivbau	20
4.1 Bauteilaktivierung sorgt ganzjährig für Behaglichkeit und macht Gebäude zum Energiespeicher	20
4.2 Strukturierte Einschätzung zentraler Nachhaltigkeitsaspekte	22
4.3 Beispielhafte Realisierungen	25
4.3.1 MG22, Mühlgrundgasse 24/26, 1220 Wien.....	25
4.3.2 Volksschule Leopoldinum in der SmartCity Graz, Waagner-Biro-Straße 99, 8020 Graz	26
5 Monolithischer Ziegelbau und Klimaschutz	27
5.1 Monolithischer Mauerziegelbau (fast) ohne Dämmstoff	27
5.2 Strukturierte Einschätzung zentraler Nachhaltigkeitsaspekte	29
5.3 Beispielhafte Realisierungen	31
5.3.1 Die drei Schwestern, Seestadt Aspern, 1220 Wien	31
5.3.2 Zukunftshaus 2020, 7400 Oberwart, Franz Korbadits Straße 18.....	32
6 Bauleistungen und Marktanteile 2010 bis 2021	33
6.1 Neu errichtete Gebäude nach Bauweisen seit 2010	33
6.1.1 Strukturelle Beschreibung der Neubauleistung.....	34
6.2 Neu errichtete Wohngebäude nach Bauweisen seit 2010.....	37
6.3 Neu errichtete Nichtwohnbauten nach Bauweisen seit 2010	39
6.4 Bauweisen und Energiesysteme seit 2010	44
6.4.1 Hauptbrennstoffe nach Bauweisen seit 2010.....	44
6.4.2 Bauweisen und für die Wärmebereitstellung verwendete Brennstoffe seit 2010 46	
6.4.3 Bauweisen und Wärmebereitstellungssysteme seit 2010	49
6.4.4 Bauweisen und Wärmeabgabesysteme seit 2010.....	50

7 Innovationsempfehlungen	51
7.1 Vertiefende Marktbeobachtung etablieren	51
7.2 Umfassende Scale-Up Untersuchungen im Hochbau umsetzen	51
7.3 Lebenszyklusbewertung & Technikfolgenabschätzung einführen	52
7.4 Circular Economy Construction & Bestandsentwicklung	53
7.5 Drei Technologie-Leader: Hybrides Bauen Strategie.....	54
Literaturverzeichnis	55
Tabellenverzeichnis	56
Abbildungsverzeichnis	57
Abkürzungen	58

1 Ziele und zentrale Ergebnisse

Energieeffizienz und erneuerbare Energieversorgung sind bekannte Qualitäten für klimafitte Gebäude. Mit dem Ziel Klimaneutralität 2040 wird der Fokus erweitert: Gebäude als Energiespeicher und Kraftwerk, graue Energie und Kreislauffähigkeit im Lebenszyklus sind dafür besonders wesentlich.

Mit Blick auf die Treibhausgas-Berichtslogik ist ein klimaneutraler Gebäudesektor bereits durch den Ersatz fossiler Energie für Wärme mit erneuerbaren Energieträgern erreicht. Da der Gebäudesektor aber wie kaum ein anderer Bereich seine Spuren in den anderen THG-Bilanzsektoren hinterlässt, nehmen in der Diskussion um Klimaneutralität zahlreiche andere Fragen eine immer wichtiger werdende Rolle ein. Zentral ist die Verlagerung der für Wärme benötigten Energie in den Energiesektor. Sowohl Fernwärme als auch Strom werden nicht im Gebäudesektor bilanziert. Beide Energieträger müssen aber bis 2040 dekarbonisiert zur Verfügung stehen, damit das Gesamtziel Klimaneutralität erreichbar bleibt. Zukunftsorientierte Gebäudekonzepte stellen deshalb den in Gebäuden benötigten geringen Restenergiebedarf durch erneuerbare Energie im direkten Gebäudeumfeld bereit und nutzen das Gebäude verstärkt als „netzdienlichen“ Energiespeicher.

Die Diskussionen zur Treibhausgasneutralität im Gebäudesektor beziehen immer mehr auch die graue Energie und prozessbedingte THG-Emissionen der verwendeten Materialien mit ein. Metallerzeugnisse (insbesondere Stahl, Eisen, Aluminium) schlagen in Österreich für rund 12 Mio Tonnen THG-Äquivalente zu Buche, die Baustoffproduktion mit rund 5 Mio Tonnen (Zement, Kalk; aber auch Ziegel, Gips- und Tonprodukte, Glas, Feuerfest-Produkte, Spanplattenproduktion). Der Großteil dieser Emissionen ist über den Emissionshandel geregelt. Auch wenn bei weitem nicht alle dieser Emissionen dem Hochbau zuzurechnen sind, ist klar, dass die davon betroffenen Industriezweige vor großen Herausforderungen stehen. Umfassende FTI-Initiativen wurden bereits gestartet, im Zentrum stehen der Ersatz fossiler Brennstoffe aber auch Fragen der Kohlenstoffspeicherung und der Umstellung von Produktionsprozessen.

Eine für alle Bauweisen noch große Herausforderung besteht im Übergang zur Kreislaufwirtschaft, welche die stoffliche Wiederverwendung und -verwertung von bereits verbauten Baustoffen und -materialien ins Zentrum stellt, die rein thermische Verwertung

oder Deponierung vermeiden will. Langlebigkeit und Flexibilität des Gebäudes gegenüber Nutzungsänderungen sind die Grundlage für eine deutliche Verlängerung des Lebenszyklus von Gebäuden und der in Gebäuden verwendeten Materialien. Durch deren Weiter- und Wiederverwendung am Ende des gebäudebezogenen Lebenszyklus wird die Rohstoffgewinnung und die oft energieintensive Produktion entlastet.

Vor diesem Hintergrund konzentriert sich die vorliegende erste Marktsondierung zu „Bautechnologien für den Klimaschutz“ auf die drei in Österreich wesentlichsten Bauweisen: Holzbau, Gebäude mit Bauteilaktivierung und Gebäude in (semi-) monolithischer Ziegelbauweise. In der öffentlichen Kommunikation finden sich für alle diese Bauweisen oft Superlative: Der Holzbau verspricht *100% CO₂-neutrale Häuser*, Bauteilaktivierung in Massivbauten sorgt *gänzlich für besten Komfort bei niedrigstem Energieverbrauch* und monolithische Ziegelbauten brauchen *überhaupt keine Dämmstoffe mehr, gerne auch im „Low Tech“ ohne jegliche Haustechnik*. Es ist unbestritten, dass alle diese Vorteile existieren (können), gleichzeitig aber gerne komplementäre Anforderungen für klimafittes Bauen ausgeblendet werden. In einem einleitenden inhaltlichen Teil der Marktsondierung wurden deshalb alle drei Bauweisen nach einem gleichbleibenden Raster mit ihren jeweiligen Stärken und Schwächen beschrieben. Mögliche Lösungsstrategien und Verbesserungspotenziale wurden erfasst; wesentliche Risiken, die noch Entwicklungsmaßnahmen benötigen, dokumentiert.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde mit Sonderauswertungen der Statistik Austria die Neubauleistung des letzten Jahrzehnts (2010 bis 2021) in einer umfassenden Zusammenschau dokumentiert. Neben der quantitativen Verteilung der Bauweisen gibt es umfangreiche Aussagen zu Gebäudegrößenklassen, Nutzungsformen und zur regionalen Verteilung auf Ebene der Bundesländer. In einem zweiten Schritt wurde eine Verschneidung der Bauweisen mit verwendeten Energieversorgungssystemen durchgeführt. Die so entstandene „österreichische Gebäudestatistik des letzten Jahrzehnts“ liefert gegenüber in der Öffentlichkeit präsenten Meinungen zu den Marktanteilen der drei Hauptbauweisen ein divergierendes, in Teilen überraschendes Bild.

Von allen seit 2010 neu errichteten Gebäuden wurden 64 Prozent in Mauerwerksbauweise errichtet, 22 Prozent in Holzbauweise und lediglich 10 Prozent in Stahlbeton. Nimmt man die realisierten Nettogrundflächen als Maßstab, dann kippt dieses Bild: Der Mauerwerksbau kann 60 Prozent der Nutzflächen für sich behaupten, an zweiter Stelle liegt mit 24 Prozent der Stahlbetonbau, der Holzbau hält nur knapp 10 Prozent des Marktes. Im Wohnbau ist flächenbezogen Mauerwerksbau deutlich führend, im

Nichtwohnbau eindeutig der Stahlbetonbau. Beeindruckend ist die schiere Summe der realisierten Gebäude: 311.100 seit 2010 errichtete Neubauten mit einer Nettogrundfläche von insgesamt 130 Millionen Quadratmetern führen dazu, dass der Gebäudebestand im letzten Jahrzehnt um weit über 10 Prozent angewachsen ist. Auch wenn erneuerbare Energiesysteme deutlich am Vormarsch waren, besitzen direkt deklarierte 14 Prozent der neuen Gebäude nach wie vor ein fossiles System (vor allem Gas, wenig Öl). Legt man die zum Zeitpunkt der Datenabfrage noch nicht eindeutig objektspezifisch zugeordneten Energiesysteme auf die Grundverteilung um, so könnten fossile Systeme einen Marktanteil von bis knapp unter 20 Prozent einnehmen. Die hier auszugsweise genannten Statistiken sind im Bericht umfassend und mit zahlreichen anderen Aspekten dokumentiert.

In einem abschließenden Kapitel wird anhand von fünf Themenschwerpunkten auf Innovationsleistungen eingegangen, welche alle drei Bauweisen noch stärker zu Transformationstechnologien für Klimaneutralität machen würden.

Neben der notwendigen Verbesserung der Dokumentation klimaschutzrelevanter Informationen zum Gebäudebestand kommt der Aufwertung von in Grundzügen bereits vorhandenen Instrumenten wie etwa der Energieausweisdatenbank eine wichtige Rolle zu (Innovations-Schwerpunkt 1). Damit mögliche Entwicklungs-Potenziale auch hinsichtlich der mittel- bis langfristig verfügbaren Ressourcen (Rohstoffe, Human- und Wirtschaftskapital) optimal erschlossen werden können, braucht es für alle drei Bauweisen dringend Scale-Up-Untersuchungen zur regionalen Ressourcenverfügbarkeit (Innovations-Schwerpunkt 2). Um alle Segmente der Wertschöpfungsketten in Richtung Treibhausgasneutralität entwickeln zu können, wird der umfassenden Technikfolgenabschätzung im gesamten Lebenszyklus große Bedeutung zugemessen (Innovations-Schwerpunkt 3). Kreislauffähigkeit und damit die Entwicklung und Bewirtschaftung des Gebäudebestands stellt für alle drei Bauweisen gegenwärtig eine noch große Herausforderung dar. In diesem Themenfeld werden tiefgehende Entwicklungsleistungen empfohlen (Innovations-Schwerpunkt 4). Abschließend wird die Empfehlung ausgesprochen, künftig verstärkt branchenübergreifend hybride Bauweisen (weiter) zu entwickeln, welche gezielt die jeweiligen Stärken der drei „Technologie-Leader“ Holzbau, Bauteilaktivierung und monolithischer Ziegelbau verbinden soll. (Innovations-Schwerpunkt 5).

2 Zielsystem: Was ist nachhaltig?

Drei Bauweisen – ein Zielsystem. Holzbau, Bauteilaktivierung im Massivbau und monolithischer Mauerwerksbau wurden hinsichtlich ihrer Potenziale in den Bereichen Energie und Umwelt, Wirtschaft und Kreislauffähigkeit und zentraler Aspekte für die soziale Wertigkeit und Akzeptanz erfasst.

Die drei in Österreich vorherrschenden Bauarten Mauerwerks- bzw. Ziegelbau, Betonmassivbau und Holzbau und ihre jeweils zukunftssträchtesten Bauweisen/-technologien wurden auf ihren potenziellen Beitrag zum Klimaschutz, ihre volkswirtschaftlichen Potenziale und ihre Übereinstimmung mit ausgewählten sozialen Aspekten aus der Perspektive potenzieller Nutzer:innen eingeschätzt. Ergänzend wurden wirtschaftliche Aspekte wie Umsatz, Beschäftigung und Bruttowertschöpfung dargestellt. Im Kern wurden dabei in einer vergleichenden Beurteilung der Bauweisen die nachstehenden Themenbereiche beachtet. Eine umfassende Liste aller Aspekte mit Erläuterungen findet sich in der Langfassung.

- **Energieeffizienz, Klimaschutz, Naturschutz:** Effiziente Gebäudehülle, Versorgung mit erneuerbaren Energieträgern, Gebäude als Energiespeicher, Gebäude als Kraftwerk, geringe Graue Energie und Treibhauspotenzial, Naturschutz und Biodiversität
- **Circular Economy und Wirtschaft:** Inlandswertschöpfung, Arbeitsplätze und Beschäftigung, Multiplikatorenwirkung und Beschäftigungspotenziale, Exportpotenziale, Circular Economy und Kreislauffähigkeit der eingesetzten Materialien, Scale-Up-Fähigkeit und Ressourcenverfügbarkeit
- **Soziale Wertigkeit und Akzeptanz:** Behaglichkeit im Winter / im Sommer, gute Innenraumluftqualität, guter Schallschutz, Leistbarkeit und Kosten, Flexibilität im Lebenszyklus

Wie schon aus dieser Auflistung unterschiedlicher Zielebenen erwartbar ist, kann nicht davon ausgegangen werden, dass gegenwärtig eine Bauweise alle Aspekte gleichwertig und im höchsten Ausmaß erfüllt. Anhand vereinfachter SWOT-Analysen wurden deshalb

auch Barrieren und Entwicklungsnotwendigkeiten skizziert, welche von den Bauweisen zur Erschließung ihrer Nachhaltigkeitspotenziale überwunden werden müssen. Neben klassischer Recherche-Arbeit, der Auswertung und Zusammenführung bereits vorhandener Unterlagen kam es auch zur Einbeziehung relevanter Stakeholder aus der Wirtschaft.

In der Langfassung zur Marktsondierung erfolgt die Dokumentation der Bauweisen immer folgender Logik:

- Generelle Einleitung
- Beschreibung des aus Klimaschutzsicht wesentlichsten Innovationsaspekts
- Wirtschaftsbezogene Aspekte und Rahmenbedingungen
- Kreislauffähigkeit
- Verfügbarkeit in Österreich
- Strukturierte Einschätzung von Nachhaltigkeitsaspekten zu Energie und Umwelt, Wirtschaft und Kreislauffähigkeit, sozialen Aspekte/Erwartungen von Nutzer:innen
- Kurzdarstellung SWOT-Analyse
- Beispielhafte Projektrealisierungen

In der hier vorliegenden Kurzfassung kann nur auf die allerwesentlichsten Ergebnisse daraus eingegangen werden.

3 Holzbau und Klimaschutz

Mit Blick auf die Herausforderungen des Klimaschutzes verspricht Holz als Baustoff weitestgehende Treibhausgasneutralität in der Produktion bis hin zur aktivierbaren Treibhausgassenke für langlebige Konstruktionen.

