



Schlussbericht vom 08. September 2023

ZeroStrat

Strategien für Neubauten mit Niedrigstemissionen in der Erstellung



Quelle: © Holz100 Schweiz AG, Steinen/SZ – Überbauung Unterfeld



intep

ETH zürich

Datum: 08. September 2023

Ort: Zürich

Subventionsgeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Subventionsempfänger/innen:

Intep – Integrale Planung GmbH
Pfingstweidstrasse 16, CH-8005 Zürich
<https://intep.com/>

ETH Zürich
Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
Stefano-Frascini-Platz 5, 8093 Zürich
<https://sc.ibi.ethz.ch/>

Autor/in:

Dr. Heidi Mittelbach, Intep – Integrale Planung GmbH, mittelbach@intep.com
Dr. Martina Alig, Intep – Integrale Planung GmbH, alig@intep.com
Il Kook Nauser, Intep – Integrale Planung GmbH, nauser@intep.com
Sunna Seithel, Intep – Integrale Planung GmbH, seithel@intep.com
Jana Reichmann, Intep – Integrale Planung GmbH, reichmann@intep.com
Dr. Edwin Zea Escamilla, ETH Zürich, zea@ibi.baug.ethz.ch
Prof. Dr. Guillaume Habert, ETH Zürich, habert@ibi.baug.ethz.ch
Daniel Kellenberger – ehemals intep
Jennifer Furrer – ehemals intep

Begleitgruppe Projekt:

René Bähler (BBL); Bernhard Furrer (Lignum – Holzwirtschaft Schweiz); Rainer Hettenbach (IG Lehm Fachverband Schweiz); Niko Heeren (Amt für Hochbauten, Stadt Zürich); Daniel Kellenberger (FHNW); Joe Luthiger (NNBS); Célia von Matt (Losinger Marazzi AG); Kurt Morgan (NEROS); Lennart Rogenhofer (Losinger Marazzi); Christoph Starck (SIA); Marianne Stähler (ecobau); Francine Wegmüller (Weinmann Energies; SIA).



BFE-Projektbegleitung:

Andreas Eckmanns, andreas.eckmanns@bfe.admin.ch

Nadège Vetterli, nadege.vetterli@anex.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/502201-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.



Zusammenfassung

Der Gebäudepark der Schweiz verursacht circa ein Drittel der inländischen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen). Mehr als die Hälfte des Energieverbrauchs und der damit verbundenen THG-Emissionen entstehen in der Gebäudeerstellung. Um diese graue Energie und THG-Emissionen zu reduzieren, existieren auf dem Markt verschiedenen Ansätze und eine breite Auswahl an ökologischen Baustoffen und Bauteilen. Dennoch ist deren Einsatz auf dem Markt noch ungenügend etabliert.

Diese Studie stellt in drei Phasen Lösungsansätze für die Reduktion der grauen Energie und THG-Emissionen in der Gebäudeerstellung vor. Es werden innovative Baustoffe und Bauteile sowie materialübergreifende Handlungsansätze einbezogen (Phase A), die mögliche Reduktion der grauen Emissionen für ein Testgebäude unter Einbezug verschiedener Handlungsgrundsätze und Baumaterialien abgeschätzt (Phase B) sowie eine Betroffenheit- und Akzeptanzanalyse durchgeführt um Erfahrungen, Prozesse und Anforderungen bei der Auswahl von Baustoffen und -teilen zu erfassen (Phase C).

Es wurde eine Liste mit 98 innovativen Baustoff- und Bauteilen erstellt, die mit Hilfe von acht Auswahlkriterien auf 30 für diese Studie besonders geeignete innovative Baustoff- und Bauteile reduziert wurde. Davon haben sich sechs Hersteller:innen entschieden, am Projekt teilzunehmen und vom Projektteam im Aufnahmeprozess in die KBOB-Liste unterstützt zu werden. Für die Hersteller:innen Zirkulit, Lignatur, Oxara und Lopas wurden Ökobilanzen zu den teilnehmenden Baustoffe und Bauteile entwickelt und die Hersteller:innen wurden im weiteren Prozess zur Aufnahme KBOB-Liste unterstützt¹. Für die Produkte der Hersteller:innen Neustark und Terrablock lagen die Ökobilanzen vor, sie wurden im Aufnahmeprozess in die KBOB-Liste beratend unterstützt. Verschiedene Sachverhalte und Herausforderungen der Datenerhebung und -aufbereitung sowie material- und prozessspezifisch sind zusammengefasst, die im Prozess der LCIA erkannt wurden. Damit eine klimakompatible Gebäudeerstellung gelingt, ist die alleinige Verwendung von innovativen Baustoffen und -teilen nicht ausreichend. In dieser Studie sind daher materialübergreifende Handlungsgrundsätze gesammelt und phasenspezifisch für die SIA-Phase 1 und 2 aufgeführt. Dazu zählen unter anderen Aussagen zur Wahl des Gebäudemassstabes, -hüllzahl, -proportionen, Anzahl Wohneinheiten und Untergeschosse, Bauweise, Fensteranteil, Dachform und Balkone.

Anhand eines Testgebäudes der Nutzung Mehrfamilienhaus (MFH) wurden für Neubauten und energetische Sanierung innovative Baustoffe und -teile mit materialübergreifenden Handlungsgrundsätzen kombiniert und mögliche Reduktion der grauen Emissionen ermittelt. Es wurden keine technischen Anlagen und kein Innenausbau in der Modellierung berücksichtigt. Verglichen wurde Varianten von Neubauten untereinander, zwischen Neubauten und Sanierung sowie Varianten von Sanierungen untereinander. Bei konventionellem Betonbau ist unter Verwendung von innovativen Baustoffen und -teilen eine Reduktion von bis zu 40 %, bei konventionellem Holzbau ist unter Verwendung von innovativen Baustoffen und -teilen eine Reduktion von bis zu 45 % möglich. Eine Reduktion um 20 % ist bei Anwendung konventionellen Holzbaus statt konventionellem Betonbau möglich. Wird das Testgebäude als Betonbau unter Verwendung innovativer Baustoffe und -teile energetisch saniert, können die Treibhausgasemissionen um 30 % reduziert werden. D.h. Sanieren ist einem Neubau vorzuziehen. Im Vergleich zu einer konventionellen Sanierung können unter Verwendung von Stroh-, Gras- und Hanfpanele bis zu 33% der Emissionen eingespart werden.

Um Treibhausgaseinsparungen für den Gebäudesektor erzielen zu können, müssen die Fallbeispiele für innovative Produkte skalierbar sein. Die Verfügbarkeit nachhaltiger Rohstoffe ist dabei wesentlich. Für das Up-Scaling wurden somit die Szenarien Landnutzung und Transport analysiert. Zum Zeitpunkt diese Studie (Juli 2023) liegen unter den getroffenen Annahmen die nachhaltigen Rohstoffe in der

¹ Die Ökobilanzen sind Eigentum der Hersteller: innen und nicht in dieser Studie veröffentlicht.



Schweiz nur ungenügend zur Verfügung. Jedoch bieten die Nachbarländer Deutschland, Frankreich und Italien ein grosses Potenzial für den Import von Stroh und Gras sowie kaum genügend Hanfanbauflächen in der Schweiz oder in umliegenden Ländern, um den Schweizer Bedarf am Rohstoff zu decken. Werden die potenziellen Transportdistanzen nachhaltiger Rohstoffe den Produktionsemissionen von Glaswolle mit Destination Zürich, Schweiz gegenübergestellt, wird ersichtlich, dass der Bezug nachhaltiger Rohstoffe aus den umliegenden Ländern, die für die Herstellung von innovativen Baustoffen notwendig sind, in weniger Treibhausgasemissionen resultieren als die Verwendung von Glaswolle aus der Schweiz. Hanf kann momentan nur über lokale, kurze Strecken befördert werden, ohne die Emissionen der Glaswolle zu übertreffen.

Für die Betroffenheit- und Akzeptanzanalyse wurde mit für den Planungsprozess relevanten Akteursgruppen Bauherr:innen, Architekt:innen und Vertreter:innen von Totalunternehmen sechs leitfragengestützte semistrukturierte Interviews sowie eine Online-Umfrage durchgeführt. Die Erkenntnisse der 46 Rückmeldungen der Online-Umfrage unterstützen die Aussagen der Interviews. Alle Akteursgruppen wählen am häufigsten für die Auswahl von Bauprodukten die Auswahlkriterien Umweltfreundlichkeit, Kosten und Langlebigkeit sowie Rezyklier- und Wiederverwendbarkeit aus. Nur knapp die Hälfte der Teilnehmenden greifen für die Auswahl von Bauprodukten auf Gebäude- oder Produktlabels zurück. In den Interviews wurden diese hilfreichen Instrumente, die Orientierung und Vertrauen in die als nachhaltig deklarierten Produkte bieten, jedoch auch mit Kosten und hohem Aufwand assoziiert. Von den Teilnehmenden kennen 44 % KBOB und 20 % ecobau. Über den projektinternen und auch projektunabhängigen Austausch mit Fachleuten erfahren ca. 50 % der Teilnehmenden von neuen nachhaltigen Bauprodukten. Circa 24 % der Teilnehmenden geben an über Newsletter z.B. via E-Mail, neue Informationen zu erhalten. Diese werden jedoch oft sofort gelöscht, da es als eher offensichtliches Marketing eher abschrecke. Bezüglich Wahrnehmung von bestimmten Produktkategorien und Verwendung von Bauprodukten sind die am häufigsten genannten Hürden das fehlende Fachwissen und die unzureichenden Produktinformationen. Auch ist das Wissen bei planenden Akteuren oft vorhanden, jedoch ungenügend bei ausführenden Akteuren, so dass im schlimmsten Fall die Umsetzungen nicht wie geplant erfolgen. In Hinblick auf Information und Kommunikation wünschen sich ca. 76 % mehr Informationen zur Nachhaltigkeit von Bauprodukten wie z.B. Umweltverträglichkeit, belastbare Angaben zu eingesparten Emissionen, Erfahrungsbericht, Vorteile gegenüber bewährten Materialien, Konformität mit Gebäudelabel und Prüfergebnisse namhafter Prüfinstitute. In den Interviews und in der Umfrage betonen mehrere Teilnehmende, dass sich ein allein auf Freiwilligkeit basiertes nachhaltige Bauen nicht schnell genug etabliert, um die Klima- und Energieziele zu erreichen. Vielmehr ist es erforderlich, einen rechtlichen Rahmen zu schaffen und Vorgaben zum nachhaltigen Bauen zu machen.

Résumé

Les bâtiments causent un tiers des émissions nationales de gaz à effet de serre (émissions de GES) en Suisse. Plus de la moitié de la consommation d'énergie et des émissions de GES qui en découlent proviennent de la construction des bâtiments. Pour réduire cette énergie grise et ces émissions de GES, il existe sur le marché différentes approches et un large choix de matériaux et d'éléments de construction écologiques. Cependant, leur utilisation n'est pas encore suffisamment établie sur le marché.

Cette étude présente en trois phases des approches de solution pour la réduction de l'énergie grise et des émissions de GES dans la construction de bâtiments. Elle intègre des matériaux et des éléments de construction innovants, ainsi que des approches d'action inter-matériaux (phase A), évalue la réduction possible des émissions grises pour un bâtiment de test en tenant compte de différentes approches d'action et matériaux de construction (phase B), et effectue une analyse de l'implication et



de l'acceptation afin de recenser les expériences, les processus et les exigences lors du choix des matériaux et des éléments de construction (phase C).

Une liste de 98 matériaux et éléments de construction innovants a été établie, puis réduite à l'aide de huit critères de sélection à 30 matériaux et éléments de construction innovants particulièrement adaptés à cette étude. Six de ces fabricants ont décidé de participer au projet et d'être soutenus par l'équipe de projet dans le processus d'intégration dans la liste KBOB. Pour les fabricants Zirkulit, Lignatur, Oxara et Lopas, des écobilans ont été développés pour les matériaux et les éléments de construction concernés et les fabricants ont été soutenus dans la suite du processus pour leur intégration dans la liste KBOB. Les écobilans des matériaux des fabricants Neustark et Terrablock étaient disponibles et ces derniers ont bénéficié d'une assistance dans le cadre du processus de leur intégration dans la liste KBOB. Différents faits et défis liés à la collecte et à la préparation des données ainsi qu'aux matériaux et aux processus qui ont été identifiés dans le processus de la LCIA sont résumés. Pour que la construction d'un bâtiment soit compatible avec les objectifs climatiques, il ne suffit pas d'utiliser des matériaux et des éléments de construction innovants. C'est pourquoi cette étude rassemble des principes d'action valables pour tous les matériaux et les présente de manière spécifique pour les phases 1 et 2 de la SIA.

A l'aide d'un bâtiment de test destiné à l'habitat collectif, des matériaux et des éléments de construction innovants ont été combinés à des principes d'action communs à tous les matériaux pour les nouvelles constructions et les rénovations énergétiques, et les réductions possibles des émissions grises ont été déterminées. Aucune installation technique ni aucun aménagement intérieur n'ont été pris en compte dans la modélisation. On a comparé des variantes de nouvelles constructions entre elles, entre des nouvelles constructions et des rénovations ainsi que des variantes de rénovations entre elles. Dans le cas d'une construction conventionnelle en béton, l'utilisation de matériaux et d'éléments de construction innovants permet une réduction allant jusqu'à 40 % ; dans le cas d'une construction conventionnelle en bois, l'utilisation de matériaux et d'éléments de construction innovants permet une réduction allant jusqu'à 45 %. Une réduction 20 % est possible en utilisant une construction en bois conventionnelle au lieu d'une construction en béton conventionnelle. Si le bâtiment de test en tant que construction en béton est rénové sur le plan énergétique en utilisant des matériaux et des éléments de construction innovants, les émissions de gaz à effet de serre peuvent être réduites 30 %. En d'autres termes, l'assainissement est préférable à la construction neuve. Par rapport à un assainissement conventionnel, l'utilisation de lambris de paille, d'herbe et de chanvre permet d'économiser jusqu'à 33 % des émissions.

Pour pouvoir réaliser des économies de gaz à effet de serre pour le secteur du bâtiment, les études de cas de matériaux innovants doivent être évolutives. La disponibilité de matières premières durables est essentielle à cet égard. Les scénarios d'utilisation des sols et de transport ont donc été analysés pour la mise à l'échelle. Au moment de la présente étude (juillet 2023), les matières premières durables ne sont pas suffisamment disponibles en Suisse, compte tenu des hypothèses retenues. Si l'on compare les distances de transport potentielles des matières premières durables aux émissions de production de la laine de verre, il apparaît que l'achat de matières premières durables dans les pays voisins, nécessaire à la fabrication de matériaux de construction innovants, entraîne moins d'émissions de gaz à effet de serre que l'utilisation de laine de verre produite en Suisse.

Pour l'analyse de l'implication et de l'acceptation, six entretiens semi-structurés basés sur des questions directrices ainsi qu'un sondage en ligne ont été menés avec des groupes d'acteurs importants pour le processus de planification, à savoir les maîtres d'ouvrage, les architectes et les représentants des entreprises totales. Les résultats du sondage en ligne soutiennent les déclarations faites lors des entretiens. Tous les groupes d'acteurs choisissent le plus souvent les critères de sélection des produits de construction suivants : respect de l'environnement, coût et longévité, recyclabilité et réutilisation. A peine la moitié des participants ont recours à des labels de bâtiments ou



de produits pour choisir des matériaux de construction. Lors des entretiens, ces instruments utiles, qui permettent de s'orienter et d'avoir confiance dans les matériaux déclarés durables, ont toutefois été associés à des coûts et à des efforts importants. Parmi les participants, 44 % connaissent KBOB et 20 % ecobau. Environ 50 % des participants apprennent l'existence de nouveaux matériaux de construction durables par le biais d'échanges avec des spécialistes, que ce soit dans le cadre d'un projet ou non. Environ 24 % des participants indiquent recevoir de nouvelles informations par le biais de newsletters, par exemple par e-mail. Toutefois, ces informations sont souvent supprimées immédiatement, car il s'agit d'un marketing plutôt évident qui a tendance à décourager. En ce qui concerne la perception de certaines catégories de produits et l'utilisation de matériaux de construction, les obstacles les plus souvent cités sont le manque de connaissances techniques et l'insuffisance des informations sur les produits. De même, les connaissances sont souvent disponibles chez les acteurs de la planification, mais insuffisantes chez les acteurs de la mise en œuvre, de sorte que dans le pire des cas, les mises en œuvre ne se déroulent pas comme prévu. En ce qui concerne l'information et la communication, environ 76 % souhaitent davantage d'informations sur la durabilité des matériaux de construction, telles que la compatibilité avec l'environnement, des données fiables sur les émissions économisées, un rapport d'expérience, les avantages par rapport aux matériaux éprouvés, la conformité avec le label de bâtiment et les résultats des tests effectués par des instituts de contrôle renommés. Lors des interviews et de l'enquête, plusieurs participants ont souligné la nécessité de créer un cadre juridique et d'établir des directives pour la construction durable. La construction durable basée uniquement sur le volontariat ne s'établit pas assez rapidement pour atteindre les objectifs climatiques et énergétiques. Il est au contraire nécessaire de créer un cadre juridique et de fixer des objectifs en matière de construction durable.

Summary

Buildings account for approximately one third of Switzerland's domestic greenhouse gas emissions (GHG emissions). More than half of the energy consumption and associated GHG emissions occur in building construction. To reduce the embodied energy and GHG emissions, various approaches and a wide range of ecological building materials and components exist on the market. However, their use is still insufficiently established in the market.

This study presents approaches for the reduction of embodied energy and GHG emissions in building construction: Innovative building materials and components as well as cross-material approaches are researched (phase A), the possible reduction of embodied emissions for a test building is estimated by including different principles of action and building materials (phase B), and stakeholder analysis is conducted to capture experiences, processes and requirements in the selection of building materials and components (phase C).

Using eight selection criteria, a compiled list of 98 innovative building materials and components was reduced down to 30 particularly suitable ones for this study. Of these, six manufacturers have decided to take part in the project and to be supported by the project team in the process of including their material in the KBOB list. For the manufacturers Zirkulit, Lignatur, Oxara and Lopas, life cycle assessments were developed for the participating building materials and components and the manufacturers were supported in the further KBOB process. Life cycle assessments were available for the products of the manufacturers Neustark and Terrablock, and they were supported in an advisory capacity in the process of being included in the KBOB list. Various issues and challenges of data collection and preparation as well as material- and process-specific issues, which were identified in the process of the LCIA, are summarized. However, to succeed in climate-compatible building construction, the sole use of innovative building materials and components is not sufficient. Therefore,



in this study, cross-material action principles are collected and listed phase-specifically for SIA phase 1 and 2.

Based on a test building used as a multi-family house, innovative building materials and components were combined with cross-material action principles for new buildings and energy-efficient refurbishment, and possible reductions in embodied emissions were determined. No technical installations and no interior were included in the modelling. Variants of new buildings were compared with each other, as well as new buildings with renovation, and different renovation variants with each other. In the case of conventional concrete construction, a reduction of up to 40 % is possible using innovative building materials and components; in the case of conventional timber construction, a reduction of up to 45 % is possible using innovative building materials and components. A reduction of 20 % is possible if conventional timber construction is used instead of conventional concrete construction. If a concrete building is renovated for energy efficiency using innovative building materials and components, greenhouse gas emissions can be reduced by 30 %. In other words, refurbishment is preferable to new construction. Compared to conventional renovation, up to 33% of emissions can be saved using straw, grass, and hemp panels.

To reduce greenhouse gas emissions in the building sector, the case studies for innovative products must be scalable. The availability of sustainable raw materials is essential. Thus, the land use and transportation scenarios were examined for their potential up-scaling. At the time of this study (July 2023) and based on the assumptions made, sustainable raw materials are only insufficiently available in Switzerland. If the potential transport distances of sustainable raw materials are compared with the production emissions of glass wool in Switzerland, it becomes apparent that the procurement of sustainable raw materials from surrounding countries, which is necessary to produce innovative building materials, results in fewer greenhouse gas emissions than the use of glass wool from Switzerland.

For the stakeholder analysis, six semi-structured interviews based and an online survey were conducted with groups of stakeholders relevant to the planning process: the building owner, the architect, and representatives of total contractors. The findings of the online survey support the statements of the interviews. All stakeholder groups most frequently select environmental friendliness, cost and durability, and recyclability and reusability as selection criteria for building products. Just under half of the participants use building or product labels to select building products. In the interviews, however, these helpful tools, which provide orientation and confidence in products declared as sustainable, were also associated with costs and high effort. Of the participants, 44 % were familiar with KBOB and 20 % with ecobau. About 50 % of the participants learn about new sustainable building products through the project-internal and project-independent exchange with experts. Approximately 24 % of the participants state that they receive new information via newsletters, e.g., via e-mail. However, this information is often deleted immediately, as it is rather obvious marketing. Regarding the perception of certain product categories and the use of construction products, the most frequently mentioned hurdles are the lack of expertise and insufficient product information. Also, knowledge is often available among planning actors, but insufficient among executing actors, so that in the worst case, implementations are not carried out as planned. Regarding information and communication, about 76 % would like to see more information on the sustainability of building products, such as environmental compatibility, reliable data on emissions saved, experience report, advantages over proven materials, conformity with building labels and test results from reputable testing institutes. In the interviews and in the survey, several participants emphasize that it is necessary to create a legal framework and to make specifications for sustainable building. Sustainable building based solely on voluntary action is not establishing itself fast enough to achieve the climate and energy targets. Indeed, it is necessary to create a legal framework and set specifications for sustainable construction.



Take-home messages

- Der Holzneubau mit innovativen Baustoffen und Bauteilen resultiert in bis zu 26-46 % weniger Emissionen als ein konventioneller Holzbau. Der Betonneubau mit innovativen Baustoffen und Bauteilen resultiert in bis zu 35-41 % weniger Emissionen als ein konventioneller Betonneubau.
- Die Sanierung von Betonbauten ist einem Betonneubau und Holzneubau vorzuziehen. Im Vergleich zu konventionellen Betonneubauten werden bei der Sanierung von Betonbauten 65 % weniger Emissionen verursacht. Die Verwendung von innovativen Baustoffen und Bauteilen bei Sanierungen reduziert die Emissionen auf 73-77 %.
- Um nahezu Null Treibhausgasemissionen in der Erstellung zu erreichen, ist für gebäude-spezifischen Massnahmen die Kombination aus innovativer Baustoffe und Bauteile mit materialübergreifenden Handlungsgrundsätzen notwendig.
- Um die Umweltvorteile innovativer Baustoffe und Bauteile sichtbar zu machen, benötigen Hersteller:innen oft Unterstützung in der Entwicklung der LCIA sowie im Aufnahmeprozess der Produkte in die KBOB-Liste.
- Damit das Potential innovativer Baustoffe und Bauteile genutzt werden kann und diese stärker zu Anwendung kommen, müssen Informationen zu innovativen Baustoffen und Bauteilen für Entscheidungsträger:innen leichter zugänglich sein. Ein direkter Kontakt zu Hersteller:innen erhöht das Vertrauen in das Produkt.



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Résumé	5
Summary	7
Take-home messages	9
Inhaltsverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	13
Abbildungsverzeichnis	15
1 Einleitung	17
1.1 Ausgangslage und Hintergrund	17
1.2 Projektziele.....	17
2 Vorgehen und Methode	18
2.1 Datengrundlage innovativer Baustoffe und Bauteile	18
2.1.1 Auswahl von innovativen Baustoffen und Bauteilen mittels Long- und Shortlist.....	19
2.1.2 Teilnehmende Hersteller:innen.....	21
2.1.3 Entwicklung von KBOB2022 – Datensätzen	23
2.1.4 Sammlung materialübergreifender Handlungsgrundsätze.....	24
2.2 Baustoffkombinationen in Testgebäuden und Up-Scaling Szenarien	24
2.2.1 Übersicht Testgebäude	24
2.2.2 Verwendete Baustoffe.....	25
2.2.3 Gebäudedesign des Testgebäudes.....	27
2.2.4 Testgebäudevarianten und Lebenszyklusphasen	30
2.3 Szenarien für Up-Scaling	32
2.3.1 Szenario Anbaufläche	32
2.3.2 Szenario Transport	36
2.4 Betroffenheits- und Akzeptanzanalyse	40
2.4.1 Identifikation von Entscheidungsträger:innen	40
2.4.2 Erarbeitung von Interviewleitfaden und Durchführung von Interviews	40
2.4.3 Erarbeitung und Durchführung einer Online-Umfrage	41
2.4.4 Auswertung der Interviews und Online-Umfrage.....	41
3 Ergebnisse und Diskussion	42
3.1 Innovative Baustoffe und Bauteile	42
3.1.1 Longlist innovativer Baustoffe und Bauteile	42



3.1.2	Shortlist besonders geeigneter innovativer Baustoffe und Bauteile	43
3.1.3	Teilnehmende Hersteller:innen und deren innovative Baustoffe und Bauteile	46
3.1.4	Wirkungsabschätzung (LCIA).....	47
3.1.5	Etablierte materialübergreifende Handlungsgrundsätze.....	48
3.2	Reduktion der Treibhausgasemissionen unter Anwendung innovativer Bauprodukte und materialübergreifenden Handlungsansätze sowie Potenzial zum Up-Scaling.....	50
3.2.1	Vergleich der Treibhausgasemissionen von Neubau und Sanierungen, sowie Neubau und Sanierung untereinander.....	50
3.2.2	Einfluss angewendeter innovativer Baustoffe und Bauteile auf die Reduktion der Treibhausgasemissionen in den Testgebäuden.....	57
3.2.3	Evaluation des Up-Scaling Szenarios bezüglich Anbauflächen und Deckungsgrade für die Schweiz.....	59
3.2.4	Evaluation des Up-Scaling Szenarios bezüglich Transports für die Schweiz	62
3.3	Betroffenheits- und Akzeptanzanalyse	64
3.3.1	Relevante Akteure bei der Wahl von Bauprodukten.....	65
3.3.2	Prozesse und Methoden bei der Auswahl von Bauprodukten	67
3.3.3	Hürden bei der Verwendung nachhaltiger Bauprodukte	71
3.3.4	Ansätze zur Förderung nachhaltiger Bauprodukte in der Praxis.....	75
4	Schlussfolgerungen und Fazit	78
5	Ausblick	79
6	Literaturverzeichnis.....	80
7	Anhang.....	82
7.1	Gebäudeelemente der Testgebäude	82
7.2	Anhang Betroffenheits- und Akzeptanzanalyse	87
7.2.1	Interviewleitfaden 1	87
7.2.2	Interviewleitfaden 2	88
7.2.3	Online-Umfrage	89
7.2.4	Teilnehmende Akteursgruppen der Online-Umfrage und Interviews.....	94
7.2.5	Ergebnisse je Produktkategorie zum Kapitel 3.3.3.....	95



Abkürzungsverzeichnis

BFH	Berner Fachhochschule
CED	Cumulative Energy Demand
DQRv*_20XX	KBOB List Background data version
eBKB-H	Elementbasierter Baukostenplan Hochbau
EPS	Expandiertes Polystyrol
GHZ	Gebäudehüllzahl
IPCC	Intergovernmental Platte on Climate Change
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
MFH	Mehrfamilienhaus
MuKE n	Musterverordnungen der Kantone im Energiebereich
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
Prefab-Platte	Prefabricated Platte, ein vorfabriziertes Fertigbauteil
SCM	Supplementary Cementitious Materials
SIA	Schweizer Ingenieur- und Architektenverein
THG	Treibhausgas
THGE	Treibhausgasemissionen
XPS	Extrudiertes Polystyrol



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick zu den in der Longlist aufgenommenen Informationen und Daten zu den ökologischen Baustoffen und Bauteilen.....	19
Tabelle 2: Erläuterung der Auswahlkriterien.....	20
Tabelle 3: Bewertungsskalen und Gewichtung der einzelnen Auswahlkriterien.	22
Tabelle 4: Verwendete KBOB-Datensätze und innovative Baustoffe mit Angaben zu Dichte und Produktionsemissionen. Daten mit der mit * gekennzeichneten Baustoffe wurden im Projekt erhoben und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.	25
Tabelle 5: Eigenschaften der Baustoffe mit Angaben zu Wärmeleitfähigkeit, Dichte, benötigte Mengen und Produktionsemissionen zur Erfüllung des Minergie U-Werts von 0.137 W/m ² *K und der Vergleich zu Glaswolle liegen dem Projekt vor, sind nicht öffentlich zugänglich und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.....	27
Tabelle 6: Eckdaten zum Gebäudedesign.	28
Tabelle 7: Aufzählung der Testgebäudevarianten für Neubau und Sanierung mit den verwendeten Baustoffen.	30
Tabelle 8: Lebenszyklusphasen nach EN 15804 mit den verwendeten Phasen markiert mit "x".	31
Tabelle 9: Herstellungsemissionen von Gebäudeelementen aus der SIA-Norm 2032:2020.....	31
Tabelle 10: Wohnungsgebäudedaten der Schweiz mit Sanierung und Neubau.	33
Tabelle 11: Benötigte Menge an Rohstoff zur Erstellung der Platten zur Dämmung von Gebäude.....	33
Tabelle 12: Benötigte Menge an Rohstoff für ein MFA und die Anzahl an Neubauten und Sanierungen für die gesamte Schweiz.	33
Tabelle 13: Produktion, Ertrag, tatsächliche Anbauflächen (Daten sind Mittelwerte von 2014-2020) und geschätzte potenzielle Anbauflächen.	34
Tabelle 14: Daten und Berechnungen zu Grasanbauflächen.	35
Tabelle 15: Angaben zu Dicke, Gebäudeoberflächen und Volumen von Dämmungsmaterial für ein MFH.	37
Tabelle 16: Menge an benötigten Dämmmaterialien für ein Beton-MFH unter Erfüllung des Minergie-Standards mit 0.137 W/m ² K, Total in m ³ und kg, sowie pro voller LKW-Ladung. Daten mit Kennzeichnung * wurden im Projekt erhoben und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.	38
Tabelle 17: Menge an benötigten Dämmmaterialien für ein Holz-MFH unter Erfüllung des Minergie-Standards mit 0.137 W/m ² K, Total in m ³ und kg, sowie pro voller LKW-Ladung. Daten mit Kennzeichnung * wurden im Projekt erhoben und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.	38
Tabelle 18: Transport- und Produktionsemissionen für ein Beton-MFH. Daten mit Kennzeichnung * wurden im Projekt erhoben und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.....	39
Tabelle 19: Transport- und Produktionsemissionen für ein Holz-MFH. Daten mit Kennzeichnung * wurden im Projekt erhoben und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.....	39
Tabelle 20: Rollen der Organisation und Organisation teilnehmender Interviewpartner:innen.....	40



Tabelle 21: Übersicht aller Baustoffe und Bauteile der Shortlist inkl. Angabe der Kategorie, eBKP-H (Anwendungsort im Gebäude).....	45
Tabelle 22: Auflistung und Beschrieb der in der Studie weiteruntersuchten Produkte.	47
Tabelle 23: Emissionsreduktion bei Neubau mit innovativen Dämmmaterialien im Vergleich zu konventionellem Neubau mit Beton- oder Holzkonstruktion.	56
Tabelle 24: Emissionsreduktion bei Sanierung mit innovativen Dämmmaterialien im Vergleich zu konventioneller Sanierung eines Betonbau-MFH.....	56
Tabelle 25: Vergleich SIA 2032:2020 Gebäudeelemente, THG-Herstellung in [kg CO ₂ -Äq./m ² *a] mit Testgebäuden aus Phase B1.....	57
Tabelle 26: Benötigte Anbaufläche Sanierung mit Deckungsgrade für ein Jahr, konkurrierend und potenziell ohne Konkurrenz.....	59
Tabelle 27: Benötigte Anbaufläche Neubau mit Deckungsgrade für ein Jahr, konkurrierend und potenziell ohne Konkurrenz.....	60
Tabelle 28: Benötigte Anbaufläche Total (Neubau und Sanierung) mit Deckungsgrade für ein Jahr, konkurrierend und potenziell ohne Konkurrenz.....	60
Tabelle 29: Emissionsbudget und Transportdistanz eines Beton-MFH für den Transport von Baustoffen basierend auf Glaswolle und XPS.....	62
Tabelle 30: Emissionsbudget und Transportdistanz eines Holz-MFH für den Transport von Baustoffen basierend auf Glaswolle und XPS.	63
Tabelle 31: Auflistung der detaillierten Gebäudeelemente einer Mineralkonstruktion für einen konventionellen Neubau, Neubau mit innovativen Baustoffe und Sanierung einer konventionellen Mineralkonstruktion mit innovativen Baustoffe, sowie den Amortisationszeiten der Gebäudebauteile.	83
Tabelle 32: Auflistung der detaillierten Gebäudeelemente einer Holzbaukonstruktion für einen konventionellen Neubau, Neubau mit innovativen Baustoffen mit und ohne Prefab-Platte (jeweils Systemdecke oder Systemwand), sowie den Amortisationszeiten der Gebäudebauteile.	85
Tabelle 33: Teilnehmende an der Online-Umfrage und den Interviews.....	94



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auswahlkriterien für die Auswahl besonders geeigneter Baustoffe / Bauteile.	20
Abbildung 2: Querschnitt des Aufbaus des Testgebäudes.	28
Abbildung 3: Darstellung der Sanierung, wo die grünen Teile saniert werden und die Tragstruktur in grau erhalten bleibt.	29
Abbildung 4: Anzahl Baustoffe bzw. Bauteile der Longlist pro Kategorie.	43
Abbildung 5: Anzahl der Baustoffe und Bauteile der Longlist nach eBKP-H.	43
Abbildung 6: Anzahl der Baustoffe bzw. Bauteile der Shortlist pro Kategorie.	44
Abbildung 7: Anzahl der Baustoffe bzw. Bauteil der Shortlist nach eBKP-H.	44
Abbildung 8: Emissionen pro Quadratmeter-Energiebezugsfläche (EBF) beim Neubau eines konventionellen Beton- oder Holzrahmenkonstruktion eines MFH im Vergleich mit einem Neubau MFH aus innovativen Baustoffen.	52
Abbildung 9: Emissionen pro Quadratmeter-Energiebezugsfläche (EBF) und Jahr beim Neubau eines konventionellen Beton- oder Holzrahmenkonstruktion eines MFH im Vergleich mit einem Neubau MFH aus innovativen Baustoffen.	53
Abbildung 10: Emissionsanteil von Gebäudeteilen für Neubau eines konventionellen Beton- oder Holzrahmenkonstruktion eines MFH im Vergleich mit einem Neubau MFH aus innovativen Baustoffen.	54
Abbildung 11: Emissionen von Gebäudeteilen bei einer Sanierung eines konventionellen MFH-Wohngebäudes mit innovativen Baustoffen im Vergleich zu einer konventionellen Sanierung eines MFH in Emissionen pro m ² -Energiebezugsfläche (EBF).	55
Abbildung 12: Emissionen von Gebäudeteilen bei einer Sanierung eines konventionellen MFH-Wohngebäudes mit innovativen Baustoffen im Vergleich zu einer konventionellen Sanierung eines MFH in Emissionen pro m ² -Energiebezugsfläche (EBF) und Jahr.	55
Abbildung 13: Emissionsanteil von Gebäudeteilen bei einer Sanierung eines konventionellen MFH-Wohngebäudes mit innovativen Baustoffen im Vergleich zu einer konventionellen Sanierung eines MFH.	56
Abbildung 14: Potenzielle Transportdistanz für Grasplatte/Zellulosedämmstoff (grössere Fläche) und Strohplatte für ein Beton-MFH basierend auf Glaswolle mit Ziel Zürich.	63
Abbildung 15: Potenzielle Transportdistanz für Grasplatte/Zellulosedämmstoff (grössere Fläche) und Strohplatte für ein Holz-MFH basierend auf Glaswolle mit Ziel Zürich.	63
Abbildung 16: Antworten auf die Frage: «Welche Kriterien werden bei der Wahl von Bauprodukten in Ihrer Organisation angewendet?» (ohne Bauherr:innen). Dunkelblau: unterschiedliche Antworten zur Gruppe Bauherren (Abbildung 17); Grau: Kontrast zu Antwort, dass 47 % die KBOB-Liste als Hilfsmittel verwenden.	67
Abbildung 17: Antworten auf die Frage: «Welche Kriterien werden bei der Wahl von Bauprodukten in Ihrer Organisation angewendet?» (Bauherr:innen). Dunkelblau: unterschiedliche Antworten zur Gruppe planende und ausführende Akteure (Abbildung 16); Grau: Kontrast zu Antwort, dass 47 % die KBOB-Liste als Hilfsmittel verwenden.	68



Abbildung 18: Antworten auf die Frage: «Greifen Sie für die Entscheidung für ein Produkt auf bestimmte Hilfsmittel zurück?» (ohne Bauherr:innen).....	69
Abbildung 19: Antworten zur Frage: «Falls Sie "Vorgaben von Gebäudelabels" ausgewählt haben: An welchen Gebäudelabels orientieren Sie sich?» (Alle Umfrageteilnehmende).	69
Abbildung 20: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für nachhaltige Bauprodukte im Allgemeinen zustimmen» in Prozent Anteile dargestellt.	73
Abbildung 21: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für KONSTRUKTIONSELEMENTE AUS HOLZ zustimmen.» in Prozent Anteile dargestellt.	73
Abbildung 22: Antworten auf die Frage «Was sind die Gründe, die Ihrer Meinung nach dazu führen, dass nicht häufiger nachhaltigere Baumaterialien/-produkte verwendet werden?».....	74
Abbildung 23: Aspekte, zu den von den Teilnehmenden mehr Informationen gewünscht werden.....	75
Abbildung 24: Details zu den Gebäudeelementen der Holzrahmenbauvariante des Testgebäudes. ...	82
Abbildung 25: Details zu den Gebäudeelementen der Betonbauvariante (Mineralbau) des Testgebäudes.....	83
Abbildung 26: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für nachhaltige Bauprodukte im Allgemeinen zustimmen» in Prozent Anteile dargestellt.	95
Abbildung 27: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für KONSTRUKTIONSELEMENTE AUS HOLZ zustimmen» in Prozent Anteile dargestellt.	95
Abbildung 28: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für weitere ORGANISCHE BAUSTOFFE (z. B. für Dämmung) zustimmen» in Prozent Anteile dargestellt.....	96
Abbildung 29: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für MINERALISCHE BAUSTOFFE (z. B. Lehm, Beton CO2-optimiert) zustimmen» in Prozent Anteile dargestellt.	96
Abbildung 30: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für KUNSTSTOFFE / CHEMISCHE STOFFE (CO2-optimiert) zustimmen.» in Prozent Anteile dargest.....	97



1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Hintergrund

Für den Gebäudebetrieb haben diverse politische Anforderungen, wie die Musterverordnungen der Kantone im Energiebereich (MuKE) das Potential, in naher Zukunft die THGE des Gebäudebetriebs weiter stark zu verringern und die Betriebsenergie zu optimieren. Die Umsetzung dieser Anforderung ist machbar. So ist eine gute Dämmung der Gebäudehülle bei Neubauten selbstverständlich geworden, zumal sie nicht nur zu Energieersparnis führt, sondern auch zu höherer Behaglichkeit der Gebäudenutzer:innen beiträgt (Lenel, 2019).

