Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Schlussbericht vom 29. November 2024

Re-Use auf dem Weg zum Netto-Null Ziel bei Gebäuden

Potenzial und Ansätze für die Umsetzung

Bildquelle: www.myswitzerland.com

Datum: 29. November 2024

Ort: Zürich

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

Ko-Finanzierung:
Bundesamt für Umwelt BAFU
CH-3003 Bern
www.bafu.admin.ch

Stadt Baden
Rathausgasse 1
CH-5401 Baden
https://www.baden.ch/

Subventionsempfänger/innen:
Intep
Integrale Planung GmbH
Pfingstweidstrasse 16
CH-8005 Zürich
https://intep.com/

ETH Zurich
Institute of Environmental Engineering (IfU)
HIF D 87.1
Laura-Hezner-Weg 7
CH-8093 Zürich
https://esd.ifu.ethz.ch/

Autor/in:
Karlen Claudine, Intep, karlen@intep.com
Mahler Matthias, Intep, mahler@intep.com
Killeen Conor, Intep
Seithel Sunna, Intep
Mäder Stefanie, Intep
Bufler Rebekka, Intep

Begleitung und Qualitätssicherung:
Lavanga Nadja, Intep, lavanga@intep.com
Alig Martina, Intep
Kim Aleksandra, ETH Zürich
Schmid Carlo, ETH Zürich

Dank an:
Lorenz Sandro, ETH Zürich für die Aufbereitung der Daten aus swissBUILDINGS3D 3.0 Beta im Rahmen seiner Masterarbeit
sowie
Diverse Interviewpartner/innen und Expert/innenbeiträge am Workshop

Carlo Schmid und Aleksandra Kim haben bei ihren Beiträgen auf ihrer Forschung aus dem Projekt Circular Futures Cities des Future Cities Lab Global der ETH Zürich aufgebaut. Das Future Cities Lab Global wird von der Singapore National Research Foundation, dem Büro des Premierministers von Singapur im Rahmen des CREATE-Programms (Campus for Research Excellence and Technological Enterprise) und der ETH Zürich (ETHZ) unterstützt und finanziert. Weitere Beiträge kommen von der National University of Singapore (NUS), der Nanyang Technological University (NTU), Singapur und der Singapore University of Technology and Design (SUTD).

BFE-Projektbegleitung:
Eckmanns Andreas, andreas.eckmanns@bfe.admin.ch
Ménard Martin, menard@lowtechlab.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/502583-01

BAFU-Vertragsnummer: 22.0021.PJ / 0B5FAF98F

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

Zusammenfassung

Nachdem bei der Reduktion der Betriebsenergie von Gebäuden bereits erhebliche Fortschritte erzielt werden konnten, rückt das Ziel der Reduktion von grauer Energie bzw. grauen Treibhausgasemissionen (THGE) bei Bauaktivitäten immer mehr in den Fokus. Die Wiederverwendung gebrauchter Bauteile (Re-Use) ist eine Massnahme zur Reduktion grauer Energie und THGE. Es stellt sich die Frage, welchen Stellenwert Re-Use hierbei einnehmen kann und wie Re-Use über die Umsetzung in einzelnen Pilotprojekten hinaus breiter in der Bauwirtschaft etabliert werden kann.

Ziel dieses Projekts ist es, das Potenzial von Re-Use zur Reduktion von grauer Energie und THGE (Umweltpotenzial) auf Ebene einer Stadt zu ermitteln. Die Erkenntnisse sollen als Grundlage für Nachhaltigkeitsstrategien von öffentlichen und privaten Immobilieneigentümerinnen und -eigentümer dienen. Weiter soll aufgezeigt werden, wie Rahmenbedingungen für eine breitere Umsetzung von Re-Use verbessert werden können und welche Handlungsansätze verschiedenen Akteursgruppen in der Bauwirtschaft zur Verfügung stehen.

Modellierung

Zur quantitativen Ermittlung des Umweltpotenzials von Re-Use bei Bauaktivitäten wurde eine Modellierung am Fallbeispiel der Stadt Baden bis ins Jahr 2050 vorgenommen. Das im Projekt entwickelte Modell dient zur Prognostizierung der Mengen verschiedener Bauteile, die auf Stadtebene in einem bestimmten Jahr aufgrund von Rückbauaktivitäten für die Wiederverwendung verfügbar werden.Aus einem Vergleich der darin enthaltenen grauen Energie bzw. THGE mit der für den Neubau aufgewendeten grauen Energie bzw. THGE wird das Umweltpotenzial von Re-Use berechnet. Es wird die Wiederverwendung von gebrauchten Bauteilen in einem neuen Gebäude zum gleichen wie dem Ursprungszweck betrachtet. Die Weiternutzung bzw. der Umbau von Bestand ist nicht Teil der vorliegenden Studie. Die Modellierung der Bauteilmengen im Gebäudebestand basiert auf eigens für diese Studie definierten Gebäudearchetypen und Gebäudedaten der Stadt Baden sowie dem Datensatz swissBUILDINGS3D 3.0 Beta von swisstopo. Es wurden Archetypen für die Nutzungen Wohnen und Büro für sieben Zeitperioden zwischen 1910 und 2022 definiert. Die Modellierung der Materialflüsse basiert auf Rück- und Neubauraten aus der Literatur. Die modellierten Bauteilmengen wurden mit folgenden Umweltwirkungsfaktoren gem. KBOB-Liste multipliziert: THG-Emissionen gemäss IPCC (2013), nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) und Gesamtumweltbelastung ausgedrückt in Umweltbelastungspunkten (UBP) gemäss der Methode der ökologischen Knappheit (BAFU, 2021).

Das grösste Potenzial zur Einsparung von Umweltbelastung liegt bei der Wiederverwendung von konstruktiven Bauteilen (Decken, Wände, Dächer) aus Stahlbeton, Kalksand- und Backstein sowie von Metallbauteilen aus dem Innenausbau (Abhangdecken, Stützen, Doppelboden). Die Modellierung hat ergeben, dass bei Wohn- und Bürogebäuden der Stadt Baden bis 2050 3.2% der grauen THGE und 2.3% der grauen Energie für Neubauaktivitäten durch Re-Use eingespart werden können. Dieser eher niedrige Anteil ist zum einen darauf zurückzuführen, dass der Gebäudebestand der Stadt bis 2050 einem starken Wachstum unterliegt. Folglich findet ein grosser Nettozubau statt, für den keine Re-Use-Bauteile zur Verfügung stehen und eine substanzielle Menge an Primärmaterial benötigt wird. Zum anderen kann gemäss Modellierung nur rund ein Viertel der im Bestand vorhandenen Bauteile nach Rückbau wiederverwendet werden. Die Resultate der Sensitivitätsanalyse zeigen auf, dass das Einsparpotenzial an THG-Emissionen und Grauer Energie je nach Parameter zwischen -18% und +25% verglichen mit dem Baseline-Szenario variieren können.

Das in einem definierten Zeitraum nutzbare Umweltpotenzial von Re-use in einem bestimmten Portfolio hängt stark von zwei Faktoren ab: zum einem der Zubautätigkeit (Menge Bedarf), zum andern dem Anteil wiederverwendbarer Bauteile aus Abbrüchen (Menge verfügbar). Auf die ganze Schweiz gesehen ist das relative Bevölkerungs- und somit das voraussichtliche Flächenwachstum resp. der Gebäudezubau geringer als in urbanen Zentren wie Baden. Für Gemeinden und

Portfoliohalter mit einem geringeren Gebäudezubau und einem Gebäudebestand mit einem höheren Anteil an wiederverwendbaren Bauteilen (zum Beispiel Industriebauten) kann Re-Use eine grössere Rolle zur Reduktion von grauen THGE spielen. Zudem wird sich das Potenzial von Re-Use langfristig steigern, wenn künftige Gebäude mit einem Fokus auf Design for Disassembly gebaut werden. An dieser Stelle sei hervorgehoben, dass der Erhalt von Bestandsgebäuden gegenüber dem lediglichen Erhalt von Bauteilen zu priorisieren ist. Re-Use soll dann zum Zug kommen, wenn ein Abbruch unvermeidlich ist.

Rahmenbedingungen und Roadmap

Um aufzuzeigen, wie Städte und Gemeinden die Anwendung von Re-Use vorantreiben können, wurde auf Basis einer Analyse der aktuellen politischen, sozialen, wirtschaftlichen, rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen der Wiederverwendung von Bauteilen und gestützt auf Interviews mit Expertinnen und Experten mögliche Handlungsansätze zur Förderung von Re-Use entwickelt. Diese Handlungsansätze wurden an einem ganztägigen Fachworkshop mit Behördenvertretenden, Re-Use-First-Mover, Forschenden und Vertreterinnen und Vertreter der Bauwirtschaft zu einer Roadmap für Städte und Gemeinden verdichtet. Die Roadmap enthält Handlungsansätze, mit denen Städte und Gemeinden als öffentliche Eigentümer Re-Use im eigenen Gebäudeportfolio zur Anwendung bringen können; wie sie die lokale Bauwirtschaft dabei unterstützen können, Know-How zur Wiederverwendung von Bauteilen aufzubauen und wie sie als Regulierer und Förderstellen die Rahmenbedingungen für Re-Use adressieren können.

Die Projektergebnisse geben auf mehreren Ebenen Hinweise dazu, welchen Beitrag Re-Use von Bauteilen aktuell und in Zukunft zur Reduktion der grauen THGE, der Umweltbelastung und des Ressourcenverbrauchs leisten kann und wie dieses Potenzial besser ausgeschöpft werden könnte:

- Wenn das vorhandene Potenzial zur Einsparung von grauen THGE ausgeschöpft werden soll, muss fortan die Wiederverwendung von konstruktiven Bauteilen (allen voran Stahlbeton), mehr in den Fokus der Praxis rücken. Daneben soll auf einfach ausbaubare Bauteile aus dem Innenausbau mit hoher THG-Intensität fokussiert werden.
- Die kurz und mittelfristig begrenzte Verfügbarkeit von Re-Use-Bauteilen lässt darauf schliessen, dass Re-Use in absehbarer Zeit den potenziellen Bedarf aus dem Zubau nicht sättigen kann. Vor diesem Hintergrund soll nicht ein breites Mainstreaming, sondern die Etablierung von Re-Use als ein Marktsegment neben dem Vertrieb von Primärmaterialien angestrebt werden.
- Bauherren sind «Gate-Keeper» zu einer breiteren Anwendung von Re-Use. Unter den aktuellen Voraussetzungen müssen sie in Bau- und Rückbauvorhaben aktiv die Bedingungen dazu schaffen, dass Bauteile auf den Re-Use-Markt kommen oder wiederverwendet werden können.
- In Immobilienportfolios mit geringem Zubau oder einem hohen Anteil wiederverwendbarer Bauteile ist das Umweltpotenzial von Re-Use erhöht. Wenn Halter von solchen Portfolios als «Re-Use-Champions» umfassendes Know-how zum Einsatz von Re-Use-Bauteilen aufbauen und wiederverwendete Bauteile standardmässig einsetzen, kann das Umweltpotenzial von Re-Use besser ausgeschöpft werden.
- Ein weiterer Ansatz, um das Umweltpotenzial von Re-Use besser auszuschöpfen, ist es, in der Bauwirtschaft spezifische Use-Cases für Bauteile mit hohem Umweltnutzen in vergleichbar einfachen Anwendungsfällen breit zu etablieren. Gemäss den Projektergebnissen kommen als vielversprechende Use-Cases die Wiederverwendung von konstruktiven Stahlbetonbauteilen sowie von Metallbauteilen aus dem Innenausbau bei einem Ersatzneubau vor Ort in Frage.

- Um Re-Use anwenden zu können, ist viel praktisches Know-How nötig. Öffentliche und private Portfoliohalter können sich dieses Know-How am effektivsten aneignen, indem sie mit Unterstützung lokaler Vorbilder eigene Pilotprojekte umsetzen.
- Re-Use kann nur im Zusammenspiel mit weiteren Massnahmen einen relevanten Beitrag zur Erreichung des Netto-Null-Ziels im Gebäudesektor leisten. Regulierungs- und Fördermassnahmen sollen deshalb mehrheitlich technologieoffen ausgestaltet werden.

Résumé

Alors que des progrès considérables ont déjà été réalisés en matière de réduction de l'énergie d'exploitation des bâtiments, l'objectif de réduction de l'énergie grise ou des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans les activités de construction est de plus en plus mis en avant. La réutilisation d'éléments de construction usagés (re-use) est une mesure de réduction de l'énergie grise et des GES. La question se pose de savoir quelle place le réemploi peut prendre dans ce contexte et comment le réemploi peut s'établir plus largement dans le secteur de la construction, au-delà de la mise en œuvre de projets pilotes individuels.

L'objectif de ce projet est d'évaluer le potentiel de réutilisation pour la réduction de l'énergie grise et des GES (potentiel environnemental) au niveau d'une ville. Les résultats serviront de base aux stratégies de durabilité des propriétaires immobiliers publics et privés. Il s'agit en outre de montrer comment les conditions-cadres peuvent être améliorées pour une mise en œuvre plus large du réemploi et quelles sont les approches d'action de différents groupes d'acteurs dans le secteur de la construction.

Modélisation

Afin de déterminer quantitativement le potentiel environnemental du réemploi dans les activités de construction, une modélisation a été réalisée à l'aide de l'exemple de la ville de Baden jusqu'en 2050.

La modélisation a permis de prévoir les quantités de différents éléments de construction qui seront disponibles dans la ville pour la réutilisation au cours d'une année donnée en raison des activités de déconstruction. En comparant l'énergie grise ou les GES contenue dans ces matériaux avec l'énergie grise ou les GES dépensée pour la nouvelle construction, le potentiel environnemental du réemploi est calculé. La réutilisation d'éléments de construction déjà utilisés dans un nouveau bâtiment pour le même usage que celui d'origine est considérée. La réutilisation ou la modification de bâtiments existants ne fait pas partie de la présente étude. La modélisation des quantités d'éléments de construction dans le portefeuille de bâtiments se base sur des archétypes de bâtiments définis spécialement pour cette étude et des données sur les bâtiments de la ville de Baden ainsi que du de données swissBUILDINGS 3D 3.0 Beta de swisstopo.

Des archétypes ont été définis pour l'habitat et les bureaux ont été définis pour sept périodes entre 1910 et 2022. La modélisation des flux de matériaux se base sur des taux de déconstruction et de construction issus de la littérature. Les quantités d'éléments de construction modélisées ont été calculées avec les facteurs d'impact environnemental suivants selon la liste KBOB : Émissions de gaz à effet de serre selon le GIEC (2013), énergie primaire non renouvelable (énergie grise) et impact environnemental total exprimé en points de charge environnementale (UBP) selon la méthode de la rareté écologique (BAFU, 2021).

Le plus grand potentiel de réduction de l'impact environnemental réside dans la réutilisation de éléments de construction (plafonds, murs, toitures) en béton armé, en briques silico-calcaires et en terre cuite ainsi que d'éléments de construction métalliques provenant de l'aménagement intérieur (faux-plafonds, poteaux, faux-planchers). La modélisation a montré que pour les bâtiments d'habitation et de bureaux de la ville de Baden, d'ici 2050, 3.2% de GES et 2,3% de l'énergie grise pour les activités de construction neuve peuvent être économisés grâce au réemploi. Ce pourcentage plutôt bas s'explique d'une part par le fait que le parc immobilier de la ville connaîtra une forte croissance d'ici 2050. Par conséquent, une construction nette importante aura lieu, pour laquelle des éléments de construction réutilisables ne seront pas disponibles et une quantité importante de matériau primaire sera nécessaire. D'autre part, selon la modélisation, seul un quart environ des éléments de construction existants sont réutilisables après déconstruction. Les résultats de l'analyse de sensibilité montrent que le potentiel d'économies d'émissions de GES et d'énergie grise peut varier de -18% à +25% par rapport au scénario de référence, en fonction des paramètres.

Le potentiel environnemental de la réutilisation sur une période donnée dans un certain portefeuille de bâtiments donné dépend de deux facteurs : d'une part, l'activité de construction (quantité nécessaire) et d'autre part, les composants réutilisables issus de démolitions (quantité disponible). En Suisse, la croissance relative de la population et donc la croissance probable des surfaces construites est plus faible que dans les centres urbains comme Baden. Pour ces communes et propriétaires de portefeuilles, où la construction de bâtiments neuves est moins intensif et le parc immobilier comporte une part élevée d'éléments de construction réutilisables (par exemple des bâtiments industriels), le réemploi peut jouer un rôle plus important dans la réduction des émissions grises de GES. De plus, le potentiel de réutilisation augmentera à long terme si les futurs bâtiments sont construits en mettant l'accent sur la conception pour le démontage (design for disassembly). Il est important de souligner que la conservation des bâtiments existants doit être privilégiée par rapport à la simple conservation des éléments de construction. La réutilisation doit intervenir lorsque la démolition est inévitable.

Conditions-cadres et feuille de route (roadmap)

Afin de montrer comment les villes et les communes peuvent faire avancer l'application du réemploi, une étude a été réalisée sur la base d'une analyse des conditions politiques, sociales, économiques, juridiques et conditions-cadres techniques de la réutilisation de composants et sur la base d'interviews avec des experts, des pistes d'action possibles pour promouvoir le réemploi ont été développées. Ces pistes d'action ont été présentées lors d'un atelier technique d'une journée avec des représentants des autorités, chercheurs et des représentants du secteur de la construction pour élaborer une feuille de route pour les villes et les communes. Cette feuille de route contient des pistes d'action permettant les villes et les communes, en tant que propriétaires publics, peuvent appliquer le réemploi à leur propre portefeuille de bâtiments. La feuille de route aussi propose comment elles peuvent aider le secteur local de la construction à acquérir un savoir-faire en matière de réutilisation, et comment, en tant que régulateurs et fournisseurs de programmes de soutien, ils peuvent aborder les conditions-cadres pour la réutilisation.

Les résultats du projet fournissent des indications à plusieurs niveaux sur la contribution du réemploi de matériaux de réduire les émissions grises de GES, l’impact environnemental et la consommation des ressources aujourd’hui et en avenir et comment ce potentiel pourrait être mieux exploité :

- Si le potentiel existant de réduction des émissions grises de GES doit être exploité, il faut dorénavant réutiliser les éléments de construction (en particulier le béton armé). Par ailleurs, il convient de recourir à des éléments de construction intérieure faciles à démonter présentant une forte intensité de GES.
- La disponibilité limitée à court et moyen terme de composants réutilisables laisse supposer que la réutilisation ne pourra pas satisfaire les besoins potentiels de la construction dans un avenir proche. Dans ce contexte, l'objectif n'est pas d'assurer un large mainstreaming, mais d'encourager la réutilisation comme un segment de marché à côté de la distribution de matériaux primaires.
- Les maîtres d'ouvrage sont des « gate-keepers » vers une application plus large de la réutilisation. Dans les conditions actuelles, ils doivent activement créer les conditions nécessaires à la réutilisation dans les projets de construction et de déconstruction.
- Dans les portefeuilles immobiliers où les constructions sont peu nombreuses ou où la part de matériaux réutilisables est élevée, le potentiel de réutilisation est plus élevé. Si les propriétaires de tels portefeuilles, en tant que « champions de la réutilisation », acquièrent un savoir-faire étendu en matière d'utilisation de composants réutilisés et qu'ils utilisent des composants réutilisés de manière standard, le potentiel environnemental de la réutilisation peut être mieux exploité.

- Une autre approche pour mieux exploiter le potentiel environnemental du réemploi est de créer et communiquer des cas d'utilisation spécifiques avec des éléments de construction présentant un avantage environnemental élevé dans des cas relativement simples de réutilisation. Selon les résultats du projet, les cas d'utilisation les plus prometteurs sont la réutilisation des d'éléments de construction en béton armé ainsi que d'éléments de construction métalliques provenant de l'aménagement intérieur lors d'une construction de remplacement sur place.
- Pour pouvoir appliquer le réemploi, un grand savoir-faire pratique est nécessaire. Les propriétaires de portefeuilles publics et privés peuvent acquérir ce savoir-faire de la manière la plus efficace en mettant en œuvre leurs propres projets pilotes avec le soutien de modèles locaux.
- Le réemploi ne peut contribuer de manière pertinente à l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur du bâtiment que s'il est associé à d'autres mesures. C'est pourquoi les mesures de régulation et de soutien doivent être majoritairement ouvertes à la technologie.

Summary

After considerable progress in reducing the operating energy of buildings, the goal of reducing grey energy or grey greenhouse gas (GHG) emissions in construction activities is gaining importance. The re-use of used components is a measure to reduce grey energy and GHG emissions. The question arises as to how important re-use can be in this context and how re-use can be established more broadly in the construction industry beyond implementation in individual pilot projects.

The aim of this project is to determine the potential of re-use to reduce grey energy and GHG emissions (environmental potential) at city level. The findings are intended to serve as a basis for sustainability strategies for public and private property owners. It will also show how the conditions for a broader implementation of re-use can be improved and which action approaches are available to various stakeholder groups within the construction industry.

Modelling

To quantitatively determine the environmental potential of re-use in construction activities, the city of Baden (Switzerland) as a case example was modelled up to the year 2050. The model developed in this project is used to forecast the quantities of different building components that will become available for re-use at city level in a given year due to demolition activities. The environmental potential of re-use is calculated by comparing the embodied energy or GHG with the grey energy or GHG arising for new construction. The reuse of used building components in a new building for the same purpose as the original one is considered. The continued use or conversion of existing buildings is not part of this study. The modelling of the quantities of building components in the existing building stock is based on building archetypes and building data of the city of Baden defined specifically for this study as well as the swissBUILDINGS3D 3.0 Beta data set from swisstopo. Archetypes for residential and office uses were defined for seven time periods between 1910 and 2022. The modelling of material flows is derived from demolition and new construction rates from the literature. The modelled quantities of building components were multiplied by the following environmental impact factors as outlined by the KBOB list: GHG emissions according to IPCC (2013), non-renewable primary energy (grey energy) and total environmental impact expressed in eco-points according to the ecological scarcity method (BAFU, 2021).

The greatest potential for reducing environmental impact lies in the re-use of structural components (ceilings, walls, roofs) made of reinforced concrete, sand-limestone and brick, as well as metal components from the interior fit-out (suspended ceilings, supports, raised floors). The modelling has shown that re-use can save 3.2% of grey GHG and 2.3% of grey energy for new construction activities in residential and office buildings in the city of Baden by 2050. This rather low proportion is on the one hand due to the fact that the city's building stock is expected to grow significantly until 2050. As a result, there will be a large net new build, for which no re-use components will be available and a substantial amount of primary material will be required. On the other hand, according to the model, only around a quarter of the existing building components can be reused after demolition. The results of the sensitivity analysis show that the potential savings in GHG emissions and grey energy can vary between -18% and +25% compared to the baseline scenario, depending on the parameters.

The environmental potential of re-use in a specific portfolio that can be utilized in a defined period depends mainly on two factors: on the one hand, construction activity (quantity required) and, on the other, the proportion of reusable components from demolitions (quantity available). Across Switzerland, the increase in space and the construction of additional buildings is significantly lower than in Baden. For municipalities and portfolio holders with less new buildings and a building stock that contains a higher proportion of reusable components (e.g. industrial buildings), re-use can play a more significant role in reducing grey GHG emissions. In addition, the potential of re-use will increase in the long term if future buildings are constructed with a focus on design for disassembly. At this point, it should be emphasized that the preservation of existing buildings should be prioritized over the mere preservation of building components. Re-use should be used when demolition is unavoidable.

Framework conditions and roadmap

In order to show how cities and municipalities can drive forward the implementation of re-use, an analysis of the current political, social, economic, legal and technical conditions for the re-use of building components was carried out and, based on interviews with experts, possible action approaches to support re-use were developed. These approaches were condensed into a roadmap for cities and municipalities at an all-day workshop with representatives of the authorities, re-use first movers, researchers and representatives of the construction industry. The roadmap contains action approaches that cities and municipalities can use as public owners to implement re-use in their own building portfolios; how they can support the local construction industry in developing expertise in the re-use of building components and how they can address the re-use conditions as regulators and promotion bodies.

The project results provide on multiple levels insights about the current and future contribution of building component re-use to reducing grey GHG emissions, resource consumption, and environmental pollution, and how this potential could be better exploited:

- If the existing potential for saving grey GHG emissions is to be exploited, the re-use of structural construction components (above all reinforced concrete) must receive greater practical focus. Additional attention should be directed toward easily dismantled components from interior fit-outs with a high GHG intensity.
- The limited availability of reused components in the short and medium term suggests that re-use will not be able to satisfy the potential demand from new construction in the foreseeable future. Against this background, the aim is not to achieve broad mainstreaming, but to establish re-use as a market segment alongside the sale of primary materials.
- Building owners are gatekeepers to a broader application of re-use. Under the current circumstances, they must actively create the conditions in construction and demolition projects to ensure that components enter the re-use market or can be reused.
- The environmental potential of re-use is increased in real estate portfolios with little new construction or a high proportion of reusable components. If owners of such portfolios position themselves as ‘re-use champions’, developing comprehensive expertise in the application of re-use components and utilizing reused components as standard, the environmental potential of re-use can be better exploited.
- Another approach to better exploit the environmental potential of re-use is to establish specific use cases for building components with high environmental benefits in simple, widespread applications in the construction industry. According to the project results, promising use cases include the re-use of structural reinforced concrete components and metal components from interior fit-outs in a new replacement building on site.
- A measure of practical know-how is required to be able to apply re-use. Public and private portfolio holders can acquire this know-how most effectively by implementing their own pilot projects with the support of local role models.
- Re-use can only significantly contribute to achieving the net-zero target in the building sector when combined with other measures. Regulatory and support measures should therefore be designed in a mainly technology-neutral way.

Take-home messages

- Bei der prognostizierten Zunahme an gebauter Wohn- und Bürofläche in der Stadt Baden wird Re-Use bis 2050 nicht ausreichen, um das Netto-Null-Ziel bei den grauen Treibhausgasemissionen zu erreichen. Es wird eine Kombination mit weiteren Massnahmen zur Reduktion der Umweltbelastung und der Treibhausgasemissionen nötig sein.
- Mit Blick auf ein weniger ausgeprägtes relatives Flächenwachstum auf schweizweiter Ebene im Vergleich zur stark wachsenden Stadt Baden und in einer künftig suffizienteren Gesellschaft sowie mit künftig Re-Use-fähigeren Gebäuden (Design for Disassembly) kann das Potenzial von Re-Use jedoch bedeutender ausfallen. Es ist folglich erstrebenswert, die Etablierung von Re-Use als Marktsegment in einer zirkulären Bauwirtschaft zu fördern.
- Städte und Gemeinden können sich durch die Anwendung von Re-Use im eigenen Gebäudeportfolio als lokale Vorbilder positionieren und lokale Bauherren dabei unterstützen, in Pilotprojekten Know-How zu Re-Use aufzubauen. Die im Projekt entwickelte Roadmap bietet Städten und Gemeinden eine Grundlage, um gemeinsam mit lokalen Akteuren eine Re-Use-Agenda zu verankern. Die Massnahmen der Agenda sollen darauf fokussieren, ausgewählte Portfoliohalter als «Re-Use-Champions» dabei zu unterstützen, umfassendes Know-how zum Einsatz von Re-Use-Bauteilen aufbauen und wiederverwendete Bauteile standardmässig einsetzen. Daneben sollen ausgewählte Use-Cases mit hohem Umweltnutzen wie die Wiederverwendung von Stahlbeton-Bauteilen bei Ersatzneubauten und die Vermarktung metallischer Bauteile aus Rückbauprojekten in der gesamten Bauwirtschaft verbreitet werden.
- Der Bund kann Städte und Gemeinden unterstützen, indem er wirksame Policy-Instrumente zur Vermeidung grauer Treibhausgasemissionen sowie zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs bereitstellt. Er kann die Entwicklung eines Standards für die Inventarisierung von Bauteilen koordinieren. Der Bund kann eigene Fördermassnahmen entwickeln oder lokale Förder- und Sensibilisierungsmassnahmen als Träger unterstützen. Ebenfalls soll Wiederverwendung stärker in die Abfallverordnung (VVEA, SR 814.6000) integriert werden. Der Bund kann weitere (Forschungs)projekte initiieren oder unterstützen, um präziser zu bestimmen, in welchen Bereichen Re-Use am effektivsten eingesetzt werden kann. Im Projekt zeigte sich Bedarf für (1) die Identifikation von Portfoliohaltern, die einen besonderen Nutzen von der Implementierung von Re-Use haben, (2) zur Evaluation des Potenzials für einen nationalen Markt für konstruktive Bauteile und (3) zur Entwicklung von geeigneten Beschaffungskriterien zur Einforderung der Minimierung von grauen Treibhausgasemissionen und für die konsequente Ressourcenschonung im Baubereich.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung **4**

Résumé **7**

Summary **10**

Take-home messages **12**

Inhaltsverzeichnis **13**

Abkürzungsverzeichnis **16**

1 Einleitung **17**

1.1 Ausgangslage und Hintergrund 17
1.2 Projektziele und Fragestellungen 17
1.3 Definitionen für den Projektkontext 18
1.4 Aufbau des Berichts 18

A Modellierung **20**

2 Bestehende Literatur **20**

3 Vorgehen und Methode **21**

3.1 Übersicht Modell 21
3.2 Gebäudedaten Stadt Baden 22
3.2.1 Datenauswahl für das Gebäudemodell: Ausschlusskriterien 22
3.2.2 Resultierender Gebäudebestand für das Gebäudemodell 26
3.3 3D Gebäudedaten 28
3.4 Einstufung der Wiederverwendbarkeit von Bauteilen 28
3.5 Definition der Gebäudearchetypen 29
3.6 Herleitung Bauteilmengen 31
3.7 Rückbau- und Neubauraten 33
3.7.1 Rückbauraten 33
3.7.2 Neubauraten 34
3.8 Berechnung projizierte Materialflüsse 36
3.9 Verifikation Mengenmodell 37
3.10 Bewertung des Umweltpotenzials 38
3.11 Sensitivitätsanalyse und Szenarien 39

4 Ergebnisse und Diskussion **41**

4.1 Modellierte Bauteilmengen 41
4.1.1 Verteilung Archetypen 41

4.1.2 Maximal wiederverwendbare Bauteile im Bestand (2022) ... 42
4.2 Ergebnisse Umweltpotenzial ... 46
4.2.1 Verbaute Umweltbelastung im Bestand (2022) ... 46
4.2.2 Einsparung von Umweltbelastung durch Re-Use bis 2050 (Baseline-Szenario) ... 47
4.2.3 Szenario «CE-friendly» & «CE-unfriendly» ... 50
4.2.4 Sensitivitätsanalyse ... 51
4.3 Diskussion ... 52
4.3.1 Das Potenzial von Re-Use bei der Erreichung des Netto-Null-Ziels in der Baubranche ... 52
4.3.2 Implikationen für die Praxis ... 54
4.3.3 Verallgemeinerbarkeit der Resultate ... 55
4.3.4 Limitierung der Modellierung ... 56

B Rahmenbedingungen und Roadmap ... 58

5 Vorgehen und Methode ... 58

5.1 Literaturanalyse ... 58
5.2 Interviews ... 58
5.3 Fachworkshop ... 59
5.4 Entwicklung Roadmap ... 61

6 Ergebnisse und Diskussion ... 62

6.1 Rahmenbedingungen und Handlungsfelder ... 62
6.1.1 Politische Rahmenbedingungen ... 62
6.1.2 Soziale Rahmenbedingungen ... 63
6.1.3 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen ... 64
6.1.4 Rahmenbedingungen des Planungs- und Bauprozesses ... 64
6.1.5 Technische und rechtliche Rahmenbedingungen ... 65
6.2 Roadmap für Städte und Gemeinden ... 66
6.2.1 Handlungsansätze und Akteursgruppen ... 66
6.2.2 Öffentliche Eigentümer ... 67
6.2.2.1. Strategie Kreislaufwirtschaft (H1.1) ... 68
6.2.2.2. Öffentliche Bauteildatenbank (H1.2) ... 68
6.2.2.3. Re-Use-Pilotprojekte (H1.3) ... 69
6.2.2.4. Vergabekriterien (H1.4) ... 70
6.2.3 Bauwirtschaft ... 71
6.2.3.1. Regionales Re-Use-Kompetenzzentrum (H2.1) ... 71
6.2.3.2. Partnerschaft für eine kreislauforientierte Bauwirtschaft (H2.2) ... 72
6.2.3.3. Nationale Bauteilbörse (H2.3) ... 72
6.2.4 Regulierung und Förderung ... 74
6.2.4.1. Spielraum im Bewilligungsprozess (H3.1) ... 74
6.2.4.2. Reduktion graue THGE und Ressourcenverbrauch in Förderlandschaft integrieren (H3.2) ... 75

6.2.4.3. Reduktion graue THGE und Ressourcenverbrauch in Raumplanung berücksichtigen (H3.3) 76
6.3 Diskussion ... 77
6.3.1 Rahmenbedingungen für die Wiederverwendung von Bauteilen ... 77
6.3.2 Roadmap ... 78
6.3.3 Implikationen für die Praxis ... 79

7 Schlussfolgerungen und Fazit ... 80

8 Ausblick und zukünftige Umsetzung ... 82

8.1 Modellierung ... 82
8.2 Rahmenbedingungen und Roadmap ... 82

9 Kommunikation ... 84

10 Literaturverzeichnis ... 85

11 Anhänge ... 88

11.1 Details zur Nutzung des Gebäudebestands ... 88
11.2 Rückbau- und Neubauraten ... 91
11.3 Modellierter Bauteilvorrat im Gebäudebestand (Stand 2022) ... 95
11.4 Kennzahl THG-Emissionen und graue Energie pro Neubaufläche ... 98
11.5 Resultate Umweltpotenzial ... 99
11.6 Grafiken Gesamtumweltbelastung ... 116
11.7 Grafiken Graue Energie ... 119
11.8 Interviewleitfaden ... 122
11.9 Workshop-Programm ... 124
... 124

Abkürzungsverzeichnis

AHD	Abhangdecke
BZ	Brutto zugebaute Fläche
CE	Circular Economy
DfD	Design for Disassembly
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
DLG	Dienstleistung
e-BKP-H	Elementbasierter Baukostenplan Hochbau
EFH	Einfamilienhaus
EN	Ersatzneubaufläche
EPS	Expandiertes Polystyrol
GF	Geschossfläche
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GIS	Geoinformationssystem
GK	Gipskarton
GWR	Gebäude- und Wohnregister
HPL	High Pressure Laminate
IG	Interessensgruppe
IND	Industrie
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
KS	Kalksandstein
LW	Landwirtschaft
MFH	Mehrfamilienhaus
NaN	Not-a-number
NNBS	Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz
NZ	Netto zugebaute Fläche
ÖE	Öffentliche Eigentümer
OG	Obergeschoss
PUR	Polyurethan
PVC	Poly-Vinyl-Chlorid
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
THGE	Treibhausgasemissionen
UBP	Umweltbelastungspunkte
Ue	Übrige
UG	Untergeschoss
VHF	Vorgehängte/hinterlüftete Fassade
XPS	Extrudiertes Polystyrol

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Hintergrund

Graue Energie bzw. graue Treibhausgasemissionen (THGE) machen insbesondere bei Neubauten bis zur Hälfte des gesamten Energieverbrauchs bzw. der THGE über den Lebenszyklus eines Gebäudes aus (z.B. Blengini & Di Carlo, 2010; Ramesh et al., 2010). Die Begriffe Graue Energie bzw. graue Treibhausgasemissionen beziehen sich auf den Bedarf an Energie bzw. die THGE, die durch den Rohstoffabbau, Herstellung, Verarbeitung, Transport, Rückbau und Entsorgung von Baumaterialien verursacht werden (nach Merkblatt SIA 2032:2010). Das Augenmerk in den Energieperspektiven 2050+ liegt bisher allerdings auf der Reduktion der Betriebsenergie von Gebäuden. Daher ist es entscheidend, auf dem Absenkpfad im Gebäudebereich Richtung Netto-Null Massnahmen zur Reduktion der grauen THGE zu entwickeln und zu fördern. Die Wiederverwendung von bereits verbauten Materialien und Bauteilen stellt eine mögliche Massnahme zur Reduktion von neu investierter grauer Energie bzw. grauen THGE bei Sanierungen, Um- und Neubauten dar und leistet zudem einen wichtigen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft.

Die Wiederverwendung (oder Re-Use) von Bauteilen wurde in der Schweiz bereits an verschiedenen Einzelprojekten erfolgreich demonstriert. Beim Gebäude K118 in Winterthur konnten durch die Wiederverwendung im Vergleich zu einem Neubau ohne Wiederverwendung zwischen ca. einem Drittel und über der Hälfte der grauen THGE eingespart werden, je nach Berechnungsmethode (Pfäffli, 2020). Das Know-How zu technischen Möglichkeiten und Voraussetzungen hat sich in den letzten Jahren stark vergrössert. Projekte wie das K118 sind jedoch nach wie vor als Pilotprojekte zu betrachten, in denen aus spezifischen Gründen ein spezieller Fokus auf den Einsatz von Re-Use-Bauteilen gelegt wurde. Es wurden gezielte Massnahmen zur Maximierung das Re-Use-Anteils getroffen, die vermutlich nicht in der Mehrheit der Bauaktivitäten umgesetzt werden können. Folglich stellt sich die Frage, welchen Beitrag Re-Use über einzelne Pilotprojekte hinaus auf breiterer Ebene zur Erreichung des Netto-Null-Ziels bei Bauaktivitäten leisten kann.

Im Gegensatz zu Massnahmen zur Reduktion der Betriebsenergie haben sich Re-Use-Konzepte noch nicht auf der Agenda von Bauherrschaften und Planenden etabliert. Genauso fehlt die Integration des Kreislaufgedankens bei Gebäuden in strukturellen Rahmenbedingungen der Bauwirtschaft (Normen, Gesetze, Businessmodelle, etc.) weitgehend. Es besteht also die Notwendigkeit, zu zeigen, wie die nötigen Rahmenbedingungen für eine breitere Umsetzung von Re-Use geschaffen werden können.

Antworten zu diesen Fragestellungen leisten eine Grundlage für Entscheidungen von öffentlichen und Privaten Bauherrschaften, welche Massnahmen zur Erreichung von Emissionszielen priorisiert werden sollen. Weiter können Ansätze geliefert werden, wie verschiedene Akteursgruppen in der Bau- und Immobilienbranche ihren Beitrag zur breiteren Umsetzung von Re-Use leisten können.

1.2 Projektziele und Fragestellungen

Ziel des Projekts ist es, das Potenzial der Wiederverwendung von Bauteilen zur Einsparung von grauer Energie und grauen THGE und von Umweltbelastungen bei Neubauten aufzuzeigen (Teil A). Der Blick wird dabei über Einzelfälle hinaus auf eine ganze Stadt mit verschiedenen Gebäudetypen und -nutzungen gerichtet. Somit soll der Stellenwert von Re-Use in Nachhaltigkeitsstrategien bzw. Absenkpfaden hin zum Netto-Null-Ziel von öffentlichen und privaten Immobilieneigentümerinnen und -eigentümern aufgezeigt werden.
Zudem werden in diesem Projekt Rahmenbedingungen für die Umsetzung von Re-Use auf verschiedenen Ebenen systematisch analysiert. Auf dieser Basis sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie Rahmenbedingungen angepasst werden können, um Re-Use in eine breitere Anwendung zu bringen (Teil B). Es wird gemeinsam mit Vertretenden von relevanten Akteursgruppen eine Roadmap zur Förderung von Re-Use im Umfeld einer Stadt entwickelt. Die Fallanalyse hat zum Ziel, die untersuchte sowie weitere Schweizer Städte dazu zu motivieren und zu befähigen, einen Beitrag

zur Förderung von Re-Use und damit zur Erreichung der eigenen sowie nationalen Klimazielen zu leisten.

Um diese Ziele zu erreichen, werden folgenden Forschungsfragestellungen bearbeitet:

1. Welches Potenzial zur Reduktion der grauen Energie, grauen THGE und der Umweltbelastungen bei Bautätigkeiten steckt im Ansatz der Wiederverwendung von Bauteilen und Materialien auf der Ebene einer Stadt?
2. Welchen Beitrag können Schweizer Städte und Gemeinden in Zusammenarbeit mit weiteren Akteuren dazu leisten, das Potenzial zur Wiederverwendung von Bauteilen besser auszuschöpfen?

Für dieses Projekt wurde bewusst auf Re-Use als einen konkreten Teilansatz der Kreislaufwirtschaft fokussiert, es war nicht der Anspruch alle Ansätze der Kreislaufwirtschaft einzubeziehen, denn dies hätte den Rahmen gesprengt.

1.3 Definitionen für den Projektkontext

Re-Use: Im Projekt wird auf die Wiederverwendung von Bauteilen aus Gebäudeabbrüchen, die sich noch für den Wiedereinbau in ein anderes Gebäude zum Ursprungszweck eignen, fokussiert. Es besteht insbesondere im Modellierungsteil des Projekts kein Anspruch, die Re-Use-Thematik allumfassend zu behandeln. Der Begriff Re-Use wird beispielsweise vermehrt auch im Zusammenhang mit dem Erhalt ganzer Gebäude verwendet. Unter Re-Use kann auch die Weiterverwendung eines Bauteils zu einem anderen als dem Ursprungszweck verstanden werden, wie z.B. die Weiterverwendung von Türen als dekorative Raumunterteilung. Letztere Aspekte von Re-Use wurden im vorliegenden Projekt nicht betrachtet.

Umweltpotenzial: Bei Bauteilen sind meist ihre Herstellung (Rohstoffgewinnung und Verarbeitung bis zum Bauteil) und Entsorgung die umweltintensivsten Lebenszyklusphasen. Wenn Bauteile länger genutzt werden, kann der Bedarf für die Herstellung von neuen Bauteilen vermindert, und zudem die Belastung der Herstellung auf mehr Lebensjahre verteilt werden. Die Berechnung des Umweltpotenzials basiert auf der Einsparung von Umweltbelastung durch Wiederverwendung von Bauteilen für denselben Zweck wie in ihrem ersten Lebenszyklus. Die Einsparungen sind dabei gleichzusetzen mit den Umweltbelastungen, die bei der Herstellung entsprechender neuer Bauteile entstanden wären. Dabei werden die drei gebräuchlichen Indikatoren der KBOB-Liste verwendet: graue Energie, Treibhausgasemissionen und Umweltbelastungspunkte gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Das Vorgehen bzgl. Umweltpotenzial wird in Kapitel 3.10 detailliert erläutert.

1.4 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht ist gemäss den zwei Projektteilen strukturiert. Teil A beinhaltet den quantitativen Teil zur Beantwortung von Fragestellung 1. Darin wird in Kapitel 2 bestehende Literatur und Modellierungsansätze, die unserem Vorgehen zugrunde liegen, aufgeführt. Kapitel 3 beschreibt den Aufbau des Modells und die verwendeten Datengrundlagen zur Prognose von Materialflüssen und dem damit verbundenen Potenzial zur Einsparung von Umweltbelastung durch Re-Use. Kapitel 4 erläutert die Ergebnisse der Modellierung. Es werden zunächst die im Jahr 2022 im Bestand vorhandenen Bauteilmengen (Kapitel 4.1) und damit verbundene Umweltbelastung (Kapitel 4.2.1) gezeigt. Weiter wird dargestellt, wie viel Umweltbelastung in den bis 2050 freiwerdenden Bauteilen liegt und welcher Anteil dies insgesamt im Vergleich zur aufzuwendenden Umweltbelastung für Neubauaktivitäten bis 2050 ausmacht (Kapitel 4.2.2.) Die Analyse von zwei Zukunftsszenarien zeigt, wie die Resultate vom Baseline Szenario abweichen könnten (Kapitel 4.2.3). Eine Sensitivitätsanalyse illustriert, welche Modellparameter die Resultate massgeblich beeinflussen (Kapitel 4.2.4). Schlussendlich werden in Kapitel 4.3 die Resultate der Modellierung diskutiert.

In Teil B wird die Fragestellung 2 beantwortet. In Kapitel 5 ist das Vorgehen zur Analyse der Rahmenbedingungen für Re-Use von Bauteilen sowie zur Entwicklung der Roadmap für Städte und Gemeinden zur Förderung von Re-Use dokumentiert. Kapitel 6.1 fasst die aktuellen politischen, sozialen, wirtschaftlichen, technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die Rahmenbedingungen des Planungs- und Bauprozesses zusammen. Ebenso werden mögliche Handlungsfelder und der Handlungsbedarf darin diskutiert. In Kapitel 6.2 ist die Roadmap für Städte und Gemeinden dargestellt. Die Roadmap zeigt Handlungsansätze mit konkreten Umsetzungsschritten für die Akteursgruppen Öffentliche Eigentümer, Bauwirtschaft sowie Regulierungs- und Förderstellen auf kommunaler Ebene. In Kapitel 6.3 werden die Ergebnisse von Teil B im Licht der Ergebnisse der Modellierung diskutiert und Implikationen für die Praxis sowie den künftigen Stellenwert von Re-Use von Bauteilen abgeleitet.

A Modellierung

2 Bestehende Literatur

Im Zusammenhang mit Baumaterialien und Gebäuden bestehen in der Schweiz verschiedene Modellierungsansätze. Ein Ansatz zur Modellierung wiederverwendbarer Bauteile ist uns jedoch bisher nicht bekannt. Dennoch stützt sich die vorliegende Studie in Teilen auf bestehende Ansätze. Im Folgenden wird eine Übersicht über die wichtigsten bestehenden Studien gegeben.

In Wüest & Partner AG (2015) und Gauch et al. (2016) wurden Baumaterialien im Gebäudepark Schweiz sowie Materialflüsse berechnet, wobei sich Gauch et al. (2016) auf das in Wüest & Partner AG (2015) ermittelte Materiallager stützt. In beiden Studien werden Mengen von Baumaterialien nach Materialkategorie, Bauwerkskategorie und Altersgruppen (Wüest & Partner AG, 2015) angegeben, jedoch nicht auf Ebene einzelner Bauteile (Türen, Fenster, Wand, etc.). Weiter wird in diesen Studien das Materiallager auf die gesamte Schweiz und nicht auf einzelne Städte berechnet, so dass die resultierenden Zahlen nicht für die vorliegende Modellierung verwendet werden können.