Holz ist einer der ältesten Werkstoffe, der von uns Menschen genutzt wird. In Österreich gibt es über 65 verschiedene Baumarten. Etwa 80 Prozent der Bäume in Österreich sind Nadelbäume wie Fichte, Tanne oder Kiefer. Rund 20 Prozent machen Laubbäume wie Buche, Eiche oder Ahorn aus. Die Fichte ist ein in Österreich besonders häufig genutztes Bau- und Konstruktionsholz, sie ist mit einem Anteil von 59 Prozent die am häufigsten verwendete Holzart im österreichischen Bausektor [ProHolz 2020]. Als Bau- und Konstruktionsholz werden in erster Linie „weichere“ Nadelhölzer eingesetzt, vergleichsweise „härtere“ Laubhölzer kommen vorrangig im Innenausbau und Möbelbau zum Einsatz. Gängige Baussysteme in Österreich sind der Holzrahmen-, der Holzskelett-, der Holzständer- und der Holztafelbau sowie die Massivbauweise in Holz. Der Trend geht dabei verstärkt in Richtung vorgefertigter Bauweisen. Dadurch werden Kosten auf der Baustelle vermieden und die Bauzeit verkürzt. Durch Entwicklungsleistungen im Bereich moderne Fügungstechnologien wird verbesserte Zerlegbarkeit und Wiederverwendbarkeit im Sinne der Kreislaufwirtschaft angestrebt [Pfoh et al 2015].

3.1 Treibhausgasneutralität von Holz als Baumaterial ist eine sensible Gratwanderung

Holz bindet während der Wachstumsphase Kohlenstoff. Beim Pflanzenwachstum wird im Zuge der Photosynthese Kohlenstoffdioxid (CO₂) in Sauerstoff (O₂) und Kohlenstoff (C) umgewandelt. Der Sauerstoff wird an die Atmosphäre zurückgegeben, der Kohlenstoff im Holz gespeichert. Holz hat deshalb als Baustoff das Potential, im Lebenszyklus weitgehend treibhausneutral im Ökosystem zu wirken. Zur THG-Bilanz des Holzes müssen jene Treibhausgasemissionen hinzugerechnet werden, die im Zuge der Holzgewinnung, des Transports, der Trocknung und Verarbeitung durch fossilen Energieeinsatz anfallen. Wie viel CO₂ von einem Baum während seiner Lebensdauer umgewandelt wird, hängt von zahlreichen Faktoren ab, vor allem von der Bewirtschaftungsweise des Waldes. Der

Umrechnungsfaktor für eine Tonne im Holz gebundenen Kohlenstoff beträgt 3,67 Tonnen CO₂, wobei bei der Holzmasse das Trockengewicht zu berücksichtigen ist. Durchschnittlich kann pro Tonne Holz von einem Kohlenstoffanteil von rund 50 Prozent ausgegangen werden, also rund 1,835 Tonnen CO₂. Beispielhaft hat eine 35 Meter hohe Fichte mit einem Brusthöhen-Durchmesser von 50 cm in ihrem gesamten Lebensalter insgesamt rund 2,5 bis 3,5 Tonnen CO₂ in rund 700 bis 1.000 kg Kohlenstoff umgewandelt (Anmerkung: Ermittlung nach [Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 2011]). Am Ende des Lebenszyklusses eines Holzproduktes emittiert dieses (in der Regel durch Verbrennung) jene Menge CO₂, die im Zuge des Wachstums in Kohlenstoff und Sauerstoff umgewandelt wurde: Pro Tonne gebundenen Kohlenstoff 3,67 Tonnen CO₂. Je länger ein Holzprodukt im Wirtschaftskreislauf erhalten bleibt, desto länger wird diese Re-Emission „nach hinten“ verzögert und der vorher im Wald befindliche Kohlenstoffspeicher „verlängert“. „Treibhausgasnegativ“ kann somit ein Holzprodukt insgesamt nicht sein:

Je mehr Holz den Wäldern ohne Wiederaufforstung entnommen wird, desto kleiner wird die noch vorhandene Kohlenstoff-Senke. Und je mehr Holzentnahme für „minderwertige“ Nutzung (etwa: direkte Verbrennung nach der Holzernte) kurzfristig aufgewendet wird, desto schneller wird diese Senke schrumpfen. Deshalb ist die kaskadisch-stoffliche Nutzung von Holz einer rein energetischen Nutzung vorzuziehen.

Europaweit geht man von der Kompensation von bis zu 46 Megatonnen CO₂ bis 2030 durch den Einsatz von Holz im Bausektor [Hildebrandt et al 2017] aus. National wird das Potenzial durch die zuletzt vorgestellte Studie CareforParis mit bis zu 10 Megatonnen CO₂-Äquivalente (Waldsenke + Speicher Holzprodukte + Substitution anderer Produkte) für das Referenzjahr 2020 ausgewiesen, im Jahr 2030 beträgt das Potenzial je nach Szenario zwischen sieben und 13 Megatonnen [CareforParis 2020]. Entscheidend für die Einschätzung der Substitutionswirkung sind die Systemannahmen zu vorherrschenden Bauweisen (etwa: Stahlbeton, Ziegel). Insbesondere dann, wenn künftig auch berücksichtigt werden muss, dass sich die zu substituierenden Bauweisen technisch verändern und derzeit noch vorherrschende fossile Energieträger sukzessive durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden. CareforParis zeigt auch erwartbare Klimawandelfolgen auf die österreichische Waldwirtschaft auf. Hier ist insbesondere auf die Herausforderungen eines erwartbaren Wechsels von den gegenwärtig vorherrschenden Nadelbaumarten auf klimaresilientere Laubbaumarten für die Holzbauwirtschaft hinzuweisen: Harthölzer sind schwieriger im Hochbau zu verwenden als Weichhölzer. Dieser Artenwechsel muss bald auch von der Holzbauwirtschaft aufgenommen werden, damit die vorhandene Marktposition gefestigt werden kann.

3.2 Strukturierte Einschätzung zentraler Nachhaltigkeitsaspekte

Tabelle 1: Holzbau und Nachhaltigkeit im Bereich Energie, Klima- und Naturschutz

Aspekt / Thema	Ziel und Zielerfüllung
Effiziente Gebäudehülle, geringe Wärmeverluste, U-Wert $\leq 0,15 / 0,2$	Gut erreichbar, muss konsequent bei Gebäudeplanung verfolgt werden. Vielzahl von Dämmstoffen.
Versorgung mit erneuerbaren Energieträgern	Gut erreichbar, Bauteilaktivierung als Energieversorgungsstrategie nur in Hybridbauweise (erschwert) realisierbar.
Gebäude als Energiespeicher	Aufgrund fehlender Massen im reinen Holzbau praktisch nicht realisierbar; nur durch Einbringung massiver Bauteile oder gesonderter Speichersysteme möglich.
Gebäude als Kraftwerk	Ziel gut erreichbar, bei Dach-PV Traglast berücksichtigen.
Geringe Graue Energie und Treibhausgaspotenzial	Das Ziel ist aufgrund der weitgehenden CO ₂ -Neutralität von Holz als Baustoff gut umgesetzt.
Naturschutz und Biodiversität	Die Nutzung des Waldes als Holzquelle ist immer mit einer ökologischen Zielfunktion abzustimmen. Große Rodungen reduzieren Wasserretention, dezimieren Artenvielfalt und beeinflussen Speicherfunktion wesentlich.

Tabelle 2: Holzbau und Nachhaltigkeit im Bereich Wirtschaft / Circular Economy

Aspekt / Thema	Ziel
Inlands-Wertschöpfung	Ziel gut erreichbar, Österreich befindet sich in einer sehr starken Marktposition. Kritisch: relativ hohe Importanteile bei Bauholz
Arbeitsplätze und Beschäftigte	Der Holzbau und seine Zulieferbetriebe gehören zu den nationalen Wachstumsbranchen.
Multiplikatorenwirkung und Beschäftigungspotenziale	Bei Vertiefung der Kompetenzen sind Wachstumspotenziale erschließbar.
Exportpotenziale	Österreichische Produkte werden weltweit nachgefragt.
Circular Economy, Kreislauffähigkeit der eingesetzten Materialien	In der Regel erfolgt derzeit die thermische Verwertung, kaskadische Nutzung und Wiederverwendbarkeit haben bei entsprechenden Entwicklungsleistungen jedoch hohes Potenzial.
Scale-Up-Fähigkeit und Ressourcenverfügbarkeit	Unklar: Nachwachsender Rohstoff, inwieweit verstärkte Ressourcennutzung im Einklang mit Nachhaltigkeitszielen ist, muss geprüft werden. Gegenwärtig hohe Schadholzteile, klimawandelbedingter Artenwechsel als neue Herausforderung.

Tabelle 3: Holzbau und Nachhaltigkeit im Bereich Soziale Wertigkeit

Aspekt / Thema	Ziel
Behaglichkeit im Winter	Das Ziel ist bei entsprechend gedämmten Holzbauten mit Flächenheizsystemen gut erreichbar.
Behaglichkeit im Sommer	Aufgrund fehlender Speichermassen ohne Zusatzmaßnahmen nur eingeschränkt realisierbar. Außenliegender Sonnenschutz, kleine Fensteröffnungen.
Gute Innenraumluftqualität	Das Ziel ist gut erreichbar, wenn durch Lüftungsstrategie und Produkt-/Chemikalienmanagement dafür Sorge getragen wird. Wichtig: Vorsorge gegen allfällige VOC-Belastung treffen.
Guter Schallschutz	Gegenüber Massivbau sowohl bei Außenschallschutz als auch beim Trittschall / Innenschallschutz zusätzliche Maßnahmen notwendig.
Leistung, Kosten	Wettbewerbsfähige Kosten: Gegenwärtig sind Holzbauten in der Erstinvestition deutlich teurer als Massivbauten.
Flexibilität im Lebenszyklus	Ziel gut realisierbar, wenn im Innenausbau Leichtsysteme mit geeigneter Anordnung der technischen Ausstattung beachtet wurde.

Tabelle 4: SWOT-Analyse Holzbau

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Nachwachsender Rohstoff • Wald als CO₂ Senke (jedoch in Diskussion) • Nationale und EU-weite Investitionen in Ausbau und Innovation • Hohe Qualifikation der Beschäftigten • Exportstärke auf Bauproduktebene 	<ul style="list-style-type: none"> • Relativ hohe Abhängigkeit von Rohstoff-Importen • Brand- und Schallschutz aufwendiger, rechtliche Restriktionen • Arbeitskräftemangel besonders relevant • Scale-Up-Fähigkeit des Teilssektors unklar
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Ausbau heimischer nachhaltiger Forstwirtschaft • Hoher Vorfertigungsgrad reduziert Bauzeiten • Re-Use Potenzialentwicklungsfähig • Mehrstöckiger Holzhausbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Klimawandelbedingter Artenwandel: Laubbäume statt Nadelbäumen absehbar, Holzindustrie darauf vorbereitet? • Schadholzmengen • Klimawandelfolgen für Rohstofflager • Sommertauglichkeit für Gebäude

3.3 Beispielhafte Realisierungen

3.3.1 Holz-Passivhaus am Mühlweg, 1210 Wien



Abbildung 1: Holz-Passivhaus am Mühlweg (© Bruno Klomfar für Haus der Zukunft. Creative Commons Lizenz zur nicht-kommerziellen Nutzung (CC BY-NC))

Der mehrgeschossige Wohnbau für etwa 200 Bewohner*innen in 70 Wohneinheiten wurde im Rahmen des FTI-Programms „Haus der Zukunft“ des BMVIT in Holzmassivbauweise im Passivhausstandard errichtet. Für das Grundgerüst der Gebäude wurde vorgefertigtes Kreuzlagenholz (Cross Laminated Timber) aus Fichtenbrettern verwendet und diffusionsoffen in mehrschichtiger Bauweise aufgebaut. Bei der Wärme- und Schalldämmung wurde weitestgehend auch auf Kreuzlagenmassivholzplatten gesetzt.

- Bundesland: Wien
- Gebäudetyp: Wohnbau
- Förderbare Wohnnutzfläche: 6.750m²
- Bauweise: Holzmassivbau
- Heizwärmebedarf (HWB): 13,1 kWh/m²a (PHPP)
- Primärenergiebedarf (PEB): 103,2 kWh/m²a
- U-Wert Außenwand: 0,145 W/ m²K

3.3.2 Betriebsgebäude Denkwerkstätte, Dorf 135a, 6952 Hittisau



Abbildung 2: Aus einem Kuhstall wird ein Nahezu-Null-Energiehaus (© Kurt Hörbst für BMK / Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit)

Aus einem alten Kuhstall wurde das Betriebsgebäude der Denkwerkstätte. Bis auf die Primärkonstruktion wurde alles abgetragen und das Holzgerüst wurde mit Holz und Lehm neu verkleidet. Als Schauraum und Experimentierlabor für die hauseigenen Produkte der Leuchtenmanufaktur sowie als Büro wird das Gebäude genutzt. Ein verglastes Stiegenhaus an der Südfassade dient als Wärmepuffer. Das umfassende Energiekonzept enthält eine Wärmepumpe, Solarthermie, eine PV-Anlage, sowie einen Eisspeicher der in der früheren Jauchegrube installiert wurde und mit Brunnenwasser versorgt wird.

- Bundesland: Vorarlberg
- Gebäudetyp: Bürogebäude und Produktion
- Kond. Bruttogeschoßfläche: 339m²
- Heizsystem Raumheizung: Solarthermie, Wärmepumpe
- Heizwärmebedarf (HWB): 24,4 kWh/m²BGFa (gem. OIB RL6 – 2015)
- Primärenergiebedarf (PEB): 118,70 kWh/m²BGFa (gem. OIB RL6 – 2015)
- CO₂ Emissionen: 17,2 kgCO₂/m²BGFa (gem. OIB RL6 – 2015)

4 Bauteilaktivierung im Massivbau

Die österreichische Betonbauindustrie leistet als umsatzstarke Sparte im Baubereich einen wesentlichen Beitrag für die heimische Wirtschaft. Immer mehr zur Anwendung gelangt die Bauteilaktivierung (TBA), welche die ganzjährige thermische Konditionierung von Gebäuden mit erneuerbarer Energie vorantreibt.

Ein Sprichwort besagt, dass „Beton die Kunst ist, Sand im Wasser schwimmen zu lassen“. Beton wird aus einem Gemisch von Zement bestehend aus gebranntem Kalkstein und Ton, zu zwei Dritteln aus Zuschlagstoffen wie Kies und Sand, Wasser je nach Bedarf und manchmal Betonzusatzstoffen oder auch Leichtzuschlägen wie Perlit oder Fasern hergestellt [Kolb 2021b]. Beton besitzt eine hohe Druckfestigkeit, deshalb wird er gerne als tragende Struktur und auch als Unterkonstruktion eingesetzt. Durch die Masse verfügt er über einen guten Schallschutz und erfüllt leicht Brandschutz-Anforderungen.