Diese Betriebsoptimierung steht häufig im Gegensatz zum weiterhin hohen Energieverbrauch («Graue Energie») und hohen Treibhausgasemissionen, die bei der Erstellung eines Gebäudes entstehen. Der Anteil baubedingter Energie und Emissionen nimmt stetig zu (Tschümperlin et al., 2016). Um diese graue Energie zu reduzieren, existieren mittlerweile auf dem Markt verschiedene Ansätze und eine breite Auswahl an ökologisch angepriesenen Baustoffen und Bauteilen, dennoch ist deren Einsatz auf dem Markt noch ungenügend etabliert, um Klimaziele im Gebäudebereich zu erreichen. Für die Berechnung der «grauen Energie» eines Gebäudes wird in der Schweiz in der Regel die Ökobilanzdaten im Baubereich der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB) verwendet. Die Aufnahme in die KBOB-Liste scheint für die Hersteller:innen von ökologischen Baustoffen und Bauteilen mit unterschiedlichen Herausforderungen verbunden zu sein. Die konkreten Gründe dafür sind nicht ausreichend bekannt und werden, unter anderem, mit wirtschaftlichen Aspekten oder mit fehlendem Know-How verbunden.

Betrachtet man die Gesamtbilanz der Energie und THGE im Gebäudebereich, ist ein gegenläufiger Effekt zu erkennen. Während die Betriebsoptimierung stetig voranschreitet, ist die Reduktion der grauen Energie in der Erstellung von Gebäuden weiter verbesserungswürdig. Dieses Projekt leistet einen Beitrag dazu, wie eine Gebäudeerstellung mit nahezu Null Treibhausgasemissionen gelingen kann. Dafür werden Materialien und Strategien identifiziert und Handlungsempfehlungen formuliert. Es werden «best-case» Beispiele analysiert, deren Ökobilanzen ermittelt und mögliche Massnahmen zur Minimierung des gegenläufigen Effekts erarbeitet. Es wird das «up-scaling» Potential evaluiert sowie und schätzt die Akzeptanz von innovativen Baustoffen und Bauteilen mit einer Stakeholderbefragung ab.

1.2 Projektziele

Diese Studie verfolgt folgende Ziele:

Eine Baustoffliste mit innovativen Produkten verschiedener Hersteller:innen und geprüft tiefen THGE ist erstellt. Für ausgewählte Produkte sind die Ökobilanzen berechnet, um die Hersteller:innen im Aufnahmeprozess der Produkte in die KBOB-Liste zu unterstützen (Phase A).

Für den Case eines Mehrfamilienhauses sind für die Erstellung von Neubauten und die energetische Sanierung von Bestandsbauten Szenarien aufbereitet, die in möglichst niedriger THGE resultieren. Das Skalierungspotential dieser Szenarien ist abgeschätzt (Phase B).

Wissen zur Akzeptanz der Umsetzungsmöglichkeiten ist aufgebaut sowie Hebel und Hemmnisse für die Verwendung von innovativen nachhaltigen Baustoffen sind identifiziert. Gemeinsam mit den Ergebnissen aus Phase A und B liegt eine Grundlage für eine zielgruppenspezifische Kommunikation zu Strategien für die Erstellung von Neubauten mit nahezu Netto-Null THGE vor (Phase C).



Praxiserfahrungen sind begleitend für den Erkenntnisgewinn eingebunden, u.a. durch die enge Zusammenarbeit mit Hersteller:innen sowie einer Stakeholderanalyse.

2 Vorgehen und Methode

Die Studie verwendet die Annahme, dass durch «Nearly Zero Carbon Emission Strategies» energieeffiziente Gebäude mit geringen Grauen Emissionen möglich werden. Damit rücken die verbauten Materialien in den Fokus. Im Rahmen dieser Studie werden «innovative» Baustoffe und -teile verwendet, die ein hohes Potential für die Reduktion der grauen THGE im Gebäudebereich haben. Konventionelle Baustoffe und Bauteile werden nicht analysiert. Die Datengrundlage und Ergebnisse wurden in regelmässigen Sitzungen mit den Fachexpert:innen der Projekt-Begleitgruppe gespiegelt.

Das Projekt ist in drei Phasen gegliedert:

Datengrundlage innovativer Baustoffe (Phase A)

- Auswahl und Analyse innovativer Baustoffe und Bauteile anhand definierter Kriterien
- Berechnung der Ökobilanz ausgewählter Baustoffe und Bauteile und damit bereitstellen einer Grundlage für die Aufnahme in die KBOB-Liste
- Aufbereiten von Handlungsgrundsätzen

Up-Scaling von Szenarien für möglichst niedrige graue Energie und THGE (Phase B)

- Bestimmen von optimierten Baustoffkombinationen anhand eines Testgebäudes
- Erarbeiten von Up-scaling Szenarien und Ermittlung deren Potentials für die Schweiz

Betroffenheits- und Akzeptanzanalyse (Phase C)

- Stakeholderanalyse relevanter Akteure der Gebäudeerstellung
- Stakeholderbefragung zur Verwendung von innovativen Baustoffen und wie diese auf dem Markt besser eingebunden werden können

Der vorliegende Bericht beschreibt das Vorgehen und die Methodik (Kapitel 2) sowie Ergebnisse und Diskussion getrennt für die Phasen A bis C (Kapitel 3) Die Schlussfolgerung und das Fazit (Kapitel 0) sowie der Ausblick (Kapitel 5) verbinden die Erkenntnisse der drei Phasen.

2.1 Datengrundlage innovativer Baustoffe und Bauteile

Im folgenden Kapitel wird die Methodik zur Sammlung und Auswahl der Baustoffe und Bauteile beschrieben. Im Rahmen dieser Studie bezieht sich der Begriff «innovativ» auf Baustoffe und -teile, die ein hohes Potential für die Reduktion der grauen THGE im Gebäudebereich haben. Diese Datengrundlage wird in fünf Schritten erarbeitet: Erstellen einer Longlist als Grundlage einer kriteriengestützten Shortlist potentiell innovativer Baustoffe und -teile (Kapitel 2.1.1), anhand der entsprechende Hersteller:innen für die Teilnahme am Projekt (Kapitel 2.1.2) angefragt werden. Für die resultierenden teilnehmenden Baustoffe/-teile werden die Umweltkennwerte gemäss KBOB 2022 ermittelt (Kapitel 2.1.3), die die Grundlage zur Aufnahme in die KBOB-Liste und zur Bestimmung des THGE-Reduktionspotentials auf Gebäudeebene sind.



2.1.1 Auswahl von innovativen Baustoffen und Bauteilen mittels Long- und Shortlist

Die Longlist von Baustoffen und Bauteilen bildet die Grundlage für die Auswahl der an der Studie beteiligten Baustoffen und Bauteilen. Diese Longlist ist eine breitgefächerte, nicht abschliessende Sammlung ökologischer Baustoffe und Bauteile, die bezogen auf deren niedrige THGE von ihren Hersteller:innen als innovativ bezeichnet werden. Sie basiert auf dem kombinierten Fach- und Expertenwissen aus Forschung und Praxis der Projektbeteiligten, insbesondere des Instituts für Bau- und Infrastrukturwesen (Nachhaltiges Bauen) der ETH Zürich.

Die Longlist beinhaltet für die einzelnen ökologischer Baustoffe und Bauteile folgende Informationen und Daten Tabelle 1.

Tabelle 1: Überblick zu den in der Longlist aufgenommenen Informationen und Daten zu den ökologischen Baustoffen und Bauteilen.

Aspekt	Information / Daten
Produkt	Produktname, Baustoffkategorie, Baustoff Unterkategorie, Einsatzort, Hersteller:in
Bauphysikalische Eigenschaften – Beton	Druckfestigkeitsklasse, Expositionsklasse, Grösstkorn, Chloridgehaltsklasse, Konsistenzklasse, Elastizitätsmodul, Bemerkungen
Bauphysikalische Eigenschaften – Dämmung	Wärmeleitfähigkeit, Dichte, Wärmedurchgangskoeffizient U, Wärmeübergangswiderstand R, Wärmespeicherfähigkeit C, Schalldämmung, Brandschutzklasse, Bemerkungen
Bauphysikalische Eigenschaften – Weitere	Dichte, Druckfestigkeit, Zugfestigkeit, Tragfähigkeit, E-Modul, E-Modul (weitere Richtungen), Bemerkungen
Bestandteile des Produktes	Hauptbestandteil, Weitere Bestandteile, Mineralisch / biologisch, Herkunft wichtigster Bestandteile, Produktionsort
Weiteres	Quellen Links, Weitere Bemerkungen

Die Longlist wird anhand definierter Auswahlkriterien sowie einer Gewichtung dieser Kriterien auf eine Shortlist reduziert, die innovative Baustoffe und Bauteile mit hohem Einsparpotential bezüglich THGE aufführt und die ein hohes Potential für eine Substitution von heute häufig eingesetzten Baustoffen bzw. Bauteilen haben.

Abbildung 1 gibt einen Überblick zu den acht definierten Auswahlkriterien, die den vier übergeordneten Themen Rohstoffe, Produktion, Anwendung und Impact zugeordnet werden können. Tabelle 2 beschreibt die einzelnen Kriterien, die zur Bewertung der Baustoffe und Bauteile in den verschiedenen Themen angewendet werden.

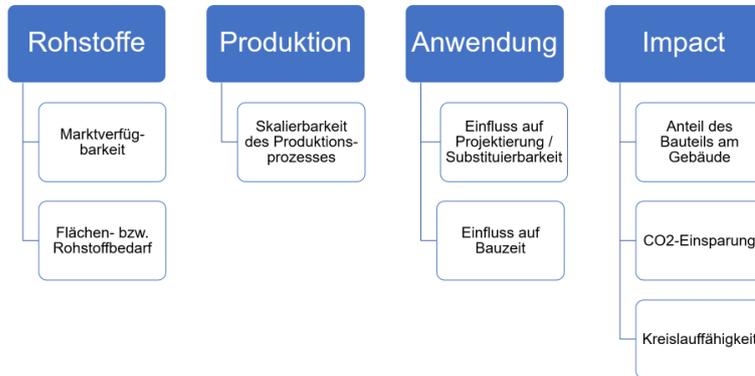


Abbildung 1: Auswahlkriterien für die Auswahl besonders geeigneter Baustoffe / Bauteile.

Tabelle 2: Erläuterung der Auswahlkriterien.

Thema	Kriterium	Beschreibung
Rohstoffe	Marktverfügbarkeit (CH/EU/Welt)	<ul style="list-style-type: none"> - Produktionsort. Der Produktionsort wirkt sich insbesondere auf die Transport-Emissionen aus. - Herkunft der Rohstoffe des Hauptbestandteils. Falls Rohstoffe aus unterschiedlichen Ländern verwendet werden, richtet sich die Frage nach dem wichtigsten Rohstoff.
Rohstoffe	Flächenbedarf / Rohstoffbedarf	<ul style="list-style-type: none"> - Für biobasierte Rohstoffe: Verfügbarkeit von Anbauflächen bzw. Anbaufähigkeit in der Schweiz. - Für mineralische Rohstoffe: Verfügbarkeit/Abbau des Rohstoffs in der Schweiz.
Produktion	Skalierbarkeit des Produktionsprozesses	<ul style="list-style-type: none"> - Potential, inwieweit und wie schnell der Produktionsprozess des Baustoffs/Bauteils skaliert werden und somit das Angebot vergrössert werden kann.
Anwendung	Einfluss auf Projektierung / Substituierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Die Substituierbarkeit eines herkömmlichen Baustoffs/ Bauteils ist relevant für einen allfälligen Mehraufwand bei der Projektplanung. - Die 1:1 Substitution erleichtert die effektive Implementierung des Bauteils/Baustoffs und wird daher angestrebt. - Die Implementierung gewisser ökologischer Lösungen ist mit einem Mehraufwand bzw. einem Umdenken bei der Projektplanung verbunden und stellt unter Umständen Hürden für deren Anwendung dar.
Anwendung	Einfluss auf Bauzeit	<ul style="list-style-type: none"> - Bewertet den Einfluss der Anwendung eines Baustoffs bzw. Bauteils auf die Bauzeit des Gebäudes, im Vergleich zu herkömmlichen Baustoffen/Bauteilen mit ähnlichen Charakteristika. - Die Anwendung von vorgefertigten Bauteilen beispielsweise, kann die Bauzeit auf der Baustelle, und entsprechend die Baukosten, reduzieren.



Thema	Kriterium	Beschreibung
Impact	Anteil des Bauteils am Gebäude	- Unterschiedliche Bauteile machen einen unterschiedlichen Anteil des Gebäudes aus und haben entsprechend eines unterschiedlich grossen Einflusses auf die THGE des Gebäudes. Beispiel: Eine Wandfarbe kann sehr ökologisch sein, ihr Einfluss auf die THGE des gesamten Gebäudes ist jedoch gering. Der Einfluss der Tragstruktur auf die THGE des Gebäudes jedoch ist sehr gross.
Impact	CO ₂ -Einsparung	- CO ₂ -Einsparung in Bezug auf ein vergleichbares Standardprodukt bezogen auf das Bauteil. - Nur Baustoffe/Bauteile mit einer CO ₂ -Einsparung sind relevant.
Impact	Kreislauffähigkeit	- Dieses Kriterium orientiert sich an den Vorgaben von DGNB bzgl. Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit (DGNB System – Kriterienkatalog Gebäude Neubau Version 2018. Kriterium TEC 1.6).

Den Kriterien wird eine Bewertungsskala von 5 bis 1 (5 beste Bewertung, 1 am wenigsten beste Bewertung) zugewiesen. Haben die Kriterien weniger als 5 Bewertungsebenen, dann ist die Ebene so gewählt, dass ein möglichst klarer Unterschied zwischen den Abstufungen entsteht. Jedes Auswahlkriterium wird ein- bis dreifach gewichtet (Tabelle 3). Kriterien, die einen tendenziell hohen Einfluss auf eine mögliche Substitution der üblich genutzten Baustoffe bzw. Bauteile haben bekommen ein höheres Gewicht. Das höchste Gewicht 3 haben die Kriterien «Anteil des Bauteils am Gebäude» und «CO₂-Einsparung». Gewicht 2 haben die Kriterien «Flächen-/Rohstoffbedarf», «Skalierbarkeit des Produktionsprozesses» und «Kreislauffähigkeit», Gewicht 1 haben die Kriterien «Markverfügbarkeit», «Substituierbarkeit / Einfluss auf Projektierung» und «Einfluss auf Bauzeit».

Datengrundlage sind die in der Longlist gesammelten Angaben der Hersteller:innen (Tabelle 1). Die Baustoffe und Bauteile werden anhand dieser Angaben für die einzelnen Kriterien quantitativ beurteilt und gewichtet. Für die Gesamtbeurteilung wird die Summe der Kriterien durch die Gesamtgewichtung dividiert. Die resultierende Gesamtbeurteilung erfolgt mit einer Note zwischen 1 bis 5 (1 - nicht geeignet bis 5 - sehr gut geeignet).

Ein Schwellenwert von einer Note 4 gibt Orientierung für die Aufnahme eines Baustoffs / Bauteils in die Shortlist. Sind mehrere Baustoffe / Bauteile einer Kategorie dem gleichen Hersteller zugehörig oder Bauteile sehr ähnlich zueinander, wird nur ein Baustoff / Bauteil ausgewählt. Steht ein Baustoff / Bauteil in Zusammenhang mit CO₂-Kompensation und Kauf von Zertifikaten, wird es unabhängig von seiner Gesamtpunktzahl aus der Shortlist ausgeschlossen. Weiterhin wurde angestrebt, dass möglichst Baustoffe und Bauteile verschiedener Kategorien bzw. Nutzungen sowie Baustoffe und Bauteile, die im Gebäude einen hohen Anteil einnehmen, ebenfalls in die Shortlist aufgenommen wurden. Das Resultat ist die Shortlist mit Baustoffen bzw. Bauteilen aus jeder Baustoffkategorie und Unterkategorie.

2.1.2 Teilnehmende Hersteller:innen

Die Shortlist ist die Grundlage für die Anfrage an die Hersteller:innen, mit den identifizierten Baustoffen und -teilen am Projekt teilzunehmen. Die Berechnung der Ökobilanz ihres Baustoffs / Bauteils ist für sie kostenfrei und so wird der Einstieg in die Aufnahme in die KBOB-Liste ermöglicht. Bei Interesse wird individuell die Teilnahme am Projekt abgesprochen und definiert.



Tabelle 3: Bewertungsskalen und Gewichtung der einzelnen Auswahlkriterien.

Kriterium	Punkte	Bewertungsskala	Gewichtung
Marktverfügbarkeit (CH/EU/Welt)	5	Schweiz	1
	4	Nachbarländer	
	3	Gesamte EU	
	1	Welt	
Flächenbedarf / Rohstoffbedarf	5	Keine Fläche benötigt / Rohstoffe verfügbar	2
	3	Genügend Fläche vorhanden	
	1	Nicht genug Fläche vorhanden / Rohstoffe nicht verfügbar	
Skalierbarkeit des Produktionsprozesses	5	Produktion sofort skalierbar	2
	4	Etwas Entwicklung nötig	
	3	Viel Entwicklung notwendig	
	2	Nischenprodukt, bedingt skalierbar	
	1	Nicht skalierbar	
Substituierbarkeit / Einfluss auf Projektierung	5	Eins zu eins austauschbar	1
	3	Austauschbar mit kleinen Projektänderungen	
	1	Austauschbar mit grossen Projektänderungen	
Einfluss auf Bauzeit	5	Bauzeit verkürzt sich	1
	3	Bauzeit bleibt gleich	
	1	Bauzeit verlängert sich	
Anteil des Bauteils am Gebäude	5	Grosser Anteil am Gebäude (z.B. Struktur)	3
	3	Mittelgrosser Anteil am Gebäude (z.B. Dämmung)	
	1	Kleiner Anteil am Gebäude (z.B. Putz)	
CO ₂ -Einsparung	5	Deutliche CO ₂ -Einsparung	3
	3	Minimale CO ₂ -Einsparung	
	1	Keine CO ₂ -Einsparung	
Kreislauffähigkeit	5	Wiederverwendbar / kompostierbar	2
	4	Vollständig wiederverwertbar	
	3	Teilweise wiederverwertbar	
	2	Inertstoffdeponie	
	1	Sondermüll	



2.1.3 Entwicklung von KBOB2022 – Datensätzen

Die entwickelten LCIA der teilnehmenden Baustoffe und Bauteile sind Eigentum der Hersteller:innen. Sie unterliegen einer Geheimhaltungsvereinbarung und werden in dieser Studie nicht ausgewiesen.

Prüfung der Hintergrunddatenbank und der Bewertungsmethoden für KBOB 18 und 22

Zuerst sind die Anforderungen an die Datenqualität für die Entwicklung neuer Datensätze für KBOB zu überprüfen. Die wichtigsten Punkte betreffen die Verwendung der korrekten Hintergrunddatenbank und Bewertungsmethoden, die von KBOB vorgegeben werden. Zu Beginn des Projekts wurde die Version DQRv2_2018 der Hintergrunddatenbank verwendet. Später im Jahr 2022 wurde diese Datenbank auf die Version DQRv2_2022 aktualisiert, die mehr und aktualisierte Datensätze enthält, insbesondere solche aus früheren Iterationen der KBOB-Materialliste. Darüber hinaus wurde in der neuen Datenbank auch eine neue Version der Bewertungsmethode ökologische Knappheit UPB21 implementiert. Die Methode des kumulativen Energiebedarfs (CED) blieb bei der Aktualisierung unverändert. Jedoch hat sich die Art und Weise, wie die Ergebnisse dargestellt werden, geändert, insbesondere für biobasierte Baustoffe, die neu der Kategorie «Herstellung stofflich genutzt» zugeordnet sind, um den Energiegehalt auf ihre Materialität darzustellen. Die Berechnungen der THGE wurden mit IPCC2013 durchgeführt, da die 2021 veröffentlichte IPCC-Methode noch nicht in der KBOB implementiert wurde. Zusätzlich wird in der KBOB2022 neu der biogene Kohlenstoffgehalt der Materialien ausgewiesen.

Datenerhebungsprozess

Gemeinsam mit den Hersteller:innen wurde der Prozess zur Datenerhebung festgelegt. Da die Ökobilanzierung die Verwendung sehr sensibler Daten in Bezug auf die von den einzelnen Unternehmen verwendeten Produktionsprozesse, Materialien und Produkte erfordert, wurden mit den Hersteller:innen Geheimhaltungsvereinbarungen ausgearbeitet. Das Projektteam hat die Hersteller:innen bei der Datenerhebung beratend unterstützt.

Entwicklung von Lebenszyklusinventaren (LCIs)

Die ersten LCI-Modelle wurden mit Hilfe der Datenbank UVEK_Oekobilanzdaten_DQRv2_2018 erstellt. Dieser Prozess erforderte zusätzliche Arbeit, da einige spezifische Datensätze fehlten, die die Herstellung von Zement mit alternativen Bestandteilen (CEM IIa) und anderen Chemikalien, die als Zusatzstoffe für die tonhaltigen Produkte der Firma OXARA verwendet werden, darstellen. In einer zweiten Iteration wurde die neu veröffentlichte Datenbank UVEK_Oekobilanzdaten_DQRv2_2022 verwendet, was den zusätzlichen Vorteil hatte, dass die meisten der erforderlichen Datensätze verfügbar waren.

Die Lebenszyklusmodelle wurden mit Hilfe der Implementierung der erstellten Sachbilanzen in der Software SIMApro entwickelt. Die elf Produkte wurden mittels der drei Bewertungsmethoden bewertet, die für die Bereitstellung von Daten für die KBOB-Liste erforderlich sind: Ökologische Knappheit 2021 (UBP21); kumulierter Energiebedarf (kWh-Öl) und IPCC2013 (kg CO₂eq). Zusätzlich wurden der Kohlenstoffgehalt pro Masseneinheit sowie der obere Brennwert biobasierter Materialien berechnet.

Konsistenzanalyse der Ergebnisse

Nachdem die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung (LCIA) vorliegen, wurden zwei Analysen durchgeführt: eine Sensitivitätsanalyse und eine Konsistenzanalyse. Die Sensitivitätsanalyse für alle Baustoffe besteht aus einer Beitragsanalyse, bei der die Umwelt-Hotspots für jedes Baumaterial identifiziert wurden, und eine anschließende iterative Berechnung mit Variationen der Inputs für jedes der Modelle, wobei die Inputs in jedem Modell um +/- 50 % verändert wurden. Die Ergebnisse dieser Berechnungen zeigten, wie empfindlich die Endergebnisse auf Änderungen in den Inputdaten reagieren. Anhand der Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen konnte die Konsistenz des für diese Datensätze verwendeten Modellierungsansatzes ermittelt werden. Bei der Konsistenzanalyse handelt es sich um ein iteratives Vorgehen, das dazu beiträgt, Inputs zu identifizieren, die möglicherweise in



Bezug auf ihre Beträge überarbeitet werden müssen, und in einigen Fällen auch dazu, andere Datensätze als die zur Darstellung des Prozesses gewählten zu wählen. Es ist wichtig zu betonen, dass dies eine gängige Praxis in der Ökobilanzierung ist, die im Kern ein iterativer Prozess ist.

Im letzten Schritt wurden die LCIA-Ergebnisse mit ähnlichen Datensätzen der aktuellen KBOB22 verglichen. In den meisten Fällen war ein direkter Vergleich nicht möglich, dennoch konnte die Grössenordnung der Ergebnisse plausibilisiert und Unterschiede im Vergleich zu ähnlichen Baustoffen erkannt werden. Dies führte wiederum zu einem iterativen Prozess zwischen den beteiligten Parteien der Überprüfung von LCI, Berechnungen und Vergleichen.

2.1.4 Sammlung materialübergreifender Handlungsgrundsätze

Die materialübergreifenden Handlungsgrundsätze zur Reduktion der THGE dienen als Ergänzung zu den innovativen Baustoffen und Baumaterialien. Sie sollen eine ganzheitliche Sicht auf Massnahmen für die Erstellung von Gebäude mit möglichst niedrigen THGE geben. Mittels Literaturrecherche werden «etablierte» Handlungsgrundsätze zur Reduktion der «grauen Energie» bei der Erstellung von Neubauten gesammelt. Die Handlungsgrundsätze werden oft als «etabliert» bezeichnet, finden aber noch zu wenig Anwendung in der Praxis. So wurden anhand von Gebäudemodellen im Forschungsprojekt «Optibat» (Zwicky, et al., 2020) phasengerecht diverse Handlungsgrundsätze für das Einsparpotenzial an grauen Treibhausgasemissionen für die Projektierungsphasen Strategische Planung, Vorstudie, Vorprojekt und Bau- und Ausführungsprojekt ermittelt. Das Gebäudemodell von Kunz (Kunz, 2017) weist ebenfalls verschiedenen Ansätze aus.

2.2 Baustoffkombinationen in Testgebäuden und Up-Scaling Szenarien

In dieser Phase wird die Vereinbarkeit der dargestellten Best-Case Beispiele mit vorhandenen CO₂-Budgets dargestellt. Das Ziel dieser Phase ist, basierend auf der erarbeiteten Datengrundlage in Phase A, verschiedene «Up-Scaling» Szenarien für die Schweiz darzustellen.

2.2.1 Übersicht Testgebäude

Die Auswirkungen auf energiebezogene Emissionen von verschiedenen Baustoffen und Bauteilen werden auf Gebäudeniveau aufgezeigt. Innovative Baustoffe und Baustoffkombinationen zeigen gezielt in folgenden Bereichen das Optimierungspotential auf Gebäudeebene:

Tragwerk (Liste nicht abschliessend):

- Holz: Innovative Holzbauteile
- Zement/Beton: SCM (Supplementary Cementitious Materials)
- Lehm: (Vorgefertigte) Stampflehmelemente bzw. Lehmziegel

Ausbau (Liste nicht abschliessend):

- Kreislauffähige Produkte (Aluminium/Kunststoffe, kreislauffähige SCM, Lehm)
- Emissionsarme bzw. CO₂-speicherfähige Produkte (Lehm- und biobasierte Materialien)

Basis der Analyse stellen die in Phase A erstellten Ökobilanzen. Die Methodik zur Kombination von verschiedenen Baustoffen in Testgebäuden wurde aus der Studie «Environmental impact assessment of innovative nearly-zero carbon building materials» übernommen (Hafstad, 2022). Mit einem Vergleich der optimierten Gebäude mit innovativen Baumaterialkombinationen zu einem konventionell erstellten Gebäude, wird der Einfluss der innovativen Baumaterialien hinsichtlich klimakompatibler Erstellung dargestellt.



2.2.2 Verwendete Baustoffe

Aus Phase A resultierten effektiv 12 innovative Baustoffe mit Emissionsangaben, welche in ein Testgebäude verbaut werden konnten. Tabelle 4 weist diese sowie die in der Gebäudemodellierung verwendeten Datensätzen aus der KBOB-Liste und die innovativen Baustoffe mit den Dichten und Produktionsemissionen in kgCO₂-Äquivalente pro kg Material aus. Die Daten der innovativen Baustoffe sind vertraulich, in Tabelle 4 mit einem Stern gekennzeichnet und können bei den Hersteller:innen angefragt werden. Die innovativen Baustoffe sind angegeben mit Dämmung, Betonersatz und Prefab (= Prefabricated, ein vorproduziertes Fertigbauteil). Die Einheiten für Dichte und Produktionsemissionen der «Prefab-Systemdecke aus Holz» ist ausgewiesen pro Quadratmeter und nicht Kubikmeter.

Tabelle 4: Verwendete KBOB-Datensätze und innovative Baustoffe mit Angaben zu Dichte und Produktionsemissionen. Daten mit der mit * gekennzeichneten Baustoffe wurden im Projekt erhoben und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.

KBOB-Datensätze und innovative Baustoffe	Dichte kg/m³	Produktionsemissionen kgCO₂-Äq./kg
Massivholz Buche / Eiche, kammergetrocknet, gehobelt, Produktion Schweiz	675.0	0.084
Unterlagsboden Zement, 85 mm	1'850.0	0.108
Korkplatte	120.0	1.070
Hochbaubeton (ohne Bewehrung)	2'300.0	0.089
Armierungsstahl	7'850.0	1.500
Tonziegel	1'700.0	0.373
Polypropylen (PP)	910.0	2.400
Glaswolle	60.0	1.040
Dampfbremse Polyethylen (PE)	920.0	2.750
Furniersperrholz	823.0	0.944
Brettschichtholz, Produktion Schweiz	439.0	0.205
Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, kammergetrocknet, gehobelt, Produktion Schweiz	465.0	0.118
Kalk-Zement/Zement-Kalk-Putz	1'550.0	0.251
Flachglas beschichtet	2'500.0	1.190
Gipskartonplatte	850.0	0.283
Flachglas beschichtet	2'500.0	1.190
Glaswolle	60.0	1.040
Gipskartonplatte	850.0	0.283
Polystyrol expandiert (EPS)	27.5	4.510



KBOB-Datasets und innovative Baustoffe	Dichte kg/m ³	Produktionsemissionen kgCO ₂ -Äq./kg
Polystyrol extrudiert (XPS)	32.5	11.300
Stahlprofil, blank	7'850.0	0.731
Dämmung, Grassdämmplatte	*	*
Dämmung, Hanfsteine	*	*
Dämmung, Hanffaserdämmplatte	*	*
Dämmung, Holzwolledämmplatte	*	*
Dämmung, Einblasdämmung aus Zellulose	*	*
Dämmung, Strohdämmplatte	*	*
Betonersatz, Recycling-Beton, Abbruch mit CO ₂ begast, CO ₂ -reduzierter Zement A	*	*
Betonersatz aus Lehm-Beton	*	*
Betonersatz, Recycling-Beton, Abbruch mit CO ₂ begast, CO ₂ -reduzierter Zement B	*	*
Prefab-Systemwand, Holzrahmen mit Strohspreudämmung und Lehmdeckschicht	*	*
Prefab-Systemdecke aus Holz (pro m ²)	*	*
Prefab-Systemdecke aus dünner Betonschicht auf Brettschichtholzbalken	*	*

Es wurde eine Selektion der Dämmstoffe durchgeführt, um innovative Baustoffe, die schlechter abschneiden als herkömmliche Dämmstoffe (unter Erfüllung des Minergie-Standards), aus der Studie auszuschliessen, siehe Tabelle 5). Die Daten der innovativen Baustoffe in Tabelle 5 liegen dem Projekt vor, sind jedoch vertraulich und können bei den Hersteller:innen angefragt werden. Die Menge in kg/m² wurde berechnet mit Wärmeleitfähigkeit mal Dichte dividiert durch den U-Wert 0.137 W/m²*K. Dieser Wert multipliziert mit den Produktionsemissionen pro kg ergab die Produktionsemissionen pro Quadratmeter. Die Produktionsemissionen pro Quadratmeter der verschiedenen Dämmstoffe wurde mit dem Wert für Glaswolle verglichen.

Die herkömmlichen Dämmmaterialien EPS und XPS schnitten schlechter ab als Glaswolle, daher wurde nur Glaswolle für den Vergleich gewählt.

Die Dämmungen aus Hanfsteinen und Holzwolle schnitten schlechter ab als Glaswolle und wurden für die Studie nicht weiter beachtet. Der Grund hierfür ist, dass die zwei Dämmungen dichter und somit schwerer als Glaswolle sind. Die Emissionen pro kg der Hanfsteine sind um mehr als die Hälfte kleiner als die der Glaswolle und auch die Emissionen für Holzwolle sind geringer als die der Glaswolle. Jedoch sind die Emissionen pro Quadratmeter Dämmung hoher für Hanfsteine und Holzwolle als für Glaswolle. Würden jedoch biogene Emissionen in die Betrachtung mit eingerechnet, wären die Emissionen der zwei Dämmungen geringer als die der Glaswolle. Die Emissionen der Hanfsteine sind mit zu 75% dem Einsatz von kalkhaltigem Bindemittel zuzuschreiben. Bei der Holzwolle macht der



Klebstoff 30% der Emissionen aus und 60% der Strom- und Wärmebedarf. Würden diese Mängel der zwei Dämmmaterialien behoben werden, würden sich diese aus Sicht der Klimaverträglichkeit zukünftig auch als Dämmungsalternative anbieten.

Die Grasdämmplatte, Hanffaserdämmplatte, Einblasdämmung aus Zellulose und Strohdämmplatte schnitten vergleichsweise besser ab wie Glaswolle und wurden weiter in der Studie verfolgt.

Tabelle 5: Eigenschaften der Baustoffe mit Angaben zu Wärmeleitfähigkeit, Dichte, benötigte Mengen und Produktionsemissionen zur Erfüllung des Minergie U-Werts von $0.137 \text{ W/m}^2\text{K}$ und der Vergleich zu Glaswolle liegen dem Projekt vor, sind nicht öffentlich zugänglich und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.

Baustoffe Dämmung	Vergleich $\text{kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$ zu Glaswolle
Grasplatte	besser
Hanfsteine	schlechter
Hanfplatte	besser
Holzwolle	schlechter
Zellulosedämmung	besser
Strohplatte	besser
Polystyrol expandiert (EPS)	schlechter
Polystyrol extrudiert (XPS)	schlechter

Weiter wurde auch nur der Betonersatz «Betonersatz, Recycling-Beton, Abbruch mit CO_2 begast, CO_2 -reduzierter Zement A» und nicht B im Testgebäude eingebaut, da es sich um sehr ähnliche Baustoffe handelt. So ersetzen beide den herkömmlichen Beton in der Tragstruktur und schnitten in Phase A gleich gut ab. Jedoch verursacht Betonersatz B höhere Emissionen (Tabelle 5). «Betonersatz aus Lehm-Beton» ersetzt im Testgebäude Teile der nicht-tragenden Wände und den Verputz, ist also nicht zu vergleichen mit dem Recycling-Beton A und wurde auch im Testgebäude verbaut.

Von den drei Prefab-Platten ersetzen zwei die Decke und eine die Aussenwand. Da die Prefab-Systemdecken aus Holz und «aus dünner Betonschicht auf Brettschichtholzbalken» dieselbe Funktion abdecken, jedoch das Prefab «aus Holz» zuverlässigere Daten aufweist, wurde die andere Systemdecke nicht weiter in dieser Studie verfolgt. Die «Prefab-Systemwand» wurde auch weiter für die Studie verwendet.

Die tatsächlich verwendeten innovativen Baustoffe fürs Testgebäude wurden in Tabelle 4 grau markiert. Für einen Beschrieb und die Bewertung, siehe in den Resultaten der Phase A.

