

Forschungsbericht & Erläuterung zur Studie
Orientierungsleitfaden Zirkularitätsfaktor ZiFa 1.0

[ZiFa 1.0]

Entwicklung von Bewertungsparametern für
kreislauffähiges Bauen & Sanieren

In Auftrag gegeben von:

Magistratsdirektion – Geschäftsbereich Bauten und Technik (Stadtbaudirektion)
Stabsstelle Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit im Bauwesen
1010 Wien

In Kooperation ausgearbeitet von:

Universität für Bodenkultur Wien

Univ. Prof. Dr. Benjamin Kromoser

Dr. Mathias Hammerl

Ingrid Camargo, MSc

Viktoria Bankl

Maximilian Klammer

Flora Amler

Institut für Hochbau, Holzbau und kreislaufgerechtes Bauen (IHB)

Department für Bautechnik und Naturgefahren

Peter-Jordan-Straße 82, Wilhelm-Exner-Haus, DG

1190 Wien

Univ. Prof. Dr. Marion Huber-Humer

Ao. Univ. Prof. Dr. Stefan Salhofer

Dr. Astrid Allesch

Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft (ABF)

Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt

Muthgasse 107/III

1190 Wien

Die vorliegende Publikation dient als Kommunikationshilfe, um Orientierung in dem komplexen Themenfeld „kreislaufgerechtes Bauen“ zu geben und das im Jahr 2023 entwickelte Bewertungssystem zur Ermittlung der Kreislaufpotenziale von Bauvorhaben (ZiFa 1.0) zu kommunizieren und somit anwendbar und in einem weiteren Schritt optimierbar zu machen. Dafür beinhaltet der **Orientierungsleitfaden ZiFa 1.0** neben den Informationen zum Hintergrund des Projekts, zu den rechtlichen Rahmenbedingungen sowie zur Methodik der Entwicklung des Kriterien-Sets insbesondere eine detaillierte und dennoch übersichtliche Beschreibung der Indikatoren und Subindikatoren.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Kurzfassung	5
Abstract	8
Hauptteil	10
1 Einleitung	10
2 Rechtliche Rahmenbedingungen	13
3 Methodik	17
3.1 Zielsetzung	17
3.2 Beteiligte und Workshops	18
3.3 Vorgehensweise	19
3.3.1 Phase 1: Ausgangsbasis „explorative Studie“ und ergänzende Literaturrecherche	19
3.3.2 Phase 2: Kategorisierung relevanter Bewertungsaspekte und Erstellung eines Fragebogens samt Projektauswahl	20
3.3.3 Phase 3: Entwicklung von Subindikatoren	21
3.3.4 Phase 4: Projektbewertung und Entwicklung der Materialliste	23
3.3.5 Phase 5: Feedbackschleife mit Stakeholder*innen und Überarbeitung der Subindikatoren	24
4 ZiFa 1.0 – System zur Bewertung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden in Neubau und Sanierung	25
4.1 Projektbeschreibung	28
4.2 Materialliste	31
4.3 Indikator: (1) verbaute Materialien	34
4.3.1 Subindikator: (VM.1) Anteil wiederverwendeter Materialien in der Herstellung	35
4.3.2 Subindikator: (VM.2) Anteil recycelter Materialien in der Herstellung	38
4.3.3 Subindikator: (VM.3) Anteil erneuerbarer Materialien in der Herstellung	41
4.3.4 Subindikator: (VM.4) Anteil des ursprünglichen Gebäudes	44
4.3.5 Subindikator: (VM.5) Anteil des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials	46
4.4 Indikator: (2) Ökobilanzierung	48
4.5 Indikator: (3) Nutzungsintensität	50
4.5.1 Subindikator: (NI.1) Belegungsdichteverhältnis	51
4.5.2 Subindikator: (NI.2) Flächeneffizienzverhältnis	54
4.5.3 Subindikator: (NI.3) Mehrfachnutzungsfaktor	57
4.6 Indikator: (4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung	60
4.6.1 Subindikator: (FL.1) Abstand tragender vertikaler Strukturen	61
4.6.2 Subindikator: (FL.2) Öffnungsbreite im Fassadenraster	66
4.6.3 Subindikator: (FL.3) Verhältnis nichttragender Innenwände	70
4.6.4 Subindikator: (FL.4) Verhältnis nichttragender versetzbarer Innenwände	73
4.6.5 Subindikator: (FL.5) Nichttragende Fassadenfläche	76
4.6.6 Subindikator: (FL.6) Durchschnittliche Rohbau Raumhöhe ab 1.OG	80
4.6.7 Subindikator: (FL.7) Optionale Wohnräume	83
4.7 Indikator: (5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit	86
4.7.1 Subindikator: (LA.1) Langlebigkeit der Hülle	87

4.7.2	Subindikator: (LA.2) Zugänglichkeit von haustechnischen Versorgungsleitungen	91
4.7.3	Subindikator: (LA.3) Dokumentationsqualität zum Standort aller Versorgungssysteme	95
4.7.4	Subindikator: (LA.4) Dokumentationsqualität von Reparatur- und Austauschleitungen	98
4.8	Indikator: (6) Rückbau und Reuse.....	101
4.8.1	Subindikator: (RR.1) Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau	102
4.8.2	Subindikator: (RR.2) Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung.....	106
4.8.3	Subindikator: (RR.3) Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung.....	110
4.8.4	Subindikator: (RR.4) Dokumentationsqualität für rückbaufreundliches Design	113
4.8.5	Subindikator: (RR.5) Identifikation von Gebäudekomponenten.....	115
4.9	Indikator: (7) Recycling.....	117
4.9.1	Subindikator: (RE.1) Recyclingpotential: Neubau	118
4.9.2	Subindikator: (RE.2) Recyclingpotential: Abbruch	123
4.10	Indikator: (8) Entsorgung - Komplementärwert	126
4.10.1	Subindikator: (EN.1) Deponierung: Neubau - Komplementärwert	127
4.10.2	Subindikator: (EN.2) Thermische Behandlung: Neubau - Komplementärwert.....	130
4.10.3	Subindikator: (EN.3) Deponierung: Abbruch - Komplementärwert	133
4.10.4	Subindikator: (EN.4) Thermische Behandlung: Abbruch - Komplementärwert.....	136
4.11	Gewichtung der Subindikatoren	139
4.12	Zusätzliche Strategien	140
5	Fazit.....	141
6	Empfehlung zur weiteren Vorgehensweise	143
6.1	Testanwendung des Bewertungssystems ZiFa 1.0 im Realbetrieb	143
6.2	Qualitative Nachweise zur Darstellung der architektonischen und sozio-ökonomischen Qualität als integraler Bestandteile des Bewertungssystems ZiFa 1.0	143
6.3	Wartung und fortlaufende Weiterentwicklung des Bewertungssystems ZiFa 1.0	143
6.4	Digitales Bewertungstool und digitale Schnittstellen	144
6.5	Weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf.....	144
7	Abbildungsverzeichnis.....	146
8	Tabellenverzeichnis	147
9	Abkürzungsverzeichnis.....	148
10	Literaturverzeichnis	150

Kurzfassung

Der Bau von Gebäuden und Infrastruktur verbraucht einen großen Anteil der weltweiten Primär- und Sekundärrohstoffe und ist für einen ebenso großen Anteil des Abfallaufkommens verantwortlich. Insbesondere mit der Gewinnung von Primärmaterialien sowie auch mit den Transporten für Primär- und Sekundärmaterialien ist ein hoher Energieaufwand und eine hohe Belastung der Umwelt verbunden. Es ist daher dringend notwendig den Material- und Energieverbrauch und insgesamt die Umweltbelastung durch den Sektor zu reduzieren. Einen wichtigen Beitrag dazu kann die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft leisten. Eine möglichst lange Nutzung von Gebäuden, dies beinhaltet beispielsweise die Weiternutzung des Gebäudebestandes aber auch eine intelligente Planung von Neubauten, um diese zukünftig möglichst flexibel und somit lange nutzen zu können, trägt direkt zur Reduktion des notwendigen Energie- und Rohstoffbedarfs bei. Ist eine Weiternutzung nicht mehr möglich, so muss gewährleistet werden, dass ein Gebäude möglichst einfach rückgebaut werden kann und eine Weiterverwendung von Bauteilen (Reuse) und wenn dies nicht (mehr) möglich ist auch Baustoffen (Recycling) ermöglicht wird. Die Deponierung bzw. thermische Verwertung von mit Bautätigkeiten verbundenen Materialien muss auf ein absolutes Minimum reduziert werden.

Die Stadt Wien hat sich in der Smart Klima City Strategie zum Ziel gesetzt, dass kreislauffähiges Planen und Bauen ab 2030 Standard bei Neubauten und Sanierungen ist. Um für den Übergang von einem linearen System zu einer zirkulären Stadt entsprechende Impulse setzen zu können, wurde in der Stadtbaudirektion, Stabsstelle Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit im Bauwesen (MD-BD SRN), das transdisziplinäre Umsetzungsprogramm „DoTank Circular City Wien 2020-2030“ (DTCC30) gegründet. Im Zuge dieses Programmes wurden die Autor*innen beauftragt, ein System zu entwickeln, mit dem man die Kreislauffähigkeit von Gebäuden (Neubau und Sanierung) gesamtheitlich bewerten kann. Im Jahr 2022 wurde eine explorative Studie durchgeführt, um bestehende Bewertungssysteme von Gebäuden und Produkten zu untersuchen und festzustellen, ob diese bereits Kriterien/Aspekte für die Beurteilung der Kreislauffähigkeit beinhalten¹. Das Ergebnis der Studie ist, dass die Bewertung der Zirkularität von Gebäuden in manchen Systemen bereits berücksichtigt wird. Insbesondere der europäische Berichtsrahmen Level(s)² widmet sich der Thematik bereits umfassender. Auch in der EU-Taxonomie-Verordnung 2020/852³ und deren delegierter Verordnung 2023/2486⁴ wird „Der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft“ als eines der sechs Umweltziele zentral thematisiert.

Auf Basis der genannten explorativen Studie haben die Autor*innen ein Bewertungssystem für die Beurteilung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden entwickelt, welches in der aktuellen Version als ZiFa 1.0 bezeichnet wird. Der ZiFa 1.0 setzt sich aus insgesamt 8 jeweils aus mehreren Subindikatoren kumulierten Indikatoren zusammen, welche unter anderem die im Gebäude (1) verbauten Materialien beurteilen. Ein weiterer wichtiger Punkt für die Bestimmung der mit Baumaßnahmen verbundenen Umweltbelastung ist eine (2) Ökobilanzierung. Im ZiFa wird diese vorerst aufgrund der noch nicht vollständigen Datenverfügbarkeit in vereinfachter Form (ausschließlich Nutzungsindikator Erderwärmungspotential (Global Warming Potential – GWP)) und für eine Auswahl an Lebenszyklusphasen (A1-A3, C3, C4) eingefordert. Weitere kumulierte Indikatoren betreffen die (3) Nutzungsintensität von Gebäuden, mit dem Ziel ein Gebäude möglichst lange, häufig und effektiv zu nutzen, sowie die (4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung mit der Leitidee, dass eine flexible Gestaltung von Gebäuden eine längere Nutzungszeit ohne große bauliche Maßnahmen und somit einfache Anpassung an geänderte Nutzer*innenanforderungen ermöglicht. Der kumulierte Indikator (5) Langlebigkeit, Reparaturfähigkeit und Tauschbarkeit bewertet, ob ein Gebäude und insbesondere die haustechnischen Systeme so konzipiert sind, dass eine lange Nutzung/Lebensdauer möglich ist und allfällige Reparaturen oder Erneuerungen von schadhafte oder veralteten Systemen ermöglicht bzw. erleichtert wird. Die genannten kumulierten Indikatoren decken Aspekte der Kreislauffähigkeit ab, die eine möglichst lange Nutzung eines Gebäudes am gleichen (ursprünglichen) Standort zum Ziel haben, wobei die folgenden kumulierten Indikatoren (6)-(8) vor allem die weiteren Verwendungswege von Gebäuden bzw. den darin verbauten Materialien adressieren. Im kumulierten Indikator (6) Rückbau und

¹ Kromoser u. a., „Forschungsbericht zur explorativen Studie: Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“.

² Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s) – Benutzerhandbuch 1: Einführung in den gemeinsamen Level(s)-Rahmen (Version 1.1 der Veröffentlichung)“.

³ Europäisches Parlament und Europäischer Rat, Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088.

⁴ Europäische Kommission, DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/2486 DER KOMMISSION vom 27. Juni 2023.

Reuse wird bewertet, ob die verwendeten Bauelemente und -materialien bspw. rückgebaut und einfach wiederverwendet werden können. Der kumulierte Indikator (7) Recycling beurteilt, ob das eingebaute Material am Ende seiner Lebensdauer recycelt werden kann. Im kumulierten Indikator (8) Entsorgung wird bewertet, wie viel Material deponiert werden muss bzw. ob eine thermische Behandlung möglich oder notwendig ist. Dieser Indikator bzw. Verwertungsweg ist folglich als Nicht-Ziel anzusehen, da eine Wiederverwendung oder ein Recycling (in dieser Reihenfolge) jedenfalls zu bevorzugen sind.

Ein wesentlicher Punkt im ZiFa 1.0 ist eine Materialliste, in der die notwendigen Informationen für die kumulierten Indikatoren (1) verbaute Materialien, (6) Rückbau und Reuse, (7) Recycling und (8) Entsorgung zu dokumentieren sind. In der genannten Liste werden die eingebauten Materialien, gegliedert nach Bauwerksschichten und Bauteil/Gebäudeelement dokumentiert, wobei eine zusätzliche Kategorisierung in Materialgruppen und die Angabe der Massen erfolgt.

Die genannten kumulierten Indikatoren bestehen aus einer unterschiedlichen Anzahl an Subindikatoren, welche jeweils mit maximal einem Punkt (Bereich zwischen 0 und 1) bewertet werden. Als Bewertung für den kumulierten Indikator wird der gewichtete Mittelwert der Subindikatoren herangezogen. Die Gewichtung ermöglicht die Priorisierung von einzelnen Subindikatoren/Themen.

Das bzw. die Ergebnisse des ZiFa 1.0 bzw. der kumulierten Indikatoren erlauben eine Vergleichbarkeit von verschiedenen Projekten hinsichtlich der verschiedenen Bereiche, die von den jeweiligen kumulierten Indikatoren abgedeckt werden, siehe Abbildung 1. Eine nochmalige Zusammenfassung aller kumulierten Indikatoren ist theoretisch möglich, jedoch im ZiFa 1.0 aufgrund der Diversität der Themen aktuell nicht umgesetzt.

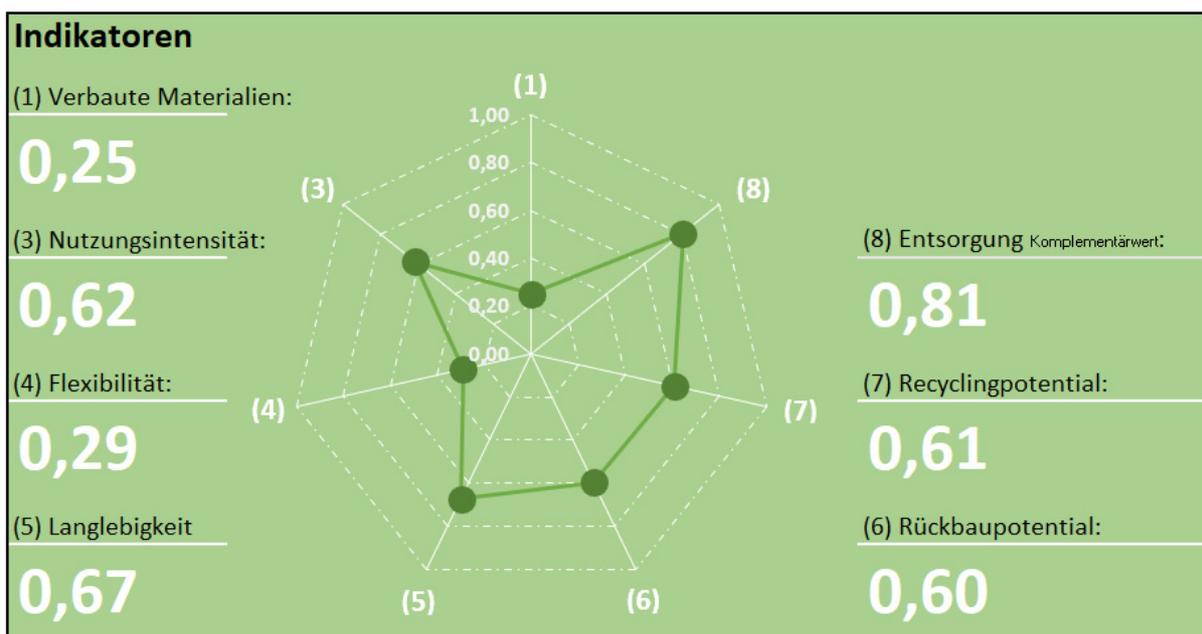


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung der Ergebnisse im ZiFa 1.0 - Überblick

Eine Anwendung des Bewertungssystems ist prinzipiell zu jeder Phase eines Projektes möglich. Eine Einbindung in einer möglichst frühen Planungsphase wird empfohlen, da in diesen Phasen die Beeinflussbarkeit und somit auch der Hebel am größten ist. Es muss jedoch festgehalten werden, dass die Ermittlung mancher Subindikatoren erst in einer späteren Planungs- bzw. Bauphase bei höherem Detaillierungsgrad der Planung möglich bzw. sinnvoll ist (z.B. müssen vor dem Hintergrund aktueller Rahmenbedingungen im Zuge der Einreichung noch keine detaillierten Materialien/ Produkte fixiert sein). Es wird seitens der Autor*innen hier auch festgehalten, dass die Art der Planung (2D, 3D oder BIM) den Aufwand zur Bestimmung einzelner Subindikatoren beeinflusst. Die oben erwähnte Materialliste kann beispielsweise durch ein BIM-Modell einfach(er) befüllt werden.

Der ZiFa 1.0 kann sowohl für Neubauten als auch für Sanierungen zur Bestimmung der Kreislauffähigkeit verwendet werden. Bei Sanierungen und Bauvorhaben bei denen ein Bestandsgebäude vorhanden ist, unabhängig davon ob dieses rückgebaut wird oder nicht, werden alle Subindikatoren angewendet. Bei einem reinen Neubau hingegen findet nur eine Auswahl an ZiFa-Subindikatoren Anwendung.

Mit dem entwickelten Bewertungssystem können aktuell Wohngebäude und Bildungseinrichtungen beurteilt werden. Der Großteil der Indikatoren ist für beide Gebäudekategorien anwendbar, einzelne Subindikatoren haben jedoch unterschiedliche Grenz- und Zielwerte, je nach Kategorie. Zukünftig kann (und soll) das System auch für weitere Nutzungskategorien bzw. Gebäudetypologien weiterentwickelt werden.

Einige der Subindikatoren im ZiFa 1.0 basieren auf bereits publizierten Ansätzen, die die Kreislauffähigkeit von Gebäuden bestimmen, andere hingegen wurden im Zuge der Forschungsarbeit von den Autor*innen neu entwickelt. Die Grenz- bzw. Zielwerte der erstgenannten Subindikatoren wurden nur teilweise von bestehenden Systemen übernommen und ggf. auf Basis der Rückmeldungen der beteiligten Stakeholder*innen der Stadt Wien an die gegebenen Erfordernisse angepasst.

Der Erstentwurf des Bewertungssystems für die Kreislauffähigkeit von Gebäuden – ZiFa 1.0 –, das nun in konkreten Anwendungsprojekten auf Praxistauglichkeit geprüft und vor einer breiteren Anwendung nochmals optimiert werden muss, entstand im Rahmen eines partizipativen Prozesses mit den Stakeholder*innen der Stadt Wien und im Rahmen des Programms „DoTank Circular City Wien 2020-2030“.

Abstract

The construction of buildings and infrastructure accounts for a significant portion of the global primary and secondary raw material consumption and resultatively for a noteworthy amount of solid waste generation. The extraction of primary raw materials and the transport of both these and secondary raw materials entail high energy expenditure and environmental burden. Therefore it is imperative to reduce material and energy consumption, and in the long run the environmental impact of the entire sector. The establishment of a real circular economy can make a significant contribution to this goal. By maximising the lifespan of buildings, reusing existing structures and intelligently designing new construction for long-term flexibility, a direct contribution to reducing the required energy and raw material demand can be accomplished. If further use of a building is no longer possible, it should be ensured that the building can be easily dismantled, therefore facilitating the reuse of building components. If component reuse is not possible, the focus should be on recycling of the building materials. Landfills or combustion as an end-of-life scenario for all materials associated with construction should be minimised as much as possible.

The City of Vienna has set itself the goal in its Smart Climate City Strategy making circular planning and construction the standard for new buildings and refurbishments from 2030. The transdisciplinary programme "DoTank Circular City Wien 2020-2030" (DTCC30) was founded by the Head of Coordination Unit for Resource Conservation and Sustainability in the Construction Sector (MD-BD SRN), in order to provide the necessary impetus for the transition from a linear system to a circular economy in building construction. As part of this program, the authors were commissioned to develop a system enabling a comprehensive assessment of the circularity of buildings⁵ (for new constructions as well as renovations). An exploratory study was conducted in 2022 to examine existing assessment systems for buildings and building products to determine if criteria or aspects assessing circularity were included. A positive verdict was made, showing that certain systems, in particular the European reporting framework Level(s)⁶, addressed the issue comprehensively. In addition to Level(s) "the transition to a circular economy" is centrally addressed by the EU Taxonomy Regulations 2020/853⁷ and its delegated regulation 2023/2486⁸ as one of the six environmental objectives.

Based on the aforementioned exploratory study, the authors developed an evaluation system for the assessment of the circularity of buildings called "Ein Zirkularitätsfaktor für Wien", currently referred to as ZiFa 1.0. The evaluation system consists of a total of eight cumulative indicators, which assess, among other things, the (1) materials used in the relevant building. Another important aspect for determining the environmental impact associated with construction activities is a (2) life cycle assessment, which is required for the ZiFa 1.0 in a simplified form (solely for the indicator Global Warming Potential (GWP)) and a first selection of all life cycle phases (A1-A3, C3, C4) due to incomplete data availability. Further cumulative indicators of the evaluation system relate to the (3) intensity of building use, aiming to maximise a building's life span, frequency, and effectiveness of use, as well as (4) flexibility, adaptability, and densification, with the guiding principle that a flexible design allows for longer use without major construction measures and thus easy adaption to changing user requirements. The cumulative indicator of (5) durability, repairability, and interchangeability evaluates whether a building and especially its technical systems are designed for long-term use/lifespan and facilitating any necessary repairs or replacements of damaged or outdated systems. While the previously mentioned cumulative indicators cover aspects of circularity aiming for the longest possible use of a building at the original location, the following cumulative indicators (6)-(8) primarily address further possibilities of building, component or material reuse. Cumulative indicator (6) evaluates whether the disassembly and reuse of building components is possible, while cumulative indicator (7) addresses the same topic regarding material recycling. The assessment of the disposal and possibility and amount of thermal treatment is addressed in cumulative indicator (8), with this scenario being seen as non-acceptable as a reuse or recycling should be targeted at all times.

⁵ Kromoser u. a., „Forschungsbericht zur explorativen Studie: Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“.

⁶ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s) – Benutzerhandbuch 1: Einführung in den gemeinsamen Level(s)-Rahmen (Version 1.1 der Veröffentlichung)“.

⁷ Europäisches Parlament und Europäischer Rat, Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088.

⁸ Europäische Kommission, DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/2486 DER KOMMISSION vom 27. Juni 2023.

An essential part of the ZiFa 1.0 is the material list, where the necessary information for the cumulative indicators of (1) used materials, (6) disassembly and reuse, (7) recycling, and (8) disposal are to be documented. In the mentioned list, the incorporated materials are not only documented but also categorised by building layers and component/building elements, with additional categorisation into material groups and indication of masses.

The cumulative indicators are subdivided into a varying number of sub-indicators, each of which is rated with a maximum of one point (range lying between 0 and 1). The assessment of the cumulative indicator is based on the weighted average of the sub-indicators with the weighting allowing for the prioritisation of individual sub-indicators or topics.

The results of the ZIFA 1.0 or the cumulative indicators allow for comparability across different projects regarding the various areas covered by the respective cumulative indicators. A summary of all cumulative indicators is theoretically possible, but not planned within ZiFa 1.0.

The application of the presented assessment system is possible at any phase of a project. Integration in the earliest planning phases is recommended, as the greatest impact and greatest opportunities for change are given here. However, it should be noted that certain sub-indicators can only be assessed for later planning or construction phases where more details are available (e.g. detailed materials and products are not entirely fixed during tendering). Furthermore, the authors note the planning type (2D, 3D, or BIM) also affects the efforts required to determine individual sub-indicators. The aforementioned material list, for example, can be easily extracted from a BIM model.

Apart from using ZiFa 1.0 for new buildings, it can also be consulted for determining circularity of redevelopments of existing structures. All sub-indicators are used for refurbishments and construction projects where an existing building is present, regardless of whether it is being demolished or not. In contrast, only a selection of ZiFa sub-indicators is used for new builds.

On a more general basis the developed assessment system focuses on the evaluation of residential buildings and educational facilities. While most indicators are applicable to both building categories, some individual sub-indicators have different boundary and target values depending on the category.

Some of the sub-indicators of the ZiFa 1.0 are based on already published approaches determining the circularity of buildings, while others were newly developed by the authors in the course of their research. The boundary and target values of the former sub-indicators were only partially adopted from the existing systems and were adjusted based on feedback from the stakeholders of the City of Vienna to meet the given requirements. In the future, the system can (and should) be further developed for other utilisation categories and building typologies.

In summary, the initial draft of the assessment system for the circularity of buildings ZiFa 1.0, was developed in collaboration through a participatory process, and now needs to be tested for practicality in initial application projects before being further optimised for broader application.

Hauptteil

1 Einleitung

Der Bausektor zählt zu den größten Verbrauchern von Energie und Primär- sowie auch Sekundärrohstoffen weltweit. Die Gründe dafür sind einerseits die große Masse der Gebäude und die damit in Verbindung stehende graue Energie sowie andererseits bei entsprechender Nutzung die notwendige Energie zur Konditionierung der Innenräume. Es besteht daher die dringende Notwendigkeit sich damit zu beschäftigen, wie der Umwelteinfluss des Sektors möglichst rasch reduziert werden kann. Neben anderen Themengebieten, wie beispielsweise einer Senkung des Energiebedarfs in der Nutzung sowie auch des Ressourcenbedarfs in der Herstellung, hat insbesondere auch die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft das Potential einen wichtigen Beitrag dazu zu leisten. Können beispielsweise bestehende Gebäude oder Bauteile und die damit in Verbindung stehenden Rohstoffressourcen weitergenutzt werden, so kann der Umwelteinfluss entscheidend gesenkt werden, da weniger energieintensive Primärrohstoffe benötigt werden. So wurde in der jüngeren Vergangenheit, insbesondere in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, nur sehr bedingt kreislauffähig geplant und gebaut. Dies erschwert eine möglichst hochwertige Kreislaufführung der Gebäude aus dieser Zeit. Problematisch ist bei vielen Bauwerken eine Verunreinigung durch umwelt- und gesundheitsschädliche Stoffe, die auch ein Recycling unmöglich machen. Demnach kommt einer entsprechenden Planung und Umsetzung von zukünftig gesetzten Baumaßnahmen, dies betrifft Neubauten und auch Sanierungen, eine zentrale Rolle zu, um die Bauwerke, Bauteile und Rohstoffe zukünftig möglichst hochwertig weiternutzen zu können. Es wird hier auch festgehalten, dass es sich dabei um ein globales Problem handelt. Besonders wichtig ist die Berücksichtigung der Thematik in Ländern mit hohem Ressourcenbedarf pro Kopf, dazu zählt auch Österreich⁹, sowie Ländern in denen zukünftig umfassende Baumaßnahmen zu erwarten sind.

In diesem Kontext ist das Leitziel der Wiener Smart Klima City Strategie, weiterhin höchste Lebensqualität bei größtmöglicher Ressourcenschonung zu garantieren. Ein schonender Umgang mit Ressourcen wird als oberstes Ziel für die Stadt Wien festgelegt. Dafür setzt Wien auf die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft und legt für den Gebäudebereich folgende Ziele fest¹⁰:

- 2040 ist die Wiederverwendbarkeit von mindestens 70 % der Bauelemente, -produkte und -materialien von Abrissgebäuden und Großumbauten sichergestellt.
- Kreislauffähiges Planen und Bauen zur maximalen Ressourcenschonung ist ab 2030 Standard bei Neubau und Sanierung.

Die Umsetzung der Smart Klima City Strategien zur Kreislaufwirtschaft im Gebäudebereich erfolgt im transdisziplinären Programm „DoTank Circular City Wien 2020-2030“ (DTCC30). Dieses soll beim Übergang von einem linearen System zu einer zirkulären Stadt entsprechende Impulse setzen. Es ist in der Stadt Wien, Magistratsdirektion – Geschäftsbereich Bauten und Technik in der Stabsstelle Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit im Bauwesen (SRN) angesiedelt. Das Programm versteht sich als magistratsübergreifende Drehscheibe rund um das Thema Kreislaufwirtschaft in der gebauten Umwelt, mit der Aufgabe, Maßnahmen zur Implementierung einer Kreislaufwirtschaft im Bauwesen zu entwickeln und deren Umsetzung zu koordinieren. Das übergeordnete Ziel ist es, den Ressourcenverbrauch und die Emissionen über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden zu reduzieren.

Das Programm „Do Tank Circular City Wien 2020-2030“ verfolgt einen iterativen, transdisziplinären Ansatz unter Beteiligung vielfältiger Stakeholder*innen-Gruppen. Dabei arbeitet das Programm nach den Prinzipien Definieren, Operationalisieren und Implementieren. Schrittweise werden so bis 2030 Maßnahmen zur Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft gesetzt. Die „Definitions-Phase“ soll Orientierung schaffen und ist davon geprägt, Grundlagen für die Implementierung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen zu ermitteln. Ein wesentlicher Schritt dabei ist klare Angaben zu treffen, was mit „zirkulärem Bauen“ gemeint ist, woran sich die Zirkularität eines Neubaus bzw. einer Sanierung konkret misst und welche Faktoren dazu beitragen, das Kreislaufpotenzial zu steigern.

⁹ Eisenmenger und Plank, „Ressourcennutzung in Österreich 2020“.

¹⁰ Deistler u. a., „Smart Klima City Wien Strategie: Der Weg zur Klimamusterstadt“.

Im Rahmen dieser Tätigkeiten der Stadt Wien wurden das Institut für Hochbau, Holzbau und kreislauffgerechtes Bauen und das Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien beauftragt, einen „Zirkularitäts-Faktor für Wien“ (**ZiFa 1.0**) zu entwickeln. Dieser soll eine Bewertung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden ermöglichen und eine Vergleichbarkeit von Bauprojekten (Neubauten und Sanierungen) hinsichtlich deren zirkulären Eigenschaften erlauben. Aktuell gibt es eine Vielzahl von Ansätzen, die einzelne Punkte der Kreislaufwirtschaft adressieren. Ziel der Forschungs- und Entwicklungsarbeit ist ein gut strukturiertes, alle wichtigen Einflussparameter umfassendes, System zu schaffen, das dennoch praktisch gut und einfach anwendbar ist. Es soll die aktuell bereits vorhandene Vielzahl an Ansätzen, die einzelne Punkte der Kreislaufwirtschaft adressieren, zusammenfassen. Neben der Bewertung selbst soll damit auch eine Hilfestellung für Planer*innen und Ausführende geschaffen werden, die klar definiert, welche Maßnahmen und Ansätze ein kreislauffähiges Gebäude ausmachen und wie die Kreislauffähigkeit verglichen mit momentan etablierten Planungs- und Ausführungsansätzen verbessert werden kann. Wichtige Referenzen für die Ermittlung des ZiFa 1.0 stellen dabei die Verordnung (EU) 2020/852 zur Taxonomie¹¹ dar, welche als eines ihrer Umweltziele die Kreislaufwirtschaft im Baugewerbe definiert, sowie der auch der EU-Berichtsrahmen Level(s)¹², der Indikatoren zur Bewertung der Kreislauffähigkeit beschreibt.

Im Jahr 2022 wurde in einer explorativen Studie¹³ eine Analyse bestehender Gebäude- und Produktzertifizierungssysteme durchgeführt, um die bereits vorhandenen Kriterien und Parameter zur Beurteilung der Kreislauffähigkeit zu erheben, diese hinsichtlich deren Eignung für eine Anwendung seitens der Stadt Wien zu evaluieren und so eine solide Basis zu schaffen. Als Resultat dieser Studie konnte eine klare Struktur geschaffen werden, anhand der die Kreislauffähigkeit von Gebäuden (Neubauten und Sanierungen) kategorisiert werden kann. Die Struktur beinhaltet zwei wesentliche Grundlageninformationen (vgl. Pkt. (1) und (2) in Abbildung 2) und sechs kumulierte Indikatoren (vgl. Pkt. (3) - (8) in Abbildung 2). Die Definition dieser insgesamt acht Punkte dient als Grundlage für die weitere konkrete Entwicklung des Bewertungssystem ZiFa 1.0, das in diesem Orientierungsleitfaden vorgestellt wird. Die Entwicklung des Systems orientiert sich an der Abfallhierarchie der Abfallrahmenrichtlinie¹⁴ der EU, welche beschreibt, dass eine generelle Abfallvermeidung gegenüber anderen Verwertungswegen anzustreben ist. Dieses Prinzip wurde für die kumulierten Indikatoren umgelegt, indem eine Basis (Grundlageninformationen) und kumulierte Indikatoren mit abnehmender Möglichkeit der Einflussnahme definiert wurden. Tendenziell gilt je weiter unten man sich im grünen Dreieck der Abbildung 2 befindet, desto größer ist der Umwelteinfluss der damit in Verbindung stehenden Maßnahmen. Es geht demnach klar hervor, dass der Planung für eine möglichst langfristige Nutzbarkeit von Gebäuden eine zentrale Rolle zukommt (erste drei Indikatoren). Der Rückbau eines Gebäudes ist bereits mit großem Aufwand und Umwelteinfluss verbunden und ist daher erst vergleichsweise weit unten angesiedelt. Bei der Verwertung muss auch klar zwischen einer in der Regel deutlich umweltfreundlicheren Wiederverwendung von Bauteilen und einem Recycling auf Baustoffebene, bei dem ein vollständiges Aufbrechen, Schmelzen etc. notwendig wird, unterschieden werden. Die Vielfalt der definierten kumulierten Indikatoren zeigt, dass sich kreislauffgerechtes Bauen aus einer Vielzahl an Teilaspekten zusammensetzt. Ein zirkuläres Gebäude kann nicht anhand eines einzelnen Parameters definiert werden, sondern muss in Wechselwirkung aller relevanten Aspekte betrachtet werden. Wichtig ist den Autor*innen hier nochmals klar festzuhalten, dass zirkuläres Bauen auch nicht durch Verwendung einzelner Bauweisen und Baustoffe definiert werden kann. Aktuell werden oftmals keine oder lediglich einzelne Teilaspekte von kreislauffähigem Bauen bei der Projektierung, Planung und dann auch Projektumsetzung berücksichtigt. Dies ist oftmals auf fehlendes Wissen über die relevanten Einflussparameter und Teilaspekte zurückzuführen. Genau hier wird mit der vorgestellten Forschungsarbeit versucht Abhilfe zu schaffen.

Abbildung 2 zeigt die in der explorativen Studie festgelegte Struktur, die im Zuge der Detaillierung nochmals optimiert wurde.

¹¹ Europäisches Parlament und Europäischer Rat, Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088.

¹² Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s) – Benutzerhandbuch 1: Einführung in den gemeinsamen Level(s)-Rahmen (Version 1.1 der Veröffentlichung)“.

¹³ Kromoser u. a., „Forschungsbericht zur explorativen Studie: Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“.

¹⁴ Europäisches Parlament und Europäischer Rat, Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien - EU-Abfallrahmenrichtlinie.

Bewertungsmöglichkeiten der Kreislauffähigkeit

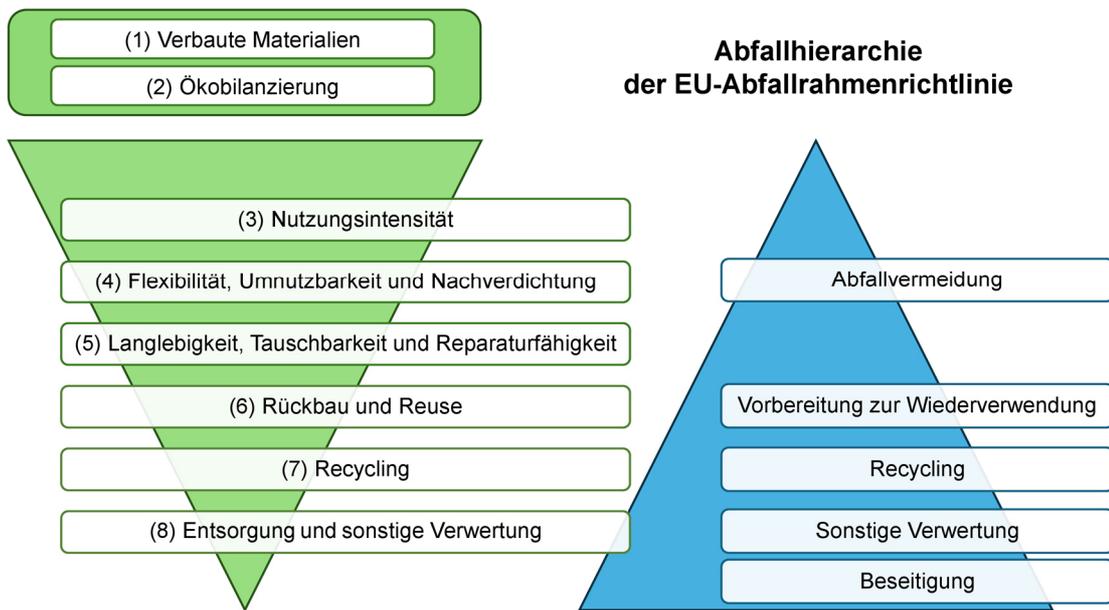


Abbildung 2: Ergebnisse der explorativen Studie "Ein Zirkularitätsfaktor für Wien" – 2022¹⁵.