4.1 Bauteilaktivierung sorgt ganzjährig für Behaglichkeit und macht Gebäude zum Energiespeicher

Die thermische Bauteilaktivierung (TBA) macht sich die Eigenschaft von Beton zu Nutze, dass sehr viel Energie in Form von Wärme auf wenig Raum gespeichert und Gebäude auf diese Art sowohl beheizt als auch gekühlt werden können. Die ganzjährige Temperierung ist in Zeiten des Klimawandels vor allem in heißen Perioden gefragt [Kolb 2021b]. Die Anwendung von TBA in der Sanierung liegt noch im Versuchsstadium, besitzt aber insbesondere bei hohen Raumhöhen hohe Entwicklungspotenziale. Voraussetzung für eine optimale Nutzung sind gut gedämmte Niedrigstenergiegebäude, die thermische Konditionierung erfolgt im Idealfall im Niedertemperaturbereich. Aufgrund erwartbarer Temperatursteigerungen durch den fortschreitenden Klimawandel und dem daraus resultierenden höheren Kühlbedarf im Sommer ist der Bauteilaktivierung hohe Zukunftsfähigkeit zu attestieren. Des Weiteren bietet die TBA vielversprechende Antworten auf ein zentrales Problem der Energiewende: Versorgungs-Spitzen (und Tiefen) erneuerbarer Energieträger wie Wind und Sonne stellen eine große Herausforderung für das künftige Energiesystem dar. Durch die Speicherfähigkeit von Beton können Energieüberschüsse in Gebäuden auch über mehrere Tage gespeichert werden.

Beton altert sehr langsam, Massivbauten aus Beton erreichen eine lange technische Lebensdauer, die ähnlich wie beim Mauerwerksbau mit Ziegel deutlich über 100 Jahre gehen kann. Wenn ein Gebäude aus Beton abgebrochen wird, kann das Material grundsätzlich sortenrein vom Bewehrungsstahl getrennt werden. Das Granulat wurde bislang vor allem im Straßenbau / Tiefbau als Hinterfüllungsmaterial wiederverwendet, soll künftig aber verstärkt in Form von Recyclingbeton wieder direkt in den Wirtschaftskreislauf eingebracht werden. Beton besitzt von sich aus bauphysikalisch schlechte Dämmeigenschaften. Die derzeit am häufigsten bei Betonbauten eingesetzten Dämmstoffe sind extrudiertes Polystyrol (EPS) und Mineralwolle als Vollwärmeschutz.

Die Herstellung von (Stahl-)Beton, vor allem von Zement und Stahl ist energie- und treibhausgasintensiv. Je höher der Massenanteil an Stahl, desto größer ist auch der gegenwärtige Primärenergieeinsatz im Stahlbeton insgesamt [Kolb 2021b]. Mithilfe von sorgfältiger Planung können leistungsfähigere Betonarten mitsamt reduzierter Bewehrung ökologisch und ökonomisch verbessert werden. Das Treibhauspotential der eigentlichen Betonproduktion resultiert zu 95 Prozent durch die bei der Zementproduktion entstandenen CO₂ Emissionen. Zur Reduzierung des Global Warming Potential (GWP) wird bereits gegenwärtig der Einsatz von Flugasche, Hüttensand und anderen Betonzuschlagstoffen anstelle von konventionellem Portlandzement (CEM I) umgesetzt [Kolb 2021b]. Die einfache Grundregel lautet: Je geringer der konventionelle Anteil ist, desto geringer ist auch das auf die Funktionseinheit bezogene GWP. Gleiches gilt naturgemäß für die Menge an Stahl, die im Stahlbeton eingesetzt wird. Bei der Bewehrung wird intensiv am Ersatz von Stahl durch Kohlenstofffasern gearbeitet (Carbonbeton). Zuletzt wurde zusätzlich ein europaweit aufsehenerregendes Entwicklungsvorhaben präsentiert: Mit Einsatz von CO₂-Abscheidung und (erneuerbaren) Wasserstoff sollen die Treibhausgasemissionen von Zement gegen Null gehen. In einer multiindustriellen Wertschöpfungskette werden zusätzlich Biokunststoffe und Biofuels hergestellt (Anmerkung: FTI-Projekt Carbon2ProductAustria, kurz C2PAT).

Ein noch wenig in der Öffentlichkeit diskutiertes Potenzial besteht in der Carbonatisierung von Beton. Im Zuge der Zementerzeugung wird aus dem Kalkstein CO₂ ausgetrieben (Kalzinierung), die Carbonatisierung stellt vereinfacht die Umkehr dieses Prozesses dar. Der im Beton gebundenen Zementstein nimmt im Lebenszyklus aus der Umgebungsluft CO₂ auf, dieses CO₂ wird in Verbindung mit dem im Zement enthaltenen Calciumhydroxid und Wasser wieder zu Kalkstein, dem Ausgangsmaterial für Zement. Dieses noch recht neue Thema ist gegenwärtig auch im Umfeld des IPCC in Diskussion, würde doch hier eine noch relativ unbekannt „CO₂-Senke“ entstehen. Verschiedene wissenschaftliche Quellen

gehen von 25 bis 40 Prozent an CO₂-Bindung durch die Carbonatisierung im Lebenszyklus aus, im Zuge des Recyclings von Beton zu Betonkörnern / Betonmehl kann dieser Anteil sogar noch erhöht werden [u.a. in: IVL – Swedish Environmental Institute 2020].

Für die Stahlindustrie gilt ebenso wie für die Zementproduktion das Gebot höchst energieeffizienter Produktionsweisen unter künftig verstärkter Nutzung erneuerbarer Energieträger: Im Hochtemperaturbereich wird „grüner Wasserstoff“ / Biogas naturgemäß künftig bestens eingesetzt werden; insbesondere, wenn er im Zuge von Kraft-Wärme-Kopplungen genutzt wird. Die voestalpine will wie die Zementindustrie bis spätestens zur Mitte des Jahrhunderts treibhausgasneutral produzieren, Carbon Capture – Prozesse zählen deshalb neben Wasserstoff und Biogas ebenso zu jenen Zukunftstechnologien, die gegenwärtig in Entwicklung sind und von größter Bedeutung für die Klimaneutralität sind.

4.2 Strukturierte Einschätzung zentraler Nachhaltigkeitsaspekte

Tabelle 5: TBA und Nachhaltigkeit im Bereich Energie, Klima- und Naturschutz

Aspekt / Thema	Ziel und Zielerfüllung
Effiziente Gebäudehülle, geringe Wärmeverluste, U-Wert $\leq 0,15$ / $0,2$	Ziel ist gut erreichbar, muss aber konsequent bei der Gebäudeplanung verfolgt werden.
Versorgung mit erneuerbaren Energieträgern	Ziel ist gut erreichbar und wird durch die TBA wesentlich unterstützt.
Gebäude als Energiespeicher	Ziel ist aufgrund der vorhandenen Massen sehr gut erreichbar.
Gebäude als Kraftwerk	Das Ziel ist sehr gut erreichbar.
Geringe Graue Energie und Treibhausgaspotenzial	Ziel gegenwärtig noch wenig umgesetzt, wenngleich die nationale Zementindustrie hinsichtlich ihrer Emissionseffizienz weltweit eine führende Position einnimmt. Zuletzt zahlreiche FTI-Vorhaben für treibhausgasneutrale Produktionsweisen.
Naturschutz und Biodiversität	Sand, Schotter- und Kalkabbau als Eingriff in den Naturraum, deshalb strengen gesetzlichen Anforderungen unterworfen. Entscheidend: Renaturierung Abbaugelände auf hohem Niveau.

Tabelle 6: TBA und Nachhaltigkeit im Bereich Wirtschaft und Kreislauffähigkeit

Aspekt / Thema	Ziel
Inlands-Wertschöpfung	Hohe Inlandserträge, die benötigten Rohstoffe sind überwiegend regional verfügbar. Neben materiellen Kernprodukten (Zement, Zuschlagsstoffe, Sand, Schotter) ist auch auf die notwendigen Rohmaterialien, Wärmepumpen, etc. zu verweisen, welche weitgehend aus Inlandsproduktion stammen.
Arbeitsplätze und Beschäftigte aktuell	Der Betonmassivbau gehört zu stabilen Beschäftigungsbranchen, die Bauteilaktivierung zu Wachstumssparten.
Multiplikatorenwirkung und Beschäftigungspotenziale	Bei Vertiefung der Kompetenzen und entsprechende branchenübergreifende Strukturprogramme sind Wachstumspotenziale gut erschließbar.
Exportpotenziale	Grundsätzlich wird das „Know How“ nachgefragt, die Bauweise selbst ist eher national/regional organisierbar.
Circular Economy, Kreislauffähigkeit der eingesetzten Materialien	Massivbaustoffe werden (im Downcycling) umfassend wieder in den Wirtschaftskreislauf eingebracht und damit in kaskadische Nutzungen implementiert. Hier kann großes Verbesserungspotenzial erschlossen werden, wenn der Vorfertigungsgrad erhöht wird (Wiederverwendung von Bauteilen) und verstärkt Recyclingbeton zum Einsatz kommt.
Scale-Up-Fähigkeit und Ressourcenverfügbarkeit	Aufgrund der nationalen / regionalen Lagerstätten der benötigten Rohstoffe kann von einer weitestgehend nationalen Skalierbarkeit ausgegangen werden (Sand, Schotter, Zement aus nationalen Rohstoffstätten). TBA als Gesamtleistung braucht gewerksübergreifende Spezialisierung/Weiterbildung, damit steigende Nachfrage erfüllt werden kann.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Tabelle 7: TBA und Nachhaltigkeit im Bereich Soziale Wertigkeit und Akzeptanz

Aspekt / Thema	Ziel
Behaglichkeit im Winter	Das Ziel ist aufgrund der Flächenwärmesysteme sehr gut erreichbar.
Behaglichkeit im Sommer	Das Ziel ist aufgrund der Flächenkühlsysteme sehr gut erreichbar.
Gute Innenraumluftqualität	Das Ziel ist gut erreichbar, wenn durch Lüftungsstrategie und Produkt-/Chemikalienmanagement dafür Sorge getragen wird.
Guter Schallschutz	Massivbauten bieten sehr gute Ausgangsbasis für höchsten Schallkomfort.
Leistbarkeit, Kosten	Gegenwärtig im Bereich der Standardbaukosten realisierbar; Entfall konservativer Heizungsanlagen.
Flexibilität im Lebenszyklus	Das Ziel kann grundsätzlich gut realisiert werden, wenn im Innenausbau auf Leichtbausysteme mit geeigneter Anordnung der technischen Ausstattung geachtet wurde.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Tabelle 8: SWOT-Analyse Thermische Bauteilaktivierung

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Deutliche Senkung des Heiz- und Kühlenergieerbrauchs bei effizienten Hüllen. • Viele verschiedene Sektoren profitieren • Vergleichsweise geringe Baukosten. • Großer heimischer Stahl- und Betonsektor 	<ul style="list-style-type: none"> • Aktuell noch: Treibhausgasbilanz, energieintensive Produktion • Sandvorkommen begrenzt? • Aktuell vorwiegender Einsatz von Dämmmaterialien auf Erdölbasis • Erschwerter Rückbau
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Lastenausgleich im Energie-Netz • Technische Kompatibilität mit erneuerbaren Energien • Günstiger werdende Erneuerbare Energie • Einsatz von Zementalternativen und anderen Zusatzstoffen, Recyclingbeton 	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Expert:innen und Bauunternehmen bei Planung und Umsetzung • Energieintensive Produktion in Zeiten der Transformation zu Treibhausgasneutralität (THG-Steuern, Energiekosten)

4.3 Beispielhafte Realisierungen

4.3.1 MG22, Mühlgrundgasse 24/26, 1220 Wien



Abbildung 3: MG22 © Manfred Seidl

Das Wohnquartier in der Mühlgrundgasse / Fahngasse im 22. Wiener Gemeindebezirk bildet mit 155 Wohnungen in 7 Häusern ein eigenes Wohngebiet, wobei hier auf soziale Durchmischung durch einen hohen Miet- und Sozialwohnungsanteil geachtet wurde. Durch Erdsonden (5.900 Meter Sondenlänge) in Kombination mit Wärmepumpen werden die Gebäude gekühlt und beheizt. Der Strom zum Betreiben der Wärmepumpen stammt aus Windenergie, davon ist ein Großteil aus Überschussproduktion.

- Wohnhausanlage, Fertigstellung 2019
- Fertiggestellt: 2019
- kond. Bruttogeschoßfläche: 11.545 m²
- Heizsystem Raumheizung: Wärmepumpe mit Erdsondenfeld, gezielte Nutzung Überschuss-Strom Windenergie
- Heizwärmebedarf (HWB): 22,4 kWh/m²_{BGfA} (gem. OIB RL 6 – 2015)
- Primärenergiebedarf (PEB): 81,5 kWh/m²_{BGfA} (gem. OIB RL 6 – 2015)
- CO₂ Emissionen: 11,8 kgCO₂/m²_{BGfA} (gem. OIB RL 6 – 2015)

4.3.2 Volksschule Leopoldinum in der SmartCity Graz, Wagner-Biro-Straße 99, 8020 Graz



Abbildung 4: Lebendiger Schulcampus in Massivbauweise mit Bauteilaktivierung (© Kurt Hörbst für BMK / Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit)

Der Schulcampus Leopoldinum bildet das pädagogische Zentrum des Stadterweiterungsgebiets SmartCity. Die Volksschule bietet platz für 330 Schüler:innen und soll in den kommenden Jahren um eine Mittelschule erweitert werden. Das Konzept überzeugt unter anderem durch hochwertige Materialität, die im Haus verteilten Lerncluster, sowie einen städtebaulichen Vorplatz. Als energetisches Vorzeigeprojekt qualifiziert sich die Volksschule durch ein ausgeklügeltes Haustechnik-Konzept mit Lüftungsanlage, Geothermie, Fernwärme und Bauteilaktivierung.

- Bildungsgebäude, Fertigstellung 2019
- kond. Bruttogeschoßfläche: 4929 m²
- Heizsystem Raumheizung: Wärmepumpe, Fern- und Nahwärme
- Heizwärmebedarf (HWB): 29,3 kWh/m²_{BGFa} (gem. OIB RL 6 – 2015)
- Primärenergiebedarf (PEB): 132,47 kWh/m²_{BGFa} (gem. OIB RL 6 – 2015)
- CO₂ Emissionen: 15,76 kgCO₂/m²_{BGFa} (gem. OIB RL 6 – 2015)

5 Monolithischer Ziegelbau und Klimaschutz

Ziegelbau hat in Österreich lange Tradition. Sowohl im Städtebau als auch in ruralen Gebieten punktet er mit einfacher Verarbeitung und weitgehend lokaler Rohstoffgewinnung. Die Verwendung von dämmstoffgefüllten Ziegeln in monolithischer Bauweise ist Hoffnungsträger für die Zukunftsfähigkeit des Baustoffs.

Ziegel sind aus Lehm, Ton oder tonhaltigen Massen und mit oder ohne Zuschlagstoffe hergestellte Mauersteine. Nicht gebrannte Lehmziegel wurden bereits in der Jungsteinzeit in frühen Siedlungen ca. 10.000 bis 8.000 v. Chr. verwendet. Um 3.000 v. Chr. wurde erstmals gebrannter Ton in Ziegelform verwendet. Erst seit dem 20. Jahrhundert wird nicht nur der Backstein, ein Ziegel ohne Luftporen oder Lochbildern, sondern auch Ziegel mit Poren und Löchern verwendet. Dadurch konnten wärmedämmende Eigenschaften immer weiter verbessert werden.