2.2.3 Gebäudedesign des Testgebäudes

Ca. 350 Millionen m^2 von insgesamt 800 Millionen m^2 beheizter Wohngebäudefläche in der Schweiz sind Mehrfamilienhaus (MFH) (BFE, 2023). Es wurde also ein MFH als Testgebäude gewählt, da MFH einen grossen Teil des Gebäudebestandes der Schweiz abbilden und ein bereits erstelltes Design eines MFH-Testgebäudes mit Gebäudedaten und Aufbau zur Verfügung stand, welches auch die Schweizer Baunormen erfüllt (Kunz, 2017).



Beim Testgebäude handelt es sich um ein dreistöckiges Wohngebäude mit den Dimensionen 17x11x11 Metern und einer Nettoreferenzfläche von 424 m² (80% der Flächen von «Decken + Erdgeschoss»), siehe Tabelle 6 mit den Gebäudedaten und Abbildung 2 (visuelle Repräsentation des Testgebäudes).

Tabelle 6: Eckdaten zum Gebäudedesign.

Gebäudedaten	Einheit	Menge
Stockwerke	Anzahl	3
Länge	m	17
Breite	m	11
Totale Höhe	m	11
Nettoreferenzfläche	m ²	424
Dach	m ²	199
Decken + Erdgeschoss	m ²	530
Aussenwände	m ²	421
Innenwände (tragend)	m ²	360
Innenwände (nicht tragend)	m ²	200
Fenster	m ²	105



Abbildung 2: Querschnitt des Aufbaus des Testgebäudes.

Das MFH-Testgebäude erfüllt etablierte Handlungsgrundsätze aus Kapitel 3.1.5. So handelt es sich um ein einzelnes Gebäude mit mehreren Wohneinheiten, die Gebäudeproportion ist "liegend", es besteht kein Untergeschoss (das Fundament besteht aus ebenen Betonplatten), Leichtbau und Massivbau wird untersucht, der Fensteranteil an der Gebäudehülle ist unter 35%, die Dachform ist schräg (Satteldach) und das Gebäude hat keine Balkone.

Zwei Neubau-Varianten des Testgebäudes wurden erstellt, eine Variante des Neubaus mit Mineralbaukonstruktion (Betonkonstruktion) und eine Variante Neubau mit Holzrahmenkonstruktion. Der Aufbau der Gebäudeelemente Dach, Decke, Aussenwand und Innenwand (tragend und nicht-tragend) ist im Anhang aufzufinden, für Holzrahmenbau (Abbildung 24, Tabelle 31) und Betonbau (Abbildung 25, Tabelle 32).

Nebst den Neubauten wurde auch noch eine Sanierungs-Variante erstellt (Abbildung 3), wo die Gebäudekonstruktion belassen und nur die grün eingefärbten Teile des Gebäudes ersetzt wurden.

Die Mineralbaukonstruktion besteht aus Aussenwand, Innenwand tragend und nicht-tragend. Hierfür werden Kalk-Zement-Putz, Beton, Betonstahl und Glaswolle als Dämmung eingesetzt. Die Fenster bestehen aus beschichtetem Flachglas und Holz. Das Satteldach besteht aus Tonziegeln, Glaswollendämmung, Dampfbremse, wasserabweisender Folie und Massivholz. Die Decken bestehen aus Massivholz (Parkett), Zementunterlagsboden, Trittschalldämmschicht aus Korkplatten, Betonplatten und Betonstahl. Das Fundament besteht aus ebenen Betonplatten, Betonstahl und extrudiertem Polystyrol.



Die Holzbaukonstruktion besteht aus Aussenwand, Innenwand tragend und nicht-tragend. Hierfür werden Gipskartonplatten als Verkleidung und tragenden Elementen verwendet. Glaswolle dient als Dämmung. Massivholz dient auch als tragendes Element. Fenster bestehen aus beschichtetem Flachglas und Holz. Das Dach und das Fundament sind gleich aufgebaut, wie bei der Mineralbaukonstruktion. Anders als bei der Mineralbaukonstruktion werden die Betonplatten und der Betonstahl mit Furniersperrholz, Massivholz und Glaswolle als Schall-Isolationsschicht ersetzt.

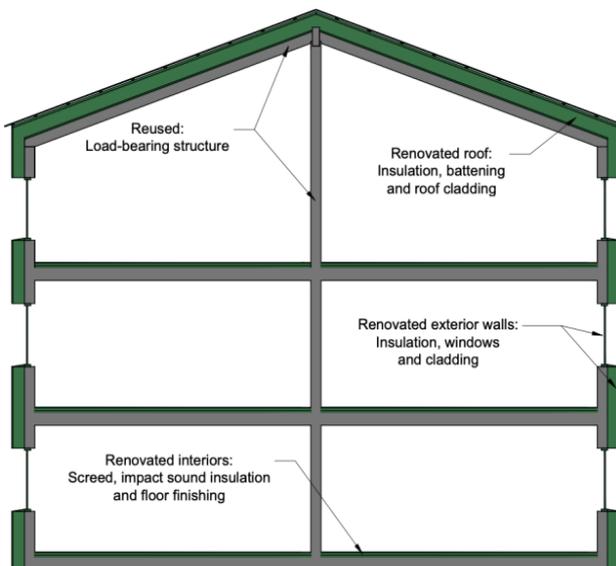


Abbildung 3: Darstellung der Sanierung, wo die grünen Teile saniert werden und die Tragstruktur in grau erhalten bleibt.

Sowohl der Holzrahmenbau als auch der Betonbau (Neubau und Sanierung) haben die gleiche thermische Leistung mit einem U-Wert von etwa $0,137 \text{ W/m}^2\text{K}$. Darüber hinaus erfüllen sie die Anforderungen an Schallschutz und Brandschutz gemäss den Schweizer Bauvorschriften (Kunz, 2017). Es wurden keine technischen Anlagen für die Modellierung berücksichtigt, wie die Elektroanlage, wärmetechnische Anlagen, lufttechnische Anlagen und wassertechnische Anlagen. Auch wurde der Innenausbau nicht berücksichtigt.

Die Gebäudeelemente im Detail mit den verwendeten Baustoffen für Betonkonstruktion Neubau konventionell und mit innovativen Baustoffen, die Sanierung einer konventionellen Betonkonstruktion mit innovativen Baustoffen, sowie die Amortisationszeiten der Gebäudematerialien sind in Anhang aufgeführt (Tabelle 31 und Tabelle 32). Es wurde mit einer Lebensdauer von 60 Jahren für die Gebäudekonstruktion (Fundament, Aussen- und Innenwandkonstruktion, Geschossdecke, etc.) gerechnet und andere Gebäudeteile wurden mit Lebensdauern von 30 oder 40 Jahren beziffert (SIA, 2020). Es wurden also auch bei Neubauten Gebäudeteile ersetzt. Wenn ein Baumaterial in den verschiedenen Gebäudevarianten gleichbleibt, wurde dies mit einem «=» Symbol dargestellt. Innovative Baustoffe wurden mit Grossbuchstaben herausgehoben und bei der Kolonne Sanierung wurden Gebäudeteile, welche nicht ersetzt wurden, mit einem «-» Zeichen gekennzeichnet.

Tabelle 32 im Anhang zeigt dasselbe auf wie Tabelle 31 aber für die Holzbaukonstruktion, wobei keine Sanierung aufgelistet ist, hierfür aber ein Neubau mit innovativen Baustoffen und jeweils einem Prefab-Systemdecke oder Systemwand (grau markiert). Dabei ersetzt die Systemwand die gesamte Aussenwand.



2.2.4 Testgebäudevarianten und Lebenszyklusphasen

Es wurden für jede Variante jeweils ein konventionelles Testgebäude erstellt und verglichen mit Testgebäuden, wo gewisse Gebäudeteile ausgetauscht wurden mit innovativen Baustoffen (Tabelle 7). Insgesamt wurden 16 Testgebäude erstellt, jeweils drei konventionelle Gebäude für Betonbaukonstruktion-Neubau, Holzbaukonstruktion-Neubau und Betonbaukonstruktion-Sanierung. Da es sich beim Gebäudebestand mehrheitlich um Betonbaukonstruktion handelt, wurde die Sanierung von einem Holzbaugebäude unterlassen.

Für jeden Neubau-Konstruktionstyp wurde jeweils ein Testgebäude erstellt mit einem innovativen Dämmstoff (die Einhaltung der geforderten thermischen Leistung mit U-Wert von $0,137 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde jeweils berücksichtigt). Beim Neubau mit innovativen Baustoffen wurden immer auch «Betonersatz aus Lehm-Beton» sowie «Betonersatz aus Recycling-Beton A» eingebaut. Ebenso wurde für jede Sanierung-Betonbaukonstruktion jeweils ein Testgebäude erstellt mit einem innovativen Dämmmaterial. Eine Sanierungsalternative mit Zellulosedämmung wird nicht in Betracht gezogen, da es sich um einen losen Dämmstoff handelt, der sich nicht gut für eine Sanierung eignet, bei der eine Aussendämmung an Betonwänden angebracht wird. Für die Sanierung mit innovativen Baustoffen wurde auch «Betonersatz aus Lehm-Beton» verbaut, sowie Massivholz, welcher den Aussenverputz der Aussenwand ersetzt.

Tabelle 7: Aufzählung der Testgebäudevarianten für Neubau und Sanierung mit den verwendeten Baustoffen.

Testgebäudevarianten	Mineralbaukonstruktion	Holzbaukonstruktion	Verwendete Baustoffe
Neubau konventionell	1	1	Glaswolle, Verputz, Beton
Neubau mit innovativem Dämmmaterial	4	4	Strohplatte, Hanfplatte, Zellulose, Grasplatte
Neubau mit innovativem Dämmmaterial und Prefab-Platte	-	2	Strohplatte mit Systemdecke oder Systemwand
Sanierung konventionell	1	-	Glaswolle
Sanierung mit innovativem Dämmmaterial	3	-	Strohplatte, Hanfplatte, Grasplatte

Die in den Systemgrenzen nach EN 15804 (CEN/TC 350, 2022) enthaltenen Lebenszyklusphasen sind A1 Ressourcengewinnung, A3 Produktion und B4 Ersatz (Siehe

Tabelle 8 mit x markierten Phasen). Der Transport A2 wurde nicht betrachtet, da der Standort des Testgebäudes eine wesentliche Rolle spielt für die Transportberechnungen. Das Testgebäude sollte jedoch unabhängig einer festen Lokalität sein und somit wurde der Transport hier vernachlässigt aber in folgenden Kapiteln thematisiert.



Tabelle 8: Lebenszyklusphasen nach EN 15804 mit den verwendeten Phasen markiert mit "x".

Herstellungsphase			Bau-phase		Nutzungsphase								Entsorgungsphase				Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenze		
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau-/Einbauprozess	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Umbau/Erneuerung	Betrieblicher Energieeinsatz	Betrieblicher Wassereinsatz	Rückbau, Abriss	Transport	Abfallbehandlung	Deponierung	Wiederverwendungs-,	Rückgewinnungs-,	Recycling-Potenzial	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D			
x		x						x											

Optimiert wurden die Testgebäude mit den innovativen Baustoffen und deren Emissionen im Vergleich zu den konventionellen Testgebäuden, wobei nur die Dämmung und Prefab-Platten variierten.

Die berechneten Emissionen von Gebäudeelementen wurde mit ähnlichen Treibhausgasemissionen von Gebäudeelementen aus der SIA-Norm 2032:2020 verglichen (Tabelle 9, (SIA, 2020)). Der Vergleich der Emissionen ist in Tabelle 25 in den Resultaten aufzufinden.

Tabelle 9: Herstellungsemissionen von Gebäudeelementen aus der SIA-Norm 2032:2020.

Gebäudeelement Studie	Gebäudeelement SIA	Beschreibung Bauteil SIA	THGE-Herstellung kgCO ₂ -Äq./a
Dach	Dachaufbau	gedämmt mit Glaswolle (geeignetes Dach)	0.87
	Deckenkonstruktion	Betondecke mit Innenputz: Betondecke 25cm	1.13
Decke	Bodenbelag	Unterkonstruktion und Bodenbelag:	
		Parkett 2-Schicht + Zementunterlagsboden	0.77
Aussenwand Betonbau	Aussenwand über Terrain	Betonwand (mit Innenputz)	1.11
Aussenwand Holzbau	Aussenwand über Terrain	Holzwand (mit innerer Gipsbekleidung) + Bekleidung Holz	0.23



Gebäudeelement Studie	Gebäudeelement SIA	Beschreibung Bauteil SIA	THGE-Herstellung kgCO ₂ -Äq./a
	Äussere Wandbekleidung über Terrain	Bekleidung Holz	0.42
Innenwand tragend und nicht-tragend	Innenwand	Betonwand (mit Innenputz)	1.29
	Innenwand	Leichtbauwand (mit Spachtel)	0.85
Fenster	Fenster	Holz-Metallfenster + Isolierverglasung 3-fach	2.98
Fundament	Bodenplatte Fundament	gedämmt	2.74

2.3 Szenarien für Up-Scaling

Basierend auf den entworfenen Testgebäuden in Phase B1 werden ausgewählte Gebäude in Szenarien vertieft besprochen. Das Ziel ist die Darstellung von quantitativen Bandbreiten für die in Kapitel 2.1 definierten Parameter (energiebezogene Emissionen) für mehrere Up-Scaling Szenarien. Es werden die Chancen und Risiken für die Umsetzbarkeit von Szenarien verdeutlicht.

Baustoffe, wie Lehm, Holz oder rezyklierte Beton sind entweder auf dem Markt etabliert und einfach zu beziehen oder können in den meisten Fällen aus der Aushuberde auf dem Baugelände entnommen werden. Deshalb wird in diesem Kapitel die Verfügbarkeit von innovativen biobasierten Baustoffen untersucht, und zwar die der Dämmstoffe aus Stroh, Hanf und Gras.

Es wurden zwei Szenarien betrachtet. Zum einen, wie weit ein innovatives Dämmmaterial transportiert werden kann, bis es bezüglich Emissionen gleich abschneidet, wie Glaswolle. Zum anderen wurde ermittelt, wieviel Anbaufläche benötigt wird, um den Bedarf an den innovativen Dämmstoffen in der Schweiz zu decken und ob genug tatsächliche und potenzielle Anbaufläche in der Schweiz und umliegenden Nachbarländern zur Verfügung stehen.

2.3.1 Szenario Anbaufläche

Für das Szenario Anbaufläche wurde ermittelt, wieviel Rohstoff an Hanf, Gras und Stroh und somit welche Anbaufläche benötigt werden, um die Anzahl an sanierungsbedürftigen Wohngebäuden und Neubauten in der Schweiz mit den innovativen Baustoffen zu versorgen.

Für das Szenario wurden folgende Mengen an sanierungsbedürftigen Bauten und Neubauten berücksichtigt: 2021 waren ca. 1.8 Mio. Gebäude mit Wohnnutzung in der Schweiz vorhanden (Tabelle 10, (BFS, 2023a)). Mit einer heutigen Sanierungsrate von 1% wird das Ziel von Netto-Null im Jahre 2050 nicht erreicht (Klose, 2021). Es sollen also in ca. 30 Jahren alle Gebäude saniert worden sein, so wurde eine Sanierungsrate von 3% gewählt. In der Schweiz sind 84% der Wohngebäude älter als 22 Jahre (erbaut vor 2001) und es wird angenommen, dass diese Bauten saniert werden müssen (BFS, 2021). Das ergibt eine Menge von 44'549 sanierten Wohngebäuden pro Jahr. Im Jahre 2020 wurden 10'635 neue Wohngebäude erstellt (BFS, 2023a). Es wird ein statisches Szenario angenommen, wo die Mengen an benötigten Bauten bis 2050 gleichbleibt. Weiter wird angenommen, dass alle Gebäude MFH sind. Bei den sanierten Gebäuden handelt es sich um Betonbauten und die Neubauten werden auch im Betonbau konstruiert, für eine konservative Annahme. Die Lebensdauern



der Bauten belaufen sich auf 60 Jahre, wobei gewisse Bauteile schon nach 30 oder 40 Jahren ersetzt werden (Tabelle 11 und Tabelle 12).

Tabelle 10: Wohnungsgebäudedaten der Schweiz mit Sanierung und Neubau.

Wohngebäude Schweiz	Einheit	Wert
Gebäude mit Wohnnutzung (2021)	Anzahl	1'774'161
Sanierungsrate	%	3%
Wohngebäude älter als 2001 (2019)	%	84%
Menge an Wohngebäude für Sanierung	Anzahl	44'549
Neu erstelle Gebäude mit Wohnungen (2020)	Anzahl	10'635

Für die Berechnung der Menge an benötigtem Rohstoff von Hanf, Gras und Stroh wurden die Angaben in Tabelle 11 verwendet zum Verhältnis von Rohstoffinput und Plattenoutput (Hafstad, 2022) (eurostat, 2023a).

Tabelle 11: Benötigte Menge an Rohstoff zur Erstellung der Platten zur Dämmung von Gebäude.

kg	Hanfplatte	Grasplatte	Strohplatte
Rohstoff	473	232	108
Platte	100	100	100
Verhältnis Rohstoff/Platte	4.73	2.32	1.08

Die benötigten Mengen an Rohstoff für ein MFH wurde mit der benötigten Menge an Platten und dem Verhältnis von Rohstoff zu Platte berechnet (Tabelle 11, Tabelle 12). Die Rohstoffmenge für ein MFH wurde für die Schweizweite Sanierung von MFH und MFH-Neubauten hochgerechnet.

Tabelle 12: Benötigte Menge an Rohstoff für ein MFA und die Anzahl an Neubauten und Sanierungen für die gesamte Schweiz.

Isolationsmaterial	Plattenmenge für ein MFH, Tonnen	Verhältnis Rohstoff/Platte	Rohstoffmenge für ein MFH, Tonnen	Rohstoff benötigt für Sanierung CH 1000 Tonnen	Rohstoff benötigt für Neubau CH 1000 Tonnen
Stroh	40.7	1.08	44.0	1'958	467
Hanf	11.7	4.73	55.2	2'461	588
Gras	13.3	2.32	31.0	1'380	329
Glaswolle	15.6	-	-	696	166

Um den Deckungsgrad von benötigter Menge an Rohstoffen mit produzierter Menge an Stroh, Gras und Hanf zu berechnen, wurde zuerst die produzierte Menge an Rohstoffen, der jeweilige Ertrag, die



tatsächliche Anbaufläche und die zur Verfügung stehende, potenzielle Anbaufläche ermittelt, für die Schweiz und umliegenden Nachbarländern sowie Tschechien (Tabelle 13). Bei der tatsächlichen Anbaufläche handelt es sich bei Stroh, Hanf und Gras, um Anbauflächen, die für den Anbau der drei Rohstoffe tatsächlich in den aufgelisteten Ländern hergestellt wurden. Die Tabelle 13 zeigt dabei Durchschnittswerte der Jahre 2014 bis 2020 (eurostat, 2023a). Die Potenziell verfügbare Anbauflächen sind geschätzte Anbauflächen aus der Literatur, welche für die Produktion von Rohstoffen verwendet werden könnten, und sind weiter unten noch detaillierter erklärt.

Tabelle 13: Produktion, Ertrag, tatsächliche Anbauflächen (Daten sind Mittelwerte von 2014-2020) und geschätzte potenzielle Anbauflächen.

	Produktionsland	Produzierte Menge 1000 Tonnen	Ertrag Tonnen/ha	Tatsächliche Anbaufläche 1000 ha	Potenziell verfügbare Anbaufläche 1000 ha
Stroh	Schweiz	391	4.6	66	22
	Österreich	1'551	4.4	278	93
	Deutschland	19'497	5.6	2'686	895
	Frankreich	26'486	5.3	3'924	1'308
	Italien	3'852	3.1	988	329
	Tschechien	3'789	4.5	649	216
	Hanf	Schweiz	0.06	19.3	0.11
Österreich		6.4	4.2	1.5	0.4
Deutschland		2.9	6.6	3.3	0.8
Frankreich		100.6	6.6	15.2	3.9
Italien		4.3	7.5	0.6	0.2
Tschechien		0.3	0.8	0.4	0.1
Gras		Schweiz	2'607	16.6 / 2.0	450
	Österreich	2'078	6.9 / 2.0	911	911
	Deutschland	9'818	7.0 / 2.0	4'146	4'146
	Frankreich	31'667	6.9 / 2.0	9'571	9'571
	Italien	16'821	15.5 / 2.0	2'829	2'829
	Tschechien	1'713	4.1 / 2.0	817	817

Die in der Tabelle 13 zugrundeliegenden Daten der Hanfanbauflächen für die Schweiz waren spärlich, nur für 2016 waren die Daten gegeben (eurostat, 2023a). Für 2014, 2018 und 2019, sowie 2020 wurden andere Daten verwendet (BLW, 2022), (Agroscope, 2023). Für die Jahre 2015 und 2017 wurden jeweils die Durchschnittswerte der Nachbarjahre verwendet. Für die Berechnungen der produzierten Menge an Hanf für die Schweiz, wurde der Medianertragswert der Länder (ohne



Deutschland) verwendet. Für Deutschland waren die Hanfanbauflächen gegeben, jedoch ohne Ertragswerte und Hanfproduktion, wegen unsicherer Datenlage (eurostat, 2023a). Hierfür wurde der Medianertrag verwendet, um die Produktionsdaten zu berechnen.

Allgemein wurden bei fehlenden einzelnen Daten der Durchschnittswert der Nachbarjahre verwendet. Wenn dies nicht möglich war, wurde der Durchschnitt der anderen Jahre für das fehlende Jahr verwendet (Hanfanbaufläche Jahre 2014 und 2018, temporäre Grasproduktion Italien Jahre 2014 und 2015, sowie temporäre Grasproduktion Schweiz Jahr 2014).

Die Datenbank von Eurostat (eurostat, 2023a) enthielt nur Daten (tatsächliche Anbaufläche, Ertrag und produzierte Menge) zu temporärer Graslandproduktion (=Kunstwiesen). Dabei handelt es sich um vorübergehende Anbauflächen, die seit höchstens fünf Jahren mit Gras oder anderen krautigen Futterpflanzen bepflanzt sind (BFS, 2023b). Die bei Gras in Tabelle 13 Spalte Ertrag zuerst aufgeführten Zahlen sind der Ertrag der Kunstwiesen und die zweite Zahl der Ertrag von extensiv genutzten Naturwiesen (Teil der Dauergraslandschaften), welche nur einmal pro Jahr geschnitten werden mit einem Ertrag von 2 Tonnen pro Hektare (agridea; BLW, 2020).

Für den Rohstoff Gras sind auch die Dauergraslandschaften von Interesse. Dabei handelt es sich um Dauerwiesen und Heimweiden, Flächen, auf denen auf natürliche Weise (Selbstaussaat) oder durch Anbau (Einsaat) Gräser oder andere Grünfütterpflanzen wachsen und die seit mindestens fünf Jahren nicht mehr in die Fruchtfolge des Betriebs einbezogen sind (BFS, 2023b).

Es wird angenommen, dass bei den Heimweiden die Tiere direkt auf dem Feld grasen und so das Gras nicht zur Verfügung steht für die Produktion von Baustoffen. Bei den Dauerwiesen werden die Gräser ein bis mehrere Male pro Jahr geschnitten und zusammengetragen. Es besteht also eine Möglichkeit, diese Gräser zu transportieren und anderweitig zu nutzen. Kunstwiesen zusammen mit den Naturwiesen ergaben somit die tatsächliche gesamte Anbaufläche für Gras.

Es wurde ein Schätzwert für die Schweiz mit Jahr 2013/2018 für die Anbaufläche der dauerhaften Graslandschaft von Naturwiesen gefunden (BFS, 2023b). Dieser Wert zusammen mit dem Ertragswert der Naturwiesen ergab die produzierte Menge in der Schweiz für ein Jahr. Hier wurde noch der Wert der temporären Graslandproduktion von Kunstwiesen addiert, siehe Tabelle 14 (eurostat, 2023a).

Tabelle 14: Daten und Berechnungen zu Grasanbauflächen.

Produktionsland	Dauergrasanbaufläche 1000 ha	Davon Naturwiese 1000 ha	Temporärgrasanbaufläche 1000 ha	Verhältnis Temporärgras / Dauergras	Totale Grasanbaufläche 1000 ha
Schweiz	513	335	115	26%	450
Österreich	1'314	858	53	6%	911
Deutschland	5'888	3'844	302	7%	4'146
Frankreich	10'805	7'055	2'516	26%	9'571
Italien	3'075	2'008	822	29%	2'829
Tschechien	1'193	779	38	5%	817

Für die Europäischen Länder wurden Schätzwerte der Jahre 2015 und 2018 der Anbauflächen für dauerhafte Graslandproduktion gefunden und gemittelt (eurostat, 2023b). Für diese Daten musste



noch die Fläche an Heimweide entfernt werden. Hierzu wurde das Schweizer Verhältnis von Naturwiese an Naturwiese mit Heimweide (65%) verwendet, um die Fläche der Naturwiesen von den temporären Graslanddaten für die EU-Länder zu erhalten. Zusammen mit dem Schweizer Naturwiesenertragswert wurde die Naturwiesengrasproduktion berechnet. Die Naturwiesengrasproduktion addiert mit der Kunstwiesengrasproduktion, ergab das Total der tatsächlichen Anbaufläche, siehe Tabelle 14.

Bei der potenziell verfügbaren Anbaufläche handelt es sich um Schätzwerte und Annahmen. So wurde in einer Deutschen Studie ermittelt, dass 1/3 des produzierten Stroh für andere Zwecke zur Verfügung stehen könnten, statt den Stroh nach der Ernte auf dem Feld zu belassen als Bodennährstoff oder als Einstreu und Futtermittel zu verwenden (ifeu, 2023). Hanfasern werden zu 26% schon als Dämmstoff verwendet (57% Zellstoff und Papier, 14% Biokomposite für die Automobilindustrie) (Carus & Sarmento, 2016). Diese zwei Zahlen wurden verwendet, um die potenziell verfügbare Anbaufläche von Stroh und Hanf für die Herstellung von Dämmstoff zu berechnen.

Bei der Herstellung von Grasdämmplatten werden die Fasern von den verdaulichen Bestandteilen von Gras abgetrennt. Wobei die verdaulichen Bestandteile entweder als Tierfutter oder als Substrat für die Biogasgewinnung verwertet werden kann (die Quelle ist der Studie bekannt und kann bei dem:der Hersteller:in angefragt werden). Für die Studie wurde angenommen, dass die gesamten verdaulichen Grasbestandteile als Tierfutter verwendet werden. Somit besteht keine Konkurrenz zur Futtermittelproduktion von Gras. Potenziell sind also die gesamten Flächen der dauerhaften Naturwiesen und der temporären Kunstwiesen für die Grasproduktion verfügbar, daher sind in den letzten zwei Spalten in Tabelle 14 die Zahlen für jedes Land jeweils gleich.

Der Ertrag des jeweiligen Rohstoffs multipliziert mit der benötigten Menge an Rohstoff für den gesamten Neubau und Sanierungen an MFH in der Schweiz über ein Jahr, ergab die benötigte Anbaufläche für Neubau und Sanierung (Tabelle 26, Tabelle 27). Für die Berechnung der benötigten Anbaufläche von Gras musste noch die Anteile an Naturwiesenfläche und Kunstwiesenfläche berechnet werden, um anschliessend diese Werte mit dem Ertrag der beiden Flächen zu multiplizieren, um die benötigte Anbaufläche zu berechnen. So wurde die Menge an benötigtem Rohstoff verhältnismässig aufgeteilt mit dem Verhältnis der Naturwiesenfläche zu Kunstwiesenfläche und multipliziert mit den jeweiligen Erträgen für Naturwiese und Kunstwiese. Der Deckungsgrad für die Schweiz, ohne Ausschluss von konkurrierender Nutzung des Rohstoffes, wurde mit der tatsächlichen Anbaufläche und der benötigten Anbaufläche berechnet (Tabelle 13). Der potenzielle Deckungsgrad ohne Konkurrenznutzung für die Sanierungen und die Neubauten wurden berechnet mit der potenziell verfügbaren Anbaufläche und der benötigten Anbaufläche.

2.3.2 Szenario Transport

Für das Transportszenario wurde berechnet, um welche Distanz ein innovatives Dämmmaterial transportiert werden kann, ohne dabei die Emissionsmenge der Produktion von Glaswolle zu überschreiten. Dabei war zu beachten, dass beim Transport von Dämmstoffen das Volumen pro Transport eine grössere Rolle spielt als das Gewicht. Als Transporter wurde der LKW-Datensatz «transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO 6/RER U» aus der UVEK-Datenbank gewählt, welcher 33.2 m³ an Gütern transportieren kann (2.4 m x 2.4 m x 5.5 m = 33.2 m³) (Plattform Ökobilanzen im Baubereich, 2018).

Tabelle 15 präsentiert die Dicken der Dämmung und Oberflächen, sowie Volumenangaben verschiedener Gebäudeteile einer MFH-Holzneubaukonstruktion. Total besteht eine Aussenoberfläche (Dach und Aussenwand), die Dämmung abverlangt, von 620 m² und ein totales Volumen an benötigter Innendämmung von 186.1 m³ für einen Neubau aus Holz. Der Neubau und die Sanierung



eines Betongebäudes mit innovativen Baustoffen bedarf nur dieselbe Menge an Aussenoberfläche wie ein Neubau aus Holz. Keine Innendämmung wird benötigt, da die Innenwände aus Lehm keine zusätzliche Dämmung benötigt.

Tabelle 15: Angaben zu Dicke, Gebäudeoberflächen und Volumen von Dämmungsmaterial für ein MFH.

Neubau	Dicken der internen Schalldämmung m	Oberflächen m ²	Volumen m ³
Decke	0.16	530	84.7
Innenwand (tragend, Treppenhaus)	0.20	130	26.0
Innenwand (tragend)	0.18	230	41.4
Innenwand (nicht-tragend)	0.08	200	16.0
Fenster	-	105	-
Dach	-	199	-
Aussenwand	-	421	-
Totale Aussenoberflächen (ohne Fenster)	-	620	-
Totale Volumen interner Dämmung	-	-	168.1

In Tabelle 16 und Tabelle 17 werden die benötigten Mengen an Dämmstoff für ein MFH aufgeführt. Gewisse Daten der innovativen Baustoffe in Tabelle 16 und Tabelle 17 sind vertraulich und mit einem Stern gekennzeichnet. Die Daten können bei den Hersteller:innen angefragt werden. Dabei wird die Erfüllung des Minergie-Standards von 0.137 W/m²K angestrebt (Tabelle 5 für die Werte m³/m²). Mit den Werten m³/m² und den Angaben zur benötigten Menge an Dämmstoff an der Aussenoberfläche des Gebäudes, sowie der Dämmstoffmenge für die interne Dämmung, wurde die totale Volumenmenge an Dämmstoff für ein MFH berechnet. Das Gewicht des Cargos einer LKW-Ladung wurde mit dem Volumen des Cargos und der Dichte der Baustoffe berechnet.

Der verwendete UVEK-Transportdatensatz wurde um einen Gewichtungsfaktor korrigiert, wobei der Load-Faktor des Prozesses mit 5.79 Tonnen durch das Gewicht des Cargos einer vollen LKW-Ladung Dämmstoff geteilt wurde (Plattform Ökobilanzen im Baubereich, 2018) (Escamilla & Habert, 2014). Die durchschnittliche Transportemission des Datensatzes von 0.179 kgCO₂-Äq./t*km wurde mit dem Gewichtungsfaktor multipliziert und es wurde auch noch eine Leerfahrt an den Ursprungsort mit einem Faktor von 0.1 miteinberechnet (Tabelle 18 und Tabelle 19). Gewisse Daten der innovativen Baustoffe in Tabelle 18 und Tabelle 19 sind vertraulich und deshalb mit einem Stern gekennzeichnet. Die Daten können bei den Herstellern angefragt werden. Die Produktionsemissionen pro kg Baustoff stammen aus Tabelle 4. Daraus wurden die totalen Produktionsemissionen berechnet mit der benötigten Menge an Dämmstoff für ein MFH aus Tabelle 16 und Tabelle 17.



Tabelle 16: Menge an benötigten Dämmmaterialien für ein Beton-MFH unter Erfüllung des Minergie-Standards mit 0.137 W/m²K, Total in m³ und kg, sowie pro voller LKW-Ladung. Daten mit Kennzeichnung * wurden im Projekt erhoben und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.

Baustoffe	Erfüllt Minergie-standard m ³ /m ²	Dämmstoff für ein MFH m ³	Dichte kg/m ³	Dämmmaterial für ein MFH kg	Cargogewicht pro vollem LKW kg
Grasplatte	*	*	*	*	*
Hanfplatte	*	*	*	*	*
Strohplatte	*	*	*	*	*
Glaswolle	0.23	313	40	12'515	1'328
Polystyrol extrudiert, SwissporXPS	0.23	313	32.5	10'168	1'079
Zellulose	*	*	*	*	*

Tabelle 17: Menge an benötigten Dämmmaterialien für ein Holz-MFH unter Erfüllung des Minergie-Standards mit 0.137 W/m²K, Total in m³ und kg, sowie pro voller LKW-Ladung. Daten mit Kennzeichnung * wurden im Projekt erhoben und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.

Baustoffe	Erfüllt Minergie-standard m ³ /m ²	Dämmstoff für ein MFH m ³	Dichte kg/m ³	Dämmmaterial für ein MFH kg	Cargogewicht pro vollem LKW kg
Grasplatte	*	*	*	*	*
Hanfplatte	*	*	*	*	*
Strohplatte	*	*	*	*	*
Glaswolle	0.23	313	40.0	12'515	1'328
Polystyrol extrudiert, SwissporXPS	0.23	313	32.5	10'168	1'079
Zellulose	*	*	*	*	*



Mit den totalen Produktemissionen pro Baustoff, wurde das Emissionsbudget für den Transport berechnet (Tabelle 29, Tabelle 30). Die Differenz der Produktionsemissionen pro Baustoff zu den Produktemissionen für jeweils Glaswolle oder XPS stellt dabei die für den Transport zur Verfügung stehende Emissionsmenge dar. Das Emissionsbudget geteilt durch die Transportemissionen pro km in Tabelle 18 und Tabelle 19 ergaben die potenziellen Transportdistanzen, welche jeder Baustoff zurücklegen kann, bis die Menge an Emissionen der von Glaswolle oder XPS gleicht.

Tabelle 18: Transport- und Produktionsemissionen für ein Beton-MFH. Daten mit Kennzeichnung * wurden im Projekt erhoben und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.

Baustoffe	Gewichtsfaktor	Transportemissionen kgCO ₂ -Äq./t*km	Transportemissionen korrigiert kgCO ₂ -Äq/kg*km	Transportemissionen kgCO ₂ -Äq./km	Produktionsemissionen kgCO ₂ -Äq./kg	Produktionsemissionen kgCO ₂ -Äq.
Grasplatte	*	*	*	*	*	*
Hanfplatte	*	*	*	*	*	*
Strohplatte	*	*	*	*	*	*
Glaswolle	4.36	0.18	7.1E-04	4.1	1.04	6'021
Polystyrol extrudiert, SwissporXPS	5.37	0.18	8.7E-04	4.1	3.87	18'206
Zellulose	*	*	*	*	*	*

Tabelle 19: Transport- und Produktionsemissionen für ein Holz-MFH. Daten mit Kennzeichnung * wurden im Projekt erhoben und können bei den Hersteller:innen angefragt werden.

Baustoffe	Gewichtsfaktor	Transportemissionen kgCO ₂ -Äq./t*km	Transportemissionen korrigiert kgCO ₂ -Äq/kg*km	Transportemissionen kgCO ₂ -Äq./km	Produktionsemissionen kgCO ₂ -Äq./kg	Produktionsemissionen kgCO ₂ -Äq.
Grasplatte	*	*	*	*	*	*
Hanfplatte	*	*	*	*	*	*
Strohplatte	*	*	*	*	*	*
Glaswolle	4.36	0.18	7.1E-04	8.9	1.04	13'015
Polystyrol extrudiert, SwissporXPS	5.37	0.18	8.7E-04	8.9	3.87	39'351
Zellulose	*	*	*	*	*	*



2.4 Betroffenheits- und Akzeptanzanalyse

Um ein umfassendes Verständnis für die Hemmnisse und Potenziale im Zusammenhang mit der Anwendung nachhaltiger Bauprodukte zu erlangen, ist es unerlässlich, die Fachkenntnisse und Erfahrungen von Expert:innen aus der Praxis einzubeziehen. Durch den Dialog kann ein tieferes Verständnis für bestehende Barrieren und potenzielle Hebelmechanismen erlangt werden, um wirksame Lösungsansätze zu entwickeln, bestehende Ideen auf ihre Praxistauglichkeit zu prüfen und die Anwendung nachhaltiger Bauprodukte zu fördern.

Im Zuge einer Stakeholderanalyse wurden die relevanten Stakeholder identifiziert und anschliessend qualitative Rückmeldungen durch Interviews sowie quantitative und qualitative Aussagen mittels einer Online-Umfrage gesammelt.