Forschende der ETH Zürich haben ein bottom-up Modell des Gebäudeparks Schweiz erstellt, um künftige Materialflüsse in unterschiedlichen Szenarien der Bautätigkeit in der Schweiz und damit verbundene Umwelteinflüsse zu modellieren (Heeren & Hellweg, 2019). Grundlage zur Ermittlung des Materiallagers war der Datensatz swissBUILDINGS3D 1.0 von swisstopo (2010) sowie die Materialzusammensetzung von Gebäudetypologien aus Ostermeyer et al. (2018). Beide Grundlagen wurden auch in der vorliegenden Studie verwendet.

Weiter existieren Ansätze zur Modellierung von Gebäuden in der Schweiz bezüglich deren Energieverbrauch für verschiedene Gebäudenutzungen und Bauperioden (Fonseca et al., 2016; Fonseca & Schlueter, 2015; Heeren et al., 2009). In diesen Studien konnten jedoch keine Angaben zur Materialisierung unterschiedlicher Gebäudetypologien gefunden werden, da mit typischen Wärmedurchgangskoeffizienten gerechnet wurde, jedoch keine zugehörige Materialität angegeben wird. Die Studie von Drouilles et al. (2019) stellt Daten für die Lebenszyklusanalyse von verschiedenen Gebäudearchetypen für Schweizer Wohngebäude zur Verfügung. Es wurde mit Archetypen für Neubau und Sanierung von Wohngebäuden gearbeitet. Da für die vorliegende Studie Archetypen für Wohn- und Bürogebäude verschiedener Bauperioden benötigt wurden, wurde bezüglich Materialisierung nicht auf die Archetypen von Drouilles et al. (2019) zurückgegriffen. Jedoch wurden die aggregierten LCA-Daten für die Prognose von gesamten Umweltwirkungen zukünftiger Bautätigkeiten in einem top-down Ansatz herangezogen (siehe Kapitel 3.10).

Mit Blick aufs Nachbarland Deutschland wurde eine Studie herangezogen, in der u.a. ein Stoffflussmodell zur Ermittlung von Baustoffströmen, assoziierten Umweltwirkungen und Massnahmen für eine regionale Kreislaufwirtschaft in Baden-Württemberg erstellt wurde (Volk et al., 2019). Hier wurde u.a. für die Region Baden-Württemberg eine Datenbank mit typischen Baustoffkategorien nach Gebäudetyp und Baualtersklasse basierend auf einzelnen Referenzgebäuden und synthetischen Gebäuden erstellt. Resultate daraus konnten nicht direkt weiterverwendet werden, da diese wiederum in Baustoffkategorien aggregiert sind (und nicht auf Ebene Bauteil verfügbar) und regionale Unterschiede in Bauweisen angenommen wurden.

3 Vorgehen und Methode

3.1 Übersicht Modell

Das entwickelte Modell dient zur Prognostizierung von Bauteilmengen auf Stadtebene, die in einem bestimmten Jahr für die Wiederverwendung verfügbar werden. Zudem kann durch Verknüpfung der Resultate mit Ökobilanzdaten das Umweltpotenzial der wiederverwendeten Bauteile quantitativ dargestellt werden. Das Modell wurde für das Fallbeispiel der Stadt Baden aufgestellt.

Der Aufbau des Modells ist in Abbildung 1 ersichtlich. In einem ersten Schritt wurden als Ausgangslage für das Jahr 2022 im Bestand der Stadt Baden vorhandene «Re-Use-Bauteile» (siehe weitere Erläuterung in Kap. 3.4) modelliert. Als Grundlage dazu dienten ein Datensatz zu den Gebäuden der Stadt Baden, der Datensatz swissBUILDINGS3D 3.0 Beta[1] von swisstopo sowie in dieser Studie definierte Gebäudearchetypen (siehe Kap. 3.5). Ausgehend vom Bestand wurden für den jeweiligen Zeitschritt mittels Rückbau- und Neubauraten für die Stadt Baden (siehe Kapitel 3.7) die Mengen an für die Wiederverwendung verfügbar werdenden Bauteilen sowie an für den Neubau benötigten Bauteilen berechnet. Aus der Bilanz zwischen Bestand, Rückbau und Neubau wurde der Bestand für den darauffolgenden Zeitschritt berechnet. Zur Ermittlung von Umweltpotenzialen wurden den für die Wiederverwendung verfügbaren und für den Neubau benötigten Bauteilen Ökobilanzdaten zugeordnet (für Vorgehen und Annahmen bzgl. Umweltpotenzial siehe Kapitel 3.10).

Für den Modelaufbau und die Datenanalyse wurde mit Python 3.7 und Excel gearbeitet.

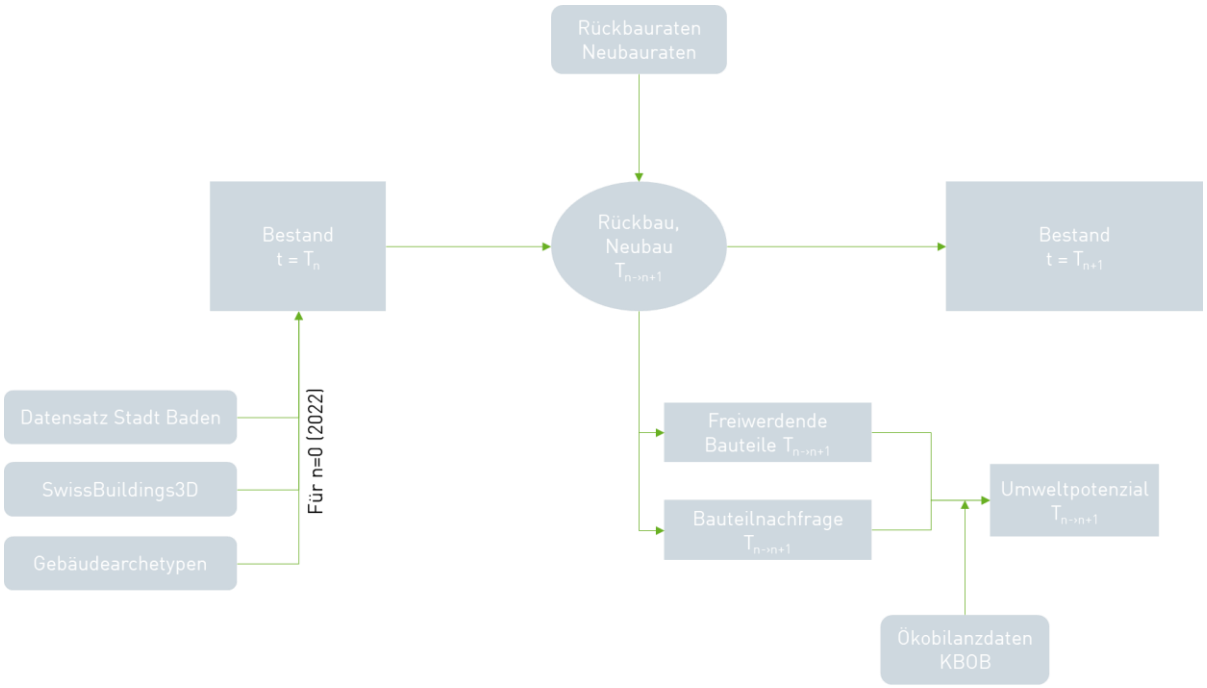


Abbildung 1: Konzeptionelle Darstellung des Modellaufbaus. Dargestellt sind verschiedene Berechnungsschritte und Inputdaten.

[1] Weitere Informationen: https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/buildings3d3.html#dokumente (aufgerufen am 09.08.2023)

3.2 Gebäudedaten Stadt Baden

Initial standen zwei Datensätze mit Informationen zum Gebäudebestand der Stadt Baden zur Verfügung: Der Datensatz des nationalen Gebäude- und Wohnungsregisters (Bundesamt für Statistik, 2022) und ein Datensatz der Stadt Baden, welcher auf dem GWR-Datensatz basiert und aufgrund interner Projekte der Stadt Baden, aktualisiert bzw. ergänzt wurde. Der Datensatz wurde mit Stand März 2023 zur Verfügung gestellt. Dennoch bezieht sich die Studie auf das Referenzjahr 2022. Da der Datensatz Baden als repräsentativer Datensatz für mehrere Stadt-interne Projekte verwendet wurde, wurde dieser dem GWR-Datensatz für dieses Projekt vorgezogen.

Tabelle 1 zeigt, welche Parameter aus dem Datensatz der Stadt Baden verwendet wurden und woher die jeweiligen Parameter stammen.

Tabelle 1: Für das Gebäudemodell verwendete Parameter aus dem Datensatz der Stadt Baden und deren Ursprung.

Parameter	**Ursprung**
Gebäudeklasse	iFernwärme[2]
Baujahr	iFernwärme
Anz. Stockwerke (GWR)	Gebäude- und Wohnungsregister (GWR)
Anz. Wohnungen	iFernwärme
Gebäudefläche	iFernwärme
Gebäude unter Denkmalschutz	Generiert aus BNO und Daten Kanton
Gebäudekategorie	Gebäude- und Wohnungsregister (GWR)

3.2.1 Datenauswahl für das Gebäudemodell: Ausschlusskriterien

Das Gebäudemodell der Stadt integriert nicht die Gesamtheit der existierenden Gebäude in der Stadt Baden. Im folgenden Abschnitt wird der Betrachtungsrahmen des Gebäudemodells und die Parameter, die zu einem Ausschluss von Gebäuden geführt haben, genauer erklärt.

Gebäudeklasse

Der Datensatz Baden verfügt über die gleiche Klassifizierung der Gebäude wie der GWR-Datensatz.

[2] «iFernwärme» ist ein Gebäudemodell, welches die Stadt Baden bei den Regionalwerke AG Baden entwickelt hat. Es dient als Planungstool für die Fernwärme.

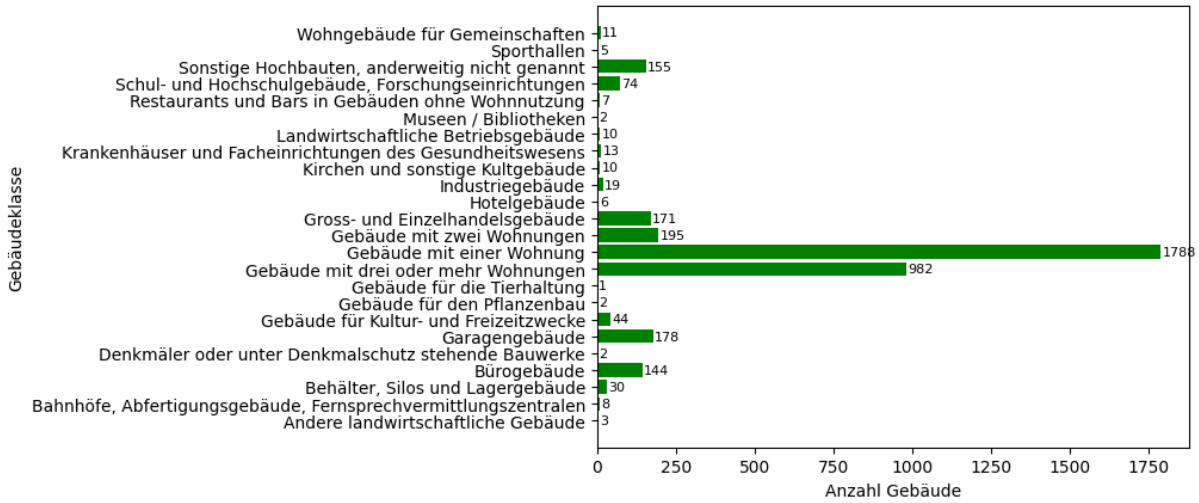


Abbildung 2: Verteilung des Gebäudebestandes auf die verschiedenen Gebäudeklassen (gem. GWR- Klassifizierung, Bundesamt für Statistik BFS, 2022) im Datensatz der Stadt Baden.

In Abbildung 2 ist ersichtlich, dass Wohngebäude am häufigsten vertreten sind. Gefolgt werden diese von Garagengebäuden (oftmals Tiefgaragen), Handelsgebäuden, Bürogebäuden, und sonstigen Hochbauten. Das Gebäudemodell beschränkt sich auf die Analyse von Wohn- und Bürogebäuden, da diese einen hohen Anteil der vorhandenen Gebäude ausmachen (insgesamt 80.7%; siehe Tabelle) und die besten Informationsgrundlagen bezüglich deren Materialisierung und wiederverwendbaren Bauteilen bestehen. Bei Garagengebäuden bzw. Tiefgaragen wird kein hohes Re-Use-Potenzial erwartet, da erdberührte Bauteile einerseits eine höhere Abnutzung erfahren und andererseits Tiefgaragen oft nicht von einem Rückbau betroffen sind und weitergenutzt werden.

Für die Analyse wurden die Gebäude der in Tabelle 2 aufgeführten Gebäudeklassen berücksichtigt.

Tabelle 2: Modellierte Gebäudeklassen und deren Anteil am gesamten Gebäudebestand der Stadt Baden (vor Datenbereinigung).

Gebäudeklasse	**GWR-Code**	**Anteil an Gesamtgebäudeanzahl in Baden**
Gebäude mit einer Wohnung	1110	46.3 %
Gebäude mit zwei Wohnungen	1121	5.0 %
Gebäude mit drei oder mehr Wohnungen	1122	25.4 %
Wohngebäude für Gemeinschaften	1130	0.3 %
Bürogebäude	1220	3.7 %
Total		80.7 %

Es gibt weitere Klassen, beispielsweise «Hotel» oder «Andere Gebäude für kurzfristige Beherbergungen», welche Ähnlichkeiten zu Wohngebäuden aufweisen. Jedoch ist die Anzahl dieser Gebäude klein, wie in Abbildung 2 ersichtlich ist, und das Risiko der Verfälschungen der Resultate durch Abweichungen zu gross, so dass diese nicht dem Archetyp «Wohnen» zugeordnet wurden. Ein separater Archetyp wurde aufgrund der kleinen Anzahl vorhandener Gebäude und fehlender Grundlagendaten zu derer Materialisierung nicht erstellt.

Denkmalschutz

Rund 10% der Gebäude in Baden sind kantonal und/oder städtisch denkmalgeschützt (siehe Tabelle). Diese Gebäude wurden aus dem Datensatz entfernt, da diese vor Rückbau geschützt sind und somit daraus keine Re-Use Bauteile gewonnen werden können.

Tabelle 3: Gebäudeverteilung bzgl. Denkmalschutz

Art des Denkmalschutzes	Anzahl betroffener Gebäude
Denkmalschutz – Kanton & Stadt	58
Denkmalschutz – Kanton	2
Denkmalschutz – Stadt	343
Kein Denkmalschutz	3461

Baujahr

Im Datensatz kommen Gebäude mit Baujahren zwischen 1360 und 2021 vor (siehe Abbildung 3). Gebäude mit einem Baujahr vor 1910 (ca. 10%) wurden aus dem Datensatz entfernt, da keine verlässliche Quelle zur Materialisierung der Gebäude und zu den Re-Use Bauteilen ausfindig gemacht werden konnte. Zudem wurde angenommen, dass die Bauteile in Gebäuden vor 1910 für Re-Use nicht brauchbar sind, da die Grosszahl der Bauteile ihre Lebensdauer überschritten haben. Vermutlich ist die Vielzahl der Gebäude saniert, aber solange keine verlässlichen Daten zu den Sanierungsmassnahmen vorhanden sind, welche auf brauchbare Re-Use Bauteile rückschliessen lassen, werden diese Gebäude von der Analyse ausgeschlossen.

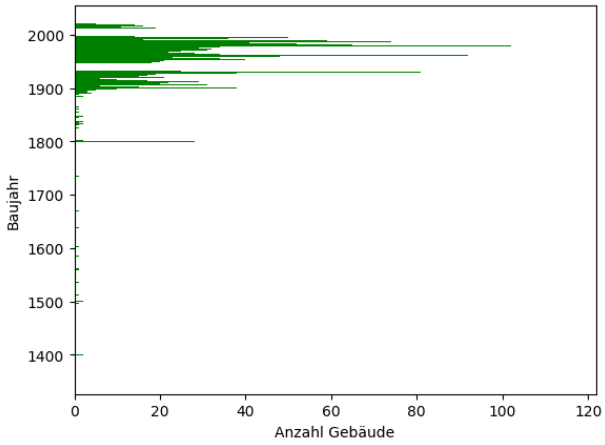


Abbildung 3: Anzahl Gebäude nach Baujahr

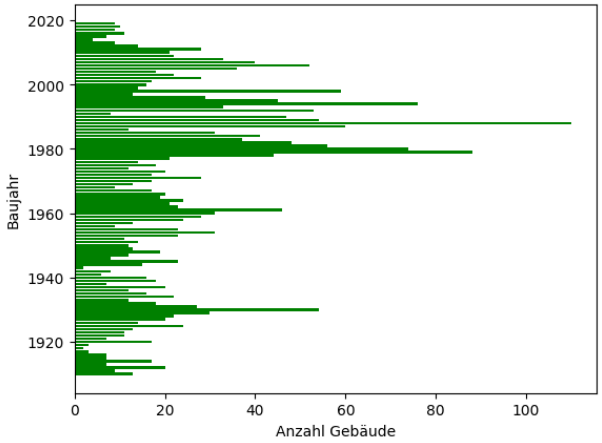


Abbildung 4: relevante Gebäude nach Baujahr. Als relevant gelten Wohn- und Bürogebäude, die nach 1910 gebaut wurden und nicht denkmalgeschützt sind.

Fehlende Einträge

Einige Einträge sind nicht komplett ausgefüllt im Datensatz Baden und sind mit «NaN» («Not-a-number») vermerkt. Tabelle 4 zeigt die betroffenen Parameter auf. Diese Gebäude wurden aus dem Datensatz entfernt. Eine Vielzahl der betroffenen Gebäude erwiesen sich zudem als «Gebäudezusätze». So wurden beispielsweise Gartenhäuschen oder kleinere Garagen als Wohngebäude deklariert.

Tabelle 4: Anzahl fehlender Einträge pro Paramater im Datensatz Baden

Parameter	**Anzahl «NaN» Einträge**
Gemeinde	81
Gebäudeklasse	4
Baujahr	4
Anzahl Stockwerke	75
Anzahl Wohnungen (GWR)	81

Nach Bereinigung des Datensatzes bleiben von den anfänglichen 3864 Gebäuden rund 2581 übrig. Dies entspricht einem Anteil von rund 67%. Teilweise führt mehr als 1 Ausschlusskriterium zum Ausschluss eines bestimmten Gebäudes, sodass nicht die Summe der ausgeschlossenen Gebäude je Kriterium, sondern die Summe der ausgeschlossenen Gebäude durch Kombination aller Kriterien relevant ist. Die Verteilung der verschiedenen Ausschlusskriterien ist in Abbildung 5 ersichtlich.

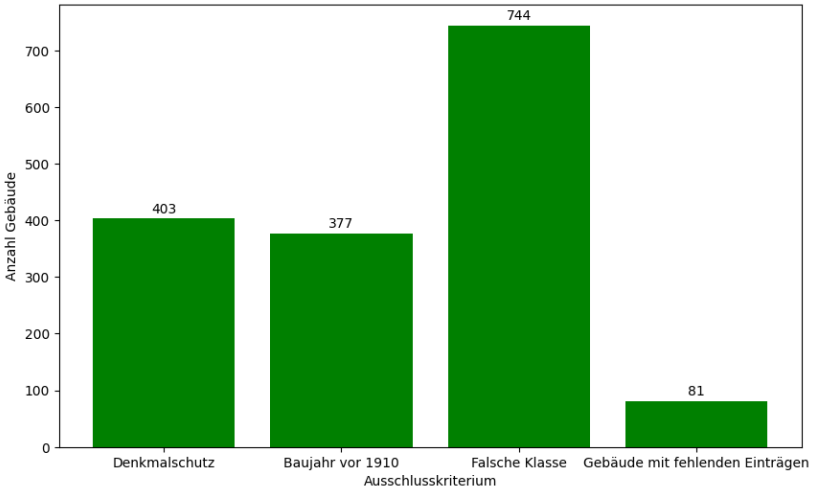


Abbildung 5: Anzahl Gebäude, die pro Ausschlusskriterium nicht beachtet werden. Die Summe der vier Werte ist höher als die totale Anzahl von ausgeschlossenen Gebäuden aufgrund von Überschneidungen.

3.2.2 **Resultierender Gebäudebestand für das Gebäudemodell**

Nach Bereinigung des Datensatz Baden ergibt sich eine Verteilung der Gebäudeklassen wie in Abbildung 6 ersichtlich. In Abbildung 7 und im Anhang sind die Gebäudeklassen aus Abbildung 6 in Gebäudekategorien aufgeteilt. Nach genauer Betrachtung ist sichtbar, dass etwa 11% der Wohngebäude entweder Wohngebäude mit Nebennutzung oder Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung sind. 89% der Gebäude dienen ausschliesslich der Wohnnutzung. Entweder sind fast keine Mischnutzungen enthalten in der Stadt Baden oder der verwendete Datensatz ist hierfür zu ungenau. Da es sich um einen kleinen Anteil Mischnutzungen handelt, welche im Datensatz nicht weiter beschrieben werden, werden die Gebäude als reine Büronutzung bzw. reine Wohnnutzung angeschaut (beispielsweise wird ein Wohngebäude mit Nebennutzung als Wohngebäude klassifiziert).

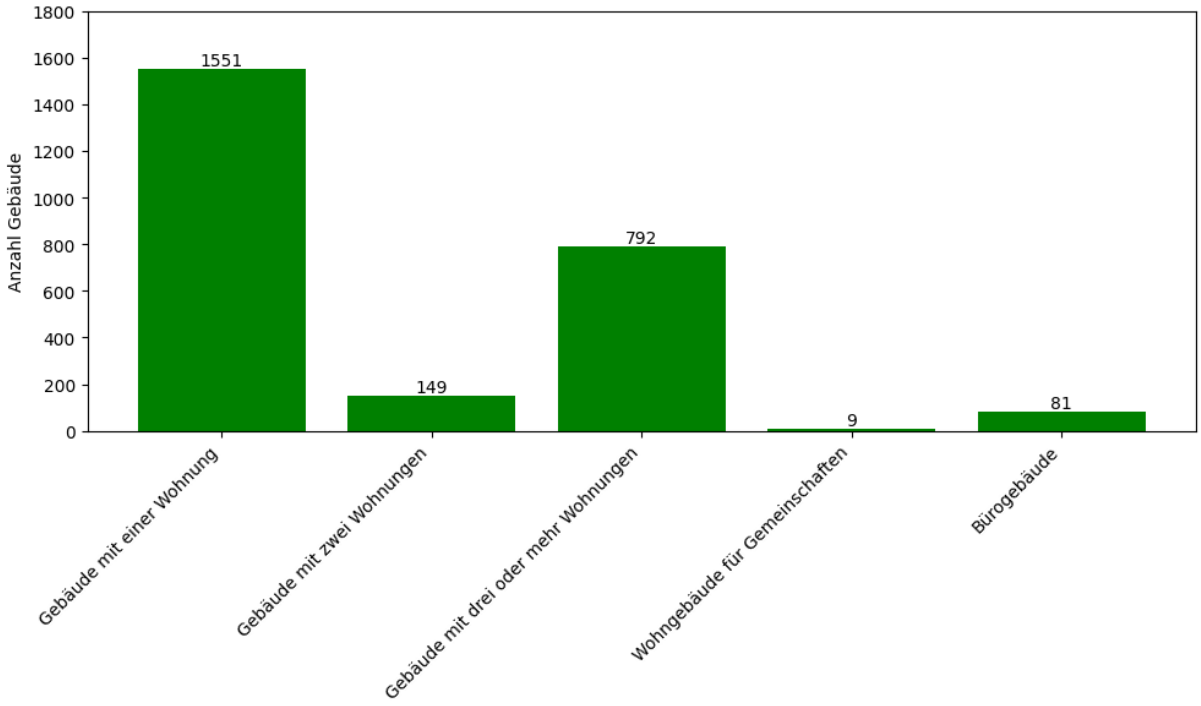


Abbildung 6: Verteilung der Gebäude im finalen Datensatz nach Gebäudeklassen

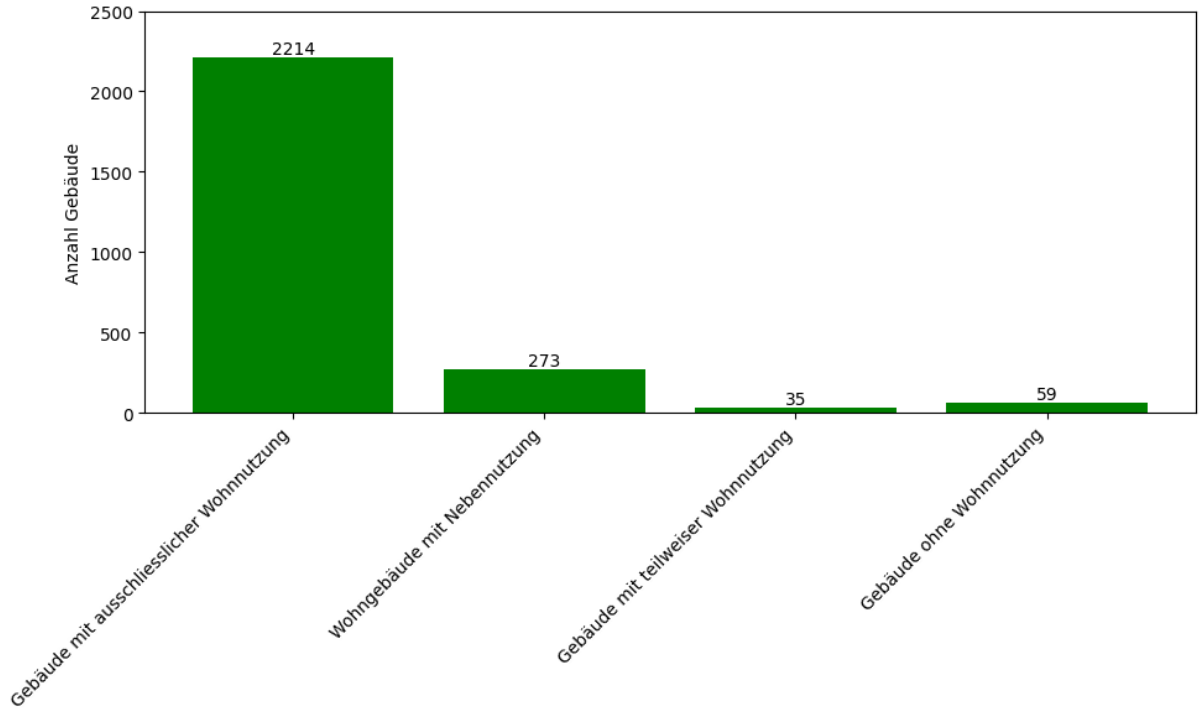


Abbildung 7: Verteilung der Gebäude im finalen Datensatz nach Gebäudekategorie

3.3 3D Gebäudedaten

Zusätzlich wurde für geometrische Informationen der Gebäude der öffentlich verfügbare Datensatz swissBUILDINGS3D 3.0 Beta[3] von swisstopo verwendet. swissBUILDINGS3D 3.0 Beta ist ein Vektordatensatz, aus dem für jedes Gebäude die nötigen geometrischen Informationen (Aussenwandfläche, Dachfläche, etc.) zur Berechnung der Bauteilmengen extrahiert werden konnten. Dieser Vorgang wurde als Teil der Masterarbeit von Sandro Lorenz (Lorenz, 2023) am Institut für Umweltingenieurwissenschaften, Lehrstuhl für ökologisches Systemdesign durchgeführt und ist in dieser genauer beschrieben. Für dieses Projekt wurden die benötigten Gebäudegeometrien in Excel-Form zur Verfügung gestellt. Der Datensatz enthält die Variablen Dachform, Dachneigung, Dachfläche, Aussenwandfläche über Terrain und Gebäudehöhe (vgl. Tabelle 6).

3.4 Einstufung der Wiederverwendbarkeit von Bauteilen

Als Grundlage für die Definition der Gebäudearchetypen wurde eine Auswahl von typischerweise wiederverwendbaren Bauteilen, die in der Modellierung berücksichtigt werden sollten, erstellt. Es wurden Bauteile berücksichtigt, die aufgrund von bisherigen Erfahrungen bzw. nach aktuellem Stand der Technik (siehe Quellen in Beilage 1: Übersicht Re-Use Bauteile) mit verhältnismässigem Aufwand wiederverwendet werden können und die in Bezug auf ihre verbaute Menge in einem Gebäude sowie ihre hohe Umweltbelastung in der Herstellung (CO_2-intensiv, energieintensiv oder anderweitig hohe Umweltbelastung) bei Wiederverwendung potenziell einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der Umweltbelastung des Bauens beitragen können. Weiter wurde bei der Auswahl wiederverwendbarer Bauteile eine mögliche Behaftung mit Gebäudeschadstoffen berücksichtigt.

Sämtliche konstruktive Bauteile (Wand-, Boden-, Decken-, Dachkonstruktion) wurden als grundsätzlich wiederverwendbar betrachtet. Die Machbarkeit der Wiederverwendung von konstruktiven Bauteilen wird von konventionellen Planenden und Bauunternehmen oft als schwierig eingestuft. Aktuelle wissenschaftliche Studien von Küpfer et al. (2023, 2024) zeigen jedoch, dass es international eine Vielzahl von Anwendungen dieser Praxis gibt und technische Möglichkeiten vorhanden sind. Da weiter das Potenzial zur Einsparung von grauen CO_2-Emissionen mit der Wiederverwendung von insb. Beton erheblich ist, wird eine Wiederverwendung von konstruktiven Bauteilen im Sinne einer zukunftsgerichteten Betrachtung berücksichtigt.

Gebäudetechnische Installationen (inklusive Leuchtmittel) wurden vollständig aus der Betrachtung ausgeschlossen, da eine allgemeine Beschreibung von vorhandenen Mengen und Charakteristika von technischen Installationen auf Ebene Gebäudearchetyp im Rahmen dieses Projekts nicht möglich war und deren Wiederverwendbarkeit von zusätzlichen Faktoren (aktuelle Qualitäts- und Sicherheitsvorgaben, etc.) abhängt.

Beilage 1: Übersicht Re-Use Bauteile gibt eine Übersicht über die in der Modellierung betrachteten Re-Use-Bauteile nach e-BKP-H Struktur mit Angaben zur Wiederverwendbarkeit und Quellenangaben.

[3] Weitere Informationen: https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/buildings3d3.html#dokumente (aufgerufen am 09.08.2023)

3.5 Definition der Gebäudearchetypen

Da keine flächendeckende Datengrundlage zur Materialisierung der Gebäude der Stadt Baden zur Verfügung stand, wurde mit Gebäudearchetypen gearbeitet. Für verschiedene Nutzungen und Bauperioden wurden Archetypen definiert, die eine typische Materialisierung eines Gebäudes der jeweiligen Nutzung und Bauperiode beschreiben. Die Materialisierung eines Archetyps wurde lediglich hinsichtlich der wiederverwendbaren Bauteile beschrieben. Es wurden also nicht alle in einem Gebäude vorkommenden Bauteile bzw. deren vollständiger Schichtaufbau erfasst, sondern nur diejenigen, die sich für die Wiederverwendung eignen. Es wurden Archetypen für die Nutzungen Wohnen und Büro für sieben Zeitperioden zwischen 1910 und 2022 definiert.

Als Grundlage zur Definition der Archetypen dienten angewandte Studien zu Bestandsgebäuden (BMVBS, 2011; Pfäffli & Züger, 2013), Hilfsmittel zur energetischen Bewertung von Bestandsgebäuden (dena, 2004), Erfahrungen aus Projekten von intep sowie Expertenwissen des Badener Architekturbüros Burkard Meyer. Die definierten Archetypen wurden mit den Typologien aus Ostermeyer et al. (2018) plausibilisiert.

Tabelle 5: Übersicht über die definierten Gebäudearchetypen und deren grundlegenden Eigenschaften. Die Spalte «Anteil Vorkommen» beinhaltet die getroffenen Annahmen zur relativen Verteilung verschiedener Archetypen innerhalb derselben Bauperiode. WDVS: Wärmedämmverbundsystem, VHF: Vorgehängte / hinterlüftete Fassade.

ID	Nutzung	Bauperiode	Bauweise	Fassadentyp	Dachtyp	Anteil Vorkommen
A1-1	Wohnen	1910 - 1945	Massivbau	ungedämmt, Lochfassade	Schrägdach	1
A1-2	Wohnen	1946 - 1965	Massivbau	ungedämmt, Lochfassade	Schrägdach	1
A1-3	Wohnen	1966 - 1980	Massivbau	gedämmt, Lochfassade	Flachdach	1
A1-4	Wohnen	1981 - 1990	Massivbau	gedämmt, Lochfassade	Flachdach	1
A1-5	Wohnen	1991 - 2015	Massivbau	WDVS, Lochfassade	Flachdach	1
A1-6	Wohnen	2016 - 2022	Massivbau	WDVS, Loch-/Bandfassade	Flachdach	0.85
A1-7	Wohnen	2016 - 2022	Massivbau	VHF, Loch-/Bandfassade	Flachdach	0.1
A1-8	Wohnen	2016 - 2022	Holzbau	VHF, Loch-/Bandfassade	Flachdach	0.05
A2-1	Büro	1910 - 1945	Massivbau	ungedämmt, Lochfassade	Schrägdach	1
A2-2	Büro	1946 - 1965	Massivbau	ungedämmt, Lochfassade	Flachdach	1
A2-3	Büro	1966 - 1980	Massivbau	gedämmt, Lochfassade	Flachdach	1
A2-4	Büro	1981 - 1990	Massivbau	gedämmt, Lochfassade	Flachdach	1
A2-5	Büro	1991 - 2015	Massivbau	WDVS, Loch-/Bandfassade	Flachdach	0.8
A2-6	Büro	1991 - 2015	Massivbau	VHF, Loch-/Bandfassade	Flachdach	0.2
A2-7	Büro	2016 - 2022	Massivbau	WDVS, Loch-/Bandfassade	Flachdach	0.5
A2-8	Büro	2016 - 2022	Massivbau	VHF, Loch-/Bandfassade	Flachdach	0.5

Tabelle 5 zeigt eine Übersicht über die für die Modellierung definierten Archetypen und deren grundlegenden Eigenschaften. Für gewisse Zeitperioden wurden je Nutzung mehrere Archetypen definiert, um unterschiedliche Bauweisen bzw. Fassadentypen zu berücksichtigen. Das Vorkommen dieser Archetypen in einer Zeitperiode je Nutzung wurde mit bestimmten Anteilen (siehe Spalte «Anteil Vorkommen» in Tabelle 5) angenommen.

Für die Materialisierung der Archetypen wurde eine Auswahl an betrachtungsrelevanten Bauelementen nach e-BKP-H-Struktur getroffen:

- C2.1 Aussenwandkonstruktion (überirdisch)
- C2.2 Innenwandkonstruktion
- C4.1 Decke
- C4.4 Dachkonstruktion
- E2.3 Fassadenbekleidung
- E3.1 Fenster
- E3.2 Tür, Tor
- F1.2 Flachdach
- F1.3 Geneigtes Dach
- G1.1 Feststehende Trennwand
- G1.4 Innentür, Innentor
- G2.1 Unterkonstruktion zu Bodenbelag
- G2.2 Fertiger Bodenbelag
- G4.2 Fertige Deckenbekleidung

Jedem Bauelement in einem Archetyp wurde ein wiederverwendbares Bauteil zugeordnet (vgl. Abschnitt 3.4 und Abbildung 8), wobei ein Bauteil eine spezifische Ausführung eines Bauelements darstellt. Es wurden jeweils nur überirdische Gebäudeelemente betrachtet. Bei Untergeschossen und erdberührten Bauteilen wurde eine geringere Eignung zur Wiederverwendung angenommen: Erdberührte Bauteile haben tendenziell bei einem Rückbau eine stärkere Abnutzung erlebt. Weiter werden bei einem Rück- und Ersatzneubau oft nur die oberirdischen Geschosse rückgebaut und Untergeschosse (insb. Tiefgaragen) weiterverwendet, so dass hier keine Bauteile für die Wiederverwendung anderswo entnommen werden.

Gewisse Bauteile wurden bezüglich Materialisierung in unterschiedlicher Ausführung betrachtet. Zum Beispiel kann die Aussenwand eines zwischen 1991 und 2015 erbauten Wohngebäudes sowohl aus Backstein, Kalksandstein oder Stahlbeton erstellt sein. Unterschiedliche Materialisierungsvarianten eines Bauteils wurden mit einem Anteil Vorkommen (in Summe 100%) berücksichtigt (vgl. Abbildung 8).

Fenster wurden ab dem Jahr 2012 als wiederverwendbar betrachtet, da seit 2012 der aktuelle U-Wert für Fenster in der Energieverordnung des Kantons Aargau gilt. Dämmstoffe aus Mineralwolle wurden ab dem Jahr 1996 als wiederverwendbar eingestuft, da früher hergestellte künstliche Mineralfasern ein Gesundheitsrisiko darstellen können[4]. Dämmstoffe aus XPS wurden ab dem Jahr 2015 berücksichtigt, da ab dann die Verwendung von Flammschutzmitteln verboten ist (Wiprächtiger et al., 2020).

Eine Übersicht der verwendeten Gebäudearchetypen und deren Materialisierung ist in Beilage 2: Gebäudearchetypen und Beilage 3: Materialisierung Gebäudearchetypen zu finden.

Die Gebäude aus dem Datensatz der Stadt Baden wurden basierend auf deren Baujahr und Gebäudeklasse dem entsprechenden Archetyp zugeordnet. Die Gebäudeklassen «Gebäude mit einer Wohnung», «Gebäude mit zwei Wohnungen» und «Gebäude mit drei oder mehr Wohnungen»

[4] https://www.csd.ch/de-de/uber-uns/documentation-brochures/1-9_fibres-minerales-artificielles (aufgerufen am 10.08.2023)

(sieheTabelle 5) wurden dem Archetyp «Wohnen» zugeordnet. Gebäude mit der Gebäudeklasse «Bürogebäude» wurden dem Archetyp «Büro» zugeordnet.

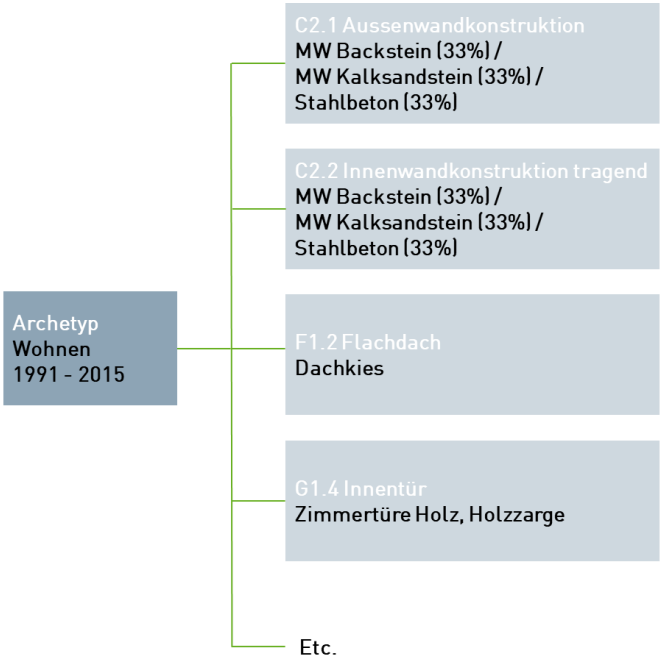


Abbildung 8: Exemplarische Darstellung eines Archetyps mit Zuordnung von wiederverwendbaren Bauteilen zu Bauelementen nach e-BKP-H (MW: Mauerwerk). Die Prozentzahlen in C2.1 und C2.2 geben an, mit welchem Volumenanteil die jeweilige materielle Ausführung des Bauteils berücksichtigt wurde.

3.6 Herleitung Bauteilmengen

Zur Berechnung der vorhandenen Bauteilmengen basierend auf den Gebäudearchetypen und (geometrischen) Gebäudeinformationen der Gebäude der Stadt Baden wurden verschiedene quantitative Angaben benötigt, wovon einige auf Annahmen beruhen. Eine Übersicht über die verwendeten Parameter gibt Tabelle 6. Details zu den Berechnungsschritten für die Bauteilmengen der Gebäudeelemente nach e-BKP-H sind in Beilage 4: Berechnungsformeln Bauteilmengen zu finden.

Bauteilmengen wurden nicht je Bauteil mit Bezug auf die einzelnen Gebäude der Stadt berechnet. Vielmehr wurde die Gesamtmenge je Bauteil ausgehend von den Dimensionen der Gebäude, in denen ein Bauteil gemäss Archetyp vorkommt, berechnet.

Tabelle 6: Übersicht über die verwendeten Parameter zur Berechnung der Bauteilmengen.

Parameter	Einheit	Annahme	Datengrundlage
Anteil Vorkommen Materialisierung Bauteil	%	Für unterschiedliche Ausführungen eines Bauteils (z.B. Aussenwand) wurden Annahmen getroffen, wie oft die jeweilige Ausführung im entsprechenden Gebäudearchetyp vorkommt (siehe Abbildung 8). Annahmen variieren zwischen Bauteilen und Zeitperioden. Basis dafür waren Erfahrungen aus eigenen Projekten sowie vom Architekturbüro Burkard Meyer aus Baden.	

Parameter	Einheit	Annahme	Datengrundlage
Anteil Wiederverwendbar	%	Bauteile wurden nur zu einem Anteil wiederverwendbar angenommen. Gründe dafür sind Verluste beim Ausbau, mangelhafte Qualität aufgrund Abnutzung, Schadstoffbelastung oder Mangel einer passenden Möglichkeit zur Wiederverwendung. Grundsätzlich wurde von einem wiederverwendbaren Anteil von 70% ausgegangen. Für einzelne Bauteile wurde der Anteil z.B. aufgrund des Alters oder schwieriger Machbarkeit der Wiederverwendung des Bauteils (insb. tragende Struktur) reduziert.	
Schichtdicke Bauteil	m	Je Bauteil wurde eine pauschale Schichtdicke basierend auf Erfahrungswerten angenommen.	
Fensterflächenanteil	%	Aus dem Datensatz swissBUILDINGS3D von swisstopo sind keine Fensterflächen enthalten. Es wurde, abhängig von Bauperiode und Nutzung ein Anteil Fensterfläche an der Aussenwandfläche (über Terrain) basierend auf Erfahrungswerten angenommen.	
Anteile Glas / Rahmen Fenster	%	Basierend auf Erfahrungswerten aus eigenen Projekten wurde für den Glasanteil unabhängig von Nutzung und Baujahr ein Prozentsatz angenommen.	
Laufmeter Innenwand / Geschossfläche GF	m	Es wurden die Werte für drei unterschiedliche Grundrisstypen aus der "Anleitung Berechnung Graue Energie", Version 1.2, 2021 von Minergie-ECO verwendet (siehe https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/eco/; aufgerufen am 11.08.2023).	Anleitung Berechnung Graue Energie (Minergie-Eco, 2021)
Anteil tragende und nicht-tragende Innenwände	%	Es wurde je nach Grundrisstyp ein Prozentsatz angenommen.	
Anzahl Innentüren / Geschossfläche GF für Büronutzung	Anzahl	Aus einem eigenen Projekt wurde ein Kennwert berechnet. Für die Nutzung Wohnen wurde die Anzahl Türen anhand einer durchschnittlichen Anzahl Zimmer ermittelt.	
Anzahl Aussentüren / Gebäude	Anzahl	Es wurde pauschal eine Tür pro Gebäude angenommen.	
Dimensionen Innen-/Aussentüren	m^2	Basierend auf Erfahrungswerten aus eigenen Projekten wurde für Innen- und Aussentüren jeweils pauschal eine Dimension angenommen.	
Anzahl Sanitärapparate / Wohnung	Anzahl	Es wurde unabhängig von der Wohnungsgrösse pauschal jeweils ein Lavabo, WC und Badewanne pro Wohnung angenommen.	

Parameter	Einheit	Annahme	Datengrundlage
Anzahl Sanitärapparate Büro	Anzahl	Sanitärapparate wurden pro Stockwerk berechnet: Jeweils eine Nasszelle für Damen und Herren mit jeweils 2 WCs und einem Lavabo.	
Anteil Bodenfläche mit Parkett bzw. Doppelboden / Geschossfläche GF	%	Die betrachteten Bodenbeläge (Parkett und Doppelboden) sind jeweils nicht in allen Räumen eines Gebäudes vorhanden. Basierend auf Erfahrungswerten wurde ein Anteil der Geschossfläche mit dem entsprechenden Bodenbelag angenommen.	
Dachform		Gem. Datensatz sind drei Formen möglich: Giebeldach, Flachdach, gemischt. Dächer mit gemischter Form wurden aus der Berechnung ausgeschlossen, da keine Zuordnung von Teilflächen zu den beiden Formen möglich war.	swissBUILDINGS3D
Dachneigung	Grad		swissBUILDINGS3D
Dachfläche	m^2		swissBUILDINGS3D
Aussenwandfläche über Terrain	m^2		swissBUILDINGS3D
Gebäudehöhe	m		swissBUILDINGS3D
Gebäudefläche	m^2		Datensatz Baden
Anzahl Wohnungen	Anzahl		Datensatz Baden
Baujahr	Jahr		Datensatz Baden
Nutzung	Gebäudekategorie und Gebäudeklasse		Datensatz Baden
Anzahl Stockwerke	Anzahl	Falls für ein Gebäude diese Angabe nicht im Datensatz vorhanden war, wurde die Anzahl Stockwerke mit 1 angenommen.	Datensatz Baden

3.7 Rückbau- und Neubauraten

Für die Berechnung der projizierten Materialflüsse ausgehend vom Ist-Zustand wurden Rückbau und Neubauraten für die Stadt Baden herangezogen. Für die Nutzungen Wohnen und Büro wurde jeweils unterschiedliche Raten verwendet. Im Folgenden werden die herangezogenen Datengrundlagen und Herleitung der verwendeten Raten erläutert. Der betrachtete Zeithorizont für die Modellierung erstreckt sich auf das Jahr 2050.