In der Baubranche werden vor allem gebrannte Ziegel verwendet, da diese eine bessere Stoßfestigkeit besitzen, weniger Abrieb produzieren und nach dem Brennvorgang einfacher zu transportieren sind. Der Mauerziegel dient der Herstellung tragender, aussteifender Wände. Er wird in der Regel im Nasspressverfahren am Strang hergestellt.

5.1 Monolithischer Mauerziegelbau (fast) ohne Dämmstoff

In den 1970er Jahren kamen die ersten porosierten Ziegel unter dem Namen „Poroton“ auf den Markt. Durch Beimengung von Styropor oder Sägespänen, die im Ziegelofen vollständig verbrennen, entstehen viele winzige Lufteinschlüsse. Seit dem Jahr 2000 gibt es Mauerziegel mit Dämmstofffüllungen auf dem Markt. Die ersten gefüllten Lochziegel waren mit granuliertem Perlit gefüllt, weitere Versionen, gefüllt mit Mineralwolle oder Mineralwolle-Granulat, folgten einige Jahre später. Die Wärmeleitfähigkeit von so gedämmten Ziegeln liegt bei etwa 0,07 W/mK. Es gibt aber auch Ziegel ohne Wärmedämmung mit sehr vielen filigranen Lufteinschlüssen, die einen ähnlichen Wert

erreichen, indem die vielen Lufteinschlüsse die Dämmung übernehmen [Baustoffwissen 2013].

Die Mehrheit der in Österreich gebauten Ziegelbauten sind mit geklebten Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) kombiniert. Über 80 Prozent der in Österreich verwendeten Dämmstoffe bestehen aus Expandiertem Polystyrol (EPS), welches auf Erdölbasis hergestellt wird, gefolgt von Mineralwolle / Glaswolle. Durch Innovationen im Bereich der Dämmleistung und Rezyklierbarkeit öffnen sich neue Verwendungsmöglichkeiten für Ziegel im monolithischen Hochbau oder semimonolithischen Hochbau mit im Ziegel eingebrachten Dämmstoffen. Die neue Generation von Ziegeln, die sogenannten „Porothermziegel“ von Wienerberger beziehungsweise die „Vollwertziegel“ von Eder, machen es möglich, höhere Gebäude in monolithischer Ziegelbauform zu errichten.

Wie mittlerweile auch an mehreren mittel- bis großvolumigen Bauwerken gezeigt werden konnte, stellt die Rückbesinnung zu monolithischen Bauweisen (ähnlich der Gründerzeit) eine durchaus werthaltige Zukunftsstrategie dar: Der Verzicht auf Vollwärmeschutz bedarf dabei jedoch vergleichsweise mächtigere wandbildende Ziegelkonstruktionen (Ziegeltiefe bis zu 50 Zentimeter; ggf. zwei Ziegelreihen mit einem Mauerwerk von insgesamt 80 cm Tiefe). Weiterführende Anwendungen versprechen weiters nahezu den Verzicht auf konventionelle Haustechnik (zB. automatisierte motorbetriebene Fensterkipplüftungen anstelle mechanischer Lüftungssysteme mit Verteilleitungen), in entsprechender thermischer Qualität (nahezu Passivhaushülle) ist auch das Weglassen konventioneller Heizungssysteme möglich.

Ziegel wurde in den letzten beiden Jahrzehnten im großvolumigen Bau in erster Linie aufgrund der statischen Materialeigenschaften und der kleinteiligen Bauorganisation („Ziegel für Ziegel“) vom Stahlbetonbau, eingeschränkter auch vom vorgefertigten Holzbau in Teilen verdrängt. Hohe Vorfertigungsgrade sind nur schwer realisierbar.

Die großen Herausforderungen für die Ziegelindustrie liegen insbesondere in der Reduktion des Energiebedarfs bei der Ziegelherstellung und wie bei allen Massivbaustoffen in einer Stärkung der Wiederverwendbarkeit. Durch die Erhöhung des Rezyklatanteils werden auch im Sinne der Kreislaufwirtschaft neue Nachhaltigkeitsschwerpunkte gesetzt.

5.2 Strukturierte Einschätzung zentraler Nachhaltigkeitsaspekte

Tabelle 9: Ziegelbau und Nachhaltigkeit im Bereich Energie, Klima- und Naturschutz

Aspekt / Thema	Ziel und Zielerfüllung
Effiziente Gebäudehülle, geringe Wärmeverluste, U-Wert $\leq 0,15$ / $0,2$	Ziel gut erreichbar, muss aber konsequent bei der Planung verfolgt werden. Wandstärken 50 bis 80cm als Basis.
Versorgung mit erneuerbaren Energieträgern	Ziel ist sehr gut erreichbar.
Gebäude als Energiespeicher	Durch die bereits gedämmten Ziegel kann Wärme gut gehalten und durch die Tonmasse gespeichert werden. Entwicklungsfeld: „Echte“ Aktivierung.
Gebäude als Kraftwerk	Das Ziel ist sehr gut erreichbar.
Geringe Graue Energie und Treibhausgaspotenzial	Ziel gegenwärtig noch wenig umgesetzt. Ersatz fossiler Energie notwendig; Erhöhung Rezyklatanteil.
Naturschutz und Biodiversität	Tonabbau als Eingriff in Naturräume. Entscheidend: Renaturierung der Abbaugelände.

Tabelle 10: Ziegelbau und Nachhaltigkeit im Bereich Wirtschaft und Kreislauffähigkeit

Aspekt / Thema	Ziel
Inlands-Wertschöpfung	Hohe Inlandserträge, benötigte Rohstoffe weitgehend regional verfügbar. Ziegelindustrie ist im Bauwesen stark vertreten.
Arbeitsplätze und Beschäftigte aktuell	Ziegelbau gehört zu stabilen Beschäftigungsbranchen mit geringem Beschäftigungsniveau in Produktion, aber hoher Beschäftigung im Bau. Bauweise mit monolithischen Ziegeln ist Wachstumssparte.
Multiplikatorenwirkung und Beschäftigungspotenziale	Bei Vertiefung der Kompetenzen und branchenübergreifende Strukturprogramme sind Wachstumspotenziale erschließbar.
Exportpotenziale	Grundsätzlich wird das „Know How“ nachgefragt, die Bauweise selbst ist eher national/regional organisierbar. Mit Wienerberger besitzt Österreich aber den gegenwärtigen Weltmarktführer.
Circular Economy, Kreislauffähigkeit der eingesetzten Materialien	Ziegelabbruchmaterial kann in der Produktion mit einem Massenanteil von 15 bis 30% wiederverwertet werden. Auch im Straßen- und Wegebau ist die Verwertung möglich. Ziegelindustrie setzt sich grundsätzlich eine „100%ige Recyclingquote“ zum Ziel.
Scale-Up-Fähigkeit und Ressourcenverfügbarkeit	Aufgrund der nationalen Lagerstätten der Rohstoffe kann von einer weitestgehend nationalen Skalierbarkeit ausgegangen werden.

Tabelle 11: Ziegelbau und Nachhaltigkeitsaspekte im Bereich Soziale Wertigkeit

Aspekt / Thema	Ziel
Behaglichkeit im Winter	Ziel ist aufgrund der in sich gedämmten Ziegel sehr gut erreichbar.
Behaglichkeit im Sommer	Ziel ist aufgrund der nicht direkt bauteilaktivierten Speichermasse bedingt erreichbar. Flächenkühlsystem in Putzschicht als Alternative.
Gute Innenraumluftqualität	Das Ziel ist gut erreichbar, wenn durch Lüftungsstrategie und Produkt-/Chemikalienmanagement dafür Sorge getragen wird.
Guter Schallschutz	Massivbauten bieten sehr gute Ausgangsbasis für höchsten Schallkomfort.
Leistbarkeit, Kosten	Gegenwärtig nahezu im Bereich von Standardbaukosten realisierbar.
Flexibilität im Lebenszyklus	Das Ziel kann grundsätzlich gut realisiert werden, wenn im Innenausbau auf Leichtbausysteme mit geeigneter Anordnung der technischen Ausstattung geachtet wurde.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Tabelle 12: SWOT-Analyse Monolithischer Ziegelbau

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Relativ einfacher Aufbau, umfassend etablierte Baukompetenzen • Lokale Rohstoffgewinnung • Starke österreichische Ziegelindustrie 	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz fossiler Brennstoffe bei der Ziegelherstellung • Nur wenig Vorfertigungstiefe realisierbar
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Alternativen zu Dämmplatten auf Erdölbasis bzw. zu klassischem Vollwärmeschutz • Wienerberger als Weltmarktführer 	<ul style="list-style-type: none"> • Übergang zur Kreislaufwirtschaft realistisch? 100 % Recyclingquote als Ziel! • Energieintensive Produktion in Zeiten der Transformation zu Treibhausgasneutralität (THG-Steuern, Energiekosten)

5.3 Beispielhafte Realisierungen

5.3.1 Die drei Schwestern, Seestadt Aspern, 1220 Wien



Abbildung 5: Monolithischer Ziegelbau im mehrgeschossigen Wohnungsbau (© Herta Hurnaus)

In einem der größten Stadtentwicklungsgebiete Europas, der Seestadt Aspern im 22. Wiener Gemeindebezirk, findet sich im Baufeld D22 ein 2018 fertiggestelltes Wohnbauprojekt rein aus monolithischer Ziegel-Gebäudehülle. Dadurch wurde kein Wärmeverbundsystem benötigt und es konnte auf erdölbasierte Dämmstoffe verzichtet werden. Die 50cm starke Ziegelmauer mit Kalk-, Gips- und Silikatputz erreicht einen U-Wert von $0,12 \text{ W/m}^2\text{k}$. Die drei Wohnbauten haben jeweils 4 bis 6 Geschosse und beinhalten neben Wohnungen auch ein Café und ein Wohnheim für Kinder und Jugendliche mit Beeinträchtigung.

- Gebäudetyp: Wohngebäude in 1220 Wien
- Massivbau in monolithischer Ziegelbauweise
- kond. Bruttogeschoßfläche: ca. 10.474 m^2
- Heizwärmebedarf (HWB): $21,31 \text{ kWh/m}^2\text{BGFa}$ (gem. OIB RL6 – 2015)
- Primärenergiebedarf (PEB): $48,04 \text{ kWh/m}^2\text{BGFa}$ (gem. OIB RL6 – 2015)
- CO₂ Emissionen: $5,7 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{BGFa}$ (gem. OIB RL6 – 2015)

5.3.2 Zukunftshaus 2020, 7400 Oberwart, Franz Korbadits Straße 18



Abbildung 6: Monolithischer Ziegelbau in Kombination vorgelagerter Holzkonstruktion (© Wienerberger Ziegelindustrie GmbH)

Die Oberwarter Siedlungsgenossenschaft setzte mit dem Zukunftshaus 2020 ein Pilotprojekt verschiedener Bautechniken im Zusammenspiel um. Die beiden Baukörper wurden in Ziegel-Massivbauweise errichtet und mit Holz kombiniert. Am Dach sind Photovoltaik-Elemente und Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung angebracht. Der kompakte massive Kern bildet im inneren die behagliche Wohnzone, die von einer vorgelagerten Holz-Konstruktion ergänzt wird, Balkone ebenso wie das PV-Dach trägt und gleichzeitig für passiven Sonnenschutz sorgt.

- Wohngebäude in monolithischer Ziegelbauweise
- kond. Bruttogeschoßfläche: 630 m²
- Heizsystem: Wärmepumpe
- Heizwärmebedarf (HWB): 9,8 kWh/m²BGFa (gem. OIB RL6 – 2015)
- Primärenergiebedarf (PEB): 81,40 kWh/m²BGFa (gem. OIB RL6 – 2015)
- CO₂ Emissionen: 13 kgCO₂/m²BGFa (gem. OIB RL6 – 2015)

6 Bauleistungen und Marktanteile 2010 bis 2021

Die Grundlage für die gegenständliche Darstellung der erzielten Bauleistung im letzten Jahrzehnt (real: von 2010 bis 2021) besteht durch das von der Statistik Austria geführte Gebäude- und Wohnungsregister (GWR). Abgestimmte Zeitreihen zum Gebäudebestand vor dem Jahr 2010 stehen aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden der vorherigen Perioden nur eingeschränkt zur Verfügung. Insgesamt kann festgehalten werden, dass das GWR und die darin enthaltene Baumaßnahmenstatistik eine wichtige und wertvolle Basis für den innovationsorientierten und auf Energieeffizienz bedachten Hochbau darstellen könnte. Leider zählen zu den bislang nicht veröffentlichten Daten sämtliche Informationen zur faktischen Energieeffizienz von Gebäuden in Form konkreter oder in Klassen ausgedrückter Energiekennzahlen. Das Fehlen dieser Informationen wiegt schwerer als Bearbeitungsrückstände bei der Implementierung von Datenrückständen. Konkrete Aussagen zu „bauteilaktivierten Gebäuden“ können beispielsweise gegenwärtig lediglich aus dem Zusammenhang „Flächenheizsystem“ mit / ohne „Wärmepumpe“ rückgeschlossen werden. Energieeffizienzstandards (etwa: Labelgruppe A für Heizwärmebedarf, Primärenergiebedarf, CO₂-Emissionen) nach hauptsächlich verwendeten Bauweisen sind gegenwärtig auch in einer Österreich-Übersicht nicht verfügbar, obwohl sie eigentlich Gegenstand der Basisdokumentation wären (und dabei relativ einfach von den einpflegenden Baubehörden 1. Instanz zugeordnet werden könnten). Bei all diesen Einschränkungen liefert die gegenwärtige Informationsdatenbank via Direktzugriff mit vielen Möglichkeiten der Sonderauswertung und Verschneidung mittels Statcube von der Statistik Austria eine wertvolle Informationsbasis, die zuletzt durch die Freischaltung neuer, aktualisierter Datenbanksegmente zum Hochbau nochmals leistungsfähiger wurde.