2.4.1 Identifikation von Entscheidungsträger:innen

Mit einer Stakeholderanalyse werden die relevanten Akteure identifiziert, die im Planungs- und Bauprozess Einfluss auf die Wahl von Bauprodukten nehmen können. Da die Entscheidung für bestimmte Bauprodukte hauptsächlich in den SIA-Phasen 1 (Planung), 2 (Vorstudien) und 3 (Projektierung) getroffen wird, lag der Fokus auch auf den Entscheidungsträger:innen in diesen drei Phasen. Im Rahmen der Analyse der Rollen und Entscheidungsbefugnis der Stakeholder wurden auch Gruppen einbezogen, die erst zu einem späteren Zeitpunkt in Bauprojekte integriert werden.

Um ein umfassendes Verständnis für relevante Entscheidungsträger:innen zu erlangen, wurden drei Methoden kombiniert:

- Literaturrecherche
- Umfrage unter und Diskussion mit den Fachexpert:innen der Projekt-Begleitgruppe
- Kurz-Interviews mit Fachexpert:innen der Projektpartner, um Erkenntnisse zu plausibilisieren

Eine Organisation kann in Abhängigkeit von den spezifischen Bauprojekten unterschiedliche Rollen einnehmen. Diese Vielfalt an Perspektiven und Rollen bietet die Möglichkeit, durch eine gezielte Auswahl von Interviewpartner:innen mit verschiedenen Rollen in Bauprojekten eine breite Palette an Erkenntnissen zu erhalten. Basierend auf dieser Rollenvielfalt und den Ergebnissen der drei aufgeführten Methoden wurde mit weiteren fünf Fachexpert:innen aus fünf verschiedenen Organisationen leitfadengestützte Interviews durchgeführt (Tabelle 20)

Tabelle 20: Rollen der Organisation und Organisation teilnehmender Interviewpartner:innen.

Rollen der Organisationen	Private und öffentliche Bauherrschaften, Entwickler:innen, Bauherrenvertreter:innen, Architekt:innen, Investor:innen, TU Mitarbeitende
Organisationen	architektick ag, FREO Switzerland AG, Hochbauamt Kanton Graubünden, Implen AG, Stücheli Architekten AG

2.4.2 Erarbeitung von Interviewleitfaden und Durchführung von Interviews

Die fünf Interviewpartner:innen wurden im Rahmen von leitfadengestützten semistrukturierten Interviews befragt. Die Methodik der leitfadengestützten semistrukturierten Interviews ermöglicht es,



bestimmte Schlüsselthemen abzudecken und den Interviewerinnen, die Fragen angepasst an ihr Gegenüber zu formulieren und spontan auf interessante Aussagen weiter einzugehen.

Es wurden Interviewleitfäden mit sieben Hauptfragen und sieben Nebenfragen erstellt. Die Nebenfragen dienen als Hilfestellung, um gegebenenfalls das Verständnis zu fördern oder um das Thema zu vertiefen. Zwei Varianten von Leitfäden wurden erarbeitet: a) für Bauherr:innen (Anhang 7.2.2) und b) für weitere Expert:innen (Anhang 7.2). Die Varianten unterschieden sich in den ersten drei Hauptfragen, um den unterschiedlichen Rollen der Akteursgruppen gerecht zu werden. Die einstündigen Interviews wurden mit den Interviewpartner:innen online durchgeführt und deren Inhalte protokolliert.

2.4.3 Erarbeitung und Durchführung einer Online-Umfrage

Im Anschluss an die qualitativen Interviews (Kapitel 2.3.2) wurde eine Online-Umfrage durchgeführt. Die Zielgruppe waren ebenfalls die Entscheidungsträger:innen im Auswahlprozess von Bauprodukten. Zusätzlich waren weitere Wissenträger:innen zum Thema zur Teilnahme an der Umfrage eingeladen. Damit sollen möglichst viele Stakeholderperspektiven zu den Hürden und Potenziale erfasst werden.

Analog zu den Interviews gab es zwei Varianten des Online-Fragebogen: für a) Bauherr*innen und b) weitere Stakeholder (Anhang 7.2.3). Die Fragen wurden basierend auf ersten Erkenntnissen der Interviews formuliert. Die Umfrage wurde mit Microsoft Forms durchgeführt und über E-Mails, LinkedIn und den intep-Newsletter über einen Zeitraum von vier Wochen gestreut. Die Angabe von persönlichen Daten war optional, die Teilnahme konnte damit anonym erfolgen.

2.4.4 Auswertung der Interviews und Online-Umfrage

Die Auswertung der Expert:innen-Interviews erfolgte nach der Methode von Meuser und Nagel (2002), die an die spezifischen Gegebenheiten des Projekts angepasst wurde.

Die protokollierten Gespräche wurden zunächst codiert, das heisst inhaltlich interessante Textstellen wurden farblich markiert und Kategorien zugeordnet. Jede Farbe steht für eine Kategorie, wobei eine Textstelle auch mehreren Kategorien zugeordnet werden konnte. Die Kategorien wurden basierend auf wiederkehrenden Themenkomplexen in den Interviews gebildet.

Im nächsten Schritt wurden die markierten Textstellen aller Interviews zu den jeweiligen Kategorien zusammengestellt. Bei Bedarf wurden einzelne Absätze paraphrasiert, damit sie auch alleinstehend aussagekräftig sind. Die daraus entstandene nach Themen sortierte Matrix wurde erneut gesichtet und die Aussagen nach Gemeinsamkeiten und Widersprüche verglichen.

Abschliessend wurden die Aussagen in den Kontext weiterer Literaturrecherche und der Online-Umfrage gestellt und die Zusammenhänge der Kategorien analysiert.

Die quantitativen Ergebnisse der Online-Umfrage wurden nach ihrer prozentualen Verteilung und möglichen Zusammenhängen der Antworten analysiert und grafisch aufbereitet. Die freien Textfelder in der Umfrage ermöglichten es zudem, weiterführende qualitative Informationen zu erhalten. Diese wurden ebenfalls den Kategorien der Interviews zugeordnet, um die Aussagen beider Gruppen miteinander zu vergleichen. Bei Fragen, bei denen eine überschaubare Anzahl der gleichen Themen in den Antworten angesprochen wurde, wurden die Antworten quantifiziert, um einen schnelleren Überblick zu erhalten.



3 Ergebnisse und Diskussion

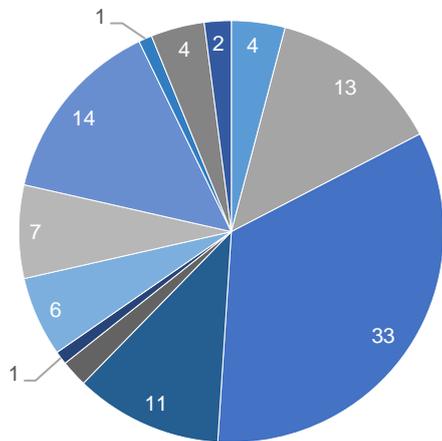
3.1 Innovative Baustoffe und Bauteile

3.1.1 Longlist innovativer Baustoffe und Bauteile

Insgesamt wurden 98 Baustoffe und Bauteile in die Longlist aufgenommen. Die Longlist ist die Datengrundlage für die weitere Auswahl der Baustoffe und Bauteile und Berechnung der Ökobilanzen. Die Baustoffe und Bauteile wurden in die Kategorien Akustikelement, Beton, Dämmung, Fertigbauteile, Gründung/Schüttung, Hangsicherung, Mauersteine, Platten, Putze, Verbundholz, Zement und Weitere unterteilt. Nach eBKP-H wurden die Baustoffe und Bauteile in die Gruppe C01, C02, C04, E01-03 und F01-F02, C02-C04, G02-G04 unterteilt.

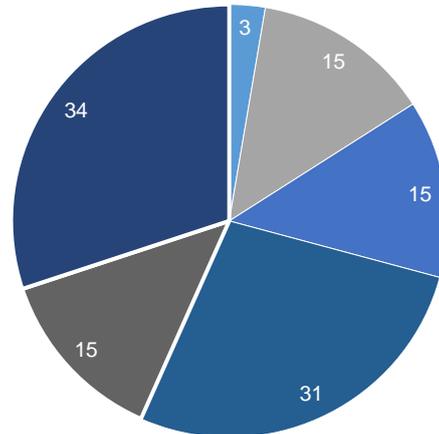
Abbildung 4 und Abbildung 5 stellen die Ergebnisse dar. Dominierende Baustoffe und Bauteile der Longlist gehören vor allem den Kategorien Dämmung (Anzahl 33), Putze (Anzahl 14), Beton (Anzahl 13) und Fertigbauteile (Anzahl 11) an. Knapp die Hälfte der Baustoffe und Bauteile, welche in die Longlist aufgenommen wurden, werden für das Tragwerk verwendet (45 Baustoffe und Bauteile). Trennwände und Innenbekleidung sind mit 34 Baustoffen und Bauteilen vertreten. Weitere 31 Baustoffe und Bauteile der Longlist dienen als Dämmstoffe.

Die Longlist basiert auf dem Fachwissen der Projektpartner, insbesondere der ETH Zürich, stellt keine abschliessende Liste innovativer Baustoffe und Bauteile dar und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es wurden vor allem (aber nicht nur) Baustoffe und Bauteile mit einem grossen Einfluss auf die Grauen Emissionen von Gebäuden berücksichtigt. Eigenschaften wie gute Kreislauffähigkeit waren zweitrangig bei dieser Studie. Es wurden v.a. Materialien berücksichtigt, die in und um die Schweiz hergestellt werden und welche in der Schweiz verbaut werden können (Bauweise, Klima). Es gibt weitere nachhaltige und innovative Baustoffe und Bauteile, welche darin nicht enthalten sind.



- Akustikelement
 - Dämmung
 - Gründung/Schüttung
 - Mauersteine
 - Putze
 - Weitere
- Beton
 - Fertigbauteile
 - Hangsicherung
 - Platten
 - Verbundholz
 - Zement

Abbildung 4: Anzahl Baustoffe bzw. Bauteile der Longlist pro Kategorie.



- Fundament, Bodenplatte (C01)
- Aussenwandkonstruktion (C02)
- Dachkonstruktion (C04)
- Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)
- Innenwandkonstruktion, Stützen, Decken (C02-C04)
- Trennwände, Bodenbelag, Wandbekleidung, Deckenbekleidung (G01-G04)

Abbildung 5: Anzahl der Baustoffe und Bauteile der Longlist nach eBKP-H.

3.1.2 Shortlist besonders geeigneter innovativer Baustoffe und Bauteile

Alle 98 Baustoffe und Bauteile der Longlist wurden gemäss Methodik bewertet. Mit Orientierung an der Bewertungsnote 4 resultiert die Shortlist mit 32 Baustoffen und Bauteilen. Abbildung 6 und Abbildung 7 stellt die Anteile der für die Studie geeigneten innovativen Baustoffe und Bauteile in anonymisierter dar für die Kategorien und die e-BKB-H dar.



Tabelle 21 gibt einen Überblick in der Kategorie pro Baustoff bzw. Bauteil und gibt Auskunft, wo im Gebäude der Baustoff bzw. das Bauteil zum Einsatz (eBKP-H) kommt.

Die Shortlist enthält neun Baustoffe / Bauteile der Kategorie Dämmstoffe, vier der Kategorien Beton, jeweils drei Fertigbauteile, Platten und Putze, je zwei Mauerziegel, Zement, Akustikelemente, Weitere sowie je ein Verbundholz und Handsicherung. Betrachtet man den Anwendungsort der Baustoffe und Bauteile betrachtet, sind 12 Baustoffe / Bauteile Dämmstoffe für die Aussenwand und das Dach, 11 Baustoffe / Bauteile tragende Wände und Decken, Dächer verwendet werden können und mind. 6 Baustoffe / Bauteile für den Innenausbau verwendet werden.

Da die Shortlist auf der Longlist basiert, gelten grundsätzlich dieselben Einschränkungen wie für die Longlist. Zudem wurde nach der Beurteilung der Baustoffe und Bauteile der Longlist die Note der Beurteilung lediglich als Orientierung verwendet. Ausschliesslich Dämmstoffe, Platten und Fertigbauteile haben mindestens die Note 4 erreicht. Dies kann in den Zusammenhang mit dem hohen Anteil dieser Baustoffe am Gebäude gebracht werden. Da für das Testgebäude und das Up-Scaling in Phase B weitere Baustoffe und Bauteile unterschiedlicher notwendig sind, wurden auch ausgewählte Materialien berücksichtigt, welche geringfügig unter Note 4 sind.

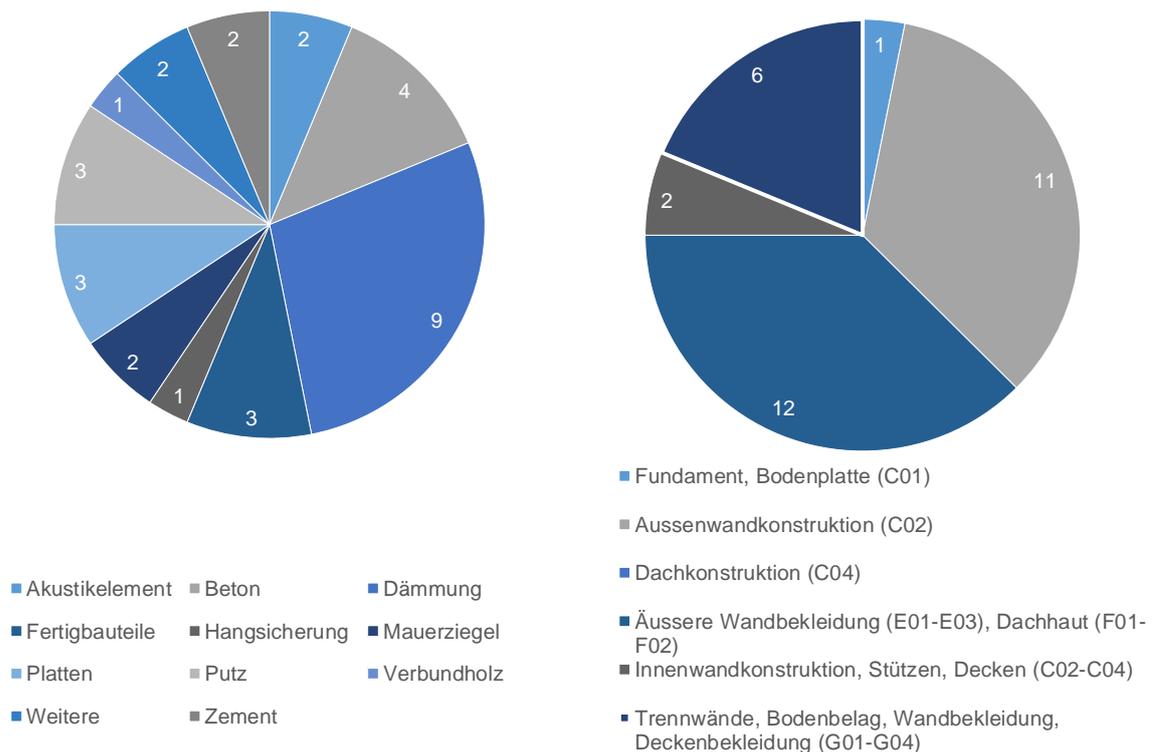


Abbildung 6: Anzahl der Baustoffe bzw. Bauteile der Shortlist pro Kategorie.

Abbildung 7: Anzahl der Baustoffe bzw. Bauteil der Shortlist nach eBKP-H.



Tabelle 21: Übersicht aller Baustoffe und Bauteile der Shortlist inkl. Angabe der Kategorie, eBKP-H (Anwendungsort im Gebäude).

Baustoff / Bauteil	Kategorie	eBKP-H
RC-Beton, Abbruch mit CO ₂ begast, CO ₂ -reduzierter Zement	Beton	Aussenwandkonstruktion (C02)
Akustikplatte	Akustikelement	Trennwände, Bodenbelag, Wandbekleidung, Deckenbekleidung (G01-G04)
Dämmung aus Hanffasern	Dämmung	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)
Mauerziegel aus Lehm (in situ)	Mauerziegel	Aussenwandkonstruktion (C02)
Zement, CO ₂ -reduziert	Zement	Aussenwandkonstruktion (C02)
Lehmputz	Putz	Trennwände, Bodenbelag, Wandbekleidung, Deckenbekleidung (G01-G04)
Lehmputz	Platten	Trennwände, Bodenbelag, Wandbekleidung, Deckenbekleidung (G01-G04)
Stampflehm	Weitere	Aussenwandkonstruktion (C02)
Akustikplatte aus Schafwoll-Filz	Akustikelement	Trennwände, Bodenbelag, Wandbekleidung, Deckenbekleidung (G01-G04)
Dachabdichtung	Weitere	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)
Lehm-Beton	Beton	Aussenwandkonstruktion (C02)
Mauerziegel aus Lehm	Mauerziegel	Aussenwandkonstruktion (C02)
RC-Beton, Abbruch mit CO ₂ begast, CO ₂ -reduzierter Zement	Beton	Aussenwandkonstruktion (C02)
Hangsicherung durch Veränderung der Bodeneigenschaften	Hangsicherung	Fundament, Bodenplatte (C01)
Dämmplatten aus Stroh	Dämmung	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)
Wand (vorfabriziert) aus Holz, Stroh, Lehm	Fertigbauteile	Aussenwandkonstruktion (C02)
Decken- & Dachelemente (vorfabriziert) aus Holz	Fertigbauteile	Innenwandkonstruktion, Stützen, Decken (C02-C04)
Putz aus Sumpfkalk	Putz	Trennwände, Bodenbelag, Wandbekleidung, Deckenbekleidung (G01-G04)
Dämmatten aus Schafwolle	Dämmung	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)



Baustoff / Bauteil	Kategorie	eBKP-H
Zement, CO ₂ -reduziert	Zement	Aussenwandkonstruktion (C02)
Einblasdämmung aus Stroh	Dämmung	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)
Hanfsteine	Dämmung	Aussenwandkonstruktion (C02)
Einblasdämmung aus Zellulose	Dämmung	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)
Feinputz aus Lehm	Putz	Trennwände, Bodenbelag, Wandbekleidung, Deckenbekleidung (G01-G04)
Platte aus Lehm	Platten	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)
Dämmplatte aus Flachs	Dämmung	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)
Dämmplatte aus Kork	Platten	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)
Dämmplatte aus Holzwolle	Dämmung	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)
Dämmplatte aus Gras	Dämmung	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)
RC-Beton, CO ₂ -reduzierter Zement	Beton	Aussenwandkonstruktion (C02)
Decken- & Dachelemente (vorfabriziert) aus Holz	Fertigbauteile	Innenwandkonstruktion, Stützen, Decken (C02-C04)
Brett aus Kokosfasern	Verbundholz	Äussere Wandbekleidung (E01-E03), Dachhaut (F01-F02)

3.1.3 Teilnehmende Hersteller:innen und deren innovative Baustoffe und Bauteile

Basierend auf der Shortlist wurden die Hersteller:innen für die Teilnahme am Projekt kontaktiert. Insgesamt wurden 30 Hersteller:innen zur Teilnahme angefragt, 14 Hersteller:innen haben ihr Interesse am bekundet, wovon 10 Hersteller:innen offen für weitere Informationen zum Angebot Entwicklung LCIA, Unterstützung im KBOB-Aufnahmeprozess und beratende Unterstützung waren. Die sechs am Projekt teilnehmenden Hersteller:innen sind mit dem teilnehmenden Produkt, dessen Kategorie und Kurzbeschreibung in Tabelle 22 aufgelistet. Die LCIA für Baustoffe und Bauteile wurde von drei Beton-Hersteller:innen und zwei Fertigbauteil-Hersteller:innen berechnet. Der Mauerziegel Hersteller Terrablock hatte bereits in Zusammenarbeit mit der EPFL eine LCA berechnet und den KBOB-Aufnahmeprozess bereits gestartet. Weswegen viele Dämmstoff-Hersteller:innen schlussendlich kein Interesse an einer LCA-Berechnung hatten, ist nicht im Detail bekannt. Teilweise war die Datenaufbereitung zu aufwändig, nicht ausreichende Kapazitäten und Ressourcen vorhanden oder der Nutzen der Aufnahme in die KBOB-Liste nicht bekannt.



Tabelle 22: Auflistung und Beschrieb der in der Studie weiteruntersuchten Produkte.

Produkt	Kategorie	Kurzbeschrieb	Hersteller:in	Vereinbarung
Lignatur Decken- und Dachelemente	Fertigbauteil	Vorfabrizierte Holzdecken- oder -dachelement	Lignatur	Entwicklung LCIA Unterstützung im KBOB-Aufnahmeprozess
Lopas Bausystem	Fertigbauteil	Lehm-Holz-Stroh-Fertigbauteile für Innen- und Aussenwände	Lopas	Entwicklung LCIA Unterstützung im KBOB-Aufnahmeprozess
Neustark	Beton	CO ₂ -speichernder Recycling-Beton	Neustark in Zusammenarbeit mit Beton-Hersteller:innen	Interessiert an Beratung LCIA vorhanden KBOB-Aufnahmeprozess eigenständig durchgeführt
Oxacrete	Beton	«Beton» aus Aushubmaterial ohne Zement	Oxara	Entwicklung LCIA Unterstützung im KBOB-Aufnahmeprozess
Terrabloc	Mauerziegel	Stabilisierter Lehmstein, in situ Herstellung möglich	Terrabloc	Interessiert an Beratung LCIA vorhanden KBOB-Aufnahmeprozess eigenständig durchgeführt
Zirkulit	Beton	CO ₂ -speichernder Recycling-Beton	Eberhard	Vorhandene LCIA wird auf KBOB-Konformität geprüft und angepasst Unterstützung im KBOB-Aufnahmeprozess

3.1.4 Wirkungsabschätzung (LCIA)

Von den sieben teilnehmenden Hersteller:innen wurden innerhalb dieser Studie für vier Hersteller:innen die LCIA ihrer Baustoffe und Bauteile entwickelt. Dazu zählen zirkulit® (Zirkulit AG), Lignatur® Decken- und Dachelemente (Lignatur AG), Oxacrete Beton (Oxara AG) und Lopas Bausystem (LOPAS GmbH). Die Ergebnisse wurden unter einer Geheimhaltungsvereinbarung vollständig erarbeitet und sind im Eigentum der Hersteller:innen. Sie werden daher nicht in dieser Studie veröffentlicht. Die neustark AG (neustark Dienstleitung / Prozess), Terrabloc (Terrabloc S/M/A) haben die LCIA eigenständig entwickelt. Ihnen stand für die Entwicklung das Beratungsangebot des Projektteams zur Verfügung. Alle sechs Hersteller:innen wurden zudem bei Bedarf im Aufnahmeprozess ihrer Baustoffe und Bauteile in die KBOB-Liste unterstützt.



Folgende Sachverhalte und Herausforderungen wurden während dem Prozess der LCIA erkannt:

Datenerhebung und -aufbereitung

- Für die Datenerhebung haben die Hersteller:innen nur eine geringe Unterstützung und Beratung vom Projektteam benötigt.
- Herausfordernd ist die Erfassung der im Produktionsprozess verbrauchten Energie. Begründet wird dies vor allem mit der LCA-Methode, die das Produkt und nicht den industriellen Produktionsprozess im Fokus hat.
- Für die neu eingeführte Kategorie "Herstellung stofflich genutzt" sind zusätzliche Berechnungen unter Verwendung der oberen Heizwerte biobasierter Materialien notwendig. Die Dokumentation war zum Zeitpunkt der Bearbeitung unzureichend, was zu einer zeitintensiveren Bearbeitung führte.

Materialspezifisch

- Produkte mit einem hohen Anteil an biobasierten Materialien, die eine spezielle Berechnungen für die Methode des kumulativen Energiebedarfs erfordern, resultieren in einer umfangreichen Arbeit zur Bestimmung der LCIA's (Erläuterung zum Vorgehen Kapitel 2.1.3)
- Die Berechnung des Kohlenstoffgehalts (kgC) erfordert eine zusätzliche Berechnung, die nicht Teil der KBOB-Bewertungsmethoden ist.
- Liegt eine grosse Anzahl von Varianten eines Baustoffes vor, muss mit KBOB eine Strategie festgelegt werden, welche Daten in welcher Form in die Liste aufgenommen werden.
- Die KBOB-Liste nimmt Baustoffe und keine Zusatzstoffe auf. Werden für die Modellierung der Baustoffe Zusatzstoffe benötigt, müssen diese z.T. spezifisch modelliert werden, was den Aufwand für die Erstellung der LCIA erhöht.

Prozessspezifisch

- Für den Prozess der LCIA-Ermittlung ist ein hohes Vertrauen zwischen den beteiligten Parteien essenziell. Es wurden zwei entgegengesetzte Positionen zu diesem Prozess erkannt. Zum einen haben Hersteller:innen keine Vorbehalte zur Weitergabe ihrer Daten, zum anderen sehen Hersteller:innen aus diesem Grund von der Teilnahme am Projekt ab. Eine konkrete Geheimhaltungsvereinbarung ist für einen zielführende Bearbeitung notwendig.
- Ein direkter Vergleich der Ergebnisse mit KBOB-Datensätzen war z.T. schwierig. Jedoch konnte dadurch die Grössenordnung der Ergebnisse plausibilisiert und Unterschiede im Vergleich zu ähnlichen Baustoffen erkannt werden. Dies führte wiederum zu einem iterativen Prozess der Überprüfung von LCI, Berechnungen und Vergleichen, der viel Engagement beider Parteien für eine konstruktive Diskussion erfordert.

3.1.5 Etablierte materialübergreifende Handlungsgrundsätze

Neben der Reduktion der grauen Energie und THGE durch ökologische Baustoffe und Bauteile, die im Fokus dieser Studie liegt, gilt es auch materialübergreifenden Handlungsgrundsätze zur THGE-Reduktion umzusetzen, damit wertvolle Ressourcen gespart werden können. Im Forschungsprojekt «Optibat» (Zwicky, et al., 2020) wurden Handlungsgrundsätze für die unterschiedlichen Projektphasen erarbeitet. Dabei wurde festgestellt, dass ab der Bau- und Ausführungsphase (ab SIA Phase 32) lediglich materialspezifische Kriterien Auswirkungen auf die THGE haben. Der Anteil der phasenspezifischen Handlungsgrundsätze an der Reduktion der gesamten Grauen Energie eines Gebäudes wird in Zwicky et al. (2020) nicht ausgewiesen.



Für die Phase der strategischen Planung (SIA Phase 1) wurden im «Optibat»-Projekt (Zwicky, et al., 2020) folgende THGE-Reduktionsmassnahmen durch ein umfassendes Literaturstudium gefunden:

- Wahl des Gebäudemassstabs: Es sollte ein einzelnes grosses Gebäude an Stelle von vielen kleinen Gebäuden gebaut werden.
- Anzahl Wohneinheiten: Die optimale Anzahl Wohneinheiten pro Gebäude liegt zwischen 10 und 20 Wohneinheiten.
- Gebäudehüllzahl: Das Verhältnis von thermischer Gebäudehülle zur Energiebezugsfläche soll möglichst klein gewählt werden.

Mit einer generischen Berechnungsplattform wurden folgende Massnahmen für die Vorstudien-Phase (SIA Phase 2) gefunden:

- Gebäudeproportionen: Als optimale Gebäudeproportion in Bezug auf die THGE gilt die «liegende Gebäudeform mit vier Obergeschossen». Auch die «stehende Gebäudeform mit acht Obergeschossen» ist deutlich besser in Bezug auf die THGE als ein sehr langes oder sehr hohes Gebäude.
- Reduktion Untergeschosse: Der Bau von Untergeschossen hat grossen Einfluss auf die THGE, der Einfluss hängt von der Grundfläche des Gebäudes ab. Jedoch ist es im Hinblick auf die THGE deutlich besser ein zusätzliches Obergeschoss zu bauen an Stelle eines Untergeschosses. Es gilt das Baugrubenvolumen zu minimieren, respektive zu optimieren, da meist Untergeschosse benötigt werden.
- Bauweise: Aus dem Optibat-Projekt resultiert, dass der Leichtbau deutlich tiefere THGE verursacht, im Vergleich zu Massiv- und Mischbauten.
- Fensteranteil: Der Fensteranteil soll so hoch wie nötig (genügend Tageslicht), jedoch so tief wie möglich gehalten werden. Dies entspricht etwa einem Fensteranteil von 35%.
- Dachform: Das Schrägdach hat bzgl. den Treibhausgasemissionen einige Vorteile gegenüber dem Flachdach².
- Balkone: Balkone wurden als Ursache von erhöhten Treibhausgasemissionen gefunden. Die Balkone sollen klein ausfallen, um die THGE zu reduzieren.

Weitere Massnahmen (Hafstad, 2022):

- Sanierung von Gebäuden ist dem Neubau vorzuziehen, um die THGE zu reduzieren.
- Je länger ein Gebäude erhalten bleibt, desto geringer fallen die THGE aus.

Die materialübergreifenden Handlungsgrundsätze können die in der Phase B «Up-Scaling» betrachteten Handlungsgrundsätze unterstützen. Für die vorliegende Studie lag zum Zeitpunkt ihrer Bearbeitung aus dem Projekt «Optibat» keine Szenarien für Mustergebäude mit Niedrigemissionen vor. Daher wurden das Mustergebäude für Mehrfamiliengebäude Neubau und Bestand aus der Studie von (Kunz, 2017) verwendet. Die Mustergebäude sind in Kapitel 2.2 beschrieben.

² Die Berechnungen des Optibat Projektes basieren auf der SIA2040. Die Dokumentation zum SIA2040 Tool orientiert sich an üblichen Aufbauten (Flachdach: Beton Tragwerk und Dämmung aus EPS, PUR oder Steinwolle, Steildach: Holz Tragwerk und Dämmung aus Glaswolle oder Steinwolle). Ein Holztragwerk hat tiefere THGE als ein Betontragwerk. Die THGE-Emissionen von EPS und PUR sind sowohl in der Erstellung als auch bei der Entsorgung deutlich höher als bei Glaswolle und Steinwolle.



3.2 Reduktion der Treibhausgasemissionen unter Anwendung innovativer Bauprodukte und materialübergreifenden Handlungsansätze sowie Potenzial zum Up-Scaling

3.2.1 Vergleich der Treibhausgasemissionen von Neubau und Sanierungen, sowie Neubau und Sanierung untereinander

Mit den Emissionsangaben der innovativen Baustoffe und den Testgebäuden wurden die Emissionen pro Quadratmeter Energiebezugsfläche ($\text{m}^2\text{-EBF}$) für jedes Testgebäude berechnet. Abbildung 8 bis Abbildung 10 stellen die Ergebnisse in absoluten und relativen Zahlen für Neubauten dar. Alle folgenden Werte verstehen sich als $\text{m}^2\text{-EBF}$. Der konventionelle Betonneubau (Dämmung aus Glaswolle, Verputz aus Kalk-Zement, tragende Elemente aus Beton, ohne technische Anlagen und Innenausbau) schneidet mit $428 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$ am schlechtesten ab. Beim Neubau schneidet das Testgebäude mit Hanfplatten mit $271 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$ schlechter ab wie die Testgebäude mit Zellulose, Strohplatte oder Grasplatte, welche alle drei ähnliche Emissionswerte um die $253 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$ erzielen.

Dasselbe Bild präsentiert sich beim Holzbau für die vier Dämmstoffen, jedoch werden im Schnitt um die 25 bis $30 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$ weniger emittiert als beim Betonbau mit innovativen Baustoffen. Der konventionelle Holzbau (Wände aus Gipskartonplatten und Holz, Dämmung aus Glaswolle, tragende Elemente aus Massivholz, ohne technische Anlagen und Innenausbau) emittiert $342 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$. Die Systemwand im Holzbau mit Strohplatte reduziert die Emissionen um 3.4% von 224 auf $216 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$. Die Systemdecke im Holzbau mit Strohplatte reduziert die Emissionen um 17.3% von 224 auf $185 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$. Die Decke, Aussenwand und Fundament machen dabei die grössten Emissionsanteile aus. Die Emissionen aus der nicht-tragenden Innenwand ist verschwindend klein und trägt somit wenig zu den gesamten Emissionen bei.

Die Resultate für die Sanierung eines Betonbaus sind in absoluten Werten und relativen Werten in Abbildung 11 bis Abbildung 13 dargestellt. Die konventionelle Sanierung verursacht $150 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$. Im Vergleich schneidet die Strohplatte mit $97 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$ besser ab wie das Testgebäude mit Grasplatte ($99 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$) und das Testgebäude mit Hanfplatte ($115 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$). Bei den Testgebäuden mit Strohplatte und Grasplatte sind die Emissionsanteile ähnlich. Nur beim Hanfplatte hat die Aussenwand einen grösseren Anteil, die dem des konventionellen Testgebäude ähnelt. Fenster tragen bei der Sanierung anteilmässig doppelt bei (20%) als bei den Neubauten (10%).

Das Merkblatt «SIA-Effizienzpfad Energie» legt Zielwerte für den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen von Gebäuden und Quartieren fest (SIA2040, 2017). Das Merkblatt orientiert sich an der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft, die eine Reduktion des Energieverbrauchs und der Emissionen bis ins Jahr 2050 vorsieht. Die Gebäudekategorie Wohnen weist Zielwerte zur Erstellung auf, die bis 2050 erreicht werden sollen, $9.0 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$ für Neubau und $5.0 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$ für Umbau. In Abbildung 9 sind für die konventionellen Testgebäude, Neubau aus Beton und Holz, jeweils die Werte 7.14 und $5.71 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$ berechnet worden. In Abbildung 12 findet sich der Wert $2.51 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2$ für die Sanierung eines konventionellen Betonbaus. Die Resultate liegen um einen signifikanten Wert unterhalb der Zielwerte. Der Unterschied der Werte liegt daran, dass der SIA-Zielwert der Erstellung eines Gebäudes (Neu- und Umbau) den Transport der Baustoffe, die gebäudetechnischen Anlagen, sowie die Entsorgung des Gebäudes miteinschliesst. Zukünftige Folgestudien können diese Gebäudeteile in ihren Berechnungen miteinschliessen.

Tabelle 23 und

Tabelle 24 präsentieren die Emissionsreduktion von Testgebäuden mit innovativen Baustoffen im Vergleich zum konventionellen Bau für Neubauten und Sanierungen. Die Testgebäude mit Zellulose,



Strohplatte und Grasplatte weisen eine Emissionsreduktion von 41% auf im Vergleich zu einem konventionellen Neubau aus Beton (Hanfplatte-Testgebäude 37% weniger). Beim Holzneubau sind es im Vergleich zu einem konventionellen Holzneubau nur um die 36 bis 37% weniger für die Testgebäude mit Zellulose, Strohplatte und Grasplatte (Hanfplatte 26% weniger). Die Testgebäude mit Strohplatte und jeweils der Systemdecke aus Holz und Systemwand aus Holz, Stroh und Lehm kommen auf eine Reduktion von 48%, respektive 39% Emissionsreduktion im Vergleich zu einem herkömmlichen Holzneubau. Bei der Sanierung eines konventionellen Betonbaus, führen Testgebäude mit innovativen Baustoffen aus Strohplatten, Grasplatten und Hanfplatten im Vergleich zu einer herkömmlichen Sanierung zu Emissionsreduktionen von 36%, 34% und 24% (Tabelle 24).