Um zirkuläres Bauen verbindlich zu machen, braucht es klare Angaben dazu, was mit „zirkulärem Bauen“ gemeint ist, woran sich die Zirkularität eines Neubaus bzw. einer Sanierung konkret misst und welche Faktoren dazu beitragen, das Kreislaufpotenzial zu heben. Die Erarbeitung und explizite Darstellung der Indikatoren und Subindikatoren zum zirkulären Bauen/Sanieren in Form dieser Publikation bietet diesen Rahmen und gibt so Bauschaffenden in der Implementierung einer Kreislaufwirtschaft im Bauwesen Orientierung. Der ZiFa 1.0 gibt der Stadt Wien darüber hinaus die Möglichkeit; die Kreislauffähigkeit von Gebäuden bereits zeitnah, ohne der Verwendung kostenpflichtiger Zertifizierungssysteme und vor einer rechtlichen Implementierung abzufragen und beispielsweise bei Bauträger*innen- und Architekturwettbewerben bzw. stadt-eigenen Projekten anzuwenden. Weiters können die entwickelten Kriterien bzw. konkret die entwickelten kumulierten Indikatoren von diversen Auftraggeber*innen auch im Zuge von Vergabeprozessen berücksichtigt werden. Diese proaktive Herangehensweise bietet die Chance, weit vor einer Verpflichtung zu erproben, was in der Praxis bereits möglich bzw. marktfähig ist, welche Ziel- und Grenzwerte für eine Kreislaufwirtschaft im Bauwesen sinnvoll sind und wo noch Maßnahmen für eine breite Umsetzung fehlen (bspw. Regulative auf nationaler Ebene, baukonstruktive und/oder digitale Lösungen, Entwicklungen auf dem Arbeitsmarkt/Fachkräfte etc.).

Es wird hier klar festgehalten, dass es sich bei den folgend weiter beschriebenen Inhalten um einen Erstentwurf des Bewertungssystems ohne Anspruch auf Vollständigkeit und auch Auswahlmöglichkeiten handelt. Dieser Erstentwurf (kurz: ZiFa 1.0) muss in einer Testphase durch unterschiedliche Anwender*innen im Rahmen realer Projekte getestet werden. Nur durch diese begleitete Echtzeitanwendung kann überprüft werden, wie praktikabel die zirkulären Kriterien sind und wie leicht sich diese in die Praxis überführen lassen. Basierend auf den Erkenntnissen aus den Praxis-Tests kann das System nochmals optimiert bzw. geschärft werden. Es wird empfohlen, die Testanwendungsphase der Bewertungsparameter ZiFa 1.0 zeitnah und unter Einbindung möglichst unterschiedlicher „Use Cases“ (Neubau und Sanierung) umzusetzen. So ist sichergestellt, dass die Stadt Wien die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft im Bauwesen entsprechend ihrer Zielvorgaben strukturiert, proaktiv und gemeinwohlorientiert gestalten kann.

¹⁵ Kromoser u. a., „Forschungsbericht zur explorativen Studie: Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Der europäische Green Deal verfolgt das Ziel, Europa zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen. Auf Basis der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen, soll der Green Deal die Umsetzung der gesetzten Ziele für nachhaltige Entwicklung in Europa vorantreiben und die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – Wirtschaft, Soziales und Umwelt – abdecken.

Ein Instrument, das auch zur Erreichung der Ziele beitragen soll, ist die EU-Taxonomie-Verordnung 2020/852¹⁶. Diese Verordnung ist ein im gesamten EU-Raum gültiges System zur Klassifizierung von nachhaltigen Wirtschaftsaktivitäten. Mit der EU-Taxonomie-Verordnung ist einheitlich festgelegt, was „eine ökologische Aktivität“ ist und welche Kriterien zur Überprüfung dafür herangezogen werden können. Im Grunddokument sind insgesamt sechs Umweltziele definiert, siehe Abbildung 3:

- Klimaschutz
- Anpassung an den Klimawandel
- Die nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen
- **Der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft**
- Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung
- Der Schutz und Wiederherstellung der Biodiversität und der Ökosysteme



Abbildung 3: Die 6 Umweltziele der Europäischen Union

Damit die Anforderungen gemäß EU-Taxonomie-Verordnung als erfüllt betrachtet werden, muss ein wesentlicher Beitrag in einem der genannten Ziele geleistet werden. Gleichzeitig gilt das Prinzip „nicht wesentlich schädigen“ (DNSH – do no significant harm) für die restlichen Umweltziele.

¹⁶ Europäisches Parlament und Europäischer Rat, Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088.

Im Weiteren wird ausschließlich auf das Ziel „Der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft“ und die diesbezüglich relevante delegierte Verordnung 2023/2486¹⁷ eingegangen. Die delegierte Verordnung 2023/248 der EU-Taxonomie-Verordnung beschreibt beispielsweise, dass ein*e Betreiber*in bereits in der Entwicklungs- und Herstellungsphase die langfristige Werterhaltung berücksichtigen oder in der Nutzungsphase Wartungen durchführen soll, um die Lebensdauer zu verlängern. Zudem ist vorzusehen, dass das Produkt nach seiner Verwendung für eine möglichst hochwertige Weiternutzung aufbereitet werden soll, entweder um Teile davon für die Herstellung eines anderen Produkts zu verwenden oder die Rohstoffe einem hochwertigen Recycling zuführen zu können. Bezugnehmend auf das große Abfallaufkommen im Bau- und Abbruchsektor verweist die delegierte Verordnung darauf, dass hier insbesondere durch wiederverwendete oder rezyklierte Materialien und Bauteile große Potenziale bestehen, den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft zu fördern. Im Anhang II der genannten Verordnung werden technische Bewertungskriterien für das Baugewerbe und Immobilien definiert, welche einen wesentlichen Beitrag zum Übergang zur Kreislaufwirtschaft beisteuern. Nachfolgend sind Wirtschaftstätigkeiten im Baugewerbe und ausgewählten zugehörigen technischen Bewertungskriterien gemäß delegierter Verordnung 2023/2486¹⁸ aufgelistet:

- Neubau
 - Alle anfallenden Bau- und Abbruchabfälle werden im Einklang mit dem Abfallrecht der EU behandelt.
 - Mindestens 90 Massen-% der auf der Baustelle anfallenden nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle werden für die Wiederverwendung oder das Recycling vorbereitet, mit Ausnahme der Verfüllung. Der Nachweis erfolgt über den Level(s)-Indikator 2.2 (Level 2)¹⁹.
 - Für jede Phase im Lebenszyklus wurde das Treibhausgaspotenzial des errichteten Gebäudes berechnet.
 - Es werden Bauentwürfe und -techniken berücksichtigt, welche die Anpassungsfähigkeit und den Rückbau gemäß den Level(s)-Indikatoren 2.3²⁰ bzw. 2.4²¹ (Level 2) unterstützen.
 - Der Einsatz von Primärrohstoffen wird minimiert. Die drei schwersten Materialkategorien (in kg Masse) dürfen einen maximalen Anteil an Primärrohstoffen nicht überschreiten. Zum Beispiel 70 % bei der Summe aus Beton, Naturwerkstein oder Agglomeratgestein. Andere Quoten können der delegierten Verordnung entnommen werden.
 - Es werden vom Betreiber elektronische Werkzeuge zur Beschreibung der Merkmale des Gebäudes verwendet. Diese geben Auskunft über die verwendeten Werkstoffe und Komponenten, insbesondere für Zwecke einer künftigen Wartung, Rückgewinnung und Wiederverwendung.
- Renovierung bestehender Gebäude
 - Mindestens 70 Massen-% der auf der Baustelle anfallenden nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle werden für die Wiederverwendung oder das Recycling vorbereitet, mit Ausnahme der Verfüllung. Der Nachweis erfolgt über den Level(s)-Indikator 2.2 (Level 2)²².

¹⁷ Europäische Kommission, DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/2486 DER KOMMISSION vom 27. Juni 2023.

¹⁸ Europäische Kommission.

¹⁹ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.2: Bau- und Abbruchabfälle und -materialien - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

²⁰ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

²¹ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.4: Entwurf für den Rückbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

²² Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.2: Bau- und Abbruchabfälle und -materialien - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

- Für jede Phase im Lebenszyklus ab Beginn der Renovierung wurde das Treibhausgaspotenzial des renovierten Gebäudes berechnet.
- Es werden Bauentwürfe und -techniken berücksichtigt, welche die Anpassungsfähigkeit und den Rückbau gemäß den Level(s)-Indikatoren 2.3²³ bzw. 2.4²⁴ (Level 2) unterstützen.
- Mindestens 50 % des ursprünglichen Gebäudes bleiben erhalten. Als Berechnungsgrundlage dient die Bruttofläche, wobei eine anwendbare nationale oder regionale Messmethode herangezogen werden kann.
- Der Einsatz von Primärrohstoffen wird minimiert. Die drei schwersten Materialkategorien (in kg Masse) dürfen einen maximalen Anteil an Primärrohstoffen nicht überschreiten. Zum Beispiel 85 % bei der Summe aus Beton, Naturwerkstein oder Agglomeratgestein. Andere Quoten können der delegierten Verordnung entnommen werden.
- Es werden vom Betreiber elektronische Werkzeuge zur Beschreibung der Merkmale des Gebäudes verwendet. Diese geben Auskunft über die verwendeten Werkstoffe und Komponenten, insbesondere für Zwecke einer künftigen Wartung, Rückgewinnung und Wiederverwendung.
- Verwendung von Beton im Tiefbau
 - Sekundärrohstoffe werden nicht über Distanzen befördert, welche mehr als das 2,5-Fache der Entfernung zwischen Baustelle und einer nächstgelegenen Produktionsstätte für gleichwertige Primärrohstoffe beträgt.

Der in der Verordnung²⁵ verwiesene Berichtsrahmen „Level(s) – Ein gemeinsamer EU-Rahmen von Kernindikatoren für die Nachhaltigkeit von Büro- und Wohngebäuden“²⁶ ist in der explorativen Studie von 2022²⁷ ausführlich beschrieben. Das System verfolgt insgesamt sechs Makroziele, wobei das Makroziel 2 – Ressourceneffiziente Stoffkreisläufe – die für das gegenständliche Projekt relevantesten Informationen enthält. Folgende Indikatoren dienen als Bewertungsgrundlage für das kreislauffähige Bauen gemäß Level(s):

- 2.1. Leistungsverzeichnisse, Materialien und Lebensdauern²⁸
- 2.2. Bau- und Abbruchabfälle und -materialien²⁹
- 2.3. Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau³⁰
- 2.4. Entwurf für Rückbau, Wiederverwendung und Recycling³¹

²³ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

²⁴ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.4: Entwurf für den Rückbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

²⁵ Europäische Kommission, DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/2486 DER KOMMISSION vom 27. Juni 2023.

²⁶ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s) – Benutzerhandbuch 1: Einführung in den gemeinsamen Level(s)-Rahmen (Version 1.1 der Veröffentlichung)“.

²⁷ Kromoser u. a., „Forschungsbericht zur explorativen Studie: Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“.

²⁸ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.1: Leistungsverzeichnisse, Materialien und Lebensdauern - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

²⁹ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.2: Bau- und Abbruchabfälle und -materialien - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

³⁰ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

³¹ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.4: Entwurf für den Rückbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

Ein weiterer für die Kreislaufwirtschaft relevanter Indikator ist in Makroziel 1 – Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen im Lebenszyklus eines Gebäudes – definiert. Der Indikator 1.2. Erderwärmungspotenzial (GWP) entlang des Lebenszyklus beschreibt ausführlich, wie das GWP ermittelt werden soll und welche Systemgrenzen zu berücksichtigen sind³². Der Indikator deckt sich mit dem in der EU-Taxonomie Verordnung definierten technischen Bewertungskriterium, dass für jede Phase im Lebenszyklus das GWP ermittelt werden muss³³.

Das System Level(s) bewertet Gebäude auf verschiedenen Ebenen (sogenannten Levels), in der Entwurfsplanung, der Detailplanungsphase bzw. Bauausführung und im gebauten Zustand bzw. Betrieb. Es wurde für Bürogebäude und Wohngebäude entwickelt und ermöglicht für viele Indikatoren eine Ermittlung von Punkten, es gibt jedoch keine An- oder Vorgaben einer zu erreichenden Punktzahl. Die Punktevergabe erfolgt dabei je nach Ebene (Level) auf unterschiedliche Weise. In der Entwurfsphase (Level 1) werden meist qualitative Fragen gestellt, welche offen beantwortet werden können. In den Phasen 2 und 3 (Level 2 und 3) gibt es qualitative und quantitative Abfragen, welche je nach Antwort eine Punktevergabe erlauben. Das System Level(s) ist eine wichtige Grundlage/Referenz für die Entwicklung des Zirkularitätsfaktors für Wien, insbesondere da die technischen Bewertungskriterien der delegierten Verordnung 2023/2486³⁴ der EU-Taxonomie oftmals direkt auf den Bewertungsrahmen verweisen. Eine direkte Übernahme der aktuellen Version des Systems Level(s) ist nach Meinung der Autor*innen jedoch nicht zielführend. Dies ist damit zu begründen, dass die Ansätze zur Beurteilung der Kreislauffähigkeit nach Level(s) zwar prinzipiell sinnvoll sind, aber noch detailliertere Informationen zur Ermittlung vieler Indikatoren erforderlich sind. Insbesondere mangelt es an Anleitungen und Beschreibungen, wie die Nachweise der einzelnen Indikatoren im Detail zu erfolgen haben. Es hat sich in der explorativen Studie³⁵ gezeigt, dass eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen der Indikatoren nach Level(s) nur schwer möglich ist, insbesondere wenn es sich um die Abfrage qualitativer Merkmale eines kreislauffähigen Gebäudes handelt. Beispielsweise müsste bei einem Indikator, welcher die Vorlage eines Konzeptes fordert, jedes Konzept einzeln geprüft werden, wobei die Überprüfung stets eine subjektive Einschätzung von einer oder mehrerer Personen darstellt.

Auf nationaler Ebene gibt es aktuell keine rechtlichen Rahmenbedingungen oder Vorgaben zur Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Die Erstellung der OIB-Richtlinie 7 ist jedoch ein erster wichtiger Schritt zur Schaffung eines entsprechenden Rahmens. Mit der Formulierung eines Grundlagendokuments³⁶, wurde ein Rahmenwerk geschaffen, welches die wesentlichen Aspekte, die in ähnlicher Art und Weise auch in der explorativen Studie³⁷ bereits definiert wurden, grob zusammenfasst. Mit einer Weiterentwicklung dieses Grundlagendokuments zur vollständig ausformulierten OIB-Richtlinie 7 soll eine Basis geschaffen werden, auf die sich die Landesbauordnungen oder andere für Österreich verbindliche Rechtsvorschriften stützen können.

³² Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 1.2: Erderwärmungspotenzial (GWP) entlang des Lebenszyklus - Benutzerhandbuch: Einleitende Information, Anleitungen, Leitlinien (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

³³ Europäische Kommission, DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/2486 DER KOMMISSION vom 27. Juni 2023.

³⁴ Europäische Kommission.

³⁵ Kromoser u. a., „Forschungsbericht zur explorativen Studie: Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“.

³⁶ Österreichisches Institut für Bautechnik, OIB Grundlagendokument zur Ausarbeitung einer OIB-Richtlinie 7 Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen.

³⁷ Kromoser u. a., „Forschungsbericht zur explorativen Studie: Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“.

3 Methodik

3.1 Zielsetzung

Die Stadt Wien hat die Universität für Bodenkultur Wien, vertreten durch das Institut für Hochbau, Holzbau und kreislaufgerechtes Bauen und das Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft, beauftragt ein Bewertungssystem für die Kreislauffähigkeit von Neubauten und Sanierungen zu entwickeln. Das System baut auf der „Explorativen Studie - Ein Zirkularitätsfaktor für Wien“³⁸ auf und berücksichtigt die daraus gewonnenen Erkenntnisse zu bereits vorhandenen Kreislaufkriterien für Neubauten und Sanierungen in bestehenden Gebäude- und Produktbewertungssystemen. Darüber hinaus wurden bei der Entwicklung des ZiFa 1.0 die technischen Bewertungskriterien aus der delegierten Verordnung der Europäischen Kommission³⁹, welche einen wesentlichen Beitrag zum Übergang zur Kreislaufwirtschaft im Baugewerbe beisteuern, mitberücksichtigt und es wurde Bezug auf den Berichtsrahmens Level(s)⁴⁰ genommen.

Die explorative Studie⁴¹ zeigt auf, dass einige Gebäude- und Produktbewertungssysteme bereits Abfragen zur Kreislauffähigkeit beinhalten. Der oben bereits erwähnte Berichtsrahmen Level(s)⁴², das System der DGNB bzw. ÖGNI in Form des Gebäuderessourcenpasses und des im Jahr 2023 veröffentlichten Indikators „TEC 1.6 Zirkuläres Bauen“⁴³ oder Madaster⁴⁴ werden hier als Beispiele genannt. Während das System Level(s) kostenfrei von der öffentlichen Hand (Europäische Union) zur Verfügung gestellt wird, gibt es bei anderen Bewertungssystemen, die von privatwirtschaftlich geführten Unternehmen oder Vereinen entwickelt wurden und betreut bzw. weiterentwickelt werden, aufwendige und meist kostspielige Auditor*innen- und Bewertungsprozesse. Da bei Anwendung dieser Systeme eine direkte Abhängigkeit von der Privatwirtschaft entsteht bzw. entstehen kann, wird seitens der Autor*innen keine Anwendung durch eine*n öffentliche*n Auftraggeber*in empfohlen. Die Anwendung des Berichtsrahmens Level(s) wiederum, kann jederzeit vorgeschrieben werden, da dieser öffentlich zugänglich ist. Eine Einschränkung stellt aktuell nur die unklare Situation zur zukünftigen Entwicklung und Wartung des Systems dar, weshalb ein unabhängiges eigenes System für die Stadt Wien als sinnvoll erachtet wird. Zudem wurde im Zuge der ZiFa 1.0-Entwicklung auf eine möglichst gesamtheitliche Betrachtung der Thematik und dennoch einfache praktische Anwendbarkeit geachtet.

Ein wesentliches Ziel des Forschungs- und Entwicklungsprojektes war es folglich, ein unabhängiges System zu entwickeln. Dadurch kann jede*r ein Bauprojekt auf seine Qualitäten hinsichtlich Kreislauffähigkeit bewerten und gegebenenfalls vergleichen und verbessern. Die Studie und die daraus entwickelten kumulierten Indikatoren können auch als Grundlage für die Implementierung erster Kreislaufaspekte in der Projektentwicklung, -planung und -ausführung herangezogen werden. Es wurden ausgewählte Bewertungsansätze, die in den oben erwähnten Systemen verankert sind bzw. in der Vorstudie ermittelten Parameter⁴⁵, als Basis für die Entwicklung des ZiFa 1.0 verwendet.

³⁸ Kromoser u. a.

³⁹ Europäische Kommission, DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/2486 DER KOMMISSION vom 27. Juni 2023.

⁴⁰ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s) – Benutzerhandbuch 1: Einführung in den gemeinsamen Level(s)-Rahmen (Version 1.1 der Veröffentlichung)“.

⁴¹ Kromoser u. a., „Forschungsbericht zur explorativen Studie: Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“.

⁴² Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s) – Benutzerhandbuch 1: Einführung in den gemeinsamen Level(s)-Rahmen (Version 1.1 der Veröffentlichung)“.

⁴³ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

⁴⁴ Madaster Germany GmbH, „Madaster Zirkularitätsindikator“.

⁴⁵ Kromoser u. a., „Forschungsbericht zur explorativen Studie: Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“.

3.2 Beteiligte und Workshops

Das Prozessdesign zur Entwicklung des Bewertungssystems ZiFa 1.0 sah eine intensive Beteiligung verschiedener magistratischer Abteilungen und Wiener Unternehmen und Unternehmungen vor. Die am Projekt beteiligten Personen sind ebenso in das Programm „DoTank Circular City Wien 2020-2030“ (insbesondere in den Phasen 4 „Operative Grundlagenermittlung und Skalierung“ sowie Phase 5 „Regulative, Förderwesen, Ausschreibung & Vergabe“) eingebunden. Im Zuge der Entwicklung waren somit die für das Thema relevanten Stakeholder seitens der Stadt Wien involviert. Im Zuge von mehreren Workshops (siehe unten) wurde die Thematik aktiv diskutiert und kooperativ weiterentwickelt. Konkret wurden in Rahmen von Workshops und/oder der Möglichkeit für Feedback insbesondere folgende Abteilungen/Personen seitens der Stadt Wien eingebunden:

Magistratsdirektion – Geschäftsbereich Bauten und Technik – Stabsstelle Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit im Bauwesen (MD-BD SRN):

Bernadette Luger, Stefanie Roithmayr, Georg Hofmann, Klaus Kodydek, Thomas Zitterl

Magistratsdirektion – Geschäftsbereich Bauten und Technik – Services Managementsysteme und IKT (MD-BD SMI):

Claudia Schrenk

Magistratsdirektion – Geschäftsbereich Bauten und Technik – Kompetenzzentrum soziale und kulturelle Infrastruktur, Nachhaltigkeit im Hochbau:

Herwig Kroat

MA 19 – Architektur und Stadtgestaltung:

Claudia Prinz-Brandenburg

MA 22 – Umweltschutz:

Martin Scheibengraf

MA 25 – Technische Stadterneuerung:

Martin Groyss, Felix Groth

MA 34 – Bau- und Gebäudemanagement:

Robert Friedbacher

MA 39 – Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle:

Dieter Werner, Sabine Bonfert

MA 49 – Bereichsleitung für Klimaangelegenheiten:

Philipp Preuner

MA 50 – Wohnbauförderung und Schlichtungsstelle für wohnrechtliche Angelegenheiten:

Kurt Hofstetter, Amila Sirbegovic

MA 56 – Schulen:

Rainer Loos

Wohnfonds Wien:

Elisabeth Kölbl, Tabea Siroky, Silvia Hofer

Wiener Wohnen:

Georg Knirsch

Unabhängig dessen wurde das System ergänzend an eine unabhängige, externe Fachpersönlichkeit gesendet und das Feedback ebenfalls miteingearbeitet.

Die Entwicklungsarbeit wurde im Jahr 2023 an der Universität für Bodenkultur in Kooperation der beiden Institute für Hochbau, Holzbau und kreislaufgerechtes Bauen (IHB) und für Abfall- und Kreislaufwirtschaft (ABF) durchgeführt. Dies erfolgte insbesondere in enger Abstimmung mit der Abteilung Wohnbauförderung und Schlichtungsstelle für wohnrechtliche Angelegenheiten (MA 50) sowie der Stadtbaudirektion, Stabsstelle Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit im Bauwesen (MD-BD SRN).

Der kooperative Wissensaustausch erfolgte unter anderem in Workshops bzw. Präsentationsterminen, welche nachfolgend aufgelistet sind:

- Kick-Off, am 03.05.2023 (BOKU Wien; MD-BD (SRN); MA 19; MA 25; MA 34; MA 39; MA 50; MA 56; Wohnfonds Wien; Bereichsleitung für Klimaangelegenheiten)
- Festlegung der Projekte für Beta-Testphase, am 27.06.2023 (BOKU Wien; MD-BD (SRN); MA 22; MA 25; MA 34; MA 39; MA 50; MA 56; Wohnfonds Wien; Wiener Wohnen)

- 1. Präsentation Zwischenergebnisse, am 18.07.2023 (BOKU Wien; MD-BD (SRN); MA 22; MA 25; MA34; MA 39; MA 50; MA 56; Wiener Wohnen; Wohnfonds Wien; Bereichsleitung für Klimaangelegenheiten)
- 2. Präsentation Zwischenergebnisse, am 29.08.2023 (BOKU Wien; MD-BD (SRN); MA 22; MA 25; MA34; MA 39; MA 50; MA 56; Wiener Wohnen; Wohnfonds Wien; Bereichsleitung Klima)
- Endpräsentation am 29.11.2023 (BOKU Wien; MD-BD (SRN); MA19; MA 22; MA 25; MA 34; MA 39; MA 50; MA 56; Wohnfonds Wien; Wiener Wohnen; Bereichsleitung für Klimaangelegenheiten)

Dieser partizipative Prozess ermöglichte eine eingehende Reflektion und Rückmeldung aus der praktischen Perspektive der Expert*innen der Stadt Wien. Auf diese Weise konnten Synergieeffekte auf verschiedenen Ebenen entstehen: Die Forschung lieferte ein praxisrelevantes Werkzeug zur Darstellung des Kreislaufpotenzials, während die Mitarbeiter*innen der Stadt Wien proaktiv und gestaltend am Diskurs über die Kreislaufwirtschaft teilnehmen konnten.

3.3 Vorgehensweise

Die Entwicklung des Systems kann in fünf Phasen gegliedert werden, siehe Abbildung 4. Eine detaillierte Beschreibung der Tätigkeiten aller Phasen ist nachfolgend ersichtlich.

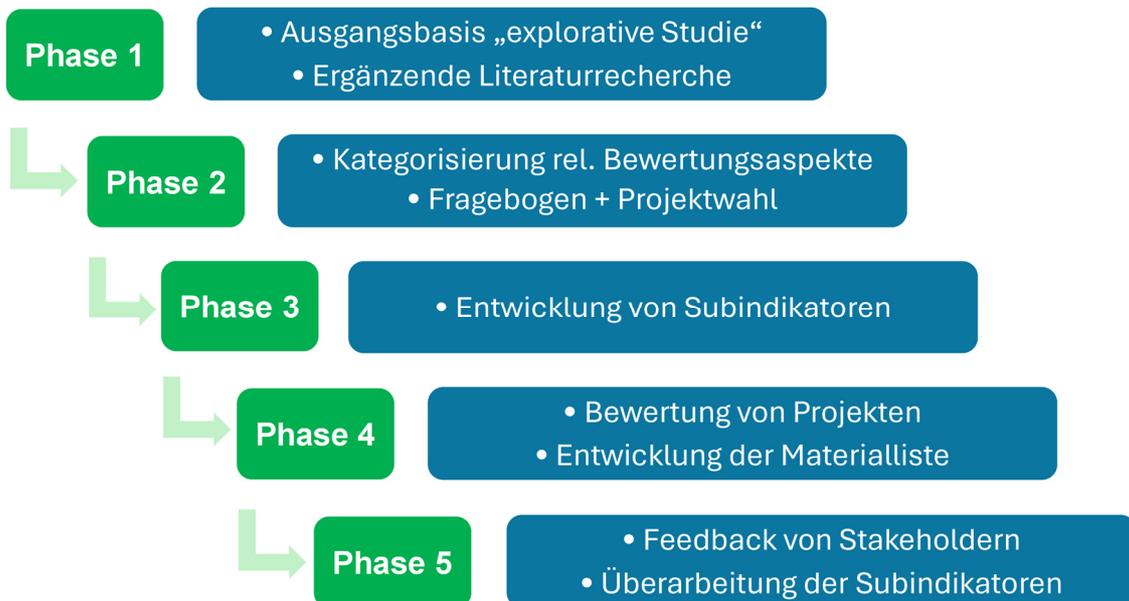


Abbildung 4: Phasen der Entwicklung des ZiFa 1.0 Wien 2023.

3.3.1 Phase 1: Ausgangsbasis „explorative Studie“ und ergänzende Literaturrecherche

Die „Explorative Studie – Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“ war die Ausgangsbasis für die Phase 1 und die Definition und Entwicklung von konkreten (kumulierten) Indikatoren und Subindikatoren. Ergänzend wurde eine Literaturrecherche zu Neuerungen in bestehenden Bewertungssystemen durchgeführt. Da die Definition und Bewertung der Kreislauffähigkeit aktuell vielerorts in zentralem Fokus stehen, entwickelt sich das Feld sehr dynamisch weiter und es werden in geringen Abständen neue Ansätze veröffentlicht. Der bereits erwähnte Gebäuderessourcenpass und neue Kriterienkatalog der DGNB⁴⁶ bzw. die technischen Bewertungskriterien für das Ziel „Der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft“ und die diesbezüglich relevante delegierte Verordnung 2023/2486⁴⁷ sind Beispiele der aktuellen Entwicklungen.

⁴⁶ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

⁴⁷ Europäische Kommission, DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/2486 DER KOMMISSION vom 27. Juni 2023.

3.3.2 Phase 2: Kategorisierung relevanter Bewertungsaspekte und Erstellung eines Fragebogens samt Projektauswahl

Basierend auf den in Phase 1 gesammelten Erkenntnissen wurde eine Definition und Kategorisierung der relevanten Bewertungsaspekte zur Kreislauffähigkeit durchgeführt. Die Kategorien sind dabei die bereits in der Vorstudie definierten (kumulierten) Indikatoren. Als einer der zentralsten Punkte stellte sich die notwendige Datengrundlage für die Bewertung heraus. Deshalb wurde ein Fragebogen erstellt, der es den Auftragnehmer*innen der BOKU Wien ermöglichte, einen Überblick über die verfügbare Datengrundlage zu bereits geplanten/gebauten Projekten als Basis für die Systementwicklung zu bekommen. Dieser Fragebogen wurde an alle am Projekt beteiligten Stakeholder*innen übermittelt, mit der Bitte den Inhalt zu kommentieren. Der Fokus des Feedbacks sollte darauf liegen, ob die abgefragten Informationen bei aktuellen Projekten verfügbar bzw. in welchem Ausmaß und welcher Qualität diese vorhanden sind. Das erhaltene Feedback lieferte einen klaren Überblick über die bei aktuellen Projekten verfügbaren Informationen sowohl in Umfang, Form und Detaillierung. Folgende Rückmeldungen zum Fragebogen können zusammenfassend genannt werden:

- **Gebäude-, Projektbeschreibung:**
 - Angaben zu Standort, Baujahr, Fertigstellung, Gebäudetyp, Gebäudeform, Bauweise, etc. sind prinzipiell einfach zu beantworten und werden heutzutage bereits standardmäßig dokumentiert.
 - Die Frage der vorgesehenen bzw. Restnutzungsdauer ist nicht trivial und hängt von zahlreichen Faktoren ab, welche zum Zeitpunkt der Planung oder Ausführung schwer abschätzbar sind.
 - Informationen über die Masse eines Gebäudes sind je nach Art der Planung (2D, 3D, BIM) und der Projektphase in unterschiedlicher Genauigkeit und Ausmaß vorhanden.
 - Abfragen zur Gebäudekategorie und Gebäudeflächen sind standardmäßig vorhanden.
- **VM – Verbaute Materialien:**
 - Die Angabe von Massen für die verwendeten Materialien und Materialgruppen ist prinzipiell möglich, jedoch stark von der Art der Planung (2D, 3D, BIM) und dem Projekt- bzw. (Planungs-)stand abhängig.
 - Die Kategorisierung verschiedener Materialien und Materialgruppen in Gebäudeschichten erfordert eine Spezifikation ebendieser.
 - Abfragen zu Herkunft von Materialien (Primärrohstoffe, erneuerbare Materialien, wiederverwendete Bauteile) sind aktuell nicht vorhanden. Die Beantwortung wird als sehr aufwändig eingeschätzt.
 - Die Verbindungen von unterschiedlichen Bauteilen und von Materialien bzw. Materialien in Bauprodukten sind nur sehr bedingt dokumentiert.
- **Ökobilanzierung:**
 - Ist aufbauend auf den Daten hinsichtlich der verbauten Materialien möglich. Es ist jedoch eine genaue Definition des Umfangs erforderlich. Welche Gebäudeteile sollen bewertet werden, welche Werkstoffe oder Lebenszyklusphasen sind zu berücksichtigen, etc.
- **NI – Nutzungsintensität:**
 - Die Abfragen zu Belegungsdichte, Flächeneffizienz oder Flächenbedarf je Nutzungseinheit können beantwortet werden, teilweise handelt es sich jedoch um Abschätzungen.
 - Bei der Nutzungszeit wäre eine detaillierte Definition erforderlich. Für Wohnungen in Wohngebäuden ist diese mit 100 % anzunehmen, da eine anderweitige Nutzung nicht möglich ist bzw. die tatsächliche Nutzungszeit nicht bestimmbar ist.
 - Bei der Frage, ob ein Flächennutzungskonzept vorliegt, ist eine genaue Angabe notwendig, wie ein solches aufgebaut sein muss und welche Inhalte enthalten sein müssen. Ansonsten ist eine Vergleichbarkeit verschiedener allgemein beschriebener Konzepte schwierig.

- **FL – Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung:**
 - Die Fragen zu Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung wurden wenig bis gar nicht kommentiert. Daraus wird eine schwierige Datenverfügbarkeit geschlussfolgert bzw. der aktuell fehlende Fokus auf einer Dokumentation diesbezüglich. Wenn ein Projekt unabhängig von den jeweiligen Planer*innen von Dritten beurteilen werden möchte, müssen die notwendigen Informationen manuell auf Basis von vorhandenen Architekturplänen evaluiert werden. Um die Abfrage der notwendigen Informationen verständlicher zu machen, ist eine detaillierte Beschreibung erforderlich, was diesen Indikator ausmacht und in welcher Form ein Nachweis zu erbringen ist, bspw. für die Ermittlung der mittleren Spannweite zwischen vertikalen tragenden Strukturen.
- **LA - Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit:**
 - Das Feedback zu den Fragen Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit hat gezeigt, dass eine genauere Definition der Abfragen notwendig ist. Eine Bestimmung auf Basis von Projektbeschreibungen wäre aber möglich.
- **RR – Rückbau und Reuse:**
 - Zum Thema Rückbau und Reuse gab es nur wenige Rückmeldungen. Dies zeigt eine geringe Datenverfügbarkeit bzw. wenig Wissen zur Thematik bei den beteiligten Personen. Es sind oftmals nur qualitative Aussagen möglich. Für eine Abfrage der Informationen zu Rückbau und Wiederverwendbarkeit sind genaue Beschreibungen der geforderten Inhalte erforderlich.
- **RE – Recycling:**
 - Hier gelten die gleichen Aussagen wie bei Rückbau und Reuse.
- **EN – Entsorgung und sonstige Verwertung:**
 - Hier gelten die gleichen Aussagen wie bei Rückbau und Reuse.

Ein wesentlicher Schritt in Phase 2 war die Auswahl von realen (bereits geplanten bzw. gebauten) Projekten, welche im Zuge der Systementwicklung als erste Versuchsobjekte herangezogen wurden. Das Ziel der Projektbewertung war es, die entwickelten Subindikatoren auf Praktikabilität und Anwendbarkeit zu testen und somit die Entwicklung zu unterstützen. Nicht-Ziel war es, die Kreislauffähigkeit der Projekte selbst zu bewerten bzw. diese zu vergleichen. Da die Bewertung Teil des Entwicklungsprozesses war, stellen auch die erhaltenen Ergebnisse lediglich einen Arbeitsstand dar. Basierend auf den Erkenntnissen wurden Subindikatoren nochmals geschärft, ergänzt bzw. teilweise auch vereinfacht. Um eine konkrete Aussage zur Kreislauffähigkeit der Projekte treffen zu können, müsste man diese nun mit dem vollständigen Erstentwurf des ZiFa 1.0 nochmals bewerten.

Die Auswahl der Projekte erfolgte in einem partizipativen Prozess, bei dem alle beteiligten Stakeholder der Stadt Wien involviert waren. Als Projekte wurden eine in Ausführung befindliche Bildungseinrichtung und zwei Wohngebäude, ein Neubau und eine Sanierung, gewählt.

Um die Datenbasis und den vorhandenen Informationsstand abzufragen, wurde der oben genannte Fragebogen weiterentwickelt und eine Materialliste erstellt, welche von den Projektplaner*innen bzw. den Ansprechpersonen der jeweiligen Stakeholder*innen zu befüllen waren. Ein ausdrücklicher Dank sei hier den Planer*innen der mitwirkenden Architekturbüros und den Stakeholdern ausgesprochen. Die übermittelten Informationen und der Austausch waren wesentlich für die Entwicklung des Systems.

3.3.3 Phase 3: Entwicklung von Subindikatoren

Basierend auf der in Phase 1 erfolgten Kategorisierung und unter Berücksichtigung der in Phase 2 übermittelten Projektdaten wurden Subindikatoren für die jeweiligen kumulierten Indikatoren entwickelt bzw. weiterentwickelt. Hierbei lag der Fokus auf einer gesamtheitlichen, aber dennoch gut nachvollziehbaren Struktur.

In Phase 3 wurde entschieden, die im Vorfeld definierte notwendige Dokumentation der „verbauten Materialien“, in Form eines Indikators zu bewerten und nicht lediglich als Basis für die Auswertung der Indikatoren „Rückbau und Reuse“, „Recycling“ und „Entsorgung und sonstige Verwertung“ zu betrachten.

Die Ökobilanzierung, eine nach EN14040, EN14044 bzw. EN15804 klar definierte Methode, stellt eine wesentliche Grundlage dar, um die Umweltauswirkungen von unterschiedlichen Baumaßnahmen objektiv beurteilen zu können. Im Zuge der konkreten Entwicklung wurde kritisch diskutiert, ob es im ZiFa 1.0 diesbezüglich Vorgaben geben soll oder ob die Ökobilanz, auch aufgrund der noch nicht vollständig vereinheitlichten Datenbasis und notwendigen Definition des Betrachtungsrahmens, selbst ausgeklammert wird. Die Autor*innen sind zu dem Schluss gekommen, dass es sich dabei um eine der zentralsten Methoden handelt, um Baumaßnahmen hinsichtlich des Umwelteinflusses zukünftig beurteilen zu können. Es wird daher eine klare Empfehlung für die Durchführung einer Ökobilanz im Zuge einer ZiFa 1.0 Beurteilung gegeben. Näheres dazu wird in Kapitel 3 erläutert.