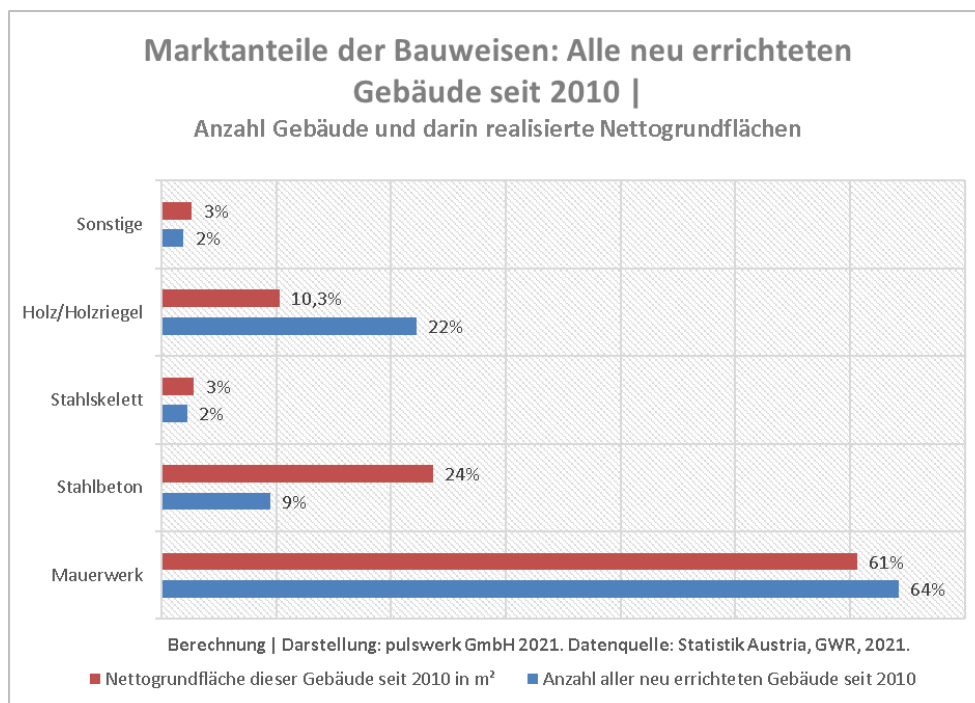
6.1 Neu errichtete Gebäude nach Bauweisen seit 2010

In dieser Deutlichkeit etwas überraschend ist das Ergebnis der Auswertung aller seit dem Jahr 2010 neu errichteten Gebäude nach überwiegenden Bauweisen. Betrachtet man nur die Anzahl der Gebäude, dann wurden von insgesamt 311.101 errichteten Gebäuden 64 Prozent (fast 200.000 Gebäude) im Mauerwerksbau errichtet. Auch wenn diese Kategorie

sämtliche „bausteinrelevante“ Bauweisen (also auch: Leichtbetonziegel, Betonziegel, Lehmziegel und dergleichen) enthält, kann das Gros dem klassischen Ziegelbau als Massivbauform zugerechnet werden. Mit 22 Prozent aller Gebäude befindet sich der Holz-/Holzriegelbau an zweiter Stelle; Stahlbeton- und Stahlskelettbauten erreichen gemeinsam nur 10 Prozent der realisierten Einheiten.

Betrachtet man nicht die Anzahl, sondern die realisierten Nettogrundflächen in Gebäuden, dann ist auch hier der Mauerwerksbau mit 60 Prozent Flächenanteilen an erster Stelle. Der Stahlbeton- und der Stahlskelettbau erreichen nahezu einen dreimal so hohen Flächenanteil wie der konstruktive Holzbau. Beeindruckend ist die seit 2010 im Neubau realisierte Gesamtfläche: 130 Millionen Quadratmeter in zwölf Jahren bedeuten eine durchschnittliche jährliche Neubauleistung von 10.800.000 Quadratmetern.

Abbildung 7: Marktanteile aller seit 2010 neu errichteten Gebäude nach Bauweisen



6.1.1 Strukturelle Beschreibung der Neubauleistung

Das durchschnittlich errichtete Gebäude hat eine realisierte Nettogrundfläche von 417 Quadratmetern. Die Durchschnittsgröße schwankt abhängig von der Bauweise deutlich: Die durchschnittlich größten Bauwerke werden in Stahlbetonbauweise mit 1.043 Quadratmetern errichtet, die kleinsten in Holzbauweise mit durchschnittlich 194

Quadratmetern. Mauerwerksbauten haben eine durchschnittliche Größe von 394 Quadratmetern.

Wird im Unterschied zur Gebäudeanzahl die zwischen 2010 und 2019 realisierte Nettogrundfläche nach Bundesländern dargestellt, dann zeigt sich, dass in Flächenanteilen der Stahlbetonbau in Wien mit 43 Prozent weitaus deutlicher ausgeprägt ist, als die Anzahl der Gebäude (22 Prozent). Regionalisiert hat flächenbezogen abermals Vorarlberg mit 15 Prozent Anteil den stärksten Holzbauanteil, das Burgenland mit 71 Prozent die größten relativen Mauerwerksanteile. Wien ist ein „Massivbauland“, 96 Prozent aller Nettogrundflächen wurden im Mauerwerksbau und Stahlbeton errichtet, nur 1 Prozent in Holzbauweise.

Tabelle 13: Anteil der unterschiedlichen Bauweisen nach Bundesländern an zwischen 2010 und 2019 neu errichteten Nettogrundflächen in Prozent.

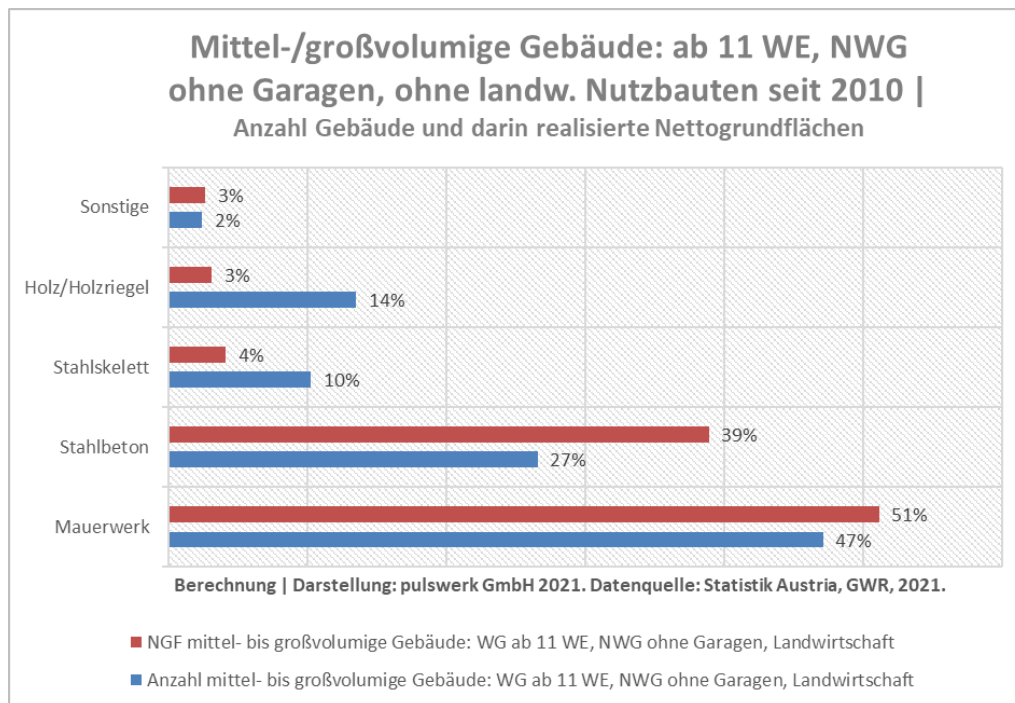
	Mauerwerksbau	Stahlbetonbau	Stahlskelett	Holzbau	Sonstige Formen
Burgenland	71%	11%	6%	11%	1%
Kärnten	61%	21%	3%	13%	2%
Niederösterreich	64%	17%	4%	14%	2%
Oberösterreich	66%	17%	3%	11%	3%
Salzburg	67%	17%	1%	11%	4%
Steiermark	57%	24%	4%	13%	2%
Tirol	52%	34%	1%	10%	3%
Vorarlberg	55%	22%	3%	15%	5%
Wien	53%	43%	1%	1%	2%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Auszug aus der GWR-Datenbank der Statistik Austria, 2022., abgerufen via statcube.

Hinsichtlich der regionalen Verteilung aller realisierten Flächen finden sich bezogen auf die Bauweisen die meisten Mauerwerksbauten in Oberösterreich (22 Prozent von knapp 66 Mio m²), gefolgt von Niederösterreich mit 19 und Wien mit 17 Prozent. Wien besitzt den größten Anteil an Stahlbetonbauten (34 Prozent von 27 Mio m²), gefolgt mit größerem

Abstand von Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Tirol (jeweils 12 bis 13 Prozent). Den flächenbezogen größten Anteil an der Gesamtbauleistung im Holzbau kann Niederösterreich mit 25 Prozent von insgesamt knapp 11 Mio. m² für sich verbuchen, gefolgt von Oberösterreich (22 Prozent) und der Steiermark (17 Prozent). In allen anderen Bundesländern wurden Anteile von unter zehn Prozent realisiert, in Wien lediglich zwei Prozent.

Abbildung 8: Marktanteile von mittel- und großvolumigen Gebäuden nach Bauweisen



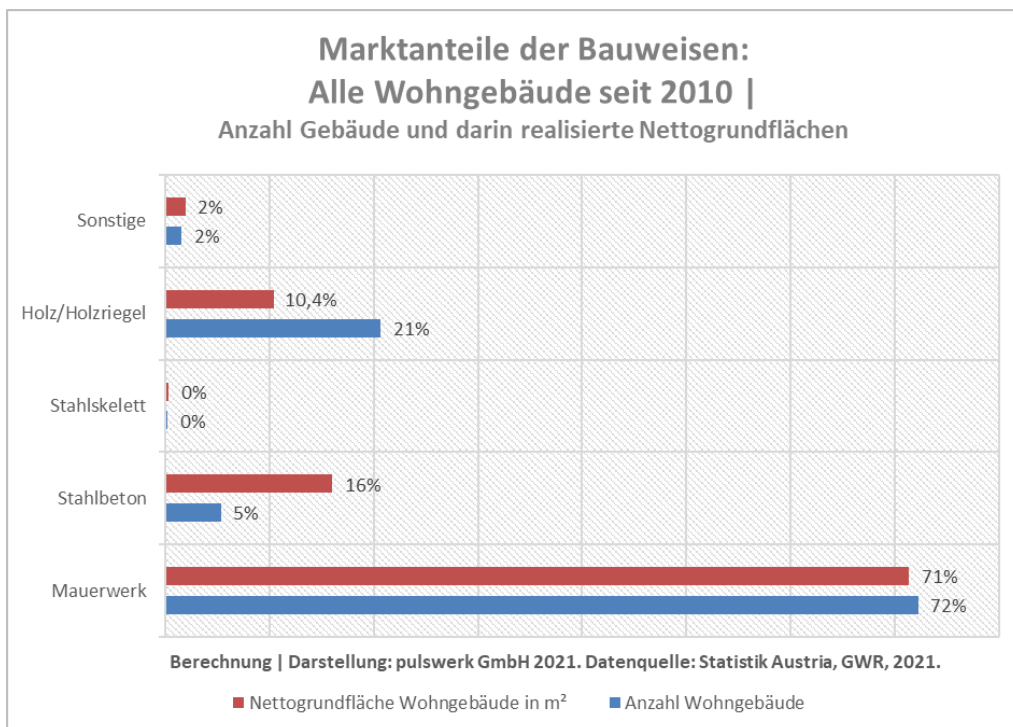
Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Auszug aus der GWR-Datenbank der Statistik Austria, 2022., abgerufen via statcube.

Bei mittel- bis großvolumigen Bauten konkurriert der Stahlbetonbau mit dem Mauerwerksbau sowohl bezogen auf die Anzahl der Gebäude als auch hinsichtlich der realisierten Nettogrundfläche. Bereinigt man die Gesamtzahl aller Gebäude um Ein- und Zweifamilienhäuser sowie um Wohngebäude bis zu 10 Wohneinheiten (verdichteter Flachbau, Reihenhäuser) und werden noch die in der Regel kleinvolumigen landwirtschaftlichen Nutzbauten und freistehende Garagen bei Einfamilienhäusern aus der Grundgesamtheit abgezogen, dann erreicht Stahlbeton 39 Prozent Flächenanteil bei 27 Prozent Objektanteil seine stärkste Ausprägung. Der Mauerwerksbau ist nach wie vor führend (51 Prozent Fläche in 47 Prozent Objekten), der sonst nur wenig in Erscheinung tretende Stahlskelettbau besitzt im Bereich dieser Objektkategorien des Nichtwohnungsbaus eine etwa gleich hohe Bedeutung wie der Holzbau.

6.2 Neu errichtete Wohngebäude nach Bauweisen seit 2010

Die Dominanz des Mauerwerksbaus ist insbesondere durch die starken Marktanteile im Wohnbau und hier wiederum im Bereich der Einfamilienhäuser gegeben. Österreichweit wurden seit dem Jahr 2010 bezogen auf die Gebäudeanzahl 72 Prozent aller Wohngebäude als Mauerwerksbauten realisiert, gefolgt von Holzbauten mit 21 Prozent. Stahlbetonbauten machen bezogen auf die Anzahl lediglich fünf Prozent aller Gebäude aus. Anders ist das Bild, wenn die realisierten Nettogrundflächen betrachtet werden: Auch hier überwiegt zwar der Mauerwerksbau mit 71 Prozent deutlich, Stahlbeton nimmt aber mit 16 Prozent einen deutlich höheren Anteil als der Holzbau ein (10 Prozent). Insgesamt wurden 89,5 Millionen Quadratmeter an Wohnnutzfläche errichtet.

Abbildung 9: Marktanteile an neu errichteten Wohngebäuden nach unterschiedlichen Bauweisen seit 2010 in Prozent.

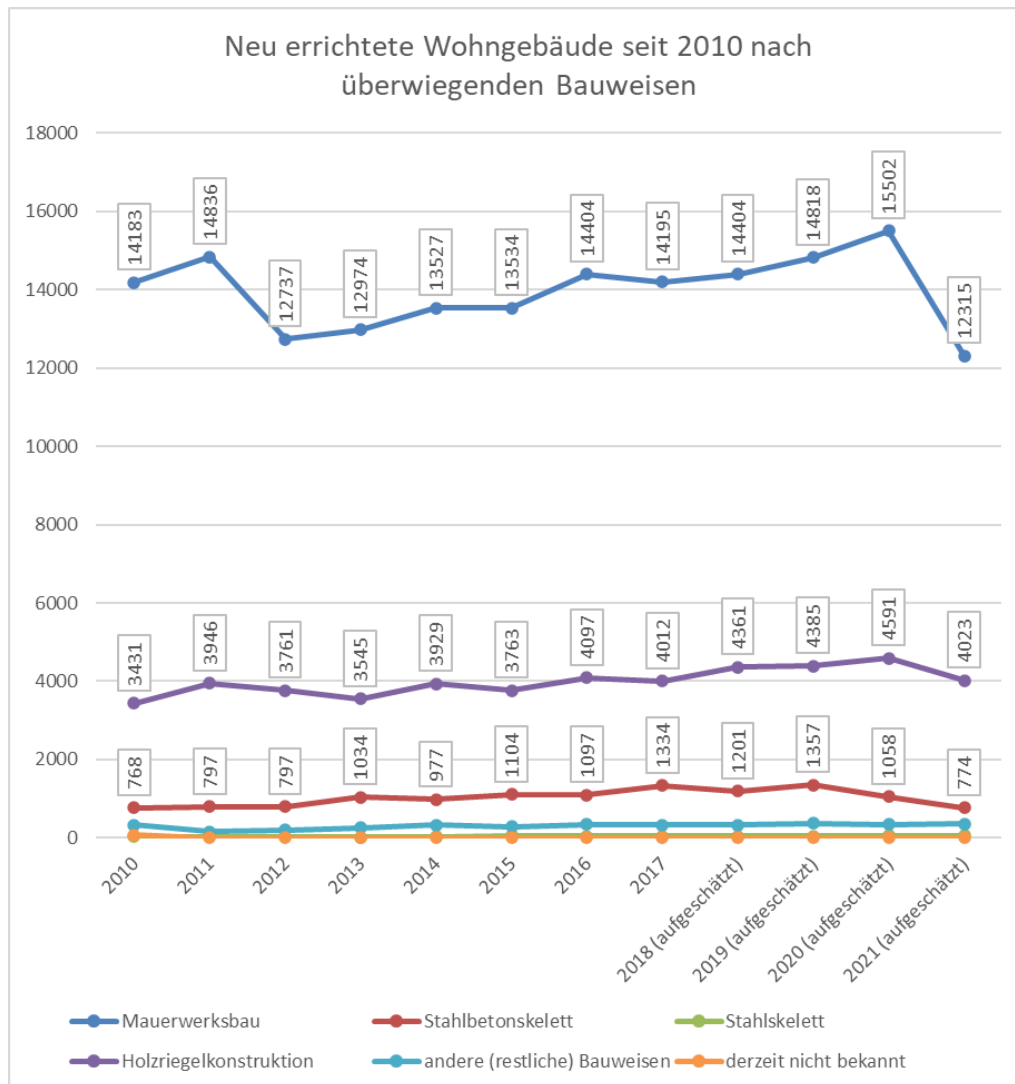


Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Auszug aus der GWR-Datenbank der Statistik Austria, 2022., abgerufen via statcube.