3.7.1 Rückbauraten

Für die Rückbauraten wurde die Studie «Bauabfälle in der Schweiz – Hochbau» von Wüest & Partner aus dem Jahr 2015 (Wüest & Partner AG, 2015) herangezogen. Hier werden modellierte Abbruchquoten nach Gebäudealter und Nutzung als Schweizer Mittelwert angegeben (siehe Abbildung 9; basierend auf Daten aus dem Zeitraum 2001-2014). Weiter wird eine Abweichung dieses Mittelwerts nach Gemeindetyp angegeben. Für die vorliegende Studie wurde die Abweichung von 5% für Städte und Agglomerationszentren auf den Mittelwert angewendet (siehe Tabelle 21 im Anhang).

Für die Nutzung Wohnen wurde ein Mittelwert der Nutzung EFH und MFH und für Büro die Werte für die Nutzung DLG aus Abbildung 9 verwendet.

Es wurde angenommen, dass die Abbruchquote für ein bestimmtes Gebäudealter im Zeitraum 2022 – 2050 gleich der Quote im Jahr 2015 für dasselbe Gebäudealter bleibt. Die für die Modellierung verwendeten Quoten sind in Tabelle 22 und Tabelle 23 im Anhang ersichtlich.

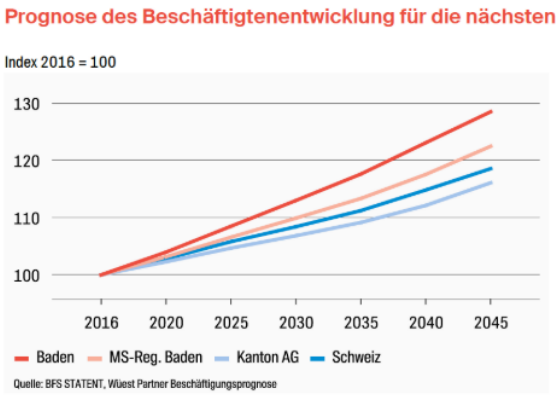
Altersgruppe / Nutzungen	EFH	MFH	DLG	IND	LW	Ue
1 Bis 1900	0.10%	0.09%	0.04%	0.39%	0.12%	0.06%
2 1900-1946	0.28%	0.26%	0.18%	1.31%	0.29%	0.25%
3 1947-1960	0.37%	0.41%	0.25%	0.99%	0.36%	0.39%
4 1961-1975	0.24%	0.27%	0.22%	0.66%	0.34%	0.33%
5 1976-2000	0.08%	0.10%	0.13%	0.28%	0.28%	0.22%
6 Ab 2001	0.01%	0.02%	0.03%	0.04%	0.10%	0.06%

Abbildung 9: Modellierte Abbruchquoten nach Gebäudenutzung und -Alter aus (Wüest & Partner AG, 2015) basierend auf Daten aus dem Zeitraum 2001-2014.

3.7.2 **Neubauraten**

Die Neubauraten wurden für Wohngebäude gleich dem Bevölkerungswachstum und für Bürogebäude gleich der Beschäftigtenentwicklung angenommen. Für beide Entwicklungen stehen Projektionen bis zum Jahr 2045 aus dem Bericht «Vorprojekt Zukunft Baden Nord» (Daguati, 2021), die wiederum aus Modellierungen von Wüest & Partner stammen, zur Verfügung (siehe Abbildung 10 und Abbildung 11). Die Projektionen für die Bevölkerungsentwicklung von Wüest und Partner wurden mit denjenigen der kantonalen Bevölkerungsstatistik (Kanton Aargau Statistik, 2023) verglichen (siehe Abbildung 12). Da beide Trends eine ähnliche Steigung aufweisen und erstere Daten bereits in einer Studie für Baden verwendet wurden, wurden diese auch für die vorliegende Studie gewählt.

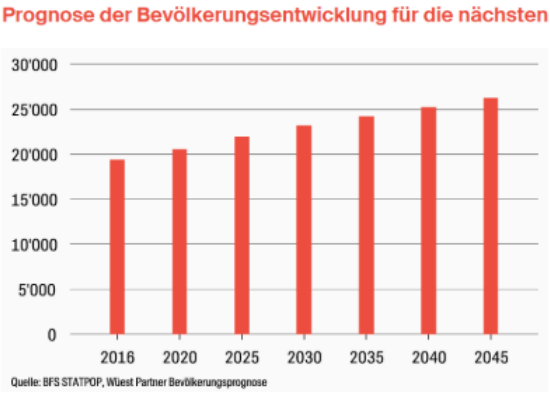
Die vorhandenen Datenpunkte wurden mittels linearer Regression für den Zeitraum 2022 – 2050 extrapoliert; die daraus resultierenden Zahlen sind in Tabelle 24 im Anhang zu finden. Die Fläche der modellierten Bürogebäude nimmt zwischen 2022 und 2050 um 84'644 m^2 (von 329'179 m^2 auf 413'823 m^2) zu. Die Fläche der modellierten Wohngebäude nimmt zwischen 2022 und 2050 um 368'423 m^2 (von 1'177'809 m^2 auf 1'546'232 m^2) zu.



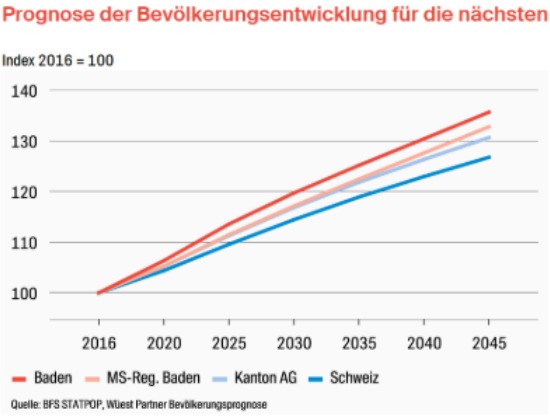
	Baden	MS-Reg. Baden	Kanton AG	Schweiz
2016	100.0	100.0	100.0	100.0
2020	104.0	103.2	102.3	102.8
2025	108.5	106.6	104.7	105.8
2030	113.0	109.9	106.8	108.4
2035	117.6	113.3	109.1	111.2
2040	123.1	117.5	112.1	114.8
2045	128.5	122.5	116.1	118.6

	Baden	MS-Reg. Baden	Kanton AG	Schweiz
2016	30'062	67'429	337'604	5'127'561
2020	31'257	69'561	345'326	5'272'040
2025	32'615	71'866	353'423	5'425'165
2030	33'969	74'110	360'691	5'559'152
2035	35'357	76'427	368'494	5'703'434
2040	37'003	79'261	378'558	5'888'146
2045	38'630	82'580	391'922	6'079'380

Abbildung 10: Prognose der Beschäftigtenentwicklung für die Stadt Baden bis 2045 aus (Daguati, 2021); Datenquelle Wüest & Partner.



	Baden	MS-Reg. Baden	Kanton AG	Schweiz
2016	19'322	114'922	662'624	8'421'572
2020	20'546	120'988	697'195	8'790'806
2025	21'943	128'080	737'364	9'227'540
2030	23'130	134'610	774'160	9'638'147
2035	24'187	140'732	807'337	10'015'343
2040	25'198	146'658	837'342	10'355'489
2045	26'217	152'616	865'841	10'676'722



	Baden	MS-Reg. Baden	Kanton AG	Schweiz
2016	100.0	100.0	100.0	100.0
2020	106.3	105.3	105.2	104.4
2025	113.6	111.4	111.3	109.6
2030	119.7	117.1	116.8	114.4
2035	125.2	122.5	121.8	118.9
2040	130.4	127.6	126.4	123.0
2045	135.7	132.8	130.7	126.8

Abbildung 11: Prognose der Bevölkerungsentwicklung für die Stadt Baden bis 2045 aus (Daguati, 2021); Datenquelle Wüest & Partner.

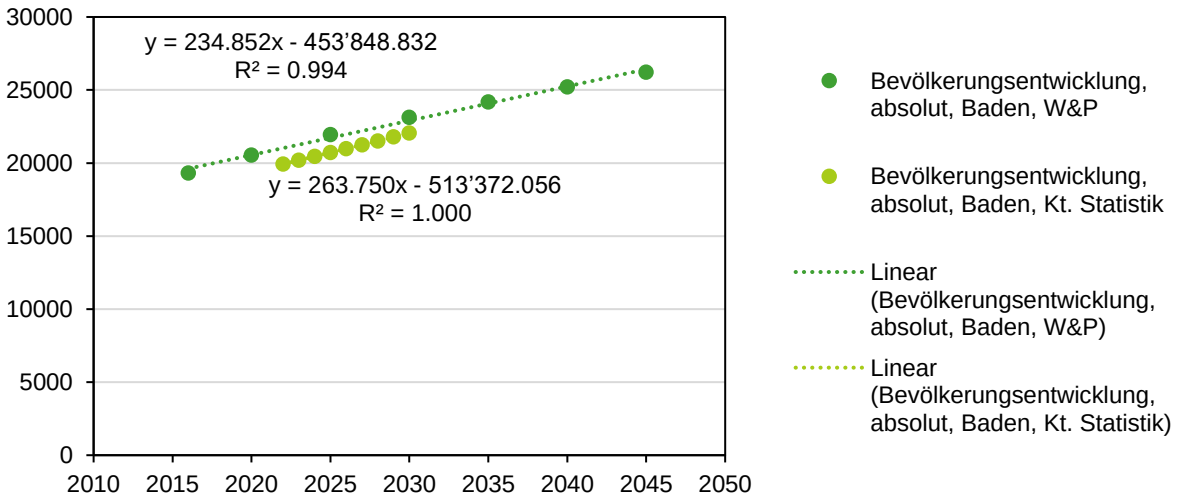


Abbildung 12: Vergleich zwischen und lineare Regression der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung von Wüest und Partner (Daguati, 2021) und der kantonalen Bevölkerungsstatistik (Kanton Aargau Statistik, 2023).

3.8 Berechnung projizierte Materialflüsse

Der Bestand der Bauteilmengen wird für jedes Bauteil mittels bauteilspezifischer Formeln berechnet (siehe Kapitel 3.6 und Beilage 4: Berechnungsformeln Bauteilmengen) und im Anschluss mit dem Vorkommen, der Schichtdicke und der Wiederverwendbarkeit multipliziert (Werte ersichtlich in Beilage 3: Materialisierung Gebäudearchetypen). Die Lebensdauer der Bauteile wird in der Modellierung nur sehr begrenzt berücksichtigt, da keine genaueren Informationen zu Sanierungen vorliegen und somit keine Aussage über das Alter der Bauteile gemacht werden kann. Es wird angenommen, dass seit dem Baujahr eines Gebäudes keine Bauteile ersetzt worden sind. Der Einbezug der Lebensdauer erfolgt so, dass ein Bauteil nur in denjenigen Archetypen als wiederverwendbar betrachtet werden, die gemäss Bauperiode die typische Lebensdauer des Bauteils nicht überschreiten. Weiter wird über den wiederverwendbaren Anteil eines Bauteils berücksichtigt, dass Bauteile teilweise aufgrund ihres Alters bzw. Zustands nicht wiederverwendet werden können.

$$Bauteilmenge = Anteil\,Vorkommen * Schichtdicke * Anteil\,wiederverwendbar * (bauteilspezifische\,Formel)$$

Die Berechnung der freiwerdenden Bauteilmengen und des Bauteilbestandes zu jedem Zeitpunkt erfolgt ausgehend vom Bestand im Jahr 2022 mit Gleichung 1. Der Zeithorizont erstreckt sich auf das Jahr 2050 bei einer jährlichen Auflösung. Der Bestand wird mit der betreffenden Rückbaurate, welche sich auf das Baujahr bezieht (siehe Tabelle 22 und Tabelle 23 im Anhang), multipliziert. Der Bestand wird für jedes Jahr angepasst, indem die Menge, freiwerdender Bauteile dem Bestand abgezogen wird. Neubauten (Gebäude mit Baujahr ab 2023) fliessen nicht in den Bestand ein, da daraus freiwerdende Bauteile bis 2050 vernachlässigbar gering in der Menge sind. Somit hat der Bauteilbestand nur Abflüsse und keine Zuflüsse.

Gleichung 1: Berechnung jährliche Menge freiwerdender Bauteile für die Jahre 2023 bis 2050

$$F_{t=1} = B_{t=0} * R_{t=1}$$

$$F_{t=n} = \left(B_{t=0} - \sum_{i=1}^{n-1} F_{t=i}\right) * R_{t=n}$$

$$n = \{2 \dots 28\}$$

$$F = Menge\,freiwerdende\,Bauteile$$
$$B = Menge\,Bauteilbestand$$
$$t = Jahr$$
$$R = Rückbaurate$$

Neben den Materialflüssen (jährlich durch Rückbau freiwerdende Bauteilmengen) wurde die jährliche Veränderung der gebauten Wohn- und Bürofläche ausgehend von der Fläche im Jahr 2022 berechnet. Dazu wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die Leerstandsquote bleibt konstant
- Der Flächenbedarf pro Kopf bleibt konstant
- Die Ersatzneubauquote beträgt 100% (Die Fläche eines Ersatzneubaus entspricht der rückgebauten Fläche)
- Der Nettozubau ist proportional zum Bevölkerungswachstum (Wohnen) bzw. zur Beschäftigtenentwicklung (Büro; siehe auch Kapitel 3.7.23.7)

Die brutto zugebaute Fläche (BZ) setzt sich aus der netto zugebauten Fläche (NZ) und der Ersatzneubaufläche (EN) zusammen (Gleichung 2). Die netto zugebaute Fläche berechnet sich zu jedem Zeitschritt als Multiplikation der Geschossfläche im Jahr 2022 und der Neubaurate bezogen auf das Jahr 2022 (siehe Tabelle 24 im Anhang) (Gleichung 3). Die Berechnung der Ersatzneubaufläche erfolgt analog zur Berechnung der Menge freiwerdender Bauteile (Gleichung 4).

Gleichung 2: Berechnung der jährlich brutto zugebauten Fläche für die Jahre 2023 bis 2050

$$BZ_{t=n} = NZ_{t=n} + EN_{t=n}$$

$$BZ = Fläche\ Bruttozubau$$
$$NZ = Fläche\ Nettozubau$$
$$EN = Fläche\ Ersatzneubau$$
$$t = Jahr$$

Gleichung 3: Berechnung der jährlich netto zugebauten Fläche für die Jahre 2023 bis 2050

$$NZ_{t=n} = A_{t=0} * N_{t=n}$$

$$NZ = Fläche\ Nettozubau$$
$$A = Fläche\ Bestand$$
$$N = Neubaurate$$

Gleichung 4: Berechnung der jährlichen Ersatzneubaufläche für die Jahre 2023 bis 2050

$$EN_{t=1} = A_{t=0} * R_{t=1}$$

$$EN_{t=n} = \left(A_{t=0} - \sum_{i=1}^{n-1} EN_{t=i}\right) * R_{t=n}$$

$$n = \{2 \dots 28\}$$
$$EN = Fläche\ Ersatzneubau$$
$$A = Fläche\ Bestand$$
$$R = Rückbaurate$$
$$t = Jahr$$

3.9 Verifikation Mengenmodell

Es standen keine Literaturwerte zur Verfügung, mit denen die modellierten Bauteilmengen direkt verglichen bzw. plausibilisiert werden konnten. Die berechneten Mengen bzw. Flächen der wesentlichen Bauteile (Aussen-/ Innenwände, Decken, Dächer) wurden im Verhältnis zueinander betrachtet und anhand von eigenen Erfahrungswerten auf Plausibilität geprüft. Dabei ist aufgefallen, dass die modellierte Fläche an Innenwänden im Verhältnis zur Fläche an Aussenwänden tendenziell hoch ausfällt, jedoch immer noch in einer plausiblen Grössenordnung. Darüber hinaus wurden die modellierten Bauteilmengen als plausibel befunden.

Weiter wurde anhand der modellierten Bauteilmengen im Bestand und einem Flächenkennwert für graue THGE ($kgCO_2eq/m^2$; siehe Kapitel 3.10) der Anteil modellierter wiederverwendbarer THGE an den gesamten THGE im Bestand berechnet. Dieser beträgt für die Nutzung Wohnen 19% und für die Nutzung Büro 25%. Diese Anteile werden insgesamt als plausibel betrachtet, auch wenn in der Literatur für einzelne Bauteile auch eine geringere als hier angenommene Wiederverwendbarkeit

angegeben wird (Pristerà et al., 2024). In Einzelfällen kann der Anteil auch wesentlich höher ausfallen; das Ziel der Modellierung war jedoch, abzubilden, was in einem typischen Gebäude wiederverwendet werden kann.

3.10 Bewertung des Umweltpotenzials

Basierend auf der freiwerdenden Bauteilmenge und der Bauteilnachfrage wurde mittels Ökobilanzdaten das Umweltpotenzial ermittelt. Die Berechnungen des Umweltpotenzials basieren auf der Einsparung an Umweltbelastungen bei der Wiederverwendung von Bauteilen zum gleichen Zweck wie im ersten Bauteil-Lebenszyklus im Vergleich zu der Belastung, die bei der Neuherstellung der Bauteile angefallen wäre, wie in Kapitel 1.3 beschrieben. Nicht berücksichtigt in der Berechnung des Umweltpotenzials sind Aufwände für die Wiederaufbereitung der Bauteile und der Transport zum Wiederverwendungsort.

Jedem Bauelement nach e-BKP-H-Struktur wurde ein Datensatz aus der KBOB-Liste (KBOB, 2023) zugeordnet. Es wurden die folgenden Umweltwirkungen gemäss der KBOB-Liste analysiert: THG-Emissionen gemäss IPCC (2013) die nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) und die Gesamtumweltbelastung ausgedrückt in Umweltbelastungspunkten (UBP) gemäss der Methode der ökologischen Knappheit (BAFU, 2021).

In einem ersten Schritt wurde basierend auf der maximal wiederverwendbaren Bauteilmenge des Gebäudebestandes von 2022 (siehe Kapitel 4.1.2) die darin gespeicherte Umweltbelastung berechnet (Ist-Zustand). In einem zweiten Schritt wurde basierend auf den jährlich für die Wiederverwendung freiwerdenden Bauteilmengen (siehe Kapitel 3.8) die zum jeweiligen Zeitschritt einsparbare Umweltbelastung gemäss Gleichung 5 berechnet. Dabei wurde angenommen, dass sämtliche freiwerdende Bauteile auch wiederverwendet werden.

Gleichung 5: Berechnung der jährlichen Umweltbelastung, die durch die Wiederverwendung freiwerdender Bauteile eingespart werden kann

$$U_{t=n} = \sum_{b} B_{b,t=n} * I_b$$

n= 1…28

U = Jährlich einsparbare Umweltbelastung (THG-Emissionen in t CO_2-eq, Graue Energie in MWh, Gesamtumweltbelastung in Mio. UBP)

B = Bauteilmenge Bestand bzw. freiwerdende Bauteilmenge in den Jahren 2023 bis 2050 (je nach Bauteil in m^3, m^2, kg oder Stück)

I = Umweltintensität der Bauteile (THG-Intensität in t CO_2-eq/Bauteilmenge, Graue Energie-Intensität in MWh/Bauteilmenge, Gesamtumweltbelastungs-Intensität in Mio. UBP/Bauteilmenge

b = Bauteil

t = Jahr

Weiter wurde die einsparbare Umweltbelastung im jeweiligen Zeitschritt mit der Umweltbelastung des modellierten Gesamtbedarfs an Bauteilen für den Neubau ohne die Wiederverwendung von Bauteilen verglichen. Die Umweltwirkung von Neubauten ohne Wiederverwendung wurde basierend auf der neubebauten Fläche ermittelt. Für die Berechnungen wurde mit durchschnittlichen THG-Emissionen und graue Energie Mengen pro Neubaufläche gemäss der Studie von Drouilles et al., (2019) gerechnet (siehe Anhang 11.4). Die Studie liefert Referenzwerte für Schweizer Wohngebäude. Die Werte werden als repräsentativ für Schweizer Neubauten eingeschätzt, wie Erfahrungswerte von intep bestätigen. Für Bürogebäude sind keine repräsentativen Studien bekannt. Darum wird für Bürogebäude mit den gleichen Werten wir für Wohngebäude gerechnet. Für die

Gesamtumweltbelastung in UBPs pro Neubaufläche sind keine repräsentativen Studien bekannt. Daher ist für diesen Indikator keine Potenzialabschätzung möglich. Die Berechnung des Einsparpotenzials erfolgte folgendermassen:

Gleichung 6: Berechnung des Anteils von Umweltbelastung durch den Bruttoneubau bis 2050, der durch die Wiederverwendung freiwerdender Bauteile eingespart werden kann

$$P_{2050} = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_{t=i}}{\sum_{i=1}^{n} BZ_{t=i} * I_Neubau}$$

$n = 28$

$P_{2050} =$ Anteil Umweltbelastung eingespart bis zum Jahr 2050

$U =$ Einsparbare Umweltbelastung (THG-Emissionen in t CO_2-eq, Graue Energie in MWh)

$BZ =$ Fläche Bruttozubau (in m^2)

I_Neubau = Umweltintensität neubebaute Fläche (THG-Emissionen in t CO_2-eq/ m^2 und graue Energie in MWh/ m^2)

$t =$ Jahr

3.11 Sensitivitätsanalyse und Szenarien

Für verschiedene Parameter wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Untersucht wurde, wie sich der Anteil wiederverwendbarer tragender Bauteile, die Anteile der Materialvorkommen in der Archetypendefinition und die Rückbauquote auf die Resultate auswirken. Ebenfalls wurde der Einfluss der Kennzahlen der Umweltwirkung pro Neubaufläche und der Flächenbedarf untersucht. Die Ausgestaltung der Sensitivitätsanalyse kann der Tabelle 7 entnommen werden.

Weiter wurde das Potenzial zur Einsparung von Umweltbelastung zusätzlich zum Baseline-Szenario in zwei Zukunftsszenarien berechnet (siehe Tabelle 7). Das Szenario «circular economy unfriendly» beinhaltet einen gegenüber dem Baseline-Szenario um 50% reduzierten Anteil tragender Bauteile. Das Szenario «circular economy friendly» geht von einem um 50% erhöhten Anteil tragender Bauteile und eine um 30% reduzierte Rückbaurate aufgrund vermehrten Bauens im Bestand anstelle Ersatzneubau.

Tabelle 7. Annahmen für die Sensitivitätsanalyse

Variante	Parameter	Base-line	Variabilität Sensitivitäts-analyse	Szenario «circular economy unfriendly»	Szenario «circular economy friendly»
1.1	Anteil wiederverwendbar tragende Bauteile mineralisch	0.5	+/- 20%	- 50%	+ 50%
1.2	Anteil wiederverwendbar tragende Bauteile Holz bis 2015	0.5	+/- 20%	- 50%	+ 50%
1.3	Anteil wiederverwendbar tragende Bauteile Holz ab 2016	0.7	+/- 20%	- 50%	+ 50%
3.1	Materialvorkommen Aussenwandkonstruktion (Archetyp Wohnen 1966-2022) - Backstein - Mauerwerk KS - Stahlbeton	0.33	In der Summe jeweils 0% Veränderung +/- 10% +/- 10% +/- 20%		
3.2	Materialvorkommen Innenwandkonstruktion tragend (Archetyp Wohnen 1966-2022) - Backstein - Mauerwerk KS - Stahlbeton	0.33	In der Summe jeweils 0% Veränderung +/- 10% +/- 10% +/- 20%		
4	Rückbauquote	zwischen 0.0001 und 0.0043	+/- 5%		- 30%
5	Kennzahl Umweltbelastung pro Neubaufläche	40.74 kWh/m^2 und 10.31 $kgCO_2eq/m^2$	+/- 20%		
6	Flächenbedarf	konstant	+/- 20%		

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Modellierte Bauteilmengen

4.1.1 **Verteilung Archetypen**

Der Gebäudebestand der Stadt Baden verfügt über 2500 Wohngebäude und 81 Bürogebäude. Die Wohngebäude machen damit 77% und die Bürogebäude 3% des gesamten Gebäudebestandes aus. Es befindet sich ein Grossteil der potenziell wiederverwendbaren Bauteile also in den Wohngebäuden.

Wie aus Abbildung 13 zu erkennen ist, verteilen sich die Wohngebäude relativ gleichmässig über die Perioden von 1910 bis 2015. Wohngebäude aus den Perioden 1991-2015 und 1910-1945 sind am häufigsten im Bestand vertreten. Aus Periode 2016-2023 stammen mit Abstand am wenigsten Gebäude. Dies sind lediglich 39 Stück, was mit der kurzen Zeitdauer der Periode erklärt werden kann. Im ursprünglichen Datensatz sind 47 Wohngebäude aus dem Zeitraum 2016-2023 vorhanden, wovon 8 bei der Datenbereinigung aufgrund unvollständiger Werte für die Modellierung entfallen sind.

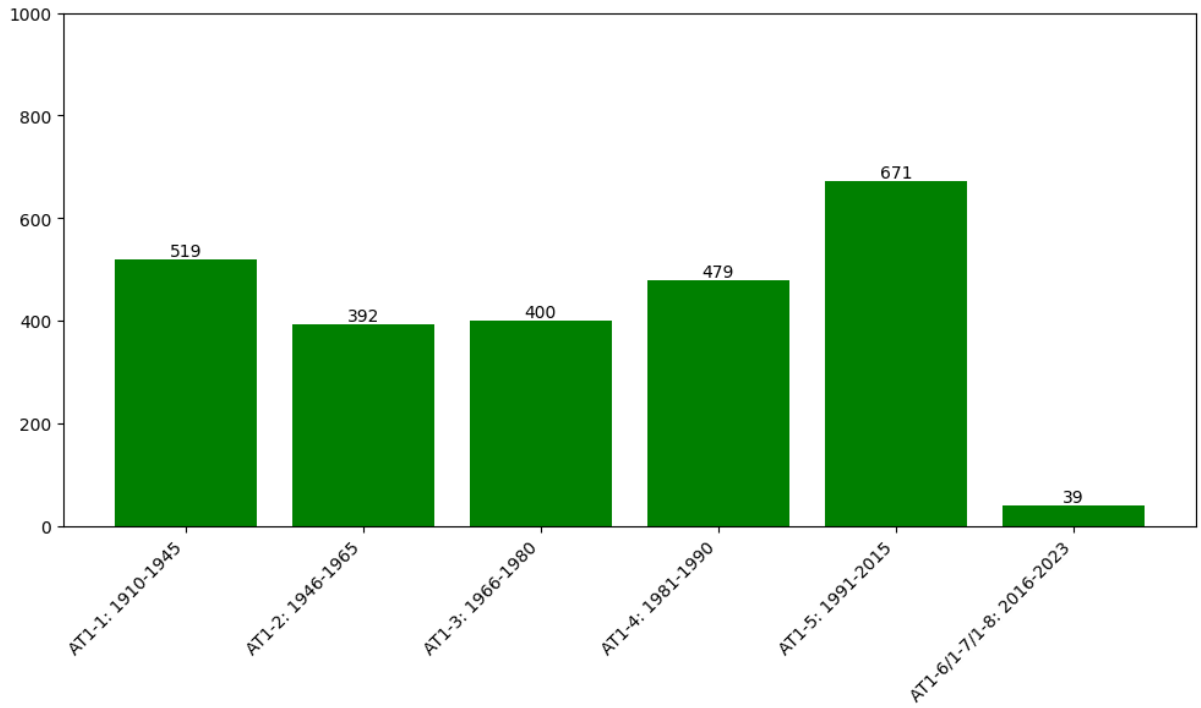


Abbildung 13: Verteilung der Wohngebäude der Stadt Baden im Jahr 2022 nach Bauperiode und Archetyp (siehe Tabelle 5 für die Archetypen).

Der Abbildung 14 ist zu entnehmen, dass die bestehenden Bürogebäude relativ gleichmässig über die Perioden von 1910 bis 1990 verteilt sind. Deutlich mehr Gebäude sind in der Periode 1991-2015 vorhanden; zwischen 2016 und 2023 wird kein Gebäude modelliert (nach der Datenbereinigung ist kein Gebäude aus dem Datensatz vorhanden).

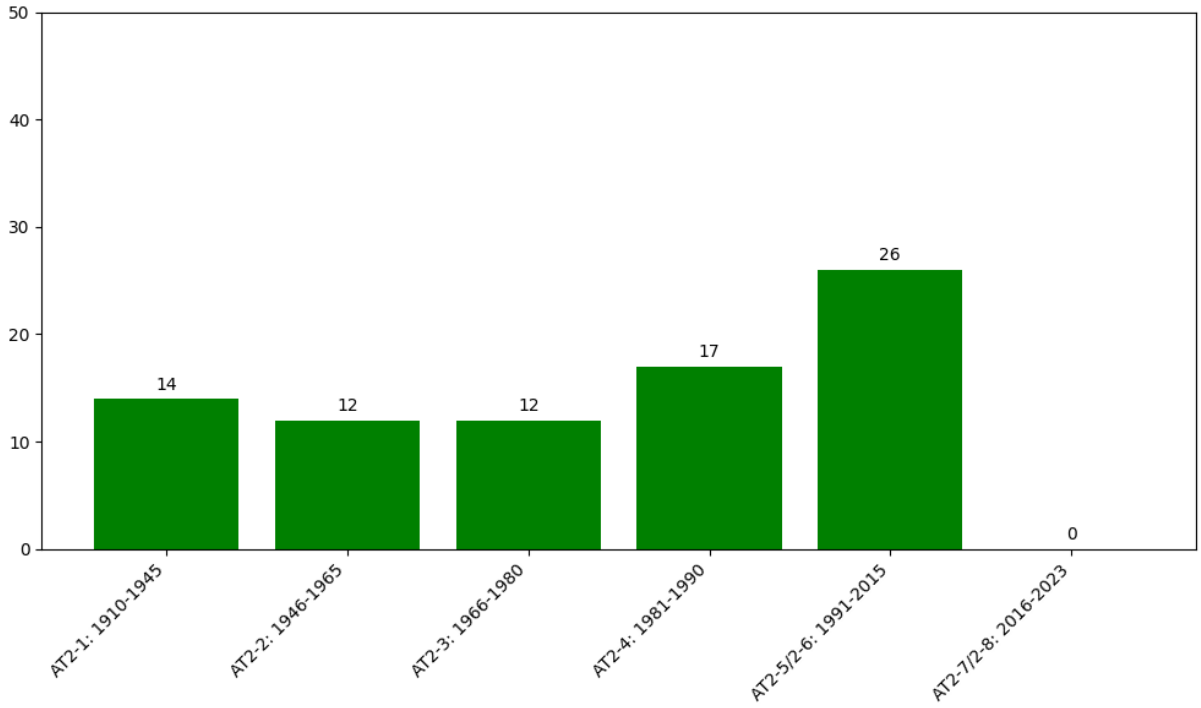


Abbildung 14: Verteilung der Bürogebäude der Stadt Baden im Jahr 2022 nach Bauperiode und Archetyp (siehe Tabelle 5 für die Archetypen)

4.1.2 **Maximal wiederverwendbare Bauteile im Bestand (2022)**

In einem weiteren Schritt wurde modelliert, wie viel von welchen wiederverwendbaren Bauteilen maximal im Bestand der Wohn- und Bürobauten im Jahr 2022 vorhanden sind. Die Menge der Bauteile wurde grösstenteils in Kubikmeter (m^3), teilweise in Fläche (m^2) und in seltenen Fällen in Stückzahl (#) oder Masse (kg) ermittelt. Die Mengeneinheiten für die Modellierung wurde in Übereinstimmung mit den Einheiten der jeweiligen Materialien im KBOB-Datensatz gewählt.

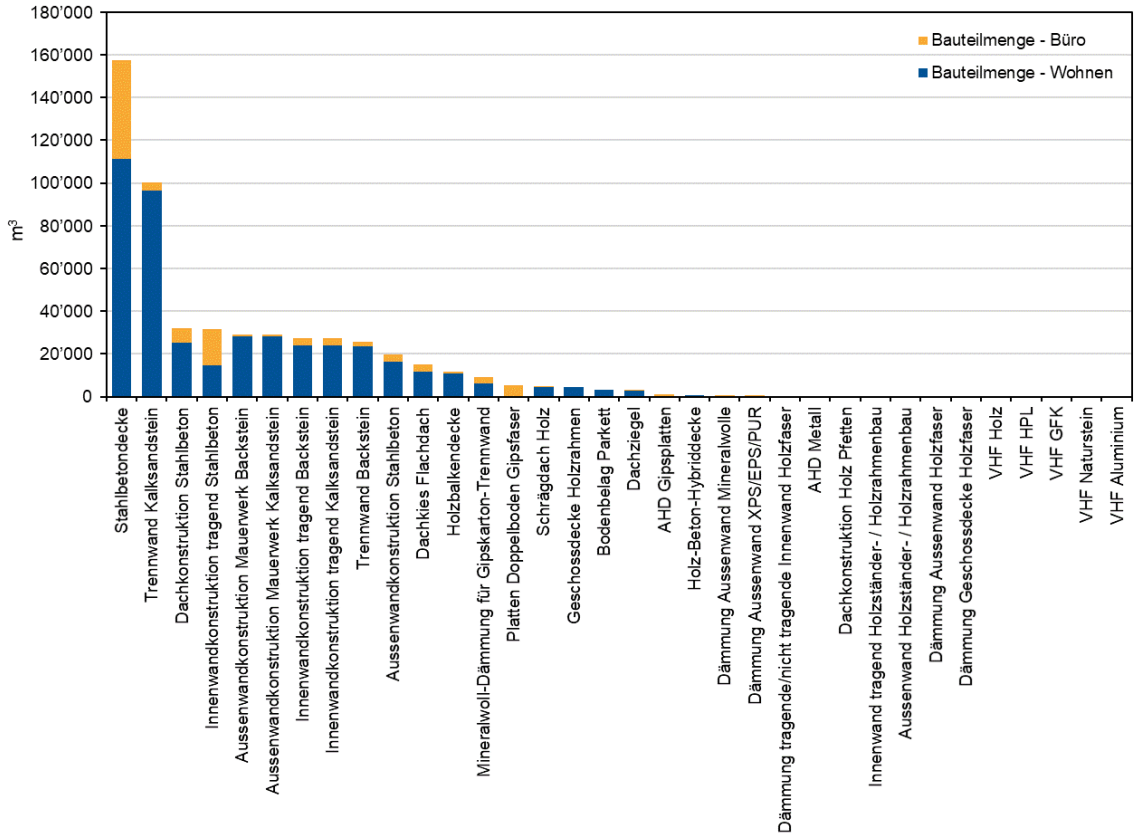


Abbildung 15 Maximal wiederverwendbare Bauteile im Wohn- und Bürogebäudebestand (Ist-Zustand Jahr 2022) in Volumen [m^3]. Orange Balken repräsentieren Bürogebäude und blaue Balken Wohngebäude. UG: Untergeschoss, OG: Obergeschoss, AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, KS: Kalksandstein, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan.

Abbildung 15 zeigt die modellierten Mengen nach Bauteil für Wohn- und Bürogebäude in Volumen unter Berücksichtigung sowohl deren Materialisierung als auch deren Funktion als Bauteil. Abbildung 16 zeigt die modellierten Bauteile mit kleinen Mengen (ohne konstruktive mineralische Bauteile) für eine bessere Lesbarkeit. Die genauen Zahlen sind der Tabelle 25 im Anhang zu entnehmen. Die modellierten Bauteilmengen sind grundsätzlich bei Wohngebäuden höher als bei Bürogebäuden, was auf das geringere Vorkommen von Bürogebäuden zurückzuführen ist. Ausnahme sind einzelne Bauteile (z.B. Platten Doppelboden Gipsfaser), die ausschliesslich in Bürogebäuden vorkommen. Das Volumen von Innenwandkonstruktion tragend Stahlbeton ist bei Bürogebäuden mit 17'201 m^3 leicht höher als bei Wohngebäuden mit 14'445 m^3, da bei ersteren ein höherer Anteil der tragenden Innenwände in Stahlbeton anstelle Mauerwerks angenommen wurde. Weiter ist ersichtlich, dass die grössten Bauteilmengen auf konstruktive mineralische Bauteile entfallen (Decken, Innen- und Aussenwände und Dächer), insbesondere auf Stahlbetondecken mit total 157'350 m^3 und Trennwände aus Kalksandstein mit total 100'187 m^3. Der Anteil letzterer bei Bürogebäuden ist relativ gering, da Trennwände bei Bürogebäuden zu einem höheren Anteil aus Gipskarton bzw. als Systemtrennwände modelliert wurden. Die Menge an Trennwänden aus Backstein fällt insgesamt geringer aus als die Menge an Trennwänden aus Kalksandstein. Grund dafür ist, dass bei der Modellierung von neueren Gebäuden (Wohnen ab 1981 und Büro ab 1991) der Anteil Trennwände aus Backstein durch Gipskarton-, Holzbau- oder Systemtrennwände ersetzt wurde (siehe Beilage 3: Materialisierung Gebäudearchetypen). Dämmstoffe fallen mengenmässig insbesondere als

Bestandteile von Gipskarton-Leichtbauwänden ins Gewicht. Dies ist auf die hohe Menge von nicht tragenden Trennwänden zurückzuführen. Konstruktive Bauteile aus Holz sowie Bauteile des Innenausbaus und von Fassaden sind in deutlich geringerem Masse vertreten. Fassadenverkleidungen und Dämmstoffe wurden nur dann als wiederverwendbar betrachtet, wenn sie als Teil von vorgehängten bzw. hinterlüfteten Fassaden von neueren, insbesondere Bürogebäuden vorkommen. Die Mengen sind jedoch verschwindend klein, da die Anzahl Neubauten seit 2016 bzw. 1991 für Bürogebäude gering ist.

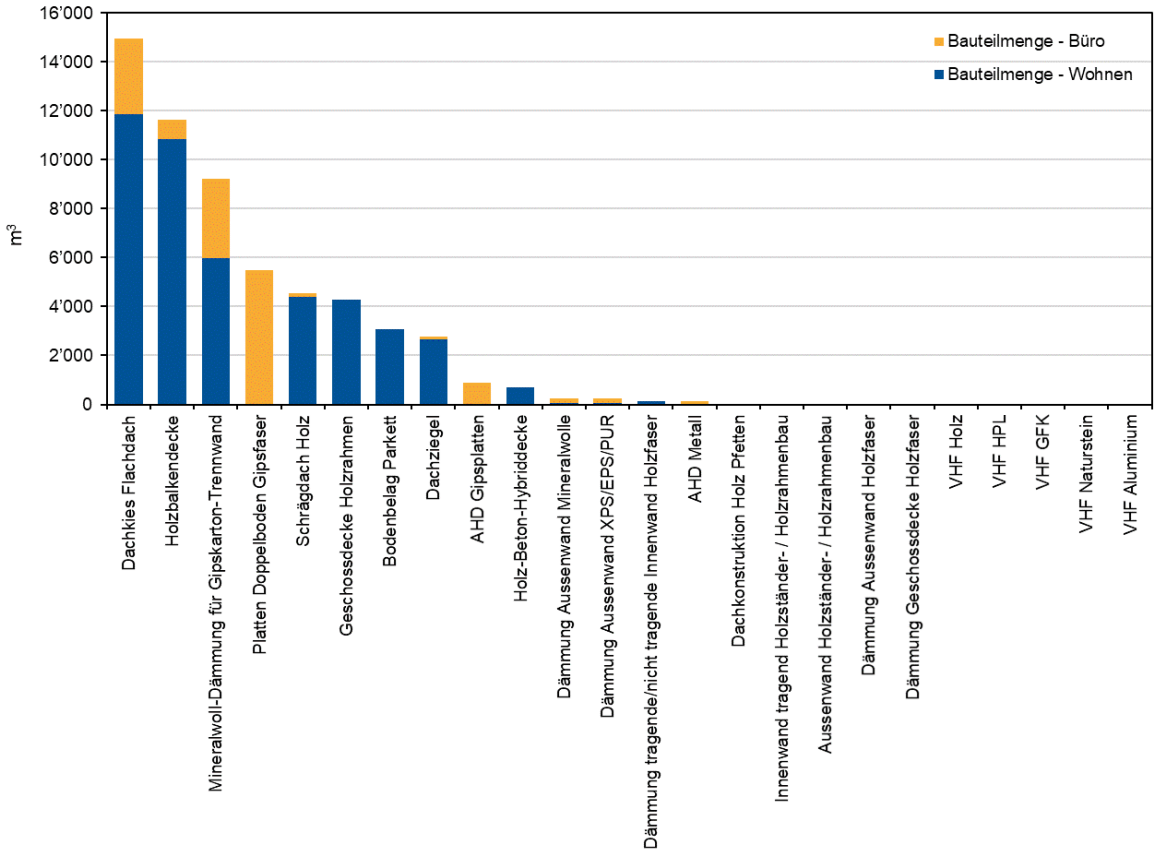


Abbildung 16 Maximal wiederverwendbare Bauteile im Wohn- und Bürogebäudebestand (Ist-Zustand Jahr 2022) in Volumen [m^3], Auswahl ohne konstruktive mineralische Bauteile. Orange Balken repräsentieren Bürogebäude und blaue Balken Wohngebäude. UG: Untergeschoss, OG: Obergeschoss, AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, KS: Kalksandstein, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan.

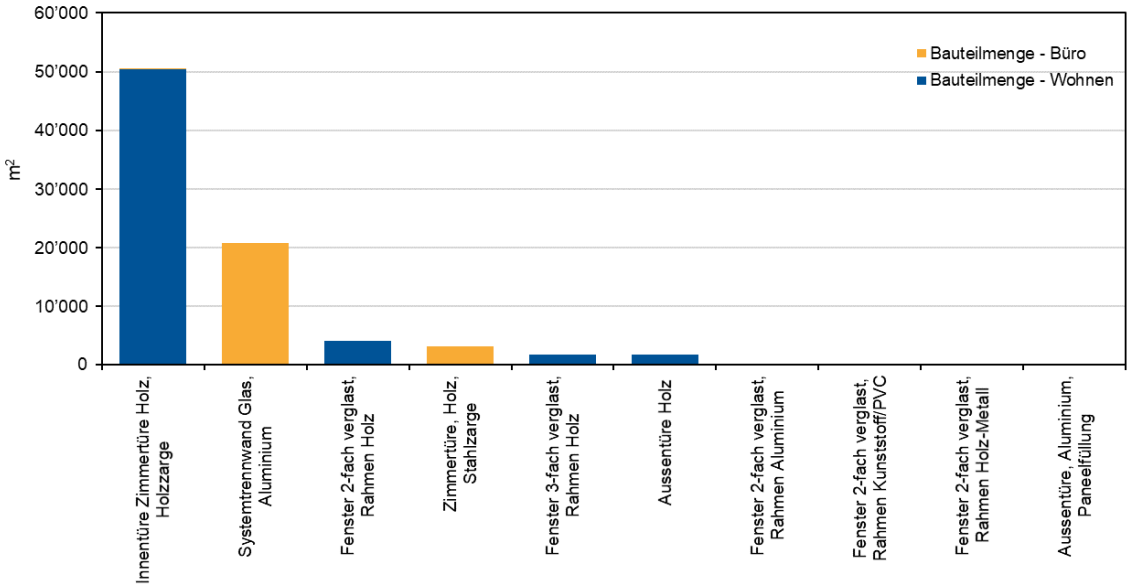


Abbildung 17 Maximal wiederverwendbare Bauteile im Wohn- und Bürogebäudebestand (Ist-Zustand Jahr 2022) in Fläche [m^2]. Orange Balken repräsentieren Bürogebäude und blaue Balken Wohngebäude. PVC: Poly-Vinyl-Chlorid.

Abbildung 17 zeigt die Mengen der Bauteile, die in m^2 modelliert wurden unter Berücksichtigung derer Materialität und Funktion, nämlich Türen, Fenster und Systemtrennwände. Auch hier ist ersichtlich, dass die untersuchten Bauteile in sehr unterschiedlicher Häufigkeit im Gebäudebestand vorkommen. Weiter unterscheiden sich die Bauteiltypen zwischen Büro- und Wohngebäuden, weshalb die meisten Bauteile jeweils nur in einem der Gebäudetypen modelliert wurden. Innentüren machen die grösste modellierte Fläche aus und entfallen zum grössten Teil bei Wohngebäuden.

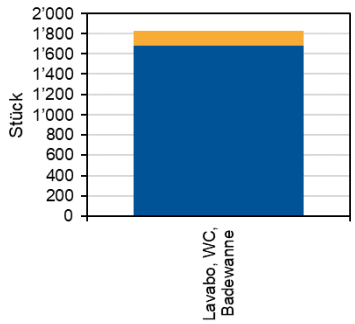


Abbildung 18 Maximal wiederverwendbarer Bauteilvorrat des Wohn- und Bürogebäude Bestands (Ist-Zustand) in Stückzahl [#]. Gelbe Balken repräsentieren Bürogebäude und blaue Balken Wohngebäude.

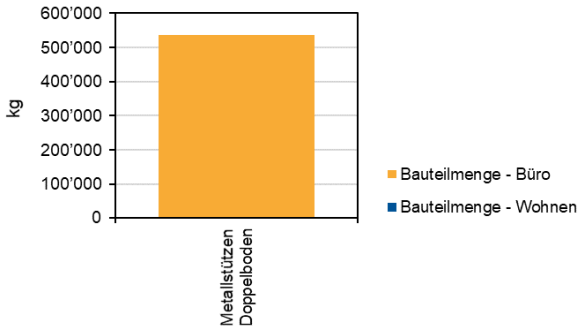


Abbildung 19 Maximal wiederverwendbarer Bauteilvorrat des Wohn- und Bürogebäude Bestands (Ist-Zustand) in Masse [kg]. Gelbe Balken repräsentieren Bürogebäude und blaue Balken Wohngebäude.

Abbildung 18 und Abbildung 19 zeigen Bauteilmengen modelliert in Stückzahl bzw. kg. Lavabos, WCs und Badewannen kommen überwiegend in Wohnbauten vor, vereinzelt auch in Bürobauten. Metallstützen für Doppelböden wurden nur in Bürobauten modelliert.