Ein Auszug der wesentlichsten Aspekte und Themen, welche gemäß den Recherchen aus Phase 1 bis 3 für die Bewertung der jeweiligen kumulierten Indikatoren relevant sind, sind nachfolgend aufgelistet. Es wird jeweils zuerst das Thema selbst kurz beschrieben und dann in weiterer Folge auch das damit in Verbindung stehende Ziel:

VM - Verbaute Materialien

- Thema: Die eingesetzten Materialmassen sind klar und strukturiert aufgelistet und es ist ersichtlich, ob es sich um Primär- oder Sekundärmaterialien handelt
 - Ziel: Reduktion des Primärrohstoffverbrauchs
- Thema: Die eingesetzten Bauteile und Bauteilschichten sind klar und strukturiert aufgelistet und es ist ersichtlich, ob die einzelnen Bauteile oder Bauteilschichten fest und untrennbar oder lose und trennbar miteinander verbunden sind
 - Ziel: Aussage zur Rückbaubarkeit von Gebäudeelementen und auch Basis für die Einschätzung der Wiederverwendbarkeit und Rezyklierbarkeit der verbauten Bauteile und Materialien
- Thema: Vor Ort bereits vorhandene Materialien/Bauwerke werden wieder- bzw. weiterverwendet
 - Ziel: Reduktion von Transportwegen, wenn die Materialien möglichst lokal wieder Einsatz finden und Reduktion von Primärrohstoffen, die für die Baumaßnahme erforderlich sind

NI – Nutzungsintensität

- Thema: Vorhandene Flächen werden effizient genutzt
 - Ziel: Geringer Flächen- und Rohstoff- und Energieverbrauch
- Thema: Flächen für multifunktionale Nutzung sind vorhanden und können durch geeignete Maßnahmen auch vielseitig und von vielen verwendet werden
 - Ziel: Geringer Flächen- und Rohstoff- und Energieverbrauch

FL – Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung

- Thema: Große Abstände zwischen tragenden Strukturen erlauben eine flexiblere Gestaltung von Grundrissen
 - Ziel: Eine spätere Änderung der Nutzung bzw. andere Nutzerbedürfnisse können leichter umgesetzt werden
- Thema: Nichttragende Innenwände erlauben eine erhöhte Flexibilität und erleichtern eine Umnutzung als dies bei tragenden Innenwänden der Fall wäre.
 - Ziel: Verlängerung der Nutzungsdauer
- Thema: Eine rasterförmige Fassadengestaltung
 - Ziel: Eine erhöhte Flexibilität der inneren Grundrissgestaltung
- Thema: Optimale Geschosshöhe – großer Abstand zwischen Rohdeckenoberkante und -unterkante
 - Ziel: Einfache Veränderungen der Haustechnik etc.; eine etwaige Umnutzung soll dadurch erleichtert werden

LA - Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit

- Thema: Zugänglichkeit relevanter Strukturen und Elemente
 - Ziel: Die Elemente sind derart gestaltet, dass diese leicht tauschbar und Reparaturen leicht durchführbar sind; Gesamtziel Verlängerung der Lebensdauer des Gebäudes
- Thema: Dokumentation relevanter Strukturen und Elemente
 - Ziel: Die Dokumentation gibt detaillierte Auskünfte über Lage, Zugänglichkeit, Reparaturintervalle, um die Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit zu verbessern und die Lebensdauer des Gebäudes zu erhöhen.

RR – Rückbau und Reuse

- Thema: Gebäudeelemente und Bauteilschichten bzw. Materialien sind leicht und zerstörungsfrei trennbar
 - Ziel: Förderung eines einfachen späteren Rückbaus sowie, in weiterer Folge, die Wiederverwendbarkeit
- Thema: Die Art der Verbindung
 - Ziel: Eine Lösbarkeit und Rückbaubarkeit wird erleichtert sowie, in weiterer Folge, die Wiederverwendbarkeit
- Thema: Informationen zu möglichen Demontageprozessen sind vorhanden und dauerhaft verfügbar
 - Ziel: Eine spätere Demontage und Rückbaubarkeit wird erleichtert sowie, in weiterer Folge, die Wiederverwendbarkeit
- Standardisierte Abmessungen verwendeter Teile (Modulare Gebäudeelemente)
 - Ziel: Erhöhung einer möglichen Wiederverwendbarkeit

RE – Recycling

- Thema: Information zur Rezyklierbarkeit von neu verbauten Materialien und Aushubmaterialien. Schwierige Datenverfügbarkeit - Informationen zur Rezyklierbarkeit können nur für Österreich abgeschätzt werden.
 - Ziel: Reduktion des Primärrohstoffverbrauchs
 - Ziel: Erhöhung der Recyclingquoten

EN – Entsorgung

- Thema: Information zur Entsorgung (Deponie, thermische Behandlung) von neu verbauten Materialien und Aushubmaterialien. Schwierige Datenverfügbarkeit - Informationen können nur für Österreich abgeschätzt werden.
 - Ziel: Reduktion der deponierten und thermisch behandelten Materialien

3.3.4 Phase 4: Projektbewertung und Entwicklung der Materialliste

In Phase 4 wurde das entwickelte System anhand der in Phase 2 gewählten Projekte getestet. Ein wesentlicher Schritt in dieser Phase war die Entwicklung einer Excel-basierten Liste, um die verbauten Materialien im Gebäude abzubilden. Zu dieser Projektphase wurden in der genannten Liste zwei Arbeitsblätter angelegt. Ein Arbeitsblatt, um die benötigten Materialien bei Erstellung eines Bauwerks zu erfassen und das zweite, um die potenzielle weitere Nutzung von Gebäuden, Bauteilen oder Materialien am Ende des Lebenszyklus abzubilden. Diese beiden Listen stellen die Grundlage für die Indikatoren „VM Verbaute Materialien“, „RR Rückbau und Reuse“, „RE Recycling“ und „EN Entsorgung“ dar. Nähere Informationen zur Erfassung von Bauteilen und Materialien sind im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

Die Testanwendung der entwickelten Indikatoren zeigte, dass manche Subindikatoren mit der übermittelten Datengrundlage nicht oder nicht mit entsprechender Qualität beurteilt werden konnten oder dass die Beurteilung im Zuge einer Praxisanwendung zu aufwändig oder komplex waren. Die betreffenden Subindikatoren wurden basierend darauf entfernt bzw. abgeändert.

3.3.5 Phase 5: Feedbackschleife mit Stakeholder*innen und Überarbeitung der Subindikatoren

Ein wesentlicher Aspekt des Forschungsprojekts war der partizipative Austausch mit allen beteiligten Stakeholder*innen der Stadt Wien. Im Zuge der Phase 5, wurde deshalb das bis Phase 4 entwickelte Bewertungssystem mit den Indikatoren und Subindikatoren an alle Stakeholder übermittelt, um nochmals ein detailliertes Feedback einzuholen. Zudem wurde das System an eine externe Fachpersonlichkeit für einen unabhängigen Review gesendet.

Das erhaltene Feedback wurde gesammelt, kategorisiert und eingearbeitet. Es ist an dieser Stelle besonders hervorzuheben, dass positiverweise von den beteiligten Stakeholder*innen der Stadt Wien sowie auch im Zuge des Expertinnenreviews viel Zeit in ein konstruktives und umfassendes Feedback investiert wurde, das aktiv zu einer Verbesserung des Systems beigetragen hat.

Auf Basis des Feedbacks wurde vor allem der Umfang der Subindikatoren von 59 auf 30 reduziert und das System abermals geschärft, siehe hierzu Abbildung 5.

	Indikatoren	Subindikatoren	
		vor	nach
Abfallhierarchie	(1) verbaute Materialien	ME.1-4	VM.1-5
	(2) Ökobilanzierung	-	OB
Abfallvermeidung	(3) Nutzungsintensität	NI.1-5	NI.1-3
	(4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung	FL.1-16	FL.1-7
Vorbereitung zur Wiederverwendung	(5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit	LA.1-22	LA.1-4
Recycling	(6) Rückbau und Reuse	RR.1-12	RR.1-5
Sonstige Verwertung	(7) Recycling		RE.1-2
Beseitigung	(8) Entsorgung		EN.1-4
	Summe	n=59	n=30

Abbildung 5: Optimierung/Reduktion der Subindikatoren in Phase 5

Die vorliegende Publikation dient als Kommunikationshilfe, um Orientierung in dem komplexen Themenfeld „kreislaufgerechtes Bauen“ zu geben und das im Jahr 2023 entwickelte Bewertungssystem zur Ermittlung der Kreislaufpotenziale von Bauvorhaben (ZiFa 1.0) zu kommunizieren und somit anwendbar und in einem weiteren Schritt optimierbar zu machen. Dafür beinhaltet der **Orientierungsleitfaden ZiFa 1.0** neben den Informationen zum Hintergrund, zu den rechtlichen Rahmenbedingungen sowie zur Methodik der Entwicklung des Kriterien-Sets insbesondere eine detaillierte und dennoch übersichtliche Beschreibung der Indikatoren und Subindikatoren.

4 ZiFa 1.0 – System zur Bewertung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden in Neubau und Sanierung

Das entwickelte Bewertungssystem „Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“ (kurz: ZiFa 1.0) hat zum Hauptziel, die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft im Gebäudesektor zu fördern. Verglichen mit anderen Systemen liegt der gesamte Lebenszyklus von Gebäuden im Fokus anstatt auf einzelne Teilaspekte zu fokussieren. Die Strukturierung der Indikatoren ist, wie bereits erwähnt, an die EU-Abfallhierarchie angelehnt, siehe Abbildung 6. Oberstes Ziel ist die Minimierung des Umwelteinflusses und damit direkt in Verbindung stehend der Aufwand für Bautätigkeiten. Die in der umgekehrten Pyramide ersten fünf (kumulierten) Indikatoren (Abbildung 6) (1) verbaute Materialien, (3) Nutzungsintensität, (4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung, sowie (5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit widmen sich daher einer möglichen Verlängerung der Lebensdauer eines Gebäudes durch intelligente Planungsmaßnahmen. Hier sehen die Autor*innen den größten Hebel für die Implementierung einer Kreislaufwirtschaft mit vergleichsweise geringem Aufwand.

Geht man in der umgekehrten Pyramide, entlang derer die (kumulierten) Indikatoren angeordnet sind (Abbildung 6), weiter nach unten, so steigt der Aufwand für die Maßnahmen, da damit umfassendere Bautätigkeiten verbunden sind. Der kumulierte Indikator (6) Rückbau und Reuse adressiert Maßnahmen, die einen späteren Rückbau eines Gebäudes bzw. von Gebäudeteilen erleichtern und eine möglichst hochwertige Wiederverwendung, optimalerweise auf Bauteilebene fördern sollen.

Ist der Rückbau und Reuse nicht (mehr) möglich, so stellt das (7) Recycling auf Baustoffebene die nächste Option dar. Es muss jedoch festgehalten werden, dass damit in der Regel mit den aktuellen Technologien bereits ein vergleichsweise großer Energieaufwand verbunden ist, da die Bauteile zerkleinert und dann zu neuen Baustoffen verarbeitet werden müssen. Betrachtet man beispielsweise Beton, so müssen die Bauteile gebrochen werden, womit ein deutlich höherer Aufwand verbunden ist als wenn ein gesamter Bauteil wiederverwendet wird. Das Material kann dann zwar positiverweise bei der Herstellung eines neuen Betons als Zuschlagsstoff verwendet werden, jedoch der ökologische Haupteinflussfaktor Zement wird bei der Herstellung von neuen Bauteilen wieder benötigt.

Die (8) Entsorgung und sonstige Verwertung stellt am unteren Ende der umgekehrten Pyramide das Nicht-Ziel dar. Mittel- und langfristig sollte dieser Wert auf ein absolutes Minimum reduziert werden und nur gefährliche Abfälle (z.B. Asbestzement) entsorgt werden.

Die wesentlichen Ziele der jeweiligen kumulierten Indikatoren sind nachfolgend zusammengefasst und werden im weiteren Bericht bei den entsprechenden Subindikatoren detailliert beschrieben:

- (1) Verbaute Materialien: Dokumentation der in einem Gebäude verbauten Materialien und Darstellung, ob es sich bei den eingesetzten Baustoffen um Primärrohstoffe oder Sekundärrohstoffe aus Wiederverwendung oder Recycling handelt. Ziel ist eine Erhöhung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen. Außerdem soll durch den Erhalt bestehender Bausubstanzen und die Wiederverwendung von Bodenaushubmaterial eine Wiederverwendung von Rohstoffen erhöht und Transportwege reduziert werden.
- (2) Ökobilanzierung: Mittels Ökobilanz kann, die mit der Kreislaufführung in Verbindung stehende Umweltbelastung von unterschiedlichen Baumaßnahmen quantifiziert werden. Beim ZiFa 1.0 handelt es sich dabei aufgrund noch fehlender Erfahrung hinsichtlich möglicher Grenzwerte und einer teils noch unvollständigen bzw. teils unterschiedlichen verfügbaren Datenbasis um noch keinen vollständigen Indikator. Die Durchführung einer Ökobilanzierung, vereinfacht für die Lebenszyklusphasen Herstellung (A1-A3) und Entsorgung (C3-C4) sowie vorerst nur für den Wirkungsindikator Erderwärmungspotential (GWP), ist im Zuge einer ZiFa 1.0-Bewertung jedoch verpflichtend.
- (3) Nutzungsintensität: Eine hohe Intensität in der Nutzung steigert indirekt die Kreislauffähigkeit von Gebäuden. Durch eine hohe Belegungsdichte, eine effiziente Nutzung von Gebäudeflächen oder die Planung von multifunktionalen Flächen kann die Nutzungsintensität gesteigert werden mit dem Ziel den Rohstoff- und Energieeinsatz direkt zu reduzieren.

- (4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung: Eine flexible Gestaltung von Gebäuden erleichtert eine spätere Veränderung aufgrund wechselnder Bedürfnisse der Nutzer*innen. Das Ziel des kumulierten Indikators ist eine leichte Änderbarkeit von Grundrissen durch große Abstände zwischen tragenden Strukturen, Einsatz nichttragender bzw. mobiler Trennwände und anderen Maßnahmen.
- (5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit, Reparaturfähigkeit: Langlebige Produkte und Gebäudeelemente steigern die Wahrscheinlichkeit einer längeren Nutzungsdauer, insbesondere wenn die Elemente derart verbaut sind, dass eine einfache Demontage und spätere Wiederverwendung möglich sind. Für die Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit ist wichtig, dass die entsprechenden Bauteile einfach zugänglich und demontierbar sind. Eine Dokumentation der Bauteilart, die Bereitstellung von Montage- bzw. Demontageanleitungen, sowie von deren Lage, sind hier ebenfalls relevant. Dieser kumulierte Indikator zielt unter anderem auf die Bewertung der Langlebigkeit von haustechnischen Anlagen ab und soll eine Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit ebendieser erhöhen.
- (6) Rückbau und Reuse: Der kumulierte Indikator Rückbau und Reuse kommt am Ende der Objektnutzungsdauer zum Tragen, da dieser beurteilt, ob die verwendeten Bauteile und Materialien so verbaut sind, dass ein Rückbau einerseits und in weiterer Folge die Wiederverwendung andererseits möglich sind. Der kumulierte Indikator beurteilt weiters, ob es sich um standardisierte (modulare) Bauteile handelt, mit dem Ziel eine Wiederverwendung zu erleichtern. Weiters wird die Qualität der Dokumentationen beurteilt, um einen Rückbau zu erleichtern. Das Ziel des kumulierten Indikators Rückbau und Reuse ist die Wiederverwendung von Bauteilen zu vereinfachen bzw. wenn das nicht möglich ist ein möglichst einfaches Recycling zu gewährleisten.
- (7) Recycling: Der Indikator Recycling beurteilt die Recyclingfähigkeit der neu verbauten Materialien und der anfallenden Abbruchmaterialien. Ziel ist es, dass nur jene Materialien und Bauteile eingesetzt werden, die nach aktuellem Stand der Technik einem Recycling zugeführt werden. Weiters sollen Abbruchtätigkeiten so geplant werden, dass eine getrennte Erfassung von Baurestmassen und damit ein Recycling möglich ist. Durch Recycling lassen sich große Mengen an Primärrohstoffen substituieren und leisten somit einen wichtigen Beitrag zur Schonung von Ressourcen - wobei räumliche und zeitliche Aspekte zu beachten sind. Je höher das Recyclingpotenzial, desto höher die Zirkularität.
- (8) Entsorgung - Komplementärwert: Der Indikator Entsorgung beurteilt den Anteil von neu verbauten Materialien und der anfallenden Abbruchmaterialien im Falle eines Bestandsabbruchs, die einer Entsorgung (Deponierung und thermischen Behandlung) zugeführt werden. Es handelt sich dabei um Komplementärwert zum Recycling. Das Entsorgen (Deponieren oder thermische Behandlung) ist als Nicht-Ziel definiert.

Die Bewertung der Kreislauffähigkeit mit dem ZiFa 1.0 erfolgt anhand der in Abbildung 6 gelisteten kumulierten Indikatoren und der zugehörigen Subindikatoren. Die Subindikatoren behandeln unterschiedliche Aspekte, welche die Kreislauffähigkeit eines Gebäudes beurteilen. Dabei kann prinzipiell unterschieden werden, ob die Bewertung auf qualitative oder quantitative Weise erfolgt, also ob es eine Punktevergabe auf Basis qualitativer Fragen oder auf Grundlage von konkreten Zahlenwerten gibt.

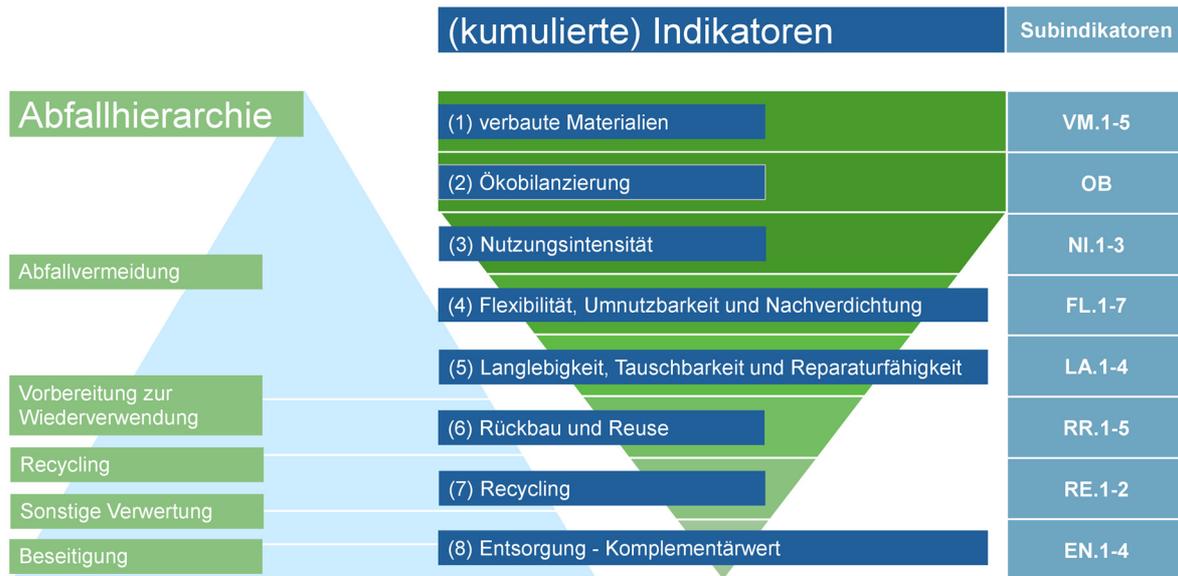


Abbildung 6: Übersicht des Bewertungssystems - Orientierung der Indikatoren an der EU-Abfallrahmenrichtlinie

Für jeden Subindikator erfolgt je nach Antwort eine Punktvergabe zwischen 0 und 1, wobei 1 positiv im Sinne der Auswirkung des Subindikators auf die Kreislaufwirtschaft definiert ist. Jeder Subindikator kann zudem gewichtet werden, um die Relevanz in Bezug auf die Kreislaufwirtschaft in Relation zu den anderen Subindikatoren zu setzen. Somit ist der ZiFa 1.0 flexibel einsetzbar, indem beispielsweise die Gewichtung einzelner Subindikatoren an die Ziele der Stadt Wien und ggf. auch an die jeweiligen Erfordernisse bzw. Ziele eines Projekts angepasst werden.

Zur Ermittlung der Punktzahl eines kumulierten Indikators müssen die gewichteten Ergebnisse der Subindikatoren aufsummiert und durch die Summe der maximal möglichen gewichteten Punktzahl dividiert werden. Ein exemplarisches Beispiel zur Umsetzung ist in Abbildung 7 dargestellt. Man sieht, dass durch eine höhere Gewichtung von gut bewerteten Subindikatoren (Subindikatoren 4, 8, 9 und 10) eine Steigerung der Gesamtbewertung des kumulierten Indikators erfolgt.

Ist				Soll			
Subindikator	Punkte	Gewichtung	Gesamt pro Subindikator	Subindikator	Punkte	Gewichtung	Gesamt pro Subindikator
Subindikator 1	0.25	1	0.25	Subindikator 1	0.25	1	0.25
Subindikator 2	0.50	1	0.50	Subindikator 2	0.50	1	0.50
Subindikator 3	0.75	1	0.75	Subindikator 3	0.75	1	0.75
Subindikator 4	1.00	1	1.00	Subindikator 4	1.00	2	2.00
Subindikator 5	0.25	1	0.25	Subindikator 5	0.25	1	0.25
Subindikator 6	0.50	1	0.50	Subindikator 6	0.50	1	0.50
Subindikator 7	0.75	1	0.75	Subindikator 7	0.75	1	0.75
Subindikator 8	1.00	1	1.00	Subindikator 8	1.00	2	2.00
Subindikator 9	1.00	1	1.00	Subindikator 9	1.00	2	2.00
Subindikator 10	1.00	1	1.00	Subindikator 10	1.00	2	2.00
Gesamt pro kumulierten Indikator			0.70	Gesamt pro kumulierten Indikator			0.79

Abbildung 7: Beispielhafte Darstellung der Wertung und Gewichtung von Subindikatoren und darauf aufbauender Wertung von kumulierten Indikatoren.

Die nachfolgenden Kapitel erläutern die Inhalte des ZiFa 1.0 im Detail. In der Projektbeschreibung werden wesentliche Informationen zum bewertenden Projekt abgefragt. Diese Abfragen sind teilweise rein informativ, manche werden aber auch zur Ermittlung von Subindikatoren herangezogen wie beispielsweise die Angabe von Flächen (Brutto-Grundfläche, Nutzfläche gemäß Hauptnutzung, etc.). Die Materialliste ist einer der umfangreichsten Inhalte des ZiFa 1.0. Darin müssen die Massen definierter Gebäudeelemente aufgelistet werden. Außerdem erfolgt hier die grundlegende Auswahl für die kumulierten Indikatoren (1) verbaute Materialien und (6) Rückbau und Reuse, indem beispielsweise die Materialherkunft oder eine potenzielle Rückbau- und Wiederverwendbarkeit abgefragt wird. Die ermittelten Informationen und Massen dienen in weiterer Folge als Grundlage für die diversen Subindikatoren, welche nachfolgend näher beschrieben sind.

4.1 Projektbeschreibung

Die übersichtliche Beschreibung eines Projekts ist eine wichtige Grundlage für die Bewertung der Kreislauffähigkeit von Bauwerken. Im Kontext des gegenständlichen Bewertungssystems werden deshalb wesentliche Informationen zum Projekt abgefragt. Dies ermöglicht eine rasche Vergleichbarkeit unterschiedlicher Entwürfe bzw. Bauvorhaben. Nachfolgend sind die Abfragen im Zuge der Projektbeschreibung aufgelistet und deren Zweck beschrieben.

PB.1 - Projektname

Dient zur internen und externen Kommunikation eines einheitlichen Projektnamens.

PB.2 - Projektadresse

Die Adresse des Bauplatzes dient als eindeutige Definition der Lage eines Bauprojekts.

PB.3 - Art des Bauvorhabens

Ein Bauwerk wird im Zuge des vorliegenden Bewertungssystems als Neubau oder Sanierung betrachtet. Diese Auswahl ist für alle auf der jeweiligen Projektadresse zu vergleichenden Bauvorhaben ident. Ein braches Baugrundstück impliziert stets einen Neubau. Besteht ein Gebäude auf der gegenständlichen Projektadresse handelt es sich um eine Sanierung, wobei nicht zwischen Um- oder Zubau unterschieden wird.

Die Art des Bauvorhabens (PB.3), also ob Neubau oder Sanierung, hat einen Einfluss auf die weitere Bearbeitung und Befüllung des Systems. Für relevante Punkte der Projektbeschreibung, sowie für die Indikatoren (1) verbaute Materialien, (3) Nutzungsintensität, (4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung und (5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit ist eine Betrachtung des Projekts aufgliedert nach Sanierung (Bestand) und Neubau notwendig. Hintergrund ist das Vermeiden einer möglichen Benachteiligung von Bestandsgebäuden aufgrund nicht sinnvoll änderbarer Randbedingungen z.B. notwendige gröbere Eingriffe in die Tragstruktur. Die jeweils betroffenen Subindikatoren sind gesondert ausgewiesen und erfordern eine Betrachtung sowohl des neu zu errichtenden Gebäudes, sowie des zu sanierenden Gebäudes. Da sich manche Subindikatoren auf Kennwerte (z.B.: BGF) beziehen, die simultan Neubau und Bestand betreffen, sind diese für beide Gebäudebereiche (Neubau und Sanierung) im Rahmen der Projektbeschreibung getrennt anzuführen. Dies betrifft PB.7, PB.8, PB.9, PB.10 und PB.11.

PB.4 - Geplanter Baubeginn

Der geplante Baubeginn dient als Information und hat keine Relevanz für das Bewertungssystem selbst.

PB.5 - Gebäudekategorie

Die Auswahlmöglichkeiten der Gebäudekategorie basieren auf der OIB-Richtlinie 6⁴⁸. Aktuell hat die Wahl der Gebäudekategorie in der Bewertung keinen Einfluss, da die relevanten Subindikatoren und jeweiligen Gewichtungen für die Gebäudekategorien Wohngebäude und Bildungseinrichtungen gesondert ausgewiesen sind.

PB.6 – Art der Bauweise

Eine Angabe zur Art der Bauweise dient als Hilfestellung, um eine erste Vorstellung hinsichtlich der Tragstruktur des geplanten Gebäudes zu erhalten. Die im ZiFa 1.0 definierten Auswahlmöglichkeiten sind Massivbauweise, Skelettbauweise, Leichtbauweise bzw. Sonstiges. Da im Zuge einer Sanierung zwei verschiedene Bauweisen möglich sind, kann eine Auswahl für den Neubau und den Bestand getroffen werden. Sollte eine zusätzliche Beschreibung notwendig sein, kann dies unter PB.6a erfolgen. Die Definitionen gemäß Pech⁴⁹ für die verschiedenen Arten der Bauweisen sind nachfolgend erläutert:

- **Massivbauweise:** Die tragenden Strukturen bestehen aus massiven Materialien. Insbesondere Wände erfüllen alle Anforderungen an Tragfähigkeit, Wetterschutz und Raumabschluss.
- **Skelettbauweise:** Die Anforderungen an die Tragfähigkeit, den Wetterschutz und den Raumabschluss sind von entkoppelten Bauteilen zu erfüllen.
- **Leichtbauweise:** Im Zuge des ZiFa 1.0 wird unter Leichtbauweise verstanden, dass besondere Maßnahmen oder innovative Lösungen umgesetzt werden, um ein Gebäude in

⁴⁸ Österreichisches Institut für Bautechnik, OIB Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz, 6.

⁴⁹ Pech u. a., *Tragwerke*.

anderer Form als den oben genannten üblichen Bauweisen herzustellen. Die Definition einer filigranen Bauweise gemäß Pech⁵⁰ kann hier sinngemäß herangezogen werden. Diese besagt, dass die filigrane Bauweise sowohl in der Außenwirkung als auch im Inneren durch die Struktur der Konstruktion bestimmt wird. Diese Bauweise besitzt ein hohes Veränderungspotenzial, da die leichte Konstruktion in der Regel große Spannweiten erlaubt und folglich größere Flexibilität bietet.

PB.6a – Zusatzinfo Bauweise

Oftmals kann eine Bauweise mit einer Auswahl gemäß PB.6 nicht ausreichend beschrieben werden. Beispielsweise, wenn eine Kombination der Bauweisen realisiert wird. Hierzu gibt es die Möglichkeit eine Zusatzinfo PB.6a in Textform zu verfassen.

PB.7 – Brutto-Grundfläche (BGF)

Die Brutto-Grundfläche (BGF) ist eine wichtige Projektinformation und dient als Grundlage für den kumulierten Indikator (3) Nutzungsintensität. Die Ermittlung erfolgt gemäß ÖNORM B 1800⁵¹. Die Angabe der BGF ist sowohl für den Bestand als auch für Neubauten erforderlich. Sie beschreibt alle theoretisch zur Verfügung stehenden Flächen in einem Gebäude, wobei beispielsweise auch durch tragende und nichttragende Wände beanspruchte Flächen inkludiert sind.

PB.8 – Netto-Grundfläche (NGF)

Die Netto-Grundfläche (NGF) ist eine wichtige Projektinformation und dient als Grundlage für den kumulierten Indikator (3) Nutzungsintensität. Sie muss gemäß ÖNORM B 1800⁵² und ÖNORM EN 15221-6:2011⁵³ ermittelt und gegebenenfalls für den bestehenden und den neu zu errichtenden Gebäudeteil angegeben werden. Im Gegensatz zur Brutto-Grundfläche gibt die Netto-Grundfläche nur tatsächlich nutzbare Flächen an.

PB.9 – Nutzfläche gemäß Hauptnutzung

Die Nutzfläche (NF) gemäß Hauptnutzung ist eine wichtige Projektinformation und dient als Grundlage für den kumulierten Indikator (3) Nutzungsintensität. Sie muss gemäß ÖNORM B 1800⁵⁴ und ÖNORM EN 15221-6:2011⁵⁵, sowohl für einen bestehenden als auch einen neu zu errichtenden Gebäudeteil ermittelt werden. Die Projektinformation PB.9 bezieht sich auf die gemäß Hauptnutzung vorhandene Nutzfläche, da die Berücksichtigung weiterer Nutzflächen im ZiFa 1.0 nicht vorgesehen ist.

PB.10 – Max. Personenzahl gemäß Hauptnutzung

Für eine Bewertung der Nutzungsintensität ist die Angabe einer maximalen Personenzahl gemäß Hauptnutzung notwendig. Diese muss ggf. für den Bestand und Neubau erfolgen. Die Abfrage ist nur für Wohngebäude relevant und hat auf Basis der Zimmeranzahl je Wohnungseinheit zu erfolgen. Als Richtwert ist anzunehmen, dass die Anzahl der Personen je Wohnung der Anzahl der Zimmer weniger eins entspricht. Diese Definition basiert auf den Regeln, die für geförderte Wohnungen in Wien gelten. Laut den FAQ entspricht die mögliche Zimmeranzahl einer geförderten Wohnung der Anzahl der anrechenbaren Personen plus eins.

PB.11 – Gesamtnutzfläche der Mehrzweckräume

Bereiche bzw. Flächen, die eine multifunktionale Nutzung erlauben sind in PB.11 einzutragen. Ein Mehrzweckraum ist im ZiFa 1.0 ein Raum innerhalb eines Gebäudes, der für verschiedene Aktivitäten und Nutzungen, wie beispielsweise Meetings, Workshops, Co-Working, Fitness, etc., verwendet werden kann.

⁵⁰ Pech u. a.

⁵¹ Austrian Standards, ÖNORM B 1800: Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen.

⁵² Austrian Standards.

⁵³ Austrian Standards, ÖNORM EN 15221-6: Facility Management - Teil 6: Flächenbemessung im Facility Management.

⁵⁴ Austrian Standards, ÖNORM B 1800: Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen.

⁵⁵ Austrian Standards, ÖNORM EN 15221-6: Facility Management - Teil 6: Flächenbemessung im Facility Management.

Zusätzliche Anforderungen an eine multifunktional nutzbare Fläche sind unter anderem:

- Mindestschalldämmung: Die ÖNORM B 8115-2:2021⁵⁶ und die OIB-Richtlinie 5⁵⁷ sind einzuhalten, um Lärmbelastigungen zu vermeiden.
- Zugangssysteme: Es ist zumindest ein internes Zugangssystem für Bewohner*innen und Nutzer*innen erforderlich. Ein zusätzliches unabhängiges Zugangssystem für mögliche externe Nutzer*innen ist je nach Art der multifunktionalen Fläche dringend empfohlen.
- Barrierefreiheit: Die Inklusivität der multifunktionalen Flächen soll durch die Einhaltung von Standards zur Barrierefreiheit im Sinne der OIB-Richtlinie 4⁵⁸ sichergestellt werden.

⁵⁶ Austrian Standards, ÖNORM B 8115-2: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau-Teil 2: Methodik zur Ermittlung von Schallschutzniveaus.

⁵⁷ Österreichisches Institut für Bautechnik, OIB-Richtlinie 5: Schallschutz.

⁵⁸ Österreichisches Institut für Bautechnik, OIB-Richtlinie 4: Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit.

4.2 Materialliste

Ein wichtiger Baustein des ZiFa 1.0 ist eine Materialliste. Die eingetragenen Daten und Informationen zu den verbauten Materialien dienen als Grundlage für die kumulierten Indikatoren (1) verbaute Materialien, (6) Rückbau und Reuse, (7) Recycling und (8) Entsorgung.

Um eine übersichtliche Darstellung der im Projekt eingesetzten Materialien zu ermöglichen, wird das Gebäude in Schichten gegliedert. Damit soll eine Nachvollziehbarkeit der in die Materialliste eingetragenen Massen gewährleistet werden. Außerdem ermöglicht die Gliederung eine übersichtliche Darstellung der im Bauwerk verwendeten Materialien. Beispielsweise ist eine Filterung nach Bauwerksschichten bzw. Bauteilen oder Gebäudeelementen möglich. So wird eine Aussage über die Verteilung der Materialien im Bauwerk ermöglicht. Die Einteilung orientiert sich in groben Zügen an den in Level(s)⁵⁹ definierten Kategorien „Hülle“, „Kern“ und „Externe Arbeiten“. Die hier verwendeten Bauwerksschichten sind Tragwerk, Hülle und Ausbau, wobei eine weitere Unterteilung in Gebäudeelemente gemäß Abbildung 8 erfolgt. Alle definierten Gebäudeelemente sind einer Materialgruppe und einem passenden Material zuzuordnen, siehe Tabelle 1. Außerdem besteht die Möglichkeit nähere Informationen zum Gebäudeelement hinzuzufügen. Für eine weitere Verarbeitung der Informationen muss den Bauteilen bzw. Gebäudeelementen eine Menge inkl. der zugehörigen Einheit zugeordnet werden. Darauf basierend kann mit einem Umrechnungsfaktor (z.B.: Dichte) die Gesamtmasse des jeweiligen Gebäudeelements berechnet werden. Als Hilfestellung für die Einteilung von Bauteilen bzw. Gebäudeteilen gemäß Abbildung 8, sind nachfolgend ein paar Beispiele aufgelistet:

- Tragwerk
 - vertikale Tragstruktur: Stützen, Wände innen und außen, etc.
 - horizontale Tragstruktur: Decken, etc.
 - Dach: tragende Bauteile eines Daches, STB-Decke, Sparren, etc.
 - Fundament: Flächenfundamente, Streifenfundamente, Tiefgründungen, etc.
- Hülle
 - Außenwandverkleidung: Wärmedämmverbundsystem, vorgehängte Fassade, z.B. auch Dämmung bei Holzrahmenelementen, wobei die Holzrahmenelemente, wenn diese statische Anforderungen erfüllen, dem Tragwerk zugeordnet werden, etc.
 - Dachverkleidung: Dachhaut, Ziegelerdeckung, Begrünung, Kies
- Ausbau
 - nichttragende Innenwände: Gipskartonständerwände, Faltschütten, etc.
 - Innenwandverkleidung: Fliesen, Tapete, Putz, etc.
 - Deckenverkleidung: abgehängte Deckenkonstruktion, Putz, etc.
 - Fußbodenaufbau: Trittschalldämmung, Bodenbelag, Ausgleichsschüttung, etc.

⁵⁹ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.1: Leistungsverzeichnisse, Materialien und Lebensdauern - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

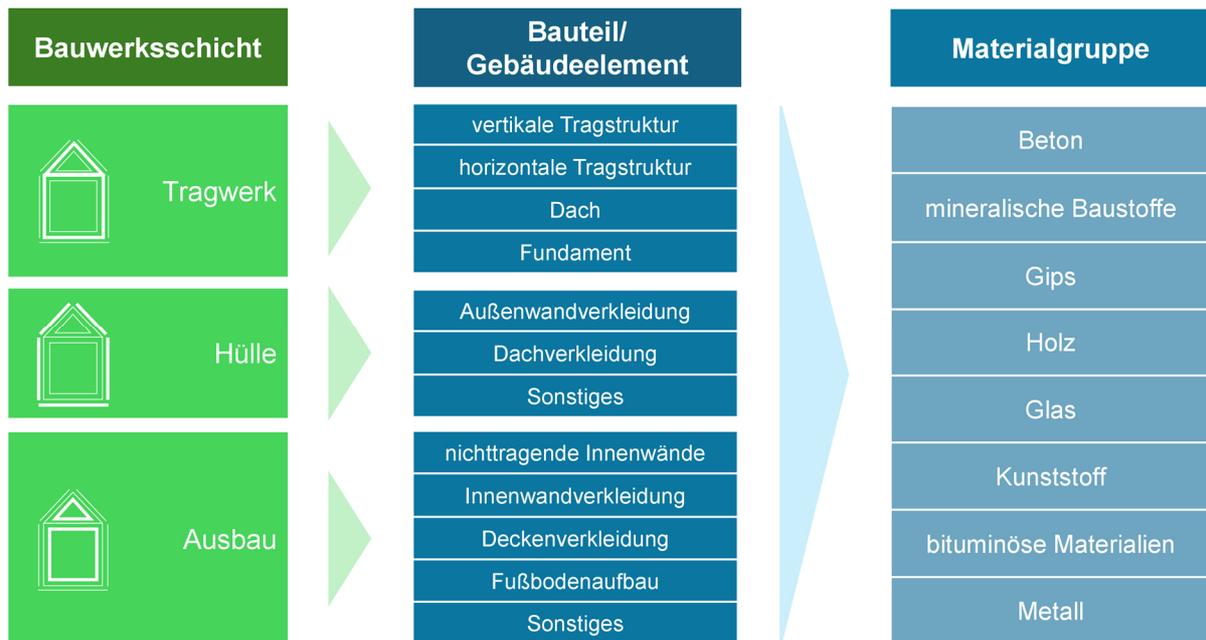


Abbildung 8: Gliederung Bauwerksschicht, Gebäudeelement und Materialgruppe.