Dass der Holzbau insbesondere im Einfamilienhausbereich und bei mittelgroßen Wohnbauten präsent ist, zeigt die Detailauswertung nach Gebäudegrößen (gemessen an der Anzahl der errichteten Wohneinheiten in Gebäuden). Bei Wohngebäuden ab 11 Wohneinheiten macht der Holzbau österreichweit nur mehr zwei Prozent der realisierten

Nettogrundflächen aus; weitaus relevanter sind hier Stahlbeton mit 33 Prozent (22 Prozent aller Wohngebäude ab 11 Wohneinheiten) und der Mauerwerksbau mit 64 Prozent Flächenanteil (69 Prozent Objektanteil). Betrachtet man die Jahresbauleistungen, dann wird ersichtlich, dass die einzelnen Bauweisen naturgemäß konjunkturbedingte Zuwächse und Rückgänge verzeichnen.

Abbildung 10: Jahreswerte der seit 2010 errichteten Wohnbauten seit 2010 nach Bauweisen.

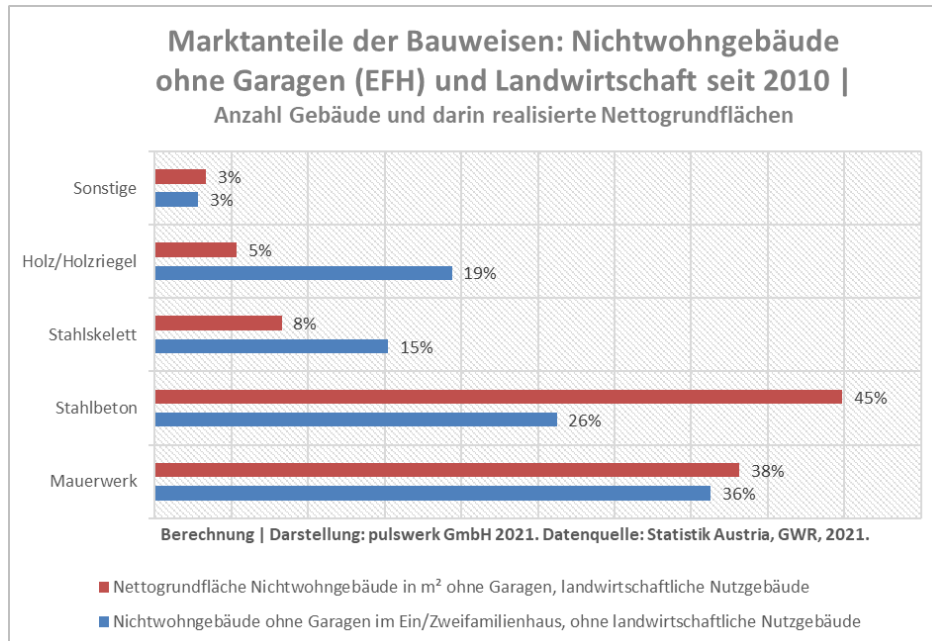


Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Auszug aus der GWR-Datenbank der Statistik Austria, 2022., abgerufen via statcube.

6.3 Neu errichtete Nichtwohnbauten nach Bauweisen seit 2010

Der Neubau von Nichtwohnbauten unterscheidet sich wesentlich vom vom Wohnbau seit 2010. Von seit 2010 insgesamt neu errichteten 311.101 Gebäuden gehören 79.308 Gebäude zu den Nichtwohnbauten. Darin enthalten sind 33.019 freistehende Garagen bei Ein- und Zweifamilienhäusern. Systemisch sind diese Bauwerke als „Wohnfolge-einrichtungen bzw. besondere Wohnungsausstattung“ zu behandeln. Weiters wurden seit 2010 insgesamt 19.150 landwirtschaftliche Nutzgebäude mit einer Durchschnittsfläche von 311 m² errichtet. Die allermeisten dieser Nutzgebäude sind ohne eigenständige thermische Konditionierung (wie hoffentlich die Garagen auch) und wurden deshalb wie die Garagen aus der Analyse der neu errichteten Nichtwohngebäude herausgerechnet. In Summe reduziert sich somit der Gebäudepool von Nichtwohngebäuden von insgesamt 79.308 auf 27.139 Gebäude. Die neu errichteten Nutzflächen machen ohne Garagen (Fläche: 2,5 Mio m²) und landwirtschaftliche Nutzbauten (6,4 Mio m²) insgesamt 31,5 Mio. m² anstelle der Gesamtmenge von 40,4 Mio. m² aus.

Abbildung 11: Anteile der Bauweisen im Nichtwohnungsbau seit 2010.



Quelle: Eigene Berechnungen; Auszug aus GWR-Datenbank Statistik Austria. Abgerufen via statcube.

Bezogen auf die seit 2010 realisierten Flächen hat der Stahlbeton einen Marktanteil von 45 Prozent bei 26 Prozent aller realisierten Objekte. Mauerwerksbauten machen 36 Prozent aller Objekte und 38 Prozent der Flächen aus. Der Holzbau erreicht gute 19 Prozent Anteil an den Objekten im Nichtwohnungsbau, realisiert dabei aber aufgrund geringerer Objektgrößen nur 5 Prozent der Nettogrundfläche. Überdurchschnittlich stark vertreten ist auch der Stahlskelettbau mit 15 Prozent der Objekte und einem Flächenanteil von 8 Prozent. Dies hängt vor allem auch damit zusammen, dass in den verbleibenden Nichtwohnungsbaukategorien überdurchschnittlich viele Hallenbauten für Produktion, Lagerung und Verkehrsanlagen enthalten sind.

Mit Blick auf die Arten an Nichtwohngebäuden kann festgehalten werden, dass der Errichtung von Gebäuden für Industrie, Gewerbe/Produktion und Lagergebäuden mit einem Gesamtanteil von 28 Prozent aller realisierten Flächen eine überdurchschnittlich hohe Bedeutung zukommt. Die landwirtschaftlichen Nutzbauten liegen in dieser Betrachtung mit 15 Prozent an zweiter Stelle, dicht gefolgt von Büro- und Verwaltungsbauten (14 Prozent) und Bauten für Kultur, Freizeit, Bildung und Gesundheit (13 Prozent). Auch Bauten des Groß- und Einzelhandels (Supermärkte, Fachmärkte, Einkaufszentren, wenige kleinstrukturelle Handelsbauten) sind mit 11 Prozent (oder knapp 4 Millionen Quadratmeter Nutzfläche) noch im zweistelligen Bereich der realisierten Marktanteile. Aufgrund der im Zeitraum 2010 bis 2019 mit 9,6 von insgesamt 34,5 Millionen Quadratmetern hohen Marktanteile der Industriebauten und Lagergebäude nimmt dieser Nutzungstyp auch bei allen Bauweisen eine starke anteilige quantitative Präsenz ein, welche lediglich im Holzbau gebrochen wird.

Tabelle 14: Anteile der Bauweisen im Nichtwohnungsbau nach Bundesländern 2010 bis 2019 nach errichteter Nettogrundfläche.

Nettogrundflächen Bauweisen 2010 bis 2019 Nichtwohnungsbau nach Bundesländern						
	Alle	Mauerwerk	Stahlbeton	Stahl	Holzbau	andere
Burgenland	978.359	314.870	340.378	224.798	69.618	28.695
Kärnten	1.496.343	556.070	564.594	160.471	178.460	36.749
NÖ	5.975.808	2.008.872	2.488.267	697.568	611.212	169.890
OÖ	8.007.118	2.607.703	3.195.803	719.242	1.041.269	443.102
Salzburg	2.090.391	945.691	683.215	61.127	259.411	140.948
Steiermark	4.891.011	1.254.341	2.345.781	559.912	561.333	169.644
Tirol	3.246.965	975.331	1.636.308	132.756	321.121	181.449
Vorarlberg	1.260.155	346.598	486.837	144.404	206.242	76.074
Wien	6.556.471	3.685.256	2.516.966	185.490	39.716	129.043
Gesamt	34.502.622	12.694.729	14.258.150	2.885.769	3.288.381	1.375.593
Prozentanteile Bauweisen 2010 bis 2019 im Nichtwohnungsbau nach Bundesländern						
Burgenland	3%	32%	35%	23%	7%	3%
Kärnten	4%	37%	38%	11%	12%	2%
NÖ	17%	34%	42%	12%	10%	3%
OÖ	23%	33%	40%	9%	13%	6%
Salzburg	6%	45%	33%	3%	12%	7%
Steiermark	14%	26%	48%	11%	11%	3%
Tirol	9%	30%	50%	4%	10%	6%
Vorarlberg	4%	28%	39%	11%	16%	6%
Wien	19%	56%	38%	3%	1%	2%
Gesamt	100%	37%	41%	8%	10%	4%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Auszug aus der GWR-Datenbank der Statistik Austria, 2022., abgerufen via statcube.

Beim Holzbau stellen die landwirtschaftlichen Nutzbauten innerhalb der Bauweise die mit Abstand bedeutsamste Nutzungsform dar: 50 Prozent aller Holzbau-Nettogrundflächen wurden in landwirtschaftlichen Nutzbauten realisiert, weitere 19 Prozent im nicht gänzlich anderen Segment der Industrie- und Lagergebäude. Die restlichen 31 Prozent verteilen sich auf sämtliche anderen Nutzungstypen, wobei „Sozialgebäude“ (Kultur, Bildung, Freizeit, Gesundheit; 8 Prozent aller Holzbauten) und freistehende Garagen bei Einfamilienhäusern (9 Prozent aller Holzbauten) noch etwas bedeutsamer sind als die verbleibenden Typen.

Wenig überraschend besitzen Industrie- und Lagergebäude für den Stahlskelettbau eine große Bedeutung: 61 Prozent aller Flächen dieser Bauweise wurden in diesem Segment realisiert, weitere 16 Prozent in landwirtschaftlichen Nutzgebäuden.

Bezogen auf die realisierten Gesamtflächen in Stahlbetonbauweise stechen mit 31 Prozent Anteil einmal mehr die Industrie- und Lagergebäude hervor, gefolgt von Gebäuden des Groß- und Einzelhandels (15 Prozent), Büro- und Verwaltungsbauten und Sozialbauten (jeweils 14 Prozent). Der ebenfalls weitestgehend „massive“ Mauerwerksbau verteilt sich recht gleichmäßig auf die unterschiedlichen Nutzungstypen, Bürobauten (20 Prozent) und Industrie-/Lagergebäude (19 Prozent) ragen in ihrer Bedeutung etwas heraus.

Tabelle 15: Nichtwohnungsbauten von 2010 bis 2019 nach errichteter Nettogrundfläche und Bauweise, nach österreichweit realisierten Marktanteilen.

Nichtwohngebäude (Nutzung) 2010 bis 2019 nach Bauweisen und realisierten Nettogrundflächen						
	Alle	Mauerwerk	Stahlbeton	Stahlskelett	Holzbau	Sonstige
Landwirtschaftliche Nutzbauten	5.032.228	1.369.661	1.280.648	465.678	1.628.988	285.078
Freistehende Garagen	2.032.213	900.849	528.716	150.952	267.133	183.945
Gebäude Gemeinschaften	1.265.067	651.182	505.698	15.874	39.075	53.237
Hotel, Pension, Gasthof	2.422.644	1.208.387	871.716	8.628	205.009	128.904
Büro- und Verwaltung	4.978.476	2.500.546	2.048.258	134.940	119.224	175.290
Groß- und Einzelhandel	3.925.727	1.389.291	2.098.490	226.953	104.434	106.560
Verkehrs-, Nachrichtenwesen	741.175	252.907	343.595	74.342	19.600	50.631
Industrie- und Lagerbau	9.634.157	2.452.836	4.530.559	1.765.673	616.130	267.686
Kultur/Freizeit/Bildung/Gesundheit	4.447.595	1.945.754	2.047.841	42.646	286.952	124.263
Kirchen und Sakralbauten	27.864	23.317	2.628	84	1.835	-
Gesamt	34.507.145	12.694.729	14.258.149	2.885.769	3.288.381	1.375.593
Nichtwohngebäude (Nutzung) 2010 bis 2019 nach Bauweisen und deren Prozentanteile in den Nutzungstypen						
	Alle	Mauerwerk	Stahlbeton	Stahlskelett	Holzbau	Sonstige
Landwirtschaftliche Nutzbauten	15%	11%	9%	16%	50%	21%
Freistehende Garagen	6%	7%	4%	5%	8%	13%
Gebäude Gemeinschaften	4%	5%	4%	1%	1%	4%
Hotel, Pension, Gasthof	7%	10%	6%	0%	6%	9%
Büro- und Verwaltung	14%	20%	14%	5%	4%	13%
Groß- und Einzelhandel	11%	11%	15%	8%	3%	8%
Verkehrs-, Nachrichtenwesen	2%	2%	2%	3%	1%	4%
Industrie- und Lagergebäude	28%	19%	32%	61%	19%	19%
Kultur/Freizeit/Bildung/Gesundheit	13%	15%	14%	1%	9%	9%
Kirchen und Sakralbauten	0,1%	0,2%	0,02%	0,001%	0,1%	0%

6.4 Bauweisen und Energiesysteme seit 2010

Das von der Statistik Austria geführte Gebäude- und Wohnungsregister enthält auch Aussagen zu den realisierten Energiesystemen, wobei hier sowohl die vorhandene Datenstruktur als auch die realisierte Implementierung der Realdaten aus den zuständigen Bauabteilungen in den Gemeinden (Magistraten bei Städten mit Magistraten) großen Interpretationsspielraum zulässt. Die Statistik Austria räumt selbst ein, dass aufgrund oft zeitlich deutlich verzögerter Dateieinmeldungen der zuständigen kommunalen Behörden einzelne Datenbestände unvollständig sind und auch erst sukzessive mit zeitlicher Verzögerung laufend aktualisiert werden. Von besonderer Bedeutung für Informationen zur Wärmeversorgung ist dabei der Umstand, dass zahlreiche Einmeldungen die Aussage besitzen, dass „zentrale oder dezentrale Beheizung derzeit nicht bekannt“ ist. Grundsätzlich ist auch anzumerken, dass es insbesondere im hocheffizienten Bereich vermehrt zu Mischsystemen kommt, die in der Datenerfassung derzeit nicht berücksichtigt werden. Bezogen auf die Auswertung der neu errichteten Gebäude mit ihren Bauweisen und darin verwendeten Heizsystemen bedeutet dies für Wohngebäude ab 2010 einen gegenwärtig gegebenen Informationsausfall von 20 Prozent, bei Nichtwohngebäuden von 24 Prozent. In Anbetracht der durchaus komplexen Datenerhebung mit jeweils getrennt erhobenen Brennstoff, Wärmebereitstellungssystem und Wärmeabgabesystem kann auch davon ausgegangen werden, dass eine gewisse Überforderung bei den dafür verantwortlichen Behörden (die oftmals durch „Mini-Bauämter“ (Gemeindesekretariat) auf Gemeindeebene definiert sind) gegeben sein kann.