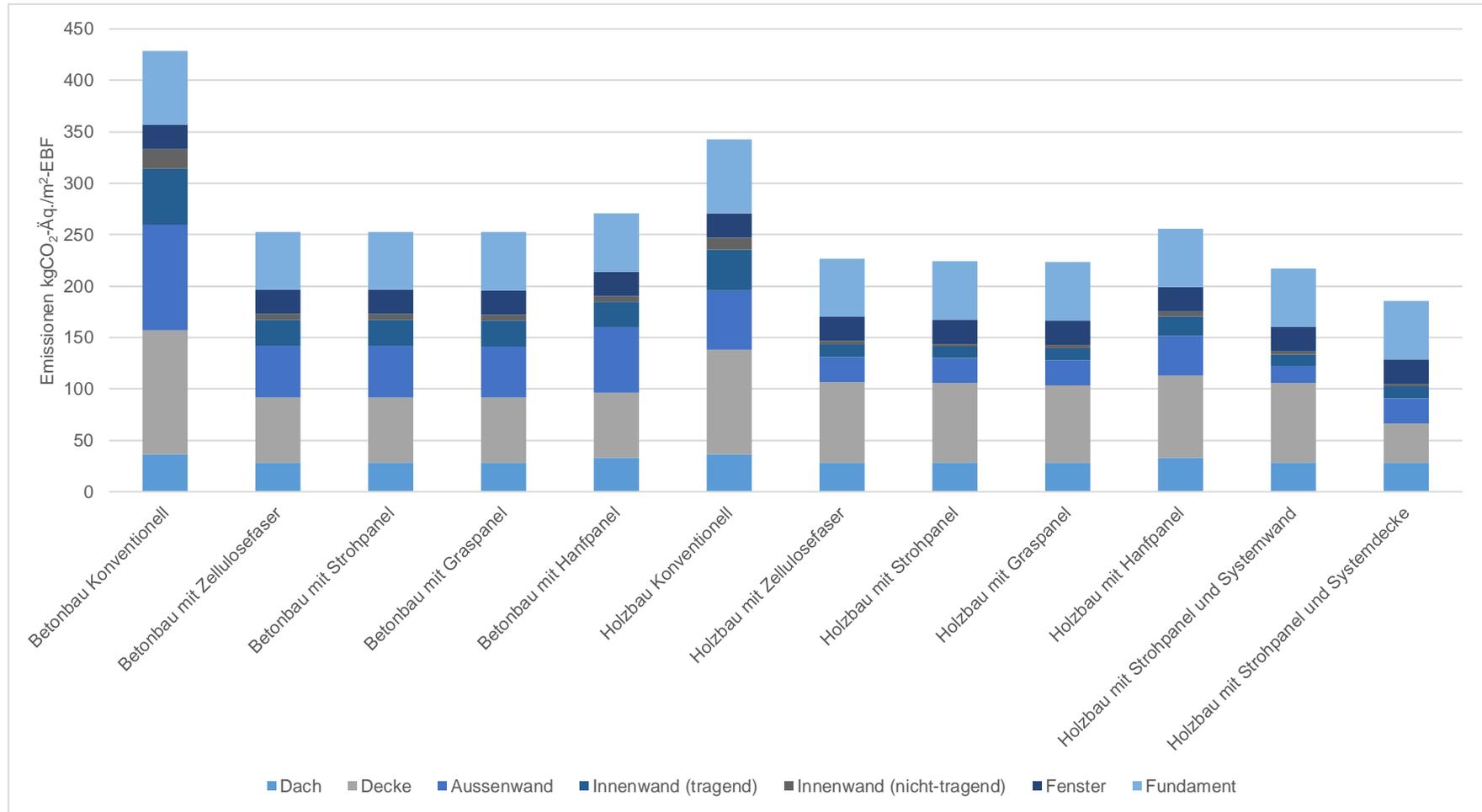


Abbildung 8: Emissionen pro Quadratmeter-Energiebezugsfläche (EBF) beim Neubau eines konventionellen Beton- oder Holzrahmenkonstruktion eines MFH im Vergleich mit einem Neubau MFH aus innovativen Baustoffen.

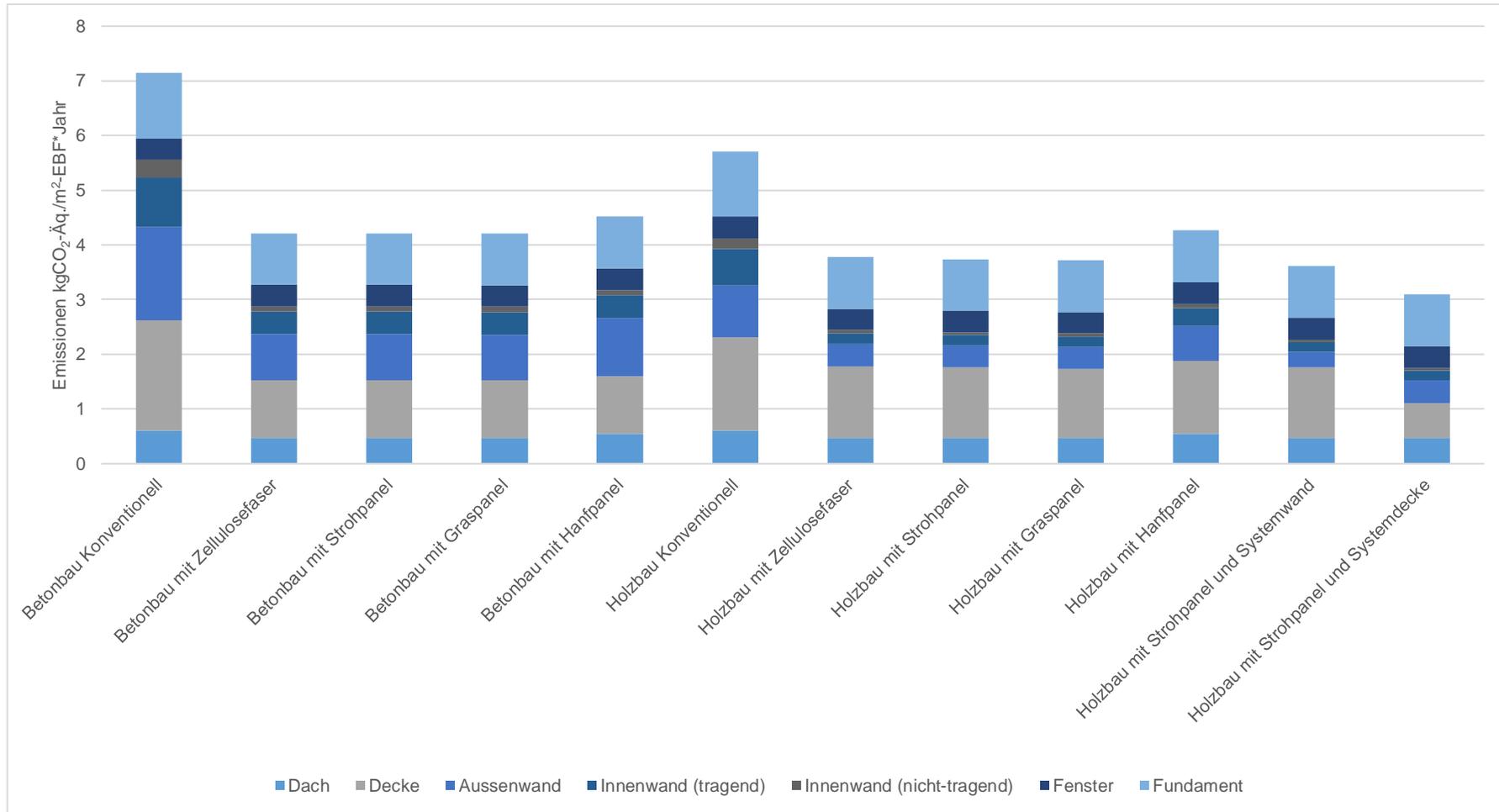


Abbildung 9: Emissionen pro Quadratmeter-Energiebezugsfläche (EBF) und Jahr beim Neubau eines konventionellen Beton- oder Holzrahmenkonstruktion eines MFH im Vergleich mit einem Neubau MFH aus innovativen Baustoffen.

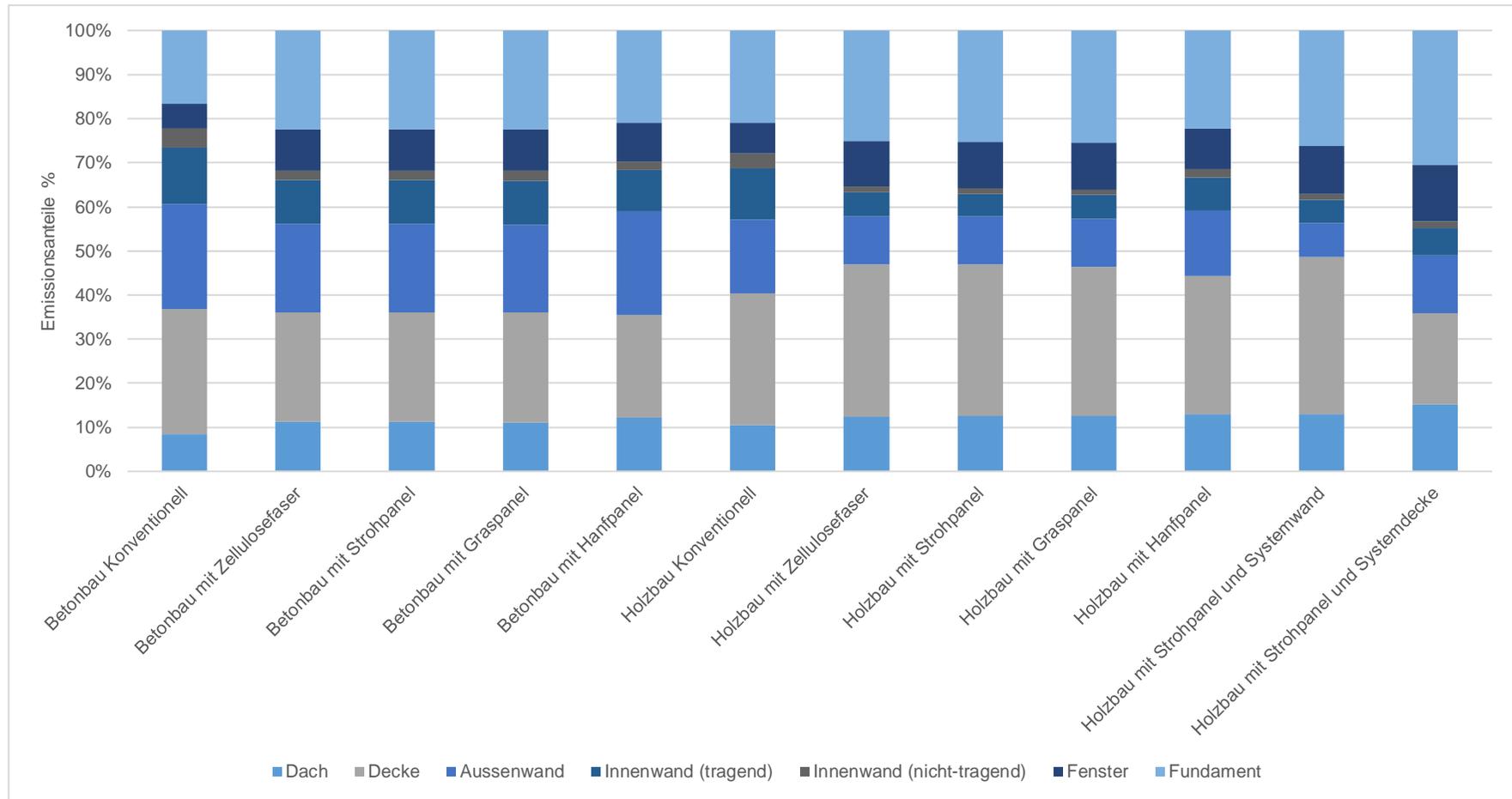


Abbildung 10: Emissionsanteil von Gebäudeteilen für Neubau eines konventionellen Beton- oder Holzrahmenkonstruktion eines MFH im Vergleich mit einem Neubau MFH aus innovativen Baustoffen.

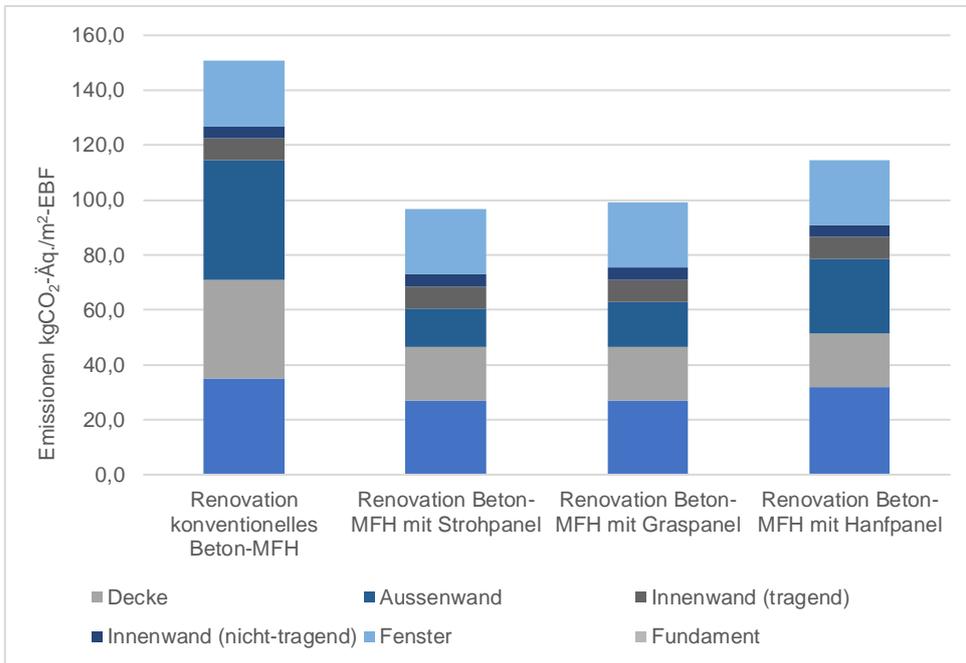


Abbildung 11: Emissionen von Gebäudeteilen bei einer Sanierung eines konventionellen MFH-Wohngebäudes mit innovativen Baustoffen im Vergleich zu einer konventionellen Sanierung eines MFH in Emissionen pro m²-Energiebezugsfläche (EBF).

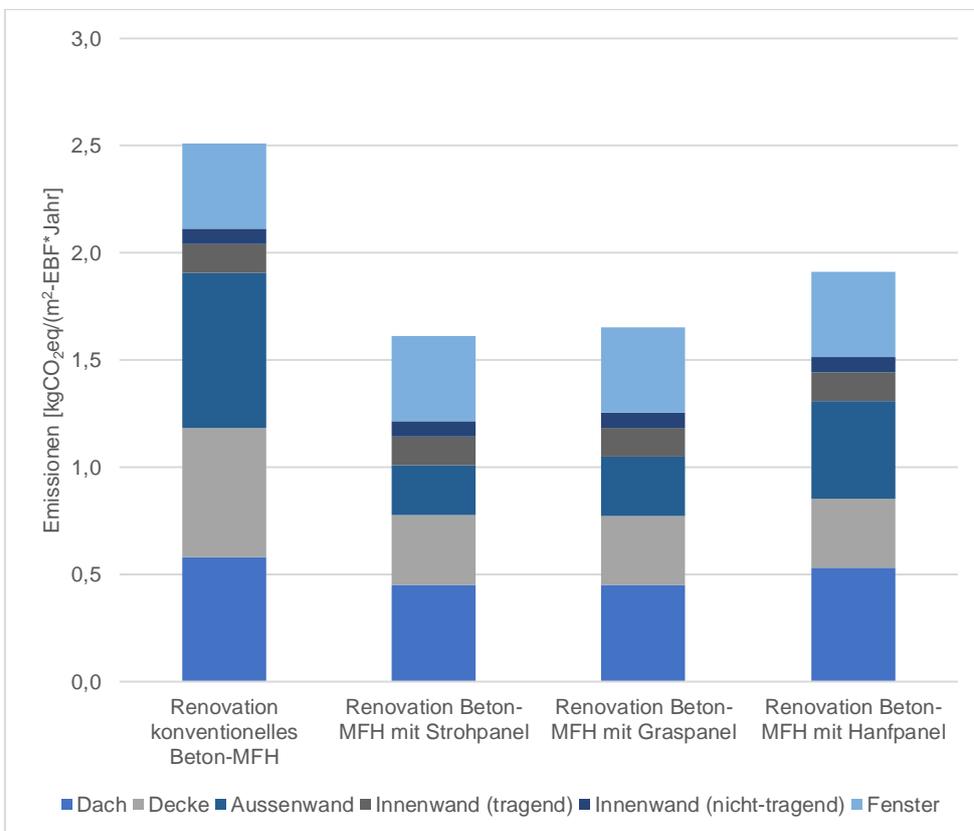


Abbildung 12: Emissionen von Gebäudeteilen bei einer Sanierung eines konventionellen MFH-Wohngebäudes mit innovativen Baustoffen im Vergleich zu einer konventionellen Sanierung eines MFH in Emissionen pro m²-Energiebezugsfläche (EBF) und Jahr.

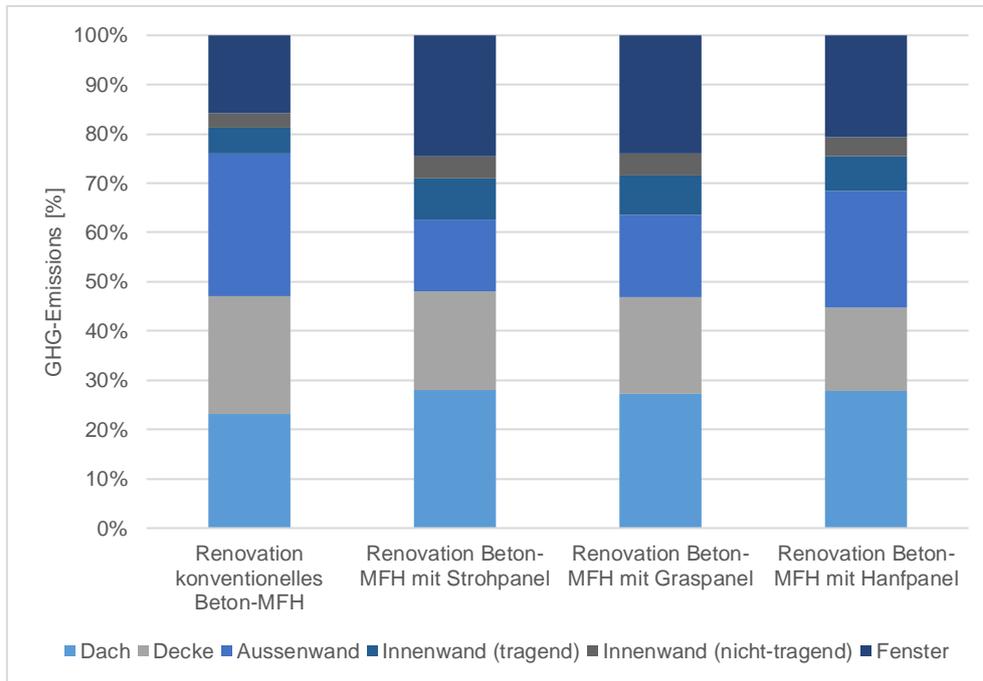


Abbildung 13: Emissionsanteil von Gebäudeteilen bei einer Sanierung eines konventionellen MFH-Wohngebäudes mit innovativen Baustoffen im Vergleich zu einer konventionellen Sanierung eines MFH.

Tabelle 23: Emissionsreduktion bei Neubau mit innovativen Dämmmaterialien im Vergleich zu konventionellem Neubau mit Beton- oder Holzkonstruktion.

	Zellulose	Strohplatte	Grasplatte	Hanfplatte	Strohplatte + Systemwand	Strohplatte + Systemdecke
Beton-Neubau	41.0%	41.0%	35.5%	36.8%	-	-
Holz-Neubau	36.1%	36.8%	36.5%	26.1%	39.0%	45.8%

Tabelle 24: Emissionsreduktion bei Sanierung mit innovativen Dämmmaterialien im Vergleich zu konventioneller Sanierung eines Betonbau-MFH.

	Strohplatte	Grasplatte	Hanfplatte
Sanierung Betonbau	35.8%	34.2%	23.9%

Tabelle 25 führt den Vergleich auf zwischen Referenztreibhausgasemissionen von Gebäudeelementen aus der SIA-Norm 2032:2020 mit den Herstellungsemissionen von Testgebäuden aus der Phase (SIA, 2020). Es wurde versucht ähnliche Gebäudeelemente zu vergleichen, jedoch war dies oft nicht möglich. So weichen die Referenzemission des Fensters stark ab von den berechneten Emissionen, weil das Referenzfenster aus Holz und Metall besteht und in der Studie nur Holz beachtet



wurde. Der Referenzfundamentwert weicht ab von den berechneten Werten durch unterschiedliche Mengen an Baustoffen. Die Werte der Aussenwände und Innenwände weichen voneinander ab auch wegen unterschiedlich verbauten Baustoffen und Mengen. Der Vergleich zeigt, dass sich die berechneten Emissionswerte von Gebäudeelementen in der Region von bestehenden Referenzemissionswerten befinden und sie oft auch unterschreiten. Die Ergebnisse sind demnach sinnvoll und teilweise auch besser, wie konventionelle Gebäudeelemente aus der SIA-Norm bezüglich den Herstellungsemissionen.

Tabelle 25: Vergleich SIA 2032:2020 Gebäudeelemente, THG-Herstellung in [kg CO₂-Äq./m²*a] mit Testgebäuden aus Phase B1.

Gebäudeelemente	Referenzemissionen	Betonbau konventionell	Betonbau mit Grasplatten	Holzbau Konventionell	Holzbau mit Grasplatten	Holzbau mit Strohplatte und Systemdecke
Dach	0.87	0.60	0.47	0.60	0.47	0.47
Decke	1.90	2.02	1.05	1.71	1.26	0.64
Aussenwand	0.65-1.11	1.71	0.84	0.96	0.40	0.41
Innenwand (tragend)	0.85-1.29	0.91	0.42	0.66	0.20	0.19
Innenwand (nicht-tragend)	0.85-1.29	0.31	0.09	0.19	0.05	0.05
Fenster	2.98	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Fundament	2.74	1.19	0.95	1.19	0.95	0.95

3.2.2 Einfluss angewendeter innovativer Baustoffe und Bauteile auf die Reduktion der Treibhausgasemissionen in den Testgebäuden

In Bezug auf die THGE schneidet das Testgebäude MFH-Holzkonstruktion mit Strohplatte als Dämmstoff am besten ab (Vergleich ohne Prefab-Platten), dicht gefolgt von den Holzneubau-Testgebäuden mit Grasplatte oder Zellulosedämmung. Im Vergleich zu den konventionellen Testgebäuden aus Beton und aus Holz werden hier Emissionsreduktionen von jeweils 41% und 34.9% erzielt. Das Testgebäude mit der Prefab-Systemdecke (Holzkonstruktion mit Strohplatte) kommt hierbei sogar auf eine Reduktion von 45.9%. MFH-Holzbau schneidet bezüglich THGE also besser ab als Betonbau, die drei berücksichtigten innovativen Dämmstoffe sind ähnlich gut und die Addition von Prefab-Platten aus biobasierten Baustoffen erzielt eine noch höhere Emissionsreduktion. Bei allen biobasierten Baustoffen ist die CO₂-Speicherfähigkeit nicht miteinberechnet und könnte sogar mehr Kohlenstoff binden, als bei der Produktion anfällt. Die permanente Bindung von Kohlenstoff in Baustoffen birgt eine weitere Möglichkeit zur Emissionsreduktion. Es ist zu prüfen, inwiefern und wie dieser Effekt in zukünftigen Berechnungen berücksichtigt werden kann und sollte.

Im Fundament hat der rezyklierte Beton mit CO₂-Bindung eine Emissionsreduktion von 20% im Vergleich zur herkömmlichen Bauweise zur Folge. Jedoch muss sich die Technologie noch verbessern, um das Ziel Netto-Null THG-Emissionen zu erreichen. Der Ersatz von Verputz,



Zementunterlagsboden und nichttragende Betonwände mit Lehm-Beton kann zu erheblichen Emissionsreduktionen führen. So zum Beispiel bei der nicht-tragenden Innenwand für Neubauten aus Beton, wo die Lehm-Beton eine Emissionsreduktion von 71% im Vergleich zur konventionellen Innenwand erzielt. Wenn in Zukunft auch lokaler Aushub verwendet wird, würden sich die Transportaufwände deutlich verringern und die Emissionen noch weiter senken.

Die innovativen Baustoffe Prefab-Systemdecke und Systemwand schneiden bezüglich Kreislauffähigkeit sehr gut ab. So können sie nach der Wohngebäudelebensdauer wieder einfach ausgebaut werden. Nach einer Aufbereitung der Platten könnten sie womöglich wieder in ein neues Gebäude verbaut oder die Platten können recycelt/kompostiert werden, da sie aus biobasierten Materialien bestehen. Auch die Dämmstoffe können nach Gebrauch recycelt/kompostiert werden oder sogar als Inputmaterial für neue Dämmstoffe verwendet werden (auch möglich mit Lehm-Beton).

Bezüglich der Dicke von Aussenwand und Dach, führen die biobasierten Dämmstoffe zu dickeren Wänden/Dach im Vergleich zu Glaswolle, 30%, 57% und 17% dicker für Hanf- und Grasplatten, Strohplatten und Zellulose, begründet durch die Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe. Biobasierte Baustoffe haben auch Vorteile, so sind biobasierte Baustoffe mehr «atmungsfähig», wie herkömmliche Baustoffe und verbessern so das Raumklima (Vögeli, 2020). Es finden sich mehr Informationen zu weiteren Vorteilen und Nachteilen von Baustoffen aus Stroh oder Hanf in derselben Quelle.

Sanierete Betonbauten mit Strohplatten verursachen die niedrigsten Emissionen, gefolgt von Bauten mit Grasplatten und Hanfplatten. Sanierungen von MFH-Wohnbauten verursachen im Vergleich zu Neubauten deutlich weniger Emissionen und führen zu einer Reduktion von 78% im Vergleich von konventionellem Betonneubau zu saniertem Betonbau mit Strohplatten. Nur schon herkömmlich sanierte Betonbauten verursachen 65% weniger Emissionen wie konventionelle Neubauten aus Beton. Sanierungen sind daher Neubauten vorzuziehen. Auch ist die in der Studie verwendete Lebensdauer von 60 Jahren ein Referenzwert und kann bei guter Instandhaltung des Wohngebäudes verlängert werden, was nochmals zu niedrigeren Emissionen führt. Lange Gebäudelebensdauern mit allfälliger Umnutzung oder Anbau sind anzustreben.

Tabelle 25 präsentiert den Vergleich der SIA-Referenzemissionswerte zu den Emissionen der Testgebäude für die Gebäudeelemente. Ausser beim Fenster und Fundament liegen die Werte der Testgebäude im gleichen Rahmen wie die Referenzwerte und sind somit plausibel. Testgebäude mit biobasierten Baustoffen schneiden hierbei besser ab, wie die Referenzwerte.

Es standen keine grosse Auswahl von Baustoffen zur Verfügung, welche dieselben Funktionen im Gebäude übernehmen, ausser bei den Dämmstoffen. Daher war die Auswahl der Baustoffe, die im Testgebäude eingebaut werden sollten, einfach und die Optimierungsmethode bezüglich konventioneller Bauten und Bauten mit verschiedenen Dämmstoffen und Konstruktionstypen sinnvoll. Die Wahl des Gebäudedesigns stützte sich auch auf die Verfügbarkeit des verwendeten Testgebäudedesigns. Für weitergehende Studien würde das Abbilden des Schweizer Gebäudeparks sinnvoll sein. Technische Anlagen wurden nicht berücksichtigt. Am besten wäre es, Funktionen der technischen Anlagen mit passivem Gebäudedesign abzudecken, aber wo es nicht möglich ist, werden technische Anlagen benötigt. So sollten technische Anlagen auch ins Gebäudedesign einfließen, um ein ganzheitliches Bild der grauen Emissionen zu erhalten.

Die Treibhausgasemissionen sind Zentrum der Überlegungen und Berechnungen. Baukosten und Bauzeit waren nur qualitativ in Phase A berücksichtigt worden und wurden so nicht in den Berechnungen mitberücksichtigt. Sie werden dafür hier noch qualitativ aufgegriffen. Für Strohdämmplatten und Hanfdämmplatten konnten Kosten von 200-500 CHF/m² resp. 200-700 CHF/m² ermittelt werden (Vögeli, 2020). Fassade-Dämmplatten aus Glaswolle kosten ca. 21 bis 23 CHF/m² (Daibau, 2023). Die innovativen, biobasierten Dämmplatten kosten momentan also mindestens das zehnfache an herkömmlicher Glaswolle. Es konnten keine Kosten für Gras und



weitere innovative Baumstoffe ermittelt werden. Die Kosten sind sehr projektspezifisch und die Rohstoffe der biobasierten Dämmstoffe selbst spielen oft eine untergeordnete Rolle in Bezug auf die Gesamtkosten des Projekts. Manchmal sind gute Qualitätspitze oder geeignete Verkleidungssysteme sogar teurer als der tragende Teil der Wand. Je nach Bedarf des Kunden hat jede Dämmtechnik ihre Eignung und kann kosteneffektiv umgesetzt werden. Auch stecken die meisten innovativen Baumstoffe noch in den Kinderschuhen und mit steigenden Produktionsmengen werden die Kosten fallen. Die Konstruktionszeit wäre bei Stroh- und Hanfplatte etwa mittelschnell (übliche Geschwindigkeit), also wird der Bauprozess nicht verzögert (Vögeli, 2020). Auch die Bauzeiten für Grasplatten, Lehm-Beton und Recycling-Beton würden gleichbleiben, siehe Phase A. Die Bauzeit für die Systemdecke und Systemwand würde sich verkürzen, siehe Phase A.

3.2.3 Evaluation des Up-Scaling Szenarios bezüglich Anbauflächen und Deckungsgrade für die Schweiz

Tabelle 26 und Tabelle 27 listen die benötigten Anbauflächen für Stroh, Hanf und Gras fürs Szenario Sanierung und Neubau auf, sowie den konkurrierenden Deckungsgrad und den potenziell nicht konkurrierenden Deckungsgrad. Tabelle 28 kombiniert die beiden Tabellen für ein Total an benötigter Anbaufläche und Deckungsgrade.

Tabelle 26: Benötigte Anbaufläche Sanierung mit Deckungsgrade für ein Jahr, konkurrierend und potenziell ohne Konkurrenz.

	Produktionsland	Benötigte Anbaufläche Sanierung 1000 ha	Deckungsgrad Sanierung konkurrierend	Deckungsgrad Sanierung mit Potenzial
Stroh	Schweiz	425	0.2	0.1
	Österreich	445	0.6	0.2
	Deutschland	348	7.7	2.6
	Frankreich	372	10.5	3.5
	Italien	635	1.6	0.5
	Tschechien	431	1.5	0.5
	Hanf	Schweiz	127	0.0
Österreich		589	0.0	0.0
Deutschland		372	0.0	0.0
Frankreich		372	0.0	0.0
Italien		329	0.0	0.0
Tschechien		3189	0.0	0.0
Gras		Schweiz	535	0.8
	Österreich	340	2.7	2.7
	Deutschland	14	291.0	291.0
	Frankreich	52	182.6	182.6
	Italien	26	109.6	109.6
	Tschechien	16	52.4	52.4



Tabelle 27: Benötigte Anbaufläche Neubau mit Deckungsgrade für ein Jahr, konkurrierend und potenziell ohne Konkurrenz.

	Produktionsland	Benötigte Anbaufläche Neubau 1000 ha	Deckungsgrad Neubau konkurrierend	Deckungsgrad Sanierung mit Potenzial
Stroh	Schweiz	101	0.7	0.2
	Österreich	106	2.6	0.9
	Deutschland	83	32.4	10.8
	Frankreich	89	44.2	14.7
	Italien	152	6.5	2.2
	Tschechien	103	6.3	2.1
	Hanf	Schweiz	30	0.0
Österreich		141	0.0	0.0
Deutschland		89	0.0	0.0
Frankreich		89	0.2	0.0
Italien		79	0.0	0.0
Tschechien		761	0.0	0.0
Gras		Schweiz	128	3.5
	Österreich	81	11.2	11.2
	Deutschland	3	1219.1	1219.1
	Frankreich	13	764.8	764.8
	Italien	6	459.0	459.0
	Tschechien	4	219.5	219.5

Tabelle 28: Benötigte Anbaufläche Total (Neubau und Sanierung) mit Deckungsgrade für ein Jahr, konkurrierend und potenziell ohne Konkurrenz.

	Produktionsland	Benötigte Anbaufläche total 1000 ha	Deckungsgrad Neubau konkurrierend	Deckungsgrad Sanierung mit Potenzial
Stroh	Schweiz	526	0.1	0.0
	Österreich	551	0.5	0.2
	Deutschland	431	6.2	2.1
	Frankreich	461	8.5	2.8
	Italien	787	1.3	0.4
	Tschechien	534	1.2	0.4
	⊕	Schweiz	158	0.0



Produktionsland	Benötigte Anbaufläche total 1000 ha	Deckungsgrad Neubau konkurrierend	Deckungsgrad Sanierung mit Potenzial	
Österreich	729	0.0	0.0	
Deutschland	460	0.0	0.0	
Frankreich	460	0.0	0.0	
Italien	408	0.0	0.0	
Tschechien	3950	0.0	0.0	
Schweiz	662	0.7	0.7	
Österreich	421	2.2	2.2	
Gras	Deutschland	18	234.9	234.9
	Frankreich	65	147.4	147.4
	Italien	32	88.5	88.5
	Tschechien	19	42.3	42.3

Für das Sanierungsszenario wäre der potenzielle Deckungsgrad aus Schweizer Strohanbaufläche nur zu 10% gegeben und der Bedarf müsste aus umliegenden Ländern gedeckt werden. Deutschland und Frankreich bieten mit einem potenziellen Deckungsgrad von 2.6 und 3.5 das grösste Strohangebot. Die Hanfanbaufläche und somit das Hanfangebot in der Schweiz und umliegenden Ländern ist viel zu klein, um die Schweizer Nachfrage zu stillen, der Deckungsgrad liegt fast bei null fürs Szenario Sanierung, sowie Neubau. Der potenzielle Deckungsgrad für Gras ist höher als bei Stroh. So kann die Schweiz sich mit Gras für Dämmstoffe zu 80% selbst versorgen. Deutschland, Frankreich und Italien mit Werten von 291, 182.6 und 109.6.0 könnten die Schweizer Nachfrage an Gras um einige Male decken.

Die Deckungsgrade fürs Szenario Neubauten fallen besser aus als bei der Sanierung, es werden weniger Anbaufläche benötigt für die Rohstoffe (mehr Gebäude werden pro Jahr saniert als gebaut), wobei Hanf wiederum Deckungsgrade von Null aufweist.

Insgesamt sind die potenziellen Deckungsgrade für beide Szenarien mit Schweizer Anbaufläche für Stroh und Hanf nicht gegeben. Der Deckungsgrad für Gras ist mit 70% auch nicht völlig abgedeckt. Die Schweiz bedarf Anbauflächen von umliegenden Ländern, wie Deutschland, Frankreich und Italien, um ihren Bedarf an Rohstoffen zu decken, wobei das Potenzial sehr gross ist. Ein Mix aus verschiedenen biobasierten Baustoffen, vor allem Stroh und Gras, ist dabei erstrebenswert, um eine robuste Verfügbarkeit von Baustoffen zu gewährleisten, und um möglichen Lieferengpässen entgegenzuwirken.

Es bestehen noch mehrere Fragen zu den potenziell verfügbaren Anbauflächen. So sind die Faktoren zur Berechnung der potenziellen Deckungsgraden sehr grob und bedürfen einer tieferen Analyse zum Erhalt genauerer Daten. Der Faktor für Stroh stammte von einer Deutschen Studie und müsste für Schweizer Verhältnisse abgestimmt werden. Der Faktor für Hanf ist ein allgemeiner Faktor für den Gebrauch der verschiedenen Pflanzenteile von Hanf und die tatsächlichen Mengen an Hanffasern, die in den Ländern produziert und auch zu den Produktionsstätten transportiert werden können, müssten ermittelt werden. Für Gras wurde angenommen, dass das Gras von Naturwiesen und Kunstwiesen zur Verfügung stehen könnte, ohne dass die Futtermittelproduktion konkurriert wird. Diese Annahme müsste noch weiter erforscht werden, auch bezüglich Konkurrenz zur Biodiversität der Wiesen und



anderen Faktoren. Womöglich könnten auch andere Quellen von Gras anstatt den Graslandschaften in Erwägung gezogen werden, wie vegetationsarme Flächen oder Grasschnitte in der urbanen Umgebung, wie auf Flughäfen, Fussballrasen, etc.

Die Datenlage zu Anbaufläche, Produktion und Erträge für die Rohstoffe Hanf und Gras müssten noch besser studiert werden für genauere Berechnungen. Die Nachfrage der Nachbarländer an biobasierten Baustoffen wurde nicht berücksichtigt und müsste in folgenden Studien auch berücksichtigt werden.

Die Szenarios basieren auf Gegebenheiten der Jahre 2019 bis 2021 und wurden als statisch angenommen. Der Anbau von biobasierten Rohstoffen ist Fluktuationen unterlegen und auch die Menge an zu sanierenden Wohnbauten und Neubauten verändern sich je nach Menge und Charakteristika der Population und deren Bezug zu Wohnflächen. Im Rahmen dieser Studie waren dynamische Szenarien nicht Gegenstand der Betrachtung aber zukünftige Studien sollten dynamische Faktoren beachten und in ihre Modelle integrieren, um die potenziell verfügbaren biobasierten Rohstoffe für die Schweiz und umliegenden Ländern abzuschätzen.

Auch basiert die Hochrechnung für die Menge an benötigte Anbaufläche für die Schweiz auf ein Modell eines MFH. Weiter Testgebäudedesigns, die den Schweizer Gebäudepark abbilden sollten in die Szenarios einfließen, um einen realistischen Bedarf an Rohstoffen zu berechnen.

3.2.4 Evaluation des Up-Scaling Szenarios bezüglich Transports für die Schweiz

Tabelle 29 und Tabelle 30 präsentieren die Emissionsbudgets für den Transport von innovativen Baustoffen für ein MFH basierend auf den Produktionsemissionen für jeweils Glaswolle oder XPS. Die potenzielle Transportdistanz im Vergleich zu Glaswolle oder XPS werden auch aufgeführt.