Tabelle 1: Übersicht der Gliederung von Materialgruppe und Material.

Materialgruppe	Material
Beton	Normalbeton
Sonstige mineralische Baustoffe	Ziegel
	Ton, Lehm
	Keramik
	mineralische Dämmstoffe
	Kalksandstein
Gips	sonstige mineralische Baustoffe (außer Gips)
	Gipskarton
	Gipsfaserplatten
Holz	sonstige Gipsbaustoffe (Spachtelmasse, Gipsputz)
	Vollholz
	Holzwerkstoff
Glas	Natürliche Dämmstoffe
	Glas
Kunststoff	Glas (Flachglas)
	Kunststoffe
Bituminöse Materialien	Bituminöse Materialien
Metall	Bewehrungsstahl
	Baustahl
	Sonstiger Stahl
	Aluminium
	Kupfer
	sonstige Metalle

Die ermittelten Massen je Gebäudeelement können in weiteren Schritten gegliedert werden. Als Grundlage für den kumulierten Indikator (1) verbaute Materialien wird eine Unterteilung der verwendeten Bauteile bzw. Gebäudeelemente nach folgenden Kategorien vorgenommen:

- Erneuerbares Material, unabhängig ob Primärrohstoff, recycelt oder wiederverwendetes Material [Massen-%]
- Primärmaterial [Massen-%]
- Sekundärmaterial aus Recycling [Massen-%]
- Sekundärmaterial aus Wiederverwendung [Massen-%] z.B. als Bestandteil von wiederverwendeten Produkten und Bauteilen

Für den Indikator (6) Rückbau und Reuse müssen in der Materialliste Angaben zur Modularität, zur Rückbaubarkeit und zur Wiederverwendbarkeit eingetragen werden. Die Definition eines modularen Bauteils, einer Rückbaubarkeit bzw. Wiederverwendbarkeit erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln bei den jeweiligen Subindikatoren.

Die Ermittlung der Daten für die kumulierten Indikatoren (7) Recycling und (8) Entsorgung erfolgt automatisch. Die Grundlagen für die Ermittlung der Subindikatoren werden in den jeweiligen Kapiteln näher erläutert.

4.3 Indikator: (1) verbaute Materialien

Der kumulative Indikator "verbaute Materialien" bewertet die Herkunft der Baustoffe bzw. Materialien (erneuerbare oder nicht erneuerbare, Primär- oder Sekundärrohstoffe). Diese Bewertung basiert auf den Informationen, die in der Materialliste für das Material jeder eingetragenen Bauwerksschicht bzw. jedes Bauteil/Gebäudeelement angegeben wurden. Der Indikator bewertet auch die Verwendung von erneuerbaren Baustoffen. Das Hauptziel ist eine generelle Reduktion von energieintensiven Primärrohstoffen. Darüber hinaus soll durch Bewertung der Abbruchmasse bei Sanierungsprojekten, der ursprüngliche Gebäudebereich so weit wie möglich erhalten bleiben, womit Planer*innen und Bauherr*innen sicherstellen können, dass Grenzwerte von delegierten Verordnungen der EU-Taxonomie⁶⁰ oder der EU-Abfallrichtlinie eingehalten werden. Außerdem wird im kumulierten Indikator die direkte Wiederverwendung von Bodenaushubmaterial abgefragt, womit beispielsweise lange Transportwege reduziert werden können. Die im kumulierten Indikator verwendeten Subindikatoren sind in Abbildung 9 dargestellt.

Indikatoren	Subindikatoren	
(1) verbaute Materialien	VM.1-5	
(3) Nutzungsintensität	NI.1-3	VM.1 Anteil wiederverwendeter Materialien in der Herstellung
(4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung	FL.1-7	VM.2 Anteil recycelter Materialien in der Herstellung
(5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit	LA.1-4	VM.3 Anteil erneuerbarer Materialien in der Herstellung
(6) Rückbau und Reuse	RR.1-5	VM.4 Anteil des ursprünglichen Gebäudes
(7) Recycling	RE.1-2	VM.5 Anteil des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials
(8) Entsorgung - Komplementärwert	EN.1-4	

Abbildung 9: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (1) verbaute Materialien

⁶⁰ Europäische Kommission, DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/2486 DER KOMMISSION vom 27. Juni 2023.

4.3.1 Subindikator: (VM.1) Anteil wiederverwendeter Materialien in der Herstellung

Subindikator: (VM.1) Anteil wiederverwendeter Materialien in der Herstellung				
Ziel: Reduzierung der Abhängigkeit von Primärrohstoffen beim Bau von Gebäuden durch verstärkte Verwendung von wiederverwendeten Materialien (Sekundärmaterialien).				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet den Anteil der Gesamtmasse des Gebäudes, der aus wiederverwendeten Materialien besteht.				
Eingangsdaten: Quantitativ – Masse der wiederverwendeten Anteile je Materialgruppe für neu verbaute Materialien [t]				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Hoch	Einreichung Hoch	Ausführung Mittel
Hintergrund: Der Subindikator wurde intern entwickelt. Ähnliche Ansätze werden auch im Gebäuderessourcenpass der DGNB ⁶¹ bzw. dem Urban Mining Index ⁶² und Madaster ⁶³ verfolgt.				
Nachweis: Quantitativ				
$m_{ges} [t] = \sum_{i=1}^n m_i [t]$				(1)
$VM.1_i = \frac{m_{i,reuse} [t]}{m_{ges}[t]}$				(2)
$VM.1 = \sum_{i=1}^n VM.1_i$				(3)
<i>m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t]</i>				
<i>m_i ... Gesamtmasse je Materialgruppe i aus Materialliste [t]</i>				
<i>VM.1_i ... Anteil wiederverwendeter Materialien in der Herstellung je Materialgruppe i [-]</i>				
<i>m_{i,reuse} ... Gesamtmasse an wiederverwendeten (Reuse) Materialien in der Herstellung je Materialgruppe i aus Materialliste [t]</i>				
<i>VM.1 ... Anteil wiederverwendeter Materialien in der Herstellung [-]</i>				
<i>n ... Gesamtzahl der Materialgruppen [n]. Im ZiFa 1.0 beträgt diese acht.</i>				
Ergebnis: Der (VM.1) Anteil wiederverwendeter Materialien in der Herstellung ergibt sich aus der Gesamtmasse der wiederverwendeten Materialien (bspw. ermittelt anhand der wiederverwendeten Gebäudeelemente) jeder einzelnen Materialgruppe sowie aus der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1, gemäß Tabelle 2. Das Ergebnis nach Formel (3) entspricht dem Wert des Subindikators VM.1.				
Tabelle 2: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.1				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
VM.1 = 0 bis 1				0,00 - 1,00

⁶¹ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

⁶² Rosen, *Urban Mining Index*.

⁶³ Madaster Germany GmbH, „Madaster Zirkularitätsindikator“.

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator bewertet den Anteil der Gesamtmasse des Gebäudes, der aus wiederverwendeten Materialien besteht. Er beschreibt somit, ob bei der Planung eines Gebäudes darauf geachtet wird, den Primärrohstoffverbrauch zu reduzieren, indem wiederverwendete Bauteile bzw. Materialien eingesetzt werden. Die Grundlage für die Definition des Subindikators ergibt sich aus den Erfahrungen der Autor*innen, den Ergebnissen von ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektbewertung) und dem Feedback der Stakeholder*innen von ZiFa 1.0. Ähnliche Ansätze werden in den Systemen der DGNB⁶⁴ bzw. dem Urban Mining Index⁶⁵ und Madaster⁶⁶ verfolgt. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt mittels Berechnung des Anteils an wiederverwendeten Materialien in der Herstellung, der die Gesamtmasse des wiederverwendeten Materials jeder einzelnen Materialgruppe ins Verhältnis zur Gesamtmasse des Gebäudes setzt. Die Berechnung wird nachfolgend beschrieben:

I. Ermittlung der Massen an wiederverwendeten Materialien für jede Materialgruppe

Die im Gebäude neu verbauten Materialien sind in der Materialliste gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung inklusive Angabe der Massen zu ermitteln und aufzulisten. Als Basis für den Subindikator VM.1 ist hier anzugeben, ob ein Material (evtl. auf Bauteilebene) wiederverwendet wurde, oder nicht. Mit diesen Informationen kann gemäß Formel (2) der Anteil wiederverwendeter Materialien (in Gebäudeelementen) in der Herstellung für jede Materialgruppe berechnet werden. Diese Berechnung erfolgt automatisch und basiert auf der Gesamtmasse des Gebäudes (m_{ges}) und der Gesamtmasse der wiederverwendeten Materialien für jede Materialgruppe ($m_{i,reuse}$) in Tonnen.

$$VM.1_i = \frac{m_{i,reuse} [t]}{m_{ges} [t]} \quad (2)$$

Beispiel:

$m_{Holz,reuse}$... Gesamtmasse an wiederverw. Holz in der Herstellung aus Materialliste [t] = 20 t

$m_{Metall,reuse}$... Gesamtmasse an wiederverw. Metall in der Herstellung aus Materialliste [t] = 40 t

m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] = 1000 t

$$VM.1_{Holz} = \frac{20 [t]}{1000 [t]} = 0,02 [-]$$

$$VM.1_{Metall} = \frac{40 [t]}{1000 [t]} = 0,04 [-]$$

II. Berechnung des Anteils an wiederverwendeten Materialien in der Herstellung des Gebäudes.

Die Berechnung des Anteils an wiederverwendeten Materialien in der Herstellung erfolgt automatisch mit Hilfe der Formel (3). Dieser Prozess summiert den Anteil an wiederverwendeten Materialien für alle Materialgruppen.

$$VM.1[-] = \sum_{i=1}^n VM.2_i \quad (3)$$

Beispiel:

$VM.1_{Holz}$... Anteil an wiederverwendetem Holz in der Herstellung [-] = 0,02 [-]

$VM.1_{Metall}$... Anteil an wiederverwendetem Metall in der Herstellung [-] = 0,04 [-]

$$VM.1[-] = 0,02 + 0,04 = 0,06 [-]$$

⁶⁴ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

⁶⁵ Rosen, *Urban Mining Index*.

⁶⁶ Madaster Germany GmbH, „Madaster Zirkularitätsindikator“.

Ergebnis

Die Punktebewertung des Subindikators basiert direkt auf dem berechneten Wert gemäß Formel (3). Der Punktwert ist somit gleich dem Ergebniswert, wobei maximal 1 Punkt erreicht werden kann, siehe dazu Tabelle 2.

Tabelle 2: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.1

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
VM.1 = 0 bis 1	0,00 - 1,00

Beispiel:

$$VM.1[-] = 0,06 [-]$$

Interpretation des Subindikators

Eine hohe Bewertung bedeutet, dass eine große Menge an wiederverwendeten Materialien Verwendung findet. Da die Ermittlung des Anteils auf Basis der Massen erfolgt, muss der große Einfluss der Dichte von schweren Materialien berücksichtigt werden. Die Darstellung des Anteils der wiederverwendeten Materialien nach Materialgruppen VM.1; ermöglicht ein umfassenderes Verständnis des Subindikators.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.3.2 Subindikator: (VM.2) Anteil recycelter Materialien in der Herstellung

Subindikator: (VM.2) Anteil recycelter Materialien in der Herstellung				
Ziel: Reduzierung von energieintensiven Primärrohstoffen beim Bau bzw. der Sanierung von Gebäuden durch verstärkte Verwendung von recycelten Materialien (Sekundärmaterialien).				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet den Anteil der Gesamtmasse des Gebäudes, der aus recycelten Materialien besteht.				
Eingangsdaten: Quantitativ – Masse der recycelten Anteile je Materialgruppe für neu verbaute Materialien [t]				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Hoch	Einreichung Hoch	Ausführung Mittel
Hintergrund: Der Subindikator wurde intern entwickelt. Ähnliche Ansätze werden auch im Gebäuderessourcenpass der DGNB ⁶⁷ bzw. dem Urban Mining Index ⁶⁸ und Madaster ⁶⁹ verfolgt.				
Nachweis: Quantitativ				
$m_{ges} [t] = \sum_{i=1}^n m_i [t]$				(1)
$VM.2_i [-] = \frac{m_{i,rec} [t]}{m_{ges} [t]}$				(4)
$VM.2 [-] = \sum_{i=1}^n VM.2_i [-]$				(5)
<p>m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] m_i ... Gesamtmasse je Materialgruppe i aus Materialliste [t] $VM.2_i$... Anteil recycelter Materialien in der Herstellung je Materialgruppe i [-] $m_{i,rec}$... Gesamtmasse an recyceltem Material in der Herstellung je Materialgruppe i aus Materialliste [t] $VM.2$... Anteil recycelter Materialien in der Herstellung [-] n ... Gesamtzahl der Materialgruppen [n]. Im ZiFa 1.0 beträgt diese acht.</p>				
Ergebnis: Der (VM.2) Anteil recycelter Materialien in der Herstellung ergibt sich aus der Gesamtmasse des recycelten Materials jeder einzelnen Materialgruppe sowie aus der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1 (Tabelle 3). Das Ergebnis nach Formel (5) entspricht dem Wert des Subindikators VM.2.				
Tabelle 3: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.2				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
VM.2 = 0 bis 1				0,00 - 1,00

⁶⁷ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

⁶⁸ Rosen, *Urban Mining Index*.

⁶⁹ Madaster Germany GmbH, „Madaster Zirkularitätsindikator“.

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator bewertet den Anteil der Gesamtmasse des Gebäudes, der aus recycelten Materialien besteht. Der Subindikator zeigt also, ob ein Gebäude im Hinblick auf die Reduzierung der Verwendung von Primärrohstoffen durch den Einsatz von recycelten Materialien effizient geplant ist. Die Herkunft wird im ZiFa 1.0 vorerst nicht näher behandelt. Große Transportwege und der damit verbundene höhere ökologische Fußabdruck können aber beispielsweise in der Ökobilanz erkannt werden.

Die Grundlage für die Definition des Subindikators ergibt sich aus den Erfahrungen der Autor*innen, den Ergebnissen von ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektbewertung) und dem Feedback der Stakeholder*innen des ZiFa 1.0, sowie aus den Systemen DGNB⁷⁰ bzw. dem Urban Mining Index⁷¹ und Madaster⁷². Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt mittels Berechnung des Anteils an recycelten Materialien in der Herstellung. Dabei wird die Gesamtmasse des recycelten Materials jeder einzelnen Materialgruppe in ein Verhältnis zur Gesamtmasse des Gebäudes setzt. Die Berechnung wird nachfolgend beschrieben:

I. Ermittlung der Massen an recycelten Materialien für jede Materialgruppe

Die im Gebäude neu verbauten Materialien sind in der Materialliste gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung inklusive der Angabe der Masse zu ermitteln und aufzulisten. Im Zuge dessen erfolgt auch die Eingabe, ob es sich um ein Recyclingmaterial handelt und die Berechnung der Masse des recycelten Materials je Materialgruppe $m_{i,rec}$. Auf der Basis der Eingaben der Materialliste, kann die Gesamtmasse des Gebäudes (Formel (1)) ermittelt werden. Anhand der Formel (4) wird der Anteil der recycelten Materialien in der Herstellung für jede Materialgruppe berechnet. Diese Berechnung basiert auf der Gesamtmasse des Gebäudes (m_{ges}) und der Gesamtmasse der recycelten Materialien für jede Materialgruppe ($m_{i,rec}$) in Tonnen. Die Berechnung erfolgt automatisch anhand der gemäß Materialliste ermittelten Massen:

$$VM.2_i[-] = \frac{m_{i,rec} [t]}{m_{ges} [t]} \quad (4)$$

Beispiel:

$m_{Beton,rec}$... Gesamtmasse an recyceltem Beton in der Herstellung aus Materialliste [t] = 80 t

$m_{Metall,rec}$... Gesamtmasse an recyceltem Metall in der Herstellung aus Materialliste [t] = 50 t

m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] = 250 t

$$VM.2_{Beton} = \frac{80 [t]}{250 [t]} = 0,32 [-]$$

$$VM.2_{Metall} = \frac{50 [t]}{250 [t]} = 0,20 [-]$$

II. Berechnung des Anteils an recycelten Materialien in der Herstellung des Gebäudes

Die Berechnung des Anteils an recycelten Materialien in der Herstellung erfolgt automatisch mit Hilfe der Formel (5), durch Aufsummieren der Anteile an recycelten Materialien für alle Materialgruppen.

$$VM.2[-] = \sum_{i=1}^n VM.2_i \quad (5)$$

Beispiel:

$VM.2_{Beton}$... Anteil an recyceltem Beton in der Herstellung [-] = 0,32 [-]

$VM.2_{Metall}$... Anteil an recyceltem Metall in der Herstellung [-] = 0,20 [-]

$$VM.2[-] = 0,32 + 0,20 = 0,52 [-]$$

⁷⁰ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

⁷¹ Rosen, *Urban Mining Index*.

⁷² Madaster Germany GmbH, „Madaster Zirkularitätsindikator“.

Ergebnis

Die Punktebewertung des Subindikators basiert direkt auf dem berechneten Wert gemäß Formel (5). Der Punktwert ist somit gleich dem Ergebniswert, wobei maximal 1 Punkt erreicht werden kann, siehe dazu Tabelle 3.

Tabelle 3: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.2

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
VM.2 = 0 bis 1	0,00 - 1,00

Beispiel:

$$VM.2[-] = 0,52 [-]$$

Interpretation des Subindikators

Ein hoher Wert dieses Subindikators bedeutet einen hohen Anteil an Sekundärmaterialien. Da die Ermittlung des Anteils auf Basis der Massen erfolgt, muss der große Einfluss der Dichte von schweren Materialien berücksichtigt werden. Beispielsweise würde ein großer Anteil an recyceltem Beton den Wert des Subindikators wesentlich erhöhen. Die Darstellung des Anteils der recycelten Materialien nach Materialgruppen VM.2_i ermöglicht daher eine detailliertere Analyse des Subindikators.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.3.3 Subindikator: (VM.3) Anteil erneuerbarer Materialien in der Herstellung

Subindikator: (VM.3) Anteil erneuerbarer Materialien in der Herstellung				
Ziel: Reduktion des Einsatzes nicht erneuerbarer Rohstoffe beim Bau von Gebäuden durch verstärkte Verwendung von erneuerbaren Materialien.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet den Anteil der Gesamtmasse des Gebäudes, der aus erneuerbaren Materialien besteht.				
Eingangsdaten: Quantitativ – Masse der erneuerbaren Materialien je Materialgruppe für neu verbaute Materialien [t]				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Hoch	Einreichung Hoch	Ausführung Mittel
Hintergrund: Der Subindikator wurde intern entwickelt. Ähnliche Ansätze werden auch im Gebäuderessourcenpass der DGNB ⁷³ bzw. dem Urban Mining Index ⁷⁴ und Madaster ⁷⁵ verfolgt.				
Nachweis: Quantitativ				
$m_{ges} [t] = \sum_{i=1}^n m_i [t] \quad (1)$				
$VM.3_i [-] = \frac{m_{i,ern} [t]}{m_{ges} [t]} \quad (6)$				
$VM.3 [-] = \sum_{i=1}^n VM.3_i [-] \quad (7)$				
<p>m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] m_i ... Gesamtmasse je Materialgruppe i aus Materialliste [t] $VM.3_i$... Anteil erneuerbarer Materialien in der Herstellung je Materialgruppe i [-] $m_{i,ern}$... Gesamtmasse an ern. Material in der Herstellung je Materialgruppe i aus Materialliste [t] $VM.3$... Anteil erneuerbarer Materialien in der Herstellung [-] n ... Gesamtzahl der Materialgruppen [n]. Im ZiFa 1.0 beträgt diese acht.</p>				
Ergebnis: Der (VM.3) Anteil erneuerbarer Materialien in der Herstellung ergibt sich aus der Gesamtmasse des erneuerbaren Materials jeder einzelnen Materialgruppe sowie aus der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1 (Tabelle 4). Das Ergebnis von VM.3 entspricht dem Wert des Subindikators VM.3.				
Tabelle 4: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.3				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
VM.3 = 0 bis 1				0,00 - 1,00

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator bewertet den Anteil der Gesamtmasse des Gebäudes, der aus erneuerbaren Materialien besteht. Die Grundlage für die Definition des Subindikators ergibt sich aus den Erfahrungen der Autor*innen, den Ergebnissen von ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektbewertung) und dem Feedback der Stakeholder*innen des ZiFa 1.0, sowie aus den Systemen DGNB ⁷⁶ bzw. dem Urban

⁷³ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

⁷⁴ Rosen, *Urban Mining Index*.

⁷⁵ Madaster Germany GmbH, „Madaster Zirkularitätsindikator“.

⁷⁶ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

Mining Index ⁷⁷ und Madaster ⁷⁸. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt mittels Berechnung des Anteils an erneuerbaren Materialien in der Herstellung, welcher die Gesamtmasse des erneuerbaren Materials jeder einzelnen Materialgruppe in ein Verhältnis zur Gesamtmasse des Gebäudes setzt. Die Berechnung wird nachfolgend beschrieben:

I. Ermittlung der Massen an erneuerbares Material für jede Materialgruppe

Die im Zuge der Bautätigkeit neu verbauten Materialien sind in der Materialliste gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung zu ermitteln und aufzulisten, wobei auch eine Auswahl zu treffen ist, ob es sich beim jeweiligen Material um einen Baustoff aus erneuerbaren Rohstoffen handelt. Auf der Basis der Eingaben der Materialliste und der Formel (6) wird der Anteil der erneuerbaren Materialien an der Herstellung für jede Materialgruppe berechnet. Diese Berechnung basiert auf der Gesamtmasse des Gebäudes (m_{ges}) und der Gesamtmasse der erneuerbaren Materialien für jede Materialgruppe ($m_{i,ern}$) in Tonnen. Die Berechnung erfolgt automatisch anhand der Massen in der Materialliste:

$$VM.3_i[-] = \frac{m_{i,ern} [t]}{m_{ges} [t]} \quad (6)$$

Beispiel:

$m_{Beton,ern}$... Gesamtmasse an erneuerbarem Beton in der Herstellung aus Materialliste [t] = 0 t

$m_{Holz,ern}$... Gesamtmasse an erneuerbarem Holz in der Herstellung aus Materialliste [t] = 200 t

m_{Beton} ... Gesamtmasse der Materialgruppe Beton aus Materialliste [t] = 300 t

m_{Holz} ... Gesamtmasse der Materialgruppe Holz aus Materialliste [t] = 200 t

m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] = 500 t

$$VM.3_{Beton} = \frac{0 [t]}{500 [t]} = 0,00 [-]$$

$$VM.3_{Holz} = \frac{200 [t]}{500 [t]} = 0,40 [-]$$

II. Berechnung des Anteils an erneuerbaren Materialien in der Herstellung des Gebäudes.

Die Berechnung des Anteils an erneuerbaren Materialien in der Herstellung erfolgt automatisch mit der Formel (7), durch Aufsummieren der Anteile an erneuerbaren Materialien für alle Materialgruppen.

$$VM.3[-] = \sum_{i=1}^n VM.3_i \quad (7)$$

Beispiel:

$VM.3_{Beton}$... Anteil an erneuerbarem Beton in der Herstellung [-] = 0,00 [-]

$VM.3_{Holz}$... Anteil an erneuerbarem Holz in der Herstellung [-] = 0,40 [-]

$$VM.3[-] = 0,00 + 0,40 = 0,40 [-]$$

⁷⁷ Rosen, *Urban Mining Index*.

⁷⁸ Madaster Germany GmbH, „Madaster Zirkularitätsindikator“.

Ergebnis

Die Punktebewertung des Subindikators basiert direkt auf dem berechneten Wert gemäß Formel (7). Der Punktwert ist somit gleich dem Ergebniswert, wobei maximal 1 Punkt erreicht werden kann, siehe dazu Tabelle 4:

Tabelle 4: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.3

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
VM.3 = 0 bis 1	0,00 - 1,00

Beispiel:

$$VM.3[-] = 0,00 + 0,40 = 0,40 [-] = 0,40 [Pkt]$$

Interpretation des Subindikators

Durch eine hohe Bewertung dieses Subindikators zeigt sich, dass auf eine Verwendung erneuerbarer Materialien geachtet wird. Die Darstellung des Anteils der erneuerbaren Materialien nach Materialgruppen VM.3_i ermöglicht eine detailliertere Interpretation und Kontrolle des Subindikators.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.3.4 Subindikator: (VM.4) Anteil des ursprünglichen Gebäudes

Subindikator: (VM.4) Anteil des ursprünglichen Gebäudes				
Ziel: Die Erhaltung eines möglichst großen Anteils an Masse des Tragwerks des ursprünglichen Gebäudes verringert den Energie- und Ressourcenverbrauch im Zuge der Baumaßnahmen (z.B. im Zuge der Herstellung bzw. Aufbereitung von primären oder sekundären Baumaterialien und auch deren Transport) und minimiert die Abbruchabfälle.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet den Anteil der Masse des Tragwerks des ursprünglichen Gebäudes, der bei der Sanierung erhalten bleibt.				
Eingangsdaten: Quantitativ – Die erhaltene Masse des Tragwerks des ursprünglichen Gebäudes [t] und die ursprüngliche Masse des Tragwerks des Bestandsgebäudes [t].				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator basiert auf den technischen Kriterien der delegierten Verordnung (EU) 2023/2486 vom 27. Juni 2023 ⁷⁹ (EU-Taxonomie-Verordnung). Da die Brutto-Grundfläche des Gebäudes möglicherweise nicht genau widerspiegelt welche Menge an Material erhalten bleibt (relevant für den ökologischen Fußabdruck), wird bei der Bewertung nun vorrangig die Masse des Tragwerks des Gebäudes berücksichtigt. Außerdem gibt es im Gegensatz zu den Regelungen in der EU-Taxonomie keine Mindestschwelle für das technische Bewertungskriterium. Stattdessen wird der genaue Prozentsatz der erhaltenen Masse des ursprünglichen Gebäudes berücksichtigt, unabhängig davon, ob er höher oder niedriger ist als der Richtwert des delegierten EU-Taxonomie-Rechtsakts von 50 %. Nähere Informationen dazu sind unten angeführt.				
Nachweis: Quantitativ				
$VM.4 [-] = \frac{VM.4a [t]}{VM.4b [t]}$				(8)
<p>VM.4 ... Erhaltener Anteil des ursprünglichen Gebäudes [-]</p> <p>VM.4a ... Erhaltene Masse des Tragwerks des ursprünglichen Gebäudes [t]</p> <p>VM.4b ... Masse des Tragwerks des ursprünglichen Gebäudes [t]</p>				
Ergebnis: Der (VM.4) Anteil des ursprünglichen Gebäudes ergibt sich aus der erhaltenen Masse sowie der Gesamtmasse des Tragwerks des ursprünglichen Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Das Ergebnis nach Formel (8) entspricht dem Wert des Subindikators VM.4, siehe Tabelle 5.				
Tabelle 5: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.4				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
VM.4 = 0 bis 1				0,00 - 1,00

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator bewertet den Anteil des Tragwerks des ursprünglichen Gebäudes, der bei einer Sanierung erhalten bleibt. Der Subindikator spiegelt daher wider, ob bei einer Sanierung eines Gebäudes ein wesentlicher Anteil der ursprünglichen Gebäudemasse weiterverwendet wird, wodurch der Bedarf an Primär- oder Sekundärmaterialien sowie auch die damit verbundenen Aufwände durch den Erhalt bestehender Strukturen reduziert wird. Die Grundlage für die Definition des Subindikators stammt aus der delegierten Verordnung (EU) 2023/2486 vom 27. Juni 2023 (Taxonomie), welche einen Erhalt von 50 % der Brutto-Grundfläche des ursprünglichen Gebäudes fordert. Im ZiFa 1.0 wird nicht die Brutto-Grundfläche des ursprünglichen Gebäudes bewertet, sondern die Masse des Tragwerks des Gebäudes, die erhalten bleibt. Grund für die Abweichung zur EU-Taxonomie ist, dass die erhaltene Brutto-Grundfläche nicht zwingend mit dem ökologischen Fußabdruck der Maßnahme im Einklang stehen muss. Zudem können damit nicht alle Fälle abgedeckt werden, beispielsweise wenn nur die Außenwände erhalten bleiben (was durchaus sehr positiv sein kann da sich bei vielen älteren Gebäuden dort die ökologisch relevante Masse verbirgt). Mit dem angepassten Ansatz ist dies demnach besser gelöst. Ein weiterer Unterschied zur EU-Taxonomie ist, dass im ZiFa 1.0 kein Schwellenwert für das

⁷⁹ Europäische Kommission, DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/2486 DER KOMMISSION vom 27. Juni 2023.

technische Bewertungskriterium festgelegt ist. Im ZiFa 1.0 wird der Schwellenwert nicht übernommen, da dieser aus Sicht der Autor*innen entscheidend von den Randbedingungen abhängt und noch nicht genügend Testobjekte vorliegen, um dazu eine klarere Aussage treffen zu können. In der momentanen Version ist eine Darstellung des tatsächlich erhaltenen Anteils zwischen 0 und 100 % möglich. Dadurch können die Subindikatoren auch bei Projekten mit geringerer erhaltenswerter Bausubstanz bewertet und verglichen werden.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt mittels Berechnung des Anteils des Tragwerks am ursprünglichen Gebäude, der durch die erhaltene Masse des Tragwerks im Verhältnis zur Gesamtmasse des ursprünglichen Tragwerks definiert ist. Das Tragwerk gemäß ZiFa 1.0 umfasst die vertikale Tragestruktur, die horizontale Tragestruktur, das Dach und das Fundament, wie in Abbildung 8 dargestellt. Die Berechnung erfolgt mithilfe von Formel (8).

$$VM.4 [-] = \frac{VM.4a [t]}{VM.4b [t]} \quad (8)$$

Beispiel:

Die Tragstruktur eines bestehenden Gebäudes hat insgesamt eine Masse von 500 t, wobei drei separate Baukörper vorhanden sind. Baukörper 1 hat eine Masse des Tragwerks von 150 t und muss aufgrund des maroden, einsturzgefährdeten Tragwerks abgerissen werden. Baukörper 2 mit einer Masse des Tragwerks von 50 t passt nicht in das Konzept der Planer*innen und wird daher ebenfalls abgerissen. Baukörper 3 wird entkernt und saniert, wobei das Tragwerk erhalten bleibt. Die Masse des Tragwerks von Baukörper 3 beträgt 300 t.

VM.4a ... Erhaltene Masse des Tragwerks des ursprünglichen Gebäudes [t] = 300 t

VM.4b ... Masse des Tragwerks des ursprünglichen Gebäudes [t] = 150 + 50 + 300 = 500 t

$$VM.4 = \frac{300 [t]}{500 [t]} = 0,60 [-]$$

Ergebnis

Die Punktebewertung des Subindikators basiert direkt auf dem berechneten Wert gemäß Formel (8). Der Punktwert ist somit gleich dem Ergebniswert, wobei maximal 1 Punkt erreicht werden kann, siehe dazu Tabelle 5.

Tabelle 5: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.4

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
VM.4 = 0 bis 1	0,00 - 1,00

Beispiel:

$$VM.4[-] = 0,60 [-] = 0,60 [Pkt]$$

Interpretation des Subindikators

Eine hohe Punktzahl bei diesem Subindikator hat einen direkten Einfluss auf die Kreislauffähigkeit, da durch den Erhalt bestehender Bausubstanzen, insbesondere der masserelevanten Tragwerke, Primär- bzw. ggf. Sekundärrohstoffe die damit in Verbindung stehenden Aufwände (z.B. Energie oder Transporte) reduziert werden können. Dieser Subindikator fördert die Sanierung im Vergleich zum Neubau, wobei die Sanierung nachweislich eine wirtschaftlich, technisch und ökologisch nachhaltige Option darstellen soll.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Ein Praxistest ist erforderlich und empfohlen.
- Der Subindikator kann aus Sicht der Autor*innen in Wechselwirkung mit dem kumulierten Indikator (4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung stehen, da Bestandsgebäude evtl. nachteilige Ergebnisse für die darin enthaltenen Subindikatoren erzielen.

4.3.5 Subindikator: (VM.5) Anteil des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials

Subindikator: (VM.5) Anteil des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials [-].				
Ziel: Durch Wiederverwendung von Bodenaushubmaterial können Ressourcen direkt und einfach gespart werden. Außerdem können Deponieabfälle reduziert und Transportemissionen vermieden werden.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet den Anteil des Bodenaushubmaterials, der für eine Wiederverwendung vor Ort vorgesehen ist.				
Eingangsdaten: Quantitativ – Gesamtmasse des Bodenaushubmaterials [t] und Gesamtmasse des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials vor Ort [t].				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator wurde intern entwickelt.				
Nachweis: Quantitativ				
$VM.5 [-] = \frac{VM.5a [t]}{VM.5b [t]} \quad (9)$				
<i>VM.5 ... Anteil des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials [-]</i> <i>VM.5a ... Gesamtmasse des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials [t]</i> <i>VM.5b ... Gesamtmasse des Bodenaushubmaterials [t]</i>				
Ergebnis: Der (VM.5) Anteil des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials ergibt sich aus der Gesamtmasse des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials sowie aus der Gesamtmasse des kompletten Bodenaushubmaterials. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Das Ergebnis von VM.5 entspricht dem Wert des Subindikators VM.5, siehe Tabelle 6.				
Tabelle 6: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.5				
Antwort			Punkte	
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
<i>VM.5 = 0 bis 1</i>			0,00 - 1,00	

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator bewertet den Anteil des Bodenaushubmaterials, der für eine Wiederverwendung vor Ort, also am gleichen Bauplatz bzw. Grundstück vorgesehen ist. Der Subindikator spiegelt daher wider, ob ein wesentlicher Anteil des Bodenaushubmaterials während der Bauphase wiederverwendet wird. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass gemäß der Infobroschüre Bodenaushubmaterial⁸⁰ Boden der von einer Baustelle ausgehoben und wegtransportiert wird als Abfall zu behandeln ist. Die Definition des Subindikators basiert auf den Erfahrungen der Autor*innen, den Ergebnissen des ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektbewertung) und dem Feedback der Stakeholder*innen des ZiFa 1.0. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt mittels Berechnung des Anteils des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials im Verhältnis zu der Gesamtmasse des Bodenaushubmaterials. Beide Gesamtmassen werden dabei in Tonnen gemessen. Weitere Definitionen und Spezifikationen der Anforderungen an Bodenaushubmaterial finden sich in der Infobroschüre Bodenaushubmaterial (Richtiger Umgang mit Bodenaushubmaterial – Zusammenfassung der gesetzlichen Vorgaben, Ausgabe November 2010)⁸¹. Die Berechnung erfolgt mithilfe von Formel (9).

⁸⁰ Iordanopolous-Kisser u. a., „Infobroschüre Bodenaushubmaterial“.

⁸¹ Iordanopolous-Kisser u. a.

$$VM.5 [-] = \frac{VM.5a [t]}{VM.5b [t]} \quad (9)$$

Beispiel:

Das Gesamtvolumen des Bodenaushubmaterials eines Bauprojektes beträgt 500 t. Ein Teil davon (100 Tonnen) ist kontaminiert und kann nicht wiederverwendet werden. Ein weiterer Teil von 50 Tonnen wird zusätzlich abtransportiert. Die restlichen 350 Tonnen werden vor Ort zur Gestaltung der Freiflächen wiederverwendet.

VM.5a ... Gesamtmasse des wiederverwendeten Aushubmaterials [t] = 350 t

VM.5b ... Gesamtmasse des Bodenaushubmaterials [t] = 500 t

$$VM.5 = \frac{350 [t]}{500 [t]} = 0,70 [-]$$

Ergebnis

Die Punktebewertung des Subindikators basiert direkt auf dem berechneten Wert gemäß Formel (9). Der Punktwert ist somit gleich dem Ergebniswert, wobei maximal 1 Punkt erreicht werden kann, siehe dazu Tabelle 6.

Tabelle 6: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.5

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
VM.5 = 0 bis 1	0,00 - 1,00

Beispiel:

$$VM.5[-] = 0,70 [-] = 0,70 [Pkt]$$

Interpretation des Subindikators

Eine hohe Bewertung bedeutet, dass ein großer Teil des Aushubs lokal wiederverwendet wird. Dadurch können notwendige Transporte reduziert und auch das notwendige Deponievolumen verringert werden. Wichtig ist hier festzuhalten, dass eine Wiederverwendung nur möglich ist, wenn das Bodenaushubmaterial nicht kontaminiert ist und den Bodenanforderungen für das neue Gebäude bzw. Bauprojekt entspricht⁸².

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Im gegenständlichen Subindikator erfolgt eine Bewertung des Anteils von wiederverwendetem Aushubmaterial. Die tatsächliche Gesamtmasse des Aushubmaterials wird jedoch momentan im ZiFa 1.0 nicht berücksichtigt. Eine Projektidee, die das Aushubmaterial generell minimiert, könnte im Zuge dieses Subindikators also schlechter bewertet werden als ein Projekt mit viel Bodenaushubmaterial und hohem Wiederverwendungsanteil. Allgemein würde sich eine Reduktion des Aushubvolumens jedoch generell positiv auf die Kreislaufwirtschaft auswirken. Demnach ist eine Berücksichtigung bei zukünftigen Versionen möglicherweise sinnvoll.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

⁸² Iordanopolous-Kisser u. a.