6.4.1 Hauptbrennstoffe nach Bauweisen seit 2010

Bei den seit 2010 in Wohngebäuden realisierten Wärmesystemen überwiegen grundsätzlich zentrale Versorgungssysteme gegenüber dezentralen Systemen deutlich. Auch wenn aufgrund der oben dargestellten Dokumentationseinschränkungen im GWR-System bei knapp 20 Prozent aller realisierten Flächen nicht bekannt ist, ob diese zentral oder dezentral versorgt sind, ist davon auszugehen, dass weit über 80 oder gar 90 Prozent der errichteten Wohngebäude auf zentrale Versorgung setzen.

Von 2010 bis 2021 (Anmerkung: für die Jahre 2019 bis 2021 weist die Statistik „vorläufige Werte“ aus) wurde ein Anteil von rund 15 bis 20 Prozent der neu errichteten Wohngebäude mit einem fossilen Wärmesystem fast ausschließlich auf Gas-Basis ausgestattet. Öl und Kohle hatten einen verschwindenden Anteil von wenigen Zehntel

Prozentpunkten. Nahezu gleichauf rangiert die Nah- und Fernwärme, leicht darunter die Biomasse. Stromsysteme (und damit vorwiegend zentrale Wärmepumpensysteme) zeigen mit definitiven 17,7 und wahrscheinlichen 20 bis 25 Prozent Flächenanteil das im letzten Jahrzehnt erfolgreichste Wärmesystem.

Tabelle 16: Wohnungsbauten von 2010 bis 2021 nach errichteter Nettogrundfläche und verwendetem Heizsystem

Wohngebäude Nettogrundfläche (Nettogeschoßfläche) insgesamt (in m²)						
Jahr Heizsystem	2010 bis 2012	2013 bis 2015	2016 bis 2018	2019 bis 2021	2010 bis 2021	in %
Fossil: Öl, Kohle, Gas	2.451.262	3.607.494	3.800.455	2.347.366	12.206.576	13,3%
Nah-/Fernwärme	2.053.029	2.881.103	3.698.832	2.736.132	11.369.097	12,4%
Biomasse	2.847.907	2.798.901	2.368.009	1.923.868	9.938.685	10,8%
Strom	1.671.497	3.085.793	4.799.702	6.638.641	16.195.633	17,7%
Sonstiger Brennstoff	1.664.864	2.257.826	2.373.989	3.129.971	9.426.649	10,3%
Zentral, Brennstoff n.b.	2.521.324	1.763.521	1.577.887	1.240.803	7.103.534	7,8%
Dezentral Brennstoff n.b.	1.184.984	1.568.967	2.238.372	1.949.862	6.942.185	7,6%
Nicht beheizt	14.595	19.988	21.643	14.746	70.972	0,1%
Zentral / dezentral n.b.	5.292.057	3.468.869	4.537.390	5.105.915	18.404.231	20,1%
Summe	19.701.518	21.452.462	25.416.278	25.087.304	91.657.562	100,0%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Auszug aus der GWR-Datenbank der Statistik Austria, 2022., abgerufen via statcube.

Tabelle 17: Nicht-Wohnungsbauten von 2010 bis 2021 nach errichteter Nettogrundfläche und verwendetem Heizsystem

Nicht-Wohngebäude Nettogrundfläche (Nettogeschoßfläche) insgesamt (in m²)						
Jahr Heizsystem	2010-2012	2013-2015	2016-2018	2019-2021	Gesamt	In %
Fossil: Öl, Kohle, Gas	1.186.220	1.576.016	1.523.939	1.405.861	5.692.036	13,6%
Nah-/Fernwärme	1.182.438	1.466.815	1.128.011	1.067.160	4.844.425	11,6%
Biomasse	705.934	651.039	687.231	577.372	2.621.575	6,3%
Strom	235.085	468.645	823.684	1.195.465	2.722.879	6,5%
Sonstiger Brennstoff	375.054	401.299	684.548	738.438	2.199.339	5,3%
Zentral, Brennstoff n.b.	808.852	627.114	556.645	440.272	2.432.883	5,8%
Dezentral Brennstoff n.b.	717.763	496.329	629.013	567.114	2.410.218	5,8%
Nicht beheizt	1.350.962	2.232.242	2.364.214	2.861.700	8.809.118	21,1%
Zentral / dezentral n.b.	3.974.758	2.351.511	1.954.927	1.788.111	10.069.306	24,1%
Summe	10.537.065	10.271.009	10.352.213	10.641.492	41.801.779	100,0%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Auszug aus der GWR-Datenbank der Statistik Austria, 2022., abgerufen via statcube.

Mit Blick auf diese Daten der Neubautätigkeit des letzten Jahrzehnts ist klar, dass der mittelfristige Sanierungsbedarf für Klimaneutralität bis 2040 auch noch relativ junge Gebäude betrifft, die hinsichtlich ihrer Hüllqualitäten im Vergleich zum älteren Bestand als energietechnisch optimierte Gebäude zu bezeichnen sind.

6.4.2 Bauweisen und für die Wärmebereitstellung verwendete Brennstoffe seit 2010

Analysiert man die Bauweisen und die jeweils verwendeten Brennstoffe für die Wärmebereitstellung, dann wird deutlich, dass im letzten Jahrzehnt erneuerbare und / oder hocheffiziente zentrale System (Fernwärme) zunehmend größere Bedeutung erhalten haben und dabei die Wärmepumpe (Anmerkung: „Strom (zentral)“ als relevantes System) mit insgesamt 14 Prozent genauso viel Bedeutung wie zentrale Gasanlagen (13 Prozent) besitzt.

Unter den Bauweisen ist auffällig, dass im Holzbau grundsätzlich weniger fossile Systeme eingesetzt wurden, als bei den anderen Bauweisen. Summiert man die „erneuerbaren Systeme“ mit der Fernwärme und Wärmepumpenheizungen (Strom), dann ergibt sich für praktisch alle Bauweisen ein ähnliches Bild: Der so gebildete Summenanteil macht zwischen knapp 35 (Stahlbeton) und knapp 40 Prozent (Mauerwerk, Holz) aus; in linearer Umlegung der „derzeit nicht bekannten“ Systeme zwischen 45 und über 50 Prozent.

Im Stahlbeton / Stahlbetonskelettbau (überwiegend großvolumige Wohnbauten, Bürobauten und dergleichen) nimmt Gas mit 17 bis 20 Prozent (inkl. Umlegung nicht deklarerter Systeme) eine nicht zu unterschätzende Rolle ein, im quantitativ nicht so relevanten Stahlskelettbau (insbesondere Hallenbau) mit 21 bis 25 Prozent ebenso. Die hohe Anzahl unbeheizter Gebäudeflächen bei Stahl, Holz und sonstige (Hybrid-)Bauten erklärt sich dadurch, als dass diese Bauweisen sowohl bei landwirtschaftlichen Nutzbauten als auch im Garagenbau eine wesentliche Rolle einnehmen.

Zusammenfassend kann hinsichtlich der im Neubau der letzten zehn Jahre verwendeten Energieträger für das Wärmesystem festgehalten werden, dass fossile Systeme eine zusehends geringere Bedeutung besitzen; im Holzbau mit sieben Prozent bereits eine untergeordnete Rolle einnehmen.

Tabelle 18: Bauweisen und Energieträger des Wärmesystems in seit 2010 neu errichteten Gebäuden

Seit 2010 neu errichtete Gebäude / realisierte Nettogrundflächen nach Bauweisen und Wärmesystem in Prozent							
Bauweise	Mauerwerk	Stahlbeton	Stahl	Holzriegel	Sonstige	unbekannt	Gesamt
Nah-/Fernwärme	12%	17%	5%	5%	11%	2%	12%
Holz/Biomasse (zentral)	11%	5%	4%	12%	11%	2%	9%
Strom (zentral)	16%	6%	6%	23%	12%	0%	14%
Sonstige (zentral)	10%	5%	3%	12%	11%	1%	9%
Kohle (zentral)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Heizöl (zentral)	1%	0%	1%	0%	1%	0%	1%
Gas (zentral)	12%	17%	21%	7%	11%	2%	13%
Brennstoff n.b.	7%	7%	3%	8%	6%	22%	7%
dezentral beheizt	6%	10%	5%	5%	6%	1%	7%
nicht beheizt	3%	8%	32%	16%	13%	0%	7%
zentral/dezentral n.b.	22%	25%	20%	11%	18%	70%	21%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Auszug aus der GWR-Datenbank der Statistik Austria, 2022., abgerufen via statcube.

6.4.3 Bauweisen und Wärmebereitstellungssysteme seit 2010

Die in der Statistik dokumentierten technischen Wärmebereitstellungssysteme bestätigen die These gestiegener Bedeutung von Wärmepumpensystemen. Bauweisen-unabhängig finden sich Wärmepumpen in rund 25 Prozent, mit Umlegung der derzeit noch nicht deklarierten Gebäude in über 30 Prozent aller seit 2010 neu errichteten Flächen. In allen Bauweisen kommt dabei der Luft-Wasser-Wärmepumpe die größte Bedeutung zu, Sole und Grundwasserwärmepumpen besitzen geringere Bedeutung.

Tabelle 19: Bauweisen und Wärmebereitstellungssysteme in seit 2010 neu errichteten Gebäuden

Bauweisen und Wärmebereitstellung in seit 2010 neu errichteten Gebäude, Anteile in Prozent (flächenbezogen)							
Bauweisen	Mauerwerk	Stahlbeton	Stahl	Holzriegel	Sonstige	nicht bekannt	Summe
WP, Luft/Wasser	19%	6%	5%	29%	15%	1%	16%
WP Sole/Wasser	6%	3%	1%	7%	5%	0%	5%
WP, Wasser/Wasser	2%	3%	2%	2%	2%	0%	2%
WP, sonstige	2%	2%	1%	3%	2%	2%	2%
Solaranlage	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Fernwärme	14%	20%	7%	6%	13%	3%	14%
Nahwärme	1%	1%	2%	1%	1%	2%	1%
Sonstige	1%	1%	2%	1%	2%	0%	1%
Niedertemperaturkessel	2%	1%	1%	1%	1%	0%	1%
Brennwertkessel	9%	11%	13%	5%	9%	2%	9%
Standardkessel	7%	4%	4%	6%	7%	1%	6%
zentral, dzt. n.b.	5%	6%	5%	4%	4%	18%	5%
dezentral	7%	10%	6%	7%	6%	2%	7%
nicht beheizt	3%	8%	33%	16%	13%	0%	7%
zentr./dezent. Dzt. n.b.	22%	25%	20%	11%	18%	70%	21%
Gesamt	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Auszug aus der GWR-Datenbank der Statistik Austria, 2022., abgerufen via statcube.

Im Stahlbetonbau überwiegt gegenwärtig der Anschluss ans Fern-/Nahwärmesystem mit 20 Prozent (bis zu 30 Prozent bei Umlegung der noch nicht deklarierten Systeme), tendenziell „fossile“ Kesselanlagen machen bei allen Bauweisen etwa 16 (bis 20) Prozent aus. Der Holzbau ist jene Bauweise, die mit über 40 Prozent aller Neubauten den höchsten Wärmepumpenanteil besitzt. Zumindest statistisch praktisch nicht relevant ist die (unterstützende) Funktion von solarthermischen Anlagen für das Heizsystem.

6.4.4 Bauweisen und Wärmeabgabesysteme seit 2010

Die gestiegene Bedeutung von Wärmepumpen und damit zusammenhängend Niedertemperatursystemen im letzten Jahrzehnt zeigt sich auch mit Blick auf die in den neu errichteten Gebäuden verwendeten Wärmeabgabesysteme. Flächenheizungen machen insgesamt 41 bis 50 Prozent (bei Normalverteilung der derzeit noch nicht deklarierten Gebäude) aus, im Mauerwerksbau und Holzbau mit 47 bis rund 55 Prozent mehr als in Stahlbetonbauten (direkt zuordenbar: 28 Prozent, jedoch mit höherer Bandbreite aufgrund „nicht deklariertes Systeme“; bis zu rund 40 Prozent Anteil).

Direkte Luftheizungssysteme (u.a. Passivhaus) finden sich gegenwärtig ebenso nur bei wenigen neu errichteten Gebäuden wie Gebläsekonvektoren. Mit kleinflächigen Systemen (Heizkörper) beheizte Gebäude machen mit durchschnittlich 12 Prozent (mit Umlegung der „Nichtdeklarierten“: bis über 15 Prozent) einen deutlich geringeren Anteil aus, als Flächenheizsysteme. Diese Entwicklung ist durchaus positiv zu interpretieren, da davon auszugehen ist, dass die neu errichteten Gebäude grundsätzlich deutlich effizienter im Wärmebedarf sind, als die durchschnittlichen Bestandsbauten der Vorperioden und mit einem hohen Anteil an Flächenheizsystemen grundsätzlich auch eine Grundlage für Bauteilaktivierung und Kühlung im Sommer gegeben ist.

7 Innovationsempfehlungen

7.1 Vertiefende Marktbeobachtung etablieren

EMPFEHLUNG 1: Vor dem Hintergrund der dargestellten Dokumentationslücken zum innovationsorientierten Hochbau wird empfohlen, dass für einen längeren Bearbeitungszeitraum (Vorschlag: zwei bis vier Jahre) eine Direkterhebung bei den Unternehmen (Produktion, Planung, Bauträger) hinsichtlich der aufgeworfenen Fachfragen umgesetzt wird (Ziel: Konkrete Abbildung von zumindest 30 Prozent des Marktvolumens und Hochrechnung auf Gesamtmarkt).

EMPFEHLUNG 2: Unabhängig von der angesprochenen Direkterhebung bei Unternehmen wird empfohlen, die Statistik Austria in eine weitere Bearbeitung direkt miteinzubeziehen. Dies vor dem Hintergrund der ggf. einfacheren Datenbeschaffung, insbesondere aber auch hinsichtlich einer anzudenkenden Konkretisierung / Ergänzung der statistischen Erhebungsmethodik (Zensus, generelle GWR-Erhebung, Verschneidung Energieausweisdatenbanken mit Merkmalsausprägungen aus dem GWR).