4.2 Ergebnisse Umweltpotenzial

Sämtliche Analysen der Umweltbelastung umfassen die Berechnung der Gesamtumweltbelastung, THG-Emissionen und grauen Energie. Die Analysen für die vorliegenden Bauteile haben gezeigt, dass die Resultate über alle Indikatoren sehr ähnliche relative Unterschiede zwischen den einzelnen Bauteilen aufweisen, soweit nicht anderweitig vermerkt. Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel stellvertretend die Ergebnisse der THG-Emissionen grafisch dargestellt. Die grafische Darstellung der Gesamtumweltbelastung und grauen Energie können dem Anhang 11.6 und 11.7 entnommen werden. Für Aussagen, welche auf alle untersuchten Umweltindikatoren zutreffen, wird in diesem Kapitel jeweils der Begriff Umweltbelastung verwendet.

4.2.1 **Verbaute Umweltbelastung im Bestand (2022)**

Abbildung 20 zeigt die im Jahr 2022 im Bestand an Wohn- und Bürobauten verbauten grauen THGE nach Bauteil. Die mit Abstand grösste Menge an grauen THGE liegt in Stahlbetondecken, da dies das am häufigsten vorkommende Bauteil ist (vgl. Abbildung 15) und das Material Stahlbeton eine hohe THG-Intensität aufweist. Aufgrund dieser beiden Faktoren weisen auch andere Bauteile aus Stahlbeton eine grosse Umweltbelastung auf. Auch in Kalksand- und Backsteinteilen ist eine grosse Menge an grauen THGE verbaut. Dies ist mit ihrem häufigen Vorkommen in Wänden zu erklären. Trotz des geringen Vorkommens von Metallabhangdecken (AHD) weisen diese eine vergleichsweise grosse Menge an grauen THGE auf, was auf die hohe THG-Intensität des Metalls zurückzuführen ist. Gleiches gilt für andere Metallbauteile wie z.B. die «Metallstützen, Doppelboden» oder «Systemtrennwand Glas, Aluminium».

Die verbaute Umweltbelastung ausgedrückt in UBPs und grauer Energie ist in Abbildung 34 bzw. Abbildung 37 im Anhang 11.5 bzw. 11.6 ersichtlich. Die relative Verteilung der Umweltbelastung auf die unterschiedlichen Bauteile fällt weitgehend gleich aus wie in Abbildung 20, wobei aber beispielsweise Metallbauteile von AHD oder Doppelböden etwas stärker ins Gewicht fallen.

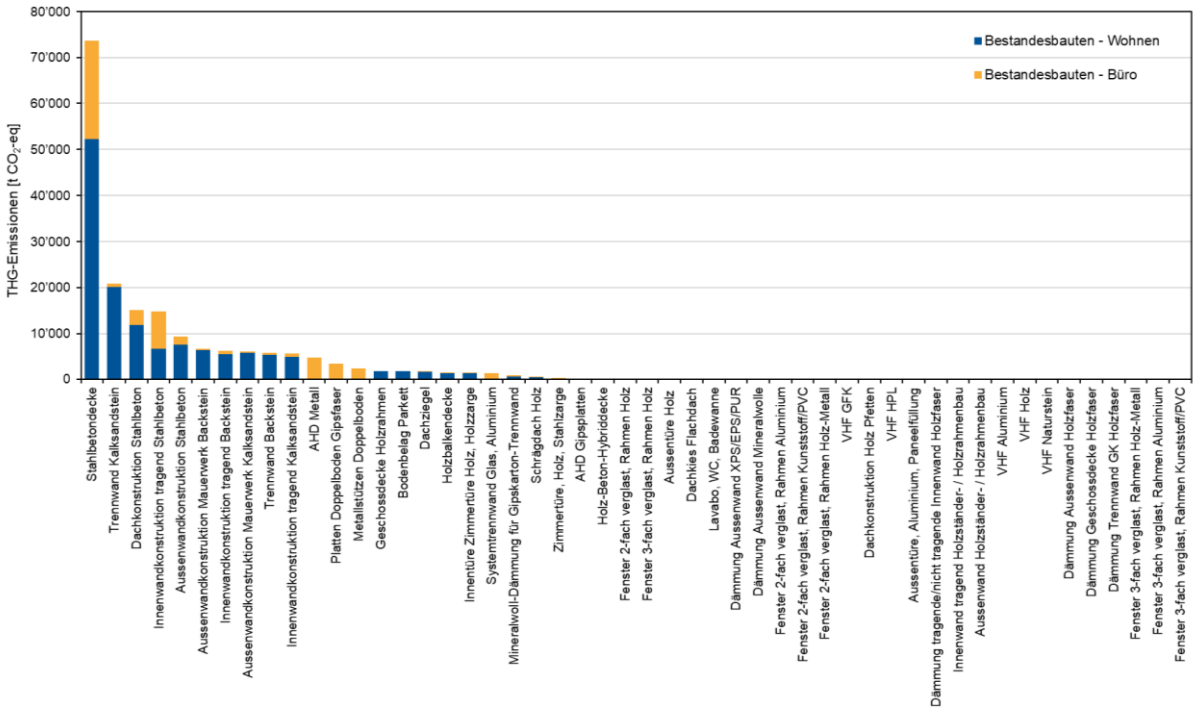


Abbildung 20: Verbaute THG-Emissionen der wiederverwendbaren Bauteilmengen im Bestand 2022. Gelbe Balken repräsentieren Bürogebäude und blaue Balken Wohngebäude. Die genauen Werte können dem Anhang 11.5 entnommen werden. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan.

4.2.2 **Einsparung von Umweltbelastung durch Re-Use bis 2050 (Baseline-Szenario)**

Im Folgenden wird die einsparbare Umweltbelastung durch die freiwerdenden Bauteilmengen bis zu den Jahren 2030 und 2050 beschrieben. Wie die Resultate in Abbildung 21 zeigen, trägt die Wiederverwendung von Stahlbeton- und Metallbauteilen sowie Bauteilen aus Kalksand- und Backstein am meisten zur Einsparung von Umweltbelastung bei. Dies deckt sich mit der Erkenntnis, dass diese Bauteile auch einen grossen Teil der verbauten grauen THGE im Bestand ausmachen (vgl. Abbildung 20).

Die einsparbare Umweltbelastung nach Bauteilen ausgedrückt in UBPs und grauer Energie ist in Abbildung 35 bzw. Abbildung 38 im Anhang 11.6 bzw. 11.7 ersichtlich. Analog der Resultate für die im Bestand verbaute Umweltbelastung fällt die relative Verteilung der Umweltbelastung auf die unterschiedlichen Bauteile weitgehend gleich aus wie ausgedrückt in THGE (vgl. Abbildung 21). Wieder fallen aber beispielsweise Metallbauteile von AHD oder Doppelböden etwas stärker ins Gewicht.

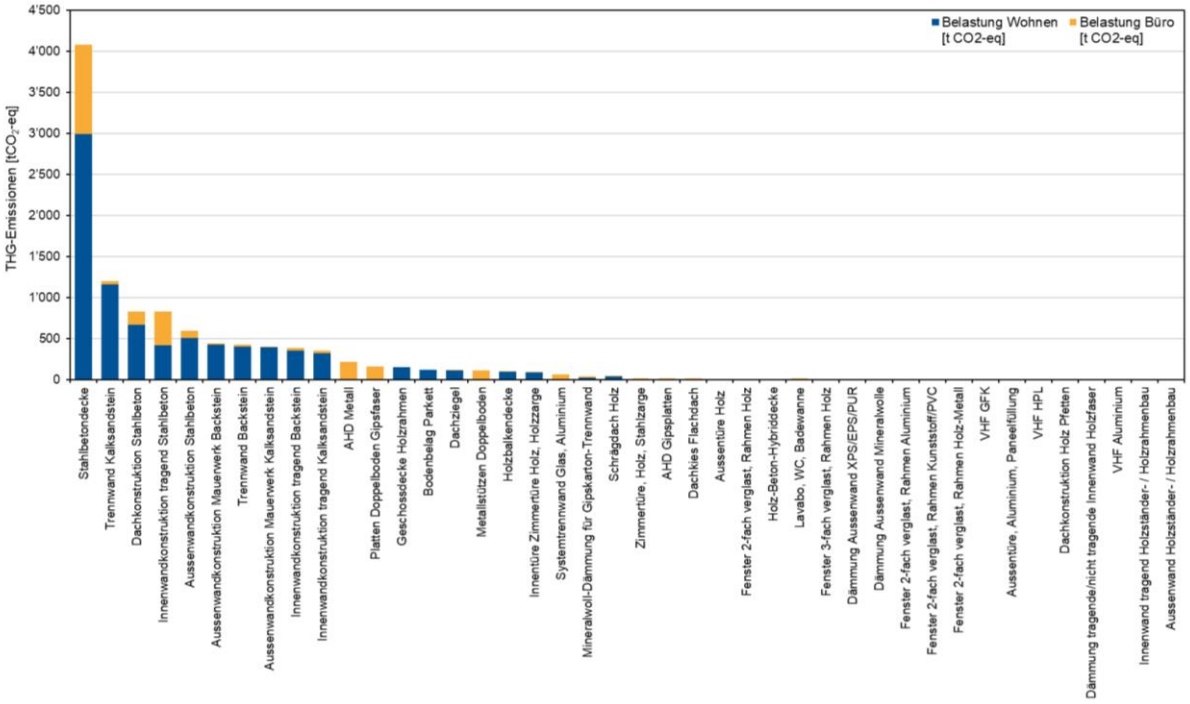


Abbildung 21: Einsparbare THG-Emissionen durch die freiwerdenden Bauteilmengen bis zum Jahr 2050. Gelbe Balken repräsentieren Bürogebäude und blaue Balken Wohngebäude. Die genauen Werte können dem Anhang 11.5 entnommen werden. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan.

Insgesamt könnten durch die Wiederverwendung von Bauteilen in der Stadt Baden bis ins Jahr 2050 10'780 t CO_2-eq, 30'646 MWh oil-eq. und 17'498 Mio. UBP eingespart werden.

Die Menge bis 2050 durch Rückbau freiwerdender Re-Use-Bauteile im Vergleich zur Gesamtmenge im Jahr 2022 verbauter Re-Use-Bauteile ist gering. In THGE ausgedrückt zeigt Abbildung 22, dass ca. 94% der verbauten wiederverwendbaren Umweltbelastung im Bestand 2022 bis zum Jahr 2050 nicht in die Wiederverwendung einfliessen wird. Dies ist auf die tiefe Rückbaurate zurückzuführen; ein Grossteil des Bestands bleibt also bis 2050 erhalten.

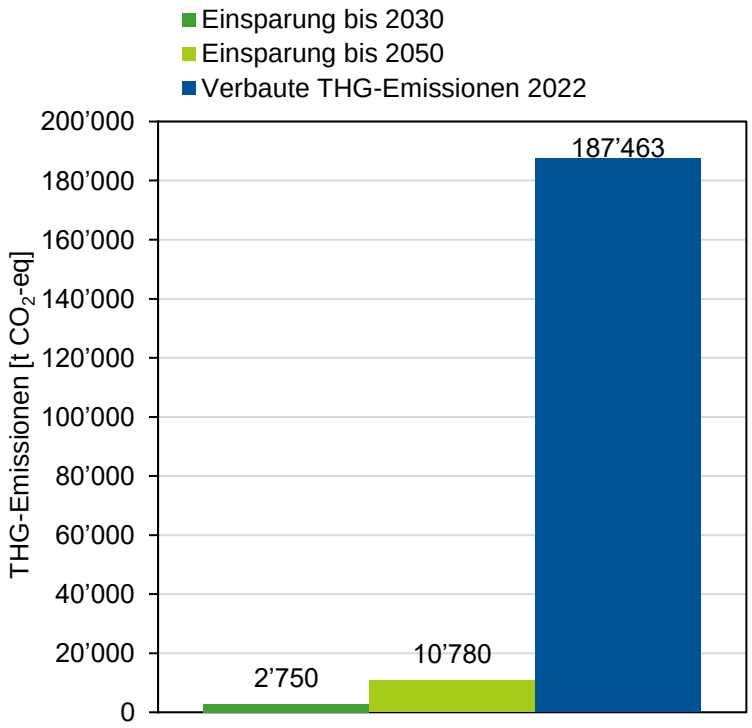


Abbildung 22: Einsparbare THG-Emissionen durch Wiederverwendung bis zu den Jahren 2030 und 2050 verglichen mit den verbauten THG-Emissionen im Gebäudebestand von 2022.

Vergleicht man die durch die Wiederverwendung von Bauteilen einsparbare Umweltbelastung bis zum Jahr 2050 mit der Umweltbelastung, die durch den künftigen Bedarf an Bauteilen (Neubau ohne Wiederverwendung) entstehen würde, kann eine Einsparung von 3.2% THG-Emissionen und 2.3% grauer Energie erzielt werden (vgl. Abbildung 23). Eine Quantifizierung des Einsparpotenzials in UBPs kann aufgrund fehlender Kennzahlen für die Umweltbelastung von Neubauten ausgedrückt in UBPs pro Neubaufläche nicht gemacht werden.

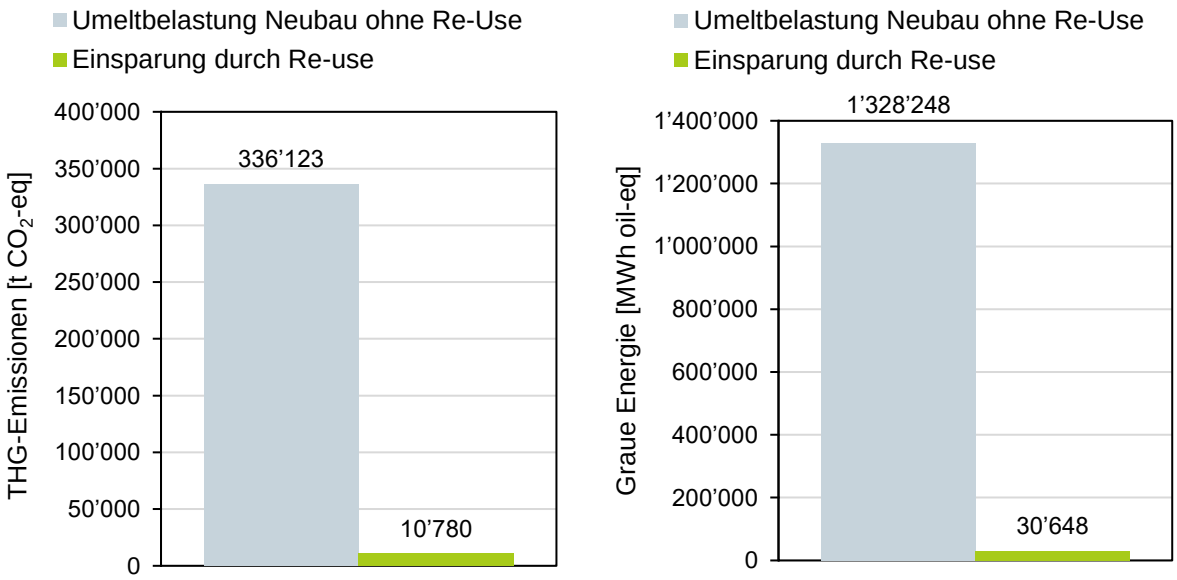


Abbildung 23: Einsparpotenzial an THG-Emissionen (links) und grauer Energie (rechts) durch die Wiederverwendung (Re-Use) von Bauteilen verglichen mit dem Neubau ohne Re-use.

4.2.3 **Szenario «CE-friendly» & «CE-unfriendly»**

In einer Szenarioanalyse wurde untersucht, wie sich das Einsparpotenzial unter Annahme eines kreislaufwirtschafsfreundlichen und -unfreundlichen Szenarios (Annahmen vgl. Tabelle 7) verändert. Die Resultate sind in Abbildung 24 ersichtlich. Das CE-freundliche Szenario führt lediglich zu einem leicht höheren Einsparpotenzial verglichen mit dem Baseline-Szenario mit einem Einsparpotenzial von 3.4% bzgl. THG-Emissionen und 2.4% bzgl. Grauer Energie. Dies liegt unter anderem an der tieferen Rückbauquote, welche für dieses Szenario angenommen wurde. In einem CE-unfreundlichen Szenario ist das Einsparpotenzial allerdings aufgrund reduzierter Wiederverwendbarkeit von tragenden Bauteilen mit 1.7% bzgl. THG-Emissionen und 1.3% bzgl. Grauer Energie wesentlich kleiner.

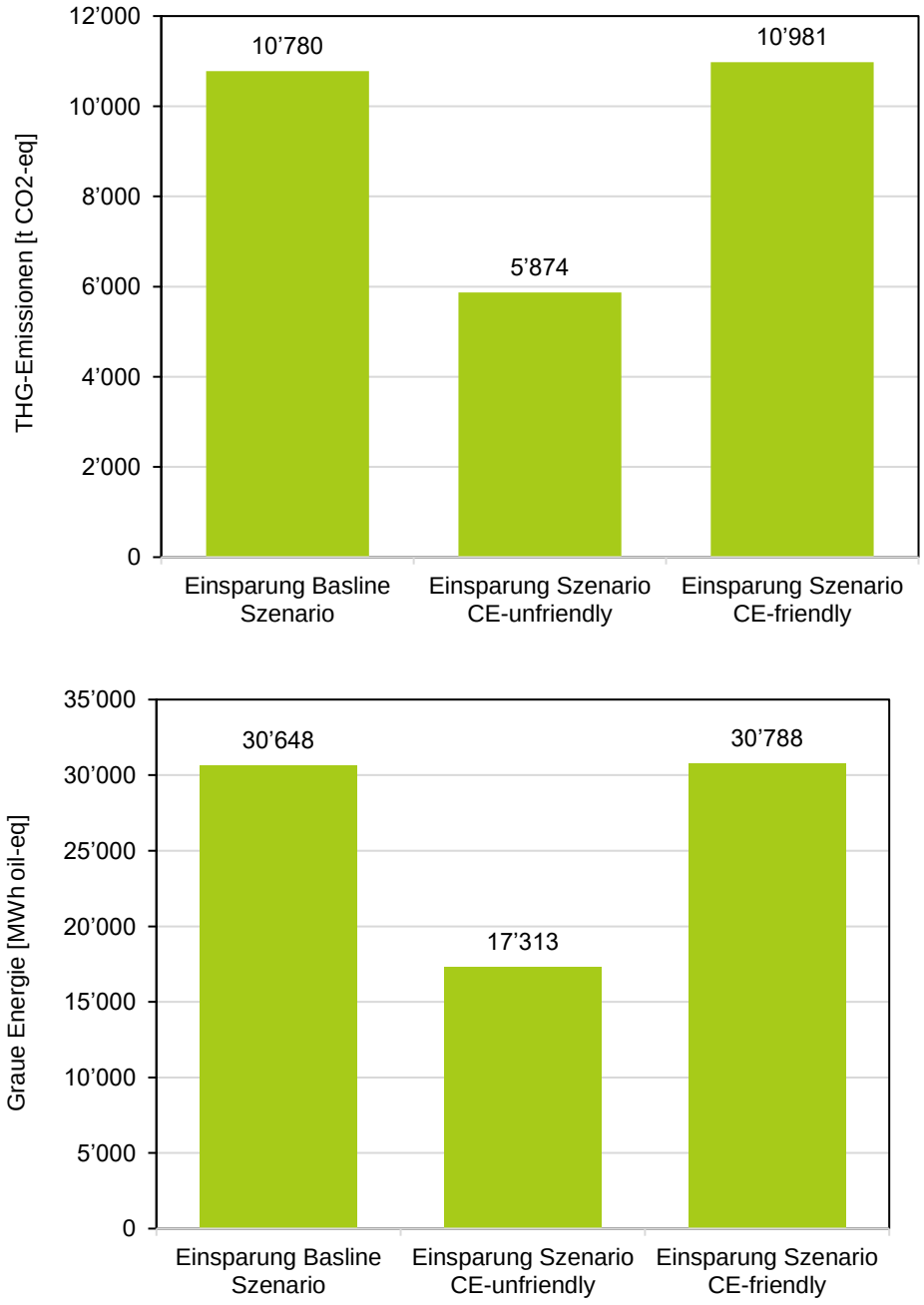


Abbildung 24: Einsparpotenzial an THG-Emissionen (oben) und grauer Energie (unten) durch die Wiederverwendung (Re-Use) von Bauteilen unter einem Kreislaufwirtschafts-freundlichen (CE-friendly) und Kreislaufwirtschafts-unfreundlichen (CE-unfriendly) Szenario.

4.2.4 **Sensitivitätsanalyse**

Die Resultate der Sensitivitätsanalyse zeigen auf, dass das Einsparpotenzial an THG-Emissionen und Grauer Energie je nach Parameter zwischen -18% und +25% verglichen mit dem Baseline-Szenario variieren können (siehe Abbildung 25). Der grösste Einfluss auf die Resultate hat die Kennzahl zur Umweltbelastung pro Neubaufläche (Variante 5), der Anteil wiederverwendbarer tragender mineralischer Bauteile (Variante 1.1), sowie der künftige Flächenbedarf (Variante 6). Die anderen untersuchten Parameter (Anteil wiederverwendbarer tragender Bauteile aus Holz, die Verteilung des

Materialvorkommens in tragenden Wänden und die Rückbauquote) haben einen geringen Einfluss auf das Einsparpotenzial. Der Einfluss der Veränderung der Rückbauquote ist gering, da diese sehr klein ist und eine geringe Varianz vom prognostizierten Wert angenommen wurde (vgl. Tabelle 7).

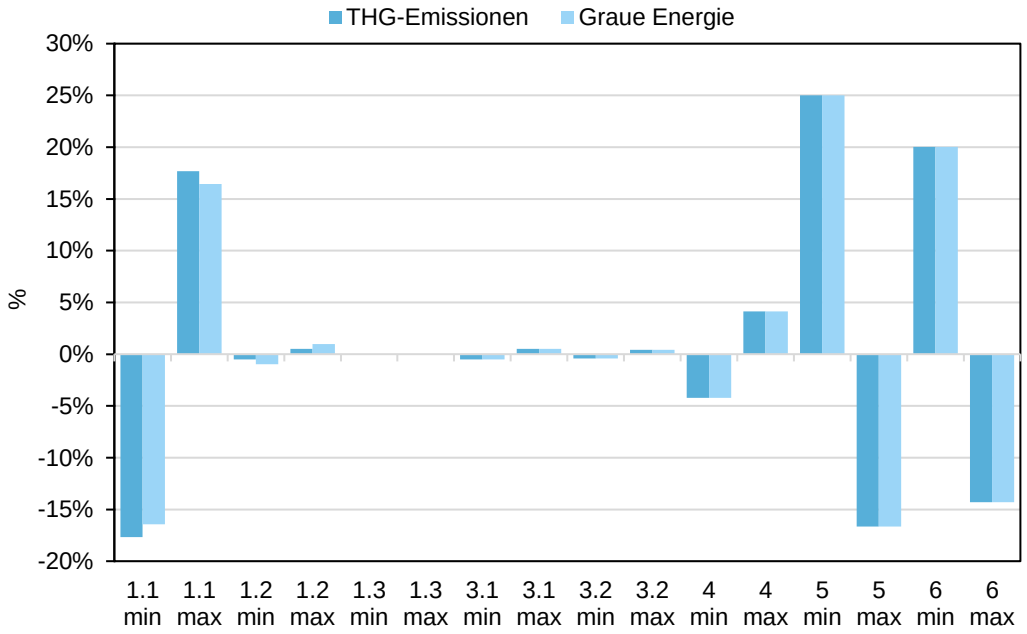


Abbildung 25: Resultate der Sensitivitätsanalyse. Prozentuale Veränderung des Einsparpotenzials an THG-Emissionen und Grauer Energie bis 2050 durch die Variation einzelner Parameter verglichen mit dem Baseline Szenario. Variation Anteil wiederverwendbare tragende Bauteile mineralisch (1.1), Holz ab 2015 (1.2), Holz ab 2016 (1.3), Variation Materialvorkommen Aussenwandkonstruktion (3.1) und Innenwandkonstruktion (3.2), Variation Rückbauquote (4), Variation Kennzahl Umweltbelastung pro Neubaufläche (5), Variation Flächenbedarf (6). min = Reduktion des Parameters um definierte Höhe, max = Erhöhung des Parameters um definierte Höhe.

4.3 Diskussion

4.3.1 Das Potenzial von Re-Use bei der Erreichung des Netto-Null-Ziels in der Baubranche

Die Resultate zum Umweltpotenzial zeigen auf, dass mit der Wiederverwendung von Bauteilen auf Ebene der Stadt Baden ein relativ kleiner Teil der Umweltbelastung (THGE und graue Energie), die für den Neubau anfällt, eingespart werden kann. Das grösste Potenzial liegt darin bei der Wiederverwendung von konstruktiven Bauteilen (Decken, Wände, Dächer) aus Stahlbeton, Kalksand- und Backstein sowie von Metallbauteilen aus dem Innenausbau (AHD, Stützen Doppelboden), wobei erstere ein deutlich höheres Potenzial aufweisen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die genannten Bauteile einerseits mengenmässig häufig vorkommen und/oder deren Materialien eine hohe THGE-Intensität aufweisen.

Die Resultate sind konsistent über alle Wirkungsabschätzungsmethoden (Gesamtumweltbelastung, THG-Emissionen und Graue Energie). Somit hat die Wiederverwendung von Bauteilen für das Klima wie auch für andere Umweltwirkungen einen ungefähr gleichermassen positiven Einfluss. Das Einsparpotenzial ist allerdings leicht höher für die THG-Emissionen als für die Graue Energie. Eine

abschliessende Erklärung dafür kann nicht gegeben werden, da beim Neubau mit einer pauschalen Kennzahl kWh bzw. kgCO_2eq / m^2 gerechnet wurde und keine Einsicht besteht, auf welchen Materialien bzw. Bauteilen diese Zahl beruht.

Gemäss dem Bericht Umwelt Schweiz 2022 des Bundesrats betrug im Jahr 2018 die Gesamtumweltbelastung aufgrund der inländischen Endnachfrage bei 8.4 Mio. UBP/(P*a) (Umwelt Schweiz 2022, 2022). Auf die Stadt Baden heruntergerechnet bei der aktuellen Bevölkerungszahl von 20'452 Personen Ende Jahr 2023[5] ergibt sich eine Gesamtumweltbelastung von 171'379 Mio. UBP pro Jahr. Durch die Einsparung von 17'498 Mio. UBP durch Re-Use bis 2050 liessen sich also einmalig rund 10% der in einem Jahr verursachten Umweltbelastung einsparen. Bei den THGE wurden im Jahr 2022 4.76 tCO2e/(P*a)[6] verursacht und es könnten durch Re-Use bis 2050 rund 11% der von der Bevölkerung der Stadt Baden in einem Jahr verursachten THGE eingespart werden. Eine Studie von Wiprächtiger et al. (2023) zeigt das Einsparpotenzial von unterschiedlichen Zirkularitätsstrategien unterschiedlicher Branchen bis 2050 für die Schweiz auf. Die modellierten Einsparnisse in der Baubranche liegen zwischen ca. 0.3 und 1.3 Mio. tCO_2eq. Die von uns modellierten Einsparnisse in der Stadt Baden liegen bei 1% bzw. 11% der von Wiprächtiger et al. (2023) modellierten Einsparnisse in der gesamten Schweiz. Dies zur ungefähren Einordnung, die Studien von Wiprächtiger und die vorliegende Studie betrachten beide unterschiedliche Teilansätze und die Potenziale sind daher nur bedingt vergleichbar.

Das verhältnismässig geringe Potenzial zur Einsparung von Umweltbelastung durch Re-Use bei künftigen Neubauaktivitäten kann mit zwei Faktoren erklärt werden. Einerseits ist der Anteil an wiederverwendbaren Bauteilen und damit an «wiederverwendbarer» Umweltbelastung an der gesamten Umweltbelastung in den modellierten Gebäuden mit 19-25% gering, wie in Kapitel 3.9 beschrieben. Dabei wurde die Wiederverwendbarkeit von konstruktiven Bauteilen (Stahlbeton, Backstein, Holz) im Vergleich zur Studie von Pristerà et al. (2024) optimistisch modelliert. Weiter beträgt die im modellierten Zeitraum rückgebaute Gebäudefläche lediglich knapp 17% der brutto neugebauten Gebäudefläche. Unter Annahme einer vergleichbaren Material- bzw. Umweltbelastungsintensität pro Fläche beim Neubau wie im Bestand, könnten also durch die rückgebauten Gebäude maximal 17% der Umweltbelastung eingespart werden, würden 100% der rückgebauten Materialien wiederverwendet. Dies verdeutlicht, dass bei einem wie prognostiziert wachsenden Gebäudebestand in jedem Fall eine substanzielle Menge an Primärmaterial benötigt wird. In der modellierten Situation wird die Wiederverwendung von Bauteilen in der Stadt Baden nur einen geringen Anteil zur Erreichung des Netto-Null-Ziels im Jahr 2050 beitragen können. Es werden also weitere Massnahmen im Bausektor benötigt. Diese beinhalten die Dekarbonisierung der Herstellung von Baustoffen, Prozessoptimierung das ressourcenleichte Bauen, das vermehrte Weiternutzen von Bestand und vor allem die Suffizienz in der Nutzung von Gebäudefläche (vgl. Abbildung 26). Letzteres würde dazu führen, dass Re-Use prozentual eine gewichtigere Rolle in der Reduktion von Umweltbelastung im Neubau einnehmen könnte und in Kombination mit weiteren Massnahmen die Erreichung des Netto-Null-Ziels greifbarer würde.

[5] https://www.baden.ch/de/politik-verwaltung/portraet/kennzahlen.html/206 (zugegriffen am 26.08.2024)
[6] https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klima--daten--indikatoren-und-karten/klima--indikatoren/indikator-klima.pt.html/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5kaWthdG9yZW4uYWRtaW4uY2gvUHVibG/ljL0FlbURldGFpbD9pbmQ9S0wwMDImbG5nPWRlJlBhZ2U9aHR0/cHMlM2ElMmYlMmZ3d3cuYmFmdS5hZG1pbi5jaCUyZmJhZnUlMm/ZkZWZyaXRlbiUyZmhvbWUlMmZ0aGVtZW4lMmZ0aGVtYS10cmFl/Z2Vyc2VpdGUlMmZ0cmFlZ2Vyc2VpdGUtLWRhdGVuLS1pbmRpa2/F0b3Jlbi11bmQta2FydGVuJTJmdHJhZWdlcnNlaXRlLS1pbmRp/a2F0b3JlbiUyZmluZGlrYXRvci10cmFlZ2Vyc2VpdGUucHQuaH/RtbCZTdWJqPU4%3d.html (zugegriffen am 26.08.2024)

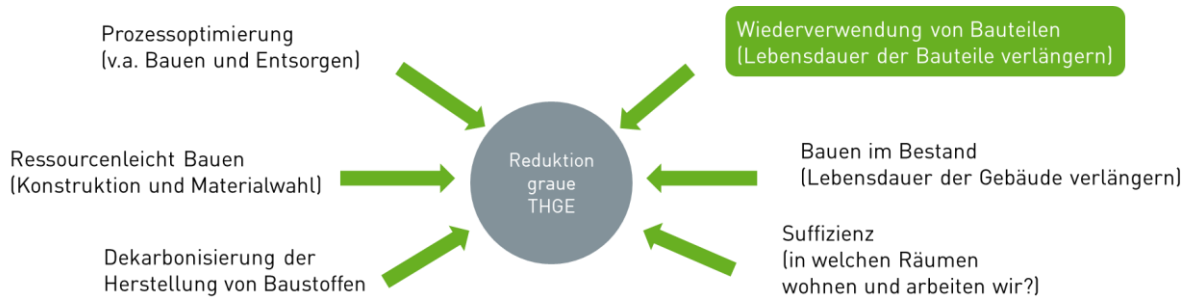


Abbildung 26: Re-Use im Kontext von weiteren Massnahmen zur Reduktion der grauen THGE im Bausektor.

Angesichts der im Vergleich zu den für den Neubau benötigten Materialmengen geringen Verfügbarkeit von wiederverwendbaren Bauteilen verdeutlicht sich die Wichtigkeit, bewusst mit den Materialien aus dem aktuellen Gebäudebestand umzugehen und diese so lange wie möglich in möglichst unveränderter Form weiter zu nutzen. Weiter sollte der Fokus auf einen Re-Use-fähigen Neubau (Design for Disassembly) gelegt werden, um damit in Zukunft die Möglichkeit zur Wiederverwendung der Materialien im Falle eines Rückbaus zu maximieren und so die Verfügbarkeit von Re-Use-Bauteilen zu erhöhen. In Anbetracht der langen Lebensdauer von Gebäuden machen sich dahingehende Entwicklungen in der Bauweise bzw. -Kultur erst nach langer Zeit spürbar. Hinsichtlich der Erreichung des Netto-Null-Ziels im Jahr 2050 ist der gewählte Modellierungshorizont und die Schlussfolgerung über das Potenzial von Re-Use folglich adäquat. Darüber hinaus könnte Re-Use unter Annahme von gesteigerter Flächensuffizienz sowie einer Re-Use-freundlicheren Bauweise jedoch ein höheres Potenzial entfalten.

4.3.2 **Implikationen für die Praxis**

Die Wiederverwendung von Bauteilen besetzt im Markt aktuell eine Nische. Die geringe Verfügbarkeit von Re-Use-Bauteilen lässt für die Marktentwicklung schliessen, dass Re-Use in absehbarer Zeit den Markt nicht sättigen wird, sondern vielmehr die Etablierung als ein Marktsegment neben dem Vertrieb von Primärmaterialien anzuvisieren ist. Hinsichtlich Regulierungen bedeutet dies auch, dass eine in Fachkreisen diskutierte verbindliche Vorgabe für einen Mindestanteil an wiederverwendeten Bauteilen in Neubauten nicht zielführend bzw. realisierbar wäre.

Aus bisherigen Erfahrungen hat sich gezeigt, dass konstruktive Bauteile bis anhin nicht im grossen Stil wiederverwendet werden, was vermutlich mit technischen und logistischen Schwierigkeiten sowie fehlenden Erfahrungswerten zu tun hat. Vielmehr werden Bauteile aus dem Innenausbau wiederverwendet (salza & Matériuum, 2020). Die Praxis der Wiederverwendung in der Schweiz fokussiert sich also bis anhin noch zu wenig auf diejenigen Bauteile, bei denen das wirkliche Potenzial liegt. Beispielsweise die Studien von Küpfer et al. (2023, 2024) zeigen jedoch international Anwendungen und technische Möglichkeiten, weshalb in der Modellierung konstruktive Bauteile als grundsätzlich Wiederverwendbar betrachtet wurden. Unsere Resultate zeigen, dass die Wiederverwendung von konstruktiven Bauteilen fortan mehr in den Fokus der Praxis rücken muss, wenn das vorhandene Potenzial zur Einsparung von grauen THGE ausgeschöpft werden soll. Es müssen Dienstleistungen und Prozesse, die mit dem Rückbau, der Analyse von Materialeigenschaften, der Lagerung und dem Vertrieb von konstruktiven Bauteilen verbunden sind, etabliert werden. Dies wird bekräftigt mit der Szenarioanalyse, die zeigt, dass der Anteil an konstruktiven mineralischen Bauteilen, der wiederverwendet wird, einen verhältnismässig grossen Einfluss auf die Einsparung von Umweltbelastung hat.

Neben der Wiederverwendung von konstruktiven Bauteilen sollten auch einzelne «low hanging fruits» beachtet werden. Dies sind Bauteile, die mit ihrer absoluten Menge an einsparbarer Umweltbelastung zwar nicht so stark ins Gewicht fallen wie konstruktive Bauteile, die jedoch eine hohe THG-Intensität aufweisen und relativ einfach demontier- und wiederverwendbar sind. In unseren Resultaten trifft dies

auf Materialien des Innenausbaus wie Metallabhangdecken, Doppelbodenplatten und Metallstützen von Doppelböden zu (vgl. Abbildung 21).

Das Potenzial zur Einsparung von Umweltbelastung durch Re-Use wird durch die vorliegende Modellierung für die Stadt Baden als eher gering eingestuft. Wie bereits in Abschnitt 524.3.1 beschrieben, hängt das Potenzial jedoch vom Verhältnis zwischen Rückbau und Bruttoneubau sowie vom Anteil wiederverwendbarer Bauteile im Bestand ab. Folglich kann das Potenzial je nach Zusammensetzung und Entwicklungsperspektiven eines Portfolios anders ausfallen. Bleibt ein Portfolio beispielsweise in seiner Grösse ungefähr konstant (bestehende Gebäude werden saniert und, wo nötig, mit Neubauten ersetzt), kann durch Re-Use möglicherweise bis zu einem Viertel der grauen THGE bei Bauaktivitäten eingespart werden. In diesem Falle wird Re-Use zu einer bedeutenden Komponente in einer Portfoliostrategie. Letztere sollte sich grundsätzlich nach der bekannten Abfallhierarchie (Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling, sonstige Verwertung, Beseitigung) richten. Im Falle von Gebäuden bedeutet dies, den Bestand möglichst lange zu nutzen, dann Bauteile wiederzuverwenden und schlussendlich Materialien zu recyclen oder, wenn nicht anders möglich, thermisch zu verwerten oder gar zu deponieren. Unsere Resultate bestätigen die genannte Abfallhierarchie insbesondere auf den Stufen Vermeidung und Wiederverwendung, indem sie zeigen, dass am meisten Einsparpotenzial bei der Wiederverwendung von konstruktiven mineralischen Bauteilen liegt. Dies wird am einfachsten durch die Weiternutzung des Bestands (also Vermeidung) bewerkstelligt.

4.3.3 **Verallgemeinerbarkeit der Resultate**

Die Modellierung des Potenzials zur Einsparung von Umweltbelastung durch Re-Use ist auf Wohn- und Bürogebäude der Stadt Baden bezogen. Diese machen gemäss Datensatz mit 80.7% die Mehrheit des Gebäudebestands aus. Für Gebäude anderer Nutzung und Bauart wird erwartet, dass sich der Anteil wiederverwendbarer Bauteile (und dementsprechend wiederverwendbarer Umweltbelastung) im Gebäude sowie die Rück- und Neubauraten von denen der modellierte Gebäude unterscheiden. Da diese Gebäude jedoch nur einen kleinen Anteil im gesamten Gebäudebestand ausmachen, würde deren Einbezug in die Modellierung die Resultate nicht massgeblich beeinflussen.

Die Verallgemeinerbarkeit der Resultate über die Stadt Baden hinaus ist abhängig von den Charakteristika des Gebäudebestands im Betrachtungsrahmen. Massgeblich sind Gebäudealter und Konstruktionsweise. Die vorliegenden Resultate werden als repräsentativ für einen urbanen Kontext mit einem hohen Anteil and Wohn- und Bürogebäuden sowie historischer Bausubstanz und einem geringeren Anteil an Neubauten angesehen (Verteilungen siehe Kapitel 3.2.1 und 4.1.1). Wird eine Stadt oder Region mit einem hohen Anteil an Neubauten oder ländlichen historischen Bauweisen betrachtet, sind die Resultate in geringerem Masse übertragbar.

Das berechnete Potenzial von Re-Use ist stark beeinflusst durch das geringe Verhältnis von rückgebauter Gebäudefläche und folglich freiwerdenden Bauteilen zu brutto neugebauter Fläche im betrachteten Zeitraum. Heeren & Hellweg (2019) rechnen in einer schweizweiten Studie mit einem Bevölkerungswachstum von 26% von 2015 bis 2055 und prognostizieren, dass im Jahr 2040 die Ersatzneubaufläche ungefähr der neugebauten Gebäudefläche entspricht und diese darauffolgend sogar übersteigt. In einem städtischen Kontext wie Baden fällt das Bevölkerungswachstum gemäss der verwendeten Datengrundlage mit ca. 1% Wachstum pro Jahr bis 2050 stärker aus als auf die gesamte Schweiz betrachtet. Die Modellierung von Heeren & Hellweg (2019) impliziert jedoch, dass das Potenzial von Re-Use schweizweit gesehen insbesondere ab dem Jahr 2040 deutlich bedeutender ausfallen könnte.

Weiter ist zu beachten, dass auf Ebene eines einzelnen Gebäudes das Potenzial zur Einsparung von Umweltbelastung durch Re-Use deutlich höher sein kann als auf Ebene der Stadt Baden berechnet. Beim Gebäude K118 in Winterthur konnten durch die Wiederverwendung im Vergleich zu einem Neubau ohne Wiederverwendung zwischen ca. einem Drittel und über der Hälfte der grauen THGE eingespart werden, je nach Berechnungsmethode (Pfäffli, 2020). Unsere Resultate widerspiegeln die Situation einer breit implementierten Wiederverwendung auf Stadteben; für eine Ermittlung des

Einsparpotenzials bei einem einzelnen Gebäude oder beispielsweise einem Quartier ist eine spezifische, detailliertere Betrachtung nötig.

4.3.4 **Limitierung der Modellierung**

Die Berechnung der Menge wiederverwendbarer Bauteile und damit des Umweltpotenzials basiert auf verschiedenen Annahmen. Eine Sensitivitätsanalyse wurde durchgeführt und es wurden zwei Szenarien berechnet (siehe Kap. 4.2.4 und 4.2.3). Im Folgenden werden weitere Aspekte qualitativ besprochen.

Für die Berechnung der vorhandenen Mengen an wiederverwendbaren Bauteilen im Gebäudebestand 2022 sind die Definition der Gebäudearchetypen sowie die Definition der Berechnungsregeln für die Bauteilmengen anhand der gegebenen Gebäudegeometrien massgeblich. Die verwendeten Gebäudearchetypen stellen eine wesentliche Vereinfachung und Homogenisierung der effektiven Bauweisen im Gebäudebestand dar. Weiter stützen sie sich nicht auf eine systematische Analyse vom Konstruktionsweisen und Baumaterialien im Gebäudebestand, sondern auf punktuelle Gebäudeanalysen und generelles Expertenwissen. Während die Mengen einiger Bauteile (z.B. Wände und Dächer) basierend auf den 3D Gebäudedaten ziemlich genau berechnet werden konnten, erfolgten die Berechnungen von Innenbauteilen (z.B. Innenwände, Türen) anhand von Kennzahlen, die mit vergleichsweise grösseren Unsicherheiten behaftet sind. Weiter beruht auch der wiederverwendbare Anteil eines vorhandenen Bauteils auf einer eher optimistischen Expertenannahme.

Bei der Berechnung der eingesparten bzw. verursachten Umweltbelastung haben der pro Kopf Wohnflächenbedarf und die Kennzahl zur Umweltbelastung pro neubebaute Fläche einen starken Einfluss auf die Resultate. Letztere ist mit Unsicherheit behaftet. Zum einen ist die Kennzahl abhängig davon, von welcher zukünftigen Bauweise ausgegangen wird, zum anderen sind die Kennzahlen nur für Wohngebäude repräsentativ. Auch fehlen Kennzahlen zur Gesamtumweltbelastung in UBP. Mit der Ermittlung von Kennzahlen für Bürogebäude sowie für die Gesamtumweltbelastung wäre es möglich, die Unsicherheit zu reduzieren resp. die Umweltpotenzialberechnung auszuweiten.

Aufwände für die Wiederaufbereitung der Bauteile und den Transport zum Wiederverwendungsort wurden nicht in die Berechnung des Umweltpotenzials einbezogen. Somit sind die in den Resultaten ausgewiesenen Umweltbelastungseinsparungen und das Umweltpotenzial eher als Obergrenze zu verstehen. Die Verminderung des Umweltpotenzials durch die Aufbereitung und Transport werden als eher gering eingeschätzt, wie eine kürzlich veröffentlichte Studie nahelegt. Die Studie fand, dass bei nicht-tragenden Bauteilen durchschnittlich 90% der THG-Emissionen durch die Wiederverwendung verglichen mit einem neuen Bauteil eingespart werden konnten (Frossard et al., 2023). Zum Beispiel bei Beton-Bauteilen könnte aufgrund von erhöhtem Aufwand beim Rückbau und Transport die Einsparung geringer ausfallen.

In der Modellierung nicht betrachtet wurden Bauteile der Untergeschosse sowie die Gebäudetechnik. Während bei Untergeschossen kein erhebliches zusätzliches Potenzial zur Wiederverwendung und Einsparung von Umweltbelastung erwartet wird, könnte das Potenzial bei der Gebäudetechnik relevant sein. Der Studie «SYGREN» von Bionda et al., (2021) zu Folge, kann der Anteil der grauen Energie in Gebäuden, die auf die Gebäudetechnik entfällt, bis zu 25% ausmachen. Obschon wiederum voraussichtlich nur ein Anteil davon wiederverwendbar ist und dies auch nur, wenn dieser den nachgefragten technischen Standards entspricht, könnte durch Re-Use von Gebäudetechnik zusätzliche Umweltbelastung eingespart werden.

Schliesslich werden in der Modellierung keine Sanierungen einbezogen. Mit der aktuellen öffentlichen Bestrebung, energetische Sanierungen zu intensivieren stellt sich die Frage, welche Rolle die jetzigen und künftigen Sanierungsaktivitäten bei der Wiederverwendung für eine Rolle spielen. Es ist nicht zu erwarten, dass bei Sanierungen in relevantem Masse Bauteile freiwerden, die sich für die Wiederverwendung eignen, wenn davon ausgegangen wird, dass Sanierungen bei Bauteilen geschehen, die am Ende ihrer Lebensdauer stehen. Bei einem Rückbau von zuvor sanierten

Gebäuden könnten gewisse Bauteile in einem besseren Zustand sein und somit der Anteil wiederverwendbarer Bauteile höher ausfallen. Demgegenüber würde ein Einbezug von Sanierungsaktivitäten auch einen höheren Bauteilbedarf mit sich ziehen. Aufgrund fehlender Daten konnte der Sanierungsfall nicht modelliert werden und es ist nicht möglich, eine Aussage über die Auswirkung der genannten Effekte auf das Gesamtresultat zu treffen.