4.4 Indikator: (2) Ökobilanzierung

Als Ökobilanz (engl. life cycle assessment, LCA) wird gemäß EN 14040 und EN 14044 die systematische Erfassung und Auswertung der mit einem Produkt/ Bauteil oder Bauwerk verbundenen Verbräuche und Umweltbelastungen bezeichnet. Umfangreichere Studien mit dieser Methodik wurden ab den 1990er Jahren durchgeführt, im Zeitraum seither wurden zahlreiche methodische und technische Weiterentwicklungen vorgenommen. Zu nennen sind hier u.a. mittlerweile gut verfügbare Datenbanken mit Inventaren zu zahlreichen Sektoren und Prozessen (u.a. Ecoinvent, GaBi Datenbank). Im Bauwesen sind Ökobilanzen seit rund 15 Jahren verbreitet und spielen sowohl auf der Ebene von Baumaterialien (Environmental Product Declarations - EPDs) als auch auf Gebäudeebene (ÖNORM EN 15978) eine zunehmend wichtige Rolle. Folgend sind die wichtigsten nationalen Arbeitsgruppen und Normen genannt.

Das CEN Technical Committee (TC) 350 "Sustainability of construction works" beschäftigt sich seit 2005 in verschiedenen Arbeitsgruppen mit Aspekten der Nachhaltigkeit.

- WG 1: Beschreibung der Umweltqualität von Gebäuden, Nutzung von Umweltdeklarationen für Bauprodukte
- WG 3: Beschreibung, Kommunikation und Datengrundlage der Umweltqualität von Bauprodukten
- WG 4: Rahmen für die Beschreibung der ökonomischen Qualität von Gebäuden
- WG 5: Rahmen für die Beschreibung der sozialen Qualität von Gebäuden

Das Spiegelgremium in der österreichischen Normung ist die ASI-AG 011.04 "Umweltbezogene Bauanforderungen".

ÖNORM EN 15978 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Methodik zur Bewertung der Qualität von Gebäuden – Teil 1 Umweltqualität (Entwurf, Sept 2021)

ÖNORM EN 15643 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken (2021)

ÖNORM EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte (2022)

Weiters ist die Richtlinie OIB 7 „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“ zu nennen (in Ausarbeitung), die ab ihrer Veröffentlichung diesbezüglich eine zentrale Rolle einnehmen wird.

Nach Einschätzung der Autor*innen der Studie handelt es sich bei der Ökobilanz um einen wichtigen Bestandteil zur Beurteilung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden und **eine Betrachtung für möglichst den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes sowie für möglichst viele der lt. EN 15804 definierten Wirkungsindikatoren wird klar empfohlen**. Damit kann die Umweltbelastung von unterschiedlichen Baumaßnahmen beurteilt und auch Projekte bzw. Baumaßnahmen können diesbezüglich miteinander verglichen werden.

Für die Verankerung als bewertbarer Indikator, der sich in das System eingliedert (0 bis 1 Punkte) fehlen jedoch Erfahrungswerte und auch die Datenbasis ist noch nicht restlos geklärt. **Eine vereinfachte Durchführung mit den folgend genannten Randbedingungen ist jedoch im Zuge einer ZiFa 1.0 Bewertung zwingend durchzuführen**. Da nicht für alle Lebenszyklusphasen Daten vorliegen sind verpflichtend die Herstellungsphase (Phasen A1-A3) und die Entsorgungsphasen C3 (Abfallverwertung) und C4 (Entsorgung) zu betrachten, da dafür bereits ausreichend Daten verfügbar sind (siehe Abbildung 10). **Dieser Umfang sollte möglichst rasch auf den gesamten Lebenszyklus erweitert werden, insbesondere um die Phasen A4-A5, um beispielsweise auch Re-Use besser abbilden zu können**. Als Mindestanforderung hinsichtlich Wirkungskategorien wird im ZiFa 1.0 das Treibhauspotential (GWP – Global Warming Potential) gesehen, wie auch in Level(s) gefordert. Als Grund werden hier die aktuell deutlich sichtbaren Klimaauswirkungen und die gute Datenverfügbarkeit genannt. Zudem wird momentan auf EU-Ebene über einen notwendigen CO₂-Fußabdruckspass diskutiert. Auch die Anforderung der EU-Taxonomieverordnung an Gebäude mit einer Fläche größer 5000 m² macht eine Ermittlung des GWP im Lebenszyklus notwendig. Als Grundlage sind gültige EPDs heranzuziehen, vorzugsweise nach EN15804 + A2.

Von der fixen Vorgabe von generischen Daten für unterschiedliche Bauprodukte wird abgeraten bzw. im ZiFa 1.0 auch abgesehen, da so aus Sicht der Autor*innen die Möglichkeit einer Optimierung auf Seiten der Planer*innen und Ausführenden durch Verwendung von ökologischeren Bauprodukten verloren geht. Die in der Planungsphase verwendeten Produkte bzw. deren ökologischer Fußabdruck

sollten als Mindestanforderungen gesehen werden, die bei der Ausführung als rechtsverbindliche Obergrenze einzuhalten sind. Im ZiFa 1.0 gibt es diesbezüglich vorerst keine Verbindlichkeit. Eine Unterschreitung im Zuge der Ausführung sollte möglich bzw. gewünscht sein. Dies könnte sich beispielsweise auch bei einer ZiFa Bewertung eines ausgeführten Projektes positiv zu Buche schlagen.

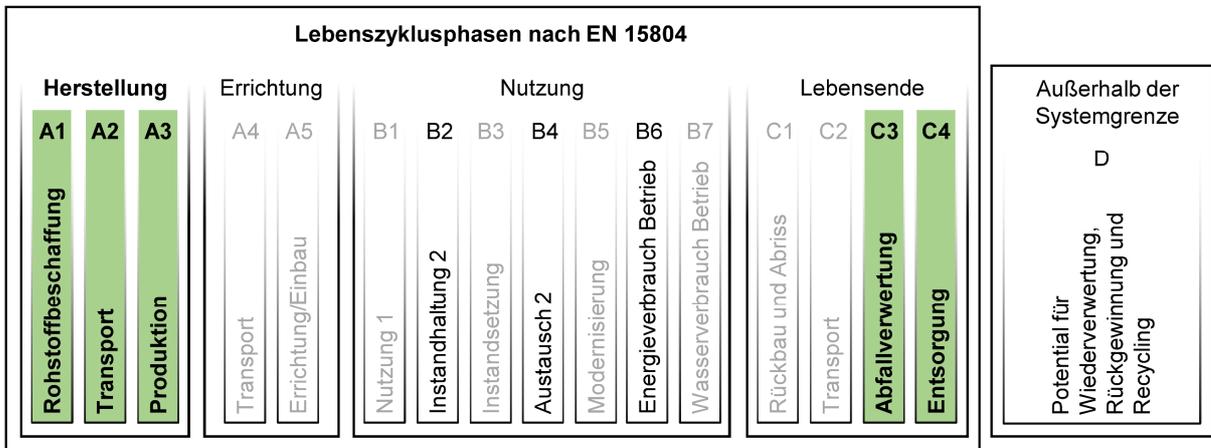


Abbildung 10: Übersicht der Lebenszyklusphasen inklusive Einschätzung der Relevanz (schwarz dargestellt) und kurzzeitigen Umsetzbarkeit (grün dargestellt) für einen Zirkularitätsfaktor.

4.5 Indikator: (3) Nutzungsintensität

Der kumulierte Indikator „Nutzungsintensität“ dient der Bewertung einer effizienten Raumnutzung von Gebäuden hinsichtlich Konstruktion und Funktionalität. Die Rohstoffausnutzung sowie auch der Energieverbrauch je Nutzer*in kann durch eine Steigerung der Nutzungsintensität wesentlich erhöht bzw. gesenkt und somit eine Kreislaufwirtschaft gefördert werden. Die Subindikatoren zur Bewertung der Nutzungsintensität (Abbildung 11) sind das (NI.1) Belegungsdichteverhältnis, das (NI.2) Flächeneffizienzverhältnis und die (NI.3) Mehrfachnutzung, welche nachfolgend näher beschrieben werden.

Indikatoren	Subindikatoren	
(1) verbaute Materialien	VM.1-5	
(3) Nutzungsintensität	NI.1-3	
(4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung	FL.1-7	NI.1 Belegungsdichteverhältnis
(5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit	LA.1-4	NI.2 Flächeneffizienzverhältnis
(6) Rückbau und Reuse	RR.1-5	NI.3 Mehrfachnutzungsfaktor
(7) Recycling	RE.1-2	
(8) Entsorgung - Komplementärwert	EN.1-4	

Abbildung 11: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (3) Nutzungsintensität

4.5.1 Subindikator: (NI.1) Belegungsdichteverhältnis

Subindikator: (NI.1) Belegungsdichteverhältnis				
Ziel: Steigerung der Nutzungsintensität. Durch Optimierung der Belegungsdichte kann die Nutzung vorhandenen Raums erhöht und der Ressourcenverbrauch reduziert werden.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, in welchem Maße die tatsächliche Belegungsdichte mit der optimalen Belegungsdichte der entsprechenden Hauptnutzung übereinstimmt.				
Eingangsdaten: Quantitativ PB.9.Nutzfläche gemäß Hauptnutzung (NF) [m ²] PB.10.Max. Personenzahl gemäß Hauptnutzung [n]				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator wurde intern entwickelt.				
Nachweis: Quantitativ				
$NI.1a \left[\frac{n}{m^2} \right] = \frac{PB.10 [n]}{PB.9. [m^2]}$				(10)
$NI.1b = \frac{1}{25} \left[\frac{n}{m^2} \right] = 0,04 \left[\frac{n}{m^2} \right]$				(11)
$NI.1 [-] = \frac{NI.1a \left[\frac{n}{m^2} \right]}{NI.1b \left[\frac{n}{m^2} \right]}$				(12)
<p>NI.1a ... Belegungsdichte [n/m²] PB.10 ... Max. Personenzahl gemäß Hauptnutzung [n] PB.9 ... Nutzfläche gemäß Hauptnutzung (NF) [m²] NI.1b ... Referenzbelegungsdichte [n/m²] NI.1 ... Belegungsdichteverhältnis [-]</p>				
Ergebnis: Das Belegungsdichteverhältnis ergibt sich aus dem Quotienten der Belegungsdichte und der Referenzbelegungsdichte. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Demnach ist 1 auch das Maximum. Das Ergebnis entspricht dem Wert für den Subindikator NI.1 (Tabelle 7).				
Tabelle 7: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator NI.1				
Antwort			Punkte	
Wohngebäude		Bildungseinrichtung		0,00 - 1,00
NI.1 = 0 bis 1		nicht angewendet		

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator gibt an, inwieweit die aktuelle Belegungsdichte der optimalen Belegungsdichte der entsprechenden Hauptnutzung entspricht. Der Subindikator spiegelt folglich wider, ob ein Gebäude hinsichtlich der Hauptnutzung effizient geplant ist und möglichst vielen Personen (maximal bis zur Referenzbelegungsdichte) Platz bietet.

Die Grundlagen für die Festlegung des Subindikators ergeben sich aus den Erfahrungen der Autor*innen, den Ergebnissen des ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektbewertung) und dem Feedback der ZiFa 1.0-Stakeholder*innen. Der Grund dafür ist, dass es keine einheitliche Literatur oder gesetzliche Vorgaben zu diesem Thema gab. Es wird empfohlen die Ergebnisse und die Sinnhaftigkeit des Subindikators im Zuge von Testbewertungen kritisch zu beurteilen. Der Subindikator wird nur für Wohngebäude abgefragt. Für Bildungseinrichtungen findet er keine Anwendung, da seitens der Stadt Wien bereits klare Regulatorien für Ober- und Untergrenzen vorhanden sind.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt mittels Berechnung eines Belegungsdichteverhältnisses, welches die Belegungsdichte (Personen pro Fläche) ins Verhältnis zu einer Referenzbelegungsdichte der entsprechenden Hauptnutzung setzt. Die Berechnung wird nachfolgend beschrieben:

I. Berechnung der Belegungsdichte [n/m²]

Zunächst wird die Belegungsdichte des geplanten Gebäudes berechnet (Formel (10)). Für Wohngebäude wird hierfür die Angaben der Projektbeschreibung zu *PB.10 - Max. Personenanzahl gemäß Hauptnutzung* und *PB.9 - Nutzfläche gemäß Hauptnutzung* benötigt. Die maximale Personenanzahl ergibt sich im Falle von Wohngebäuden aus der Anzahl der Wohnungen bzw. der je Wohnung vorhandenen Räume, siehe auch *PB.10 – Max. Personenanzahl gemäß Hauptnutzung*. Die Nutzfläche ist gemäß ÖN B 1800:2013⁸³ und ÖNORM EN 15221-6:2011⁸⁴ zu ermitteln.

$$NI.1a \left[\frac{n}{m^2} \right] = \frac{PB.10 [n]}{PB.9. [m^2]} \quad (10)$$

Beispiel:

Ein Wohngebäude mit 10 Wohnungen zu je 90 m² Nutzfläche mit jeweils 4 Zimmern bzw. 3 Schlafzimmern (3 Personen)

*PB.9 ... Nutzfläche gemäß Hauptnutzung (NF) [m²] = 10 * 90 = 900 [m²]*

*PB.10 ... Max. Personenanzahl gemäß Hauptnutzung [n] = 10 * 3 = 30 [n]*

$$NI.1a \left[\frac{n}{m^2} \right] = \frac{30 [n]}{900 [m^2]} = 0,033 \left[\frac{n}{m^2} \right]$$

II. Berechnung des Belegungsdichteverhältnisses [-]

Im nächsten Schritt wird die *Belegungsdichte* (Formel (10)) ins Verhältnis zu einer *Referenzbelegungsdichte* (Formel (11)) gesetzt, um das *Belegungsdichteverhältnis* (Formel (12)) zu erhalten. Der als Grundlage für die Berechnung der Referenzbelegungsdichte von Wohngebäuden herangezogene Wert von 25 m² Mindestnutzfläche pro Person ist abgeleitet aus § 119 (2) der Wiener Bauordnung⁸⁵, welche eine Mindestnutzfläche von 30 m² pro Wohnung vorschreibt. Der Grenzwert gemäß Wiener Bauordnung basiert auf der Annahme einer Einzelnutzung (Einzimmerwohnung), welche alle notwendigen Versorgungsräume innerhalb der Wohnung bietet (Bad, WC, Küche). Durchschnittlich besitzen Wohnungen in Wien jedoch rund zwei Zimmer⁸⁶. Um den Wert von 30 m² Nutzfläche auf Mehrzimmerwohnungen zu übertragen ist eine Erhöhung der Versorgungsräume nicht notwendig, da im Regelfall jeweils nur ein Bad, eine Küche und ein bzw. zwei WCs vorhanden sind. Es wird daher ein Wert von 25 m² pro Person für die Referenzbelegungsdichte empfohlen. Ein Belegungsdichteverhältnis von größer 1 ist theoretisch möglich, im ZiFa 1.0 allerdings ausgeschlossen.

$$NI.1b = \frac{1}{25} \left[\frac{n}{m^2} \right] = 0,04 \left[\frac{n}{m^2} \right] \quad (11)$$

$$NI.1 [-] = \frac{NI.1a \left[\frac{n}{m^2} \right]}{NI.1b \left[\frac{n}{m^2} \right]} \quad (12)$$

Beispiel:

$$NI.1[-] = \frac{0,033 \left[\frac{n}{m^2} \right]}{0,04 \left[\frac{n}{m^2} \right]} = 0,825 [-]$$

⁸³ Austrian Standards, ÖNORM B 1800: Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen.

⁸⁴ Austrian Standards, ÖNORM EN 15221-6: Facility Management - Teil 6: Flächenbemessung im Facility Management.

⁸⁵ Bauordnung für Wien - BO Wien - Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch.

⁸⁶ *Gebäude und Wohnungen - Statistiken* [online]. <https://www.wien.gv.at/statistik/lebensraum/gebaeude/#erlaeuterungen> [Zugriff am: 5. Apr. 2024].

Ergebnis

Die Punktebewertung des Subindikators basiert direkt auf dem berechneten Wert des Belegungsdichteverhältnisses gemäß Formel (12). Der Punktwert ist somit gleich dem Ergebniswert, wobei maximal 1 Punkt erreicht werden kann, siehe dazu Tabelle 7.

Tabelle 7: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator NI.1

Antwort		Punkte
Wohngebäude	Bildungseinrichtung	
NI.1 = 0 bis 1	nicht angewendet	0,00 - 1,00

Beispiel:

$NI.1[-] = 0,83 [-] = 0,83 [Pkt]$

Interpretation des Subindikators

Der Subindikator gibt an, inwieweit die aktuelle Belegungsdichte der optimalen Belegungsdichte der entsprechenden Hauptnutzung entspricht. Ein niedriger Wert deutet darauf hin, dass das Wohngebäude im Vergleich zum Referenzwert unterbelegt ist und eine Person mehr Platz als 25 m² beansprucht. Daraus folgt ein potenziell erhöhter Flächen- bzw. Ressourcenverbrauch. Der Subindikator ermöglicht es, übermäßig groß geplante Wohnungen oder Wohngebäude mit geringer Belegungsdichte zu identifizieren.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Ein Praxistest der Referenzbelegungsdichte und Evaluierung basierend darauf wird klar empfohlen.
- Die für Wohngebäude empfohlene Referenzbelegungsdichte basiert auf gesetzlichen Vorgaben und einer fachlichen Interpretation der Autor*innen.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.5.2 Subindikator: (NI.2) Flächeneffizienzverhältnis

Subindikator: (NI.2) Flächeneffizienzverhältnis				
Ziel: Steigerung der Nutzungsintensität. Durch Optimierung der Belegungsdichte kann die Nutzung vorhandenen Raums erhöht und der Ressourcenverbrauch reduziert werden.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, in welchem Maße die tatsächliche Flächeneffizienz mit der optimalen Flächeneffizienz der entsprechenden Hauptnutzung übereinstimmt.				
Eingangsdaten: Quantitativ PB.7.Brutto-Grundfläche (BGF) [m ²] PB.9.Nutzfläche gemäß Hauptnutzung (NF) [m ²]				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator wurde intern entwickelt.				
Nachweis: Quantitativ				
$NI.2a [-] = \frac{PB.9 [m^2]}{BP.7 [m^2]}$				(13)
$NI.2 [-] = \frac{NI.2a [-]}{NI.2b [-]}$				(14)
<p>NI.2a ... Flächeneffizienz [-]</p> <p>PB.7 ... Brutto – Grundfläche (BGF) [m²] = PB.7</p> <p>PB.9 ... Nutzfläche gemäß Hauptnutzung (NF) [m²] = PB.9</p> <p>NI.2b ... Referenzflächeneffizienz [-]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wohngebäude NI.2b = 0,70 • Bildungseinrichtung NI.2b = 0,65 <p>NI.2 ... Flächeneffizienzverhältnis [-]</p>				
Ergebnis: Das Flächeneffizienzverhältnis ergibt sich aus dem Quotienten der Flächeneffizienz und der Referenzflächeneffizienz. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Das Ergebnis entspricht dem Wert für den Subindikator NI.2 (Tabelle 8).				
Tabelle 8: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator NI.2				
Antwort				Punkte
Wohngebäude / Bildungseinrichtung				
NI.2 = 0 bis 1				0,00 - 1,00

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator gibt an, inwieweit die tatsächliche Flächeneffizienz der optimalen Flächeneffizienz der entsprechenden Hauptnutzung entspricht. Der Subindikator spiegelt folglich wider, ob ein Gebäude so geplant ist, dass die Nutzfläche gemäß Hauptnutzung maximiert und die übrigen Flächen klein gehalten werden. Die Maximierung des Flächeneffizienzverhältnisses darf jedoch den Komfort und die Sicherheit der Gebäudenutzer*innen nicht negativ beeinflussen.

Die Grundlagen für die Festlegung des Subindikators ergeben sich aus den Erfahrungen der Autor*innen, den Ergebnissen des ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektbewertung) und dem Feedback der ZiFa 1.0-Stakeholder*innen. Der Grund dafür ist, dass es keine einheitliche Literatur oder gesetzliche Vorgaben zu diesem Thema gab. Darüber hinaus wird dringend empfohlen, die Überprüfung der Praktikabilität eines optimalen Belegungsdichteverhältnisses genau zu beobachten. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt. Es wird jedoch für jeden Gebäudetyp ein spezifischer Wert der optimalen Flächeneffizienz (Referenzflächeneffizienz) berücksichtigt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt mittels Berechnung eines Flächeneffizienzverhältnisses, welches die Flächeneffizienz (Nutzfläche gemäß Hauptnutzung pro Brutto-Grundfläche) in Verhältnis zu einer Referenzflächeneffizienz der entsprechenden Hauptnutzung setzt. Die Berechnung wird nachfolgend beschrieben:

I. Berechnung der Flächeneffizienz [-]

Zunächst wird die Flächeneffizienz des geplanten Gebäudes berechnet (Formel (13)). Für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen wird die PB.9.Nutzfläche gemäß Hauptnutzung nach ÖN B 1800:2013⁸⁷ und ÖNORM EN 15221-6:2011⁸⁸ ermittelt. Die PB.7. Brutto-Grundfläche wird nach ÖN B 1800:2013⁸⁹ ermittelt.

$$NI. 2a[-] = \frac{PB. 9 [m^2]}{PB. 7 [m^2]} \quad (13)$$

Beispiel:

Ein Wohngebäude hat eine Nutzfläche gemäß Hauptnutzung von 65 m² und eine Brutto-Grundfläche von 100 m².

PB.7 Brutto – Grundfläche(BGF)[m²] = 100 [m²]

PB.9 ... Nutzfläche gemäß Hauptnutzung (NF) [m²] = 65 [m²]

$$NI. 2a \left[\frac{n}{m^2} \right] = \frac{65 [m^2]}{100 [m^2]} = 0,65 [-]$$

II. Berechnung des Flächeneffizienzverhältnisses [-]

Im nächsten Schritt wird die *Flächeneffizienz* (Formel (13)) in ein Verhältnis zu einer *Referenzflächeneffizienz* gesetzt, um das *Flächeneffizienzverhältnis* (Formel (14)) zu erhalten. Die Richtwerte für die *Referenzflächeneffizienz* von Wohngebäuden (0,70) und Bildungseinrichtungen (0,65) wurden auf Basis von Erfahrungswerten der Autor*innen, den Ergebnissen der Projektbewertung aus Phase 4 des ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektbewertung), auf dem Feedback der Stakeholder*innen und Beteiligten des ZiFa 1.0 und einschlägiger Fachliteratur definiert⁹⁰. Es wird empfohlen, die Praxistauglichkeit der definierten *Referenzflächeneffizienz* zu überprüfen. Ein *Flächeneffizienzverhältnis* von größer 1 ist theoretisch möglich, ist allerdings im ZiFa 1.0 ausgeschlossen.

$$NI. 2[-] = \frac{NI. 2a [-]}{NI. 2b [-]} \quad (14)$$

NI. 2b ... Referenzflächeneffizienz [-]

- **Wohngebäude NI.2b = 0,70**
- **Bildungseinrichtung NI.2b = 0,65**

Beispiel:

NI. 2a ... Flächeneffizienz [-] = 0,65 [-]

NI. 2b ... Referenzflächeneffizienz (Wohngebäude)[-] = 0,70 [-]

$$NI. 2[-] = \frac{0,65 [m^2]}{0,70 [m^2]} = 0,929 [-]$$

⁸⁷ Austrian Standards, ÖNORM B 1800: Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen.

⁸⁸ Austrian Standards, ÖNORM EN 15221-6: Facility Management - Teil 6: Flächenbemessung im Facility Management.

⁸⁹ Austrian Standards, ÖNORM B 1800: Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen.

⁹⁰ Haberle, „Wie groß ist die Wohnfläche von Mehrfamilienhäusern?“

Ergebnis

Die Punktebewertung des Subindikators basiert direkt auf dem berechneten Wert gemäß Formel (14). Der Punktwert ist somit gleich dem Ergebniswert, wobei maximal 1 Punkt erreicht werden kann, siehe dazu Tabelle 8.

Tabelle 8: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator NI.2

Antwort	Punkte
Wohngebäude / Bildungseinrichtung	
NI.2 = 0 bis 1	0,00 - 1,00

Beispiel:

NI.2[-] = 0,929 [-] = 0,93 [Pkt]

Interpretation des Subindikators

Der Subindikator gibt an, inwieweit die aktuelle Flächeneffizienz der optimalen Flächeneffizienz der entsprechenden Hauptnutzung entspricht. Ein niedriger Wert deutet darauf hin, dass die nutzbare Fläche des Gebäudes deutlich kleiner ist als die Brutto-Grundfläche. Daraus folgt ein potenziell erhöhter Ressourcen- und Flächenverbrauch. Der Subindikator ermöglicht es übermäßig groß geplante Wohngebäude oder Bildungseinrichtungen mit geringer Flächeneffizienz zu identifizieren.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest der Referenzflächeneffizienz wird klar empfohlen.
- Die für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen empfohlene Referenzflächeneffizienz basiert auf einer fachlichen Interpretation der Autor*innen. Eine Anpassung ist ggf. möglich und sinnvoll.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.5.3 Subindikator: (NI.3) Mehrfachnutzungsfaktor

Subindikator: (NI.3) Mehrfachnutzungsfaktor				
Ziel: Steigerung der Nutzungsintensität. Durch die Schaffung multifunktionaler Räume können gemeinschaftliche und individuelle Bedürfnisse effektiv befriedigt und gleichzeitig Ressourcen geschont werden, indem ungenutzte bzw. lediglich von Einzelpersonen/einzelnen Personengruppen verwendete Flächen vermieden werden.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, wieviel der Nutzfläche eines Gebäudes entsprechend der Hauptnutzung als multifunktionale Räume genutzt werden können.				
Eingangsdaten: Quantitativ PB.9.Nutzfläche gemäß Hauptnutzung (NF) [m ²] PB.11.Gesamtnutzfläche der Mehrzweckräume [m ²]				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator wurde intern entwickelt.				
Nachweis: Quantitativ $NI.3[-] = \frac{PB.11 [m^2]}{PB.9 [m^2]} \quad (15)$ PB.9 ... Nutzfläche gemäß Hauptnutzung (NF)[m ²] PB.11 ... Gesamtnutzfläche der Mehrzweckräume [m ²] NI.3 ... Mehrfachnutzungsfaktor [-]				
Ergebnis: Der NI.3.Mehrfachnutzungsfaktor ergibt sich aus dem Quotienten der Gesamtnutzfläche der Mehrzweckräume und der Nutzfläche gemäß Hauptnutzung. Gemäß Tabelle 9 werden Punkte auf der Grundlage dieser Mehrfachnutzung vergeben, wobei keine Unterscheidung zwischen Wohngebäuden und Bildungseinrichtungen berücksichtigt wird. Eine hohe Anzahl an Gesamtnutzfläche der Mehrzweckräume ergibt eine höhere Punktzahl.				
Tabelle 9: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator NI.3				
Antwort				Punkte
Wohngebäude		Bildungseinrichtung		
NI.3 ≤ 0,00		NI.3 ≤ 0,00		0,00
0,00 < NI.3 ≤ 0,02		0,00 < NI.3 ≤ 0,05		0,20
0,02 < NI.3 ≤ 0,04		0,05 < NI.3 ≤ 0,10		0,40
0,04 < NI.3 ≤ 0,06		0,10 < NI.3 ≤ 0,15		0,60
0,06 < NI.3 ≤ 0,08		0,15 < NI.3 ≤ 0,20		0,80
NI.3 > 0,08		NI.3 > 0,20		1,00

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator gibt an, in welchem Verhältnis die aktuelle Nutzfläche eines Gebäudes entsprechend der Hauptnutzung des Gebäudes als Mehrzweckräume genutzt werden kann. Der Subindikator spiegelt folglich wider, ob ein Gebäude Raum innerhalb seiner Nutzfläche für multifunktionale Aktivitäten bietet, wobei diese Flächen für die Gemeinschaft zugänglich sein müssen. Mehrzweckräume im ZiFa 1.0 werden als Räume innerhalb eines Gebäudes betrachtet, die verschiedene Aktivitäten wie Meetings, Workshops, Fitnesskurse und Konferenzen ermöglichen. Um den geforderten Standards gerecht zu werden, müssen diese Räume bestimmte Kriterien erfüllen, die in der Projektbeschreibung (PB.11) festgelegt sind.

Der Subindikator sowie auch die optimalen Werte basieren auf Erfahrungswerten der Autor*innen, sowie auf den Ergebnissen der im Zuge des ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektbewertung) durchgeführten Forschungsarbeit durch alle Beteiligten. Es wird klar empfohlen die Praxistauglichkeit der optimalen Werte für den Mehrfachnutzungsfaktor zu überprüfen. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt mittels Berechnung eines Mehrfachnutzungsfaktors, welcher die Gesamtnutzfläche der Mehrzweckräume in Verhältnis zur Nutzfläche der entsprechenden Hauptnutzung setzt. Die Berechnung wird nachfolgend beschrieben:

I. Berechnung des Mehrfachnutzungsfaktors [-]

Die Gesamtnutzfläche der Mehrzweckräume des geplanten Gebäudes wird in ein Verhältnis zur Nutzfläche gemäß Hauptnutzung gesetzt, um den Mehrfachnutzungsfaktor (Formel (15)) zu erhalten. Die Gesamtnutzfläche der Mehrzweckräume wird auf der Grundlage der Definition dieses Raumtyps in der Projektbeschreibung (PB.11) bestimmt. Die Nutzfläche ist gemäß ÖN B 1800:2013⁹¹ und ÖNORM EN 15221-6:2011⁹² zu ermitteln. Der Richtwert für den Mehrfachnutzungsfaktor des geplanten Gebäudes wird auf der Grundlage der Erfahrungen der Autor*innen, des partizipativen Austausches mit dem Stakeholder*innen im ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektbewertung) und des Feedbacks der Stakeholder*innen definiert. Aufgrund fehlender einschlägiger Literatur und Erfahrungswerten wird empfohlen, die Praxistauglichkeit des definierten Mehrfachnutzungsfaktors im Zuge der ersten Anwendungen zu überprüfen. Ein Mehrfachnutzungsfaktor von mehr als 0,20 ist möglich, wird im Zuge des ZiFa 1.0 aber nicht zugelassen.

$$NI.3[-] = \frac{PB.11 [m^2]}{PB.9 [m^2]} \quad (15)$$

Beispiel:

Ein Wohngebäude hat eine Gesamtnutzfläche für Mehrzweckräumen von 120 m² und eine Nutzfläche gemäß Hauptnutzung von 1000 m².

PB.9 ... Nutzfläche gemäß Hauptnutzung (NF) [m²] = 1000 [m²]

PB.11 ... Gesamtnutzfläche der Mehrzweckräume [m²] = 120 [m²]

$$NI.3[-] = \frac{120 [m^2]}{1000 [m^2]} = 0,12 [-]$$

Ergebnis

Der Subindikator wird anhand des Mehrfachnutzungsfaktors bestimmt. Gemäß Tabelle 9 erfolgt je nach Mehrfachnutzungsfaktor eine Punktevergabe zwischen 0 und 1, wobei zwischen Wohngebäuden und Bildungseinrichtungen unterschieden wird.

Tabelle 9: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator NI.3

Antwort		Punkte
Wohngebäude	Bildungseinrichtung	
NI.3 ≤ 0,00	NI.3 ≤ 0,00	0,00
0,00 < NI.3 ≤ 0,02	0,00 < NI.3 ≤ 0,05	0,20
0,02 < NI.3 ≤ 0,04	0,05 < NI.3 ≤ 0,10	0,40
0,04 < NI.3 ≤ 0,06	0,10 < NI.3 ≤ 0,15	0,60
0,06 < NI.3 ≤ 0,08	0,15 < NI.3 ≤ 0,20	0,80
NI.3 > 0,08	NI.3 > 0,20	1,00

Beispiel:

NI.3[-] = 0,12 [-] Wohngebäude: 0,12 [-] > 0,08 [-] ≙ **1,00 [Pkt.]**

⁹¹ Austrian Standards, ÖNORM B 1800: Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen.

⁹² Austrian Standards, ÖNORM EN 15221-6: Facility Management - Teil 6: Flächenbemessung im Facility Management.

Interpretation des Subindikators

Der Subindikator gibt an, welcher Anteil der Nutzfläche eines Gebäudes für eine Mehrzwecknutzung geeignet ist. Der Subindikator ermöglicht eine Bewertung, ob Wohngebäude oder Bildungseinrichtungen durch die Planung von Räumen mit multifunktionaler Nutzungsmöglichkeit, effizienter genutzt werden können.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest des Richtwertes für den Mehrfachnutzungsfaktor ist jedoch zwingend erforderlich und wird empfohlen.
- Der für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen empfohlene Richtwert für den Mehrfachnutzungsfaktor basiert auf einer fachlichen Interpretation der Autor*innen. Eine Anpassung ist ggf. möglich und sinnvoll.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.6 Indikator: (4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung

Der kumulierte Indikator „Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung“ bewertet, wie flexibel ein Gebäude geplant ist bzw. wie flexibel dieses genutzt und wie einfach dieses adaptiert werden kann. Eine leichte Änderbarkeit von Grundrissen und Innenräumen durch hohe Flexibilität erhöht beispielsweise die Umnutzbarkeit. Diese Flexibilität kann durch große Spannweiten, rasterförmige Fassaden und nichttragende, eventuell mobile Innenwände gesteigert werden. Ein großer Abstand zwischen horizontalen tragenden Strukturen (Decken), der Abstand der Rohdeckenoberkante zur darüber liegenden Rohdeckenunterkante, erlaubt zudem mehr Möglichkeiten für eine spätere Nutzungsänderung, da mehr Raum für haustechnische Einrichtungen vorhanden ist. Die im kumulierten Indikator verwendeten Subindikatoren sind in Abbildung 12 dargestellt.

Indikatoren	Subindikatoren	
(1) verbaute Materialien	VM.1-5	FL.1 Abstand tragender vertikaler Strukturen
(3) Nutzungsintensität	NI.1-3	FL.2 Öffnungsbreite im Fassadenraster
(4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung	FL.1-7	FL.3 Verhältnis nichttragender Innenwände
(5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit	LA.1-4	FL.4 Verhältnis nichttragender versetzbarer Innenwände
(6) Rückbau und Reuse	RR.1-5	FL.5 Nichttragende Fassadenfläche
(7) Recycling	RE.1-2	FL.6 Durchschnittliche Rohbaurraumhöhe ab 1.OG
(8) Entsorgung - Komplementärwert	EN.1-4	FL.7 Optionale Wohnräume

Abbildung 12: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung

4.6.1 Subindikator: (FL.1) Abstand tragender vertikaler Strukturen

Subindikator: (FL.1) Abstand tragender vertikaler Strukturen				
Ziel: Steigerung der Gebäudeflexibilität. Große Abstände zwischen tragenden vertikalen Strukturen (Wände, Stützen, etc.) erlauben eine einfachere Änderung der Gebäudegrundrisse ohne umfangreiche Bau- oder Abrissarbeiten notwendig zu machen.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet die Abstände der vertikalen Tragstrukturen, indem er diese in Relation zu vorgegebenen Referenzabständen setzt. Der Subindikator differenziert bewusst nicht zwischen Stützen und Wänden, da der Einfluss von tragenden Innenwänden auf die Flexibilität in Subindikator FL.3 behandelt wird.				
Eingangsdaten: Quantitativ Abstände zwischen tragenden vertikalen Strukturen in x- und y-Richtung [m] (aus z.B.: Entwurfs-, Einreich- oder Tragwerksplänen)				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Hoch	Einreichung Hoch	Ausführung Hoch
Hintergrund: Der Subindikator basiert auf dem Level(s)-Indikator 2.3: „Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau“ ⁹³ und wurde weiter optimiert. Die Abweichungen zum Level(s)-Indikator 2.3 sind beispielsweise eine ausführlichere Beschreibung wie die mittlere Spannweite zu ermitteln sind und angepasste Grenzbereiche. Nähere Informationen dazu sind unten angeführt.				
Nachweis: Quantitativ Der Nachweis erfolgt über Berechnung des durchschnittlichen Abstands zwischen den tragenden vertikalen Strukturen. Der durchschnittliche Abstand wird für zwei Richtungen bestimmt, nach aufgespannter Fläche gewichtet und anschließend gemittelt.				
$FL.1a = l_{m,x} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_{ix} [m^2] * x_i [m])}{\sum_{i=1}^n (A_{ix} [m^2])} \quad (16)$				
$FL.1b = l_{m,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_{iy} [m^2] * y_i [m])}{\sum_{i=1}^n (A_{iy} [m^2])} \quad (17)$				
$FL.1 = l_m = \frac{l_{m,x} [m] + l_{m,y} [m]}{2} \quad (18)$				
<i>FL.1a = l_{m,x} ... Durchschnittlicher Abstand (x – Achse) [m]</i> <i>FL.1b = l_{m,y} ... Durchschnittlicher Abstand (y – Achse) [m]</i> <i>FL.1 = l_m ... Abstand zwischen tragenden vertikalen Strukturen [m]</i> <i>A_{ix} ... Aufgespannte Fläche zwischen vertikalen Tragstrukturen in x – Richtung [m²]</i> <i>A_{iy} ... Aufgespannte Fläche zwischen vertikalen Tragstrukturen in y – Richtung [m²]</i> <i>x_i ... Abstand zwischen vertikalen Tragstrukturen in x – Richtung [m]</i> <i>y_i ... Abstand zwischen vertikalen Tragstrukturen in y – Richtung [m]</i> <i>n ... Gesamtzahl der tragenden vertikalen Strukturen [n]</i>				

⁹³ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

Ergebnis: Die FL.1 Spannweite zwischen tragenden vertikalen Strukturen ergibt sich aus dem Mittelwert der durchschnittlichen Spannweiten. Gemäß Tabelle 10 werden Punkte auf der Grundlage dieser Spannweite vergeben, wobei die Unterscheidung zwischen Wohngebäuden und Bildungseinrichtungen berücksichtigt wird. Eine große Spannweite ergibt eine höhere Punktzahl.