7.2 Umfassende Scale-Up Untersuchungen im Hochbau umsetzen

Die Kenntnis regionaler Ressourcenverfügbarkeit im umfassenden Sinne (Rohstoffe, Produktionsstätten; aber auch Knowhow, Abwicklung, Logistik) mit Blick auf die in den nächsten Jahrzehnten erwartbaren Nachfragesegmente stellt eine wesentliche Grundlage für die strategische Ausrichtung einer nachhaltigen Bauwirtschaft dar. Umfassende Scale Up – Prozesse auf nationaler und regionaler Ebene sind in diesem Zusammenhang nur sehr eingeschränkt verfügbar, werden gegenwärtig fast ausschließlich durch die Marktteilnehmer:innen aus ihrer Innensicht entwickelt.

EMPFEHLUNG 3: Zur Stärkung und Sicherung einer nachhaltigen nationalen Bauwirtschaft sind gesamthafte Scale Up – Untersuchungen für den Hochbau (und Tiefbau) unabdingbar. Diese müssen, um die Ziele der notwendigen Transformation zur treibhausgasneutralen Gesellschaft bestmöglich zu unterstützen, insbesondere auf regionale Wertschöpfungsketten, regionale Ressourcen- und Produktionskapazitäten abzielen. Empfohlen wird deshalb die Abwicklung einer umfassenden, technologieutralen und

damit alle Bauweisen berücksichtigende Scale Up – Untersuchung, welche in nationale und regionale Wirtschaftsstrategien (Rohstoffbereitstellung, Produktion, Beschäftigung, Ausbildung) implementiert werden kann. Dabei sind sowohl erwartbare Neubaukapazitäten als auch die notwendige Bestandsentwicklung zu behandeln.

7.3 Lebenszyklusbewertung & Technikfolgenabschätzung einführen

Ergänzend zur notwendigen Scale Up Untersuchung stellt die Kenntnis faktischer Produkt- und Technologie-Umweltbilanzen eine wesentliche Voraussetzung für die notwendige Transformation dar. Die in Österreich umfassend verankerte Produktdatenbank www.baubook.at listet rund 3.300 Bauprodukte, wenngleich die dort implementierten Produktdaten noch sehr eingeschränkt aus umfassenden EPD (Umweltproduktdeklarationen im gesamten Lebenszyklus gemäß normativen Vorgaben) resultieren. Von den Wirtschaftsteilnehmer:innen werden in diesem Zusammenhang häufig der hohe Mittelbedarf, fehlende rechtliche Grundlagen und förderpolitische Anreize sowie noch nicht in aller Deutlichkeit erkennbare Nachfrage bei der (öffentlichen) Beschaffung als Begründung für die fehlende Ausbreitung transparenter Umweltbilanzen im Lebenszyklus genannt.

Empfehlung 4: Die Lebenszyklusbewertung von Produkten stellt eine wesentliche Grundlage für gleichsam umweltschonende und treibhausgasneutrale Bauprodukte und Bautechnologien dar. In Österreich ist diesbezüglich hoher Nachholbedarf gegeben. Auf Basis einer nationalen Grundlagenerhebung (insbesondere: tatsächliche Anzahl an Produkten mit umfassenden EPDs für den gesamten Lebenszyklus, diesbezügliche Datenbanken, formalrechtliche und förderpolitische Verankerung, Barrieren und Hemmnisse) sind Maßnahmen und Initiativen zur Verbesserung der Wissensbasis zu schaffen.

Empfehlung 5: Treibhausgasneutralität im gesamten Lebenszyklus benötigt im Bereich der Massivbaustoffe noch wesentliche Transformationsschritte im Bereich der Energieaufbringung in der Produktionsphase, im Bereich des Holzbaus insbesondere die Klärung der mittel- bis langfristigen Rohstoffverfügbarkeit mit Blick auf den aufgrund des Klimawandels erwartbaren Artenwechsels in heimischen/regionalen Forsten (Quellen-/Senkenproblematik). Wenngleich in diesem Zusammenhang bereits mehrere FTI-Initiativen gestartet wurden, sind im Sinne einer beschleunigten Transformation die dafür notwendigen Forschungs- und Entwicklungsressourcen insbesondere in den nächsten

Jahren sicherzustellen. Aus diesem Grund wird angeregt, einen nach der äußerst erfolgreichen Programmlinie „Haus der Zukunft“ neuen nationalen Bauforschungsschwerpunkt zu entwickeln.

7.4 Circular Economy Construction & Bestandsentwicklung

Legt man die Materialität der neu errichteten Flächen zur Orientierung auf die Bestandssituation um, dann kann davon ausgegangen werden, dass der Gebäudebestand im überwiegenden Ausmaß aus Mauerwerksbauten und Stahlbetonbauten besteht, der Holzbau eine mit rund zehn Prozent Anteil untergeordnete Rolle spielt.

Kreislauforientierte Bestandsentwicklung muss ihren Fokus schon aus diesem Grund stark auf die Wiederverwendung der in Massivbauten verwendeten (wandbildenden) Materialien mit ihren vielfältigen Compounds (Wärmedämmverbundsysteme, technische Gebäudeausstattung) legen und ihre Strategien deshalb deutlich auf die damit verbundenen Gebäudesegmente legen.

„Zerlegbarkeit“ und damit Wiederverwendbarkeit, Verwertbarkeit und letztlich auch Entsorgung im auch in Zukunft bedeutsamen Neubau ist im Unterschied dazu bestmöglich auf die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Bausysteme auszurichten, ohne dass dabei auf die energietechnische Konzeption vergessen werden darf.

Gesamthaft geht es dabei darum, den Ressourcenkreislauf im Sinne der Transformationsziele hin zu einer treibhausgasneutralen und damit den Neueinsatz von Rohstoffen schonenden Bauwirtschaft zu entwickeln.

Empfehlung 6: Die in den letzten Jahren verstärkt erkennbaren Projektinitiativen für den verwertungsorientierten Rückbau und die Wiederverwendung von Bauteilen, Bauprodukten und -technologien aus Bestandsgebäuden (u.a. BauKarussell, Materialnomaden) sind gegenwärtig als ambitionierte Pilotvorhaben in Marktnähe zu qualifizieren, welchen derzeit noch die breite Marktbasis fehlt. Im Rahmen vorhandener oder neu zu schaffender FTI-Initiativen soll diese Entwicklung in Form von Demonstrationsvorhaben als auch in struktureller Hinsicht (Marktplatz, Marktbarrieren, Werkzeuge, Wissensvermittlung) unterstützt werden. Empfohlen wird die dezidierte Ausarbeitung entsprechender FTI-Schwerpunkte im Bereich erwartbarer Rückbauprojekte und ihrer Gebäudesegmente (Mauerwerksbau, Massivbau; ggf. Sonderfokus Einfamilienhäuser).

Empfehlung 7: Zur Überwindung gegenwärtiger Schwächen des Massivbaus sind insbesondere die Einsatzmöglichkeiten von Mauerwerksbaustoffen und Stahlbeton als Sekundärrohstoffe und Zuschlagsstoffe für die Ziegelproduktion und Zement-/Betonherstellung von größtem Interesse. Diesbezüglich bereits vorhandene (internationale) FTI-Projekte und deren Erkenntnisse sind auch für den nationalen Markt fortzusetzen und ggf. zu fördern.

7.5 Drei Technologie-Leader: Hybrides Bauen Strategie

Vereinfacht ausgedrückt besitzt der Holzbau seine große Stärke in den niedrigsten Treibhausgasemissionen in Form „grauer Energie“ bei gleichzeitig möglicher hoher Vorfertigung, Gebäude mit Bauteilaktivierung aufgrund ihrer mit wenig gebäudespezifischem Technologieeinsatz verbundenen Wärme- und Kältebereitstellung mit erwartbar hohem Anteil lokaler erneuerbarer Energie und (semi-)monolithische Ziegelbauten im Bereich relativ unkomplizierter, langlebiger Wandaufbauten mit gegenüber konventioneller Wärmedämmung erwartbar geringem Aufwand beim Rückbau. In den hier sehr kurz dargestellten Kernqualitäten sind alle drei Bauformen auch im internationalen Vergleich als Technologie-Leader zu bezeichnen, die wesentliche Beiträge für Nachhaltigkeit und Klimaschutz für sich beanspruchen können.

Die gezielte Entwicklung hybrider Bausysteme kann im Neubau und der Bestandssanierung zur Überwindung von Transformationshemmnissen wesentlich beitragen. Vorteile sind unter Wahrung zentraler Qualitäten für Klimaschutz in einer langfristig regionalen Rohstoffverfügbarkeit, Ressourceneffizienz und Erhöhung der Vorfertigung zu erwarten.

Empfehlung 8: Unter dem Leitsatz „Das Beste aus allen Welten“ ist hybriden Bausystemen verstärkte Aufmerksamkeit zu widmen. Dafür ist die enge Zusammenarbeit zwischen gegenwärtig stark konkurrierenden Marktteilnehmer:innen notwendig, welche dafür bei der Produkt- und Technologieentwicklung ebenso kooperativ vorgehen müssen wie bei der arbeitsteiligen Organisation des Entwicklungs- und Bauprozesses., Im Bereich der FTI-Programme wären in vielfältiger Hinsicht Schwerpunkte zu setzen, die von der Produkt- und Technologieentwicklung bis hin zu kooperativ zu leistenden Demonstrationsbauten gehen können.

Literaturverzeichnis

Baustoff Wissen (2013): Welche Vorteile haben Mauerwerkziegel mit integriertem Dämmstoff? Online verfügbar unter https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/fassade_und_massivbau/mauerwerkziegel-integriertem-daemmstoff/, zuletzt geprüft am 20.04.2021

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2011): Kohlenstoffspeicherung von Bäumen. LWF-Merkblatt Nr. 27, Freising 2011.

IVL – Swedish Environmental Institute (2020): CO₂ uptake in cement-containing products - Background and calculation models for IPCC implementation. ISBN: 978-91-88787-89-7. Report unter <https://www.ivl.se/english/ivl/publications/publications/co2-uptake-in-cement-containing-products---background-and-calculation-models-for-ipcc-implementation.html> (aufgesucht am 12.10.2021)

Jakob Hildebrandt, Nina Hagemann, Daniela Thrän (2017): The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in europe, Sustainable Cities and Society, Volume 34, 2017, Pages 405-418, ISSN 2210-6707

Kolb, Bernhard (2021b): Beton - Ökobilanz. Forum Nachhaltiges Bauen. Online verfügbar unter <https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Beton>, zuletzt geprüft am 20.04.2021.

Pfoh, Sandro; Schneider, Patricia; Grimm, Franziska (2015): Projektplattform Energie Leitfaden. Ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: Zentrum für nachhaltiges Bauen (TU München).

proHolz Austria (2020): Fichte, Tanne, Buche & Co. Online verfügbar unter <https://www.holzistgenial.at/blog/fichte-tanne-buche-co/>, aufgesucht 20.04.2021.

Weiss P., Braun M., Fritz D., Gschwantner T., Hesser F., Jandl R., Kindermann G., Koller T., Ledermann T., Ludvig A., Pölz W., Schadauer K., Schmid B.F., Schmid C., Schwarzbauer P., Weiss G. 2020: Endbericht zum Projekt CareforParis. Klima- und Energiefonds Wien, Oktober 2020.

Eine umfassende Literaturliste mit allen Querverweisen findet sich in der Langfassung.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Holzbau und Nachhaltigkeit im Bereich Energie, Klima- und Naturschutz	16
Tabelle 2: Holzbau und Nachhaltigkeit im Bereich Wirtschaft / Circular Economy.....	16
Tabelle 3: Holzbau und Nachhaltigkeit im Bereich Soziale Wertigkeit	17
Tabelle 4: SWOT-Analyse Holzbau	17
Tabelle 5: TBA und Nachhaltigkeit im Bereich Energie, Klima- und Naturschutz	22
Tabelle 6: TBA und Nachhaltigkeit im Bereich Wirtschaft und Kreislauffähigkeit.....	23
Tabelle 7: TBA und Nachhaltigkeit im Bereich Soziale Wertigkeit und Akzeptanz	24
Tabelle 8: SWOT-Analyse Thermische Bauteilaktivierung	24
Tabelle 9: Ziegelbau und Nachhaltigkeit im Bereich Energie, Klima- und Naturschutz.....	29
Tabelle 10: Ziegelbau und Nachhaltigkeit im Bereich Wirtschaft und Kreislauffähigkeit....	29
Tabelle 11: Ziegelbau und Nachhaltigkeitsaspekte im Bereich Soziale Wertigkeit	30
Tabelle 12: SWOT-Analyse Monolithischer Ziegelbau	30
Tabelle 13: Anteil der unterschiedlichen Bauweisen nach Bundesländern an zwischen 2010 und 2019 neu errichteten Nettogrundflächen in Prozent.	35
Tabelle 14: Anteile der Bauweisen im Nichtwohnungsbau nach Bundesländern 2010 bis 2019 nach errichteter Nettogrundfläche.	41
Tabelle 15: Nichtwohnungsbauten von 2010 bis 2019 nach errichteter Nettogrundfläche und Bauweise, nach österreichweit realisierten Marktanteilen.....	43
Tabelle 16: Wohnungsbauten von 2010 bis 2021 nach errichteter Nettogrundfläche und verwendetem Heizsystem	45
Tabelle 17: Nicht-Wohnungsbauten von 2010 bis 2021 nach errichteter Nettogrundfläche und verwendetem Heizsystem.....	46
Tabelle 18: Bauweisen und Energieträger des Wärmesystems in seit 2010 neu errichteten Gebäuden	48
Tabelle 19: Bauweisen und Wärmebereitstellungssysteme in seit 2010 neu errichteten Gebäuden	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Holz-Passivhaus am Mühlweg (© Bruno Klomfar für Haus der Zukunft. Creative Commons Lizenz zur nicht-kommerziellen Nutzung (CC BY-NC))	18
Abbildung 2: Aus einem Kuhstall wird ein Nahezu-Null-Energiehaus (© Kurt Hörbst für BMK / Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit)	19
Abbildung 3: MGG ²² © Manfred Seidl	25
Abbildung 4: Lebendiger Schulcampus in Massivbauweise mit Bauteilaktivierung (© Kurt Hörbst für BMK / Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit)	26
Abbildung 5: Monolithischer Ziegelbau im mehrgeschossigen Wohnungsbau (© Herta Hurnaus).....	31
Abbildung 6: Monolithischer Ziegelbau in Kombination vorgelagerter Holzkonstruktion (© Wienerberger Ziegelindustrie GmbH)	32
Abbildung 7: Marktanteile aller seit 2010 neu errichteten Gebäude nach Bauweisen...	34
Abbildung 8: Marktanteile von mittel- und großvolumigen Gebäuden nach Bauweisen.	36
Abbildung 9: Marktanteile an neu errichteten Wohngebäuden nach unterschiedlichen Bauweisen seit 2010 in Prozent.....	37
Abbildung 10: Jahreswerte der seit 2010 errichteten Wohnbauten seit 2010 nach Bauweisen.....	38
Abbildung 11: Anteile der Bauweisen im Nichtwohnungsbau seit 2010.	39

Abkürzungen

Art.	Artikel
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BGF	Bruttogeschossfläche
BMK	Bundesministerium für Klima, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
CO ₂	Kohlendioxid
GWR	Gebäude- und Wohnungsregister
HWB	Heizwärmebedarf
KWh	Kilowattstunden
n.b.	nicht bekannt
PEB	Primärenergiebedarf
W/m ² k	Watt pro Quadratmeter und Kelvin
THG	Treibhausgasemissionen

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und
Technologie**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)