B Rahmenbedingungen und Roadmap

5 Vorgehen und Methode

In Teil B des Forschungsprojekts wurde untersucht, wie Städte und Gemeinden zusammen mit weiteren Akteuren günstige Rahmenbedingungen für die Wiederverwendung von Bauteilen fördern können. Die Untersuchung folgte den folgenden konzeptionellen Schritten:

1 Identifikation von Handlungsfeldern, in denen die Rahmenbedingungen zur Wiederverwendung von Bauteilen beeinflusst werden können.

2 Identifikation des Handlungsbedarfs zur Förderung der Wiederverwendung von Bauteilen.

3 Identifikation von Handlungsansätzen, mit denen Städte und Gemeinden gemeinsam mit weiteren Akteuren die Rahmenbedingungen für die Wiederverwendung von Bauteilen können.

4 Entwicklung einer Roadmap zur Umsetzung vielversprechender Handlungsansätze durch Schlüsselakteure in Schweizer Städten.

Handlungsfelder und der Handlungsbedarf wurden in einer Literaturanalyse identifiziert. In Interviews mit Expertinnen und Experten wurde der identifizierte Handlungsbedarf validiert und mögliche Handlungsansätze bestimmt. Die möglichen Handlungsansätze wurden mit ausgewählten Re-Use Experten und Expertinnen geschärft, an einem Fachworkshop mit relevanten Akteuren anhand des Beispiels der Stadt Baden diskutiert sowie zu einer Roadmap für die Stadt Baden weiterentwickelt. Die Roadmap für die Stadt Baden wurde anschliessend zu einer akteursspezifischen Roadmap für Schweizer Städte generalisiert. In alle Schritte floss das aus langjähriger Berufserfahrung gewonnene Vorwissen der Expertinnen und Experten von intep mit ein.

5.1 Literaturanalyse

In der Literaturanalyse wurde für verschiedene Handlungsfelder der Handlungsbedarf zur Förderung der Wiederverwendung von Bauteilen zusammenfassend analysiert. Dafür wurden relevante praxisorientierte nationale und internationale Studien, Projekte, Ansätze und Definitionen herangezogen. Es wurden politische, wirtschaftliche, soziale und technische Rahmenbedingungen sowie Rahmenbedingungen des Planungs- und Bauprozesses betrachtet (Kapitel 6.1).

5.2 Interviews

Die Ergebnisse der Literaturanalyse wurden in fünf leitfadengestützten Interviews themenspezifisch mit Experten und Expertinnen validiert. Die Expertinnen und Experten wurden ebenfalls zu möglichen Handlungsansätzen befragt. Dazu wurde der Leitfaden gemäss Kapitel 11.8 verwendet und auf die jeweils spezifischen Fachkenntnisse der befragten Fachperson zugeschnitten. Die Erkenntnisse flossen in die Entwicklung der Handlungsansätze, die am Fachworkshop diskutiert wurden (Kapitel 5.3), mit ein. Die Interviewpartnerinnen und -partner wurden basierend auf den Ergebnissen und zu verifizierenden Fragen aus der Literaturanalyse in Abstimmung mit der Stadt Baden ausgewählt. Folgende Personen wurden interviewt:

- Marc Angst, Architekt & Wiederverwendungsexperte, baubüro in situ / Zirkular, und Basil Rudolf, Bauphysiker, Zirkular
- Karin Bächli, Leiterin Stadtentwicklung, Stadt Baden
- Nicolas Fries, Circular Economy & Innovation, Implenia
- Karl Martin, Co-Gründer Sumami / Use Again

- Cynthia Ott, Fachstelle Städtebau- und Umweltrecht, Zentrum für Regulierung und Wettbewerb, ZHAW School of Management and Law

5.3 Fachworkshop

An einem ganztätigen Fachworkshop in Baden wurden vielversprechende Handlungsansätze mit Akteuren aus Verwaltung, Bauwirtschaft, Re-Use-First-Mover sowie Forschung diskutiert und zu einer Roadmap weiterentwickelt (vgl. Programm, Kapitel 11.9.)

Am Fachworkshop nahmen insgesamt 32 Vertreterinnen und Vertreter von Bau- und Abbruchunternehmen, Bauherrschaften, Branchenverbänden, Bauteilbörsen, Architekturbüros, Vereinen, die im Bereich Kreislaufwirtschaft tätig sind, sowie Vertretenden aus der Wissenschaft, der Pilotstadt Baden, der Stadt Zürich, der Stadt Winterthur, dem Kanton Aargau, dem Bundesamt für Energie und dem Bundesamt für Umwelt teil.

Am Workshop wurden die Ergebnisse aus Teil A Gebäudemodell (Kapitel 4) vorgestellt und Fragen beantwortet sowie die Ausgangslage der Stadt Baden im Bereich Re-Use erläutert. Danach wurden mögliche Handlungsansätze in drei Spurgruppen diskutiert und zu einer Roadmap entwickelt:

- Spurgruppe 1: Rückbau, Vermarktung und Vertrieb von Bauteilen
- Spurgruppe 2: Als Stadt eine Vorreiterrolle einnehmen
- Spurgruppe 3: Bauwirtschaft befähigen

Bei der Anmeldung gaben die Teilnehmenden an, in welcher Spurgruppe sie mit erster und zweiter Priorität teilnehmen möchten. Zur Vorbereitung der drei Spurgruppen führten die drei Moderierenden im Vorfeld des Fachworkshops jeweils ein Gespräch mit einer Fachexpertin oder einem Fachexperten in dem Themenfeld, um die bestehenden Handlungsansätze zu spiegeln und den Fokus der Spurgruppen festzulegen. Die drei Fachexpertinnen und -experten nahmen ebenfalls am Fachworkshop und der jeweiligen Spurgruppe teil.

Abbildung 27: Der Fachworkshop vom 31. Januar 2024 im Mindspace der Berufsfachschule BBB in Baden.

Am Fachworkshop diskutierten die Teilnehmenden in den Spurgruppen zunächst über die vorgeschlagenen oder neuen Handlungsansätze. Dafür wurde ein «Padlet», ein digitales Board, pro Spurgruppe verwendet (Abbildung 28). Auf diesem konnten die Teilnehmenden bei Bedarf eigene Einträge verfassen. Zudem wurde es über einen grossen Bildschirm eingeblendet, um die vorbereiteten und neuen Einträge strukturiert zu diskutieren.

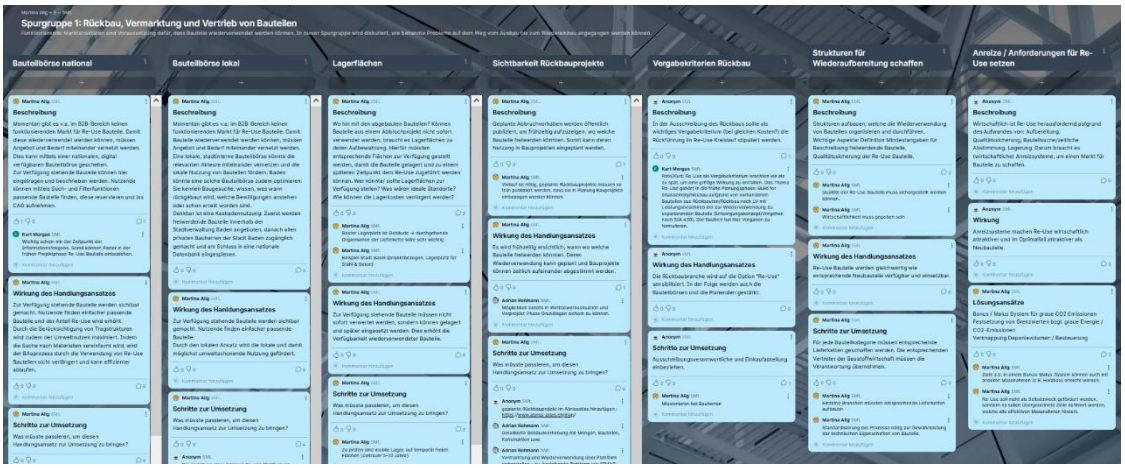


Abbildung 28: Ausschnitt aus dem Padlet der Spurgruppe «Rückbau, Vermarktung und Vertrieb von Bauteilen»

Anschliessend stimmten alle Teilnehmenden ab, welche Handlungsansätze weiterverfolgt werden sollten. Für diese weiterzuverfolgenden Handlungsansätze wurde ein Entwurf einer Roadmap mit Zuordnung einzelner Schritte je Handlungsansatz zu den drei Zeithorizonten «Kurzfristig 2024», «Mittelfristig 2025-2026» und «Langfristig 2027-2030» und den verantwortlichen Institutionen erstellt (Abbildung 29).

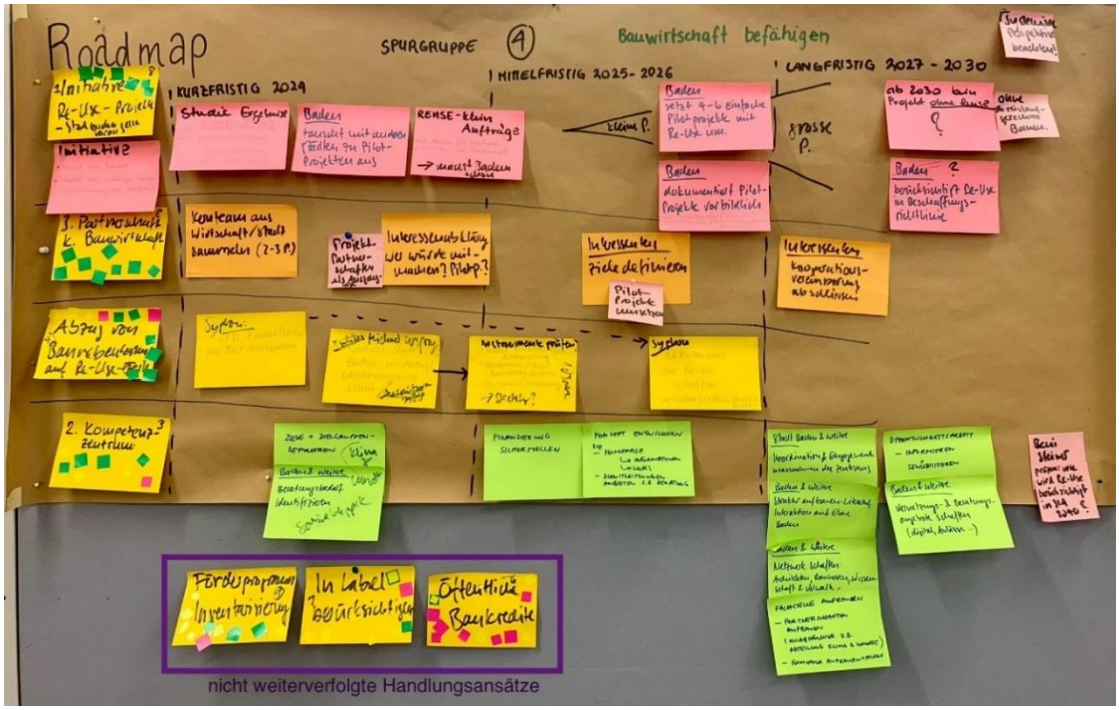


Abbildung 29: Roadmap der Spurgruppe «Bauwirtschaft befähigen» mit vier ausgewählten Handlungsansätzen (links) und den jeweiligen Aktivitäten, die bis 2030 erfolgen sollten.

5.4 Entwicklung Roadmap

Auf Basis der Ergebnisse des Fachworkshops wurde die Roadmap für die Stadt Baden konsolidiert und mit den am Projekt beteiligten Vertretenden der Stadtverwaltung abgestimmt. Anschliessend wurde die Roadmap generalisiert. Dabei wurden die Handlungsansätze nach Akteursgruppen gruppiert, die hauptsächlich die Umsetzung vorantreiben müssen. Beide Roadmaps zeigen für die identifizierten Handlungsansätze auf einer Zeitschiene welche Umsetzungsschritte von welchem Akteur umgesetzt werden können, um den Handlungsansatz voranzutreiben.

6 Ergebnisse und Diskussion

6.1 Rahmenbedingungen und Handlungsfelder

Staatliche Akteure (Bund, Kantone, Gemeinden) können auf vier Ebenen auf politische Rahmenbedingungen Einfluss nehmen: Informationen und Monitoring, Selbstregulierung, Förderung und Subvention, Regulierung. Relevante Handlungsfelder, um die sozialen Rahmenbedingungen zu adressieren, sind die Sensibilisierung von Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger, die Akzeptanz von Re-Use-Bauteilen bei Bauherren, Planenden, Bauausführenden und Endnutzenden sowie der Aufbau der notwendigen Fachkompetenz bei Planenden. Relevante wirtschaftliche Rahmenbedingungen sind die Wirtschaftlichkeit von Re-Use im einzelnen Bauprojekt aus Bauherrensicht sowie wie Angebot von und Nachfrage nach wiederverwendbaren Bauteilen durch die Teilnehmenden am Bauteilmarkt (z. B. Rückbauunternehmen, Bauteilscouts) und deren Vermittler (z. B. Bauteilbörsen) miteinander koordiniert werden. Aus Perspektive der Planungs- und Bauprozesse ist es für die Wiederverwendung von Bauteilen zentral, wie die Beteiligten in der Planungsphase (v.a. Bauherren, Architekturbüros) und beim Rückbau (v. a. Bauherren und Rückbauunternehmen) die Abläufe gestalten. Die relevanten technischen Rahmenbedingungen können über die drei Handlungsfelder Normen und Standards, Qualität und Sicherheit von Re-Use-Bauteilen und Rechtssicherheit adressiert werden. Hier können insbesondere die öffentliche Hand, Branchenorganisationen (z. B. SIA, KBOB, NNBS) und Materialfachexpertinnen und -experten Einfluss nehmen. Tabelle 8 zeigt die identifizierten Handlungsfelder im Überblick.

Tabelle 8: Übersicht der identifizierten Handlungsfelder zur Förderung von Re-Use von Bauteilen nach Rahmenbedingungen

Rahmenbedingungen	**Handlungsfelder**
Politische Rahmenbedingungen	Information und Monitoring
	Selbstregulierung
	Förderung und Subventionen
	Regulierung
Soziale Rahmenbedingungen	Sensibilisierung von Entscheidungsträgern
	Akzeptanz von Re-Use-Bauteilen
	Fachkompetenz aufbauen
Wirtschaftliche Rahmenbedingungen	Wirtschaftlichkeit von Re-Use im Bauprojekt
	Vernetzung von Angebot und Nachfrage
Rahmenbedingungen des Planungs- und Bauprozesses	Planung
	Rückbau
Technische Rahmenbedingungen.	Normen und Standards
	Qualität und Sicherheit von Re-Use-Bauteilen
	Rechtssicherheit

6.1.1 **Politische Rahmenbedingungen**

Der gesetzliche Rahmen gibt vor, inwieweit umweltfreundlich gebaut werden muss und inwieweit Abfälle zu vermeiden sind. In den letzten Jahren ist die Kreislaufwirtschaft auch in der Schweiz auf die politische Agenda gerückt. In Interviews mit Re-Use Vorreitern, aber auch der konventionellen Branche wird oft die Politik zum Handeln aufgefordert. Das Gesetz ist ein entscheidender Hebel, mit dem günstige Rahmenbedingungen für die Kreislaufwirtschaft und im Spezifischen der Wiederverwendung von Bauteilen geschaffen werden können. Dabei können grundsätzlich neben Geboten und Verboten verschiedene Ansätze zum Zug kommen wie Information, Beratung, Ausbildung, Marktwirtschaftliche Instrumente zur Umverteilung oder der Internalisierung von externen

Kosten, das Setzen von Zielvorgaben mit Monitoring, die Ermöglichung von Experimentierräumen, der Einsatz von Fördergeldern oder die Vorbildrolle des Staates.

Das ressourcenschonende Bauen und Rückbauen war bisher keine Pflicht. Mit der Anpassung des Umweltschutzgesetzes (USG, SR 814.01) vom 15. März 2024 (Fedlex, 2024) wurden inzwischen wichtige Grundlagen in Richtung Kreislaufwirtschaft geschaffen. Der Bundesrat kann beispielsweise neu Anforderungen an das ressourcenschonende Bauen stellen (Art. 35j) und er kann Finanzhilfen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft ausrichten (Art. 49a). Im Energiegesetz (EnG, SR 730.0) wurde zudem der Rahmen für die Setzung von Grenzwerten für die graue Energie bei Neubauten und wesentlichen Erneuerungen bestehender Gebäude geschaffen (Fedlex, 2016).

In der Baubranche sind auch kantonale und kommunale Gesetzgebung sowie der Vollzug entscheidend. Neben der Ausgestaltung der Vorschriften gilt es gerade im Baubewilligungsverfahren den Ermessensspielraum zugunsten der Wiederverwendung zu nutzen.

Die interviewten Expertinnen und Experten gaben weiter an, dass die Wiederverwendung von Bauteilen in der Förderlandschaft zum nachhaltigen Bauen kaum berücksichtigt wird. Information von Interessenten wird vor allem von Re-Use-Vorreitern geleistet. Während Re-Use-First-Mover gut vernetzt und organisiert sind, wird die Selbstregulierung der Bauwirtschaft zum Thema Re-Use und von staatlicher Seite kaum aktiv vorangetrieben. Einzelne Städte und Kantone haben eine Kreislaufstrategie erstellt und teilweise mit deren Umsetzung begonnen.

6.1.2 **Soziale Rahmenbedingungen**

Obwohl das Interesse an Re-Use steigt und die Relevanz aufgrund der Ressourcenknappheit zunimmt, sind politische Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger, Bauherren, Architektinnen und Architekten, Behörden und die Bevölkerung noch ungenügend für die Vorteile und Notwendigkeit von Re-Use sensibilisiert. Verankerungen von Gewohnheiten und Bequemlichkeiten, Unerfahrenheit, Unwissenheit oder Misstrauen führen zu traditionellen Handlungsweisen (Küpfer & Fivet, 2021; salza & Matériuum, 2020). Oft fehlt auch das Bewusstsein dafür, wie wertvoll beispielsweise ein gut erhaltenes Bauteil ist, das noch einmal eingesetzt werden kann (Dechantsreiter et al., 2015). Die Baubranche muss daher aktiv sensibilisiert, der Nutzen von Re-Use aufgezeigt und Behörden dahingehend sensibilisiert werden, dass Freiräume vermehrt zugunsten der Nachhaltigkeit genutzt werden (Abegg & Streiff, 2021). Promotoren von Re-Use (zum Beispiel Unternehmen, Vereine, Fachexpertinnen und -experten) nehmen zu und vernetzen sich, was den Übergang zum Massenmarkt voranbringen könnte.

Weiter wird gebrauchtes Baumaterial auf der Abnehmerseite nur selten akzeptiert, es sei denn, es handelt sich um historische Bauteile (Dechantsreiter et al., 2015). Dies ist zum einen auf die aus Sicht der Bauherren und Endnutzer mangelnde Ästhetik und zu vielen Gebrauchsspuren zurückzuführen. Zudem besteht mit Re-Use-Materialien aus der Sicht einiger Planende sowie Architektinnen und Architekten ein eingeschränkter Gestaltungsspielraum, da eine limitierte Anzahl Bauteile zur Verfügung stehen. Um die Wiederverwendung von Bauteilen zu fördern, muss das Verständnis von Ästhetik und visuellen Vorlieben daher transformiert und mehr Akzeptanz geschaffen werden. Schliesslich muss auch mehr Akzeptanz für den komplexen Umgang mit Re-Use-Bauteilen und den damit verbundenen Prozessen sowie Kosten geschaffen werden.

Derzeit besteht noch ein Mangel an qualifizierten Personen im Bereich Re-Use und vielen Fachpersonen fehlen Informationen über die Vorgehensweise in einem Re-Use-Projekt. Die Nachfrage nach qualifizierten Personen in diesem Bereich wird weiter zunehmen. Unterschiedliche Akteure haben deswegen bereits mit der Erarbeitung von neuen Studiengängen und der Ausarbeitung von Anpassungsvorschlägen bestehender Aus- und Weiterbildungsprogrammen begonnen. Gerade im Bereich der Grundausbildung von Architekten und Architektinnen, Fachplanern und Fachplanerinnen, Fachpersonen in der Immobilienbewirtschaftung sowie in der Berufsausbildung der Bauberufe muss jedoch noch verstärkt die Initiative ergriffen werden, damit das Thema im Unterricht

häufiger integriert wird. Zudem sind die Erarbeitung, Dokumentation und Kommunikation von bestehendem Wissen in der Branche von grosser Bedeutung.

6.1.3 **Wirtschaftliche Rahmenbedingungen**

Damit sich das Thema Wiederverwendung auf dem Markt etablieren kann, müssen diverse marktwirtschaftliche Veränderungen vorgenommen werden. Hierbei sind Lösungsansätze für die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Re-Use Projekten sowie die Vernetzung von Angebot und Nachfrage von grosser Bedeutung.

Bei Re-Use Bauprojekten können im Vergleich zu konventionellen Projekten diverse zusätzliche Kosten anfallen (zum Beispiel zeitaufwändige Rückbautätigkeiten, Reparaturen von Bauteilen, Kosten für zusätzliche Schadstoffanalysen und Laborkosten, Zwischenlagerung von Bauteilen). Das Bauen mit wiederverwendbaren Baumaterialien ist in dem Fall häufig wirtschaftlich wenig attraktiv (John & Stark, 2021; Küpfer & Fivet, 2021; salza & Matériuum, 2020). Dafür müssen Lösungen erarbeitet werden, wodurch die Re-Use-Bauprozesse im Vergleich zu den konventionellen Abläufen und Produkten effizienter und kostengünstiger werden. Die Wirtschaftlichkeit ist jedoch stark projektabhängig. Es gilt die teilweise sogar geringeren Einkaufspreise für Re-Use-Bauteile[7] mit den möglicherweise höheren Zusatzkosten abzugleichen. Viele Akteure haben mit Re-Use und den damit verbundenen Mehraufwänden und Einsparungen noch wenig Erfahrung. Es bestehen daher diverse Unsicherheiten, mit welchen Zahlen überhaupt budgetiert werden kann. Die Erarbeitung und Kommunikation von Kennzahlen und Erfahrungswerten in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit von Re-Use Projekten ist daher zentral.

Bei der Vernetzung von Angebot und Nachfrage haben Bauteillager und Vernetzungsplattformen einen grossen Stellenwert. Mittlerweile ist in der Schweiz eine gewisse Infrastruktur vorhanden und es besteht zunehmend die Möglichkeit auch grössere Mengen wiederverwendbarer Baumaterialien einzukaufen. Gemäss den befragten Expertinnen und Experten besteht gerade auf dem B2B-Markt nach wie vor grosses Potenzial im Hinblick auf die Ausdehnung, Vernetzung und Automatisierung von solchen Bauteillagern und Plattformen. Darüber hinaus besteht Kommunikationsbedarf dazu, welche Materialien zu welchem Zeitpunkt tatsächlich verfügbar und wiederverwendbar sind und auch benötigt werden. Damit Angebot und Nachfrage aufeinandertreffen können, müssen weitere Handlungsansätze bezüglich einer optimierten Koordination und Logistik für Rückbau- und Einbauprozesse von Baumaterialien erarbeitet werden. Beispielsweise sind Demontageabläufe zeitaufwändig und müssen mit unterschiedlichen Akteuren abgestimmt werden oder der Transport und die Einlagerung in ein Zwischenlager müssen organisiert und koordiniert werden. Schliesslich ist für eine effiziente Gestaltung der komplexen Logistik eine stärkere Vernetzung der Akteure und eine intensivere Kommunikation zwischen den Akteuren von grosser Bedeutung (Küpfer & Fivet, 2021; salza & Matériuum, 2020).

6.1.4 **Rahmenbedingungen des Planungs- und Bauprozesses**

Die etablierten Planungs-, Bau- und Bewirtschaftungsprozesse von Immobilien sind nicht auf die Wiederverwendung von Bauteilen ausgelegt, wie die befragten Expertinnen und Experten bestätigen. Über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes betrachtet, sind besonders in der Planungsphase und in der Rückbauphase neue Herangehensweisen gefragt, damit wiederverwendete Bauteile in der Bauwirtschaft zum Einsatz kommen können.

Um Re-Use umzusetzen, bedarf es Änderungen im konventionellen Planungsablauf. Beispielsweise müssen Umweltauswirkungen automatisch Teil bei der Auswahl der Komponenten für ein Gebäude sein (Küpfer & Fivet, 2021) oder der Projektentwurf muss laufend an die gefundenen Bauteile angepasst werden (swissbau, 2020). Diese Faktoren müssen in den Planungsablauf integriert werden.

[7] Wenn neue Bauteile günstiger angeboten werden, liegt dies oftmals daran, dass sie in grosser Stückzahl verkauft und nicht alle externen Faktoren eingepreist werden (De Wolf et al., 2023; Küpfer & Fivet, 2021).

Von einigen Akteuren wurden bereits konzeptionelle Anpassungsvorschläge des Planungsablaufs entwickelt, zum Beispiel im «Merkblatt Wiederverwendung von Bauteilen» von Cirkla (Angst et al., 2023). Diese müssen sich aber noch in der Praxis aber noch etablieren und das Know-How zu deren Anwendung muss bei den unterschiedlichen Akteuren aufgebaut werden.

Weiter stellen die aktuell verbreiteten Planungsprozesse bei Neubauten deren Kreislauffähigkeit nicht sicher (Angst et al., 2023; John & Stark, 2021; vgl. Angst et al., 2023). Es ist von grosser Bedeutung, dass Neubauten von Anfang an so geplant und konstruiert werden, dass sie in einem geschlossenen Kreislaufsystem funktionieren können. Dadurch wird eine hohe Rate an Wiederverwendungsmöglichkeiten bei zukünftigen Gebäuderückbauten ermöglicht. Besonders wichtig ist es, das Gebäude so zu gestalten, dass auch grössere Bauteile und Elemente wie vollständige Böden, Decken, Wände und Dächer[8] leicht demontiert und wiederverwendet werden können. Die Auswahl der Materialien, die Dimensionen der Bauelemente und die Art der Verbindungen und Tragkonstruktionen spielen eine entscheidende Rolle für die spätere Rückbaufähigkeit eines Gebäudes. Die gewählten Konstruktionen sollten leicht zerstörungsfrei getrennt und wiederverwendet werden können und gleichzeitig einfache Wartungsmöglichkeiten bieten. Weiter ist für die Kreislauffähigkeit von Bauteilen auch die Dokumentation von Bauprozessen, Strategien und ausgewählten Materialien sowie die Digitalisierung auf Bauteilebene von grosser Bedeutung.

Beim Rückbau ist es aufwändig zu ermitteln, welche Bauteile bei einem Gebäude vorhanden sind und in welcher Qualität. Um eine Wiederverwendung von Bauteilen zu ermöglichen, ist vorab eine systematische Erfassung der Bauteile und detaillierte Informationen darüber, wann und wo wie viele Bauteile verfügbar sind, von grundlegender Bedeutung. Es braucht Lösungen für eine systematische und effiziente Ermittlung von verfügbaren Bauteilen. Weiter müssen die Abläufe des Rückbaus gezielt auf Re-Use ausgerichtet und Demontage, Transport und Zwischenlagerung mit einer geeigneten Organisationsstruktur gut in den regulären Ablauf von Gebäudeabbrüchen eingebunden werden (John & Stark, 2021). Ausserdem erfordert der Ausbau von wiederverwendbaren Materialien Zeit. Eine Demontage erfordert einen deutlich höheren Zeitaufwand als der Abbruch und Abbruchunternehmen müssen auf eine zerstörungsfreie Demontage spezialisiert Unternehmen damit beauftragen. Das Zeitfenster für Abbruch- bzw. Rückbaumassnahmen ist in der Regel jedoch so eng bemessen, dass eine sorgfältige Demontage der auszubauenden Elemente nicht ohne weiteres möglich ist (John & Stark, 2021). Auf Rückbau spezialisierte Personen sollten daher ein wichtiger Teil von Planungs- und Interventionsteams werden[9] (Küpfer & Fivet, 2021).

6.1.5 **Technische und rechtliche Rahmenbedingungen**

Im Bausektor spielen Normen und Standards eine wichtige Rolle. Gemäss den befragten Expertinnen und Experten eignet sich das bisher etablierte Vorgehen nach SIA 112 jedoch nicht für Re-Use Projekte, wo sich Planungsschritte und Kosten zeitlich anders verteilen. Eine Vielzahl an technischen Normen definiert Anforderungen an Bauteile und Bauwerke. Diese Normen sind jedoch für neu hergestellte Bauteile verfasst worden (u.a. Spörri et al., 2022). Bei der Wiederverwendung von Bauteilen müssen die Normen neu interpretiert werden oder sie sind gar nicht anwendbar. Dies kann die Planenden verunsichern oder von Re-Use abschrecken. Dabei entsprechen einige private Normen gar nicht mehr dem Stand der Technik (Bundesrat, 2022) Es gilt herauszufinden, inwieweit Normen die Anwendung von Re-Use behindern und wie diese längerfristig angepasst werden sollten. Zum Beispiel kann auf eine Praxis hingearbeitet werden, bei der Bauteile wiederverwendet werden dürfen, wenn sie beim ersten Einbau den damaligen Normen entsprachen (Abegg & Streiff, 2021). Freiwillige Standards für nachhaltiges Bauen haben das Potenzial, Re-Use zu fördern. Durch die Anforderungen in solchen Standards werden Bauherrschaften und Planende auf das Thema sensibilisiert, es werden

[8] Tragende Strukturen verfügen zudem über das grösste THGE-Einsparpotenzial (vgl. Kapitel 4.2.2)
[9] In Frankreich und Belgien gibt es den Beruf „valoriste“, ein:e Techniker:in Aufwertung Gebäuderessourcen. Dies könnte auch für die Schweiz eine Option sein, zum Beispiel in Form einer Weiterbildungsmöglichkeit für Fachpersonen in Planungs-, Bau- und Abbruchberufen(Küpfer & Fivet, 2021).

konkrete Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt und Anreize für deren Umsetzung geschaffen. Einige Standards wie z. B. die Systemversion 2023 des DGNB-Standards (vgl. DGNB, 2024) haben Aspekte der Kreislaufwirtschaft bereits aufgenommen, andere sind dabei, solche zu implementieren.

Im Hinblick auf Qualität und Sicherheit von Re-Use-Bauteilen bedeuten möglicherweise vorhandene Schadstoffe ein Risiko, das mit grossen Befürchtungen einhergeht. Screening-Prozesse sind aber schon gut etabliert und es existieren genügend Anbieter mit entsprechendem Know-How. Bezüglich der technischen Materialqualität von Bauteilen besteht häufig Unsicherheit, inwiefern ein Bauteil dem aktuellen Stand der Technik entspricht (John & Stark, 2021), inwiefern bestimmte Qualitätskriterien erfüllt werden und welche Bauteile aufgrund ihres Zustandes wiederverwendet werden können. Dabei sind «alte» Materialien nicht zwangsläufig von schlechterer Qualität. Ein bereits verwendetes Bauteil hat sich oftmals, im Gegensatz zu neuen Bauteilen, bereits bewährt. Dies kann gegebenenfalls auch als Garantie für die Widerstandsfähigkeit des Bauteils gesehen werden (Müller & Moser, 2022). Es braucht daher Lösungen zum Umgang mit den diversen Qualitäten von Re-Use-Bauteilen und der effizienten Identifikation der Qualität. In diesem Zusammenhang sind auch Garantieleistungen von Relevanz, welche im Re-Use Bereich noch etabliert werden müssen. Schliesslich wurden Schweizer Gebäude nicht für eine Demontage konzipiert. Bauweisen wie zum Beispiel Ortbeton und die Verwendung von Klebstoffen verhindern eine einfache Demontage (Küpfer & Fivet, 2021). Um den geforderten technischen Aspekten der Wiederverwendung von Bauteilen gerecht zu werden, braucht es also kreative Lösungen.

Weiter herrscht eine erhebliche Unsicherheit in Bezug auf rechtliche Fragen (Abegg & Streiff, 2021)). Beispielsweise sei aufgrund von komplizierten organisatorischen Strukturen und der Anzahl involvierter Parteien oftmals unklar, wer zu welchem Zeitpunkt über das Eigentum am Bauteil verfügt und bei einem Schaden verantwortlich wäre. Das sehen jedoch nicht alle Akteure als eine Re-Use-spezifische Herausforderung. So gibt eine im vorliegenden Projekt befragte Expertin zu bedenken, dass die Haftung bei Re-Use-Projekten sich teils nicht wesentlich von der Haftung bei anderen Bauprojekten unterscheiden würde. Meist könne auch da eine Haftungsübernahme nach SIA 118 vereinbart werden, gegebenenfalls ergänzt um einzelne Re-Use-Bestimmungen. Für diese teilweise nötigen zusätzlichen Bestimmungen gäbe es jedoch noch wenige Praxisbeispiele. Auch wenn viele der Haftungsfragen nicht nur für Re-Use gelten, besteht daher der Bedarf nach einer Definition von Verantwortungen und Best Practices. Im von Innosuisse geförderten Forschungsprojekt «Wiederverwendung von Bauteilen: Rechtlicher Rahmen», das vom Institut für Regulierung und Wettbewerb in Zusammenarbeit mit Baubüro in situ AG durchgeführt wird, werden die rechtlichen Rahmenbedingungen für Re-Use von Bauteilen vertieft beforscht und mögliche Lösungstools entwickelt (ZHAW, n.d.). Die Lösungstools aus dem Projekt sind auf der Website von cirkla veröffentlicht (cirkla, n.d.).

6.2 Roadmap für Städte und Gemeinden

6.2.1 **Handlungsansätze und Akteursgruppen**

Die Roadmap für Städte und Gemeinden zeigt Handlungsansätze zur Förderung von Re-Use und konkrete Umsetzungsschritte mit Zeithorizont. Die Roadmap soll Städten und Gemeinden eine Grundlage bieten, um das Potenzial von Re-Use von Bauteilen in Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren in ihrer Region und darüber besser auszuschöpfen.

Die Roadmap richtet sich an drei unterschiedliche Akteursgruppen, die bei einer Umsetzung der jeweiligen Handlungsansätze die Führung übernehmen sollen: öffentliche Immobilieneigentümer, die lokale Bauwirtschaft und Re-Use-Vorreiter sowie zuständige Stellen aus den Bereichen Regulierung und Förderung. Für eine erfolgreiche Umsetzung ist in der Regel die Einbindung weiterer Akteure nötig, die für einzelne Umsetzungsschritte auch den Lead übernehmen sollen. Abbildung 30 zeigt die Handlungsansätze der Roadmap im Überblick.

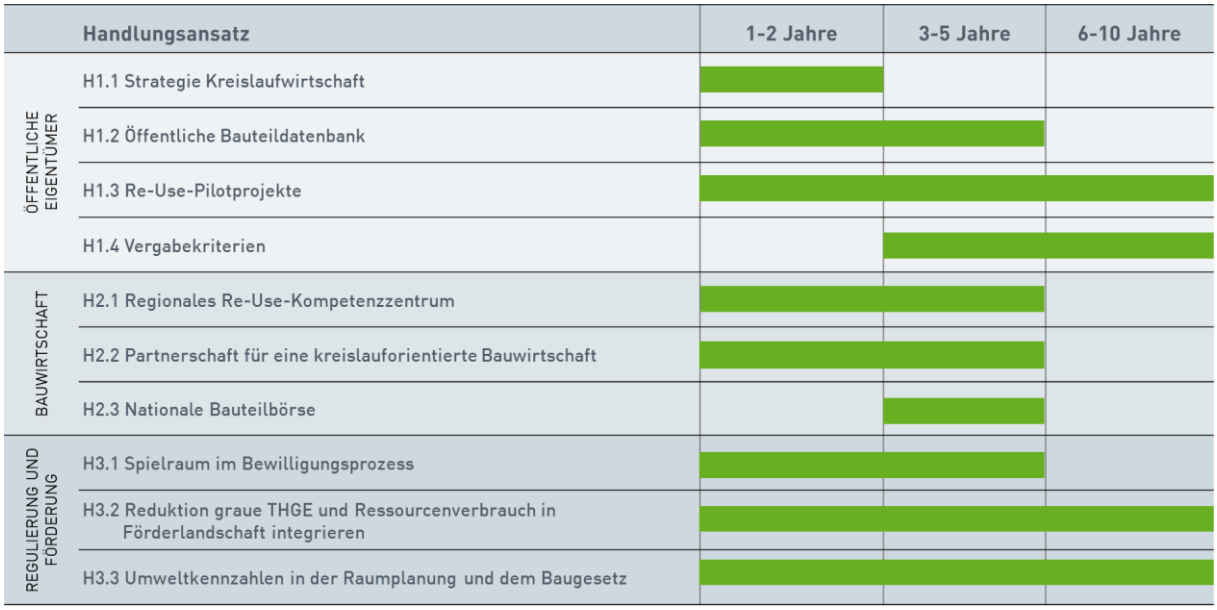


Abbildung 30: Übersicht über die 10 Handlungsansätze für die drei Akteursgruppen Öffentliche Eigentümer, Lokale Bauwirtschaft sowie Akteure im Bereich Regulierung und Förderung. (Lesebeispiel: H1.1 sollte in den nächsten ein bis zwei Jahren umgesetzt werden. H3.3 sollte baldmöglichst in die Wege geleitet werden, die Umsetzung kann jedoch mehrere Jahre dauern. Bei H2.3 ist es zunächst zielführender andere Handlungsansätze zu verfolgen, zum Beispiel H1.2, damit dieser Ansatz erfolgreich und effizient implementiert werden kann.)

Die beteiligten Akteure sowie die konkrete Ausgestaltung und zeitliche Staffelung der Massnahmen müssen bei einer Implementierung zwingend an die lokalen und ggf. regionalen Voraussetzungen angepasst werden.

6.2.2 **Öffentliche Eigentümer**

Zur Akteursgruppe «Öffentlichen Eigentümer» (ÖE) gehören die zuständigen Stellen für die bauliche Entwicklung des gemeindeeigenen oder städtischen Gebäudeportfolios, entsprechende Kantons- und Bundesbehörden, öffentliche Wohnungsbaugesellschaften oder staatsnahe Betriebe, Vorsorgeinstitute oder Stiftungen, die ein Immobilienportfolio halten. Abbildung 31 zeigt die Handlungsansätze für öffentliche Immobilieneigentümer. Bei einer Implementierung der Massnahmen müssen die relevanten und interessierten öffentlichen Eigentümer für den gegebenen Kontext identifiziert werden.

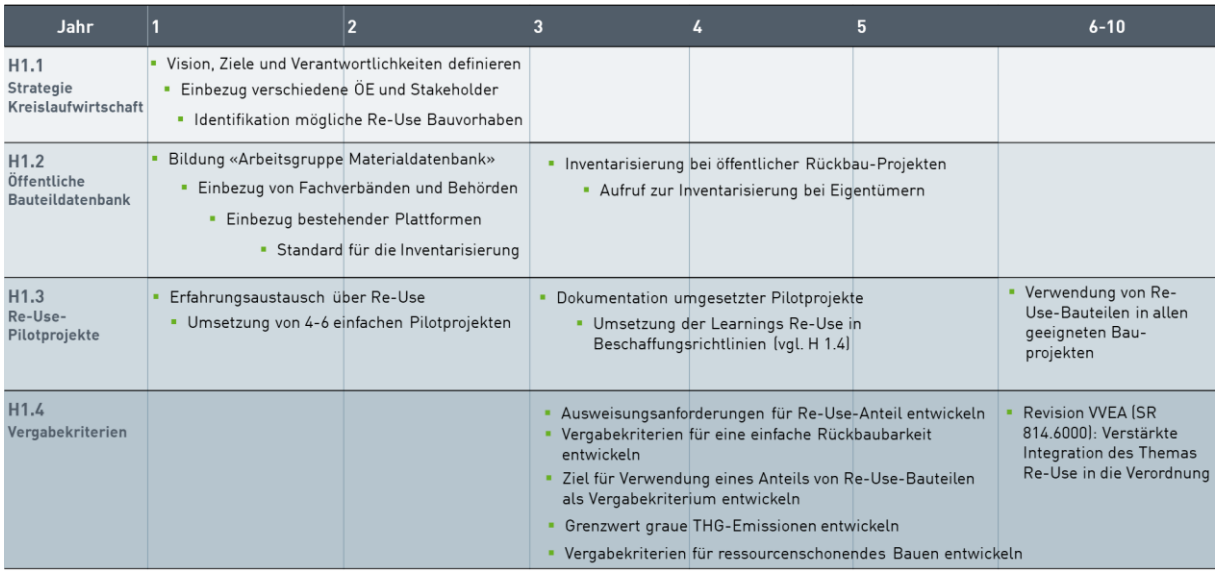


Abbildung 31: Die Abbildung zeigt die vier Handlungsansätze einschliesslich der dazugehörigen Aktivitäten für die Akteursgruppe «Öffentliche Eigentümer».

6.2.2.1. Strategie Kreislaufwirtschaft (H1.1)

Öffentliche Eigentümer erarbeiten eine Strategie, wie zirkuläres Bauen zur Senkung der grauen THGE und des Ressourcenverbrauchs im städtischen Liegenschaftsportfolio umgesetzt werden soll. Die Strategie soll Re-Use kombiniert mit weiteren Ansätzen des zirkulären Bauens berücksichtigen. Spezifisch für Re-Use von Bauteilen soll die Strategie zu folgenden Aspekten Massnahmen enthalten:

- Ziele für die Umsetzung bei eigenen Bauvorhaben
- Kriterien zur Berücksichtigung von Re-Use in Architekturwettbewerbe (vgl. H1.4)
- Berücksichtigung von Re-Use in der Beschaffung (vgl. H1.4)
- Berücksichtigung von Re-Use bei Vergabe von Baurechten (vgl. H1.4)
- Aufbau geeigneter Prozesse und eines Datenstamms für das Management von Re-Use Bauteilen (Portfoliointern, vgl. H.1.2)

Tabelle 9: Umsetzungsschritte Handlungsansatz «Strategie Kreislaufwirtschaft» (H1.1)

Jahr	Aktivität	Wer
1-2	Vision, Ziele, Zielgruppen, Verantwortlichkeiten und Handlungsfelder definieren	ÖE
1-2	Einbezug verschiedener ÖE und Abteilungen in die Entwicklung der Strategie und Sensibilisierung für Vision und Ziele	ÖE
1-2	Identifikation von Bauvorhaben, die sich für die Anwendung von Re-Use eignen (vgl. H1.3)	ÖE

6.2.2.2. Öffentliche Bauteildatenbank (H1.2)

Öffentliche Eigentümer entwickeln gemeinsam eine Methodik oder einen Standard zur Inventarisierung von Bauteilen und bauen eine Datenbank zu wiederverwendbaren Bauteilen in den eigenen Liegenschaften auf. Dazu müssen verschiedene fachliche und prozessuale Themen geklärt

werden z. B., ob eine Inventarisierung generell für das gesamte Portfolio oder erst im Rahmen von Abbruchprojekten erfolgen soll.

Die Bauteil-Datenbank soll künftig ermöglichen, bei Rückbauten sofort die verfügbar werdenden Materialien zu kennen und in eine Wieder- oder Weiterverwendung im eigenen Portfolio oder bei weiteren Nutzern einfliessen zu lassen. Idealerweise werden Prozesse oder Schnittstellen eingerichtet, sodass freiwerdende Bauteile auch von privaten Bauherren genutzt werden können (z. B. analog zum oder als Teil des GIS).

Mit einer öffentlichen Bauteildatenbank und einem Standard zur Inventarisierung können öffentliche Immobilieneigner die Entwicklung einer nationalen Börse entscheidend vorantreiben (vgl. H.2.3).

Tabelle 10: Umsetzungsschritte Handlungsansatz «Öffentliche Bauteildatenbank» (H1.2)

Jahr	Aktivität	Wer
1-2	Wissensaustausch zwischen Vorreiter-ÖE. Bildung einer übergreifenden «Arbeitsgruppe Materialdatenbank».	ÖE
1-2	Einbezug von Fachverbänden und weiteren Behördenstellen	ÖE
1-2	Einbezug bestehender Plattformen im Austausch mit den Anbietern prüfen (z. B. KBOB)	ÖE
1-2	Entwicklung einer einheitlichen Methodik oder von Standards für die Inventarisierung von Bauteilen inkl. Praxistest	ÖE
3-5	Inventarisierung von Bauteilen öffentlicher Rückbau-Projekte inkl. Veröffentlichung der Inventarlisten	ÖE
3-5	Aufruf bei lokalen institutionellen Eigentümern (staatsnah und privat) zur Inventarisierung	ÖE

6.2.2.3. Re-Use-Pilotprojekte (H1.3)

Damit ÖE Re-Use-Erfahrung sammeln können, sollen eigene Pilot-Projekte umgesetzt werden. Das Ziel ist, klein und mit einer überschaubaren Komplexität zu beginnen, zum Beispiel mit einer Machbarkeitsstudie, mit der Wiederverwendung eines Bauteiltyps mit hohem Umweltimpact (Stahlbeton, Metallbauteile des Innenausbaus, vgl. dazu Kap. 4.3.2), mit einem vergleichsweise einfacheren Anwendungsfällen (Ersatzneubau, vgl. dazu 6.3.1) oder bei Neubauten mit dem Konzept «Design for Disassembly». Somit kann organisationsintern Know-How im Umgang mit Re-Use aufgebaut werden (Verträge, Bauteilbeschaffung, finanzielle Auswirkungen etc.). Das Vorgehen und die Learnings werden umfassend dokumentiert, sodass sie für einen Wissensaustausch mit einem Fachpublikum verwendet werden können. Erfolge werden aktiv über öffentliche Kanäle kommuniziert.

Durch die Umsetzung öffentlicher Re-Use-Pilotprojekte können regionale Best-Practice-Beispiele realisiert werden, die lokalen Bauherren und Planern bei der Umsetzung als Vorbild dienen können. Darüber hinaus wird die Nachfrage auf dem Markt nach Bauteilen und den für die Wiederverwendung nötigen Leistungen gestärkt.