Tabelle 10: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.1

Antwort		Punkte
Wohngebäude	Bildungseinrichtung	
$l_m < 4,00 \text{ m}$	$l_m < 6,00 \text{ m}$	0,00
$4,00 \leq l_m < 5,00 \text{ m}$	$6,00 \leq l_m < 7,00 \text{ m}$	0,20
$5,00 \leq l_m < 6,00 \text{ m}$	$7,00 \leq l_m < 8,00 \text{ m}$	0,40
$6,00 \leq l_m < 7,00 \text{ m}$	$8,00 \leq l_m < 9,00 \text{ m}$	0,60
$7,00 \leq l_m < 8,00 \text{ m}$	$9,00 \leq l_m < 10,00 \text{ m}$	0,80
$l_m \geq 8,00 \text{ m}$	$l_m \geq 10,00 \text{ m}$	1,00

Beschreibung des Subindikators

Dieser Subindikator bewertet die Flexibilität eines Gebäudes für zukünftige Anpassungen aufgrund des Abstands zwischen tragenden vertikalen Strukturen (z.B. Stützen oder Wände). Die Grundlage für den Subindikator ist der Level(s)-Indikator 2.3, Tabelle 7, Punkt 1.1 „Stützenrasterabstände“⁹⁴, wobei im Zuge des ZIFa 1.0 wesentliche Optimierungsschritte umgesetzt wurden. Einerseits wurde eine detaillierte Beschreibung erarbeitet, wie die Abstände zu ermitteln sind. Andererseits wurden die Zielbereiche adaptiert und an die Erfordernisse an Wohnbauten bzw. Bildungseinrichtungen angepasst. Da sich typische Spannweiten von Wohngebäuden und Bildungseinrichtung stark unterscheiden, wurden für jede Hauptnutzung eigene Bereiche für die Punktevergabe definiert. Die Werte basieren auf Erfahrungswerten der Autor*innen, den Rückmeldungen aus den Projektworkshops bzw. den Feedbacks. Eine Überprüfung der Praxistauglichkeit der definierten Spannweiten wird empfohlen. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis erfolgt über Berechnung des durchschnittlichen Abstands zwischen den tragenden vertikalen Strukturen. Der durchschnittliche Abstand wird für zwei Richtungen (in weiterer Folge als x- und y-Richtung definiert) bestimmt, nach aufgespannter Fläche gewichtet und anschließend gemittelt. Die Vorgehensweise wird nachfolgend beispielhaft beschrieben:

I. Identifizierung der tragenden Strukturen & Festlegung des Referenzkoordinatensystems

Zunächst werden die tragenden vertikalen Strukturen der einzelnen Geschoße identifiziert, sowie das Referenzkoordinatensystem definiert, welches die Basis für die Berechnungen bildet. Als Plangrundlage können hierfür beispielsweise Entwurfs- oder Tragwerkspläne dienen, siehe dazu Abbildung 13.

II. Ermittlung der Abstände tragender vertikaler Strukturen

Im nächsten Schritt werden die Abstände der vertikalen Tragstrukturen (entlang der Rasterachsen), und der so aufgespannten Flächen, für die x- und die y-Achse ermittelt, siehe dazu Abbildung 14. Gemessen wird hierbei von Mittelachse zu Mittelachse der tragenden Bauteile. Im Regelfall entspricht dies dem Achsraster eines Gebäudes. Dieser Prozess wird für alle Abstände zwischen tragenden vertikalen Strukturen entlang der jeweiligen Achse für jedes Geschoß wiederholt. Für die Ermittlung ist ein systematischer und nachvollziehbarer Ansatz, beispielsweise beginnend von links und fortschreitend nach rechts entlang der jeweiligen Achse, anzuwenden und anzugeben.

⁹⁴ Dodd, N.; Donatello, S.; Cordella, M. (2021) *Level(s)-Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau – Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)*. S. 24.

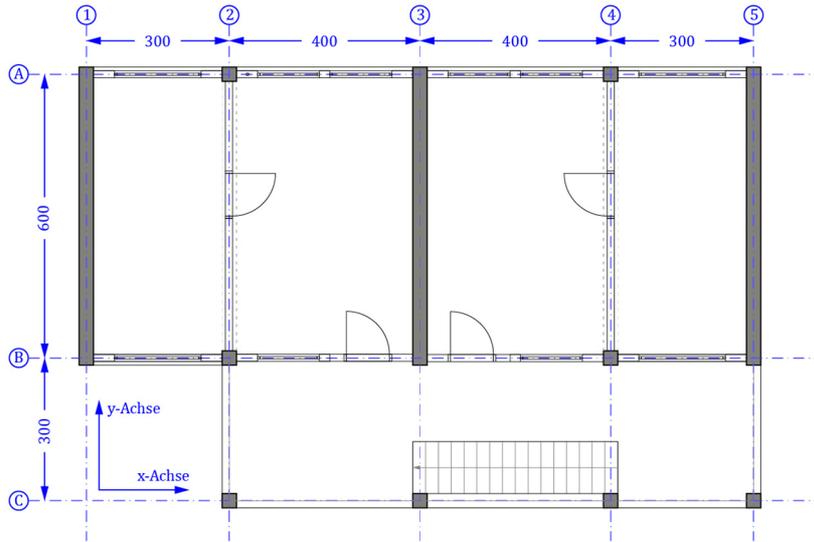


Abbildung 13: Identifizierung der tragenden vertikalen Strukturen der einzelnen Geschosse, sowie Festlegung des Referenzkoordinatensystems anhand eines Beispielgrundrisses.

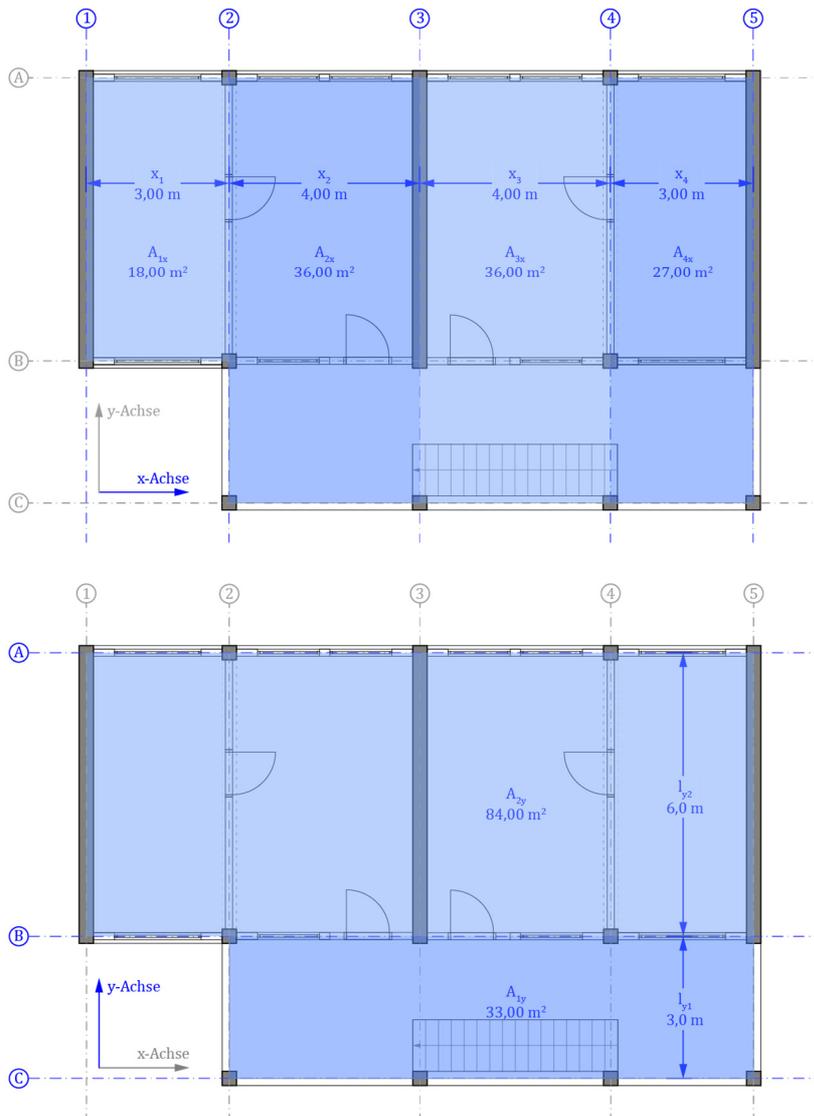


Abbildung 14: Ermittlung der Abstände tragender vertikaler Strukturen und der dazwischen aufgespannten Flächen anhand eines Beispielgrundrisses für die x-Achse (oben) und y-Achse (unten).

III. Berechnung des gewichteten durchschnittlichen Abstands

Anschließend wird mit den Formeln (16) und (17) zunächst der gewichtete durchschnittliche Abstand in x- und y-Richtung berechnet. Für die Gewichtung werden die durch die Abstände aufgespannten Flächen herangezogen. Anschließend wird mit Formel (18) der durchschnittliche Abstand zwischen den vertikalen Strukturen im Gebäude l_m berechnet.

$$FL.1a = l_{m,x} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_{ix} [\text{m}^2] * x_i [\text{m}])}{\sum_{i=1}^n (A_{ix} [\text{m}^2])} \quad (16)$$

Beispiel:

$$l_{m,x} = \frac{A_{1x} * x_1 + A_{2x} * x_2 + A_{3x} * x_3 + A_{4x} * x_4}{A_{1x} + A_{2x} + A_{3x} + A_{4x}} = \frac{18 * 3 + 36 * 4 + 36 * 4 + 27 * 3}{18 + 36 + 36 + 27} = 3,62 \text{ [m]}$$

$$FL.1b = l_{m,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_{iy} [\text{m}^2] * y_i [\text{m}])}{\sum_{i=1}^n (A_{iy} [\text{m}^2])} \quad (17)$$

Beispiel:

$$l_{m,y} = \frac{A_{1y} * y_1 + A_{2y} * y_2}{A_{1y} + A_{2y}} = \frac{33 * 3 + 84 * 6}{33 + 84} = 5,15 \text{ [m]}$$

$$FL.1 = l_m = \frac{l_{m,x} [\text{m}] + l_{m,y} [\text{m}]}{2} \quad (18)$$

Beispiel:

$$l_m = \frac{l_{m,x} + l_{m,y}}{2} = \frac{3,615 + 5,154}{2} = 4,39 \text{ [m]}$$

Ergebnis

Der Subindikator wird anhand des durchschnittlichen Abstands zwischen den tragenden vertikalen Strukturen bestimmt. Gemäß Tabelle 10 erfolgt je nach Abstand eine Punktevergabe zwischen 0 und 1, wobei zwischen Wohngebäuden und Bildungseinrichtungen unterschieden wird.

Tabelle 10: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.1

Antwort		Punkte
Wohngebäude	Bildungseinrichtung	
$l_m < 4,00 \text{ m}$	$l_m < 6,00 \text{ m}$	0,00
$4,00 \leq l_m < 5,00 \text{ m}$	$6,00 \leq l_m < 7,00 \text{ m}$	0,20
$5,00 \leq l_m < 6,00 \text{ m}$	$7,00 \leq l_m < 8,00 \text{ m}$	0,40
$6,00 \leq l_m < 7,00 \text{ m}$	$8,00 \leq l_m < 9,00 \text{ m}$	0,60
$7,00 \leq l_m < 8,00 \text{ m}$	$9,00 \leq l_m < 10,00 \text{ m}$	0,80
$l_m \geq 8,00 \text{ m}$	$l_m \geq 10,00 \text{ m}$	1,00

Beispiel:

$$FL.1 = l_m = 4,39 \text{ [m]} \quad \text{Wohngebäude: } 4,00 \leq 4,39 < 5,00 \text{ [m]} \cong 0,20 \text{ [Pkt.]}$$

Interpretation des Subindikators

Der Subindikator gibt Auskunft über die Spannweite zwischen den tragenden vertikalen Strukturen eines Gebäudes. Ein niedriger Wert deutet darauf hin, dass diese Strukturen eng beieinander liegen. Dadurch werden die Möglichkeiten zur flexiblen Gestaltung der Grundrisse eingeschränkt und zukünftige Anpassungen bzw. die Schaffung neuer Räume sind schwerer umsetzbar.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest der Referenzspannweiten wird jedoch klar empfohlen.
- Der Subindikator kann zur Folge haben, dass aufgrund großer Spannweiten erhöhter Materialverbrauch bei horizontalen Tragstrukturen entsteht. Er steht daher vor allem in Wechselwirkung mit Subindikatoren des kumulierten Indikators (1) Verbaute Materialien.
- Der Subindikator FL.1 dient nicht zur Beurteilung der Länge tragender vertikaler Strukturen. Diese Thematik wird in Subindikator FL.3 adressiert.

4.6.2 Subindikator: (FL.2) Öffnungsbreite im Fassadenraster

Subindikator: (FL.2) Öffnungsbreite im Fassadenraster				
Ziel: Steigerung der Gebäudeflexibilität. Durch Öffnungen (Fenster oder Glastüren) mit begrenzter Breite lassen sich Innenräume (Zwischenwände) einfach umgestalten, ohne die Gebäudehülle (Fassade) stark verändern zu müssen.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, in welchem Maße die Öffnungsbreiten im Fassadenraster mit den Referenzbreiten der entsprechenden Hauptnutzung übereinstimmen.				
Eingangsdaten: Quantitativ Breite jeder Öffnung (b_i) und Gesamtzahl aller Öffnungen (Fenster und Glastüren) (n_0) im Gebäude (aus z.B.: Entwurfs- oder Tragwerksplänen – Ansichten, Fassadenplänen).				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Hoch	Einreichung Hoch	Ausführung Hoch
Hintergrund: Der Subindikator basiert auf dem Level(s)-Indikator 2.3: „Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau“ ⁹⁵ und wurde weiter optimiert. Die Abweichungen zum Level(s)-Indikator 2.3 sind beispielsweise eine Änderung der Ermittlung des Subindikators (Details siehe Beschreibung unten). Lediglich hinsichtlich der Referenzöffnungsbreite wurden Angaben von Level(s) übernommen.				
Nachweis: Quantitativ				
$FL.2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_0} (b_i [m])}{(n_0 [n])} \quad (19)$				
<p>$FL.2$... Durchschnittliche Öffnungsbreite (Fenster und Glastüren) im Fassadenraster [m] b_i ... Öffnungsbreite der i – ten Öffnung (Fenster und Glastüren) [m] n_0 ... Gesamtzahl der Öffnungen (Fenster und Glastüren) [n]</p>				
Ergebnis: Die FL.2. Öffnungsbreite im Fassadenraster ergibt sich aus dem Quotienten der Summe der Öffnungsbreiten und der Gesamtzahl aller Öffnungen (Fenster und Glastüren) im Gebäude. Gemäß Tabelle 11 werden Punkte auf der Grundlage dieser durchschnittlichen Öffnungsbreite vergeben, wobei nicht zwischen Wohngebäuden und Bildungseinrichtungen unterschieden wird. Je näher die durchschnittliche Öffnungsbreite an der Referenzöffnungsbreite (1,35 m) liegt desto höher die Punktzahl.				
Tabelle 11: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.2				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
$FL.2 > 2,00$ m				0,00
$1,35$ m < $FL.2 \leq 2,00$ m				0,50
$FL.2 \leq 1,35$ m				1,00

Beschreibung des Subindikators

Dieser Subindikator bewertet die Flexibilität eines Gebäudes für zukünftige Anpassungen aufgrund der Öffnungsbreite im Fassadenraster. Die Grundlage für den Subindikator ist der Level(s)-Indikator 2.3, Tabelle 7, Punkt 1.2 „Fassadenmuster“⁹⁶, wobei im Zuge des ZiFa 1.0 einige Anpassungen/Optimierungen durchgeführt wurden. Die grundlegende Änderung war, dass anstatt des "Abstands zwischen den Laibungen", der gemäß Level(s) verwendet wird, im ZiFa 1.0 die Öffnungsbreite von Fenstern und Glastüren (als "Architekturlichte"⁹⁷ definiert) zur Bestimmung des Subindikators herangezogen wird. Diese Anpassung soll das Verständnis dafür vereinfachen, wie sich ein Fassadenraster auf die einfache Veränderung der Innenaufteilung des Gebäudes auswirkt.

⁹⁵ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)-Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

⁹⁶ Dodd, N.; Donatello, S.; Cordella, M. (2021) *Level(s)-Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau – Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)*. S. 24.

⁹⁷ Österreichisches Institut für Bautechnik, OIB-Richtlinie: Begriffsbestimmungen.

Die Referenzöffnungsweite im Fassadenraster wurde auf der Grundlage verschiedener Quellen festgelegt, darunter Level(s)⁹⁸, das Feedback aus Projektworkshops sowie basierend auf Erfahrungswerten der Autor*innen und mit 1,35 m definiert. Während die Einhaltung dieser Breite für die Optimierung des Fassadenrasters von entscheidender Bedeutung ist, ist es ebenso wichtig sicherzustellen, dass die Gesamtfensterfläche des Raumes den Wiener Bauvorschriften⁹⁹ für ausreichende Belichtung und Belüftung entspricht. Eine Prüfung der Praxistauglichkeit sowie eine weitere Optimierung für Fensterbreiten der Richtwerte basierend auf Testprojektbewertungen wird klar empfohlen. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt durch die Berechnung der durchschnittlichen Öffnungsweite, wobei die Summe der Breiten aller Öffnungen ins Verhältnis zur Gesamtzahl aller Öffnungen im Gebäude gesetzt wird. Die Berechnung wird nachfolgend näher beschrieben:

I. Identifizieren & Quantifizieren der Fenster und Glastüren:

Zunächst wird die Anzahl aller Fenster und Glastüren, unabhängig von ihrer Breite (Architekturlichte), ermittelt. Dieses Verfahren wird für jede Fassade des Gebäudes durchgeführt, wobei Dachfenster von der Quantifizierung ausgenommen sind. Als Plangrundlage können hierfür beispielsweise Entwurfs- oder Tragwerkspläne (Fassadenpläne und Ansichten) dienen, siehe dazu Abbildung 15.

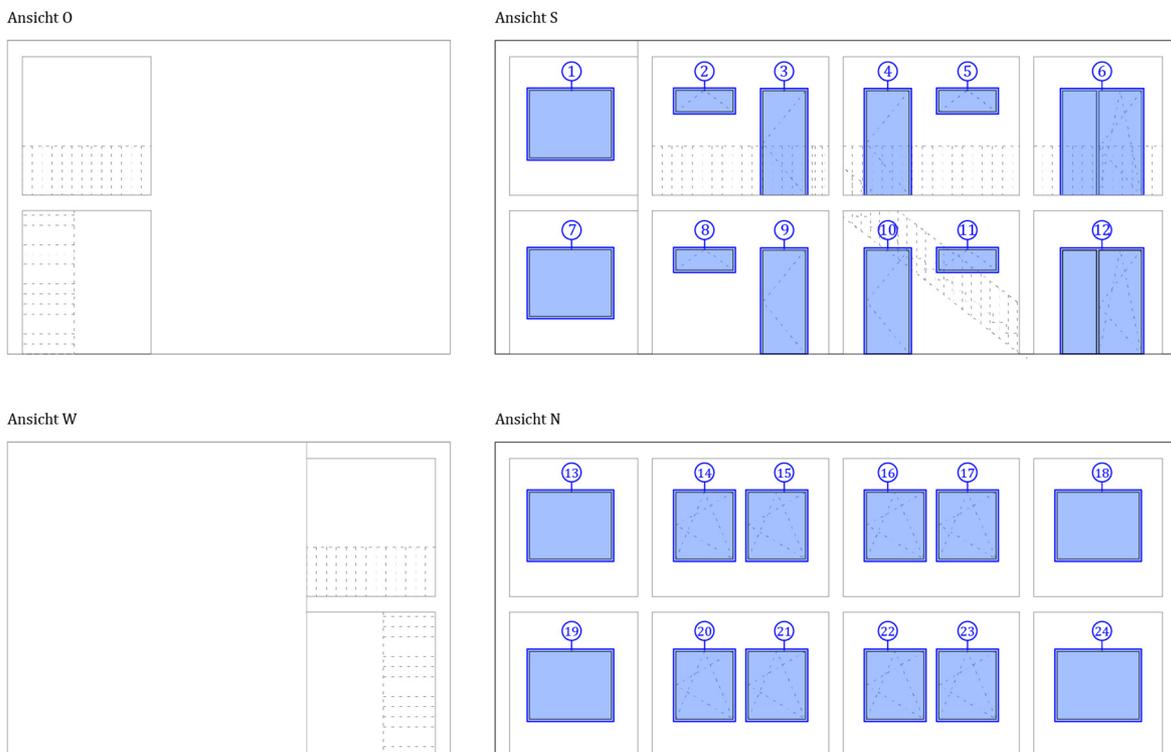


Abbildung 15: Identifizierung aller Fenster und Glastüren an jeder Gebäudefassade.

II. Ermittlung der jeweiligen Öffnungsweiten:

In diesem Schritt wird die Breite jeder Öffnung im Gebäude gemessen. Als Plangrundlage können hierfür beispielsweise Entwurfs- oder Tragwerkspläne dienen, siehe dazu Abbildung 16.

⁹⁸ Dodd, N.; Donatello, S.; Cordella, M. (2021) *Level(s)-Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau – Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)*. S. 24.

⁹⁹ Bauordnung für Wien - BO Wien - Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch.



Abbildung 16: Ermittlung aller Öffnungsbreiten an jeder Gebäudefassade

III. Berechnung der durchschnittlichen Öffnungsbreite im Fassadenraster

Die durchschnittliche Öffnungsbreite im Fassadenraster wird mit Formel (19) berechnet. Die Summe aller Öffnungsbreiten wird dafür durch die Gesamtanzahl aller Fenster und Glastüren dividiert.

$$FL. 2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_0} (b_i [\text{m}])}{(n_0 [\text{n}])} \quad (19)$$

Beispiel:

$$\sum_{i=1}^{n_0} (b_i [\text{m}]) \dots \text{Gesamtbreite aller Öffnungen (Fenster und Glastüren) [m]} = 29,70 [\text{m}]$$

$$n_0 \dots \text{Gesamtzahl der Öffnungen (Fenster und Glastüren) [n]} = 24 [\text{n}]$$

$$FL. 2 = \frac{29,70 [\text{m}]}{24 [\text{n}]} = 1,24 [\text{m}]$$

Ergebnis

Der Subindikator wird anhand der durchschnittlichen Öffnungsbreite aller Öffnungen bestimmt, welche gemäß Formel (19) ermittelt wird. Gemäß Tabelle 11 erfolgt eine Punktevergabe zwischen 0 und 1, abhängig von der ermittelten Durchschnittsbreite. Es wird nicht zwischen Wohngebäuden und Bildungseinrichtungen unterschieden.

Tabelle 11: Tabelle 11 Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.2

Antwort		Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen		
	$FL.2 > 2,00 \text{ m}$	0,00
	$1,35 \text{ m} < FL.2 \leq 2,00 \text{ m}$	0,50
	$FL.2 \leq 1,35 \text{ m}$	1,00

Beispiel:

$FL.2 = 1,24 \text{ [m]}$ Wohngebäude: $1,24 \text{ [m]} \triangleq 1,00 \text{ [Pkt.]}$

Interpretation des Subindikators

Der Subindikator gibt Auskunft über die durchschnittliche Öffnungsbreite im Fassadenraster. Ein niedriger Wert deutet darauf hin, dass ein entsprechender Anteil der Fenster größer als 1,35 m ist. Dadurch werden die Möglichkeiten zur flexiblen Gestaltung des Innenraums bzw. der Innenwände eingeschränkt und es wird die Schaffung neuer Räume erschwert.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest des Richtwerts für die Fensterbreiten sowie ggf. eine Optimierung des gesamten Subindikators wird empfohlen. Aktuell basiert der Referenzwert auf dem o.g. Level(s)-Indikator.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.6.3 Subindikator: (FL.3) Verhältnis nichttragender Innenwände

Subindikator: (FL.3) Verhältnis nichttragender Innenwände				
Ziel: Steigerung der Gebäudeflexibilität. Durch nichttragende Innenwände wird eine flexible Anpassung der Raumaufteilung, ohne dass dafür bauliche Eingriffe am Gebäude notwendig sind, ermöglicht.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet das Verhältnis der Gesamtlänge aller nichttragenden Innenwände zur Gesamtlänge aller Innenwände.				
Eingangsdaten: Quantitativ Gesamtlänge der nichttragenden Innenwände [m] und Gesamtlänge der tragenden Innenwände [m] (aus z.B.: Entwurfs- oder Tragwerksplänen).				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Mittel	Einreichung Mittel	Ausführung Mittel
Hintergrund: Der Subindikator wurde intern entwickelt.				
Nachweis: Quantitativ				
$FL.3 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{NT}}(l_{i,NT}[m])}{\sum_{i=1}^{n_{NT}}(l_{i,NT}[m]) + \sum_{i=1}^{n_T}(l_{i,T}[m])} \quad (20)$				
<p><i>FL.3</i> ... Verhältnis nichttragender Innenwände [–] <i>l_{i,NT}</i> ... Länge der i – ten nichttragenden Innenwand [m] <i>l_{i,T}</i> ... Länge der i – ten tragenden Innenwand [m] <i>n_{NT}</i> ... Anzahl der nichttragenden Innenwände [n] <i>n_T</i> ... Anzahl der tragenden Innenwände [n]</p>				
Ergebnis: Das FL.3-Verhältnis nichttragender Innenwände ergibt sich aus dem Quotienten der Gesamtlänge der nichttragenden Innenwände und der Gesamtlänge aller Innenwände im Gebäude. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Das Ergebnis entspricht dem Wert für den Subindikator FL.3, siehe Tabelle 12.				
Tabelle 12: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.3				
Antwort				Punkte
Wohngebäude		Bildungseinrichtung		
FL.3 ≤ 0,00		FL.3 ≤ 0,00		0,00
0,00 < FL.3 ≤ 0,10		0,00 < FL.3 ≤ 0,05		0,20
0,10 < FL.3 ≤ 0,20		0,05 < FL.3 ≤ 0,10		0,40
0,20 < FL.3 ≤ 0,30		0,10 < FL.3 ≤ 0,15		0,60
0,30 < FL.3 ≤ 0,40		0,15 < FL.3 ≤ 0,20		0,80
FL.3 > 0,40		FL.3 > 0,20		1,00

Beschreibung des Subindikators

Dieser Subindikator bewertet die Flexibilität eines Gebäudes für künftige Anpassungen anhand des Anteils der nicht tragenden Innenwände. Ein hoher Anteil an nicht tragenden Innenwänden im Verhältnis zur Gesamtzahl der Innenwände ermöglicht es, die Innenaufteilung zukünftig, ohne aufwändige bauliche Eingriffe zu verändern. Der Subindikator sowie die Richtwerte wurden Grundlage der Erfahrungen der Autor*innen, der Ergebnisse der im Zuge der Entwicklung des ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektbewertung) durchgeführten Forschungsarbeit und der Rückmeldungen der ZiFa 1.0 Stakeholder*innen ermittelt. Darüber hinaus ist es empfehlenswert, die Referenzwerte in einer praktischen Anwendung zu überprüfen und ggf. zu optimieren. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt mittels Berechnung des Anteils der nicht tragenden Innenwände des Gebäudes im Verhältnis zur Gesamtlänge aller Innenwände. Die Berechnung wird nachfolgend beschrieben:

I. Identifizierung jedes Typs der Innenwände:

Zunächst sollten alle Segmente von nicht tragenden Innenwänden ($l_{i,NT}$) gekennzeichnet werden, (bspw. beginnend mit „ $l_{1,NT}$ “ und dann fortlaufend). Dasselbe Verfahren wird für tragende Innenwände angewandt ($l_{i,T}$). Nichttragende Wände zu nicht konditionierten Räumen im Gebäude sind von der Kalkulation auszunehmen und werden per Definition zu den Außenwänden gezählt und somit in FL 5 berücksichtigt. Es sind alle Geschosse in die Bewertung miteinzubeziehen und die Ermittlung ist entsprechend zu dokumentieren. Ein systematisches Vorgehen, bspw. beginnend im Erdgeschoss bis zum obersten Stockwerk, wird empfohlen. Die Bestimmung der Wandlängen, gemessen entlang der Mittelachse ist klar und nachvollziehbar darzustellen. Als Plangrundlage können hierfür beispielsweise Entwurfs- oder Tragwerkspläne dienen, siehe dazu Abbildung 17.

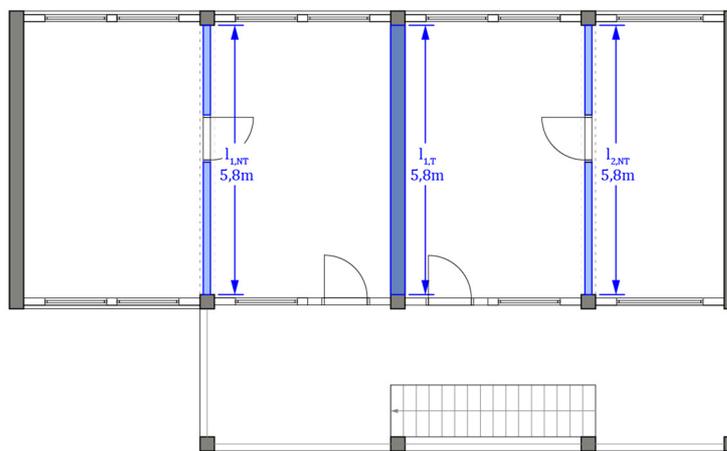


Abbildung 17: Identifizierung jedes Typs der Innenwände

II. Berechnung des Anteils der nicht tragenden Innenwände des Gebäudes

Der Anteil der nicht tragenden Innenwände des Gebäudes wird mit der Formel (20) berechnet.

$$FL.3 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{nt}} (l_{int} [m])}{\sum_{i=1}^{n_{nt}} (l_{int} [m]) + \sum_{i=1}^{n_t} (l_{it} [m])} \quad (20)$$

Beispiel:

$$FL.3 = \frac{(l_{1,NT} + l_{2,NT})}{(l_{1,NT} + l_{2,NT}) + (l_{1,T})} = \frac{(5,8 + 5,8)}{(5,8 + 5,8) + (5,8)} = 0,67[-]$$

Ergebnis

Der Subindikator stellt den Anteil der nicht tragenden Innenwände an der Gesamtlänge der Innenwände in einem Gebäude dar. Gemäß Tabelle 12 erfolgt je nach Verhältnis nichttragender Innenwände eine Punktevergabe zwischen 0 und 1, wobei zwischen Wohngebäuden und Bildungseinrichtungen unterschieden wird, siehe Tabelle 12.

Tabelle 12: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.3

Antwort		Punkte
Wohngebäude	Bildungseinrichtung	
$FL.3 \leq 0,00$	$FL.3 \leq 0,00$	0,00
$0,00 < FL.3 \leq 0,10$	$0,00 < FL.3 \leq 0,05$	0,20
$0,10 < FL.3 \leq 0,20$	$0,05 < FL.3 \leq 0,10$	0,40
$0,20 < FL.3 \leq 0,30$	$0,10 < FL.3 \leq 0,15$	0,60
$0,30 < FL.3 \leq 0,40$	$0,15 < FL.3 \leq 0,20$	0,80
$FL.3 > 0,40$	$FL.3 > 0,20$	1,00

Beispiel:

$FL.3[-] = 0,67 [-]$ *Wohngebäude:* $0,67 [-] > 0,40 [-] \hat{=} 1,00 [Pkt.]$

Interpretation des Subindikators

Der Subindikator gibt Auskunft über den Anteil der nicht tragenden Innenwände des Gebäudes im Verhältnis zur Gesamtlänge aller Innenwände. Ein niedriger Wert deutet auf begrenzte Umgestaltungsmöglichkeiten für das Gebäudeinnere hin.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest sowie ggf. eine Optimierung der Richtwerte wird klar empfohlen.
- Der für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen optimalen Anteil der nicht tragenden Innenwände des Gebäudes im Verhältnis zur Gesamtlänge aller Innenwände basiert auf einem Erstentwurf der Autor*innen.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in Wechselwirkung mit dem Subindikator "FL.1.Abstand tragender vertikaler Strukturen [m]" des ZiFa 1.0 und ergänzt damit den Einfluss der Länge tragender Innenwände auf die Zirkularität des Gebäudes.

4.6.4 Subindikator: (FL.4) Verhältnis nichttragender versetzbarer Innenwände

Subindikator: (FL.4) Verhältnis nichttragender versetzbarer Innenwände				
Ziel: Steigerung der Gebäudeflexibilität. Nichttragende, versetzbare Innenwände ermöglichen eine flexible Anpassung der Raumaufteilung, ohne dass dafür bauliche Eingriffe am Gebäude notwendig sind.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet das Verhältnis der Gesamtlänge der nichttragenden Innenwände zur Gesamtlänge der nichttragenden versetzbaren Innenwände.				
Eingangsdaten: Quantitativ Gesamtlänge der nichttragenden versetzbaren Innenwände [m] und Gesamtlänge aller nichttragenden Innenwände [m] (aus z.B.: Entwurfs- oder Tragwerksplänen).				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Mittel	Einreichung Mittel	Ausführung Mittel
Hintergrund: Der Subindikator wurde intern entwickelt.				
Nachweis: Quantitativ				
$FL.4 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{NTV}} (l_{i,NTV} [m])}{\sum_{i=1}^{n_{NTV}} (l_{i,NTV} [m]) + \sum_{i=1}^{n_{NT}} (l_{i,NT} [m])} \quad (21)$				
<p><i>FL.4</i> ... Verhältnis nichttragender versetzbarer Innenwände [-]</p> <p><i>l_{i,NTV}</i> ... Länge der <i>i</i> – ten nichttragenden versetzbarer Innenwand [m]</p> <p><i>l_{i,NT}</i> ... Länge der <i>i</i> – ten nichttragenden Innenwand [m]</p> <p><i>n_{NTV}</i> ... Anzahl der nichttragenden versetzbarer Innenwand [n]</p> <p><i>n_{NT}</i> ... Anzahl der nichttragenden Innenwände [n]</p>				
Ergebnis: Das FL.4. Verhältnis nichttragender versetzbarer Innenwände ergibt sich aus dem Quotienten der Gesamtlänge der nichttragenden versetzbaren Innenwände und der Gesamtlänge aller nichttragenden Innenwände im Gebäude. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Das Ergebnis entspricht dem Wert für den Subindikator FL.4, siehe Tabelle 13.				
Tabelle 13: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.4				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
FL.4 ≤ 0,00				0,00
0,00 < FL.4 ≤ 0,05				0,20
0,05 < FL.4 ≤ 0,10				0,40
0,10 < FL.4 ≤ 0,15				0,60
0,15 < FL.4 ≤ 0,20				0,80
FL.4 > 0,20				1,00

Beschreibung des Subindikators

Dieser Subindikator bewertet die Flexibilität eines Gebäudes für künftige Anpassungen anhand des Verhältnisses nichttragender versetzbarer Innenwände zur Gesamtlänge aller nichttragenden Innenwände. Ein hoher Anteil nicht tragender versetzbarer Innenwände im Verhältnis zur Gesamtzahl der nichttragenden Innenwände ermöglicht eine flexiblere Gestaltung des Innenraums, ohne dabei große bauliche Maßnahmen bzw. Kosten zu verursachen. Der Subindikator wurde basierend auf Erfahrungen der Autor*innen, den Ergebnissen der im Zuge der Entwicklung des ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektbewertung) durchgeführten Forschungsarbeit und der Rückmeldungen der ZiFa 1.0 Stakeholder*innen entwickelt. Eine Überprüfung der Praxistauglichkeit sowie ggf. Optimierung der Referenzwerte wird klar empfohlen. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt mittels Berechnung die folgend näher beschrieben wird:

I. Identifizierung jedes Typs der nichttragenden Innenwände:

Zunächst sollten alle Segmente von nicht tragenden versetzbaren Innenwänden (l_{intv}) gekennzeichnet werden (bspw. beginnend mit „ l_{1ntv} “ und dann fortlaufend). Als "versetzbar" gelten Wandsysteme, die entweder keine Demontage für die Versetzung erfordern (z. B. Schiebewände, Faltsysteme) oder solche, die einfach demontiert und umgesetzt werden können (z. B. modulare Wandpaneele). Unbewegliche Wandsysteme wie Trockenbaurennwände fallen nicht unter diese Definition.

Dasselbe Verfahren wird für nichttragende Innenwände angewandt (l_{int}). Es sind alle Geschosse sind bei der Bestimmung zu berücksichtigen. Auch hier wird ein systematisches Vorgehen und eine saubere Dokumentation wie die Wandlängen ermittelt wurden empfohlen. Als Plangrundlage können hierfür beispielsweise Entwurfs- oder Tragwerkspläne dienen, siehe dazu Abbildung 18.

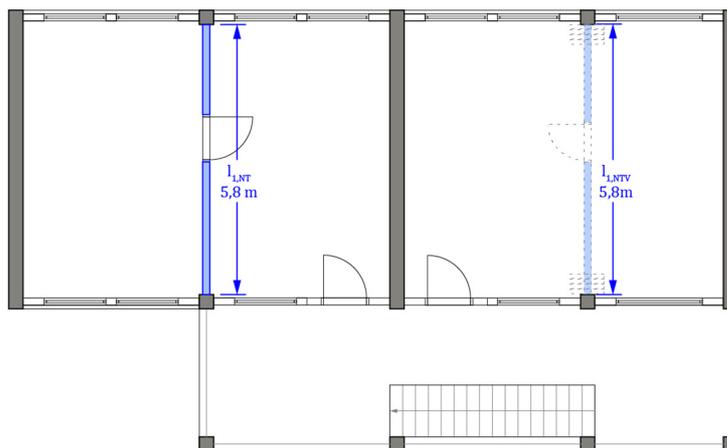


Abbildung 18: Identifizierung jedes Typs der nichttragenden Innenwände

II. Berechnung des Anteils der nicht tragenden versetzbaren Innenwände des Gebäudes

Der Anteil, der nicht tragenden versetzbaren Innenwände des Gebäudes wird mit der Formel (21) berechnet.

$$FL.4 = \frac{\sum_{i=1}^{n_{NTV}} (l_{i,NTV} [\text{m}])}{\sum_{i=1}^{n_{NTV}} (l_{i,NTV} [\text{m}]) + \sum_{i=1}^{n_{NT}} (l_{i,NT} [\text{m}])} \quad (21)$$

Beispiel:

$$FL.4 = \frac{(l_{1,NTV})}{(l_{1,NTV}) + (l_{1,NT})} = \frac{(5,8)}{(5,8) + (5,8)} = \frac{(5,8)}{(5,8) + (5,8)} = 0,50 [-]$$

Ergebnis

Der Subindikator wird anhand des Anteils der nichttragenden versetzbaren Innenwände des Gebäudes bestimmt. Gemäß Tabelle 13 erfolgt je nach Verhältnis nichttragender versetzbarer Innenwände (FL.4) eine Punktevergabe zwischen 0 und 1. Es wird nicht zwischen Wohngebäuden und Bildungseinrichtungen unterschieden.