Tabelle 29: Emissionsbudget und Transportdistanz eines Beton-MFH für den Transport von Baustoffen basierend auf Glaswolle und XPS.

Baustoffe	Emissionsbudget für Transport basierend auf Glaswolle kgCO₂-Äq.	Potenzielle Transportdistanz basierend auf Glaswolle km	Emissionsbudget für Transport basierend auf XPS kgCO₂-Äq.	Potenzielle Transportdistanz basierend auf XPS km
Grasplatte	3'937	748	16'121	3'063
Hanfplatte	0	0	11'818	2'246
Strohplatte	3'773	565	15'957	2'390
Glaswolle	0	0	12'184	2'966
Polystyrol extrudiert, SwissporXPS	0	0	0	0
Zellulose	3'848	789	16'032	3'287



Tabelle 30: Emissionsbudget und Transportdistanz eines Holz-MFH für den Transport von Baustoffen basierend auf Glaswolle und XPS.

Baustoffe	Emissionsbudget für Transport basierend auf Glaswolle kgCO ₂ -Äq.	Potenzielle Transportdistanz basierend auf Glaswolle km	Emissionsbudget für Transport basierend auf XPS kgCO ₂ -Äq.	Potenzielle Transportdistanz basierend auf XPS km
Grasplatte	9'041	901	35'377	3'526
Hanfplatte	838	84	27'174	2'708
Strohplatte	9'159	800	35'495	3'101
Glaswolle	0	0	26'336	2'966
Polystyrol extrudiert, SwissporXPS	0	0	0	0
Zellulose	8'716	903	35'052	3'633

In Abbildung 14 und Abbildung 15 werden die potenziellen Transportdistanzen verdeutlicht (basierend auf Glaswolle-Produktionsemissionen). Dabei stellen die Flächenränder maximale Distanzen dar, die von Zürich aus erreicht werden können gemäss der potenziellen Transportdistanzen. Die kleinere Fläche ist jeweils der Strohplatte zugeordnet und die grössere der Grasplatte/Zellulosedämmstoff.



Abbildung 14: Potenzielle Transportdistanz für Grasplatte/Zellulosedämmstoff (grössere Fläche) und Strohplatte für ein Beton-MFH basierend auf Glaswolle mit Ziel Zürich.



Abbildung 15: Potenzielle Transportdistanz für Grasplatte/Zellulosedämmstoff (grössere Fläche) und Strohplatte für ein Holz-MFH basierend auf Glaswolle mit Ziel Zürich.

Strohplatten, Grasplatten und Zellulosedämmstoff können über eine beträchtliche Transportdistanz von mehr als die Hälfte der Fläche von Frankreich, Österreich, Deutschland und Norditalien (mit Destination Zürich, Schweiz) herkommen, ohne die Produktionsemissionen von Glaswolle zu überschreiten. Die Verfügbarkeit von Bau-Rohstoffen aus umliegenden Nachbarländern ist daher gut



gegeben. Auch sind die Anbauflächen in Frankreich und Deutschland genügend vorhanden, um die Rohstoffe Stroh und Gras anzubauen.

Das Emissionsbudget basierend auf Glaswolle ermöglicht es, Gras- und Strohplatte, sowie Zellulose jeweils 748 km, 565 km und 789 km weit zu transportieren, bis die Emissionen gleichauf sind wie die Emissionen von Glaswolle, für den Fall Beton-MFH. Hanfplatte weisen hier kein Emissionsbudget auf und können deshalb nicht transportiert werden, ohne schlechter dazustehen, wie Glaswolle. Dies beruht auf der geringeren Dichte der Hanfplatten verglichen zu Glaswolle, welches den Transport nach Volumen nachteilig für die Hanfplatten ausfallen lässt (die Produktionsemissionen sind sehr ähnlich). Mit dem Zielpunkt Zürich, deckt der Transport von Gras- und Strohplatten und Zellulosedämmung einen Grossteil von Frankreich, Deutschland, Tschechien und Österreich ab, sowie Norditalien. Biobasierte Baustoffe für Betonneubauten (ausser Hanf) können also von weit innerhalb der zentralen Europäischen Länder herkommen, ohne den Emissionsrahmen zu sprengen.

Für den Holzbau werden im Vergleich zum Betonbau mehr Dämmstoffe benötigt, mehr als doppelt so viel Glaswolle. Dies führt (auch bei einer grösseren Menge an biobasierten Dämmstoffen) zu einem grösseren Emissionsbudget basierend auf Glaswolle, welches verwendet werden kann, für den Transport dieser Baustoffe. So können Gras-, Hanf- und Strohplatte, sowie Zellulose jeweils 901 km, 84 km, 800 km und 903 km weit befördert werden. Beim Holzbau werden weniger Hanfplatten benötigt als ein Holzbau mit Glaswolle. Dies erlaubt den Transport von Hanfplatten, ohne das Emissionsbudget der Glaswolleproduktion zu sprengen, jedoch nur für kurze, lokale Strecken. Stroh- und Grasplatten, sowie Zellulosedämmung können hingegen fast aus ganz Frankreich, Deutschland, Tschechien und Österreich transportiert werden und aus der Hälfte vom nördlichen Teil Italiens. Hanfplatten sollten also besser lokal und Gras- und Strohplatten, sowie Zellulosedämmung lokal, sowie aus zentraleuropäischen Ländern bezogen werden. Für XPS fällt der Transport sogar noch weiter aus bei Glaswolle. Es könnten also noch weitere Strecken in Kauf genommen werden. Aber natürlich gilt dabei, je kürzer die Transportdistanz eines Baustoffes, umso besser bezüglich des Einflusses am Klima.

Es müsste auch der Transport von Glaswolle oder XPS für die Emissionsbudgets und Transportdistanzen miteinberechnet werden. Dies wurde aber hier unterlassen, da je nach Baustandort die Transportdistanzen anders ausfallen würden. Dies würden jedoch die ermittelten Transportdistanzen noch erhöhen.

Je nach Charakteristika der Baustoffe, wie Dichte und Wärmeleitfähigkeit, verändern sich die Gegebenheiten und die Berechnungen zu den Transporten. So würde eine grössere Dichte für Glaswolle zu längeren potenziellen Transportdistanzen biobasierter Baustoffe führen. Daher sind eher grobe Lehren aus den Resultaten zu ziehen, und zwar das biobasierte Baustoffe Stroh, Zellulose und Gras über weiter Distanzen befördert werden können, länderübergreifend und Hanf weniger weit, mehr lokal aus der Region. Je nach Verarbeitungsmethode und Funktion der biobasierten Baustoffe, könnte dies natürlich wieder ganz anders aussehen.

Die konventionellen Testgebäude Betonbau und Holzbau halten die akustischen und Brandschutzanforderungen ein. Es müsste jedoch noch für die Testgebäude mit innovativen Baumaterialien abgeschätzt werden, inwiefern diese Anforderungen erfüllt werden.

3.3 Betroffenheits- und Akzeptanzanalyse

Zur Untersuchung angemessener Handlungsgrundsätze zur Förderung von nachhaltigen Bauprodukten wurde eine umfassende Stakeholderanalyse durchgeführt. Die Verwendung von Interviews ermöglichte eine detaillierte Exploration spezifischer Themen und die Erfassung individueller Standpunkte, während die Online-Umfrage eine breitere Datenbasis lieferte und weitere



Stakeholder einbezogen werden konnten. Diese Vorgehensweise erlaubte es, sowohl qualitative als auch quantitative Aspekte in die Stakeholderanalyse einzubeziehen und somit eine ganzheitliche Einschätzung der Stakeholderperspektiven zu gewährleisten.

Die Teilnehmenden der Online-Umfrage wurden in zwei Gruppen eingeteilt: die Gruppe der Bauherr:innen und die Gruppe anderer Akteure bei der Produktauswahl – letztere wird im Folgenden «planende und ausführende Akteure» genannt. Diese waren die primäre Zielgruppe der Umfrage und machten auch den Grossteil der Teilnehmenden aus (Anhang 7.2.4). Die Zuteilung wurde durch die Teilnehmenden selbst vorgenommen. Der Fragebogen für die Bauherr:innen wurde von 10 Personen ausgefüllt, die für die planenden und ausführenden Akteure von 36 Personen. Dies wurde bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt.

In diesem Kapitel sind die Erkenntnisse aufgeführt zu den bei der Auswahl von Bauprodukten identifizierten Entscheidungsträger:innen (Kapitel 3.3.1). Zudem wurden die Prozesse und Methoden untersucht, die bei der Auswahl von Bauprodukten verwendet werden (Kapitel 3.3.2). Des Weiteren wurden die Vorstellungen und Erfahrungen der Akteure im Hinblick auf nachhaltige Bauprodukte untersucht (Kapitel 3.3.3). Schliesslich wurden auch die Wünsche und Vorschläge der Akteure zur Förderung des nachhaltigen Bauens erfasst (Kapitel 3.3.4). Die Studie bildet dabei eine fundierte Grundlage für weitere Analysen und Hinweise für vielversprechende Ansätze zur Förderung nachhaltiger Produkte, die es weiter zu vertiefen gilt.

3.3.1 Relevante Akteure bei der Wahl von Bauprodukten

Zur Entwicklung effektiver Handlungsgrundsätze ist es von grundlegender Bedeutung, ein umfassendes Verständnis darüber zu erlangen, welche Stakeholder bei der Auswahl von Bauprodukten relevant sind und wie die Interaktionen zwischen den verschiedenen Stakeholdergruppen gestaltet sind. Die Grösse und Art von Bauprojekten können stark variieren, was wiederum zu unterschiedlichen Formen der Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Stakeholdern führt und auch die Auswahl von Bauprodukten mitbestimmt. Die Stakeholder mit der grössten Entscheidungsbefugnis bei der Wahl von Bauprodukten sind jedoch vorwiegend:

- Bauherr:innen,
- Architekt:innen und
- Totalunternehmen.

Nachfolgend ein Überblick ihrer jeweiligen Rollen, die in Einzelfällen abweichen können:

- Bauherr:innen: Bauherr:innen sind die obersten Entscheidungsträger:innen eines Bauvorhabens. Sie legen die Rahmenbedingungen fest, definieren das Projekt, wählen aus, welche Fachexpert:innen am Planungs- und Bauprozess beteiligt sind und überprüfen die Ergebnisse der einzelnen Schritte. Damit haben Bauherr:innen von Beginn an und entlang des gesamten Planungsprozesses den grössten Einfluss auf die Wahl von Baumaterialien und Bauprodukte, ihr Fokus liegt jedoch meist auf der Gesamtperformance eines Gebäudes. Bei komplexen Bauvorhaben besteht die Bauherrschaft aus mehreren spezialisierten Teams, nichtprofessionelle Bauherr:innen werden häufig von Bauherrenvertreter:innen unterstützt. Neben institutionellen und privaten Bauherr:innen gibt es auch öffentliche Bauherr:innen wie der Bund, Kantone und Gemeinden. Eine interviewte Person betonte, dass die Herangehensweise dieser beiden Gruppen sehr unterschiedlich sein kann: Während institutionelle Bauherr:innen meistens bereits konkrete Vorstellungen vom Bauprojekt haben und entsprechend weniger Bereitschaft zeigen würden, sich auf neue Produkte einzulassen, seien öffentliche Bauherr:innen offener gegenüber Vorschlägen seitens der Architekt:innen. Auch wenn Bauherr:innen die finale Entscheidungsgewalt bei einem Bauprojekt haben, sind diese jedoch darauf angewiesen, dass



die Fachexpert:innen die Umsetzung übernehmen. So berichtete eine Person, dass sie ein bestimmtes Produkt nicht einbauten, weil das ausführende Unternehmen die Haftung für die Verwendung ablehnte.

- Architekt:innen: Architekt:innen sollen die Bedürfnisse, Anforderungen und Ziele des Bauherrn oder der Bauherrin verstehen und diese in einen architektonischen Entwurf umzusetzen. Sie stellen unter anderem sicher, dass das Bauprojekt allen relevanten baurechtlichen Vorschriften, Normen und Bestimmungen entspricht. Sollte die Bauherrschaft keine Vorgaben diesbezüglich gemacht haben, sind die Architekt:innen für die Auswahl von Baumaterialien und Bauprodukten verantwortlich, die den gestalterischen und funktionalen Anforderungen des Projekts gerecht werden. Dabei spielen Baumaterialien bereits beim Entwurf eine entscheidende Rolle und ändern sich, im Gegensatz zu spezifischen Produkten, später nur noch selten. Architekt:innen können auch eine Rolle in der Projektsteuerung oder Bauherr:innenvertretung übernehmen. Sie koordinieren und überwachen den Bauprozess, einschliesslich der Zusammenarbeit mit anderen Fachleuten wie Ingenieur:innen, Baufirmen und Handwerker:innen. Zusammen mit den Bauherr:innen erstellen sie das Pflichtenheft, an das sich die ausführenden Organisationen zu halten haben. Es kann auch vorkommen, dass Architekt:innen die Bauherr:innen dabei unterstützen, das Projektpflichtenheft für das gesamte Bauvorhaben, inklusiver ihrer eigenen Pflichten, zu verfassen.
- Totalunternehmen: Totalunternehmen (TU) übernehmen die Gesamtverantwortung für die Planung, Organisation und Durchführung eines Bauprojekts und agieren als zentraler Ansprechpartner für die Bauherr:innen. Beauftragt ein Bauherr ein TU, dann erstellt dieses den architektonischen Entwurf und die technischen Planungen in Zusammenarbeit mit Fachplaner:innen und Ingenieur:innen unter Berücksichtigung der Anforderungen und Wünsche des Bauherrn. Das TU definiert die technischen Anforderungen an die Bauprodukte, die für das Projekt geeignet sein müssen und pflegt gegebenenfalls enge Beziehungen zu Lieferanten von Bauprodukten.

In Abhängigkeit vom Bauprojekt und den jeweiligen Bauherr:innen gibt es verschiedene weitere Akteure, die ebenfalls Einfluss auf die Produktwahl haben können. Investor:innen und Aktionäre können zum Beispiel mit Blick auf die Rentabilität einer Liegenschaft oder ein positives Image Anforderungen an die Nachhaltigkeit des Bauprojekts und damit teilweise auch an die Wahl der Bauprodukte stellen. Je nach Pflichtenheft der Bauherr:innen kann es auch für Generalunternehmen (GU) einen gewissen Spielraum geben, wenn es um das Verfassen der Ausschreibungsunterlagen für die Submission für die ausführenden Unternehmen geht. So können Leistung und Ästhetik von Baumaterialien und -teilen vorgegeben sein, die Wahl zwischen den passenden Bauprodukten jedoch dem GU überlassen werden. Handwerker:innen sind mit der Installation und dem Einbau der Bauprodukte betraut. Sie können Empfehlungen geben, welche Produkte sich leichter verarbeiten lassen, eine hohe Qualität aufweisen oder in Bezug auf bestimmte bauphysikalische Eigenschaften besser geeignet sind. Nicht zuletzt können auch Vereine Einfluss auf die Wahl von Bauprodukten haben, in dem sie Standards und Normen für den Bau entwickeln.

Die Ergebnisse der durchgeführten Literaturrecherche, Interviews und Online-Umfrage liefern umfangreiche Unterstützung dafür, dass Bauherr:innen die massgeblichen Akteure bei der Auswahl von Bauprodukten sind. Darüber hinaus können auch Fachplaner:innen, insbesondere projektleitende Architekt:innen, sowie in einigen Fällen Totalunternehmen einen signifikanten Einfluss auf diese Entscheidungen haben. Bei Bauten der öffentlichen Hand könnte für diese Gruppen das Potenzial, Best Practices zu entwickeln am grössten sein. Ein tiefgreifendes Verständnis dieser Zusammenhänge ist von zentraler Bedeutung, um effektive Handlungsbereiche zu definieren.



3.3.2 Prozesse und Methoden bei der Auswahl von Bauprodukten

Im Folgenden sind die Erkenntnisse aus den Interviews und der Online-Umfrage zu den Themenfeldern Auswahlkriterien für Bauprodukte, Hilfsmittel bei der Wahl von Bauprodukten sowie Sanierung dargestellt.

Kriterien für die Auswahl von Bauprodukten

Die Auswahl von Bauprodukten erfolgt auf Grundlage spezifischer Auswahlkriterien. Die Relevanz dieser Kriterien kann je nach Organisation und Einzelperson variieren. Abbildung 16 und Abbildung 17 resultieren aus der Umfrage und geben einen Einblick, welche Kriterien laut in Regel häufiger verwendet werden.

Zwischen der Gruppe der planenden und ausführenden Akteure sowie der Bauherr:innen zeigen sich nur geringfügige Unterschiede in Bezug auf die Auswahlkriterien. Die überwiegende Mehrheit der Umfrageteilnehmenden legt bei der Auswahl von Bauprodukten Wert auf deren Umweltfreundlichkeit, Kosten und Langlebigkeit. Auch die Rezyklier- und Wiederverwendbarkeit spielt eine vergleichsweise bedeutende Rolle. Es gilt zu Bedenken, dass Umweltfreundlichkeit und Rezyklier- oder Wiederverwendbarkeit für verschiedene Personen verschiedenes bedeuten kann. Diese wurde im Rahmen dieser Studie nicht erfasst. Relevant ist, dass diese Aspekte generell als wichtig erachtet werden.

Als weniger relevant erachten die Teilnehmenden, ob das Produkt bereits als branchenübliches Standardprodukt und der Hersteller bekannt ist oder ob es sich vielseitig einsetzen und auch für das Marketing verwenden lässt. Ersteres kann als ein positives Signal für innovative, neue Produkte auf dem Markt gewertet werden. Letzteres kann für die Kommunikation der Hersteller:innen zu ihrem Produkt interessant sein.

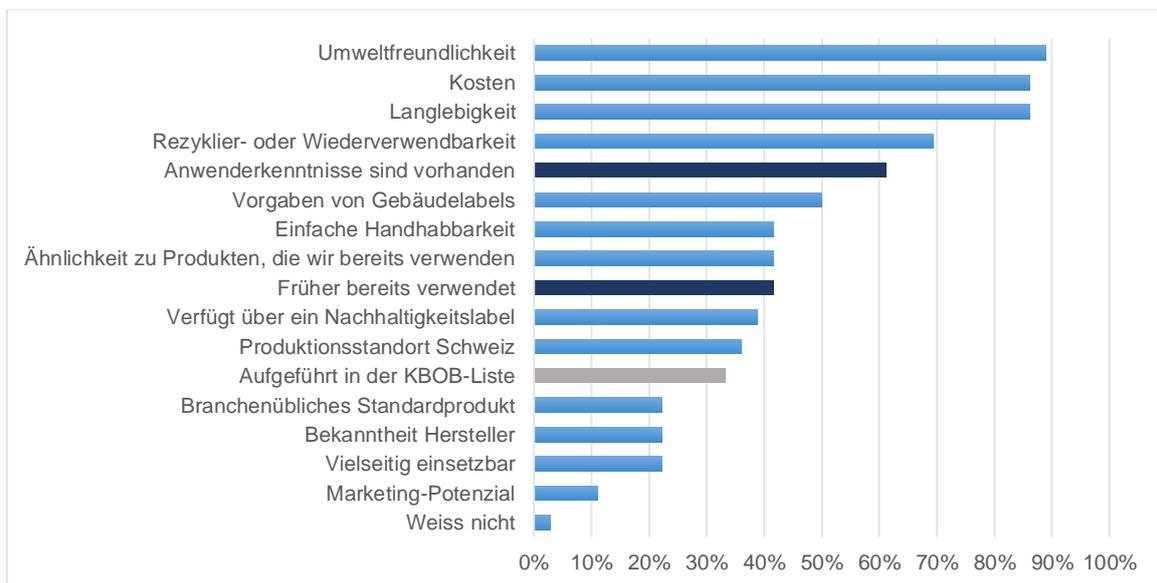


Abbildung 16: Antworten auf die Frage: «Welche Kriterien werden bei der Wahl von Bauprodukten in Ihrer Organisation angewendet?» (ohne Bauherr:innen). Dunkelblau: unterschiedliche Antworten zur Gruppe Bauherren (Abbildung 17); Grau: Kontrast zu Antwort, dass 47 % die KBOB-Liste als Hilfsmittel verwenden.

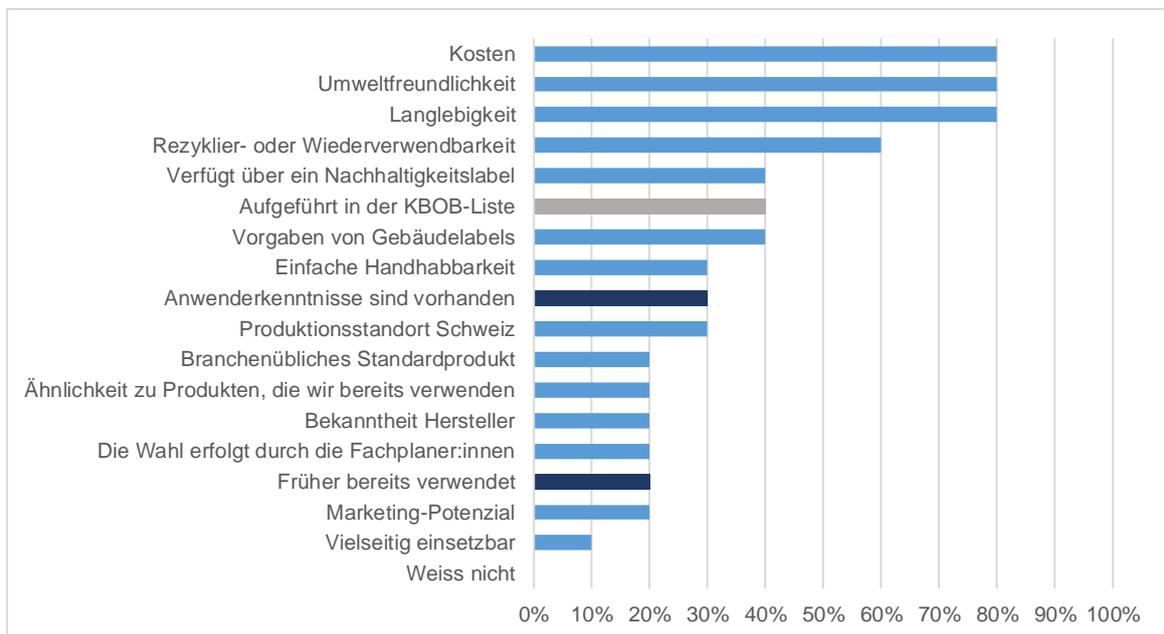


Abbildung 17: Antworten auf die Frage: «Welche Kriterien werden bei der Wahl von Bauprodukten in Ihrer Organisation angewendet?» (Bauherr:innen). Dunkelblau: unterschiedliche Antworten zur Gruppe planende und ausführende Akteure (Abbildung 16); Grau: Kontrast zu Antwort, dass 47 % die KBOB-Liste als Hilfsmittel verwenden.

Unterschiede in den beiden Gruppen bestehen unter anderem darin, dass es für die Bauherr:innen weniger relevant ist, ob bereits Anwenderkenntnisse vorhanden sind oder die Produkte früher bereits verwendet wurden (in Dunkelblau). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Bauherr:innen weniger bei der direkten Anwendung involviert sind und sich auf die ausführenden Akteure verlassen.

Auffallend ist, dass bei den planenden und ausführenden Akteuren nur 33 % und bei den Bauherr:innen nur 40 % bei der Auswahl der Produkte darauf achten, ob diese in der KBOB-Liste aufgeführt sind (in Grau). Dies steht im Kontrast zu der Angabe, dass 47 % der ausführenden und planenden Akteure die KBOB-Liste als Hilfsmittel bei der Entscheidung für ein Produkt verwenden (Abbildung 18).³ Ein möglicher Erklärungsansatz für die Differenz zwischen den beiden Ergebnissen ist, dass die KBOB-Liste zwar als hilfreiches Tool, jedoch nicht als zwingendes Kriterium für die Wahl eines bestimmten Produkts gesehen wird.

Weitere Auswahlkriterien, die in den freien Textfeldern der Online-Umfrage sowie in den Interviews genannt wurden und über die grundsätzliche Eignung eines Produkts hinausgehen, sind unter anderem die Reparierbarkeit, Treibhausgasemissionen, ästhetische und haptische Merkmale, die Lebenszykluskosten sowie die Bereitschaft von Fachexpert:innen dieses Produkt anzuwenden (Kapitel 3.3.1).

Im Rahmen dieser Studie wurde nicht erfasst, wie die Teilnehmenden die einzelnen Kriterien gewichten oder priorisieren. Erkenntnisse dazu wären insbesondere dann relevant, wenn einzelne Kriterien im Konflikt zueinanderstehen. Dies ist eine interessante Fragestellung für eine weitere Studien.

³ Die Frage war im Fragebogen für die Bauherr:innen nicht enthalten.



Hilfsmittel bei der Wahl von Bauprodukten

Bei der Auswahl von Bauprodukten greifen die Umfrageteilnehmenden neben den vorher beschriebenen Kriterien auch auf verschiedene Hilfsmittel zurück.

Abbildung 18 zeigt die Umfrageergebnisse für die Fragestellung der verwendeten Hilfsmittel. Auffallend ist, dass kein Hilfsmittel von einer Mehrheit der Teilnehmenden genutzt wird. Am häufigsten verwendet werden Labels für nachhaltige Gebäude und Ökobilanzdaten im Baubereich (KBOB-Liste) mit je 47 % der Stimmen sowie Labels für nachhaltige Produkte mit 42 %.⁴

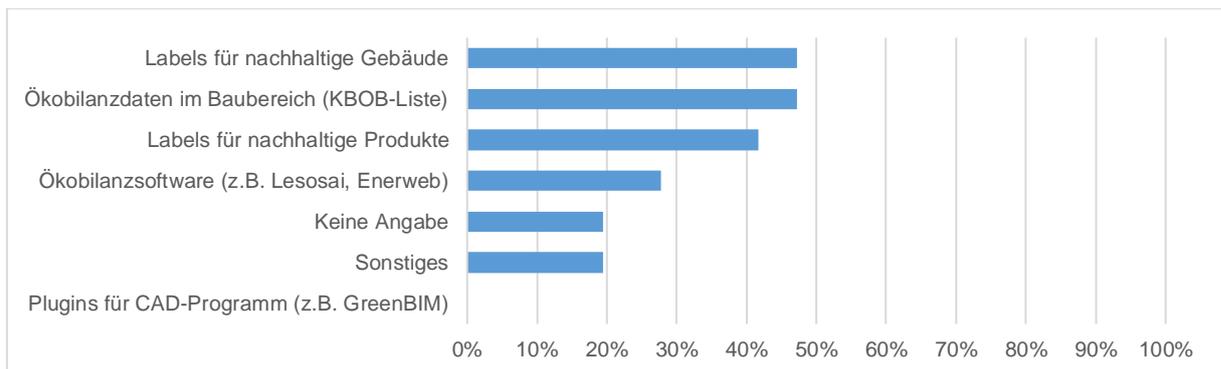


Abbildung 18: Antworten auf die Frage: «Greifen Sie für die Entscheidung für ein Produkt auf bestimmte Hilfsmittel zurück?» (ohne Bauherr:innen)

Ein vertiefter Einblick in die nachhaltigen Gebäudelabels, an denen sich die Akteure orientieren zeigt, dass keines der einbezogenen Gebäudelabels von einer Mehrheit der Teilnehmenden der Online-Umfrage genutzt wird. Zu den am häufigsten genutzten Gebäudelabels gehört mit 37 % der Stimmen aller Teilnehmenden das Label «Minergie» in verschiedenen Ausführungen (z. B. Minergie, Minergie-ECO, Minergie-P) (Abbildung 19). Dies könnte auch daran liegen, dass dieses Label von einigen Kantonen für die Neubauten und wesentlichen Um- und Anbauten der öffentlichen Hand verlangt wird, zumindest soweit es technisch machbar und wirtschaftlich tragbar ist.⁵

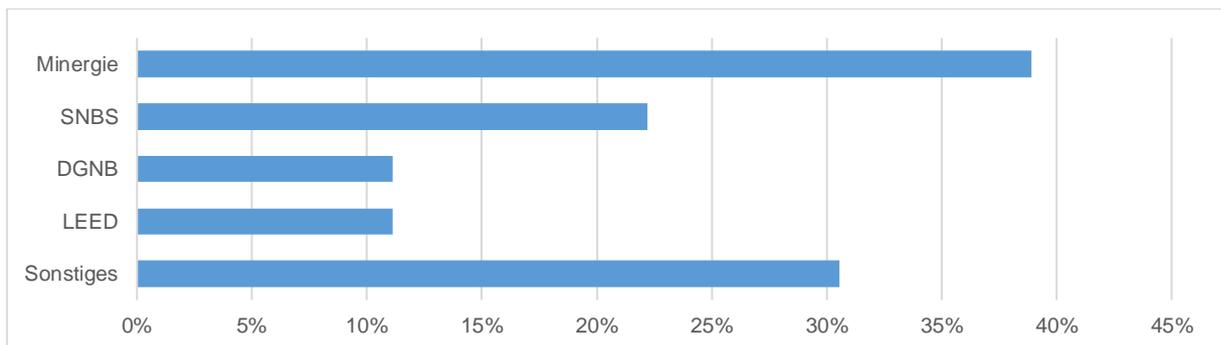


Abbildung 19: Antworten zur Frage: «Falls Sie "Vorgaben von Gebäudelabels" ausgewählt haben: An welchen Gebäudelabels orientieren Sie sich?» (Alle Umfrageteilnehmende).

⁴ Unter „Sonstiges“ wurden folgende Angaben gemacht: Langjähriges Wissen und Weiterbildung; Historische Inspiration und Austausch mit Fachpersonen; Leider keine; Liste für eco-taugliche Produkte; Eco-Bau Datenbank; ÖKOBAUDAT; One Click LCA (Ökobilanztool)

⁵ Beispielhaft Kanton Graubünden der Fall (Art. 42 BEV)



Der Anteil Angaben bei «Sonstiges» ist im Vergleich zu den anderen Antwortmöglichkeiten relativ hoch, ergibt jedoch kein klareres Bild: der Grossteil der Antworten lässt nur darauf schliessen, dass Gebäudelabels verwendet werden, nicht jedoch welche. Zudem gab es Aussagen dazu, dass die Wahl der Labels sehr vom spezifischen Bauprojekt abhängen. Weitere jeweils einmalige Nennungen neben Labels waren: SGNI; BNB, Eco-Bau, KBOB und der SIA Effizienzpfad.

Das Bild, dass weniger als die Hälfte der Teilnehmenden bei der Auswahl von Bauprodukten auf Gebäudelabels und noch weniger auf Produktlabels zurückgreift, spiegelt sich auch in den Interviews wider. Zwei Interviewpartner:innen betonten, dass das Instrument der Labels beim nachhaltigen Bauen eine hilfreiche Rolle spielen würden. Sie böten Orientierung und Vertrauen in die Qualität der Produkte. Zwei Interviewpartner:innen brachten jedoch auch ihren Frust über den grossen Aufwand von Gebäudelabels zum Ausdruck. Diese würden viele Bauherr:innen sofort nur mit Kosten verbinden und als «Papiertiger» empfunden werden.

Bei der Frage, ob ihnen Datenbanken oder andere Plattformen bekannt sind, die über die Nachhaltigkeit von Bauprodukten informieren, geben 54 % der Umfrage-Teilnehmenden an, welche zu kennen. Von diesen geben 44 % an, dass sie die KBOB kennen, 20 % nennen ecobau. Die deutsche Plattform ÖKÖBAUDAT wird mit 16 % der Stimmen am dritthäufigsten genannt. Es wurden weitere Plattformen erwähnt, die jeweils überwiegend von ein bis zwei Teilnehmenden genannt wurden. Dazu gehören beispielweise der DGNB Navigator, natureplus e.V., die Nachrichtenplattform punkt4.info, WECOBIS, der U-Wert-Rechner Ubakus, die Umwelt-Etikette, baubook oder der Building Material Scout. Wie genau diese Plattformen genutzt werden und inwiefern sie Auswirkungen auf die Auswahl von Bauprodukten haben, geht über den Rahmen dieser Studie hinaus und kann gegebenenfalls in nachfolgenden Studien näher analysiert werden.

Neben diesen Plattformen gibt es verschiedene weitere Kommunikationskanäle, über die die Teilnehmenden sowohl der Umfrage als auch der Interviews von neuen nachhaltigen Bauprodukten erfahren. Von jeder zweiten Person (51 %) und damit besonders häufig wurde der Austausch mit anderen Fachleuten genannt. Dies umschliesst sowohl den Austausch innerhalb eines Bauprojektes, zum Beispiel zwischen Bauherr:innen und Fachplaner:innen, als auch projektunabhängige Gespräche. Von einer interviewten Fachexpertin wird erwähnt, dass sie den früher regelmässig vorkommenden direkten und persönlichen Kontakt zu den Hersteller:innen geschätzt hätte. Mit einem Stellenwechsel der involvierten Personen sei der Kontakt jedoch abgebrochen und auch das Produkt gerate deswegen eher in den Hintergrund.

Als ebenfalls relevant erscheinen Fachzeitschriften und Publikationen, die von immerhin noch 24 % der Teilnehmenden als Informationsquelle angegeben werden. Beim Thema Werbung durch die Hersteller:innen ist das Meinungsbild gemischt: 24 % der Teilnehmenden geben an, über diesen Kanal Informationen zu erhalten. Jedoch erwähnen auch einige Personen, dass E-Mails mit Werbung sofort gelöscht werden würden und offensichtliches Marketing abschrecke.

Weitere genannte Informationskanäle, um von neuen nachhaltigen Bauprodukten zu erfahren, sind Vorträge, Messen, Weiterbildungen, Medien sowie Referenzprojekte.

Unterschiede bei der Produktauswahl bei Sanierungen

Letztendlich können Treibhausgasemissionen nur dann ausreichend reduziert werden, wenn nicht nur anders, sondern auch weniger gebaut und mehr saniert wird. In Phase B (Kapitel 3.2) wurde aufgezeigt, dass eine Sanierung mehr THGE einspart, wenn für diese nachhaltige Bauprodukte verwendet werden. Um auch in diesem Handlungsfeld anzusetzen, ist es wichtig zu verstehen, ob die Auswahl von Bauprodukten nach anderen Kriterien erfolgt als bei Neubauten. Während die vorherigen Ergebnisse sich auf die Produktwahl im Allgemeinen bezogen, wurden die Umfrageteilnehmenden deswegen auch explizit nach Unterschieden zu Sanierungsprojekten befragt.



Die Umfrage ergab ein gemischtes Bild: Genau jeweils 50 % der Umfrage-Teilnehmenden gaben an, dass es Unterschiede bzw. keine Unterschiede gibt bei der Produktwahl für Neubau- und für Sanierungsprojekte. Zwischen den planenden und ausführenden Akteuren sowie den Bauherr:innen gab es keine signifikanten Unterschiede.

Begründet wurden etwaige Unterschiede meistens mit den bestehenden Materialien und Konstruktionen, die bereits eine Richtung für die neu zu verwendenden Produkte vorgeben würden. Bei Sanierungen gälte es häufiger, Kompromisse zu finden. Die Handhabung bestimmter Produkte könne auf Grund der Platzverhältnisse und Zugänglichkeit eingeschränkt werden. Die Komplexität sei höher, weil auf die bestehende Bausubstanz Rücksicht genommen werden müsse. Gegebenenfalls gäbe es denkmalpflegerische Anforderungen, die es zu erfüllen gilt. Ein Bauingenieur fasste es in der Umfrage wie folgt zusammen: «In der Erhaltung legen wir grossen Wert auf chirurgisch minimal-invasive Eingriffe. Neubau ist eher einfach Masse klotzen.» Ein Architekt erklärte zudem, dass bei Umbauten häufiger Holzprodukte verwendet werden würden, weil dies die Erstellungsgeschwindigkeit erhöhe.

Dass die Hälfte der Teilnehmenden den Auswahlprozess von Bauprodukten als zumindest anders, wenn nicht sogar herausfordernder beschreibt, zeigt auf, wie wichtig es ist, dies auch beim Handlungsbereich Kommunikation (Kapitel 3.3.4) aufzugreifen, zum Beispiel in Form von Best Practices, die aufzeigen, wie nachhaltige Bauprodukte auch bei Denkmalschutzaufgaben verwendet werden können.

3.3.3 Hürden bei der Verwendung nachhaltiger Bauprodukte

Wahrnehmung nachhaltiger Bauprodukte

Im Rahmen der Recherche (Kapitel 2.4.1) wurden Narrative⁶, die über nachhaltige Produkte bestehen, festgehalten:

- Nachhaltige Bauprodukte sind zu teuer.
- Man kann nie wissen, welche Produkte wirklich nachhaltig sind.
- Die Anwendung nachhaltiger Bauprodukte benötigt mehr Fachwissen.
- Nachhaltige Bauprodukte sind weniger widerstandsfähig.
- Der Brandschutz ist bei nachhaltigen Bauprodukten nicht ausreichend.
- Nachhaltige Materialien sind besser für die Gesundheit.
- In Zukunft sollte nur noch mit nachhaltigen Materialien gebaut werden.