Tabelle 11: Umsetzungsschritte Handlungsansatz «Re-Use-Pilotprojekte» (H1.3)

Jahr	Aktivität	Wer
1-2	Erfahrungsaustausch mit anderen ÖE über Re-Use-Erfahrungen	ÖE
1-5	Umsetzung von 4-6 einfachen Pilotprojekten mit Fokus auf ausgewählte Anwendungsfälle	ÖE
3-5	Vorbildliche Dokumentation der umgesetzten Pilotprojekte (inkl. Prozesse), um Standards zu setzen und Erkenntnisse an private Bauherren weiterzugeben (vgl. H2.2)	ÖE
3-5	Umsetzung der Learnings zu Re-Use in Beschaffungsrichtlinien (vgl. H1.4)	ÖE
6-10	Verwendung von Re-Use-Bauteilen bei allen geeigneten Bauprojekten	ÖE

6.2.2.4. Vergabekriterien (H1.4)

Um die Reduktion der grauen Treibhausgasemissionen sowie der Gesamtumweltbelastung und des Ressourcenverbrauchs in der Ausschreibung von Bauprojekten zu berücksichtigen, sollen öffentliche Eigentümer geeignete Vergabekriterien entwickeln und implementieren. Übergeordnet steht hierbei das öffentliche Vergaberecht (IVöB). Vergabekriterien, die sich auf das zu erreichende Ziel – die Reduktion von grauen Treibhausgasemissionen, der Gesamtumweltbelastung und des Ressourcenverbrauchs – konzentrieren, ermöglichen es, die jeweils zielführendste auf den Anwendungsfall (Sanierung, Ersatzneubau, Neubau) angepasste Lösung technologieoffen (zum Beispiel Re-Use, Sanieren statt Neubau, Holzbau) auszuwählen. Konkrete Vorgaben wie zum Beispiel die Ausweisung des Re-Use-Anteils oder die Verwendung eines Mindestanteils von Re-Use-Bauteilen können situativ geprüft und bei geeigneten Voraussetzungen festgelegt werden. Ebenfalls berücksichtigt werden sollte «Design for Disassembly», das heisst eine Sicherstellung einfacher Rückbaubarkeit zur langfristigen Erhöhung der zur Verfügung stehenden Bauteile. Im Weiteren ist zu beachten, dass diese Kriterien eine angemessene Gewichtung in der Gesamtbeurteilung erhalten. Mögliche Vorgaben können im Rahmen von Pilotprojekten (vgl. H1.3) entwickelt und ggf. getestet werden. Der Bund kann diese Bestrebungen unterstützen, indem er das Thema Wiederverwendung verstärkt in die Abfallverordnung (VVEA, SR 814.6000) integriert (Fedlex, 2015).

Tabelle 12: Umsetzungsschritte Handlungsansatz «Vergabekriterien» (H1.4)

Jahr	Aktivität	Wer
3-10	Leitfaden / Best practices zu Vergabekriterien für ressourcenschonendes Bauen für öffentliche Eigentümer zusammenstellen (Bund als Vorbild)	Bund
3-10	Anforderung zur Ausweisung und ggf. Steigerung des Re-Use-Anteils als Vergabekriterium von Rückbauvorhaben entwickeln (z. B. ein Re-Use-Konzept einfordern)	ÖE
3-10	Vergabekriterien für eine einfache Rückbaubarkeit entwickeln (Design for Disassembly)	ÖE
3-10	Grenzwert für graue THG-Emissionen bei Bauprojekten als Vergabekriterium entwickeln	ÖE
3-10	Vergabekriterien für ressourcenschonendes Bauen entwickeln mit Blick auf die Reduktion der Gesamtumweltbelastung (z. B. grundsätzliche Bewertung des Ressourceneinsatzes im Projekt, Optimierung zw. Materialwahl-Konstruktionsweise-Umweltbelastung, Anwendung von Re-Use)	ÖE

6-10	Revision der VVEA (SR 814.6000): Verstärkte Integration des Themas Re-Use in die Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen zur zusätzlichen Legitimation von Vergabekriterien	Bund

6.2.3 **Bauwirtschaft**

Akteure der Bauwirtschaft mit potenziell grossem Einfluss auf eine breitere Anwendung von Re-Use sind Bauherren und Re-Use-Vorreiter in Planung und Realisierung. Da unter den gegebenen Rahmenbedingungen Bauherren aktiv die nötigen Voraussetzungen schaffen müssen, damit in einem Bauprojekt Re-Use-Bauteile zum Einsatz kommen, stehen sie als Entscheidungsträger im Fokus der nachfolgenden Handlungsansätze. Re-Use-Vorreiter wiederum nehmen als Know-How-Träger und -Vermittler eine zentrale Rolle in den nachfolgenden Handlungsansätzen ein. Nach Bedarf und Interesse können weitere Bauunternehmen, Projektentwickler, Architektur- und Ingenieurbüros, Planungs- und Beratungsunternehmen, aber auch Baustoffhersteller und Zulieferer in die Umsetzung der Handlungsansätze beteiligt werden. Insbesondere kann die Etablierung von Re-Use gefördert werden, indem Re-Use Bauteile in bestehende Lieferketten der Baustoffindustrie integriert werden.

Die im folgenden beschriebenen Handlungsansätze sollen mittelfristig überwiegend von der Bauwirtschaft vorangetrieben werden, die öffentliche Hand kann die Umsetzung jedoch Initiierenoder mit Beteiligung in der Trägerschaft unterstützen.

Jahr	1	2	3	4	5
H2.1 Regionales Re-Use-Kompetenzzentrum	▪ Entwicklung Konzept Kompetenzzentrum ▪ Aufbau Trägerschaft		▪ Aufbau Interessenten-Netzwerk ▪ Aufbau operativer Betrieb mit Beratungsangeboten ▪ Regelmässige Bedarfs- und Wirkungsanalyse		
H2.2 Partnerschaft für eine kreislauf-orientierte Bauwirtschaft	▪ Bildung Kernteam, aus Vertretenden von Bauwirtschaft und Stadt ▪ Interessensabklärungen Zielgruppen, Partnerschaften		▪ Festlegung gemeinsamer Ziele ▪ Kooperationsvereinbarung mit Zielverpflichtung		
H2.3 Nationale Bauteilbörse			▪ Prüfung der Erweiterung bestehender Bauteilbörsen ▪ Aufbau nationaler Datenstamm für Strukturbauteile (vgl. H 1.2) ▪ Aufbau der nationalen Bauteilplattform		

Abbildung 32: Die Abbildung zeigt die drei Handlungsansätze einschliesslich der dazugehörigen Aktivitäten für die Akteursgruppe «Lokale Bauwirtschaft».

6.2.3.1. Regionales Re-Use-Kompetenzzentrum (H2.1)

Dazu, wie Re-Use umgesetzt werden kann, sind bereits viele generellen Infos und Ressourcen vorhanden. Was fehlt, ist eine Übersetzung dieses Wissens in die regionale Praxis. Um diese Lücke zu überbrücken, wird ein regionales Kompetenzzentrum eingerichtet. Das Zentrum bietet verschiedene Beratungsformate, in denen Bauherren und weitere Fachpersonen konkret dabei unterstützt werden, ihr eigenes Re-Use-Projekt voranzutreiben (zum Beispiel mittels Beratungsgesprächen, Machbarkeitsstudien, Vermittlung relevanter Informationsgrundlagen etc.).

Träger des Kompetenzzentrums können Städte und Gemeinden sowie interessierte kantonale oder Bundesstellen und regionale Firmen der Bau- und Immobilienwirtschaft, betrieben wird es von ausgewiesenen Re-Use-Experten aus der Bauwirtschaft und der Forschung. Das Angebot soll auf potenzielle «Re-Use-Champions» (vgl. Kapitel 6.3.3) ausgerichtet sein und auf einfach anwendbare Use-Cases für Re-Use-Bauteile mit hohem Umweltnutzen fokussieren (vgl. Kapitel 6.3.1).

Tabelle 13: Umsetzungsschritte Handlungsansatz «Regionales Re-Use-Kompetenzzentrum» (H2.1)

Jahr	Aktivität	Wer
1-2	Entwicklung eines Konzepts: im Austausch mit Bauwirtschaft und Forschung Ziele und Zielgruppen definieren, Beratungsbedarf identifizieren, Dienstleistungen spezifizieren	Stadt
1-2	Aufbau einer Trägerschaft: Finanzierung sicherstellen, Rollen definieren	Stadt
3-5	Aufbau und Pflege eines Netzwerks von Interessenten in der lokalen Bauwirtschaft	Träger
3-5	Aufbau des operativen Betriebs des Zentrums mit Öffentlichkeitsarbeit (Interessierte zum Thema Re-Use sensibilisieren und informieren) sowie Vernetzungs- und Beratungsangeboten	Betreiber
3-5	Koordination der vom Zentrum durchgeführten Massnahmen, regelmässige Bedarfs- und Wirkungsanalyse	Träger

6.2.3.2. Partnerschaft für eine kreislauforientierte Bauwirtschaft (H2.2)

Lokale und regionale Akteure der Bauwirtschaft schliessen sich zusammen, um sich Ziele für die Transformation zu einer kreislauforientierten Bauwirtschaft zu setzen und gegenseitig von den gemachten Erfahrungen zu profitieren, zum Beispiel analog zur "Charta Kreislauforientiertes Bauen"[10]. Sie bekunden öffentlichkeitswirksam ihr Engagement für das zirkuläre Bauen, und planen konkrete Aktionen zum Thema Wiederverwendung (idealerweise eigene Pilot-Projekte). Die Initiative soll auf Bauherren fokussieren, aber offen für weitere Akteure der Bauwirtschaft sein. Fachlich wird eng mit den regionalen und lokalen öffentlichen Immobilieneignern zusammengearbeitet, die in Zusammenarbeit mit der Initiative als direkte Vorbilder agieren und ihre gemachten Erfahrungen aus Pilot-Projekten (vgl. H1.3) teilen. Die Stadt kann das Interesse sondieren und den Prozess initiieren, die Führung der Umsetzung liegt jedoch bei der Interessengruppe der lokalen Bauwirtschaft (IG).

Tabelle 14: Umsetzungsschritte Handlungsansatz «Partnerschaft für eine kreislauforientierte Bauwirtschaft» (H2.2)

Jahr	Aktivität	Wer
1-2	Bildung eines Kernteams (=Interessengruppe, IG), das sich aus Vertreterinnen und Vertretern von Wirtschaft und Stadt zusammensetzt.	Stadt
1-2	Interessensabklärungen: Zielgruppe schärfen, Abklärungen, welche Akteure Interesse an einer Partnerschaft haben, bestehende Projektpartnerschaften als Ausgangslage nehmen	IG
3-5	Festlegung von spezifischen, messbaren Zielen, für die man sich jeweils und gemeinsam einsetzen möchte (z. B. Umsetzung von Pilotprojekten)	IG
3-5	Abschliessen einer Kooperationsvereinbarung mit Verpflichtung, sich an die definierten Ziele zu halten bzw. zu ihrer Erreichung beizutragen.	Bauherren, weitere

6.2.3.3. Nationale Bauteilbörse (H2.3)

Der Aufbau einer nationalen Bauteilbörse, die insbesondere THGE-intensive konstruktive Bauteile vertreibt, ist ein entscheidender Schritt zur Förderung der Wiederverwendung von Baumaterialien. Die Börse soll eine einfache Dateneingabe zu den Bauteilen ermöglichen und über eine

[10] https://cbcharta.ch

benutzerfreundliche Such- und Filterfunktion verfügen, um Bauteile zu finden, diese zu reservieren und in CAD-Programme zu integrieren. Zu den Bauteilinformationen sollen neben den technischen Details Angaben zum Standort und zur Geschichte des Bauteils gehören. Die Eingabe der Bauteile muss mindestens sechs Monate vor dem geplanten Abriss erfolgen, sodass Planende bereits in frühen Projektphasen Re-Use Bauteile einbeziehen können.

Eine nationale Bauteilbörse bietet den Vorteil, dass Bauteilsuchende durch die Zusammenführung des gesamten Angebots eine übersichtlichere und einfachere Suche erleben, da alle verfügbaren Bauteile auf einer Plattform ersichtlich sind. Dies führt zu einer grösseren Auswahl und einheitlichen Angaben zu den Bauteilen, wodurch die Notwendigkeit entfällt, Informationen von verschiedenen Plattformen zusammenzusuchen. Dadurch wird das Risiko unterschiedlicher und möglicherweise widersprüchlicher Informationen minimiert.

Mit einer öffentlichen Bauteildatenbank und einem Standard zur Inventarisierung (vgl. H1.2) können öffentliche Immobilieneigner die Entwicklung einer nationalen Börse entscheidend vorantreiben. Die Initiative zur Umsetzung müsste aber von den bestehenden Bauteilbörsen selbst kommen. Die Führung der Umsetzung könnte bei einem Branchendachverband für Re-Use-First-Mover liegen (zum Beispiel Cirkla).

Tabelle 15: Umsetzungsschritte Handlungsansatz «Aufbau nationale Bauteilbörse» (H2.3)

Jahr	**Aktivität**	**Wer**
3-5	Prüfung einer Standardisierung und Erweiterung der Datenbanken bestehender Bauteilbörsen (z. B. Use Again)	Cirkla mit Use Again und lokalen Börsen
3-5	Unterstützung oder Aufbau eines nationalen Datenstamms für Strukturbauteile (vgl. H 1.2)	ÖE
3-5	Finanzielle Unterstützung bzw. Förderung des Aufbaus der nationalen Plattform	Bund, Kanton

6.2.4 **Regulierung und Förderung**

Die Handlungsansätze im Bereich Regulierung und Förderung richten sich an Baubewilligungsbehörden, zuständige Stellen für Förderprogramme im Gebäudebereich sowie die zuständigen Stellen der Raumplanung auf allen drei Staatsebenen. Die entsprechenden kommunale Behörden können je nach gegebenem Spielraum eigenständig Massnahmen umsetzen oder die Koordination und Zusammenarbeit mit übergeordneten kantonalen oder Bundesstellen initiieren.

Jahr	1	2	3	4	5	6-10
H3.1 Spielraum im Bewilligungsprozess nutzen	▪ Überprüfung Prozesse und Spielraum ▪ Bestehende Good Practices ermitteln ▪ Anpassungsbedarf ermitteln und adressieren ▪ Austausch mit „First Mover"-Städten		▪ Abstimmung mit allen beteiligten Verwaltungsstellen ▪ Entwicklung White Paper mit Best Practices			
H3.2 Reduktion graue THGE und Ressourcen-verbrauch in Förderlandschaft integrieren	▪ Handlungsspielraum für Anpassung/Aufbau Förderprogramme eruieren		▪ Berücksichtigung von Umweltkennzahlen in Förderprogrammen prüfen ▪ Förderinitiativen für regionale Re-Use-Leuchtturmprojekte			▪ Aufbau und Implementierung neuer Förderprogramme
H3.3 Reduktion graue THGE und Ressourcen-verbrauch in Raumplanung berücksichtigen	▪ Wissensgrundlagen zu Policy-Optionen erarbeiten		▪ Instrumente mit städtischer Stelle für Nutzungsplanung entwickeln ▪ Abstimmung Instrumente mit kantonalen Stellen ▪ Berücksichtigung in kantonaler Richtplanung und im Baugesetz prüfen. ▪ Laufender Erfahrungsaustausch mit anderen Vorreiterstädte			▪ Implementierung in der Nutzungsplanung

Abbildung 33: Die Abbildung zeigt die drei Handlungsansätze einschliesslich der dazugehörigen Aktivitäten für die Akteursgruppe «Regulierung und Förderung».

6.2.4.1. Spielraum im Bewilligungsprozess (H3.1)

Lokale Spielräume im Bewilligungsprozess sollen genutzt werden, um Bauvorhaben mit Re-Use und das Bauen im Bestand zu fördern, zu vereinfachen bzw. zu ermöglichen. Dies kann planerische Vorgaben, Anforderungen an Bauteile selbst (Sicherheit, Dämmung, Schadstoffe) oder Baugesuchsverfahren (Ablauf, Anforderungen an Gesuch) betreffen.

Das Bauen mit Re-Use Bauteilen wird aktuell wie das Bauen mit neuen Bauteilen gehandhabt. Ziel ist es jedoch, eine Handhabung orientiert am Bauen im Bestand zu ermöglichen. Bei Vorgaben im Bewilligungsprozess soll grundsätzlich das Schutzziel im Blick behalten werden; die Erreichung dessen soll jedoch flexibler gehandhabt werden. Städte und Gemeinden können Spielräume identifizieren und Best-Practices entwickeln.

Best-Practices im Bewilligungsprozess können bei Interesse in Zusammenarbeit mit den zuständigen kantonalen Stellen regional und mit den zuständigen Bundesstellen national verbreitet werden. Zudem können sie Normenentwickler wie den sia auf Überarbeitungsbedarfe hinweisen.

Tabelle 16: Umsetzungsschritte Handlungsansatz «Spielraum im Bewilligungsprozess nutzen» (H3.1)

Jahr	Aktivität	Wer
1-2	Internes Projekt zur Überprüfung der Prozesse und des Spielraums aufsetzen (inkl. Zuständigkeiten und Ressourcen)	Baubewilligungs-behörde
1-2	Interne und externe Umfragen, um die bereits existierenden Handlungsweisen zur Nutzung eines etwaigen Spielraums bei Bewilligungsprozessen zu ermitteln (z. B. über Städteverband oder niederschwellig über LinkedIn)	Baubewilligungs-behörde
1-2	Anpassungsbedarf der Bewilligungspraxis (Stadt/Kanton) und von Normen (u. a. sia) ermitteln und adressieren	Baubewilligungs-behörde
1-2	Austausch und ggf. Zusammenarbeit mit „First Mover“-Städten	Baubewilligungs-behörde
3-5	Abstimmung der identifizierten Prozesse und möglichen Spielräume mit allen beteiligten Verwaltungsstellen (z. B. Workshop)	Baubewilligungs-behörde
3-5	Entwicklung eines White Papers mit Best Practices, um die Verwaltungsmitarbeitenden zu sensibilisieren und Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen (regionale oder nationale Ebene)	Stadt, Kanton, Bund

6.2.4.2. Reduktion graue THGE und Ressourcenverbrauch in Förderlandschaft integrieren (H3.2)

Finanzielle Anreize für Ansätze zur Reduktion der grauen THG-Emissionen, der Gesamtumweltbelastung und des Ressourcenverbrauchs schaffen für Nischenlösungen wie Re-Use einen Marktzugang. Auch wird das Lernen und die Weiterentwicklung der Lösungen ermöglicht. Wirksame Förderinstrumente sollen jedoch mehrheitlich technologieoffen die Erreichung der Umweltkennzahlen fördern und sich möglichst in die bestehende Förderlandschaft einfügen. Die Förderung von Re-Use-Leuchtturmprojekten ist interessant, um vielversprechende Anwendungsfälle voranzutreiben (zum Beispiel Re-Use von Beton, Re-Use beim Ersatzneubau).

Mögliche Instrumente können sein:

- Preisausschreiben für Re-Use-Leuchtturmprojekte
- Rückvergütung von Gebühren, CO_2-Steuererleichterung, Ausnutzungsbonus
- Förderzuschuss

Geeignete Förderinstrumente müssen abhängig von der bestehenden Förderlandschaft und der jeweiligen Zielsetzung entwickelt und erprobt werden.

Tabelle 17: Umsetzungsschritte Handlungsansatz «Zielwerte von Umweltkennzahlen in der Förderlandschaft» (H3.2)

Jahr	Aktivität	Wer
1-2	Handlungsspielraum für Anpassung bestehender und Aufbau neuer Förderprogramme eruieren	Stadt, Kanton, Bund
3-5	Berücksichtigung von Umweltkennzahlen in bestehenden Förderprogrammen prüfen und implementieren	Stadt, Kanton, Bund
3-5	Entwicklung von Förderinitiativen für regionale Re-Use-Leuchtturmprojekte	Stadt, Kanton
6-10	Aufbau und Implementierung von neuen Förderprogrammen für die Reduktion der grauen THGE, der Umweltbelastung und des Ressourcenverbrauchs in der regionalen Bauwirtschaft	Stadt, Kanton

6.2.4.3. Reduktion graue THGE und Ressourcenverbrauch in Raumplanung berücksichtigen (H3.3)

Die Reduktion der grauen THG-Emissionen, der Umweltbelastung sowie des Ressourcenverbrauchs soll als Bestandteil der städtischen Klima- und Umweltpolitik in die Raumplanung integriert werden. Geeignete Instrumente und Massnahmen für die Richt- und ggf. die Nutzungsplanung müssen auf kommunaler Ebene in Zusammenarbeit mit dem Standortkanton entwickelt werden. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Wiederverwendbaren Bauteilen ist es zentral, dass die Reduktion und ggf. Erreichung eines Zielwerts technologieoffen gefördert werden - und nicht nur gewisse Anwendungsfälle (z. B. Re-Use).

Tabelle 18: Umsetzungsschritte Handlungsansatz «Umweltkennzahlen in der Raumplanung und dem Baugesetz» (H3.3)

Jahr	Aktivität	Wer
1-2	Wissensgrundlagen zu Policy-Optionen erarbeiten	Stadt
3-5	Mögliche Instrumente und Prozesse zu deren Implementierung mit der zuständigen städtischen Stelle für Nutzungsplanung entwickeln	Stadt
3-5	Abstimmung möglicher Instrumente mir den zuständigen kantonalen Stellen	Stadt, Kanton
3-5	Prüfen, inwiefern das Anliegen der Reduktion der grauen THGE, der Umweltbelastung und des Ressourcenverbrauchs in der kantonalen Richtplanung und dem Baugesetz verstärkt berücksichtigt werden kann	Kanton
3-5	Laufender Erfahrungsaustausch mit anderen Vorreiterstädten zum Thema	Stadt
6-10	Implementierung in der Nutzungsplanung	Stadt

6.3 Diskussion

6.3.1 Rahmenbedingungen für die Wiederverwendung von Bauteilen

Trotz der begrenzten tatsächlichen und potenziellen Verfügbarkeit von wiederverwendbaren Bauteilen (vgl. Kap. 4.2.2) wird das Potenzial für Re-Use in der Bauwirtschaft aktuell nicht ausgeschöpft. Verschiedene First-Mover (Bauherren, Planende, Rückbauunternehmen) zeigen mit ihren Aktivitäten, dass die Wiederverwendung von Bauteilen möglich und praxistauglich ist, wenn dies gezielt nachgefragt wird. Ausserhalb dieser Marktnische erschweren verschiedene Hürden die Wiederverwendung von Bauteilen.

Damit Bauteile wiederverwendet werden können, müssen die etablierten Abläufe im Planungs- und Bauprozess angepasst werden. In der Planungsphase sind längere Vorlaufzeiten nötig, um Bauteile ausfindig zu machen und die Planungsinhalte an die verfügbaren Bauteile anzupassen. Im Rückbau fallen Zusatzaufwände bei der Inventarisierung von Bauteilen an, zudem müssen die Bauteile ebenfalls mit genügend Vorlauf zum Verkauf gestellt werden. Für Planende und Abbruchunternehmen ist es nicht konkurrenzfähig möglich, die Wiederverwendung von Bauteilen unter den Bedingungen eines herkömmlichen Bau- und Planungsprozesses zu leisten und von sich aus anzuregen. Vielmehr müssen Bauherren die Wiederverwendung von Bauteilen aktiv nachfragen oder durch die Rahmenbedingungen in Ausschreibung und Planungsprozess Lösungen mit wiederverwendeten Bauteilen ermöglichen. Bauherren haben somit sowohl für das Angebot von Bauteilen beim Rückbau als auch für die Nachfrage nach Bauteilen in der Planung die Funktion von «Gate-Keeper».

Die Analyse der sozialen und technischen Rahmenbedingungen hat gezeigt, dass wahrgenommene Unsicherheiten in Bezug auf technische und rechtliche Aspekte von wiederverwendbaren Bauteilen für Bauherren, Planende und Ausführende eine grosse Hürde für den Einsatz von wiederverwendbaren Bauteilen bildet. First-Mover haben für den Umgang mit diesen Unsicherheiten bereits praxistaugliche Lösungen gefunden und arbeiten aktiv darauf hin, Standards zu etablieren und zu verbreiten. Entsprechend ist die Normenlandschaft in Bewegung und Lösungsansätze, wie bestehende Spielräume genutzt werden können, sind vorhanden. Um den Einsatz von wiederverwendbaren Bauteilen zu erhöhen, muss dieses Wissen aktiv und praxisorientiert in einem lokalen Kontext verbreitet werden

Die bestehenden Vertriebsstrukturen für wiederverwendbare Bauteile funktionieren bisher v.a. für Bauteile des Innenausbaus. Für konstruktive, mineralische Bauteile, bei denen das Potenzial zur Vermeidung von grauen THGE am grössten ist, haben sich noch keine Vertriebsstrukturen etabliert. Insbesondere Lagerung und Transport sind für diese Bauteile mit hohem Aufwand verbunden. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Bauteilen stellt sich die Frage, ob dafür zentralisierte Lösungen wie z. B. regionale Bauteillager zielführend sind, oder ob nach wie vor eine projektspezifische Koordination von Rückbau, Lagerung und Transport erfolgen muss.

Wenn Bauherren, Planende und Rückbauunternehmen Bauteile auf den Re-Use-Markt bringen oder wiederverwenden möchten, gehen die aktuellen Rahmenbedingungen und die nötige Umstellung etablierter Abläufe mit einem initialen Mehraufwand einher, der erst mit zunehmender Erfahrung ausgeglichen werden kann. Die Kreislaufwirtschaft ist zwar in der Schweiz in jüngster Zeit auf die politische Agenda gerückt, konkrete Massnahmen von staatlichen Akteuren, die die Hürden zur Wiederverwendung von Bauteilen adressieren, sind aber noch nicht spürbar.

Die Analyse der Rahmenbedingungen und möglicher Lösungsansätze zeigte weiter, dass sich aus Bauherrensicht drei Use-Cases zur Wiederverwendung von Bauteilen nach ihrer Komplexität abstufen lassen (vgl. Tabelle 19). Werden bei einem Ersatzneubau Bauteile des rückgebauten Gebäudes vor Ort wiederverwendet, sind die verfügbaren Bauteile zu Beginn des Planungsprozesses bekannt und Rückbau und Wiedereinbau können innerhalb eines Bauvorhabens koordiniert werden. Bei der Verwendung von Bauteilen aus dem eigenen Portfolio sind die verfügbaren Bauteile ebenfalls bekannt, Rückbau und Einbau müssen jedoch übergreifend über zwei oder mehrere Bauvorhaben koordiniert werden. Bei Verwendung von Bauteilen aus dem Bauteilmarkt muss im Rahmen der

Planung ermittelt werden, ob geeignete Bauteile Termingerecht zur Verfügung stehen. Rückbau und Einbau müssen abhängig von der Verfügbarkeit der Bauteile geplant werden.

Tabelle 19: Anwendungsfälle für Re-Use-Bauteile, abgestuft nach Komplexität

Anwendungsfall	**Komplexität**
Verwendung von Bauteilen vor Ort bei Ersatzneubau	Gering
Verwendung von Bauteilen aus eigenem Portfolio	Mittel
Verwendung von Bauteilen aus Bauteilmarkt	Hoch

6.3.2 **Roadmap**

Öffentliche Immobilieneigentümer sind in der Pole-Position, um lokales und regionales Knowhow zur Wiederverwendung von Bauteilen aufzubauen und die Nachfrage nach Bauteilen zu erhöhen. Dazu sammeln sie idealerweise Erfahrung mit eigenen Re-Use-Pilotprojekten, die auf verschiedene vielversprechende Use-Cases fokussieren. So können sie als Vorbilder für weitere interessierte Bauherren in der Region dienen und diese bei der Wiederverwendung von Bauteilen unterstützen. Da die Anforderungen an öffentliche Bauvorhaben bereits hoch sind, ist es eine zentrale Herausforderung, im eigenen Portfolio Anwendungsfälle zu identifizieren, in denen die Wiederverwendung von Bauteilen den optimalen Beitrag zur Reduktion der Umweltbelastung leistet. Dazu muss der Einsatz von wiederverwendbaren Bauteilen gegenüber anderen Strategien zur Senkung der grauen THGE sowie des nachhaltigen und zirkulären Bauens abgewogen werden.

Gleichzeitig können öffentliche Eigentümer koordiniert das Angebot an konstruktiven, mineralischen Bauteilen, die wiederverwendet werden können, erhöhen. Koordinieren sich öffentliche Eigentümer auf regionaler oder nationaler Ebene, verfügen sie gemeinsam über ein genügend grosses Portfolio, um Standards zur Inventarisierung von Bauteilen voranzutreiben und eine kritische Masse von Bauteilen auf den Markt zu bringen, damit sich regionale oder nationale Vertriebsstrukturen etablieren können. Eine Herausforderung ist, dass das Potenzial zur Reduktion der grauen THGE, der Gesamtumweltbelastung und des Ressourcenverbrauchs durch Re-Use abhängig von den im Portfolio vorhandener Bausubstanz und des Flächenwachstums für verschiedene öffentliche Eigentümer sehr unterschiedlich ausfallen kann. Weiter soll aus einer übergeordneten Perspektive Re-Use nur zum Einsatz kommen, wo bessere Strategien wie Bauen im Bestand nicht zur Anwendung kommen können. Vor diesem Hintergrund ist es schwierig abzuschätzen, welche öffentlichen Eigentümern das Kosten-Nutzen-Verhältnis der beschriebenen Ansätze zur Steigerung des Angebots an Bauteilen positiv beurteilen.

Als «Gate-Keeper» zur Steigerung von Angebot und Nachfrage nach wiederverwendbaren Bauteilen sollen Bauherren im Fokus von Informations- und Sensibilisierungsmassnahmen stehen. Erfahrungen von First-Movern zeigen, dass reine Information nicht ausreicht, die bestehenden Lösungsansätze für die Wiederverwendung von Bauteilen in die lokale Bauwirtschaft zu übertragen. Insbesondere Bauherren müssen eigene Erfahrungen mit Re-Use-Projekten sammeln und Know-How aufbauen können. Wichtige Voraussetzung dafür sind bestehende lokale Vorbilder (z. B. Öffentliche Eigentümer) und zugeschnittene Informations- und Beratungsangebote durch ausgewiesene Re-Use-Expertinnen und Experten. Da es mit Mehraufwand verbunden ist, Bauteile wiederzuverwenden oder auf den Re-Use-Markt zu bringen, und dazu eingespielte Abläufe umgestellt werden müssen, sollten sich Informations- und Sensibilisierungsmassnahmen in erster Linie an Bauherren richten, die ein erhöhtes Interesse für die Reduktion von grauen THGE und für zirkuläres Bauen zeigen. Städte und Gemeinden sollten daher in Abstimmung mit lokalen First-Mover abklären, ob in der lokalen und regionalen Bauwirtschaft Interesse vorhanden ist und eine Dynamik entstehen kann.

Die Ergebnisse der für den Gebäudebestand der Stadt Baden durchgeführten Modellierung (vgl. Kap. 4.3.1) zeigen, dass das Potenzial zur Reduktion von grauen THGE bei zunehmendem Flächenbedarf durch die eingeschränkte Verfügbarkeit von wiederverwendbaren Bauteilen begrenzt ist. Dasselbe gilt für das Potenzial zur Senkung des Ressourcenverbrauchs. Um diese Ziele zu erreichen, sind neben Re-Use weitere Strategien nötig. Für Regulierung und Förderung bedeutet das, dass Städte und Gemeinden, Kantone und Bund ihre Instrumente technologieoffen gestalten sollen. Zur Reduktion der grauen THGE bieten sich Instrumente an, die auf Neubau und Zubau ausgerichtet sind. Zur Erhöhung der Ressourceneffizienz sind Instrumente, die auf den Rückbau fokussieren, naheliegend. Um die Verfügbarkeit von Bauteilen und somit das Potenzial zur Vermeidung von grauen THGE und zur Senkung des Ressourcenverbrauchs langfristig zu erhöhen, muss im Neubau die Implementierung des Konzepts «Design for Disassembly» stärker gefördert werden. Gleichzeitig müssen auch suffizienzorientierte Strategien verfolgt werden, um die Zunahme des Gebäudeflächenbedarfs zu bremsen. Wirksame Policy-Instrumente für die beschriebenen Ansätze müssen kontextabhängig noch entwickelt werden.

6.3.3 **Implikationen für die Praxis**

Um das Potenzial zur Wiederverwendung von Bauteilen auszuschöpfen, muss sich die bisherige Marktnische von First-Movern zu einem etablierten Segment entwickeln, das einen grösseren Anteil der Bauwirtschaft einschliesst. Vor dem Hintergrund der begrenzten Verfügbarkeit von wiederverwendbaren Bauteilen sind dazu zwei Stossrichtungen denkbar.

Einerseits ist die Wiederverwendung von Bauteilen interessant für öffentliche und private Eigentümer von Portfolios mit einem geringeren Flächenzuwachs und mit Gebäuden mit einem höheren Anteil an wiederverwendbaren Bauteilen (z. B. Gewerbe und Industriebauten, neuere Gebäude). Aus Portfolioperspektive kann durch die Wiederverwendung von Bauteilen ein höherer Anteil grauer THGE eingespart und ein grösserer Beitrag zur Senkung des Ressourcenverbrauchs geleistet werden. Diese Eigentümer sollen sich in Pilotprojekten gezielt Know-How zur gesamten Palette von Anwendungsfällen aufbauen. Ziel ist es, als «Re-Use-Champions» künftig bei der Mehrheit ihrer Bauvorhaben wiederverwendete Bauteile aus dem eigenen Portfolio und dem Markt einzusetzen. Mit der Zeit können «Re-Use-Champions» durch das aufgebaute Know-How einen grossen Teil der auf dem Markt verfügbaren Bauteile einfach absorbieren.

Andererseits soll ein Grossteil der Bauwirtschaft dazu in die Lage versetzt werden, bei verhältnismässig einfachen Anwendungsfällen mit grossem Umweltnutzen Bauteile wiederverwenden zu können. Folgende Use-Cases könnten sich dazu eignen:

- Wiederverwendung von Stahlbeton-Bauteilen bei einem Ersatzneubau
- Metallische Bauteile des Innenausbaus bei Rückbauprojekten auf den Markt bringen

Die Projektergebnisse bestätigen die Annahme, dass Städte und Gemeinden eine wichtige Rolle dabei spielen können, das Potenzial zur Wiederverwendung von Bauteilen künftig besser auszuschöpfen – durch Implementierung im eigenen Portfolio, als Vorbilder für lokale Bauherren sowie durch Regulierung und Förderung. Insbesondere die Befähigung der Bauwirtschaft muss auf lokaler und regionaler Ebene erfolgen. Gleichzeitig ist für die Entwicklung von Policy-Instrumenten sowie zum Aufbau eines nationalen Marktes für konstruktive, mineralische Bauteile eine Koordination über alle Staatsebenen (Gemeinde, Kanton, Bund) nötig.

7 Schlussfolgerungen und Fazit

Im Fall der Stadt Baden und in der spezifischen modellierten Situation (d.h. mit wesentlicher Zunahme an Gebäudefläche) wird Re-Use bis 2050 nicht ausreichen, um das Netto-Null-Ziel im Gebäudesektor zu erreichen. Es wird eine Kombination mit weiteren Massnahmen zur Reduktion von grauer Umweltbelastung nötig sein. Je nach betrachtetem Immobilienportfolio kann die Rolle von Re-Use in Reduktionsstrategien jedoch auch bedeutender ausfallen. Dies ist der Fall, wenn der Zuwachs an Gebäudefläche die rückgebaute Gebäudefläche nicht oder nur in geringerem Masse übersteigt und wenn die bestehenden Gebäude einen hohen Anteil wiederverwendbarer Bauteile aufweisen. Der erste Effekt wird relevant, wenn der Betrachtungsrahmen über Städte und Agglomerationen hinaus auf die ganze Schweiz gelegt wird, wo die relative, durchschnittliche Flächenzunahme bis 2050 weniger erheblich ausfallen wird als in stark wachsenden urbanen Zentren. Auch im Falle einer künftig suffizienteren Gesellschaft ist ein Szenario mit geringerer Flächenzunahme denkbar. Mit Blick auf die Zukunft ist auch ein höherer Anteil wiederverwendbarer Bauteile in Gebäuden zu erwarten. Wenn künftige Gebäude mit einem Fokus auf Design for Disassembly gebaut und somit auf Re-Use ausgelegt werden, wird sich dessen Potenzial steigern.

Der Blick auf die nationale Ebene sowie in die Zukunft zeigt also, dass Re-Use eine bedeutendere als die hier prognostizierte Rolle bei der Reduktion von grauen THGE bei Bauaktivitäten einnehmen könnte, wenn gewisse Rahmenbedingungen (Flächensuffizienz, Design for Disassembly) erfüllt werden. Langfristig erscheint der Übergang zu einer zirkulären Bauwirtschaft aus Energie- und Ressourcenperspektive unumgänglich. Der Markt sollte also heute darauf vorbereitet werden, indem Anwendungsfälle und Erfahrungswerte generiert werden und die Rolle von Re-Use als Marktsegment erprobt und gefestigt wird.

Bauherrschaften nehmen in der Förderung von Re-Use eine zentrale Rolle ein. Sie sind Gate-Keeper für die Steigerung des Angebots von Bauteilen im Rückbau und der Nachfrage nach Bauteilen in Bauprojekten. Sie schöpfen das Potenzial für Re-Use von Bauteilen aufgrund diverser Hürden aber nicht aus. Die zentralen Hemmnisse sind wahrgenommene technische und rechtliche Schwierigkeiten, wirtschaftliche Unsicherheiten und projektabhängige Mehrkosten sowie, dass zum Einsatz von wiederverwendeten Bauteilen der Planungsprozess umgestellt werden muss. Lösungen für diese Probleme sind First-Movern bekannt und werden von ihnen in der Praxis angewendet. Für einen Bauherrn ohne Re-Use-Erfahrung ist es mit einem relevanten Initialaufwand verbunden, sich das nötige Know-How zum Einsatz von wiederverwendeten Bauteilen anzueignen. Weiter existiert zwar ein funktionierender Markt für Bauteile des Innenausbaus, für konstruktive, mineralische Bauteile bestehen aber keine geeigneten Vertriebsstrukturen. Stand heute fehlen auf allen Staatsebenen konkrete Förder- und Regulierungsmassnahmen, die die Marktentwicklung unterstützen könnten. Mit der Anpassung des Umweltschutzgesetzes (USG, SR 814.01) vom 15. März 2024 wurden jedoch wichtige Grundlagen in Richtung Kreislaufwirtschaft auch im Bausektor geschaffen.

Abhängig vom Anwendungsfall ist es unterschiedlich komplex, Bauteile wiederzuverwenden. Grob können drei Use-Cases nach Komplexitätsstufe unterschieden werden:

- Wiederverwendung von Bauteilen vor Ort bei Ersatzneubauten (Geringe Komplexität)
- Nutzung von Bauteilen aus dem eigenen Portfolio (Mittlere Komplexität)
- Beschaffung von Bauteilen über den Bauteilmarkt (Hohe Komplexität)

Ausgehend davon bieten sich zwei Stossrichtungen an, um das vorhandene Potenzial zur Vermeidung von THGE und zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs durch Re-Use von Bauteilen besser auszuschöpfen. Die erste Stossrichtung fokussiert auf öffentliche und private Portfoliohalter, die von der Implementierung von Re-Use zur Einsparung von grauen THGE in eigenen Bauprojekten überdurchschnittlich profitieren können, z. B. weil ihr Portfolio eine geringe Wachstumsrate aufweist oder Gebäude mit einem hohen Anteil an wiederverwendbaren Bauteilen umfasst, die voraussichtlich nicht weitergenutzt werden können (z. B. Re-Use-freundliche Bauweise, Industriebauten). Sie sollen

umfassendes Know-How zum Einsatz von Re-Use-Bauteilen in allen drei Use-Cases aufbauen und die Wiederverwendung von Bauteilen als «Re-Use-Champions» in ihren Bauprojekten maximieren, indem sie Re-Use in ihren Beschaffungskriterien verankern. Die zweite Stossrichtung zielt darauf ab, verhältnismässig einfache Use-Cases mit grossem Umweltnutzen in der gesamten Bauwirtschaft zu verbreiten. Vielversprechende Use-Cases zur Verringerung grauer THGE in Bauprojekten sind:

- Stahlbeton-Bauteile bei einem Ersatzneubau vor Ort wiederverwenden
- Metallische Bauteile des Innenausbaus bei Rückbauprojekten auf den Re-Use-Markt bringen

Städte und Gemeinden können sich mit drei Gruppen von Handlungsansätzen dafür einsetzen, dass das Potenzial zur Wiederverwendung von Bauteilen in ihrer Region besser ausgeschöpft wird. Erstens können sich Städte und Gemeinden mit der Anwendung von Re-Use im eigenen Gebäudeportfolio als Vorbilder und Know-How-Träger für die lokale Bauwirtschaft positionieren. In regionaler oder nationaler Koordination mit weiteren öffentlichen Eigentümern besteht zudem das Potenzial, die Etablierung eines funktionierenden Marktes für konstruktive, mineralische Bauteile mit dem nötigen Gewicht voranzutreiben. Zweitens können Städte und Gemeinden die Information und Sensibilisierung lokaler Bauherren fördern. Dabei soll der Fokus darauf liegen, einerseits potenzielle «Re-Use-Champions» dabei zu unterstützen, durch eigene Pilotprojekte Know-How aufzubauen, und andererseits praxisorientierte Beratung für einfache Use-Cases mit grossem Umweltnutzen anzubieten. Drittens können Städte und Gemeinden Re-Use als eine von mehreren Strategien zur Reduktion von grauen THGE und der Reduktion des Ressourcenverbrauchs mit dem Horizont 2050 regulativ oder mit Fördermassnahmen fördern. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit müssen regulative Massnahmen zwingend technologieoffen gestaltet werden und bei Fördermassnahmen das Kosten-Nutzenverhältnis genau geprüft werden. Da noch keine geeigneten Policy-Instrumente etabliert sind, ist zu deren Entwicklung ein stetiger Erfahrungsaustausch zwischen Vorreitern auf Ebene Gemeinden, Kantonen und dem Bund nötig und eine nationale Koordination wünschenswert. Angesichts des anhaltend positiven Nettozubaus in der Schweiz und insbesondere urbanen Zentren sollte mit Blick über das Jahr 2050 hinaus parallel geeignete Policy-Instrumente entwickelt werden, um das Prinzip Design for Disassembly (DfD) im Neubau zu verankern.

8 Ausblick und zukünftige Umsetzung

8.1 Modellierung

Das Gebäudemodell kann künftig auch für weitere Städte oder Immobilienportfolios privater Eigentümerinnen und Eigentümer angewendet werden. Weiter besteht das Potenzial, den methodischen Ansatz zur Erweiterung bestehender oder neuer statistischer Ansätze zur Bewertung von Immobilienportfolios bezüglich Wiederverwendungspotenzial in der Privatwirtschaft einzusetzen.

Um die Genauigkeit der Prognosen des Modells zu eruieren, sollte ein Abgleich zwischen Modellprognosen und der effektiven Materialisierung von Bestandsgebäuden vorgenommen werden. Es ergibt sich weiterer Forschungsbedarf, um die Aussagekraft des Modells zu verbessern. Dies betrifft insbesondere eine genauere Charakterisierung der Bauweisen und vorhandenen Bauteile bzw. Materialien im Gebäudebestand zur Validierung und Erweiterung der definierten Gebäudearchetypen. Zusätzlich könnte die Genauigkeit der berechneten Bauteilmengen durch eine Erhebung gewisser benötigter Kennzahlen (z.B. Innenwandfläche / m^2 Geschossfläche) verbessert werden. Das Modell könnte um eine detaillierte Modellierung von Neubauten anstelle der Rechnung mit einer Flächenkennzahl für die Intensität von THGE bzw. grauer Energie erweitert werden, was eine genauere Ermittlung des Einsparpotenzials durch Re-Use ermöglichen würde. Durch den Einbezug von weiteren Gebäudenutzungen (z.B. Industrie) könnte die Prognose von potenziell verfügbaren Re-Use-Bauteilen um weitere nutzungsspezifische Bauteile wie Stahlträger erweitert werden.

Andererseits zeigen die Resultate, dass die Wiederverwendung von Bauteilen allein bis 2050 nicht ausreicht, um das Netto-Null Ziel zu erreichen. Folglich besteht Bedarf zu erforschen, welche weiteren Massnahmen zur Reduktion von grauer Energie bei künftigen Bautätigkeiten in welchem Masse zu diesem Ziel beitragen können und wie sich solche implementieren lassen. In der wissenschaftlichen Forschung wird an Modellen zur Modellierung des Potenzials von verschiedenen Kreislaufszenarien gearbeitet, so zum Beispiel an der ETH Zürich. Die Erkenntnisse werden in Zukunft der Baubranche und politischen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger zur Verfügung gestellt.

8.2 Rahmenbedingungen und Roadmap

Die im Rahmen dieses Projekts entwickelte Roadmap bietet Städten und Gemeinden ein Instrument, um gemeinsam mit lokalen und regionalen Akteuren eine effektive Re-Use-Agenda zu implementieren. Die Roadmap soll dabei als Grundlage dienen, um einen auf die regionalen Bedingungen angepassten Massnahmenplan zu entwickeln.

Zukünftigen Forschungsbedarf sehen wir in folgenden Bereichen:

- Identifizierung von Re-Use-Champions: Portfoliohalter, die einen besonderen Nutzen von der Implementierung von Re-Use in eigenen Bauprojekten haben, sollen identifiziert werden. Diese Schlüsselakteure könnten in einer Allianz zusammengefasst werden, um ihre Aktivitäten zu koordinieren und Synergien zu nutzen (wird evtl. unter den Organisationen der Charta zum Kreislauforientierten Bauen[11] bereits gemacht).
- Verbreitung von einfachen Use-Cases mit grossem Umweltnutzen: Es sollen Wege aufgezeigt werden, wie diese Use-Cases in der Bauwirtschaft etabliert werden können.
- Leitfaden / Empfehlungen für Ausschreibungen: Es ist herausfordernd, fordernde aber umsetzbare Ausschreibekriterien für einen geringeren Umweltfussabdruck aufzustellen. Eine

[11] https://cbcharta.ch

Sammlung von bestehenden Best Practices und Lessons Learnt aus öffentlichen (und ggf. privaten) Ausschreibungen würde Mut machen und Umsetzbares schneller verbreiten.