Tabelle 13: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.4

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
FL.4 ≤ 0,00	0,00
0,00 < FL.4 ≤ 0,05	0,20
0,05 < FL.4 ≤ 0,10	0,40
0,10 < FL.4 ≤ 0,15	0,60
0,15 < FL.4 ≤ 0,20	0,80
FL.4 > 0,20	1,00

Beispiel:

FL.4 = 0,50 [-] Wohngebäude: 0,50 [-] ≙ 1,00 [Pkt.]

Interpretation des Subindikators

Der Subindikator gibt Auskunft über das Verhältnis der nichttragenden versetzbaren Innenwände des Gebäudes zu den nichttragenden Innenwänden. Ein niedriger Wert bedeutet begrenzte Umgestaltungsmöglichkeiten für die Grundrisse. Wichtig ist festzuhalten, dass grundlegende Anforderungen wie beispielsweise hinsichtlich Schallschutz zu erfüllen sind.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest sowie ggf. eine Optimierung der Richtwerte wird klar empfohlen.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.6.5 Subindikator: (FL.5) Nichttragende Fassadenfläche

Subindikator: (FL.5) Nichttragende Fassadenfläche				
Ziel: Steigerung der Gebäudeflexibilität. Durch große nichttragende Fassadenflächen können Öffnungen in der Fassade leichter verändert werden. Somit wird eine flexiblere Gestaltung und Belichtung des Gebäudeinneren ermöglicht, ohne größere statische Eingriffe notwendig zu machen.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet in welchem Verhältnis die Fassadenfläche zur nicht tragenden Fassadenfläche steht.				
Eingangsdaten: Quantitativ Gesamtfläche der Fassade [m ²] und Gesamtfläche der nichttragenden Fassade [m ²] (aus z.B.: Entwurfs- oder Tragwerksplänen).				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Mittel	Einreichung Mittel	Ausführung Mittel
Hintergrund: Der Subindikator basiert auf dem Level(s)-Indikator 2.3: „Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau“ ¹⁰⁰ und wurde weiter optimiert. Die Abweichungen zum Level(s)-Indikator 2.3 sind beispielsweise eine detailliertere Beschreibung der Berechnung der Gesamtfläche von Fassaden einschließlich tragender und nichttragender Elemente. Nähere Informationen dazu sind unten angeführt.				
Nachweis: Quantitativ				
$FL.5 = \frac{FL.5a [m^2]}{FL.5b[m^2]} \quad (22)$				
<i>FL.5</i> ... Nichttragende Fassadenfläche [-] <i>FL.5a</i> ... Gesamtfläche der nichttragenden Fassade [m ²] <i>FL.5b</i> ... Gesamtfläche der Fassade [m ²]				
Ergebnis: Die FL.5.Nichttragende Fassadenfläche ergibt sich aus dem Quotienten der Gesamtfläche der nichttragenden Fassade und der Gesamtfläche der Fassade des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Das Ergebnis entspricht dem Wert für den Subindikator FL.5 (Tabelle 14).				
Tabelle 14: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.5				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
FL.5 = 0 bis 1				0,00 – 1,00

Beschreibung des Subindikators

Dieser Subindikator bewertet die Flexibilität eines Gebäudes hinsichtlich möglicher zukünftiger Anpassungen anhand der Fläche der nichttragenden Fassade. Die Grundlage für den Subindikator bildet der Level(s)-Indikator 2.3, Tabelle 7, Punkt 3.1 „Nicht tragende Fassaden“¹⁰¹, wobei im Zuge des ZiFa 1.0 einige Anpassungen/ Optimierungen durchgeführt wurden. Dies betrifft beispielsweise eine detailliertere Beschreibung wie die Gesamtfläche der Fassade ermittelt wird.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt durch die Berechnung, die folgend näher beschrieben wird:

I. Identifizieren & Quantifizieren der Fassadenflächen:

Zuerst wird die Mantelfläche des kompletten Gebäudes ermittelt. Als Grundlage dafür werden Fassadenpläne herangezogen. So wird pro Fassade die Fläche ermittelt und addiert (exklusiv der nicht verkleideten Balkone oder Geländer). Die Definitionen von nicht tragenden und tragenden Fassaden im ZiFa 1.0 sind wie folgt:

¹⁰⁰ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

¹⁰¹ Dodd, N.; Donatello, S.; Cordella, M. (2021) *Level(s)-Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau – Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)*. S. 24.

- Nicht tragende Fassaden sind Außenverkleidungen von Gebäuden, die dem Schutz vor Witterungseinflüssen (z. B. Wind und Schnee) und der Sicherheit der Bewohner dienen, ohne dass sie über ihr Eigengewicht hinaus statische Anforderungen aus vertikaler Belastung erfüllen müssen. Ein Beispiel hierfür sind vorgehängte Fassaden bzw. Fenster oder Türen.
- Tragende Fassaden sind Außenverkleidungen eines Gebäudes, die zum Schutz vor Witterungseinflüssen und zur Sicherheit der Bewohner*innen dienen. Tragende Fassaden haben zusätzlich statische Anforderungen aus vertikalen und horizontalen Beanspruchungen zu erfüllen, welche über das bloße Eigengewicht hinausgehen.

Als Plangrundlage zur Ermittlung und Dokumentation können beispielsweise Entwurfs- oder Tragwerkspläne dienen, siehe dazu Abbildung 19 und Abbildung 20.

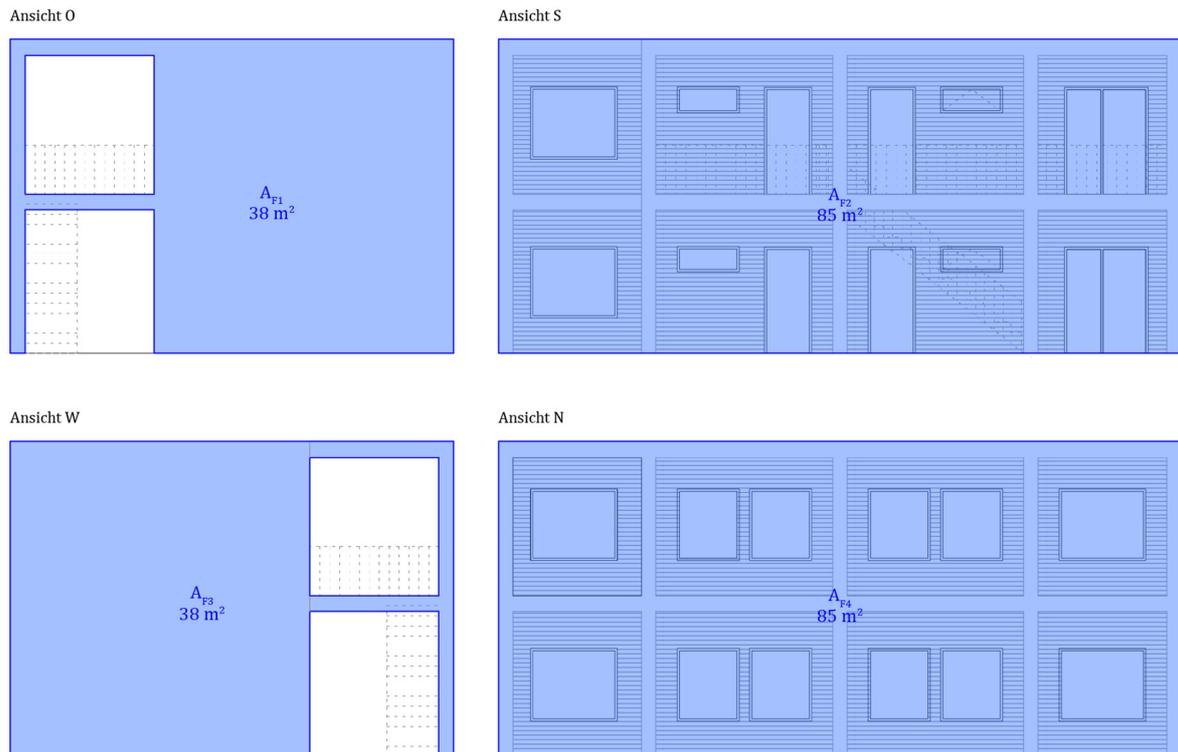


Abbildung 19: FL.5b Ermittlung der Gesamtfassadenfläche

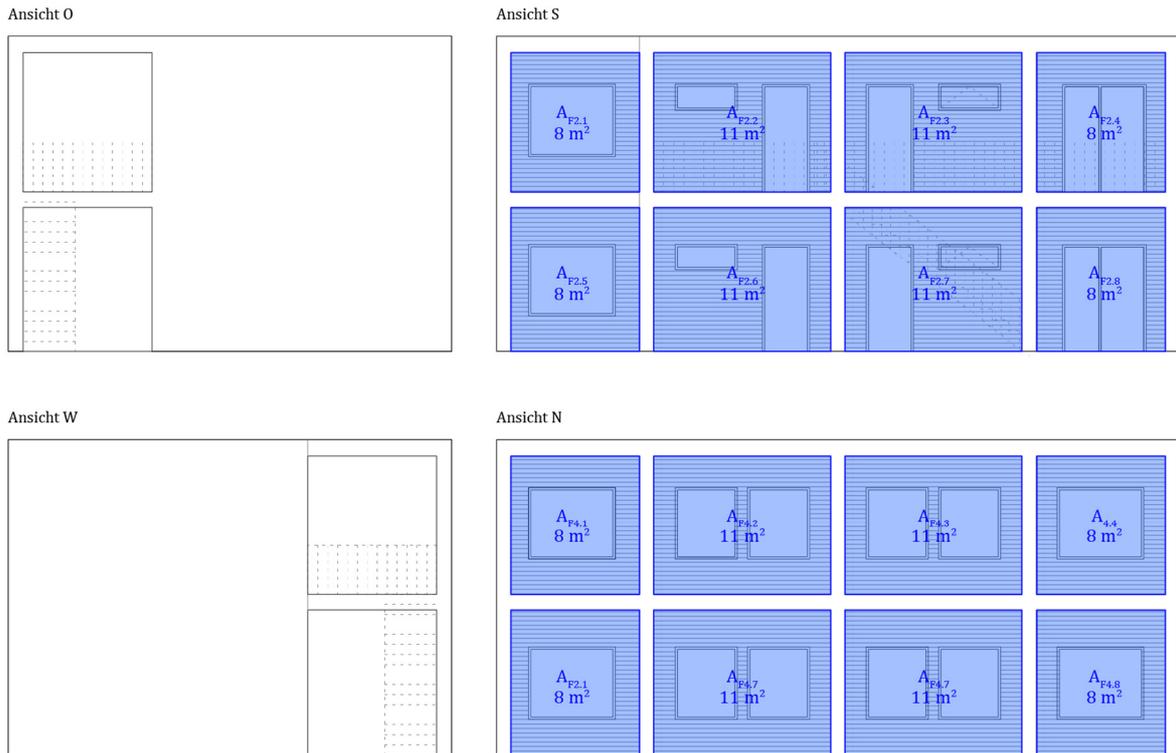


Abbildung 20: FL.5a Ermittlung aller nichttragenden Fassadenflächen

II. Berechnung der nichttragenden Fassadenfläche:

Die Fläche der nichttragenden Fassade wird mit der Formel (22) berechnet. Die Gesamtfläche der nichttragenden Fassade und die Gesamtfläche der Fassade wurden im ersten Schritt bestimmt und zueinander in ein Verhältnis gesetzt.

$$FL.5 = \frac{FL.5a \text{ [m}^2\text{]}}{FL.5b \text{ [m}^2\text{]}} \quad (22)$$

Beispiel:

$$FL.5 = \frac{(A_{F2.1} + A_{F2.2} + A_{F2.3} + \dots + A_{F4.8})}{(A_{F1} + A_{F2} + A_{F3} + A_{F4})} = \frac{4 * (8 + 11 + 11 + 8)}{(38 + 85 + 38 + 85)} = \frac{152}{246} = 0,618 = \mathbf{0,62 [-]}$$

Ergebnis

Der Subindikator wird anhand der nichttragenden Fassadenfläche bestimmt. Gemäß Formel (22) erfolgt eine Punktevergabe zwischen 0 und 1, abhängig vom Anteil der nichttragenden Fassadenfläche, wobei keine Unterscheidung zwischen Wohngebäuden und Bildungseinrichtungen berücksichtigt wird, siehe Tabelle 14.

Tabelle 14: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.5

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
FL.5 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

$$FL.5 = \mathbf{0,62 [-]} \quad \text{Wohngebäude: } \mathbf{0,62 [-]} \cong \mathbf{0,62 \text{ [Pkt.]}}$$

Interpretation des Subindikators

Der Subindikator gibt Auskunft über den Anteil der Gesamtfläche der nicht tragenden Fassade an der Gesamtfläche der Fassade. Ein niedriger Wert zeigt an, dass ein signifikanter Anteil der gesamten Fassadenfläche tragend ist, womit die Möglichkeiten für eine flexible Innen- und Außengestaltung eingeschränkt wird.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest und ggf. Optimierung des Subindikators wird klar empfohlen.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.6.6 Subindikator: (FL.6) Durchschnittliche Rohbauraumhöhe ab 1.OG

Subindikator: (FL.6) Durchschnittliche Rohbauraumhöhe ab 1.OG				
Ziel: Steigerung der Gebäudeflexibilität. Durch einen großen vertikalen Abstand zwischen tragenden Strukturen (Decken), ist eine flexiblere Umnutzung möglich, da bspw. eine spätere Anpassung der Haustechnik erleichtert wird.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, inwieweit die Rohbauraumhöhe der Obergeschoße vom geforderten Mindestwert abweicht. Das Erdgeschoss ist aufgrund der Ungewissheit der Nutzung (vorerst) bewusst nicht berücksichtigt.				
Eingangsdaten: Quantitativ Höhe zwischen Rohdeckenoberkante und -unterkante jedes Geschosses des Gebäudes ab dem 1.OG [cm] und Gesamtzahl der Geschosse n im Gebäude ab 1.OG. (aus z.B.: Entwurfs- oder Tragwerksplänen).				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Mittel	Einreichung Mittel	Ausführung Mittel
Hintergrund: Der Subindikator basiert auf dem Level(s)-Indikator 2.3: „Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau“ ¹⁰² und wurde weiter optimiert. Die Abweichungen zum Level(s)-Indikator 2.3 sind beispielsweise eine ausführlichere Beschreibung zur Ermittlung der durchschnittlichen Höhe und angepasste Grenzbereiche. Nähere Informationen dazu sind unten aufgeführt.				
Nachweis: Quantitativ				
$FL.6 = \frac{\sum_{i=1}^{n_g} (H_i [m])}{(n_g [n])} \quad (23)$				
<i>FL.6</i> ... Durchschnittliche Geschoßhöhe ab 1.OG [–] <i>H_i</i> ... Geschoßhöhe der <i>i</i> – ten Geschosses des Gebäudes, beginnend ab dem 1.OG [m] <i>n_g</i> ... Gesamtzahl der Geschosse im Gebäude ab dem 1.OG. [n]				
Ergebnis: Die FL.6. durchschnittliche Rohbauraumhöhe ab dem 1.OG ergibt sich aus dem Quotienten der Summe der Rohbauraumhöhen für alle Geschosse oberhalb des Erdgeschosses und der Gesamtzahl der Geschosse im Gebäude (ab dem 1. OG). Gemäß Tabelle 15 werden Punkte auf der Grundlage dieser durchschnittlichen Geschosshöhe vergeben, wobei die Unterscheidung zwischen Wohngebäuden und Bildungseinrichtungen berücksichtigt wird. Eine größere durchschnittliche Geschosshöhe führt zu einer höheren Punktzahl.				
Tabelle 15: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.6				
Antwort				Punkte
Wohngebäude		Bildungseinrichtung		
<i>FL.6</i> ≤ 2,60 m		<i>FL.6</i> ≤ 3,00 m		0,00
2,60 m < <i>FL.6</i> ≤ 2,70 m		3,00 m < <i>FL.6</i> ≤ 3,20 m		0,20
2,70 m < <i>FL.6</i> ≤ 2,80 m		3,20 m < <i>FL.6</i> ≤ 3,40 cm		0,40
2,80 m < <i>FL.6</i> ≤ 2,90 m		3,40 m < <i>FL.6</i> ≤ 3,60 m		0,60
2,90 m < <i>FL.6</i> ≤ 3,00 m		3,60 m < <i>FL.6</i> ≤ 3,80 m		0,80
<i>FL.6</i> > 3,00 m		<i>FL.6</i> > 3,80 m		1,00

Beschreibung des Subindikators

Dieser Subindikator bewertet die Flexibilität eines Gebäudes für zukünftige Anpassungen, insbesondere der haustechnischen Systeme durch Berücksichtigung des Abstands zwischen tragenden horizontalen Strukturen (Decken). Die Grundlage für den Subindikator ist der Level(s)-Indikator 2.3, Tabelle 7, Punkt

¹⁰² Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)–Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

2.4 „Höhere Decken für Haustechniktrassen“¹⁰³, wobei im Zuge des ZiFa 1.0 Adaptierungen/ Optimierungen durchgeführt wurden. Dabei wurden die Rohbauraumhöhen in Abhängigkeit der Gebäudekategorie (Wohnen oder Bildungseinrichtungen) adaptiert. In Level(s) gibt es lediglich Werte für Bürogebäude. Zusätzlich wurde ein Mindestwert für die durchschnittliche Geschosshöhe ab dem ersten Obergeschoss definiert. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt durch die Berechnung der durchschnittlichen Höhe zwischen Rohdeckenoberkante und -unterkante ab dem 1. OG, wobei die Summe der Höhen für alle Geschosse oberhalb des Erdgeschosses ins Verhältnis zur Gesamtzahl der Geschosse im Gebäude (ab dem 1. OG) gesetzt wird. Die Berechnung wird folgend näher beschrieben:

I. Ermittlung der jeweiligen Höhe zwischen Rohdeckenoberkante und -unterkante:

Zunächst wird die Höhe jedes Geschosses und die Anzahl der Geschosse im Gebäude (ab dem 1. OG) gemessen. Im ZiFa 1.0 ist diese Rohbauraumhöhe als Abstand zwischen Rohdeckenoberkante und Rohdeckenunterkante definiert. Als Plangrundlage können hierfür beispielsweise Entwurfs- oder Tragwerkspläne dienen, siehe dazu Abbildung 21.

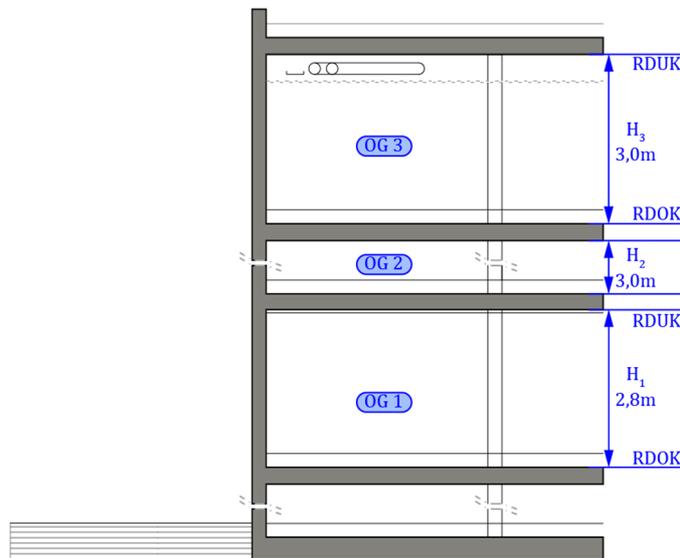


Abbildung 21: Schnitt durch ein Gebäude mit 3 Obergeschossen

II. Berechnung der durchschnittlichen „Rohbauraumhöhen“ ab 1.OG:

Die durchschnittlichen Rohbauraumhöhen ab dem 1.OG werden mit der Formel (23) berechnet. Im ersten Schritt wurden die Geschosshöhen jedes Stockwerks des Gebäudes ab dem 1. OG sowie die Gesamtzahl der Geschosse ab dem 1. OG ermittelt.

$$FL.6 = \frac{\sum_{i=1}^{n_g} (H_i [m])}{(n_g [n])} \quad (23)$$

Beispiel:

$$FL.6 = \frac{(H_1 + H_2 + H_3)}{(3)} = \frac{(2,8 + 3,0 + 3,0)}{3} = \frac{8,8}{3} = 2,933 [m]$$

¹⁰³ Dodd, N.; Donatello, S.; Cordella, M. (2021) Level(s)-Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau – Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1). S. 24.

Ergebnis

Der Subindikator wird anhand der durchschnittlichen Rohbaugeschoßhöhe ab dem 1. OG ermittelt. Abhängig von den Rohbaugeschoßhöhe werden Punkte zwischen 0 und 1 vergeben, wobei zwischen Wohngebäuden und Bildungseinrichtungen unterschieden wird (Tabelle 15).

Tabelle 15: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.6

Antwort		Punkte
Wohngebäude	Bildungseinrichtung	
$FL.6 \leq 2,60 \text{ m}$	$FL.6 \leq 3,00 \text{ m}$	0,00
$2,60 \text{ m} < FL.6 \leq 2,70 \text{ m}$	$3,00 \text{ m} < FL.6 \leq 3,20 \text{ m}$	0,20
$2,70 \text{ m} < FL.6 \leq 2,80 \text{ m}$	$3,20 \text{ m} < FL.6 \leq 3,40 \text{ cm}$	0,40
$2,80 \text{ m} < FL.6 \leq 2,90 \text{ m}$	$3,40 \text{ m} < FL.6 \leq 3,60 \text{ m}$	0,60
$2,90 \text{ m} < FL.6 \leq 3,00 \text{ m}$	$3,60 \text{ m} < FL.6 \leq 3,80 \text{ m}$	0,80
$FL.6 > 3,00 \text{ m}$	$FL.6 > 3,80 \text{ m}$	1,00

Beispiel:

$FL.6 = 2,93 \text{ [m]}$ Wohngebäude: $2,93 \text{ [m]} \triangleq 0,80 \text{ [Pkt.]}$

Interpretation des Subindikators

Eine höhere durchschnittliche Geschosshöhe ab dem 1. OG bietet Vorteile, da sie mehr Flexibilität bei der individuellen Gestaltung der Räume und damit verbundenen Adaptionen an der Haustechnik bietet. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass eine größere Geschosshöhe zu einem höheren Materialverbrauch führt. Die derzeitige minimale Geschosshöhe richtet sich nach den Mindestanforderungen für Wohngebäude bzw. Bildungseinrichtungen.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest und ggf. eine weitere Optimierung wird klar empfohlen.
- Der Subindikator steht in Wechselwirkung zum Materialverbrauch. Er steht daher vor allem in Wechselwirkung mit den Subindikatoren des kumulierten Indikators (1) Verbaute Materialien. In der Version ZiFa 1.0 ist die Erdgeschosszone bewusst nicht berücksichtigt. Grund dafür ist, dass unterschiedliche mögliche Nutzungen auch unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich Rohbauraumhöhe mit sich bringen. Zudem müsste ein etwaig zusätzlicher Indikator dafür im Vergleich zu den anderen Geschossen, auch abhängig von der Geschossanzahl, gewichtet werden. Nach einer eingehenden Praxisprüfung kann eine etwaige Berücksichtigung des Erdgeschosses nochmals evaluiert werden.

4.6.7 Subindikator: (FL.7) Optionale Wohnräume

Subindikator: (FL.7) Optionale Wohnräume				
Ziel: Steigerung der Gebäudeflexibilität. Durch die Möglichkeit optionale Wohnräume zu schaffen, kann das Gebäude während seiner Lebensdauer besser an die Bedürfnisse der Bewohner*innen angepasst werden.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, inwieweit die Wohneinheiten in Wohngebäuden die Möglichkeit bieten, optionale Wohnräume zu schaffen.				
Eingangsdaten: Quantitativ Gesamtzahl der Wohneinheiten mit Möglichkeit für optionalen Wohnraum [n] und Gesamtzahl der Wohneinheiten [n] (aus z.B.: Entwurfs- oder Tragwerksplänen).				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Mittel	Einreichung Mittel	Ausführung Mittel
Hintergrund: Der Subindikator wurde intern entwickelt.				
Nachweis: Quantitativ $FL.7 = \frac{FL.7a [n]}{FL.7b [n]} \quad (24)$ <i>FL.7 ... Optionale Wohnräume [-]</i> <i>FL.7a ... Gesamtzahl der Wohneinheiten mit Möglichkeit für optionalen Wohnraum [n]</i> <i>FL.7b ... Gesamtzahl der Wohneinheiten [n]</i>				
Ergebnis: Der Subindikator FL.7. Optionale Wohnräume ergibt sich aus dem Quotienten der Gesamtzahl der Wohneinheiten mit Möglichkeit für optionalen Wohnraum und der Gesamtzahl der Wohneinheiten des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1, siehe Tabelle 16. Tabelle 16: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.7				
		Antwort		Punkte
		Wohngebäude	Bildungseinrichtung	
		<i>FL.7 = 0 bis 1</i>	nicht angewendet	0,00 - 1,00

Beschreibung des Subindikators

Dieser Subindikator bewertet die Fähigkeit eines Gebäudes, zukünftige Anpassungen der Wohnsituation zu ermöglichen, indem er den Anteil der Wohneinheiten mit optionalen Wohnräumen im Verhältnis zur Gesamtzahl der Wohneinheiten untersucht. Die Entwicklung und Berücksichtigung dieses Subindikators basiert auf den Erfahrungen der Autor*innen, den Ergebnisse des ZiFa 1.0 (insbesondere Phase 4: Projektevaluierung) und dem Feedback von Stakeholder*innen, da es keine einheitliche Literatur oder gesetzliche Richtlinien zu diesem Thema gibt. Es wird dringend empfohlen, eine gründliche Bewertung durchzuführen, um die praktische Durchführbarkeit der empfohlenen minimalen Anteile von Wohneinheiten mit optionalen Wohnräumen innerhalb des Gebäudes zu überprüfen.

Der Subindikator wurde für Wohngebäude entwickelt, da sich die Bewohner*innen in der Regel dauerhaft in diesen Räumen aufhalten und dort ihren Wohnsitz haben. Dies unterscheidet sich von Bildungseinrichtungen, wo die Belegung zeitlich begrenzt ist und sich häufig ändert. Diese wechselnde Belegung in Bildungseinrichtungen macht es schwierig, optionale Räume zu schaffen bzw. sinnvolle Rahmenbedingungen für den Subindikator zu definieren, die die unterschiedlichen Bedürfnisse der verschiedenen Nutzer*innen erfüllen.

Nachweis des Subindikators

Die Berechnung des Subindikators erfolgt durch die Ermittlung des Anteils an Wohneinheiten mit optionalen Wohnräumen im Gebäude, wobei die Gesamtzahl der Wohneinheiten mit Möglichkeit für optionalen Wohnraum in Verhältnis zur Gesamtzahl der Wohneinheiten gesetzt wird. Die Berechnung wird im Folgenden erläutert:

I. Identifizierung und Quantifizierung von Wohneinheiten mit der Möglichkeit für optionalen Wohnraum:
 Der ZiFa 1.0 stellt strenge Anforderungen an optionalen Wohnraum in Gebäuden. Diese Anforderungen gelten sowohl für den bestehenden Raum, der geteilt wird, als auch für den neu geschaffenen optionalen Wohnraum. Beide Räume müssen mehrere wichtige Eigenschaften erfüllen:

- *Natürliches Licht und Belüftung:* Ausreichende natürliche Belichtung und Belüftung durch Fenster sind obligatorisch. Dies gewährleistet ein gesundes und komfortables Wohnen.
- *Elektrische Infrastruktur:* Die Räume müssen über die notwendigen elektrischen Leitungen für Steckdosen und Beleuchtungskörper verfügen, damit sie von den Bewohner*innen entsprechend genutzt werden können.
- *Heizung/Kühlung:* Eine angemessene Heizungs- bzw. Kühlmöglichkeit ist ebenfalls erforderlich, um den optionalen Wohnraum während der kalten bzw. heißen Jahreszeiten komfortabel zu nutzen.

Diese Anforderungen stellen sicher, dass der optionale Wohnraum den Bedürfnissen der Bewohner*innen gerecht wird und eine angenehme Wohnumgebung bietet. Für ein grundlegendes Verständnis der spezifischen Kriterien, einschließlich der Informationen zur natürlichen Belichtung, Belüftung, elektrischer Infrastruktur und Heizung, wird auf den Grundriss in Abbildung 22 verwiesen.

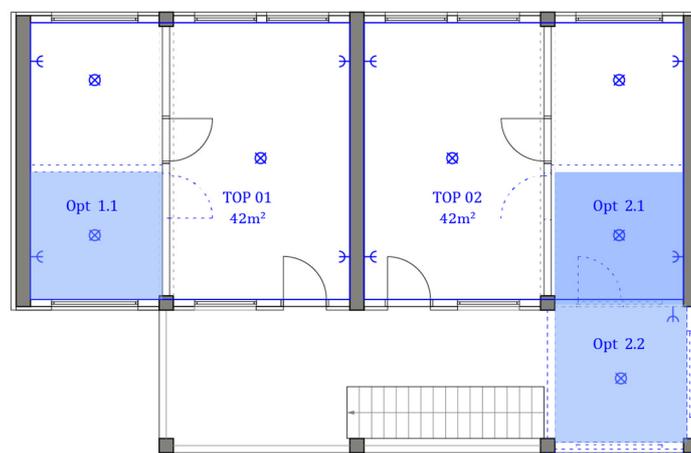


Abbildung 22: Ermittlung der Anzahl an Wohnungen mit optionalen Räumen

II. Berechnung der optionalen Wohnräume:

Der Anteil an Wohneinheiten mit optionalen Wohnräumen im Gebäude wird mit der Formel (24) berechnet. Im ersten Schritt wurde die Gesamtzahl der Wohneinheiten mit Möglichkeit für optionalen Wohnraum und die Gesamtzahl der Wohneinheiten des Gebäudes ermittelt.

$$FL. 7 = \frac{FL. 7a [n]}{FL. 7b [n]} \tag{24}$$

Beispiel:

Ein Gebäude mit zwei Wohneinheiten bietet für TOP 01 einen, und für TOP 02 zwei optionale Räume.

FL. 7a ... Gesamtzahl der Wohneinheiten mit Möglichkeit für optionalen Wohnraum [n] = 2 [n]

NI. 7b ... Gesamtzahl der Wohneinheiten [n] = 2 [n]

$$FL. 7 = \frac{FL. 7a}{FL. 7b} = \frac{2}{2} = 1,00 [-]$$

Ergebnis

Der Subindikator wird anhand des Anteils an Wohneinheiten mit Möglichkeit für optionalen Wohnraum im Gebäude bestimmt. Gemäß Formel (24) werden je nach Anteil der Einheiten mit optionalem Wohnraum im Gebäude Punkte zwischen 0 und 1 vergeben. Es ist wichtig zu beachten, dass diese Punktevergabe nur für Wohngebäude und nicht für Bildungseinrichtungen gilt, siehe Tabelle 16.

Tabelle 16: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.7

Antwort		Punkte
Wohngebäude	Bildungseinrichtung	
FL.7 = 0 bis 1	nicht angewendet	0,00 - 1,00

Beispiel:

FL.7 = 1,00 [-] Wohngebäude: 1,00[-] $\hat{=}$ 1,00 [Pkt.]

Interpretation des Subindikators

Ein höherer Anteil an Wohneinheiten mit Möglichkeit für optionalen Wohnraum im Gebäude ist vorteilhaft, da er den Bewohner*innen die Flexibilität bietet, ihren Wohnraum an die sich verändernden Bedürfnisse anzupassen, wodurch die Notwendigkeit für Abriss verringert und die Lebensdauer von Gebäuden verlängert wird. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass diese Flexibilität nicht zu erheblichen Baukosten oder Materialverbrauch führen sollte. Derzeit kann der minimale Anteil an Wohneinheiten mit der Möglichkeit für optionale Wohnräume im Gebäude angepasst werden, um im Laufe der Zeit als effektiver Richtwert zu dienen.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest des Richtwerts für den minimalen Anteil an Wohneinheiten mit der Möglichkeit für optionale Wohnräume im Gebäude ist jedoch zwingend erforderlich und wird empfohlen.
- Der für Wohngebäude empfohlene Richtwert für den minimalen Anteil an Wohneinheiten mit der Möglichkeit für optionale Wohnräume im Gebäude basiert auf einer fachlichen Interpretation der Autor*innen.
- Der Subindikator kann zu einem erhöhten Materialverbrauch, aufgrund potenziell größerer Raumfläche und mehr Fenstern und elektrischer Infrastruktur, führen. Er steht daher vor allem in Wechselwirkung mit den Subindikatoren des kumulierten Indikators (1) Verbaute Materialien.

4.7 Indikator: (5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit

Die Bewertung der „Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit“ erfolgt im gleichnamigen kumulierten Indikator. Er besteht aus fünf Subindikatoren, welche allesamt auf eine Verlängerung der Lebens- bzw. Verwendungsdauer von Gebäudeteilen oder haustechnischen Systemen abzielen (Abbildung 23). Diese Subindikatoren bewerten beispielsweise die Langlebigkeit der Außenhülle des Gebäudes, die Zugänglichkeit von haustechnischen Versorgungsleitungen und die Qualität der Dokumentation der Versorgungssysteme aller Art.

Indikatoren	Subindikatoren
(1) verbaute Materialien	VM.1-5
(3) Nutzungsintensität	NI.1-3
(4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung	FL.1-7
(5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit	LA.1-4
(6) Rückbau und Reuse	RR.1-5
(7) Recycling	RE.1-2
(8) Entsorgung - Komplementärwert	EN.1-4

LA.1 Langlebigkeit der Hülle
LA.2 Zugänglichkeit von haustechnischen Versorgungsleitungen
LA.3 Dokumentationsqualität zum Standort aller Versorgungssysteme
LA.4 Dokumentationsqualität von Reparatur- und Austauschleitungen

Abbildung 23: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit

4.7.1 Subindikator: (LA.1) Langlebigkeit der Hülle

Subindikator: (LA.1) Langlebigkeit der Hülle				
Ziel: Erhöhung der Langlebigkeit der Gebäudehülle. Eine lange Lebensdauer von Gebäudeteilen hält diese länger im Kreislauf. Dies gilt für neue Gebäudeteile eines Neubaus oder Bestandsgebäudes. Außerdem ist die Langlebigkeit förderlich für eine spätere Wiederverwendbarkeit des jeweiligen Bauteils an einem anderen Standort.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet die Maßnahmen, welche zur Erhöhung der Lebensdauer von außenluftberührten, der Witterung ausgesetzten Gebäudeteilen (im ZiFa 1.0 als Hülle bezeichnet) getroffen werden.				
Eingangsdaten: Qualitativ Beschreibung der Maßnahmen zur Erhöhung der Lebensdauer und Zuordnung zu den jeweiligen Kategorien.				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Mittel	Einreichung Mittel	Ausführung Mittel
Hintergrund: Die Idee zu diesem Subindikator basiert auf dem Level(s)-Indikator 2.1: „Leistungsverzeichnisse, Materialien und Lebensdauern“ ¹⁰⁴ . Die Ansätze im Berichtsrahmen Level(s) wurden übernommen und eine Möglichkeit zur Bewertung wurde erarbeitet.				
Nachweis: Quantitativ Der Nachweis erfolgt durch Kategorisierung der getroffenen Maßnahmen zur Erhöhung der Lebensdauer von der Außenwandverkleidung (LA.1a) und der Dachverkleidung (LA.1b) in „keine, grundlegende oder außerordentliche Maßnahmen“. Je nach Maßnahme werden Punkte zwischen 0 und 1 vergeben, siehe Tabelle 17. Der Mittelwert der Maßnahmen zur Erhöhung der Lebensdauer von LA.1a und LA.1b ergibt den Wert für Subindikator LA.1, gemäß Formel (25).				
Tabelle 17: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.1a und LA.1b				
Antwort		Punkte		
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
Keine Maßnahmen		0,00		
Grundlegende Maßnahmen		0,50		
Außerordentliche Maßnahmen		1,00		
$\text{Langlebigkeit von Gebäudeteilen } [-] = LA.1 = \frac{LA.1a + LA.1b}{2} \quad (25)$				
<i>LA.1a ... Langlebigkeit der Wandverkleidung</i> <i>LA.1b ... Langlebigkeit der Dachverkleidung</i>				
Ergebnis: Beim Ergebnis des Subindikators LA.1 handelt es sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1, gemäß (25), siehe Tabelle 18.				
Tabelle 18: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.1				
Antwort		Punkte		
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
<i>LA.1 = 0 bis 1</i>		0,00 – 1,00		

¹⁰⁴ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)-Indikator 2.1: Leistungsverzeichnisse, Materialien und Lebensdauern - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator beurteilt die Langlebigkeit von ausgewählten Gebäudeteilen, im ZiFa 1.0, wobei er sich auf die Hülle eines Gebäudes beschränkt. Durch eine langlebige Gestaltung der Außenwand- und der Dachverkleidung kann die Dauerhaftigkeit des gesamten Gebäudes gesteigert werden. Eine lange Lebensdauer dieser Bauteile ermöglicht zudem eine spätere Wiederverwendbarkeit, sofern eine entsprechende Demontagemöglichkeit eingeplant wurde (welche in diesem Subindikator jedoch nicht adressiert wird). Im Berichtsrahmen Level(s) wird in Indikator 2.1: Leistungsverzeichnisse, Materialien und Lebensdauern¹⁰⁵ hinsichtlich der Langlebigkeit festgehalten, dass die Nutzungsdauer aller Gebäudesysteme und -komponenten in Zusammenhang mit der geschätzten Nutzungsdauer des Gebäudes betrachtet werden soll. Eine genaue Beschreibung zur Vorgehensweise gibt es jedoch nicht, weshalb der gegenständliche Subindikator diesbezüglich frei entwickelt wurde. Die Anwendung des Subindikators kann sowohl für Wohngebäude als auch Bildungseinrichtungen erfolgen.