Die Teilnehmenden haben in der Online-Umfrage angegeben, inwiefern sie diesen Aussagen zustimmen – zunächst im Allgemeinen und anschliessend für vier verschiedene Produktkategorien: Konstruktionselemente aus Holz, weitere organische Baustoffe (z. B. für Dämmung), mineralische Baustoffe (z. B. Lehm, CO₂-optimiertes Beton) sowie Kunststoffe / Chemische Stoffe (CO₂-optimiert) (Anhang 7.2.57.2.3). Die Ergebnisse unterschieden sich zwischen den beiden Gruppen – den Bauherr:innen und den planenden und ausführenden Akteuren nicht und wurden daher in der Auswertung zusammengefasst.

⁶ Die Stakeholderanalyse konzentriert sich auf die Einstellungen der Stakeholder gegenüber nachhaltigen Bauprodukten, die Interaktionen zwischen verschiedenen Stakeholdergruppen und die damit verbundenen Hindernisse und Möglichkeiten. Diese Studie verifiziert nicht, die Richtigkeit dieser Annahmen und weiterer Aussagen der Teilnehmenden. Mögliche Diskrepanzen müssen in weiteren Studien herausgearbeitet werden, um gegebenenfalls gegen falsche Überzeugungen vorgehen zu können.



Ein Grossteil der Teilnehmenden (85 %) sieht grosses Potenzial in nachhaltigen Materialien und ist der Meinung, dass in Zukunft nur noch damit gebaut werden sollte (Abbildung 20). Nur 2 % der Teilnehmenden stimmten dieser Aussage überhaupt nicht zu. Ebenfalls viel Zustimmung (70 %) erhielt die Aussage, dass nachhaltige Materialien besser für die Gesundheit seien.

Für die Verwendung nachhaltiger Bauprodukte werden von den Teilnehmenden jedoch auch grosse Hürden gesehen. So waren 65 % der Meinung, dass die Anwendung dieser Produkte mehr Fachwissen benötige und 57 % bewerteten nachhaltige Bauprodukte als zu teuer.

Deutliche Ablehnung erhielten die Aussagen, dass der Brandschutz nicht ausreichend vorhanden sei (61 %) und die Produkte weniger widerstandsfähig wären (67 %). Bei beiden war der Anteil der Personen, die den Aussagen jedoch weder zugestimmt noch sie abgelehnt haben, mit 35 % und 26 % vergleichsweise gross. Dies könnte darauf hindeuten, dass es noch Informationsbedarf gibt oder dass die Aussagen sehr produktabhängig sind und die Personen deswegen keine klare Aussage treffen konnten oder wollten.

Ein ausgewogenes Bild ergab sich bei der Aussage, dass man nie wissen könne, welche Produkte wirklich nachhaltig seien – hier stimmten 41 % teilweise oder ganz zu und 48 % stimmten teilweise nicht oder überhaupt nicht zu. Dies lässt vermuten, dass die Aussage wahrscheinlich sehr produktabhängig ist. Interessanterweise war der Anteil Personen, die weder zugestimmt noch abgelehnt haben, vergleichsweise gering; die Teilnehmenden hatten eher eine Meinung als zu den beiden Aussagen zuvor geäussert. Was womöglich daran liegt, dass diese Aussage weniger technisches Wissen voraussetze.

Wahrnehmung von bestimmten Produktkategorien

Die vier Produktkategorien unterscheiden sich in den Ergebnissen nur geringfügig von den allgemeinen Aussagen zu nachhaltigen Bauprodukten (Abbildung 20 und Anhang 7.2.5). Die Produkte aller Kategorien werden überwiegend als zu teuer bewertet, wobei der Anteil Zustimmung nie über 57 % hinausgeht. Auch benötige man für alle Produktkategorien mehr Fachwissen. Der maximale Anteil der Zustimmung beträgt dabei 65 %. Brandschutz und Widerstandsfähigkeit sei bei allen Produktkategorien ausreichend; den Aussagen, dass dies nicht so sei, wird entsprechend überwiegend widersprochen.

Eine Ausnahme bilden die CO₂-optimierten Kunststoffprodukte. Der Anteil derjenigen Stimmen, die den Aussagen weder zustimmen noch sie ablehnen ist mit 24 % bis 54 % jeweils so gross, dass sich keine klaren Aussagen ableiten lassen. Dies deutet darauf hin, dass es bei dieser Produktkategorie noch Informationsbedarf geben könnte. Das eindeutigste Resultat erhielt die Aussage, dass man nie wissen könne, welche Kunststoff-Produkte wirklich nachhaltig sind – knapp 47 % der Teilnehmenden stimmten dieser Aussage zu.

Einen Sonderstatus bei den Bauprodukten scheinen die Holzkonstruktionen einzunehmen. Die Zustimmung zu den Aussagen folgt in ihren Endresultaten dem beschriebenen Muster wie bei den nachhaltigen Bauprodukten im Allgemeinen (Abbildung 21). In den Interviews kam das Material jedoch als einziges Baumaterial wiederholt zur Sprache. Auch wenn es häufig immer noch schwierig sei, Bauherr:innen von einem Holzbau zu überzeugen, sei Holz inzwischen vergleichsweise akzeptiert. Holz würde von einem positiven Image, insbesondere auch im Bezug zum Klimawandel, profitieren und könne damit gut für das Marketing des Gebäudes genutzt werden. Weil dies so sei, würde auch eher akzeptiert werden, dass ein Holzbau etwas teurer werden könnte, so eine der Fachexpertinnen. Liegt dies daran, dass Holz ein so traditionsreiches und dem Menschen vergleichsweise vertrautes Material ist, an dem Potenzial des Materials oder womöglich am Marketing? Wenn letzteres, könnte dies womöglich auch auf andere Bauprodukte angewendet werden.

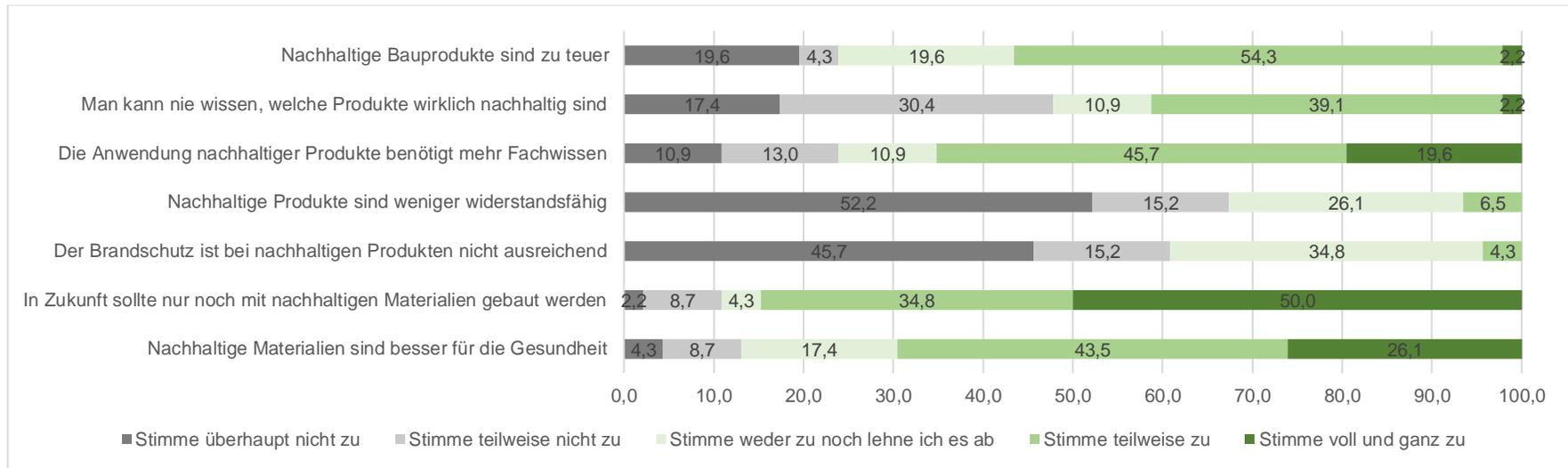


Abbildung 20: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für nachhaltige Bauprodukte im Allgemeinen zustimmen» in Prozent Anteile dargestellt.

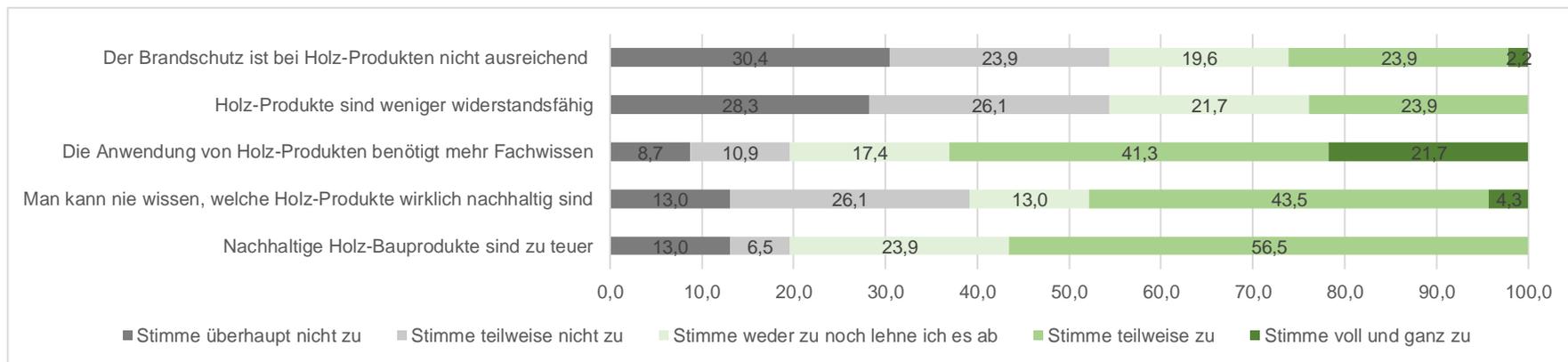


Abbildung 21: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für KONSTRUKTIONSELEMENTE AUS HOLZ zustimmen.» in Prozent Anteile dargestellt.



Wahrnehmung der Verwendung von Bauprodukten

Direkt nach den Gründen gefragt, warum nachhaltige Bauprodukte nicht häufiger verwendet werden, stützen die obigen Aussagen: 50 % der Teilnehmenden geben an, dass es an Fachwissen oder Erfahrung mangeln würde (Abbildung 22). Dies sei zum einen einer angeblich höheren Komplexität, aber auch der relativ kurzen Zeit, die manche Produkte auf dem Markt seien, geschuldet. Es fehle schlicht die Langzeiterfahrung. Zudem wird bemängelt, dass den Stakeholdern für einige Produkte relevante Informationen fehlen würden, damit sie diese verwenden können (Kapitel 3.3.4). Damit zusammenhängen könnte auch das Misstrauen oder Skepsis einiger Umfrageteilnehmenden gegenüber den Angaben mancher Hersteller:innen.

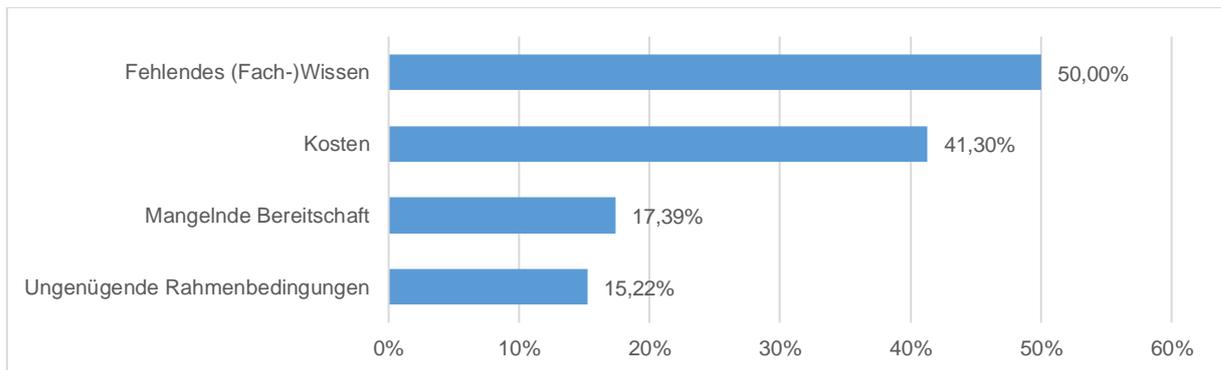


Abbildung 22: Antworten auf die Frage «Was sind die Gründe, die Ihrer Meinung nach dazu führen, dass nicht häufiger nachhaltigere Baumaterialien/-produkte verwendet werden?».

Das Fehlen von Fachwissen steht im Zusammenhang mit der mangelnden Bereitschaft sowohl der Bauherr:innen als auch der Fachplaner:innen, sich auf neue Produkte einzulassen, sich das erforderliche Fachwissen anzueignen und möglicherweise ein gewisses Risiko bei deren Verwendung einzugehen. Entscheidend für die Stakeholder ist es, Fragen zur Sicherheit und Gewährleistung zu beantworten, da sie dazu führen können, dass sich Bauherr:innen letztendlich für den gewohnten Weg entscheiden. Einige Stakeholder hätten jedoch eine automatische Abneigung gegen das Thema Nachhaltigkeit entwickelt, so eine interviewte Fachexpertin. Sie würden sofort abweisend reagieren, wenn sie nur das Gefühl hätten, es könnte ihnen Jemand etwas vorschreiben wollen. Letztendlich sei immer noch viel Überzeugungsarbeit von Nöten – und diese Zeit würde ihnen, als Fachplaner:innen, Niemand bezahlen.

Ein Aspekt von fehlendem Fachwissen ist, dass das Wissen zwar bei den planenden Akteuren vorhanden ist, jedoch nicht in ausreichendem Masse bei den ausführenden Akteuren. Ein Fachexperte wies darauf hin, dass insbesondere bei der Übergabe des Projekts von der Planungs- zur Ausführungsseite aufgrund mangelnder Kommunikation Missverständnisse auftreten können. Im schlimmsten Fall würde die Umsetzung dann nicht wie ursprünglich geplant erfolgen.

Mit 41 % am zweithäufigsten genannt, sind die vermeintlich höheren Kosten⁷ und damit zusammenhängend auch ein höherer Aufwand bei der Verwendung nachhaltiger Bauprodukte, was zu höheren Kosten führen kann.

Neben dem fehlenden Fachwissen und den höheren Kosten gibt es auch Bedenken hinsichtlich unzureichender Rahmenbedingungen. So würden beispielsweise falsche ökonomische Reize gesetzt (Kapitel 3.3.4).

Einige Teilnehmende weisen zudem auf technische Beschränkungen hin. Manche Produkte hätten eine geringere Lebensdauer oder seien aufgrund begrenzter Produktionskapazitäten der Hersteller:innen nicht in ausreichender Menge verfügbar. Letzteres könnte ein Hinweis für

⁷ Die Kosten beziehen sich auf die Kosten der einzelnen Bauprodukte. Diese wurden in der Umfrage und dieser Studie nicht in Zusammenhang mit ihrem Anteil an den gesamten Lebenszykluskosten eines Gebäudes gebracht.



unzureichende Rahmenbedingungen sein. Eine detaillierte Analyse dieses Hindernisses geht jedoch über den Rahmen dieser Studie hinaus und sollte in weiteren Untersuchungen vertieft werden.

Eine Interviewpartnerin erwähnte, dass die Qualität mancher Bauprodukte noch nicht ausreichend sei und stellte gleichzeitig die Frage danach, was eigentlich als «ausreichend» betrachtet werden könne. Als Beispiel führte sie feine Risse in Wänden und Böden auf, die bei einigen nachhaltigeren Bauprodukten anscheinend erscheinen können, die jedoch nicht die Sicherheit gefährden würden. Eine andere Interviewpartnerin berichtete von der Herausforderung, dass insbesondere grosse institutionelle Bauherr:innen grosse Wohn- und Bürokomplexe bauen möchten, die allen potenziellen Nutzenden gerecht werden sollen, entsprechend gleichförmig gestaltet werden würden und dadurch wenig Spielraum für Experimente und neue Bauprodukte lassen würden. Zudem können manche Produkte es erfordern, dass auch die Nutzung angepasst wird. Beispielsweise dürfe in manche Lehmwände kein Nagel eingeschlagen werden. Dies muss an die Nutzenden kommuniziert werden. Es stellt sich also die Frage: Was für einen Anspruch haben die Nutzenden und welchen Anspruch kann man in der heutigen Zeit noch erfüllen?

Nachdem in diesem und den vorherigen Kapiteln die wesentlichen Akteure und die Herangehensweisen und Herausforderungen bei der Auswahl von Bauprodukten vorgestellt und diskutiert wurden, werden im abschliessenden Kapitel zur Phase C mögliche Handlungsbereiche vorgestellt, mit denen einige der Herausforderungen überwunden und die Verwendung nachhaltiger Bauprodukte gefördert werden kann.

3.3.4 Ansätze zur Förderung nachhaltiger Bauprodukte in der Praxis

Information & Kommunikation

Zu den am häufigsten genannten Hürden gehören fehlendes Fachwissen im Allgemeinen und unzureichende Informationen zu den Produkten im Speziellen (Kapitel 3.3.3). So geben dann auch 76 % der Umfrageteilnehmenden an, sich mehr Informationen zur Nachhaltigkeit von Bauprodukten zu wünschen. Die Bandbreite an gewünschten Informationen ist gross. Folgende Aspekte, die über die grundsätzliche Eignung des Produkts⁸ hinausgehen, wurden mehrfach genannt:

Umweltverträglichkeit ⁹	Bauphysikalische, mechanische, thermische und weitere technische Eigenschaften
VOC-Gehalt und Schadstofffreiheit	Hinweise zur Anwendung
Belastbare Angaben zu eingesparten THGE	Verfügbarkeit
Ökobilanzdaten gemäss KBOB ¹⁰	Qualität
Lebenszykluskosten	Erfahrungs- und Forschungsberichte
Recycling- und Kreislauffähigkeit	Referenzprojekte
Anleitung zum Rückbau	Konformität mit Gebäudelabeln
Lebensdauer	Produktinnovationen, Neuigkeiten & Vorteile gegenüber bewährten Materialien
Informationen zur Herstellung und zu verbrauchter grauer Energie	Prüfresultate namhafter Prüfinstitute
Weitere Nachhaltigkeitsaspekte	

Abbildung 23: Aspekte, zu den von den Teilnehmenden mehr Informationen gewünscht werden

⁸ Dazu gehören Masse, Erscheinungsbild und Kosten.

⁹ Zum Beispiel in Form von Umweltbelastungspunkten.

¹⁰ Eine Person gab an, dass es wünschenswert wäre, wenn die Informationen zu den THGE in der KBOB-Liste in kürzeren Zeitintervallen aktualisiert werden würden.



Nach ihren bevorzugten Kanälen befragt, wurde von Teilnehmenden das Bedürfnis nach unabhängigen und einfach zu handhabenden Datenbanken, zum Beispiel in Form von frei zugänglichen Websites, am häufigsten genannt. Eine Person schlägt vor, sich dafür am DGNB-Navigator zu orientieren, eine andere wünscht sich, dass die Informationen in der ÖKOBAUDAT integriert werden. In der Schweiz existieren Plattformen dieser Art (Kapitel 3.3.2). Jedoch scheinen die Informationen nicht im ausreichenden Mass den Bedürfnissen der Nutzenden zu entsprechen oder sie sind ihnen nicht bekannt. Die gewünschten Kommunikationskanäle, über die sie die Produktinformationen (Abbildung 23) erhalten möchten, sind nachfolgend in absteigender Reihenfolge nach Häufigkeit der Nennung zusammengefasst und umfassen folgende Optionen:

- Frei zugängliche, unabhängige Datenbanken
- Produktdatenblätter
- Environmental Product Declaration (EPD)
- KBOB-Liste
- Newsletter einer herstellerunabhängigen Plattform
- Lesosai (Ökobilanz-Tool)
- Website und weitere Werbekanäle der Hersteller
- Zertifikate
- Dokumentation des sia
- Firmeninterne Schulungen

Eine grosse Mehrheit der Teilnehmenden wünscht sich umfassendere Informationen zur Nachhaltigkeit und kann die gewünschten Angaben in den meisten Fällen auch konkret benennen. Nun gilt es festzustellen, ob diese Informationen nicht vorhanden bzw. nicht in ausreichender Qualität vorhanden sind oder ob sie die Zielgruppe nicht erreichen. Welche Kanäle verwenden die Hersteller:innen, um über ihre Produkte zu informieren? Ist es den Hersteller:innen möglich, diese Informationen bereitzustellen oder zu ermitteln und ist es überhaupt ihre Rolle, dies zu tun?

Das Verständnis für die passende Verwendung von Produkten und Materialien muss dabei auch in die Betriebsphase mitgenommen werden. Sei es für die Bewirtschaftung, aber auch, wo nötig, für die Nutzenden, zum Beispiel bei der Verwendung von Nägeln bei Lehmwänden (siehe 3.3.3).

Auch die Kommunikation innerhalb der Bauprojekte ist ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Verwendung innovativer Bauprodukte, dies betonen alle fünf Interviewpartner:innen. Alle Fachleute müssten sich frühzeitig zusammensetzen, um gemeinsame Vorstellungen zu entwickeln. Wenn die jeweiligen Fachexpert:innen erst zu einem relativ späten Zeitpunkt zum Bauprojekt hinzugezogen werden würden, würde Niemand mehr mit neuen Ideen kommen, so eine Interviewpartnerin. Dies bedeutet zudem, dass Entscheidungen womöglich nicht von der Person getroffen werden, die die grösste Fachexpertise hat oder ein Mehraufwand entsteht, weil zu spät festgestellt wird, dass etwas nicht wie geplant umgesetzt werden kann.

Auch die Zusammenarbeit mit der Forschung kann einen Mehrwert bringen. Eine Interviewpartnerin berichtete vom Nutzen, den ihr Unternehmen und ihre Kund:innen davontragen würden, dass sie zusammen mit der ETH Zürich arbeiten würden. Sie selbst könnten fundierte Expertise im Bereich Kosten- und Risikomanagement sowie Bauverfahren vorweisen; der Austausch mit der ETH Zürich ermögliche, neueste wissenschaftliche Erkenntnisse zu Materialien und Ökobilanzen zu integrieren.



Eine Interviewpartnerin schlug vor, bei jedem grösseren Bauprojekt eine Prozessbegleitung hinzuzuholen. Diese Person dürfe keine weitere Rolle in der Baubranche einnehmen, damit sie eine neutrale Position einnehmen kann, müsse sich jedoch in den Grundsätzen mit den unterschiedlichen Herausforderungen und Themen der anderen Akteure sowie relevanten Themen der Nachhaltigkeit auskennen. Sie würde den Prozess führen und gestalten, die Akteure zu den geeigneten Zeitpunkten zusammenbringen und einen durchgehenden Informationsfluss sicherstellen.

Rahmenbedingungen

Neben einem verbesserten Informationsangebot und einer durchgehenden Kommunikation zur Förderung von nachhaltigen Bauprodukten, wurden von den Teilnehmenden verschiedene Hürden und mögliche Lösungsansätze genannt, die die rechtlichen Rahmenbedingungen betreffen.

Die Mehrheit der Teilnehmenden bewertet die Kosten nachhaltiger Bauprodukte im Vergleich zu konventionellen Produkten als zu hoch (Kapitel 3.3.3). Dieser Umstand ist teilweise darauf zurückzuführen, dass die Produktpreise nicht die tatsächlichen Kosten widerspiegeln. Die derzeitige Preispolitik berücksichtigt die Lebenszykluskosten unzureichend und lässt externe Kosten gänzlich ausser Acht. Lebenszykluskosten umfassen die Gesamtkosten, die während des gesamten Lebenszyklus eines Produkts anfallen. Dazu zählen neben den Anschaffungs- und Betriebskosten auch die Instandhaltungs- und Entsorgungskosten sowie die Nutzungskosten, die beispielsweise durch Schulungen oder Verbrauchsmaterialien entstehen.

Externe Kosten beziehen sich auf die Kosten, die infolge der Herstellung eines bestimmten Produkts durch Umweltverschmutzung, Gesundheitsschäden oder soziale Auswirkungen entstehen können. Eine Internalisierung dieser Kosten, wie von mehreren Teilnehmenden gefordert, zielt darauf ab, die Marktpreise so anzupassen, dass die tatsächlichen Kosten berücksichtigt werden, einschliesslich der externen Auswirkungen. Dadurch würde ein Anreiz geschaffen, nachhaltige Bauprodukte vermehrt zu verwenden.

Weitere ökonomische Anreize könnten in Form der Besteuerung von Produkten, die hohe Treibhausgasemissionen verursachen, und der Subventionierung treibhausgasarmer Produkte bestehen. Die Subventionierung nachhaltiger Produkte könnte auch eine mögliche Lösungsstrategie für das von einigen Teilnehmenden erwähnte Problem der begrenzten Verfügbarkeit solcher Produkte sein. Allerdings müssen die genauen Ursachen hierfür noch eingehender in weiteren Studien untersucht werden.

Eine interviewte Person äusserte die Meinung, dass es rechtlich verankert sein sollte, dass jeder Neubau die Treibhausgasemissionen ausweisen muss. Durch eine solche Vorschrift würden auch die Hersteller:innen die Bedeutung der Deklaration ihrer Produkte erkennen, und die Bauherrschaften müssten diese Informationen nicht jedes Mal von den Hersteller:innen einfordern. Ebenso würde es eine solche Deklaration erlauben, den Gebäudebestand als Kohlenstoffspeicher zu behandeln und zum Beispiel bei Ersatzbauten darauf zu achten, dass mindestens die gleiche Menge an Kohlenstoff gespeichert bleibt. Eventuell könne es auch sinnvoll sein, Zielwerte für graue Energie zu formulieren.

Mehrere Teilnehmende betonten, dass der derzeitige Ansatz im Bereich nachhaltiges Bauen, der vor allem auf Freiwilligkeit setzt, nicht ausreichend sei, um tatsächlich Nachhaltigkeit zu fördern. Es sei erforderlich, einen rechtlichen Rahmen zu schaffen, der gleiche Bedingungen für alle Unternehmen gewährleistet, so dass auch das Risiko für Unternehmen minimiert wird, die sich bereits freiwillig in Richtung Nachhaltigkeit bewegen.



4 Schlussfolgerungen und Fazit

Um Klima- und Energieziele erreichen zu können, müssen die mit der Gebäudeerstellung verbundenen Treibhausgasemissionen weiter deutlich gesenkt werden. Auf dem Markt existieren bereits Baustoffe und Bauteile, die einen Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen in der Gebäudeerstellung und -sanierung leisten können. Dennoch ist deren Einsatz auf dem Markt nur ungenügend etabliert. Um die Umweltvorteile innovativer Baustoffe und Bauteile sichtbar zu machen, benötigen Hersteller:innen oft fachliche und/oder beratende Unterstützung in der Entwicklung der LCIA sowie im Aufnahmeprozess der Produkte in die KBOB-Liste.

Für eine klimakompatible und energieeffiziente Gebäudeerstellung und -sanierung mit nahezu Null Treibhausgasemissionen sollen generell Gebäude so lange wie möglich erhalten bleiben und eine Sanierung ist einem Neubau vorzuziehen. Ausserdem ist es notwendig, innovative Baustoffe und Bauteile mit materialübergreifenden Handlungsgrundsätzen zu kombinieren. Für das Testgebäude eines Mehrfamilienhauses (MFH) resultieren bei Neubauten das MFH- Holzkonstruktion mit Strohplatten (ohne Prefab-Platten) die besten Ergebnisse, d.h. niedrigsten Treibhausgasemissionen. Testgebäude mit Grasplatten und Zellulose erhalten vergleichbare Resultate. Der Einbau von Prefab-Systemdecke verringert die Emissionen ebenfalls substantiell. Es ist zu prüfen, inwiefern und wie die CO₂-Speicherfähigkeit biobasierter Baustoffe in zukünftigen Berechnungen von Treibhausgasemissionen berücksichtigt werden kann und sollte. Die konventionellen Testgebäude Betonbau und Holzbau erfüllen die Akustik- und Brandschutzanforderungen. Für die Testgebäude mit innovativen Baumaterialien sind diese näher zu untersuchen. Durch diese Anforderungen könnten dickere Wände resultieren, die in eine tendenziell höhere die Treibhausgasbilanz der Testgebäude mit innovativen Baumaterialien resultieren würden. Weitere Forschung in diesem Bereich ist notwendig. Viele biobasierten Baustoffe sind kreislauffähig und können vielseitig wiederverwendet werden. Der Einbau von rezyklierten Beton und Lehm-Beton in Gebäude führt zu einer signifikanten Emissionsreduktion bei der Herstellung. Daher ist es sinnvoll, konventionellen Beton und Zement zu ersetzen.

Baustoffe wie Lehm, Holz oder rezyklierte Beton können in den meisten Fällen aus der Aushuberde auf dem Baugelände entnommen werden, sind auf dem Markt etabliert oder sind einfach zu beziehen. Daher ist es relevant, die Verfügbarkeit von innovativen biobasierten Baustoffen, wie die der Dämmstoffe aus Stroh, Hanf und Gras zu analysieren. Das Szenario dieser Studie weist darauf hin, dass vor allem Anbauflächen von Stroh und Gras von umliegenden Nachbarländern theoretisch verfügbar sind und weniger Emissionen durch den Transport produzieren als Glaswolle aus der Schweiz. Erstrebenswert ist zudem ein Mix aus verschiedenen biobasierten Baustoffen, vor allem Stroh und Gras, um eine robuste Verfügbarkeit von Baustoffen zu gewährleisten, und um möglichen Lieferengpässen entgegenzuwirken. Interessant wäre, die Szenarien mit einem dynamischen Modell (z.B. zu Sanierungsrate, Neubaurate, Demographie) vertieft zu untersuchen.

Die Interviews und Umfrage der Betroffenheits- und Akzeptanzanalyse zeigt, dass die Kommunikation zu Best-Practice Gebäuden allein nicht ausreicht. Von grosser Bedeutung ist der Transfer von Wissen und Erfahrungen, wie innovative Produkte und materialübergreifende Handlungsgrundsätze in Prozesse eingebunden werden können, welche Entscheidungsgrundlagen für die Auswahl massgebend ist und wie die relevanten Akteure entlang der SIA-Phasen mit eingebunden werden können. Relevant ist zudem die Kommunikation zur Einsparung von Treibhausgasemissionen bei Sanierungen gegenüber Neubauten. Damit das Potential innovativer Baustoffe und Bauteile genutzt werden kann, müssen die Produkte so schnell wie möglich auf den Markt etabliert werden und Informationen zu innovativen Baustoffen und Bauteilen für Entscheidungsträger:innen noch leichter zugänglich sein. Dabei kann der direkte Kontakt zu Hersteller:innen das Vertrauen in das Produkt erhöhen. Der interdisziplinäre Austausch in einem Projekt und eine interdisziplinäre Teamorientierung ist zielführend. Die öffentliche Hand kann hier Vorbildrolle wahrnehmen und kommunizieren, wie



Gebäude und Prozesse gestaltet werden müssen, um das Ziel nahezu Null Treibhausgasemissionen zu erreichen. Eine zusätzliche Plattform innovativer Baustoffe und Bauteile wird weniger gefordert. Vielmehr ist das gezielte Ausweisen von notwendigen Informationen zu den Baustoffen und -teilen in bestehenden Plattformen relevant. Weiterhin heben die Teilnehmenden hervor, dass für nachhaltiges Bauen förderliche Rahmenbedingungen entstehen müssen, denn mit Freiwilligkeit allein werden die Klima- und Energieziele nur schwer und zu zögerlich zu erreicht.

5 Ausblick

Die Erkenntnisse bilden eine Grundlage, weitere Lösungsansätze für klimakompatibles und energieeffizientes Bauen zu kommunizieren sowie weiter zu vertiefen. Dazu können zählen:

- Zielgruppenspezifische Kommunikation von Informationen zu Guten Beispielen zu Prozessen, Gebäuden sowie innovativen Produkten und materialübergreifenden Handlungsgrundsätzen
- Fachliche und beratende Begleitung der Hersteller:innen im Aufnahmeprozess in z.B. der KBOB-Liste wie Unterstützung in der Ökobilanzierung sowie Beratung im Aufnahmeprozess.
- Weitere Studien über das Testgebäude Mehrfamilienhaus hinaus, um den Schweizer Gebäudepark mit mehreren Testgebäudedesigns repräsentativ abbilden.
- Optimieren der Szenarien, vor allem bezüglich potenziell verfügbarer Anbauflächen, womöglich auch mit einem dynamischen Modell mit Berücksichtigung der Sanierungsrate, Neubaurate, Populationsgrösse, etc.
- Verbessern und Erweitern der Datenverfügbarkeit und -qualität u.a. zum Anbau und Rohstoffverfügbarkeit sowie mit Bezug zu konkurrierender Nutzung verbessert werden



6 Literaturverzeichnis

- agridea; BLW. (2020). *Wegleitung Suisse-Bilanz*. agridea und Bundesamt für Landwirtschaft.
- Agroscope. (2023). *Hanf (Cannabis sativa L.)*. Abgerufen am 12. 07. 2023 von <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/ackerbau/kulturarten/alternative-kulturpflanzen/hanf.html>
- BFE. (2023). *Gebäudepark 2050 – Vision des BFE*. Bundesamt für Energie - Sektion Gebäude.
- BFS. (2021). *Bevölkerung: Panorama 2020*. Bundesamt für Statistik.
- BFS. (2023a). *Bau- und Wohnungswesen*. Bundesamt für Statistik. Abgerufen am 12. 07. 2023 von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen.html>
- BFS. (2023b). *Landwirtschaftsflächen*. Bundesamt für Statistik. Abgerufen am 12. 07. 2023 von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/bodennutzung-bedeckung/landwirtschaftsflaechen.html>
- BLW. (2022). *Hanf*. Bundesamt für Landwirtschaft. Abgerufen am 12. 07. 2023 von <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzliche-produktion/hanf.html>
- Carus, M., & Sarmiento, L. (2016). *The European Hemp Industry: Cultivating, processing and applications for fibres, shivs, seeds and flowers*. European Industrial Hemp Association.
- CEN/TC 350. (2022). *EN 15804:2012+A2:2019+AC:2021 - Sustainability of construction works - Environmental product declaration - Core rules for the product category of construction products; German version*. CEN/TC 350.
- Daibau. (2023). *Fassadendämmung: Steinwolle oder Glaswolle?* Abgerufen am 17. 07. 2023 von www.daibau.ch/artikel/260/fassadendammung_steinwolle_oder_glaswolle
- Escamilla, E., & Habert, G. (2014). *Environmental impacts of bamboo-based construction materials representing global production diversity*. Zürich: Institute of Construction and Infrastructure Management, Chair of Sustainable Construction, ETHZ.
- European Commission. (2023). *Renovation wave*. (Directorate-General for Energy, Herausgeber) Abgerufen am 12. 07. 2023 von https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en
- eurostat. (2023a). *Crop production in national humidity*. Abgerufen am 12. 07. 2023 von https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/APRO_CPNH1__custom_6776259
- eurostat. (2023b). *Permanent agricultural grassland in Europe*. Abgerufen am 12. 07. 2023 von https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?oldid=570014#Permanent_agricultural_grassland_at_country_level



- Gramitherm. (2023). *Dämmplatten aus Wiesengras*. Abgerufen am 12. 07. 2023 von <https://www.vonhanf.de/wp-content/uploads/2022/01/Brochure-Gramitherm-DE.pdf>
- Hafstad, P. (2022). *Environmental impact assessment of innovative nearly-zero carbon building materials*. Zürich: ETH.
- ifeu. (2023). *Nachhaltig nutzbares Getreidestroh in Deutschland - Positionspapier*. ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH.
- Klose, R. (2021). *Energiehaushalt: Erst sortieren, dann sanieren*. (EMPA, Herausgeber) Abgerufen am 12. 07. 2023 von www.empa.ch: <https://www.empa.ch/web/s604/eq71-energiehaushalt>
- Kunz, M. (2017). *Resilient and Sustainable Modular-Timber-Based Housing Solution for Rapid Deployment on Emergency Situation*. Zürich: ETH Zürich.
- Lenel, S. (05 2019). Bauen in Zeiten des Klimawandels. (Eco-Bau, Hrsg.) *Nachhaltig Bauen*, S. 70-72.
- Meuser, M., & Nagel, U. (2002). ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht. In A. Bogner, B. Littig, & W. Menz (Hrsg.), *Das Experteninterview. Theorien, Methoden, Anwendung* (S. 71-93). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Plattform Ökobilanzen im Baubereich. (2018). *KBOB:2016+UVEK:2018*. Abgerufen am 28. 06. 2023 von www.lc-inventories.ch
- SIA. (2020). *SIA 2032: Graue Energie - Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden*.
- SIA2040. (2017). *SIA-Effizienzpfad Energie*. Zürich: Schweizer Ingenieur- und Architektenverein.
- Vögeli, L. (2020). *Guideline for the Use of Straw and Hemp in the Swiss Construction Sector*. Zürich: ETH Zürich.
- Zwicky, D., Kellenberger, D., Schaller, M., Meszes, A. A., Macchi, N., Reinhad, V. A., . . . Priore, Y. (2020). *Einsparpotenzial an Grauen Treibhausgasemissionen: Ein Leitfaden für Fachplaner, Architekten und Berater*. Bern: EnergieSchweiz.