- Evaluation des Potenzials für einen nationalen Markt für konstruktive Bauteile: Es sind Aspekte wie Lagerung und Logistik und damit zusammenhängende ökonomische und ökologische Aspekte zu berücksichtigen um geeignete Standorte (Ort und Anzahl Standorte) zu bestimmen.
- Entwicklung wirkungsvoller Policy-Instrumente: Diese sollten die Reduktion grauer THGE in allen Bautätigkeiten, Reduktion des Ressourcenverbrauchs mit Fokus auf Rückbauprojekte sowie Design for Disassembly im Neubau unterstützen.

Ergänzend dazu ist Forschung zu möglichen Suffizienzstrategien nötig. Hierbei sollte untersucht werden, wie das Flächenwachstum begrenzt und nachhaltige Nutzungskonzepte gefördert werden können. Diese umfassenden Massnahmen sind entscheidend, um die Bauwirtschaft zukunftsfähig und ressourcenschonend zu gestalten.

9 Kommunikation

Die Forschungsergebnisse wurden auf verschiedenen Wegen einem breiteren Publikum zugänglich gemacht. Die verschiedenen Kommunikationskanäle und deren Zielpublikum sind in Tabelle 20 aufgeführt.

Tabelle 20: Kommunikationskanäle für die Resultate des Projekts

Kanal	Zielpublikum	Impact / Erläuterung
Fachworkshop während dem Projekt (Januar 2024)	Verwaltungsmitglieder, Bau- und Abbruchunternehmen, Bauherrschaften, Branchenverbände, Bauteilbörsen, Architekturbüros, Vereine, Wissenschaft	Kommunikation Resultate Teil A und Ansätze Teil B
Präsentation und Kurzworkshop Baukarussell Bern (Mai 2024)	Verwaltungsmitglieder, Bauwirtschaft, Architektur und Beratung	Kommunikation Resultate und Ableitung Action Steps für die Stadt Bern
brenet Status-Seminar (August 2024)	Forschende und Entwicklerinnen und Entwickler, Planende, Verwaltungsmitglieder, Industrievertretende	Kommunikation Take-Away Messages unter Fachpublikum
Swiss Green Economy Symposium (August 2024)	Vertretende aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Zivilgesellschaft	Kommunikation Take-Away Messages unter Fachpublikum
Anlass Gemeinde Stäfa: Kreislaufwirtschaft im Bauwesen – Auf dem Weg zur regionalen Kreislaufzone Zürichsee-Oberland (September 2024)	Verwaltungsmitglieder, Immobilienfirmen, Fachplanende, Allgemeinheit	Präsentation Projekt, Kommunikation und Diskussion Resultate und Schlussfolgerungen
Präsentation Stadt Baden (Nov. 2024)	Verwaltungsmitglieder Stadt Baden	Ausführliche Präsentation und Diskussion des Projekts zum Projektabschluss
Roadmap Stadt Baden (Nov. 2024)	Verwaltungsmitglieder Stadt Baden	Kompaktes Dokument zur Darstellung der für die Stadt Baden entwickelten Roadmap als Grundlage für Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger

10 Literaturverzeichnis

Abegg, A., & Streiff, O. (2021). *Die Wiederverwendung von Bauteilen - Ein Überblick aus rechtlicher Perspektive*.

Angst, M., Feri, V., Oefner, A., Ott, C., Streiff, O., & Zoller-Eckenstein, A. (2023). *Merkblatt Wiederverwendung von Bauteilen*. https://cirkla.ch/wp-content/uploads/2023/10/231006_Merkblatt_Wiederverwendung_final.pdf

BAFU. (2021). *Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz.*

Bionda, D., Settembrini, G., & Domingo, S. (2021). *SYGREN Systemkennwerte Graue Energie Gebäudetechnik*. https://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/forschung/projekte/detail/?pid=3675

Blengini, G. A., & Di Carlo, T. (2010). The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings. *Energy and Buildings*, *42*(6), 869–880. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.12.009

BMVBS. (2011). *Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland. BMVBS-Online-Publikation*.

Bundesamt für Statistik. (2022). *Eidgenössisches Gebäude und Wohnungsregister (GWR)*. https://www.housing-stat.ch/de/index.html

Bundesamt für Statistik BFS. (2022). *Merkmalskatalog Eidgenössisches Gebäude- und Wohnungsregister Version 4.2*. www.statistik.ch

Bundesrat. (2022). Die Hürden gegen Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft abbauen. *Bericht Des Bundesrates in Erfüllung Des Postulates*.

cirkla. (n.d.). *Innosuisse Projekt*. Https://Cirkla.Ch/Innosuisse-Projekt/. Retrieved September 10, 2024, from https://cirkla.ch/innosuisse-projekt/

Daguati, R. (2021). *Vorprojekt Zukunft Baden Nord*.

De Wolf, C., Raghu, D., Sentic, A., & Fivet, C. (2023). *Innovations Practitioners Need for Circularity in the Swiss Architecture, Engineering, and Construction Sector*. https://doi.org/10.5281/zenodo.7520351

Dechantsreiter, U., Horst, P., Mettke, A., Asmus, S., Schmidt, S., Knappe, F., Reinhardt, J., Theis, S., & Lau, J. J. (2015). *Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen*. www.umweltbundesamt.de

dena. (2004). *Energetische Bewertung von Bestandsgebäuden, Arbeitshilfe für die Ausstellung von Energieengpässen*.

DGNB. (2024). *Das DGNB System für Neubau* . https://www.dgnb.de/de/zertifizierung/gebaeude/neubau

Drouilles, J., Aguacil, S., Hoxha, E., Jusselme, T., Lufkin, S., & Rey, E. (2019). Environmental impact assessment of Swiss residential archetypes: a comparison of construction and mobility scenarios. *Energy Efficiency*, *12*(6), 1661–1689. https://doi.org/10.1007/s12053-019-09811-0

Fedlex. (2015, December 4). *Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)*. Https://Www.Fedlex.Admin.Ch/Eli/Cc/2015/891/De. https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2015/891/de

Fedlex. (2016, September 30). *Energiegesetz (EnG)*. https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/762/de

Fedlex. (2024). *Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG)*. https://www.fedlex.admin.ch/eli/fga/2024/682/de

Fonseca, J. A., Nguyen, T. A., Schlueter, A., & Marechal, F. (2016). City Energy Analyst (CEA): Integrated framework for analysis and optimization of building energy systems in neighborhoods

and city districts. *Energy and Buildings*, *113*, 202–226. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.055

Fonseca, J. A., & Schlueter, A. (2015). Integrated model for characterization of spatiotemporal building energy consumption patterns in neighborhoods and city districts. *Applied Energy*, *142*, 247–265. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.12.068

Frossard, M., Lasvaux, S., Petetin, F., & Gross, L. (2023). Reuse practices in building construction: proposition of a life cycle assessment methodology and application to a case study in Switzerland. *Journal of Physics: Conference Series*, *2600*(15), 152007. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2600/15/152007

Gauch, M., Matasci, C., Hincapié, I., Hörler, R., & Böni, H. (2016). *Projekt MatCH-Bau*.

Heeren, N., Gabathuler, M., & Wallbaum, H. (2009). *Gebäudeparkmodell SIA Effizienzpfad Energie Dienstleistungs-und Wohngebäude Vorstudie zum Gebäudeparkmodell Schweiz-Grundlagen zur Überarbeitung des SIA Effizienzpfades Energie*. www.ibb.baug.ethz.ch/de/nb

Heeren, N., & Hellweg, S. (2019). Tracking Construction Material over Space and Time: Prospective and Geo-referenced Modeling of Building Stocks and Construction Material Flows. *Journal of Industrial Ecology*, *23*(1), 253–267. https://doi.org/10.1111/jiec.12739

IPCC. (2013). *The IPCC fifth Assessment Report - Climate change 2013: The physical science basis, in contribution of Working Group I (WGI) to the Fifth Assessment Report (AR5) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.

John, V., & Stark, T. (2021). *Wieder-und Weiterverwendung von Baukomponenten (RE-USE) Potenzial zur systematischen Wieder-und Weiterverwendung von Baukomponenten im regionalen Kontext und Realisierung eines Pilotprojektes*. https://doi.org/10.08.18.7-18.17

Kanton Aargau Statistik. (2023). *Bevölkerungsprojektion - Projektion 2020 (Update 2023)*. https://www.ag.ch/de/verwaltung/dfr/statistik/zahlen-und-vergleiche/datenauswahl?rewriteRemoteUrl=%2Fdata%2FBN22TBN4TGN7TN1MN1&jumpto=tabs__link--NDI5MzA3NC9j--3

KBOB. (2023). *Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2022, Version 4*.

Küpfer, C., Bastien-Masse, M., & Fivet, C. (2023). Reuse of concrete components in new construction projects: Critical review of 77 circular precedents. *Journal of Cleaner Production*, *383*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135235

Küpfer, C., Bertola, N., & Fivet, C. (2024). Reuse of cut concrete slabs in new buildings for circular ultra-low-carbon floor designs. *Journal of Cleaner Production*, *448*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141566

Küpfer, C., & Fivet, C. (2021). *Selektiver Rückbau Rückbaubare Konstruktion Studie zur Förderung der Abfallreduktion und der Wiederverwendung in der Baubranche im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt Schweizerische Eidgenossenschaft*. https://doi.org/10.5281/zenodo.5131243

Lorenz, S. (2023). *Building and Material Stock Models in Life Cycle Assessment of Buildings* [ETH Zürich]. https://buildingcue.it/life-cycle-assessment-ledilizia-diventa-sempre-piu-sostenibile/12489/lca/,

Müller, D., & Moser, D. (2022). *Rückbau und Wiederverwendung von Holzbauten*.

Ostermeyer, Y., Nägeli, C., Heeren, N., & Wallbaum, H. (2018). Building inventory and refurbishment scenario database development for Switzerland. *Journal of Industrial Ecology*, *22*(4), 629–642. https://doi.org/10.1111/jiec.12616

Pfäffli, K. (2020). *Graue Energie und Treibhausgasemissionen von wiederverwendeten Bauteilen*.

Pfäffli, K., & Züger, Y. (2013). *Wohnsiedlungen auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft*. www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen

Pristerà, G., Tonini, D., Lamperti Tornaghi, M., Caro, D., & Sala, S. (2024). Taxonomy of design for deconstruction options to enable circular economy in buildings. In *Resources, Environment and Sustainability* (Vol. 15). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.resenv.2024.100153

Ramesh, T., Prakash, R., & Shukla, K. K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. In *Energy and Buildings* (Vol. 42, Issue 10, pp. 1592–1600). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.05.007

salza, & Matériuum. (2020). *Wiederverwendung Bauen Aktuelle Situation und Perspektiven : Der Fahrplan*.

Spörri, A., Zweidler, R., von Felten, N., O'Connor, I., Stucki, T., Kissling, I., & Frecè, J. (2022). Die Hürden gegen Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft abbauen. In *Studie zum gleichnamigen Postulat 18.3509 von Ständerat Ruedi Noser. Schlussbericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt. EBP Schweiz AG, Berner Fachhochschule*.

swissbau. (2020). Re-use – Abbruchobjekte werden zu Goldgruben. *Swissbau*. https://www.swissbau.ch/de/c/re-use-abbruchobjekte-werden-zu-goldgruben.25872

swisstopo (Federal Office of Topography swisstopo). (2010). *swissBUILDINGS3D 1.0. Technical report*. Federal Office of Topography swisstopo.

Umwelt Schweiz 2022. (2022). https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/dokumentation/umweltbericht/umweltbericht-2022.html

Volk, R., Müller, R., Schultmann, F., Rimbon, J., Lützkendorf, T., Reinhardt, J., & Knappe, F. (2019). *STOFFFLUSS-UND AKTEURSMODELL ALS GRUNDLAGE FÜR EIN AKTIVES RESSOURCENMANAGEMENT IM BAUWESEN VON BADEN-WÜRTTEMBERG "STAR-BAU" SCHLUSSBERICHT DES FORSCHUNGSVORHABENS (Band 32 _ PRODUKTION UND ENERGIE)*.

Wiprächtiger, M., Haupt, M., Froemelt, A., Klotz, M., Beretta, C., Osterwalder, D., Burg, V., & Hellweg, S. (2023). Combining industrial ecology tools to assess potential greenhouse gas reductions of a circular economy: Method development and application to Switzerland. *Journal of Industrial Ecology*, *27*(1), 254–271. https://doi.org/10.1111/jiec.13364

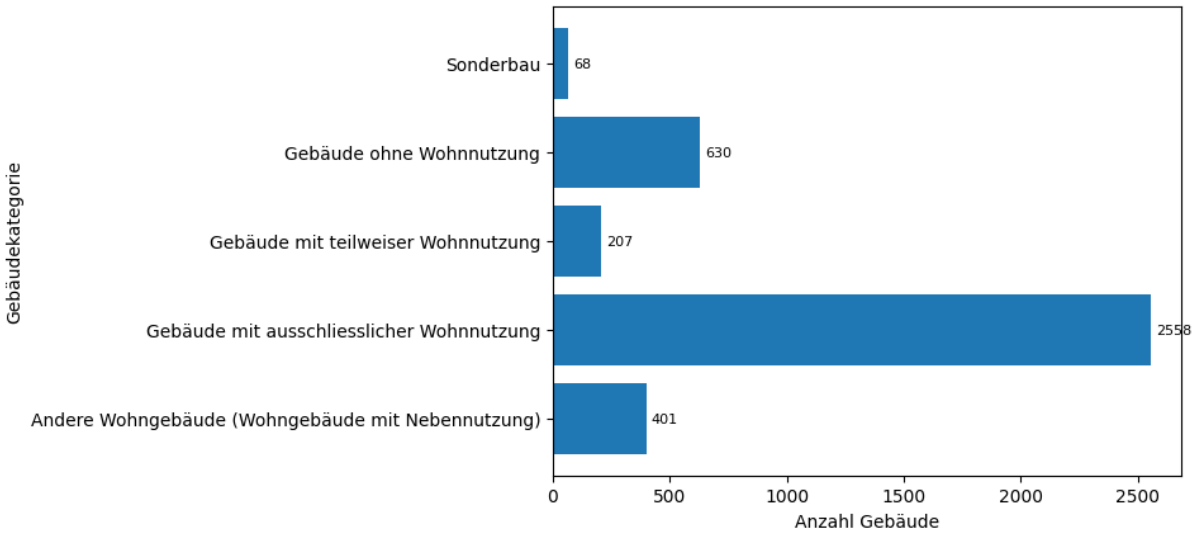
Wiprächtiger, M., Haupt, M., Heeren, N., Waser, E., & Hellweg, S. (2020). A framework for sustainable and circular system design: Development and application on thermal insulation materials. *Resources, Conservation and Recycling*, *154*. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104631

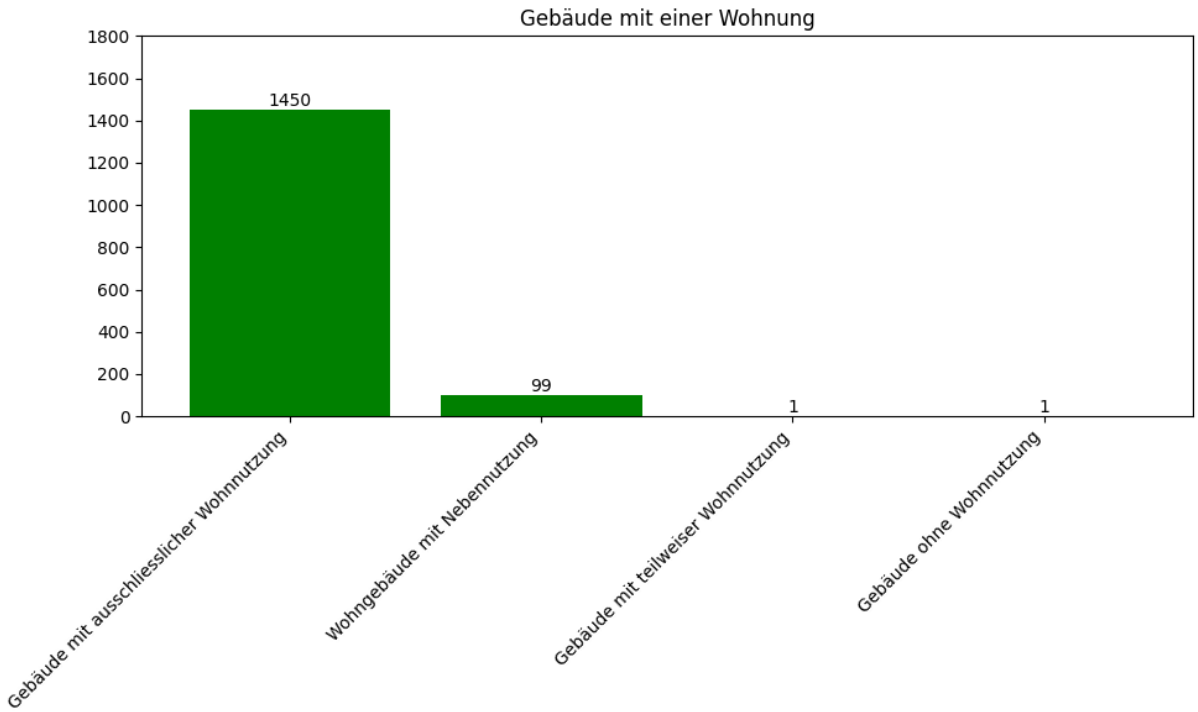
Wüest & Partner AG. (2015). *Bauabfälle in der Schweiz -HochbauStudie 2015*. www.wuestundpartner.com

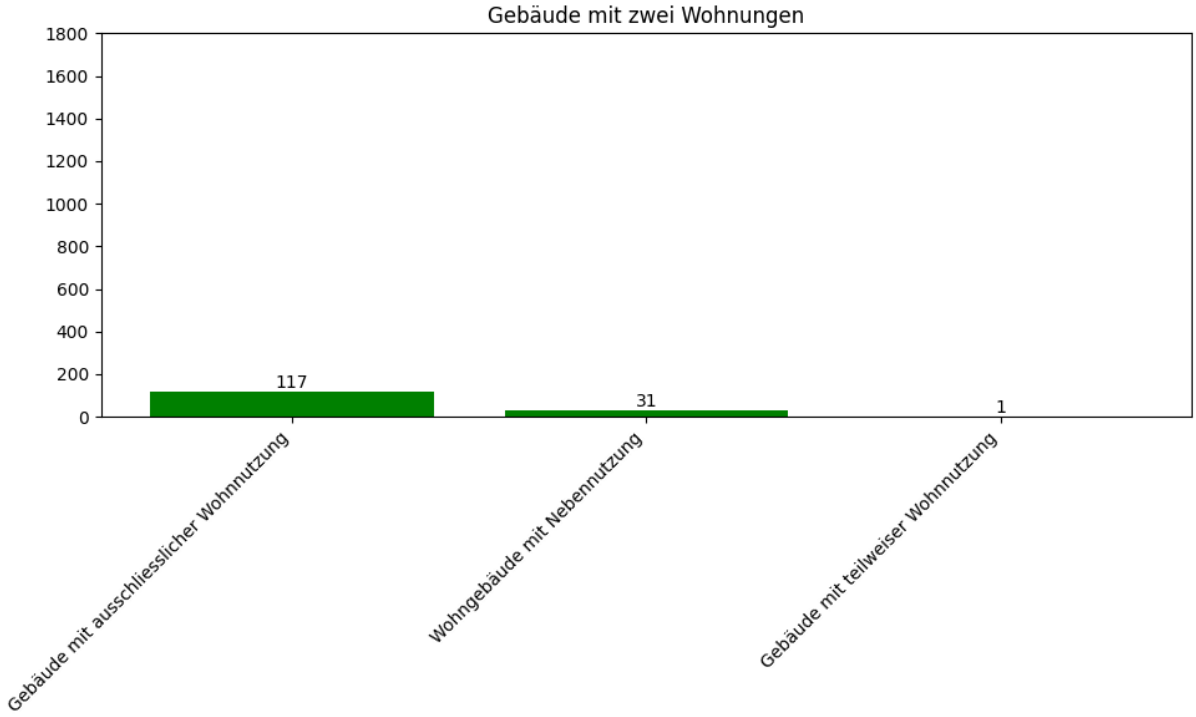
ZHAW. (n.d.). *Wiederverwendung von Bauteilen: Rechtlicher Rahmen*. Https://Www.Zhaw.Ch/de/Sml/Institute-Zentren/Irw/Forschung/Wiederverwendung-von-Bauteilen-Rechtlicher-Rahmen/. Retrieved September 10, 2024, from https://www.zhaw.ch/de/sml/institute-zentren/irw/forschung/wiederverwendung-von-bauteilen-rechtlicher-rahmen/

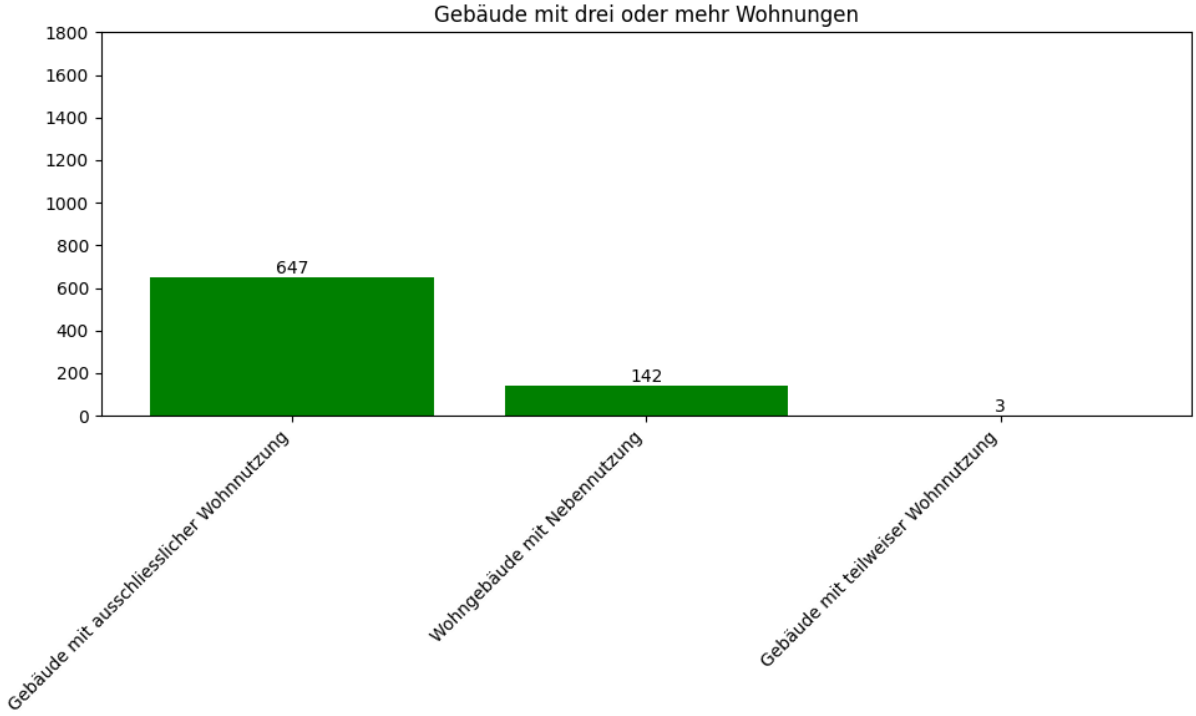
11 Anhänge

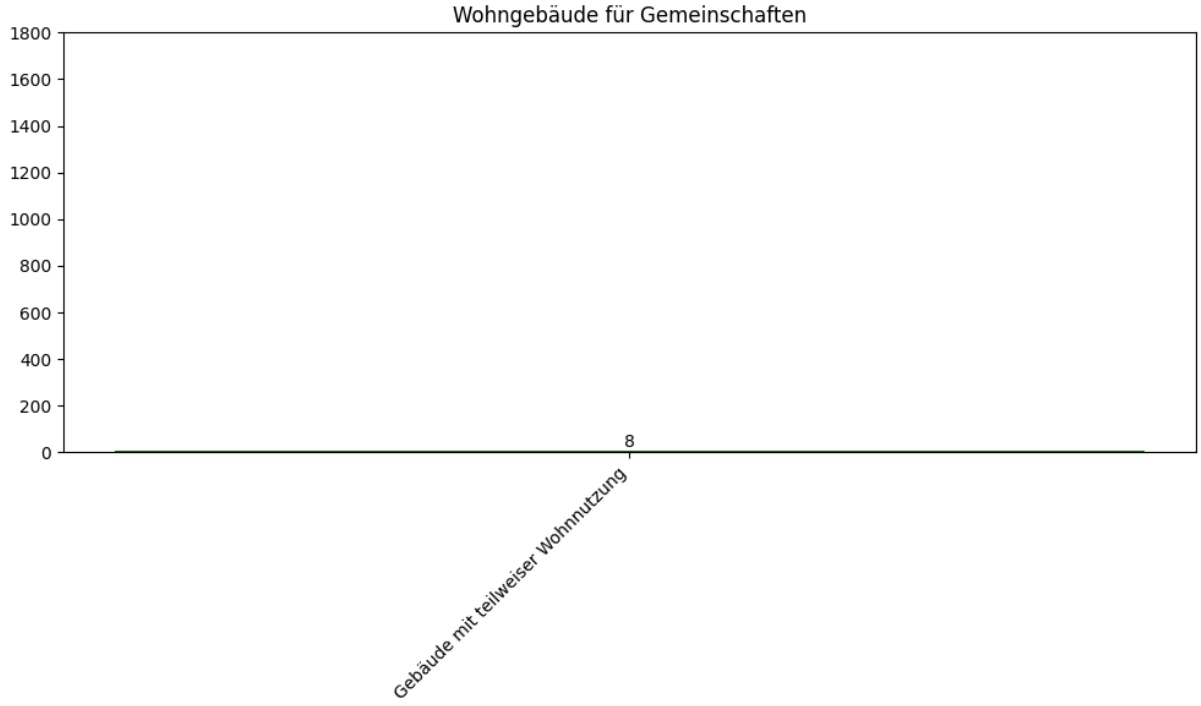
11.1 Details zur Nutzung des Gebäudebestands

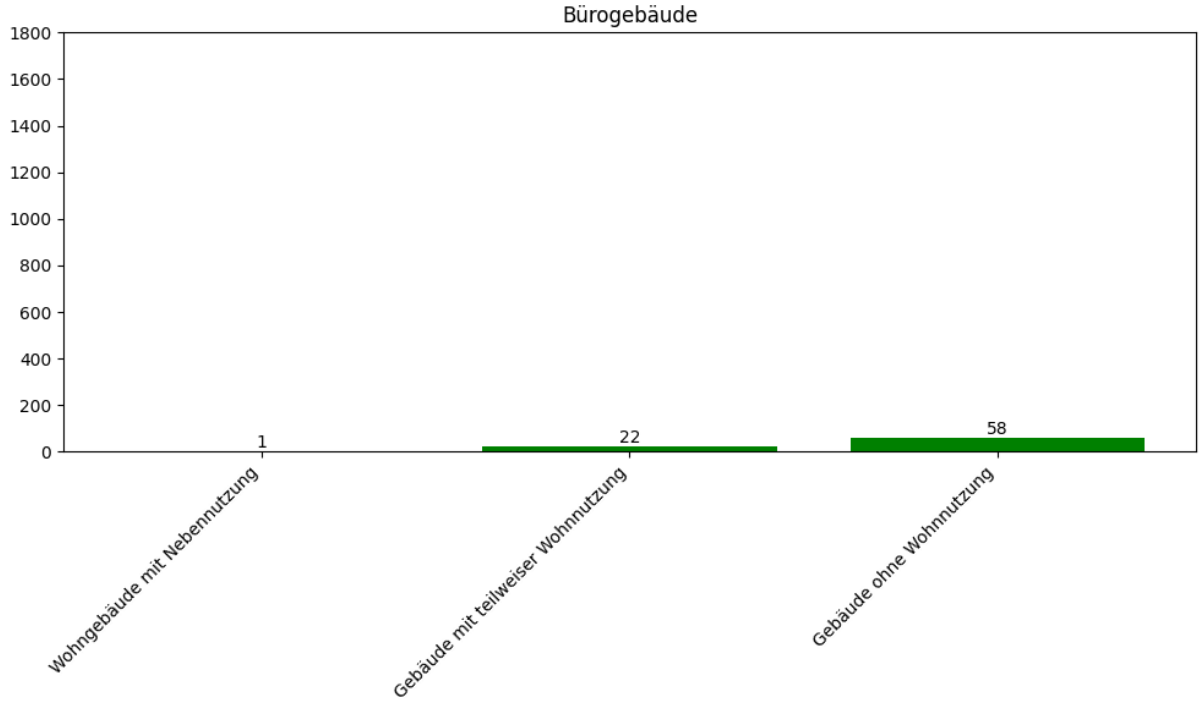





Gebäude mit zwei Wohnungen
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
117
31
1
Gebäude mit ausschliesslicher Wohnnutzung
Wohngebäude mit Nebennutzung
Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung


Gebäude mit drei oder mehr Wohnungen
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
647
142
3
Gebäude mit ausschliesslicher Wohnnutzung
Wohngebäude mit Nebennutzung
Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung


Wohngebäude für Gemeinschaften
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
8
Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung


Bürogebäude
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
1
22
58
Wohngebäude mit Nebennutzung
Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung
Gebäude ohne Wohnnutzung

11.2 Rückbau- und Neubauraten

Tabelle 21: Verwendete Abbruchquoten nach Gebäudenutzung und -Alter basierend auf Wüest & Partner AG für das Jahr 2015. Die Angegebenen Mittelwerte (siehe Abbildung 9) wurden mit dem Faktor 1.05 multipliziert, um der Abweichung für Städte und Agglomerationszentren vom Mittelwert um 5% Rechnung zu tragen. Für die Nutzung Wohnen wurde der Mittelwert aus den Quoten für EFH und MFH berechnet.

Altersgruppe	Büro (DLG)	Wohnen (MW aus MFH und EFH)
Bis 1900	0.04%	0.10%
1900 - 1946	0.19%	0.28%
1947 - 1960	0.26%	0.41%
1961 - 1975	0.23%	0.27%
1976 - 2000	0.14%	0.09%
Ab 2001	0.03%	0.02%

Tabelle 22: Verwendete Rückbauquoten für die Nutzung Büro für den modellierten Zeitraum 2022-2050 nach Gebäudealtersgruppe. Die Quoten basieren auf Wüest & Partner AG.

Jahr / Altersgruppe	0 - 1899	1900 - 1946	1947 - 1960	1961 - 1975	1976 - 2000	2001 - 2014	2015 - 2022	2023 - 2050
2022	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.14%	0.14%	0.03%	0.03%
2023	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.14%	0.14%	0.03%	0.03%
2024	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.14%	0.14%	0.03%	0.03%
2025	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.14%	0.14%	0.03%	0.03%
2026	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.14%	0.14%	0.03%	0.03%
2027	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.03%	0.03%
2028	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.03%	0.03%
2029	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.03%	0.03%
2030	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.03%	0.03%
2031	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.03%	0.03%
2032	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.03%	0.03%
2033	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.14%	0.03%
2034	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.14%	0.03%
2035	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.14%	0.03%
2036	0.04%	0.19%	0.19%	0.19%	0.23%	0.14%	0.14%	0.03%
2037	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.23%	0.14%	0.14%	0.03%
2038	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.23%	0.14%	0.14%	0.03%
2039	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.23%	0.14%	0.14%	0.03%
2040	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.23%	0.14%	0.14%	0.03%
2041	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.23%	0.14%	0.14%	0.03%
2042	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.14%	0.14%	0.03%
2043	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.14%	0.14%	0.03%
2044	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.14%	0.14%	0.03%
2045	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.14%	0.14%	0.03%
2046	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.14%	0.14%	0.03%
2047	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.03%
2048	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.03%
2049	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.03%
2050	0.04%	0.04%	0.19%	0.19%	0.26%	0.23%	0.14%	0.03%

Tabelle 23: Verwendete Rückbauquoten für die Nutzung Wohnen für den modellierten Zeitraum 2022-2050 nach Gebäudealtersgruppe. Die Quoten basieren auf Wüest & Partner AG, 2015.

Jahr / Altersgruppe	0 - 1899	1900 - 1946	1947 - 1960	1961 - 1975	1976 - 2000	2001 - 2014	2015 - 2022	2023 - 2050
2022	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.09%	0.09%	0.02%	0.02%
2023	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.09%	0.09%	0.02%	0.02%
2024	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.09%	0.09%	0.02%	0.02%
2025	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.09%	0.09%	0.02%	0.02%
2026	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.09%	0.09%	0.02%	0.02%
2027	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.02%	0.02%
2028	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.02%	0.02%
2029	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.02%	0.02%
2030	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.02%	0.02%
2031	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.02%	0.02%
2032	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.02%	0.02%
2033	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.09%	0.02%
2034	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.09%	0.02%
2035	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.09%	0.02%
2036	0.10%	0.28%	0.28%	0.28%	0.27%	0.09%	0.09%	0.02%
2037	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.27%	0.09%	0.09%	0.02%
2038	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.27%	0.09%	0.09%	0.02%
2039	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.27%	0.09%	0.09%	0.02%
2040	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.27%	0.09%	0.09%	0.02%
2041	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.27%	0.09%	0.09%	0.02%
2042	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.09%	0.09%	0.02%
2043	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.09%	0.09%	0.02%
2044	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.09%	0.09%	0.02%
2045	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.09%	0.09%	0.02%
2046	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.09%	0.09%	0.02%
2047	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.02%
2048	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.02%
2049	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.02%
2050	0.10%	0.10%	0.28%	0.28%	0.41%	0.27%	0.09%	0.02%

Tabelle 24: Extrapolierte Beschäftigten- und Bevölkerungsentwicklung basierend auf Daguati, 2021. Für die Extrapolation wurde eine Lineare Regression mit folgenden Gleichungen angewendet: Beschäftigtenentwicklung: y = 291.6037053*x – 557'869.6079642 (R^2 = 0.998); Bevölkerungsentwicklung: y = 234.8522147*x – 453'848.8317717 (R^2 = 0.994).

Jahr	Beschäftigtenentwicklung		Bevölkerungsentwicklung	
	Index	Absolut	Index	Absolut
2022	100.0	31753	100.0	21022
2023	100.9	32045	101.1	21257
2024	101.8	32336	102.2	21492
2025	102.8	32628	103.4	21727
2026	103.7	32919	104.5	21962
2027	104.6	33211	105.6	22197
2028	105.5	33503	106.7	22431
2029	106.4	33794	107.8	22666
2030	107.3	34086	108.9	22901
2031	108.3	34378	110.1	23136
2032	109.2	34669	111.2	23371
2033	110.1	34961	112.3	23606
2034	111.0	35252	113.4	23841
2035	111.9	35544	114.5	24075
2036	112.9	35836	115.6	24310
2037	113.8	36127	116.8	24545
2038	114.7	36419	117.9	24780
2039	115.6	36710	119.0	25015
2040	116.5	37002	120.1	25250
2041	117.4	37294	121.2	25485
2042	118.4	37585	122.3	25719
2043	119.3	37877	123.5	25954
2044	120.2	38168	124.6	26189
2045	121.1	38460	125.7	26424
2046	122.0	38752	126.8	26659
2047	123.0	39043	127.9	26894
2048	123.9	39335	129.0	27129
2049	124.8	39626	130.2	27363
2050	125.7	39918	131.3	27598

11.3 Modellierter Bauteilvorrat im Gebäudebestand (Stand 2022)

Tabelle 25: Maximal wiederverwendbare Bauteile im Wohn- und Bürogebäudebestand sowie total (Ist-Zustand Jahr 2022). In den ersten beiden Spalten werden je Bauteil dessen Material und Funktion angegeben.

Funktion	Material	Bezeichnung	Total	Büro	Wohnen	Ein-heit
Decke	Stahlbeton	Stahlbetondecke	157’349.7	45’924.0	111’425.7	m3
Trennwand	Kalksandstein	Trennwand Kalksandstein	100’187.2	3’868.6	96’318.6	m3
Dach	Stahlbeton	Dachkonstruktion Stahlbeton	32’163.9	7’005.0	25’158.9	m3
Innenwand	Stahlbeton	Innenwandkonstruktion tragend Stahlbeton	31’645.3	17’200.8	14’444.5	m3
Aussenwand	Backstein	Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Backstein	29’207.6	1’159.0	28’048.7	m3
Aussenwand	Kalksandstein	Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Kalksandstein	29’207.6	1’159.0	28’048.7	m3
Innenwand	Backstein	Innenwandkonstruktion tragend Backstein	27’227.4	3’361.4	23’866.0	m3
Innenwand	Kalksandstein	Innenwandkonstruktion tragend Kalksandstein	27’227.4	3’361.4	23’866.0	m3
Trennwand	Backstein	Trennwand Backstein	25’463.8	1’884.0	23’579.8	m3
Aussenwand	Stahlbeton	Aussenwandkonstruktion Stahlbeton	19’879.9	3’713.2	16’166.8	m3
Dach	Kies	Dachkies Flachdach	14’953.3	3’113.1	11’840.2	m3
Decke	Balkenschichtholz	Holzbalkendecke	11’623.8	805.7	10’818.2	m3
Dämmung	Mineralwolle	Mineralwoll-Dämmung für Gipskarton-Trennwand	9’220.7	3’248.7	5’972.0	m3
Doppelboden	Gipsfaserplatte	Platten Doppelboden Gipsfaser	5’490.9	5’490.9	0.0	m3
Dach	Konstruktionsvollholz	Schrägdach Holz	4’545.6	149.9	4’395.6	m3
Decke	Schichtholz	Geschossdecke Holzrahmen	4’276.7	0.0	4’276.7	m3
Bodenbelag	Parkett	Bodenbelag Parkett	3’090.9	0.0	3’090.9	m3
Dachhaut	Ziegel	Dachziegel	2’770.9	124.2	2’646.7	m3
Abhangdecke	Gipsplatten	AHD Gipsplatten	895.2	895.2	0.0	m3

Funktion	Material	Bezeichnung	Total	Büro	Wohnen	Ein-heit
Decke	Holz & Beton	Holz-Beton-Hybriddecke	701.3	0.0	701.3	m3
Dämmung	Mineralwolle	Dämmung Aussenwand Mineralwolle	242.9	175.0	67.9	m3
Dämmung	XPS/EPS/PUR	Dämmung Aussenwand XPS/EPS/PUR	242.9	175.0	67.9	m3
Dämmung	Holzfaser	Dämmung tragende/nicht tragende Innenwand Holzfaser	141.8	0.0	141.8	m3
Abhangdecke	Metall	AHD Metall	134.3	134.3	0.0	m3
Dach	Konstruktionsvollholz	Dachkonstruktion Holz Pfetten	25.4	0.0	25.4	m3
Innenwand	Schichtholz	Innenwand tragend Holzständer- / Holzrahmenbau	5.4	0.0	5.4	m3
Aussenwand	Schichtholz	Aussenwand Holzständer- / Holzrahmenbau	4.9	0.0	4.9	m3
Dämmung	Holzfaser	Dämmung Aussenwand Holzfaser	1.2	0.0	1.2	m3
Dämmung	Holzfaser	Dämmung Geschossdecke Holzfaser	0.4	0.0	0.4	m3
Fassade	Brettschichtholz	VHF Holz	0.4	0.2	0.2	m3
Fassade	High Pressure Laminate	VHF HPL	0.4	0.2	0.2	m3
Fassade	Kunststoff, glasfaserverstärkt	VHF GFK	0.4	0.2	0.2	m3
Fassade	Naturstein	VHF Naturstein	0.2	0.1	0.1	m3
Fassade	Aluminium	VHF Aluminium	0.1	0.1	0.0	m3
Ausbau Badezimmer	Keramik, Email	Lavabo, WC, Badewanne	1’827.7	151.2	1’676.5	Stück
Metallstützen	Metall	Metallstützen Doppelboden	536’895.9	536’895.9	0.0	kg
Tür	Holz - Tür	Innentüre Zimmertüre Holz, Holzzarge	50’537.3	182.7	50’354.6	m2
Trennwand	Glas & Aluminium	Systemtrennwand Glas, Aluminium	20’838.4	20’838.4	0.0	m2
Fenster	Glas & Holz	Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz	4’100.1	0.0	4’100.1	m2

Funktion	Material	Bezeichnung	Total	Büro	Wohnen	Ein-heit
Tür	Holz - Tür	Zimmertüre, Holz, Stahlzarge	3’249.0	3’249.0	0.0	m2
Fenster	Glas & Holz	Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz	1’757.2	0.0	1’757.2	m2
Tür	Holz - Tür	Aussentüre Holz	1’743.0	0.0	1’743.0	m2
Fenster	Glas & Aluminium	Fenster 2-fach verglast, Rahmen Aluminium	189.7	189.7	0.0	m2
Fenster	Glas & Kunststoff/PVC	Fenster 2-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	189.7	189.7	0.0	m2
Fenster	Glas & Metall	Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	94.9	94.9	0.0	m2
Tür	Aluminium	Aussentüre, Aluminium, Paneelfüllung	7.9	7.9	0.0	m2

11.4 Kennzahl THG-Emissionen und graue Energie pro Neubaufläche

Die Berechnung der Kennzahlen für die durchschnittlichen THG-Emissionen und graue Energie Mengen pro Neubaufläche basiert auf den Ergebnissen der Studie von Drouilles et al. (2019) (sieheTabelle 26). Die Lebensdauer eines Gebäudes beträgt 60 Jahre (Drouilles et al. 2019). In der Stadt Baden sind gemäss den Analysen dieser Studie 62% Einfamilienhäuser und 38% Mehrfamilienhäuser (vgl. Abbildung 6). Basierend auf diesen Angaben wurde ein gewichteter Mittelwert über alle Szenarien und Baustandards gebildet.

Tabelle 26: Graue Energie Menge und THG-Emissionen von Bauteilen in Schweizer Gebäude Archetypen (Drouilles et al., 2019). Eine Szenarien-Beschreibung kann der Studie von Droilles et al. (2019) entnommen werden. Die Werte bilden den Mittelwert zwischen einer durchschnittlichen Tiefgarage, einer Einzelgarage und Aussenparkplatz ab.