7 Anhang

7.1 Gebäudeelemente der Testgebäude

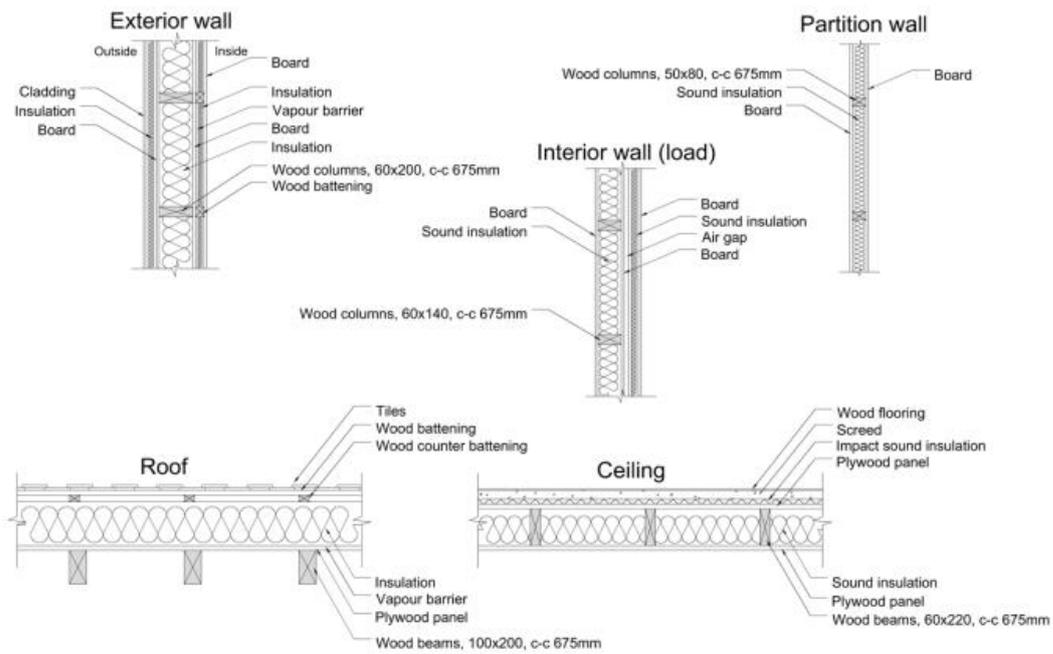


Abbildung 24: Details zu den Gebäudeelementen der Holzrahmenbauvariante des Testgebäudes.

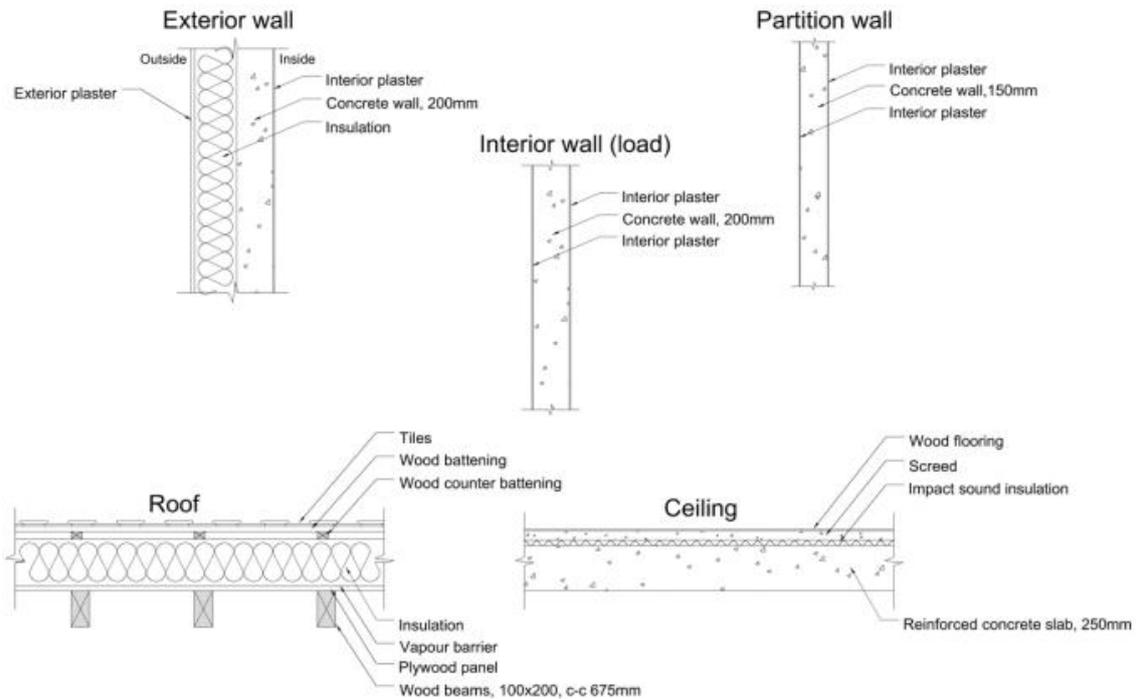


Abbildung 25: Details zu den Gebäudeelementen der Betonbauvariante (Mineralbau) des Testgebäudes.

Tabelle 31: Auflistung der detaillierten Gebäudeelemente einer Mineralkonstruktion für einen konventionellen Neubau, Neubau mit innovativen Baustoffe und Sanierung einer konventionellen Mineralkonstruktion mit innovativen Baustoffe, sowie den Amortisationszeiten der Gebäudebauteile.

Gebäudeelemente für Mineralkonstruktion	Konventioneller Neubau	Neubau mit innovativen Baustoffen (BM)	Sanierung mit innov. BM	Amortisationszeit
Decke				
Parkett	Massivholz	=	=	30
Belag	Unterlagsboden Zement	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Trittschalldämmschicht	Korkplatte	=	=	30
Betonplatte	Hochbaubeton	RECYCLING-BETON	-	60
Betonstahl	Betonstahl	Betonstahl	-	60
Dach				
Dachziegel	Tonziegel	=	=	40
Isolationsschicht (thermisch)	Glaswolle	DÄMMUNG	DÄMMUNG	40
Dampfsperre	Dampfbremse	=	=	40



Gebäudeelemente für Mineralkonstruktion	Konventioneller Neubau	Neubau mit innovativen Baustoffen (BM)	Sanierung mit innov. BM	Amortisationszeit
3-lagige Holzplatten	Furniersperrholz	=	=	40
Battening	Massivholz	=	=	40
Counter battering	Massivholz	=	=	40
Wasserabweisende Folie	Polypropylen	=	=	40
Rippen Massivholz (C24)	Massivholz	Massivholz	-	60
Giebel GLT Träger 140x360mm	Brettschichtholz	Brettschichtholz	-	60
Aussenwand				
Aussenverputz	Kalk-Zement-Putz	Kalk-Zement-Putz	Massivholz	30
Fassadendämmung	Glaswolle	DÄMMUNG	DÄMMUNG	30
Betonwand	Hochbaubeton	RECYCLING-BETON	-	60
Betonstahl	Betonstahl	Betonstahl	-	60
Innenverputz	Kalk-Zement-Putz	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Innenwand (tragend)				
Verputz	Kalk-Zement-Putz	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Betonwand	Hochbaubeton	RECYCLING-BETON	-	60
Betonstahl	Betonstahl	Betonstahl	-	60
Verputz	Kalk-Zement-Putz	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Innenwand (nicht-tragend)				
Verputz	Kalk-Zement-Putz	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Betonwand	Hochbaubeton	LEHM-BETON	-	60
Betonstahl	Betonstahl	=	-	60
Verputz	Kalk-Zement-Putz	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Fenster				
Glas	Flachglas beschichtet	=	=	30
Rahmenholz	Massivholz	=	=	30
Fundament				
Betonplatte auf Ebene	Hochbaubeton	RECYCLING-BETON	-	60
Bewehrungseisen auf Ebene	Betonstahl	Betonstahl	-	60
Dämmung	Polystyrol extrudiert	Polystyrol extrudiert	-	60



Tabelle 32: Auflistung der detaillierten Gebäudeelemente einer Holzbaukonstruktion für einen konventionellen Neubau, Neubau mit innovativen Baustoffen mit und ohne Prefab-Platte (jeweils Systemdecke oder Systemwand), sowie den Amortisationszeiten der Gebäudebauteile.

Gebäudeelemente für Holzrahmenkonstruktion	Konventioneller Neubau	Neubau mit innovativen Baustoffen	Neubau mit innov. BM (und Prefab-Platte)	Amortisationszeit
Decke				
Parkett	Massivholz	=	=	30
Belag	Unterlagsboden Zement	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Trittschalldämmschicht	Korkplatte	=	=	30
3-lagige Holzplatten	Furniersperrholz	Furniersperrholz	SYSTEMDECKE	60
Isolationsschicht (Schall)	Glaswolle	DÄMMUNG	DÄMMUNG	60
3-lagige Holzplatten	Furniersperrholz	Furniersperrholz	SYSTEMDECKE	60
Rippen aus Massivholz	Massivholz	Massivholz	SYSTEMDECKE	60
Dach				
Dachziegel	Tonziegel	=	=	40
Isolationsschicht (thermisch)	Glaswolle	DÄMMUNG	DÄMMUNG	40
Dampfsperre	Dampfbremse	=	=	40
3-lagige Holzplatten	Furniersperrholz	=	=	40
Battening	Massivholz	=	=	40
Counter battering	Massivholz	=	=	40
Wasserabweisende Folie	Polypropylen	=	=	40
Rippen Massivholz (C24)	Massivholz	=	=	60
Giebel GLT Träger 140x360mm	Brettschichtholz	=	=	60
Aussenwand			SYSTEMWAND	
Verkleidung	Gipskartonplatte	MASSIVHOLZ	MASSIVHOLZ	30
Wärmedämmung	Glaswolle	DÄMMUNG	DÄMMUNG	30
Brett	Gipskartonplatte	=	=	30
Brett	Gipskartonplatte	=	=	60
Dampfsperre	Dampfbremse	=	=	30
Brett	Gipskartonplatte	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30



Gebäudeelemente für Holzrahmenkonstruktion	Konventioneller Neubau	Neubau mit innovativen Baustoffen	Neubau mit innov. BM (und Prefab-Platte)	Amortisationszeit
Wasserabweisende Folie	Polypropylen	=	=	30
Holzsäulen	Massivholz	=	=	60
Innenwand (tragend) 1				
Brett	Gipskartonplatte	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Dämmung	Glaswolle	DÄMMUNG	DÄMMUNG	30
Brett	Gipskartonplatte	=	=	60
Brett	Gipskartonplatte	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Holzsäulen	Massivholz	=	=	60
Innenwand (tragend) 2				
Brett	Gipskartonplatte	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Isolationsschicht (Schall)	Glaswolle	DÄMMUNG	DÄMMUNG	30
Brett	Gipskartonplatte	=	=	60
Brett	Gipskartonplatte	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Holzsäulen	Massivholz	=	=	60
Innenwand (nicht-tragend)				
Brett	Gipskartonplatte	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Dämmung	Glaswolle	DÄMMUNG	DÄMMUNG	30
Brett	Gipskartonplatte	LEHM-BETON	LEHM-BETON	30
Holzsäulen	Massivholz	=	=	60
Fenster				
Glas	Flachglas beschichtet	=	=	30
Rahmenholz	Massivholz	=	=	30
Fundament				
Betonplatte auf Ebene	Hochbaubeton	RECYCLING-BETON	-	60
Bewehrungseisen auf Ebene	Betonstahl	Betonstahl	-	60
Dämmung	Polystyrol extrudiert	Polystyrol extrudiert	-	60



7.2 Anhang Betroffenheits- und Akzeptanzanalyse

7.2.1 Interviewleitfaden 1

ZeroStrat
Phase C
> Interview-Leitfaden

intep

Interviewleitfaden 1

Für Architekt:innen, TU-Mitarbeitende und weitere Fachexpert:innen

A. Einleitung

Vorstellung aller Personen und Erläuterung des Forschungsprojekts.

B. Fragen

1. Wie entscheiden Sie sich bei einem neuen Projekt für eine Bauweise (z. B. Beton oder Holz)? Wie entscheiden Sie sich für ein Produkt oder ein Material?

- a. Gibt es einen definierten Prozess für die Auswahl?
 - i. Wer entscheidet, welche Materialien verwendet werden?
- b. Welche Kriterien wenden Sie an?
 - i. Warum wenden Sie genau diese an?
 - ii. Sind EU-Anforderungen für Sie auch relevant?
- c. Welche Informationen brauchen Sie, damit Sie sich für ein Produkt/Material entscheiden? (Finden Sie Labels hilfreich?)
 - i. Greifen Sie auf bestimmte Hilfsmittel für die Entscheidung für ein Produkt zurück, z.B. Labels, Tools? Und speziell für nachhaltige Produkte?
- d. Gibt es einen Unterschied zwischen Neubau- und Sanierungsprojekten?

2. Würden Sie sagen, dass die Materialwahl in anderen Unternehmen ähnlich abläuft?

- a. Was sind die Gründe, warum sich generell in Ihrer Branche für ein Produkt entschieden wird?
- b. Sind die von Ihnen verwendeten Hilfsmittel in Ihrer Branche gängige Praxis oder gibt es Gründe, warum sie nicht so oft genutzt werden?
- c. Wäre es eine Option, diese Hilfsmittel mehr zu fördern, um auch die nachhaltigen Produkte zu fördern?

3. Werden in Ausschreibungen Vorgaben bezüglich der Wahl nachhaltiger Materialien gemacht?

4. Wie ist die Zusammenarbeit mit anderen Akteuren bzgl. Materialauswahl, z.B. Architekt*innen/GU/TU, Hersteller, Handwerker?

- a. Wie könnte man diese optimieren?

5. Wie erfahren Sie, welche neuen Produkte es auf dem Markt gibt?

- a. Gibt es diesbezüglich Verbesserungspotenzial?

6. Warum wird nicht nachhaltiger gebaut? Warum werden nachhaltige Bauteile nicht häufiger verwendet?

- a. Was wird benötigt, damit nachhaltige Materialien häufiger verwendet werden?
- b. Bei Bedarf spezifizieren: Braucht es Anpassungen beim Prozess, bei Richtlinien, bei den Produkten? Würde es Ihnen helfen, wenn es (andere) Label oder eine Vernetzungs-Plattform gibt?

C. Abschluss

Gibt es sonst noch etwas, das Sie zum Thema sagen möchten?



7.2.2 Interviewleitfaden 2

ZeroStrat
Phase C
> Interview-Leitfaden

intep

Interviewleitfaden 2

Für Bauherr:innen

A. Einleitung

Vorstellung aller Personen und Erläuterung des Forschungsprojekts.

B. Fragen

1. **Welche Nachhaltigkeitskriterien wenden Sie bei der Wahl eines Architekturbüros oder GU/TU an?**
 - a. Welche Rolle spielen nachhaltige Materialien?
2. **Wie entscheiden Sie sich bei einem neuen Projekt für eine Bauweise (z. B. Beton oder Holz)?**
3. **Wie entscheiden Sie sich für ein Produkt oder ein Material?**
 - a. Gibt es einen definierten Prozess für die Auswahl?
 - i. Wer entscheidet, welche Materialien verwendet werden?
 - b. Welche Kriterien wenden Sie an?
 - i. Warum wenden Sie genau diese an?
 - ii. Sind EU-Anforderungen für Sie auch relevant?
 - c. Welche Informationen brauchen Sie, damit Sie sich für ein Produkt/Material entscheiden? (Finden Sie Labels hilfreich?)
 - d. Gibt es einen Unterschied zwischen Neubau- und Sanierungsprojekten?
4. **Wie ist die Zusammenarbeit mit anderen Akteuren bzgl. Materialauswahl, z.B. Architekt*innen/GU/TU, Hersteller, Handwerker?**
 - a. Wie könnte man diese optimieren?
5. **Wie erfahren Sie, welche neuen Produkte es auf dem Markt gibt?**
 - a. Gibt es diesbezüglich Verbesserungspotenzial?
6. **Warum wird nicht nachhaltiger gebaut? Warum werden nachhaltige Bauteile nicht häufiger verwendet?**
 - a. Was wird benötigt, damit nachhaltige Materialien häufiger verwendet werden?
 - b. Bei Bedarf spezifizieren: Braucht es Anpassungen beim Prozess, bei Richtlinien, bei den Produkten? Würde es Ihnen helfen, wenn es (andere) Label oder eine Vernetzungs-Plattform gibt?

C. Abschluss

Gibt es sonst noch etwas, das Sie zum Thema sagen möchten?



7.2.3 Online-Umfrage

A. Allgemeine Angaben zu Ihrer Person

Zunächst möchten wir mit einigen Angaben zu Ihrer Person und Ihrer Organisation beginnen. Die persönlichen Angaben sind optional. Ihre Antworten werden für den Abschlussbericht und die weitere Kommunikation anonymisiert. Etwaige persönliche Daten werden nur im Rahmen des Forschungsprojekts verwendet.

1. Bitte geben Sie Ihren Vornamen an (optional)

2. Bitte geben Sie Ihren Nachnamen an (optional)

3. Bitte geben Sie Ihre E-Mail-Adresse an, falls wir Sie bei Rückfragen kontaktieren dürfen oder Sie Interesse an den Resultaten der Studie haben (optional)

4. Gehören Sie in Ihrer Organisation zu den Entscheidungsträger:innen bei den Auswahlprozessen von Baumaterialien/-produkten für ein Bauprojekt? (Einzelauswahl)

Bitte nehmen Sie auch an der Umfrage teil, wenn Sie nicht zu den Entscheidungsträger:innen gehören, jedoch darüber Bescheid wissen.

Ja

Nein

5. Die Organisation, in der ich tätig bin, ist ein/e ...Antwort erforderlich. (Einzelauswahl)

Die Umfrage richtet sich an Entscheidungsträger:innen und Organisationen, die eine führende Rolle in einem Bauprojekt innehaben. Dazu gehören Architekturbüros, Bauherrschaften (zu denen wir auch die Genossenschaften zählen) und Eigentümer:innen. Auch Organisationen, die Projekte in GU/TU-Mandaten begleiten sind hier angesprochen.

Architekturbüro

General- oder Totalunternehmen

Bauherrschaft

Sonstiges

B. Fragen zur Wahl von Bauprodukten

Mit diesem Abschnitt möchten wir verstehen, wie Bauprodukte ausgewählt werden.

6a. Welche Rolle spielt die Nachhaltigkeit der Baumaterialien bei der Entwicklung Ihrer Projekte?

[Diese Frage wurde nur den Bauherr:innen gestellt]

Sie spielt eine sehr grosse Rolle

Sie spielt eine Rolle

Sie spielt eine kleine Rolle

Sie spielt keine Rolle

6b. Welche Kriterien werden bei der Wahl von Bauprodukten in Ihrer Organisation angewendet? (Mehrfachauswahl)

Gibt es neben der grundsätzlichen Eignung eines Bauprodukts (Verfügbarkeit, Masse, Sicherheit etc.) weitere Aspekte, die bewertet werden?

Kosten

Einfache Handhabbarkeit



Anwenderkenntnisse sind vorhanden
Produktionsstandort Schweiz
Umweltfreundlichkeit
Branchenübliches Standardprodukt
Verfügt über ein Nachhaltigkeitslabel
Langlebigkeit
Aufgeführt in der KBOB-Liste
Ähnlichkeit zu Produkten, die wir bereits verwenden
Rezyklier- oder Wiederverwendbarkeit
Bekanntheit Hersteller
Vielseitig einsetzbar
Früher bereits verwendet
Weiss nicht
Marketing-Potenzial
Vorgaben von Gebäudelabels
Sonstiges

7. Was ist der Grund, warum die von Ihnen ausgewählten Kriterien verwendet werden? (optional)

8. Falls Sie "Vorgaben von Gebäudelabels" ausgewählt haben: An welchen Gebäudelabels orientieren Sie sich? (optional)

9. Greifen Sie für die Entscheidung für ein Produkt auf bestimmte Hilfsmittel zurück? (Mehrfachauswahl) [Diese Frage wurde nur den planenden und ausführenden Akteuren gestellt]

Labels für nachhaltige Gebäude
Labels für nachhaltige Produkte
Ökobilanzsoftware (z.B. Lesosai, Enerweb)
Ökobilanzdaten im Baubereich (KBOB-Liste)
Plugins für CAD-Programm (z.B. GreenBIM)
Keine Angabe
Sonstiges

10. Gibt es bei der Wahl der Materialien und Produkte einen Unterschied zwischen Neubau- und Sanierungsprojekten? (Einzelauswahl)

Ja
Nein

11. Worin besteht dieser Unterschied?

C. Bekanntheit von nachhaltigen Bauprodukten

12. Wie werden Sie auf neue Bauprodukte aufmerksam?

13. Kennen Sie Datenbanken oder andere Plattformen, die über die Nachhaltigkeit von Produkten informieren? (Einzelauswahl)

Ja
Nein

14. Um welche Datenbanken oder Plattformen handelt es sich?



15. Bitte geben Sie an, inwiefern Sie die folgenden Bauprodukte kennen?

	Nicht bekannt	Davon gehört	Bekannt, aber verwende ich nicht	Bereits verwendet	Verwende ich regelmässig
Cocoboard (Faserplatte)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
EvopactPLUS (Beton)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lignatur Decken- und Dachelemente (Fertigbauteil)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lopas Bausystem (Fertigbauteil)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
neustark Beton	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oxabrick (Mauerziegel)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sika Roof AT (Dachabdichtung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Terrabloc (Mauerziegel)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zirkulit (Beton)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Wenn Sie oben für ein oder mehrere Produkte angegeben haben, dass Sie sie kennen, aber nicht verwenden: Bitte geben Sie die Gründe dafür an.

17. Hätten Sie gerne mehr Informationen zur Nachhaltigkeit von Baumaterialien und -produkten? (Einzelauswahl)

Ja

Nein

18. Informationen welcher Art sind diesbezüglich für Sie relevant?

19. Wo sollten diese Informationen aufgeführt werden?

Letzter Abschnitt: Gründe für nachhaltiges Bauen



Im Folgenden interessiert uns Ihre Meinung zu nachhaltigen Bauprodukten im Allgemeinen sowie zu vier spezifischen Produktkategorien: Konstruktionselemente aus Holz, weitere organische Baustoffe (z. B. für Dämmung), mineralische Baustoffe (z. B. Lehm, Beton) sowie Kunststoffe / Chemische Stoffe.

20. Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für nachhaltige Bauprodukte im Allgemeinen zustimmen.

	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme teilweise nicht zu	Stimme weder zu noch lehne ich es ab	Stimme teilweise zu	Stimme voll und ganz zu
Nachhaltige Bauprodukte sind zu teuer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Man kann nie wissen, welche Produkte wirklich nachhaltig sind	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Anwendung nachhaltiger Produkte benötigt mehr Fachwissen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nachhaltige Produkte sind weniger widerstandsfähig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Brandschutz ist bei nachhaltigen Produkten nicht ausreichend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In Zukunft sollte nur noch mit nachhaltigen Materialien gebaut werden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nachhaltige Materialien sind besser für die Gesundheit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



21. Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für KONSTRUKTIONSELEMENTE AUS HOLZ zustimmen.

	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme teilweise nicht zu	Stimme weder zu noch lehne ich es ab	Stimme teilweise zu	Stimme voll und ganz zu
Nachhaltige Holz-Bauprodukte sind zu teuer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Man kann nie wissen, welche Holz-Produkte wirklich nachhaltig sind	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Anwendung von Holz-Produkten benötigt mehr Fachwissen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Holz-Produkte sind weniger widerstandsfähig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Brandschutz ist bei Holz-Produkten nicht ausreichend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Die Frage Nr. 21 wurde in der Form auch für folgende Produktgruppen gestellt:

- organische Baustoffe (z. B. für Dämmung)
- mineralische Baustoffe (z. B. Lehm, CO₂-optimierter Beton)
- Kunststoffe / Chemische Stoffe (CO₂-optimiert)

25. Was sind die Gründe, die Ihrer Meinung nach dazu führen, dass nicht häufiger nachhaltigere Baumaterialien/-produkte verwendet werden? (optional)



7.2.4 Teilnehmende Akteursgruppen der Online-Umfrage und Interviews

Tabelle 33: Teilnehmende an der Online-Umfrage und den Interviews.

Online-Umfrage		Interviews	
1. Gruppe: «Planende und ausführende Akteure»	36	Private Bauherrschaft	2
Architekturbüro	16	Öffentliche Bauherrschaft	1
Bauingenieurwesen	7	Entwicklung	1
TU/GU	4	Bauherrenvertretung	1
Bauberatung	3	Architekt:innen	2
Verein	2	Investor:innen	1
Bauleitung	1	TU	2
Entwicklung	1		
Forschung	1		
Genossenschaft	1		
2. Gruppe: «Bauherr:innen»	10		
Bauherrschaft	10		

Bei der Online-Umfrage gab es die Optionen «Architekturbüro», «TU/GU» und «Bauherrschaft» zur Auswahl. Zudem konnten die Teilnehmenden die Rolle ihrer Organisation selbst eingeben. Es wurden fünf Interviews durchgeführt; die Anzahl der einzelnen Rollen ergibt sich dadurch, dass einige Interviewpartner:innen für Organisationen arbeiten, die je nach Bauprojekt verschiedene Rollen einnehmen können.



7.2.5 Ergebnisse je Produktkategorie zum Kapitel 3.3.3

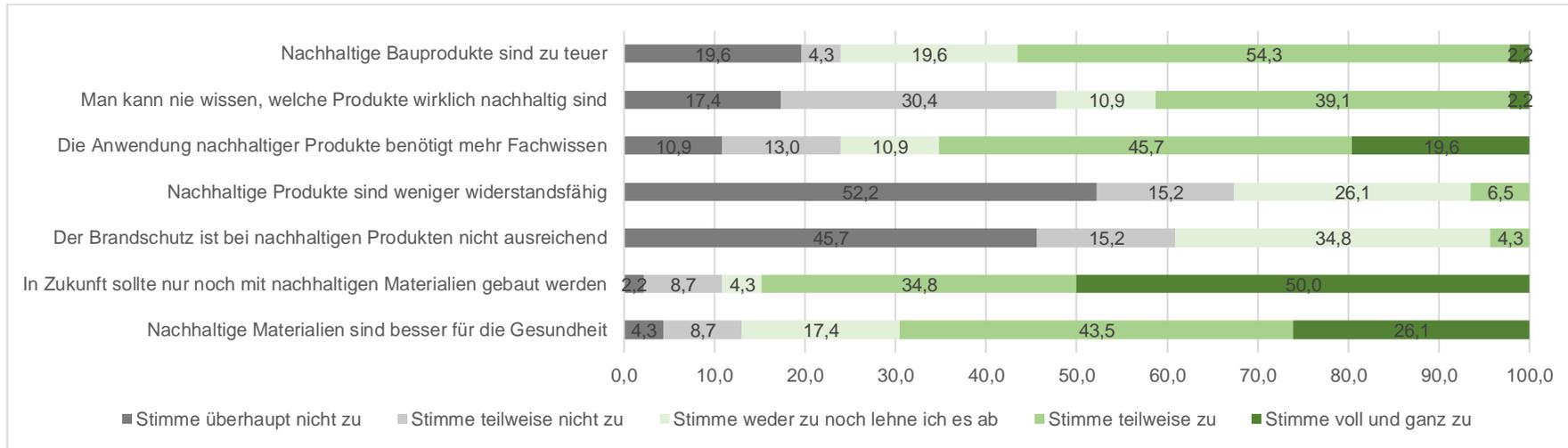


Abbildung 26: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für nachhaltige Bauprodukte im Allgemeinen zustimmen» in Prozent Anteile dargestellt.

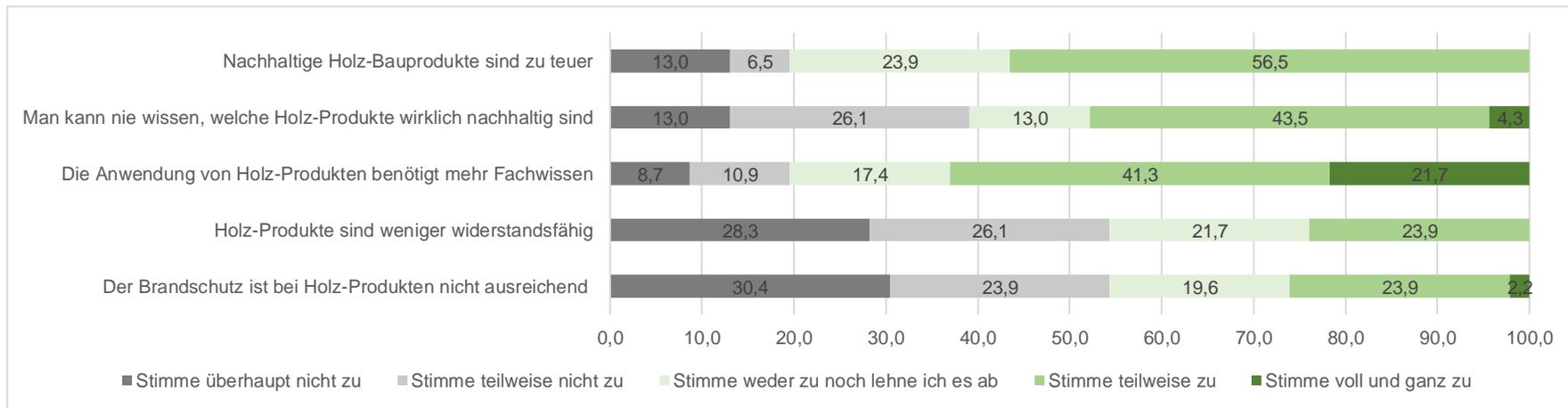


Abbildung 27: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für KONSTRUKTIONSELEMENTE AUS HOLZ zustimmen» in Prozent Anteile dargestellt.

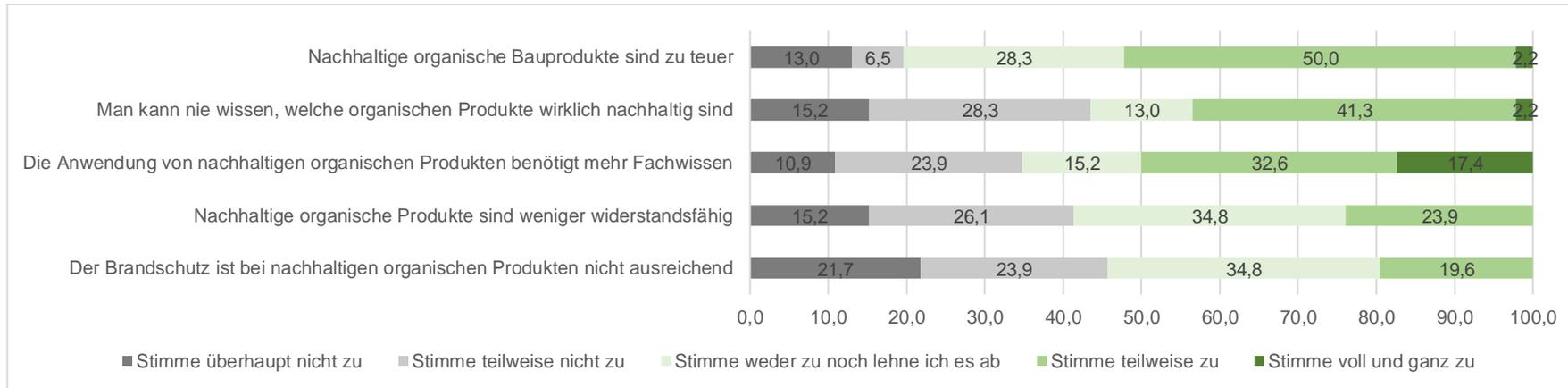


Abbildung 28: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für weitere ORGANISCHE BAUSTOFFE (z. B. für Dämmung) zustimmen» in Prozent Anteile dargestellt.

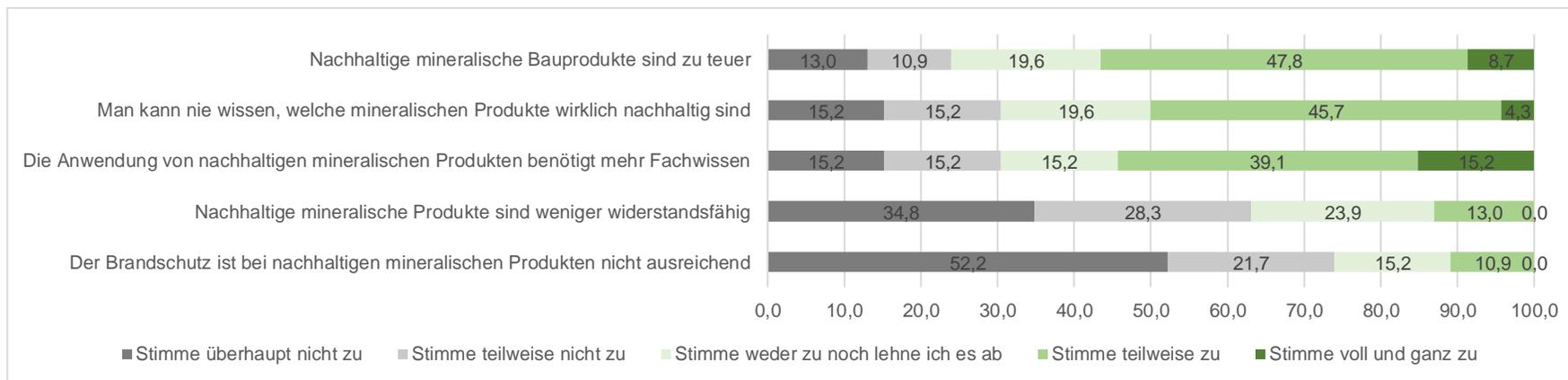


Abbildung 29: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für MINERALISCHE BAUSTOFFE (z. B. Lehm, Beton CO2-optimiert) zustimmen» in Prozent Anteile dargestellt.

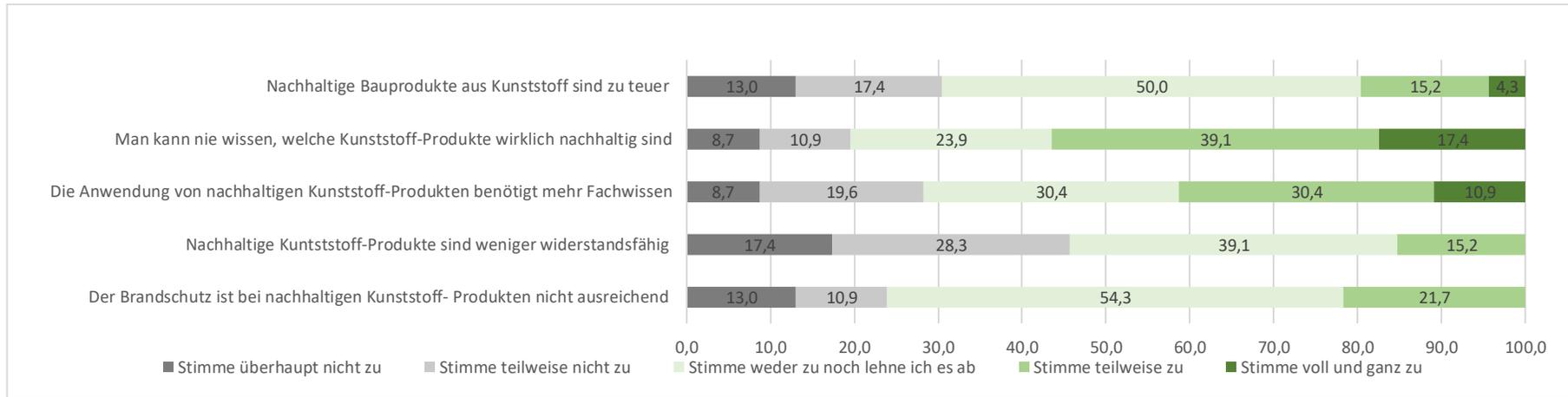


Abbildung 30: Antworten zur Frage: «Bitte wählen Sie aus, inwiefern Sie den folgenden Aussagen für KUNSTSTOFFE / CHEMISCHE STOFFE (CO2-optimiert) zustimmen.» in Prozent Anteile dargestellt.