Gebäudetyp	**Baustandard**	**Szenario**	**Nicht-erneuerbare Primärenergie [kWh/m2.yr]**	**THG-Emissionen [kgCO2e/m2.yr]**
Einfamilienhaus	Übliche Praxis	S0	41.3	10.8
Einfamilienhaus	Übliche Praxis	S1	50.1	13.3
Einfamilienhaus	Übliche Praxis	S2	51.3	13.6
Einfamilienhaus	Übliche Praxis	S3	57.6	15.3
Einfamilienhaus	Best Practice	S0	32.1	7.9
Einfamilienhaus	Best Practice	S1	42.2	10.6
Einfamilienhaus	Best Practice	S2	42.6	10.7
Einfamilienhaus	Best Practice	S3	48.4	12.4
Mehrfamilienhaus	Übliche Praxis	S0	33.4	8.0
Mehrfamilienhaus	Übliche Praxis	S1	36.5	8.9
Mehrfamilienhaus	Übliche Praxis	S2	36.8	9.0
Mehrfamilienhaus	Übliche Praxis	S3	40.0	9.9
Mehrfamilienhaus	Best Practice	S0	24.7	5.8
Mehrfamilienhaus	Best Practice	S1	28.9	6.7
Mehrfamilienhaus	Best Practice	S2	29.1	6.8
Mehrfamilienhaus	Best Practice	S3	32.0	7.6
Gewichteter Mittelwert			**40.74**	**10.31**

11.5 Resultate Umweltpotenzial

Tabelle 27. Resultate der verbauten Gesamtumweltbelastung der wiederverwendbaren Bauteilmengen im Bestand 2022 sowie einsparbare Gesamtumweltbelastung durch die freiwerdenden Bauteile im Jahr 2030 und 2050. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan

Bezeichnung	**Verbaute Belastung Büro 2022 [Mio. UBP]**	**Verbaute Belastung Wohnen 2022 [Mio. UBP]**	**Verbaute Belastung Total 2022 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Büro 2030 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Total 2030 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Büro 2050 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Total 2050 [Mio. UBP]**
Stahlbetondecke	34’471	83’636	118’107	472	1’095	1’566	1’740	4’787	6’527
Trennwand Kalksandstein	1’164	28’992	30’156	16	398	414	57	1’674	1’731
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Backstein	342	8’280	8’622	5	155	161	17	552	569
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Kalksandstein	349	8’443	8’792	6	158	164	17	563	580
Mineralwoll-Dämmung für Gipskarton-Trennwand	521	957	1’478	6	7	13	24	34	58
Innenwandkonstruktion tragend Stahlbeton	12’911	10’842	23’753	171	156	327	648	674	1’322
Dachkonstruktion Stahlbeton	5’258	18’884	24’142	72	253	324	259	1’072	1’331
Aussenwandkonstruktion Stahlbeton	2’787	12’135	14’922	39	179	219	143	805	948
Innenwandkonstruktion tragend Backstein	992	7’045	8’038	15	127	142	48	452	500
Innenwandkonstruktion tragend Kalksandstein	1’012	7’184	8’195	15	129	145	49	461	510
Dachkies Flachdach	120	455	574	2	6	8	6	28	35
Trennwand Backstein	556	6’961	7’517	9	170	179	28	518	546
Holzbalkendecke	253	3’400	3’654	4	81	85	8	232	240
Platten Doppelboden Gipsfaser	5’278	0	5’278	64	0	64	243	0	243

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [Mio. UBP]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [Mio. UBP]	Verbaute Belastung Total 2022 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Total 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Total 2050 [Mio. UBP]
Geschossdecke Holzrahmen	0	4’224	4’224	0	88	88	0	347	347
Bodenbelag Parkett	0	4’053	4’053	0	97	97	0	276	276
Schrägdach Holz	41	1’188	1’229	1	30	31	1	88	89
AHD Gipsplatten	411	0	411	5	0	5	19	0	19
Holz-Beton-Hybriddecke	0	466	466	0	1	1	0	9	9
Dämmung Aussenwand Mineralwolle	28	11	39	0	0	0	1	0	1
Dämmung Aussenwand XPS/EPS/PUR	53	21	74	1	0	1	2	0	3
AHD Metall	16’023	0	16’023	193	0	193	737	0	737
Dämmung tragende/nicht tragende Innenwand Holzfaser	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Dachkonstruktion Holz Pfetten	0	7	7	0	0	0	0	0	0
Dachziegel	101	2’155	2’256	2	52	53	3	146	149
Aussenwand Holzständer- / Holzrahmenbau	0	2	2	0	0	0	0	0	0
Innenwand tragend Holzständer- / Holzrahmenbau	0	2	2	0	0	0	0	0	0
Dämmung Aussenwand Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dämmung Geschossdecke Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF HPL	2	1	3	0	0	0	0	0	0
VHF GFK	4	3	6	0	0	0	0	0	0
VHF Naturstein	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Aluminium	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Dämmung Trennwand GK Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lavabo, WC, Badewanne	11	120	131	0	1	1	0	5	6
Metallstützen Doppelboden	8’161	0	8’161	98	0	98	376	0	376

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [Mio. UBP]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [Mio. UBP]	Verbaute Belastung Total 2022 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Total 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Total 2050 [Mio. UBP]
Innentüre Zimmertüre Holz, Holzzarge	11	2’910	2’921	0	46	46	0	178	179
Systemtrennwand Glas, Aluminium	2’382	0	2’382	29	0	29	114	0	114
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz	0	338	338	0	1	1	0	8	8
Zimmertüre, Holz, Stahlzarge	562	0	562	8	0	8	28	0	28
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz	0	205	205	0	1	1	0	5	5
Aussentüre Holz	0	202	202	0	2	2	0	11	11
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Aluminium	22	0	22	0	0	0	1	0	1
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	17	0	17	0	0	0	1	0	1
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	9	0	9	0	0	0	0	0	0
Aussentüre, Aluminium, Paneelfüllung	3	0	3	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Aluminium	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 28. Resultate der verbauten THG-Emissionen der wiederverwendbaren Bauteilmengen im Bestand 2022 sowie einsparbare THG-Emissionen durch die freiwerdenden Bauteile im Jahr 2030 und 2050. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Total 2022 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2050 [t CO_2-eq]
Stahlbetondecke	21’513	52’197	73’711	294	683	978	1’086	2’988	4’074
Trennwand Kalksandstein	807	20’092	20’899	11	276	287	39	1’160	1’199
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Backstein	265	6’412	6’677	4	120	124	13	428	441
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Kalksandstein	242	5’851	6’093	4	110	113	12	390	402
Mineralwoll-Dämmung für Gipskarton-Trennwand	352	648	1’000	4	5	9	17	23	39
Innenwandkonstruktion tragend Stahlbeton	8’058	6’767	14’824	107	97	204	405	420	825
Dachkonstruktion Stahlbeton	3’281	11’786	15’067	45	158	202	162	669	831
Aussenwandkonstruktion Stahlbeton	1’739	7’573	9’313	25	112	137	89	503	592
Innenwandkonstruktion tragend Backstein	768	5’456	6’224	12	98	110	37	350	387
Innenwandkonstruktion tragend Kalksandstein	701	4’978	5’680	11	90	100	34	319	353
Dachkies Flachdach	19	72	91	0	1	1	1	5	5
Trennwand Backstein	431	5’390	5’821	7	131	138	21	401	423
Holzbalkendecke	104	1’392	1’495	2	33	35	3	95	98
Platten Doppelboden Gipsfaser	3’512	0	3’512	42	0	42	162	0	162
Geschossdecke Holzrahmen	0	1’812	1’812	0	38	38	0	149	149
Bodenbelag Parkett	0	1’791	1’791	0	43	43	0	122	122

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Total 2022 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2050 [t CO_2-eq]
Schrägdach Holz	16	468	484	0	12	12	1	34	35
AHD Gipsplatten	267	0	267	3	0	3	12	0	12
Holz-Beton-Hybriddecke	0	219	219	0	0	0	0	4	4
Dämmung Aussenwand Mineralwolle	19	7	26	0	0	0	1	0	1
Dämmung Aussenwand XPS/EPS/PUR	36	14	50	0	0	0	2	0	2
AHD Metall	4’722	0	4’722	57	0	57	217	0	217
Dämmung tragende/nicht tragende Innenwand Holzfaser	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Dachkonstruktion Holz Pfetten	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Dachziegel	79	1’678	1’757	1	40	41	2	114	116
Aussenwand Holzständer- / Holzrahmenbau	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Innenwand tragend Holzständer- / Holzrahmenbau	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Dämmung Aussenwand Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dämmung Geschossdecke Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF HPL	1	1	2	0	0	0	0	0	0
VHF GFK	2	2	4	0	0	0	0	0	0
VHF Naturstein	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Aluminium	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dämmung Trennwand GK Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lavabo, WC, Badewanne	6	61	67	0	1	1	0	3	3
Metallstützen Doppelboden	2’405	0	2’405	29	0	29	111	0	111
Innentüre Zimmertüre Holz, Holzzarge	5	1’355	1’359	0	21	21	0	83	83
Systemtrennwand Glas, Aluminium	1’352	0	1’352	17	0	17	65	0	65

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Total 2022 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2050 [t CO_2-eq]
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz	0	195	195	0	1	1	0	4	4
Zimmertüre, Holz, Stahlzarge	293	0	293	4	0	4	15	0	15
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz	0	119	119	0	0	0	0	3	3
Aussentüre Holz	0	95	95	0	1	1	0	5	5
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Aluminium	12	0	12	0	0	0	0	0	0
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	10	0	10	0	0	0	0	0	0
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	5	0	5	0	0	0	0	0	0
Aussentüre, Aluminium, Paneelfüllung	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Aluminium	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 29. Resultate der verbauten Grauen Energie der wiederverwendbaren Bauteilmengen im Bestand 2022 sowie einsparbare Graue Energie durch die freiwerdenden Bauteile im Jahr 2030 und 2050. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan

Bezeichnung	**Verbaute Belastung Büro 2022 [MWh oil-eq]**	**Verbaute Belastung Wohnen 2022 [MWh oil-eq]**	**Verbaute Belastung Total 2022 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Büro 2030 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Total 2030 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Büro 2050 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Total 2050 [MWh oil-eq]**
Stahlbetondecke	58’287	141’421	199’708	797	1’851	2’649	2’942	8’095	11’037
Trennwand Kalksandstein	1’825	45’443	47’268	26	623	649	89	2’624	2’713
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Backstein	766	18’529	19’295	12	347	359	37	1’236	1’273
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Kalksandstein	547	13’233	13’780	9	248	257	27	883	909
Mineralwoll-Dämmung für Gipskarton-Trennwand	1’347	2’477	3’824	16	18	34	63	87	151
Innenwandkonstruktion tragend Stahlbeton	21’831	18’333	40’164	290	263	553	1’096	1’139	2’236
Dachkonstruktion Stahlbeton	8’891	31’932	40’822	121	427	548	438	1’813	2’251
Aussenwandkonstruktion Stahlbeton	4’713	20’519	25’232	66	303	370	241	1’362	1’603
Innenwandkonstruktion tragend Backstein	2’221	15’766	17’986	34	284	318	108	1’011	1’119
Innenwandkonstruktion tragend Kalksandstein	1’586	11’260	12’846	24	203	227	77	722	799
Dachkies Flachdach	97	369	467	1	5	7	5	23	28
Trennwand Backstein	1’245	15’577	16’821	20	380	400	62	1’160	1’222
Holzbalkendecke	520	6’981	7’501	8	166	174	16	475	492
Platten Doppelboden Gipsfaser	15’748	0	15’748	190	0	190	726	0	726
Geschossdecke Holzrahmen	0	10’154	10’154	0	211	211	0	836	836
Bodenbelag Parkett	0	10’102	10’102	0	241	241	0	688	688
Schrägdach Holz	75	2’204	2’279	1	56	57	2	163	165
AHD Gipsplatten	1’226	0	1’226	15	0	15	56	0	56
Holz-Beton-Hybriddecke	0	838	838	0	1	1	0	15	15

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [MWh oil-eq]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [MWh oil-eq]	Verbaute Belastung Total 2022 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Total 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Total 2050 [MWh oil-eq]
Dämmung Aussenwand Mineralwolle	73	28	101	1	0	1	3	1	4
Dämmung Aussenwand XPS/EPS/PUR	155	60	215	2	0	2	7	1	8
AHD Metall	16’444	0	16’444	198	0	198	757	0	757
Dämmung tragende/nicht tragende Innenwand Holzfaser	0	6	6	0	0	0	0	0	0
Dachkonstruktion Holz Pfetten	0	13	13	0	0	0	0	0	0
Dachziegel	224	4’769	4’993	3	114	117	7	323	330
Aussenwand Holzständer- / Holzrahmenbau	0	5	5	0	0	0	0	0	0
Innenwand tragend Holzständer- / Holzrahmenbau	0	5	5	0	0	0	0	0	0
Dämmung Aussenwand Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dämmung Geschossdecke Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF HPL	5	4	9	0	0	0	0	0	0
VHF GFK	10	8	18	0	0	0	0	0	1
VHF Naturstein	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Aluminium	3	0	3	0	0	0	0	0	0
Dämmung Trennwand GK Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lavabo, WC, Badewanne	26	288	314	0	2	3	1	13	14
Metallstützen Doppelboden	8’376	0	8’376	101	0	101	386	0	386
Innentüre Zimmertüre Holz, Holzzarge	25	6’899	6’924	0	109	109	1	423	424
Systemtrennwand Glas, Aluminium	6’006	0	6’006	74	0	74	287	0	287
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz	0	869	869	0	3	3	0	20	20
Zimmertüre, Holz, Stahlzarge	1’144	0	1’144	15	0	15	57	0	57
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz	0	524	524	0	2	2	0	12	12
Aussentüre Holz	0	453	453	0	5	5	0	24	24

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [MWh oil-eq]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [MWh oil-eq]	Verbaute Belastung Total 2022 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Total 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Total 2050 [MWh oil-eq]
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Aluminium	55	0	55	1	0	1	2	0	2
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	46	0	46	1	0	1	2	0	2
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	23	0	23	0	0	0	1	0	1
Aussentüre, Aluminium, Paneelfüllung	7	0	7	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Aluminium	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 30. Resultate der verbauten Gesamtumweltbelastung der wiederverwendbaren Bauteilmengen im Bestand 2022 sowie einsparbare Gesamtumweltbelastung durch die freiwerdenden Bauteile im Jahr 2030 und 2050. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan

Bezeichnung	**Verbaute Belastung Büro 2022 [Mio. UBP]**	**Verbaute Belastung Wohnen 2022 [Mio. UBP]**	**Verbaute Belastung Total 2022 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Büro 2030 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Total 2030 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Büro 2050 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [Mio. UBP]**	**Einsparbare Belastung Total 2050 [Mio. UBP]**
Stahlbetondecke	34’471	83’636	118’107	472	1’095	1’566	1’740	4’787	6’527
Trennwand Kalksandstein	1’164	28’992	30’156	16	398	414	57	1’674	1’731
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Backstein	342	8’280	8’622	5	155	161	17	552	569
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Kalksandstein	349	8’443	8’792	6	158	164	17	563	580
Mineralwoll-Dämmung für Gipskarton-Trennwand	521	957	1’478	6	7	13	24	34	58
Innenwandkonstruktion tragend Stahlbeton	12’911	10’842	23’753	171	156	327	648	674	1’322
Dachkonstruktion Stahlbeton	5’258	18’884	24’142	72	253	324	259	1’072	1’331
Aussenwandkonstruktion Stahlbeton	2’787	12’135	14’922	39	179	219	143	805	948
Innenwandkonstruktion tragend Backstein	992	7’045	8’038	15	127	142	48	452	500
Innenwandkonstruktion tragend Kalksandstein	1’012	7’184	8’195	15	129	145	49	461	510
Dachkies Flachdach	120	455	574	2	6	8	6	28	35
Trennwand Backstein	556	6’961	7’517	9	170	179	28	518	546
Holzbalkendecke	253	3’400	3’654	4	81	85	8	232	240
Platten Doppelboden Gipsfaser	5’278	0	5’278	64	0	64	243	0	243
Geschossdecke Holzrahmen	0	4’224	4’224	0	88	88	0	347	347
Bodenbelag Parkett	0	4’053	4’053	0	97	97	0	276	276
Schrägdach Holz	41	1’188	1’229	1	30	31	1	88	89
AHD Gipsplatten	411	0	411	5	0	5	19	0	19
Holz-Beton-Hybriddecke	0	466	466	0	1	1	0	9	9
Dämmung Aussenwand Mineralwolle	28	11	39	0	0	0	1	0	1

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [Mio. UBP]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [Mio. UBP]	Verbaute Belastung Total 2022 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Total 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Total 2050 [Mio. UBP]
Dämmung Aussenwand XPS/EPS/PUR	53	21	74	1	0	1	2	0	3
AHD Metall	16’023	0	16’023	193	0	193	737	0	737
Dämmung tragende/nicht tragende Innenwand Holzfaser	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Dachkonstruktion Holz Pfetten	0	7	7	0	0	0	0	0	0
Dachziegel	101	2’155	2’256	2	52	53	3	146	149
Aussenwand Holzständer- / Holzrahmenbau	0	2	2	0	0	0	0	0	0
Innenwand tragend Holzständer- / Holzrahmenbau	0	2	2	0	0	0	0	0	0
Dämmung Aussenwand Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dämmung Geschossdecke Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF HPL	2	1	3	0	0	0	0	0	0
VHF GFK	4	3	6	0	0	0	0	0	0
VHF Naturstein	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Aluminium	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Dämmung Trennwand GK Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lavabo, WC, Badewanne	11	120	131	0	1	1	0	5	6
Metallstützen Doppelboden	8’161	0	8’161	98	0	98	376	0	376
Innentüre Zimmertüre Holz, Holzzarge	11	2’910	2’921	0	46	46	0	178	179
Systemtrennwand Glas, Aluminium	2’382	0	2’382	29	0	29	114	0	114
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz	0	338	338	0	1	1	0	8	8
Zimmertüre, Holz, Stahlzarge	562	0	562	8	0	8	28	0	28
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz	0	205	205	0	1	1	0	5	5
Aussentüre Holz	0	202	202	0	2	2	0	11	11
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Aluminium	22	0	22	0	0	0	1	0	1

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [Mio. UBP]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [Mio. UBP]	Verbaute Belastung Total 2022 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Total 2030 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [Mio. UBP]	Einsparbare Belastung Total 2050 [Mio. UBP]
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	17	0	17	0	0	0	1	0	1
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	9	0	9	0	0	0	0	0	0
Aussentüre, Aluminium, Paneelfüllung	3	0	3	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Aluminium	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 31. Resultate der verbauten THG-Emissionen der wiederverwendbaren Bauteilmengen im Bestand 2022 sowie einsparbare THG-Emissionen durch die freiwerdenden Bauteile im Jahr 2030 und 2050. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Total 2022 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2050 [t CO_2-eq]
Stahlbetondecke	21’513	52’197	73’711	294	683	978	1’086	2’988	4’074
Trennwand Kalksandstein	807	20’092	20’899	11	276	287	39	1’160	1’199
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Backstein	265	6’412	6’677	4	120	124	13	428	441
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Kalksandstein	242	5’851	6’093	4	110	113	12	390	402
Mineralwoll-Dämmung für Gipskarton-Trennwand	352	648	1’000	4	5	9	17	23	39
Innenwandkonstruktion tragend Stahlbeton	8’058	6’767	14’824	107	97	204	405	420	825

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Total 2022 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2050 [t CO_2-eq]
Dachkonstruktion Stahlbeton	3’281	11’786	15’067	45	158	202	162	669	831
Aussenwandkonstruktion Stahlbeton	1’739	7’573	9’313	25	112	137	89	503	592
Innenwandkonstruktion tragend Backstein	768	5’456	6’224	12	98	110	37	350	387
Innenwandkonstruktion tragend Kalksandstein	701	4’978	5’680	11	90	100	34	319	353
Dachkies Flachdach	19	72	91	0	1	1	1	5	5
Trennwand Backstein	431	5’390	5’821	7	131	138	21	401	423
Holzbalkendecke	104	1’392	1’495	2	33	35	3	95	98
Platten Doppelboden Gipsfaser	3’512	0	3’512	42	0	42	162	0	162
Geschossdecke Holzrahmen	0	1’812	1’812	0	38	38	0	149	149
Bodenbelag Parkett	0	1’791	1’791	0	43	43	0	122	122
Schrägdach Holz	16	468	484	0	12	12	1	34	35
AHD Gipsplatten	267	0	267	3	0	3	12	0	12
Holz-Beton-Hybriddecke	0	219	219	0	0	0	0	4	4
Dämmung Aussenwand Mineralwolle	19	7	26	0	0	0	1	0	1
Dämmung Aussenwand XPS/EPS/PUR	36	14	50	0	0	0	2	0	2
AHD Metall	4’722	0	4’722	57	0	57	217	0	217
Dämmung tragende/nicht tragende Innenwand Holzfaser	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Dachkonstruktion Holz Pfetten	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Dachziegel	79	1’678	1’757	1	40	41	2	114	116
Aussenwand Holzständer- / Holzrahmenbau	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Innenwand tragend Holzständer- / Holzrahmenbau	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Dämmung Aussenwand Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dämmung Geschossdecke Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [t CO_2-eq]	Verbaute Belastung Total 2022 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2030 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [t CO_2-eq]	Einsparbare Belastung Total 2050 [t CO_2-eq]
VHF HPL	1	1	2	0	0	0	0	0	0
VHF GFK	2	2	4	0	0	0	0	0	0
VHF Naturstein	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Aluminium	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dämmung Trennwand GK Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lavabo, WC, Badewanne	6	61	67	0	1	1	0	3	3
Metallstützen Doppelboden	2’405	0	2’405	29	0	29	111	0	111
Innentüre Zimmertüre Holz, Holzzarge	5	1’355	1’359	0	21	21	0	83	83
Systemtrennwand Glas, Aluminium	1’352	0	1’352	17	0	17	65	0	65
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz	0	195	195	0	1	1	0	4	4
Zimmertüre, Holz, Stahlzarge	293	0	293	4	0	4	15	0	15
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz	0	119	119	0	0	0	0	3	3
Aussentüre Holz	0	95	95	0	1	1	0	5	5
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Aluminium	12	0	12	0	0	0	0	0	0
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	10	0	10	0	0	0	0	0	0
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	5	0	5	0	0	0	0	0	0
Aussentüre, Aluminium, Paneelfüllung	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Aluminium	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 32. Resultate der verbauten Grauen Energie der wiederverwendbaren Bauteilmengen im Bestand 2022 sowie einsparbare Graue Energie durch die freiwerdenden Bauteile im Jahr 2030 und 2050. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan

Bezeichnung	**Verbaute Belastung Büro 2022 [MWh oil-eq]**	**Verbaute Belastung Wohnen 2022 [MWh oil-eq]**	**Verbaute Belastung Total 2022 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Büro 2030 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Total 2030 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Büro 2050 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [MWh oil-eq]**	**Einsparbare Belastung Total 2050 [MWh oil-eq]**
Stahlbetondecke	58’287	141’421	199’708	797	1’851	2’649	2’942	8’095	11’037
Trennwand Kalksandstein	1’825	45’443	47’268	26	623	649	89	2’624	2’713
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Backstein	766	18’529	19’295	12	347	359	37	1’236	1’273
Aussenwandkonstruktion Mauerwerk Kalksandstein	547	13’233	13’780	9	248	257	27	883	909
Mineralwoll-Dämmung für Gipskarton-Trennwand	1’347	2’477	3’824	16	18	34	63	87	151
Innenwandkonstruktion tragend Stahlbeton	21’831	18’333	40’164	290	263	553	1’096	1’139	2’236
Dachkonstruktion Stahlbeton	8’891	31’932	40’822	121	427	548	438	1’813	2’251
Aussenwandkonstruktion Stahlbeton	4’713	20’519	25’232	66	303	370	241	1’362	1’603
Innenwandkonstruktion tragend Backstein	2’221	15’766	17’986	34	284	318	108	1’011	1’119
Innenwandkonstruktion tragend Kalksandstein	1’586	11’260	12’846	24	203	227	77	722	799
Dachkies Flachdach	97	369	467	1	5	7	5	23	28
Trennwand Backstein	1’245	15’577	16’821	20	380	400	62	1’160	1’222
Holzbalkendecke	520	6’981	7’501	8	166	174	16	475	492
Platten Doppelboden Gipsfaser	15’748	0	15’748	190	0	190	726	0	726
Geschossdecke Holzrahmen	0	10’154	10’154	0	211	211	0	836	836
Bodenbelag Parkett	0	10’102	10’102	0	241	241	0	688	688
Schrägdach Holz	75	2’204	2’279	1	56	57	2	163	165
AHD Gipsplatten	1’226	0	1’226	15	0	15	56	0	56

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [MWh oil-eq]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [MWh oil-eq]	Verbaute Belastung Total 2022 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Total 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Total 2050 [MWh oil-eq]
Holz-Beton-Hybriddecke	0	838	838	0	1	1	0	15	15
Dämmung Aussenwand Mineralwolle	73	28	101	1	0	1	3	1	4
Dämmung Aussenwand XPS/EPS/PUR	155	60	215	2	0	2	7	1	8
AHD Metall	16’444	0	16’444	198	0	198	757	0	757
Dämmung tragende/nicht tragende Innenwand Holzfaser	0	6	6	0	0	0	0	0	0
Dachkonstruktion Holz Pfetten	0	13	13	0	0	0	0	0	0
Dachziegel	224	4’769	4’993	3	114	117	7	323	330
Aussenwand Holzständer- / Holzrahmenbau	0	5	5	0	0	0	0	0	0
Innenwand tragend Holzständer- / Holzrahmenbau	0	5	5	0	0	0	0	0	0
Dämmung Aussenwand Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dämmung Geschossdecke Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Holz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF HPL	5	4	9	0	0	0	0	0	0
VHF GFK	10	8	18	0	0	0	0	0	1
VHF Naturstein	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VHF Aluminium	3	0	3	0	0	0	0	0	0
Dämmung Trennwand GK Holzfaser	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lavabo, WC, Badewanne	26	288	314	0	2	3	1	13	14
Metallstützen Doppelboden	8’376	0	8’376	101	0	101	386	0	386
Innentüre Zimmertüre Holz, Holzzarge	25	6’899	6’924	0	109	109	1	423	424

Bezeichnung	Verbaute Belastung Büro 2022 [MWh oil-eq]	Verbaute Belastung Wohnen 2022 [MWh oil-eq]	Verbaute Belastung Total 2022 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Total 2030 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Büro 2050 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Wohnen 2050 [MWh oil-eq]	Einsparbare Belastung Total 2050 [MWh oil-eq]
Systemtrennwand Glas, Aluminium	6’006	0	6’006	74	0	74	287	0	287
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz	0	869	869	0	3	3	0	20	20
Zimmertüre, Holz, Stahlzarge	1’144	0	1’144	15	0	15	57	0	57
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz	0	524	524	0	2	2	0	12	12
Aussentüre Holz	0	453	453	0	5	5	0	24	24
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Aluminium	55	0	55	1	0	1	2	0	2
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	46	0	46	1	0	1	2	0	2
Fenster 2-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	23	0	23	0	0	0	1	0	1
Aussentüre, Aluminium, Paneelfüllung	7	0	7	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Holz-Metall	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Aluminium	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenster 3-fach verglast, Rahmen Kunststoff/PVC	0	0	0	0	0	0	0	0	0

11.6 Grafiken Gesamtumweltbelastung

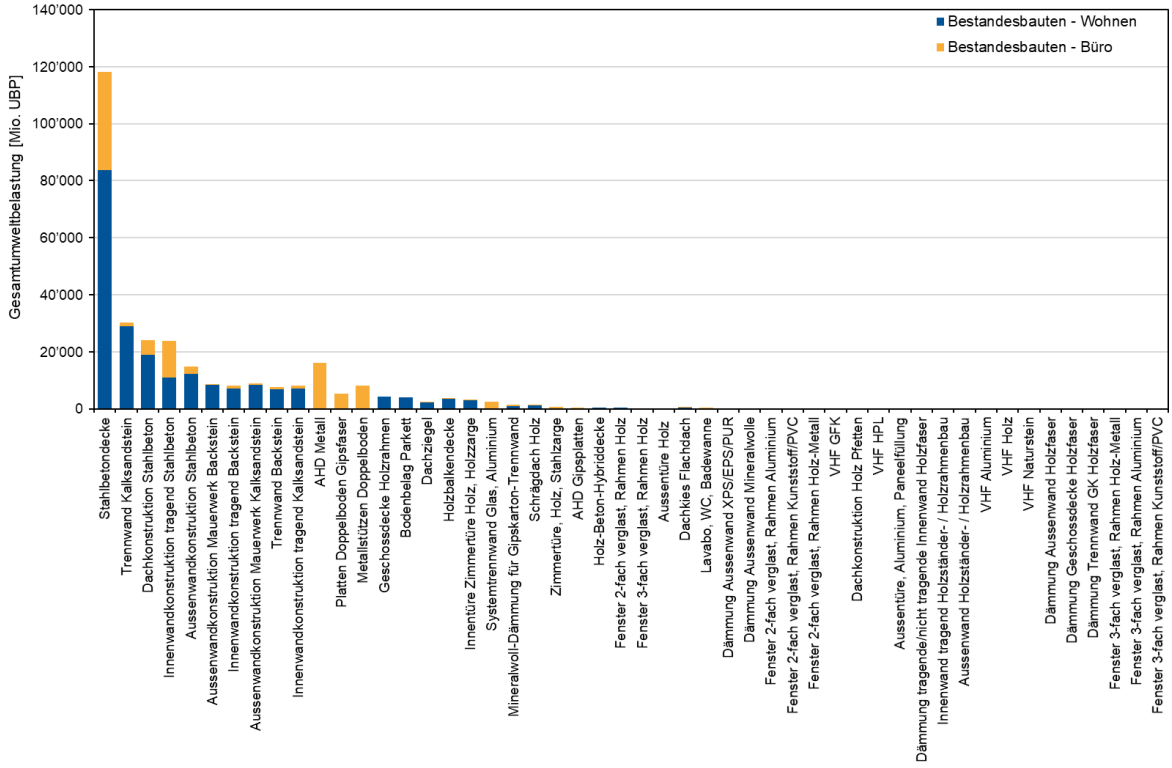


Abbildung 34: Verbaute Gesamtumweltbelastung der wiederverwendbaren Bauteilmengen im Bestand 2022. Gelbe Balken repräsentieren Bürogebäude und blaue Balken Wohngebäude. Die genauen Werte können dem Anhang 11.5 entnommen werden. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan

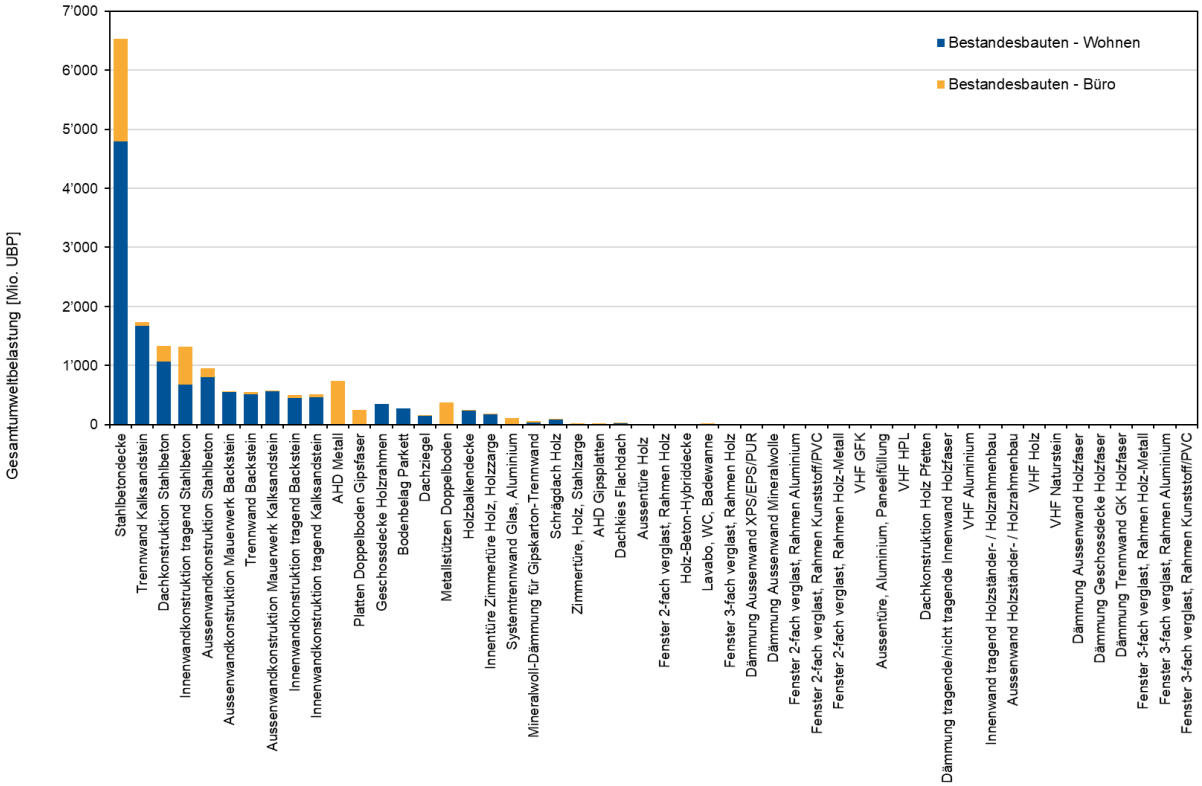


Abbildung 35: Einsparbare Gesamtumweltbelastung durch die freiwerdenden Bauteilmengen bis zum Jahr 2050 Gelbe Balken repräsentieren Bürogebäude und blaue Balken Wohngebäude. Die genauen Werte können dem Anhang 11.5 entnommen werden. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan

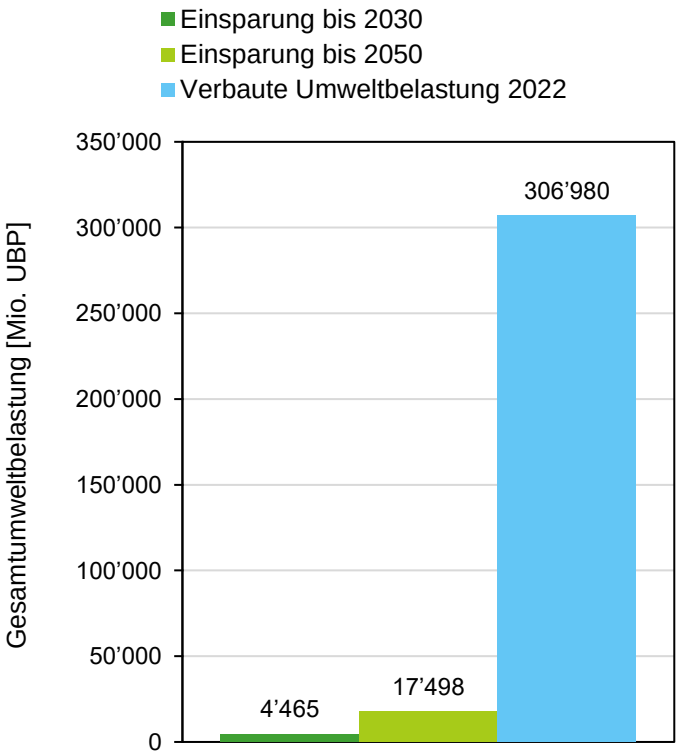


Abbildung 36: Einsparbare Gesamtumweltbelastung durch Wiederverwendung bis zu den Jahren 2030 und 2050 verglichen mit der verbauten Gesamtumweltbelastung im Gebäudebestand von 2022.

11.7 Grafiken Graue Energie

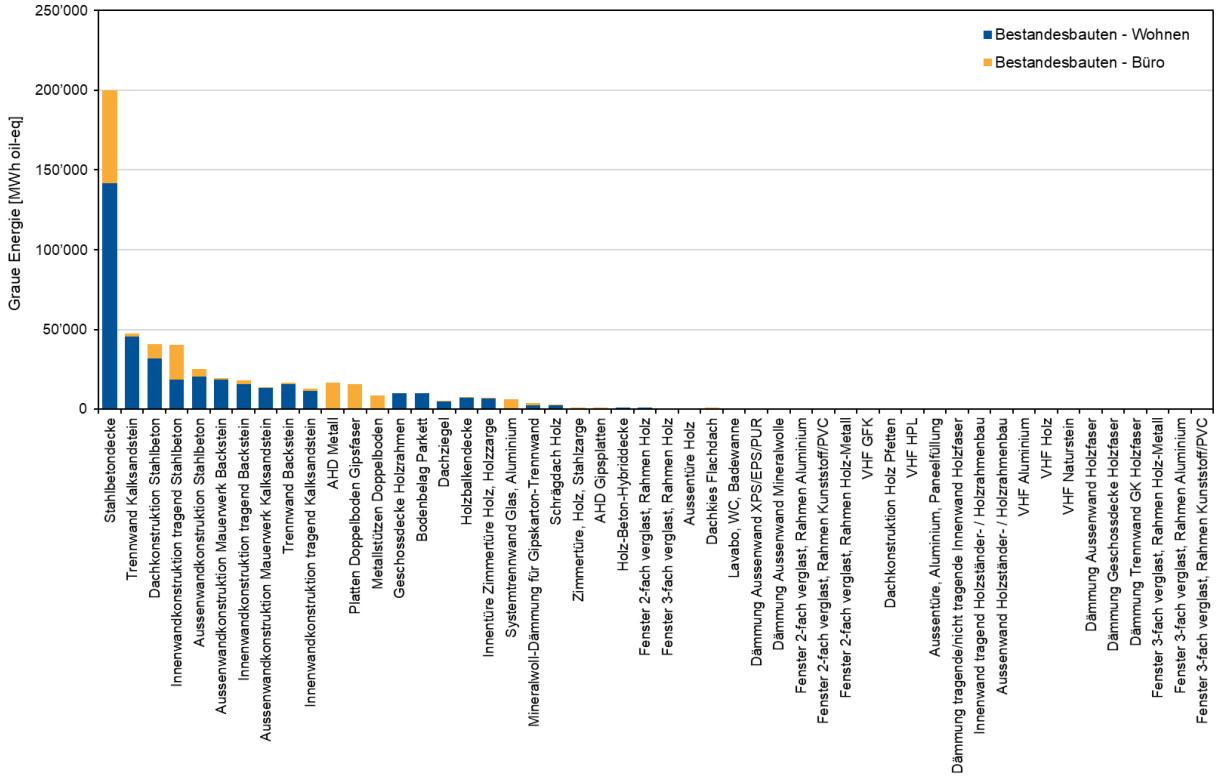


Abbildung 37: Verbaute Graue Energie der wiederverwendbaren Bauteilmengen im Bestand 2022. Gelbe Balken repräsentieren Bürogebäude und blaue Balken Wohngebäude. Die genauen Werte können dem Anhang 11.5 entnommen werden. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan

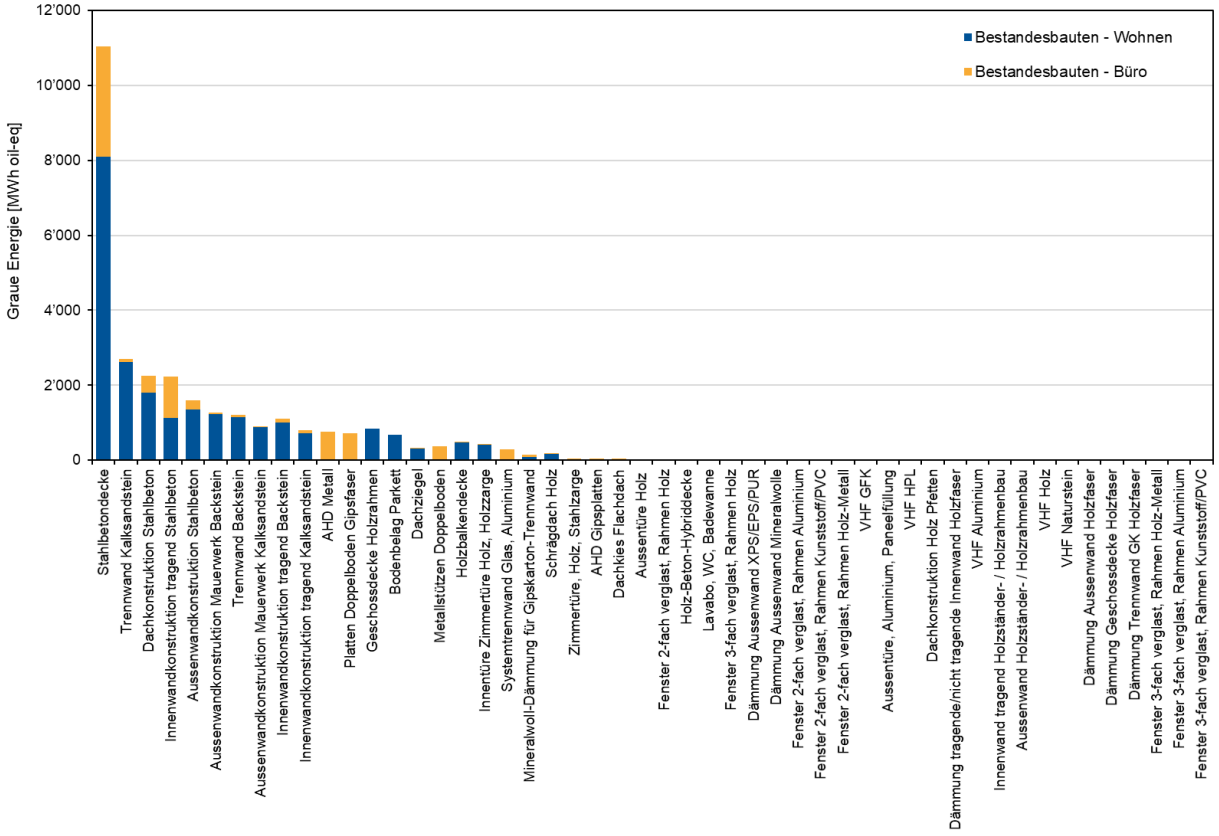


Abbildung 38: Einsparbare Graue Energie durch die freiwerdenden Bauteilmengen bis zu Jahr 2050.Gelbe Balken repräsentieren Bürogebäude und blaue Balken Wohngebäude. Die genauen Werte können dem Anhang 11.5 entnommen werden. AHD: Abhangdecke, VHF: Vorgehängte/hinterlüftete Fassade, GK: Gipskarton, HPL: High Pressure Laminate, GFK: Glasfaserverstärkter Kunststoff, XPS: Extrudiertes Polystyrol, EPS: Expandiertes Polystyrol, PUR: Polyurethan

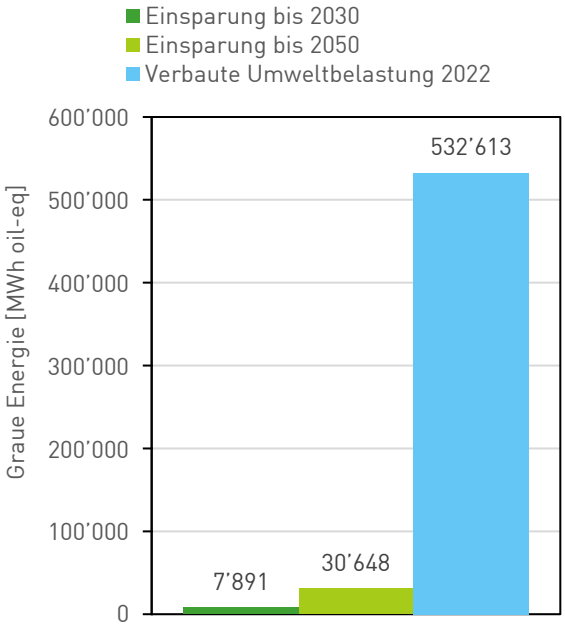


Abbildung 39: Einsparbare Graue Energie durch Wiederverwendung bis zu den Jahren 2030 und 2050 verglichen mit der verbauten Grauen Energie im Gebäudebestand von 2022.

11.8 Interviewleitfaden

intep

Leitfaden Expert:inneninterview

Hürden und Lösungsansätze im Bauprojekt (20 min)

Stellen wir uns folgendes Szenario vor: Ein privater Bauherr (z. B. eine Stiftung oder Genossenschaft) möchte gemeinsam mit einem spezialisierten Architekturbüro ein Neubauprojekt realisieren, in dem möglichst viele wiederverwendete Bauteile eingesetzt werden.

Welches sind aus Ihrer Sicht die wichtigsten Hürden in Bezug auf die geltenden Normen und den rechtlichen Rahmen, die der Bauherr und das Architekturbüro im Projekt nehmen müsse?

- Fokus auf die wichtigsten Hürden
- Uns bekannte Schwierigkeiten:
  - SIA-Planungsphasen sind nicht auf Reuse ausgelegt
  - Technische Standards lassen zu wenig Spielraum für den Einsatz von Reuse-Bauteile
  - Es besteht Rechtsunsicherheit in Bezug auf das Thema Haftung
  - Gewährung von Garantie

Wie können diese Schwierigkeiten im Projekt angegangen werden?

- Was können Bauherr und Architekturbüro machen, um dieses Problem zu lösen?
- Wo braucht es übergeordnete Lösungen, um die Wiederverwendung zu vereinfachen?
- Wer könnte/müsste hier etwas tun?

2 Handlungsspielraum der Stadt Baden (20 min)

Die Stadt Baden möchte die Rahmenbedingungen für Reuse in der Privatwirtschaft verbessern, gleichzeitig auch als öffentliche Bauherrin vorbildlich mit dem Thema Reuse umgehen.

Welchen Handlungsspielraum hat die Stadt Baden (alternativ: Städte und Gemeinden generell) im gegenwärtigen rechtlichen Rahmen dazu...

..... auf Ebene des Beschaffungsrechts?

- Welche Instrumente sind denkbar?
- Welche Grenzen gibt es?

im Rahmen baupolizeilicher Aufgaben (Baubewilligungsprozess, Bauinspektorat)

- Welche Instrumente sind denkbar?
  - Informationen zu Abbruchvorhaben öffentlich zur Verfügung stellen
  - Meldepflichten zu Abbruchvorhaben mind. 6 Monate im Voraus (erwünscht, aber in Praxis nicht immer möglich mind. 1 Jahr)
  - Rückbaukonzept verlangen
  - Einsatz von Kommissionen (analog Stadtbild- und Baukommission)
  - Massnahmen die die Lebensdauer von Gebäuden verlängern.
- Welche Grenzen gibt es?

... in der Raumplanung?

- Welche Instrumente sind denkbar?
  - Kommunale Richtplanung & Konzepte: Verankerung von Förderung von Reuse
  - Nutzungsplanung: Anteil wiederverwendete Bauteile in Neubauten, Rückbaukonzept verlangen
  - Sondernutzungsplanung: Vorgaben zu Reuse im Rahmen der Sondernutzungsplanung
- Welche Grenzen gibt es?

... auf Ebene der Abfallwirtschaft?

- Welche Instrumente sind denkbar?
- Welche Grenzen gibt es?

Welche zwei Handlungsansätze aus dem Bereich Recht wären aus Ihrer Sicht am sinnvollsten, um die Wiederverwendung von Bauteilen zu fördern?

3 Einfluss von Bund und Kantonen (10 min)

Welches sind aus ihrer Sicht die wichtigsten Handlungsansätze, mit denen Bund und Kantone Reuse von Bauteilen fördern können?

- Beschreibung
- Erwartete Wirkung
- Umsetzbarkeit: Erfolgsfaktoren, Hürden, wichtige Akteure
- Wer müsste das in Angriff nehmen?
- Handlungspotenzial des Bundes
- Best-Practice-Beispiele?

11.9 Workshop-Programm

intep

STADT BADEN

Fachworkshop

Re-Use in der Bauwirtschaft: Eine Roadmap für die Stadt Baden und darüber hinaus

Dienstag, 30. Januar 2024, 09:00-16:15, in Baden

Programm

Uhrzeit	Programmpunkt
09:00	Begrüssung
09:15	Vorstellung Forschungsergebnisse des Projekts
10:15	*Kaffeepause*
10:30	Diskussion Lösungsansätze in Spurgruppen
12:15	*Mittagessen*
13:15	Kreative Re-Use Übung mit Syphon
14:15	Entwicklung einer Roadmap für Gemeinden in Spurgruppen
15:15	*Kaffeepause*
15:30	Resultate & Abschluss
16:15	*Apéro mit Open End*

→ Fachworkshop 10. Juli 2024

Abbildung 40: Programm für den Fachworkshop vom 31. Januar 2024.

... in der Raumplanung?

- Welche Instrumente sind denkbar?
  - Kommunale Richtplanung & Konzepte: Verankerung von Förderung von Reuse
  - Nutzungsplanung: Anteil wiederverwendete Bauteile in Neubauten, Rückbaukonzept verlangen
  - Sondernutzungsplanung: Vorgaben zu Reuse im Rahmen der Sondernutzungsplanung
- Welche Grenzen gibt es?

... auf Ebene der Abfallwirtschaft?

- Welche Instrumente sind denkbar?
- Welche Grenzen gibt es?

Welche zwei Handlungsansätze aus dem Bereich Recht wären aus Ihrer Sicht am sinnvollsten, um die Wiederverwendung von Bauteilen zu fördern?

3 Einfluss von Bund und Kantonen (10 min)

Welches sind aus ihrer Sicht die wichtigsten Handlungsansätze, mit denen Bund und Kantone Reuse von Bauteilen fördern können?

- Beschreibung
- Erwartete Wirkung
- Umsetzbarkeit: Erfolgsfaktoren, Hürden, wichtige Akteure
- Wer müsste das in Angriff nehmen?
- Handlungspotenzial des Bundes
- Best-Practice-Beispiele?