Nachweis des Subindikators

Die Bewertung des Subindikators erfolgt im ZiFa 1.0 in drei Schritten. Zuerst wird die Langlebigkeit der Außenwandverkleidung LA.1a und anschließend die Langlebigkeit der Dachverkleidung LA.1b auf qualitative Weise beurteilt. Hierbei wird unterschieden, ob keine Maßnahmen, grundlegende Maßnahmen oder außerordentliche Maßnahmen zur Steigerung der Langlebigkeit getroffen wurden bzw. geplant sind. Je nach Maßnahme erfolgt eine Punktergabe zwischen 0 und 1, gemäß Tabelle 17. Der Mittelwert von LA.1a und LA.1b ergibt den Wert für den Subindikator LA.1. Die einzelnen Schritte zur Ermittlung von LA.1 werden nachfolgend erläutert:

Tabelle 17: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.1a und LA.1b

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
Keine Maßnahmen	0,00
Grundlegende Maßnahmen	0,50
Außerordentliche Maßnahmen	1,00

I. Ermittlung der Langlebigkeit der Wandverkleidung - LA.1a:

Die Beurteilung der Maßnahmen zur Steigerung der Langlebigkeit von Außenwandverkleidungen kann gemäß nachstehenden Beschreibungen erfolgen:

- **Keine Maßnahmen:** Es wurden keine Baumaterialien verwendet, die dazu beitragen können, die Lebensdauer der Außenwandverkleidung zu erhöhen. Die Konstruktion der Fassade erlaubt keine punktuellen Reparaturmöglichkeiten und ein zerstörungsfreier Austausch einzelner Elemente ist nicht möglich.
- **Grundlegende Maßnahmen:** Die verwendeten langlebigen Materialien tragen zu einer überdurchschnittlichen Lebensdauer (> 30 Jahre) der Fassade bei (Erwartete Nutzungsdauer einer Fassade gemäß Level(s)-Indikator 2.1: „Leistungsverzeichnisse, Materialien und Lebensdauern“¹⁰⁶ liegt bei 30 Jahren). Die Konstruktion der Fassade erlaubt keine punktuellen Reparaturmöglichkeiten und ein Austausch einzelner Elemente ist nicht möglich. Die Verwendung der langlebigen Materialien ist mit technischen Datenblättern zu bestätigen und schriftlich zu erläutern.
- **Außerordentliche Maßnahmen:** Die verwendeten Materialien und Systeme der Wandverkleidung tragen zu einer über dem Durchschnitt liegenden Lebensdauer (> 30 Jahre) bei und es bestehen keine Bedenken, weder aus technischer noch ästhetischer Sicht, dass die verlängerte Lebensdauer nicht realisiert werden kann. Die gesamte Außenwandverkleidung ist derart konstruiert, dass ein Austausch bzw. die Reparatur einzelner schadhafter Elemente bzw. Schichten oder Materialien möglich ist. Der Nachweis zu den außerordentlichen Maßnahmen ist mit technischen Datenblättern und Plänen zu erbringen, sowie schriftlich zu erläutern.

¹⁰⁵ Dodd, Donatello, und Cordella.

¹⁰⁶ Dodd, Donatello, und Cordella.

II. Ermittlung der Langlebigkeit der Dachverkleidung - LA.1b:

Die Beurteilung der Maßnahmen zur Steigerung der Langlebigkeit der Dachverkleidung kann gemäß nachstehenden Beschreibungen erfolgen:

- Keine Maßnahmen: Es gibt keine Informationen und/oder Planunterlagen, welche eine Erhöhung der Langlebigkeit der Dachverkleidung beschreiben.
- Grundlegende Maßnahmen: Es wurden bauliche und planerische Maßnahmen getroffen, um die Lebensdauer der Dachverkleidung zu erhöhen. Dies erfolgt beispielsweise durch den Einsatz hochwertiger, langlebiger Materialien, welche nachweislich die Langlebigkeit der Dachhaut erhöhen können. Außerdem wird sichergestellt, dass im Falle von Flachdächern die wasserdichte Ebene vor Umwelteinwirkungen, wie UV-Strahlen, Witterungseinflüssen usw. geschützt ist.
- Außerordentliche Maßnahmen: Die verwendete Dachverkleidung gewährleistet eine überdurchschnittliche Lebensdauer. Es ist möglich einzelne beschädigte Teile der Dachverkleidung zu tauschen ohne großflächige Arbeiten durchführen zu müssen. Die Lebensdauer der verwendeten Materialien ist aufeinander abgestimmt.

III. Berechnung des Subindikators LA.1 Langlebigkeit der Hülle:

Der Subindikator wird aus dem Mittelwert der Langlebigkeit der Außenwandverkleidung (LA.1a) und der Dachverkleidung (LA.1b), gebildet, siehe Formel (25).

$$\text{Langlebigkeit der Hülle } [-] = LA.1 = \frac{LA.1a + LA.1b}{2} \quad (25)$$

Beispiel:

Ein Gebäude verfügt über eine Außenwandverkleidung mit einem Wärmedämmverbundsystem aus verklebten Polystyrolplatten und Thermoputz. Das Dach des Gebäudes ist als Holzdachstuhl in Giebelform ausgeführt, welches mit Zwischensparrendämmung ausgestattet und Tonziegeln gedeckt ist.

LA.1a ... Langlebigkeit der Wandverkleidung [-] = Keine Maßnahmen = 0,00

LA.1b ... Langlebigkeit der Dachverkleidung [-] = Grundlegende Maßnahmen = 0,50

$$LA.1 = \frac{0,00 + 0,50}{2} = 0,25 [-]$$

Ergebnis

Die Bewertung des Subindikators ergibt sich gemäß Formel (25) aus dem Mittelwert der Langlebigkeit der definierten Gebäudeteile, wobei Punkte zwischen 0 und 1 vergeben werden, siehe Tabelle 18.

Tabelle 18: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.1

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
LA.1 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

$$LA.1 [-] = 0,25 [-] = 0,25 [Pkt.]$$

Interpretation des Subindikators

Durch den Einsatz langlebiger Produkte und Bauteile in der Hülle, d.h. in den außenluftberührten, der Witterung ausgesetzten Bauteilen, kann das gesamte Gebäude geschützt werden, um seine Gesamtnutzungs(-lebens)dauer zu maximieren. Je höher der Wert für die Langlebigkeit dieser Gebäudeteile, desto höher die Kreislauffähigkeit im Sinne des Subindikators.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest der Definitionen „keine, grundlegende und außerordentliche Maßnahmen“ für die Beschreibung der Langlebigkeit von Gebäudeteilen ist jedoch empfehlenswert. Basierend auf praktischen Erfahrungswerten, könnte die Beschreibung weiter geschärft und evtl. noch spezifischer untergliedert werden. In der aktuellen Maßnahmenbeschreibung wurde bewusst auf die Empfehlung gewisser Systeme bzw. Konstruktionen verzichtet, damit eine gestalterische und technische Freiheit der Planer*innen nicht eingeschränkt wird.
- Neben der Langlebigkeit der oben genannten Gebäudeteile kann prinzipiell jedes Bauelement eines Gebäudes (Tragwerk, Ausbau, etc.) in die Bewertung miteinbezogen werden, wobei für jedes Element eine Definition der entsprechenden Maßnahmen zu erfolgen hat.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.7.2 Subindikator: (LA.2) Zugänglichkeit von haustechnischen Versorgungsleitungen

Subindikator: (LA.2) Zugänglichkeit von haustechnischen Versorgungsleitungen				
Ziel: Erleichterung der Reparaturfähigkeit und Tauschbarkeit von haustechnischen Versorgungsleitungen durch Gewährleistung einer Zugänglichkeit über Allgemeinflächen.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet die Zugänglichkeit und Lage von haustechnischen Versorgungsleitungen eines Gebäudes. Hierbei wird zwischen Hauptversorgungsleitungen und vertikalen sowie horizontalen Versorgungsleitungen unterschieden.				
Eingangsdaten: Qualitativ Beschreibung der Zugänglichkeit der jeweiligen Kategorien.				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Mittel	Einreichung Mittel	Ausführung Mittel
Hintergrund: Der Subindikator basiert auf dem Level(s)-Indikator 2.3: „Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau“ ¹⁰⁷ . Die Ansätze aus Level(s) wurden übernommen und eine Möglichkeit zur Bewertung wurde erarbeitet.				
Nachweis: Quantitativ Der Nachweis erfolgt durch Kategorisierung der Zugänglichkeit von Hauptversorgungsleitungen eines Gebäudes über Allgemeinflächen (LA.2a), sowie den vertikalen (LA.2b) und horizontalen (LA.2c) Versorgungsleitungen. Die Beschreibung der Kategorien erfolgt in den nachfolgenden Abschnitten des Subindikators, wobei eine Punktevergabe zwischen 0 und 1 möglich ist, siehe Tabelle 19 für LA.2a und Tabelle 20 für LA.2b und LA.2c. Der Mittelwert der Zugänglichkeiten (LA.2a, LA.2b und LA.2c) ergibt den Wert für Subindikator LA.2, gemäß Formel (26). Tabelle 19: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.2a				
		Antwort	Punkte	
		Nein	0,00	
		Ja	1,00	
Tabelle 20: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.2b und LA.2c				
		Antwort	Punkte	
		Nicht zugänglich	0,00	
		Teilweise zugänglich	0,50	
		Leicht zugänglich	1,00	
$\text{Zugänglichkeit von haustechnischen Versorgungsleitungen [-]} = LA.2 = \frac{LA.2a + LA.2b + LA.2c}{3} \quad (26)$				
<i>LA.2a ... Alle Hauptversorgungsleitungen über Allgemeinflächen zugänglich</i> <i>LA.2b ... Zugänglichkeit der vertikalen Versorgungsleitungen</i> <i>LA.2c ... Zugänglichkeit der horizontalen Versorgungsleitungen</i>				
Ergebnis: Beim Ergebnis des Subindikators LA.2 handelt es sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1, gemäß Formel (26). Das Ergebnis entspricht dem Wert für den Subindikator LA.2, gemäß Tabelle 21. Tabelle 21: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.2				
		Antwort	Punkte	
		Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen		
		<i>LA.2 = 0 bis 1</i>	0,00 – 1,00	

¹⁰⁷ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)-Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

Beschreibung des Subindikators

Eine gute Zugänglichkeit zu den haustechnischen Versorgungsleitungen ist ausschlaggebend für die Langlebigkeit ebendieser, da sie den Austausch bzw. die Reparatur ermöglicht bzw. erleichtert. Im Subindikator erfolgt die Bewertung der Zugänglichkeit von haustechnischen Versorgungsleitungen in drei verschiedenen Kategorien: (1) Lage der Hauptversorgungsleitungen und ob diese über Allgemeinflächen zugänglich sind, (2) Zugänglichkeit der vertikalen und (3) horizontalen Versorgungsleitungen. Gemäß Level(s)-Indikator 2.3: „Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau“¹⁰⁸ kann ein einfacher Zugang zu Haustechnikkanälen oder die Herstellung von Haustechniktrassen die Anpassungsfähigkeit eines Gebäudes erhöhen. Im ZiFa 1.0 werden haustechnische Einrichtungen jedoch unter dem Gesichtspunkt der Langlebigkeit betrachtet, wobei die oben beschriebene Zugänglichkeit eine wesentliche Rolle spielt.

Nachweis des Subindikators

Die Bewertung der Zugänglichkeit von haustechnischen Versorgungsleitungen erfolgt basierend auf qualitativen Abfragen. Als Versorgungsleitungen werden in Wohngebäuden alle haustechnischen Zuleitungen von einem zentralen Haustechnikraum bzw. dem Eintritt dieser in das Gebäude bis zu den einzelnen Wohnungen betrachtet. Für Bildungseinrichtungen umfasst dieser Subindikator alle Versorgungsleitungen. Inkludiert sind Leitungen zur Wasser-, und Wärmeversorgung, Kühlung, Lüftung und Stromversorgung. Die Antwortmöglichkeiten mit zugehöriger Punktevergabe sind für LA.2a in Tabelle 19 und für LA.2b und LA.2c in Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 19: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.2a

Antwort	Punkte
Nein	0,00
Ja	1,00

Tabelle 20: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.2b und LA.2c

Antwort	Punkte
Nicht zugänglich	0,00
Teilweise zugänglich	0,50
Leicht zugänglich	1,00

I. Ermittlung, ob alle Hauptversorgungsleitungen über Allgemeinflächen zugänglich sind - LA.2a:

Die Beurteilung der Zugänglichkeit der Hauptversorgungsleitungen über Allgemeinflächen hat gemäß Tabelle 19 und nachfolgenden Definitionen zu erfolgen:

- Nein: Es gibt Hauptversorgungsleitungen im Gebäude, welche nur über vermietete Flächen zugänglich sind.
- Ja: Alle Hauptversorgungsleitungen des Gebäudes sind über Allgemeinflächen zugänglich. Der Nachweis ist mit Hilfe technischer Zeichnungen zur Lage der Versorgungsleitungen und einer schriftlichen Beschreibung zu erbringen.

II. Ermittlung der Zugänglichkeit der vertikalen Versorgungsleitungen - LA.2b:

Die Beurteilung der Zugänglichkeit der vertikalen Versorgungsleitungen erfolgt gemäß nachfolgenden Beschreibungen und Tabelle 20:

- Nicht zugänglich: Alle vertikalen Versorgungsleitungen sind vollständig eingebettet in nicht demontierbaren Gebäudeteilen. Eine Zugänglichkeit ist nur durch zerstörende Maßnahmen möglich.
- Teilweise zugänglich: Teile der vertikalen Versorgungsleitungen sind über demontierbare Gebäudeteile zugänglich, wobei keine zerstörenden Maßnahmen notwendig sind. Dies können beispielsweise kleinteilige Wartungsöffnungen in Haustechnikschächten sein. Eine Anordnung dieser Wartungsöffnungen ist in jedem Geschoß erforderlich. Der Nachweis ist

¹⁰⁸ Dodd, Donatello, und Cordella.

mit Hilfe technischer Zeichnungen zur Lage der Versorgungsleitungen, der Art der geplanten Wartungsöffnungen und schriftliche Beschreibung zu erbringen.

- Leicht zugänglich: Alle vertikalen Versorgungsleitungen sind über deren gesamte Höhe durch demontierbare Gebäudeteile zugänglich und es sind keine zerstörenden Maßnahmen notwendig. Der Zugang erfolgt beispielsweise durch großflächige Wartungstüren in durchgängigen Haustechnikschächten. Der Nachweis ist mit Hilfe technischer Zeichnungen zur Lage der Versorgungsleitungen, der detaillierten Darstellung der Zugangsmöglichkeiten und schriftliche Beschreibung zu erbringen.

III. Ermittlung der Zugänglichkeit der horizontalen Versorgungsleitungen - LA.2c:

Die Beurteilung der Zugänglichkeit der vertikalen Versorgungsleitungen erfolgt gemäß nachfolgenden Beschreibungen und Tabelle 20:

- Nicht zugänglich: Alle horizontalen Versorgungsleitungen sind vollständig eingebettet in nicht demontierbaren Gebäudeteilen. Eine Zugänglichkeit ist nur durch zerstörende Maßnahmen möglich.
- Teilweise zugänglich: Teile der horizontalen Versorgungsleitungen sind über demontierbare Gebäudeteile zugänglich, wobei keine zerstörenden Maßnahmen notwendig sind. Dies können beispielsweise kleinteilige Wartungsöffnungen in Fußböden oder abgehängten Decken sein. Der Nachweis ist mit Hilfe technischer Zeichnungen zur Lage der Versorgungsleitungen, der Art der geplanten Wartungsöffnungen und schriftliche Beschreibung zu erbringen.
- Leicht zugänglich: Alle horizontalen Versorgungsleitungen sind über deren gesamte Länge durch demontierbare Gebäudeteile zugänglich und es sind keine zerstörenden Maßnahmen notwendig. Der Zugang erfolgt beispielsweise durch demontierbare Bodensysteme (Doppelboden, Blindboden, etc.) oder abgehängte, demontierbare Deckensysteme, die eine vollständig flexible Zugänglichkeit erlauben. Der Nachweis ist mit Hilfe technischer Zeichnungen zur Lage der Versorgungsleitungen, der detaillierten Darstellung der Zugangsmöglichkeiten und schriftliche Beschreibung zu erbringen.

IV. Berechnung des Subindikators LA.2 Zugänglichkeit von haustechnischen Versorgungsleitungen:

Der Subindikator bildet sich aus dem Mittelwert der Punkte LA.2a, LA.2b und LA.2c, siehe Formel (26).

$$\begin{aligned} \text{Zugänglichkeit von haustechnischen Versorgungsleitungen [-]} &= \text{LA. 2} \\ &= \frac{\text{LA. 2a} + \text{LA. 2b} + \text{LA. 2c}}{3} \end{aligned} \quad (26)$$

Beispiel:

In einem Wohngebäude führen alle Hauptversorgungsleitungen über einen Technikraum im Keller in die Obergeschoße. Von dort aus werden alle Leitungen an der Decke der Verkehrsflächen zu einem vertikalen Installationsschacht geleitet, welcher in jedem Geschoss über eine Türe in den Allgemeinbereichen zugänglich ist. Aus dem Installationsschacht führen die horizontalen Leitungen auf Kabeltrassen oder aufgehängt unter einer abgehängten Kassettendecke zu den jeweiligen Wohnungen.

LA. 2a ... Alle Hauptversorgungsleitungen über Allgemeinflächen zugänglich [-] = JA = 1,00

LA. 2b ... Zugänglichkeit der vertikalen Versorgungsleitungen [-] = Leicht zugänglich = 1,00

LA. 2c ... Zugänglichkeit der horizontalen Versorgungsleitungen [-] = Leicht zugänglich = 1,00

$$\text{LA. 2} = \frac{1,00 + 1,00 + 1,00}{3} = 1,00 \text{ [-]}$$

Ergebnis

Die Bewertung des Subindikators ergibt sich gemäß Formel (26) aus dem Mittelwert der Zugänglichkeit der oben genannten Kategorien, wobei Punkte zwischen 0 und 1 vergeben werden, siehe Tabelle 21.

Tabelle 21: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.2

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
LA.2 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

LA.2 [-] = 1,00 [-] = **1,00 [Pkt.]**

Interpretation des Subindikators

Eine Zugänglichkeit haustechnischer Versorgungsleitungen erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass diese gegebenenfalls repariert bzw. getauscht werden können. Auch eine Aufwertung des Standards kann durch eine einfache Zugänglichkeit von beispielsweise Installationsschächten erleichtert werden. Je höher der auf qualitativen Abfragen basierende Wert für die Zugänglichkeit, desto höher die Kreislauffähigkeit im Sinne dieses Subindikators.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest der Definitionen „nicht, teilweise oder leicht zugänglich“ für die Beschreibung der Zugänglichkeit ist zielführend um die Anwendbarkeit des Subindikators zu steigern.
- Nach Meinung der Autor*innen ist neben der Zugänglichkeit haustechnischer Versorgungsleitungen auch die Erreichbarkeit weiterer Gebäudeelemente zielführend. Eine Ergänzung weiterer Bauteile bzw. -elemente in diesem Subindikator ist möglich.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.7.3 Subindikator: (LA.3) Dokumentationsqualität zum Standort aller Versorgungssysteme

Subindikator: (LA.3) Dokumentationsqualität zum Standort aller Versorgungssysteme				
Ziel: Hohe Qualität der Dokumentation zum Standort aller Versorgungssysteme, um eine Tauschbarkeit bzw. Reparaturfähigkeit zu ermöglichen.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet die Qualität der Informationen zur Lage von Versorgungssystemen und -leitungen im Gebäude.				
Eingangsdaten: Qualitativ Art und Weise der jeweiligen Dokumentation.				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator bezieht sich auf das Kriterium ECO2.7 des „DGNB-System – Kriterienkatalog Gebäude Neubau (Version 2023) ¹⁰⁹ , gemäß dem sich die Langlebigkeit eines Gebäudes gleichzeitig und in paralleler Art mit der Qualität der digitalen Dokumentation erhöht. Basierend darauf wurde eine eigene Formulierung der geforderten Dokumentationsqualität erstellt und eine Einschränkung auf den Standort von Versorgungssystemen formuliert.				
Nachweis: Quantitativ Der Nachweis erfolgt durch Punktevergabe gemäß Level der jeweiligen Planung, wobei die Level 0 bis 3 gemäß BIM Maturity Ramp (Abbildung 24) als Grundlage dienen ¹¹⁰ . Eine exakte Definition dieser Level kann beispielsweise dem Kriterienkatalog der DGNB entnommen werden ¹¹¹ . Je nach Level der Planung werden Punkte zwischen 0 und 1 vergeben, siehe Tabelle 22.				
Tabelle 22: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.3				
		Antwort	Punkte	
		Level 0	0,00	
		Level 1	0,33	
		Level 2	0,66	
		Level 3	1,00	
Ergebnis: Die Art der Planung (Level) des gegenständlichen Gebäudes ergibt für den Subindikator LA.3 einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1, gemäß Tabelle 23.				
Tabelle 23: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.3				
		Antwort	Punkte	
		Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen		
		LA.3 = 0 bis 1	0,00 – 1,00	

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator LA.3 behandelt die Informationsqualität zum Standort aller im Gebäude vorhandenen Versorgungssysteme. Durch eine vollständige und allgemein verfügbare Dokumentation der Lage der Versorgungssysteme sollen die Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit erleichtert und somit die Langlebigkeit erhöht werden. Als Grundlage für die Bewertung der Dokumentationsqualität dienen die verschiedenen Level, siehe Abbildung 24.

¹⁰⁹ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

¹¹⁰ Bormann u. a., *Building Information Modeling*.

¹¹¹ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

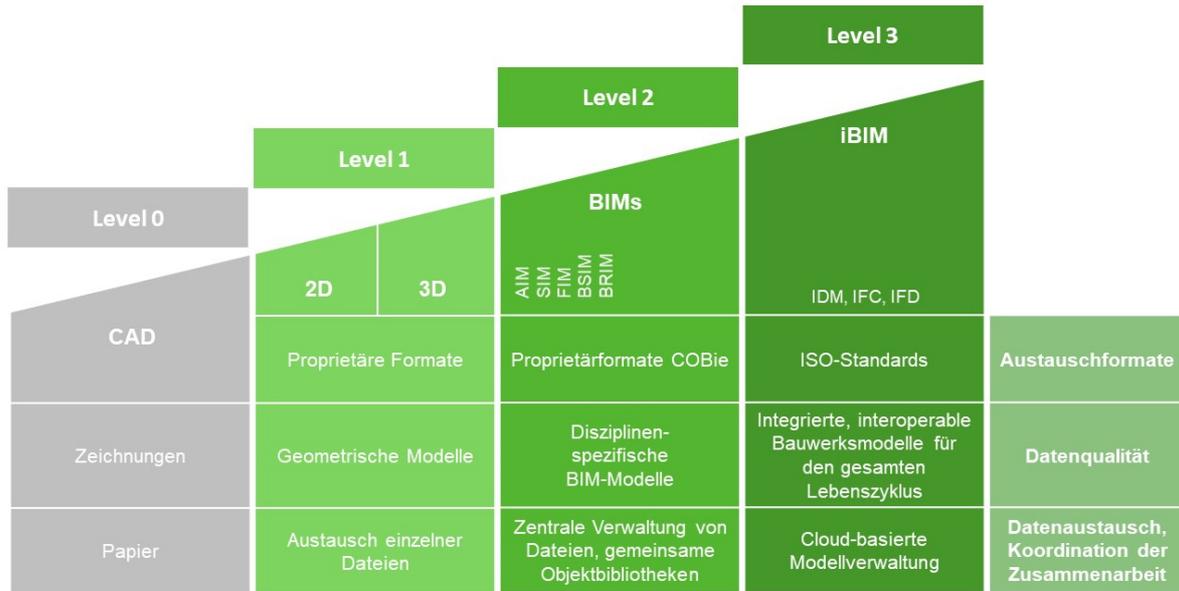


Abbildung 24: BIM Maturity Ramp, nach ¹¹²

Nachweis des Subindikators

Die zugehörige Punktevergabe für die jeweilige Dokumentationsqualität ist in Tabelle 22 ersichtlich.

Tabelle 22: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.3

Antwort	Punkte
Level 0	0,00
Level 1	0,33
Level 2	0,66
Level 3	1,00

Beispiel:

Der oder dem neuen Betreiber*in einer Schule wird ein digitales Modell nach BIMs Standard übergeben. Neben dem Tragwerk und der Gebäudehülle sind von den Planer*innen auch alle Informationen zur Lage aller Versorgungssysteme hinzugefügt worden. Änderungen nach der Originalplanung sind in der Datei nicht nachvollziehbar.

LA.3 ... Dokumentationsqualität zum Standort aller Versorgungssysteme [-] = Level 2

LA.3 = 0,66 [-]

¹¹² Borrmann u. a., *Building Information Modeling*.

Ergebnis

Die Bewertung des Subindikators ergibt sich nach Tabelle 22 aus der jeweiligen Qualität der Planung, wobei Punkte zwischen 0 und 1 vergeben werden, siehe Tabelle 23.

Tabelle 23: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.3

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
LA.3 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

LA.3 [-] = 0,66 [-] = 0,66 [Pkt.]

Interpretation des Subindikators

Eine hohe Qualität der Dokumentation der Versorgungssysteme kann durch eine entsprechende Planung gewährleistet werden. Dank der definierten Einteilung der Dokumentationsqualität gemäß der in Tabelle 22 aufgezeigten Level, kann der Subindikator bewertet werden. Je höher die Punktebewertung, desto besser ist die Planungsqualität und folglich auch die Genauigkeit und Verfügbarkeit der Dokumentation zur Lage aller haustechnischen Versorgungssysteme.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Der Subindikator erreicht aktuell ein Maximum bei einer Planung nach Level 3. Bei zukünftiger Weiterentwicklung dieser Planungslevel, kann eine weitere Unterteilung zielführend sein.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.
- Letztlich entscheidet die Sicherstellung der Lesbarkeit der digitalen Daten über die langjährige (jahrzehntelange) Anwendbarkeit der Dokumentation – Im ZiFa 1.0 hat diese allerdings keinen Einfluss auf den Subindikator, da dieser den Stand der Daten zum Zeitpunkt der Errichtung bewertet.

4.7.4 Subindikator: (LA.4) Dokumentationsqualität von Reparatur- und Austauschleitungen

Subindikator: (LA.4) Dokumentationsqualität von Reparatur- und Austauschleitungen				
Ziel: Eine allgemein verfügbare Dokumentation von Reparatur- und Austauschleitungen soll die Reparaturfähigkeit und Tauschbarkeit fördern, indem notwendige Informationen allgemein zugänglich und verständlich zur Verfügung stehen.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet die Qualität der Dokumentation von Reparatur- und Austauschleitungen für die Bauwerksschichten Hülle und Ausbau, sowie die Versorgungssysteme im Gebäude.				
Eingangsdaten: Qualitativ Art und Weise der jeweiligen Dokumentation.				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator bezieht sich unter anderem auf das Kriterium ECO2.7 des „DGNB-System – Kriterienkatalog Neubau (Version 2023)“ ¹¹³ , gemäß dem sich die Langlebigkeit eines Gebäudes gleichzeitig und in paralleler Art mit der Qualität der digitalen Dokumentation erhöht. Basierend darauf wurde eine eigene Formulierung der geforderten Dokumentationsqualität erstellt und eine Einschränkung auf die Verfügbarkeit von Reparatur- und Austauschleitungen formuliert.				
Nachweis: Quantitativ Der Nachweis erfolgt durch Punktergabe gemäß Level der jeweiligen Planung, wobei die Level 0 bis 3 gemäß BIM Maturity Ramp als Grundlage dienen ¹¹⁴ . Eine exakte Definition dieser Level kann beispielsweise dem Kriterienkatalog der DGNB entnommen werden ¹¹⁵ . Je nach Level der Planung werden für die Hülle (LA.4a), den Ausbau (LA.4b) und die Versorgungssysteme eines Gebäudes (LA.4c) Punkte zwischen 0 und 1 vergeben, siehe Tabelle 22. Der Mittelwert ergibt den Wert für Subindikator LA.1, gemäß Formel (27). $\text{Langlebigkeit von Gebäudeteilen [-]} = LA.4 = \frac{LA.4a + LA.4b + LA.4c}{3} \quad (27)$ LA.4a ... Dokumentationsqualität der Hülle LA.4b ... Dokumentationsqualität des Ausbau LA.4c ... Dokumentationsqualität der Versorgungssysteme				
Ergebnis: Die Art der Planung (Level) des gegenständlichen Gebäudes ergibt für den Subindikator LA.4 einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1, gemäß Tabelle 24.				
Tabelle 24: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.4				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
LA.4 = 0 bis 1				0,00 – 1,00

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator LA.4 behandelt die Qualität der Dokumentation von Reparatur- bzw. Austauschleitungen für die Bauwerksschichten Hülle und Ausbau, gemäß Abbildung 8 und aller haustechnischen Anlagen bzw. Versorgungssysteme in einem Gebäude. Durch eine vollständige und allgemein verfügbare Dokumentation sollen die Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit erleichtert und somit die Langlebigkeit erhöht werden. Als Grundlage für die Bewertung der Dokumentationsqualität dienen die verschiedenen Level, siehe Abbildung 24.

¹¹³ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

¹¹⁴ Borrmann u. a., *Building Information Modeling*.

¹¹⁵ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

Nachweis des Subindikators

Die zugehörige Punktevergabe für die jeweilige Dokumentationsqualität ist in Tabelle 22 ersichtlich und muss für die Hülle (LA.4a), den Ausbau (LA.4b) und die Versorgungssysteme eines Gebäudes (LA.4c) bestimmt werden. In Subindikator LA.4 beschränkt sich die Dokumentationsqualität auf die Verfügbarkeit bzw. Art und Weise der Dokumentation von Austausch- und Reparaturanleitungen. Je nach Level der Planung (Tabelle 22) werden für LA.4a, LA.4b und LA.4c Punkte von 0 bis 1 vergeben und zu Subindikator LA.4 gemittelt, siehe Formel (27). Bei der Einteilung der Dokumentationsqualität entsprechend des Levels der Planung kann die Definition gemäß Kriterienkatalog der DGNB herangezogen werden ¹¹⁶.

$$\text{Langlebigkeit von Gebäudeteilen [-]} = \text{LA. 4} = \frac{\text{LA. 4a} + \text{LA. 4b} + \text{LA. 4c}}{3} \quad (27)$$

LA. 4a ... Dokumentationsqualität der Hülle

LA. 4b ... Dokumentationsqualität des Ausbau

LA. 4c ... Dokumentationsqualität der Versorgungssysteme

Beispiel:

Dem Betreiber einer Schule wurde ein digitales Modell nach BIMs Standard übergeben. In diesem sind weiterführende Informationen zur Gebäudehülle sowie zum Ausbau hinterlegt. Zusätzlich gibt es Wartungsanleitungen und vorgeschriebene Intervalle für alle verwendeten Bauteile. Für die verbauten Versorgungssysteme wurden außer der Sammlung von Betriebsanleitungen und Datenblättern (in schriftlicher sowie digitaler Form) keine Informationen übergeben.

LA. 4a ... Dokumentationsqualität der Hülle [-] = Level 2 = 0,66

LA. 4b ... Dokumentationsqualität des Ausbau [-] = Level 2 = 0,66

LA. 4c ... Dokumentationsqualität der Versorgungssysteme [-] = Level 0 = 0,00

$$\text{LA. 4} = \frac{0,66 + 0,66 + 0,00}{3} = \mathbf{0,44}$$

Ergebnis

Die Bewertung des Subindikators ergibt sich gemäß Formel (27) aus dem Mittelwert der oben genannten Kategorien, wobei Punkte zwischen 0 und 1 vergeben werden, siehe Tabelle 24.

Tabelle 24: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.4

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
LA. 4 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

LA. 1 [-] = 0,44 [-] = **0,44 [Pkt.]**

Interpretation des Subindikators

Das Vorhandensein von Reparatur- und Austauschleitungen erleichtert die Instandhaltung von Bauwerken. Dieser Subindikator beschränkt sich diesbezüglich auf die Hülle eines Gebäudes, den Ausbau und die Versorgungssysteme. Dabei handelt es sich erfahrungsgemäß um jene Teile eines Bauwerks, welche am häufigsten repariert bzw. getauscht werden müssen. Dies folgt einerseits aus ihrer Abnutzung aufgrund von Witterungseinflüssen oder des täglichen Gebrauches. Eine notwendige Tauschbarkeit kann aber auch durch das Erfordernis einer Erneuerung, bspw. von Versorgungssystemen, wünschenswert und erforderlich sein.

¹¹⁶ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Der Subindikator erreicht aktuell ein Maximum bei einer Planung nach Level 3. Bei zukünftiger Weiterentwicklung dieser Planungslevel, kann eine weitere Unterteilung zielführend sein.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.
- Letztlich entscheidet die Sicherstellung der Lesbarkeit der digitalen Daten über die langjährige (jahrzehntelange) Anwendbarkeit der Dokumentation – Im ZiFa 1.0 hat diese allerdings keinen Einfluss auf den Subindikator, da dieser den Stand der Daten zum Zeitpunkt der Errichtung bewertet.

4.8 Indikator: (6) Rückbau und Reuse

Der kumulative Indikator "Rückbau und Reuse" bewertet das Potenzial für den zukünftigen Rückbau und die Wiederverwendung von Materialien bzw. Bauelementen im Bauprozess. Er zielt darauf ab, Planer*innen und Bauherr*innen bei der Integration von Konzepten für den Rückbau zu unterstützen, wie diese beispielsweise auch im Level(s)-Indikator 2.4: "Entwurf für den Rückbau"¹¹⁷ und der EU-Taxonomie-Verordnung¹¹⁸ beschrieben sind. Dieser kumulierte Indikator basiert auf der oben beschriebenen Materialliste und den darin gesammelten Informationen für jede Kategorie von Gebäudeelementen/Bauteilen bzw. Baumaterialien, wobei der Fokus auf die mögliche potenzielle Rückbaubarkeit und Wiederverwendbarkeit gelegt wird. Der kumulierte Indikator soll also die Implementierung von Baupraktiken und -technologien fördern, die die einfache Trennung von Bauelementen erleichtern und eine maximale Wiederverwendung von Gebäudeelementen bzw. Materialien ermöglichen. Weitere Subindikatoren behandeln die Verwendung modularer Bauelemente, die umfassende Dokumentation von Gebäudeinformationen und die eindeutige Identifikation von Bauelementen, welche die Ziele des kumulierten Indikators ebenfalls fördern können. Die im kumulierten Indikator (6) Rückbau und Reuse verwendeten Subindikatoren sind in Abbildung 25 dargestellt.

Indikatoren	Subindikatoren	
(1) verbaute Materialien	VM.1-5	
(3) Nutzungsintensität	NI.1-3	RR.1 Anteil Materialien mit Potenzial für zukünftigen Rückbau
(4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung	FL.1-7	RR.2 Anteil Materialien mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung
(5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit	LA.1-4	RR.3 Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung
(6) Rückbau und Reuse	RR.1-5	RR.4 Dokumentationsqualität für rückbaufreundliches Design
(7) Recycling	RE.1-2	RR.5 Identifikation von Gebäudekomponenten
(8) Entsorgung - Komplementärwert	EN.1-4	

Abbildung 25: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (6) Rückbau und Reuse

¹¹⁷ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s)-Indikator 2.4: Entwurf für den Rückbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“.

¹¹⁸ Europäische Kommission, DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/2486 DER KOMMISSION vom 27. Juni 2023.

4.8.1 Subindikator: (RR.1) Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau

Subindikator: (RR.1) Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau.				
Ziel: Die Verwendung von Gebäudeelementen/Bauteilen, die in Zukunft einfach und effizient wieder zurückgebaut werden können, reduziert den Bedarf an Primärrohstoffen und trägt somit zur Ressourcenschonung bei.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, basierend auf Gebäudeelementen oder Bauteilen, den Anteil der Materialien in der Herstellung, die das Potenzial haben, in Zukunft rückgebaut zu werden.				
Eingangsdaten: Quantitativ – Menge je Materialgruppe für neu verbaute Materialien [t] Qualitativ – Auswahl, ob ein verbautes Material in einem Gebäudeelement eingesetzt ist, das rückbaubar ist [-]				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Hoch	Einreichung Hoch	Ausführung Hoch
Hintergrund: Der Subindikator basiert auf den allgemeinen Empfehlungen der EU-Taxonomie und konzentriert sich insbesondere auf Konstruktionsdesigns und Verbindungstechniken, die die Zirkularität durch die Integration von Konzepten für den Rückbau fördern, wie in Level(s)-Indikatoren 2.4: "Entwurf für den Rückbau" ¹¹⁹ beschrieben. Es wurde weiter optimiert, wobei besonderes Augenmerk auf die Verwendung der in ZiFa 1.0 definierten Materialliste anstelle des Leistungsverzeichnisses von Level(s) gelegt wurde.				
Nachweis: Quantitativ				
$m_{ges} [t] = \sum_{i=1}^n m_i [t]$				(1)
$m_{i,rückbau} [t] = \sum_{j=1}^m (m_{j,i} [t] * RF_{j,i} [-])$				(28)
$RR.1_i [-] = \frac{m_{i,rückbau} [t]}{m_{ges} [t]}$				(29)
$RR.1 [-] = \sum_{i=1}^n RR.1_i$				(30)
m_{ges}	... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t]			
m_i	... Gesamtmasse der Materialgruppe i aus Materialliste [t]			
$m_{i,rückbau}$	... Gesamtmasse der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau je Materialgruppe i [t]			
$m_{j,i}$	... Masse des j – ten Gebäudeelements bezogen auf die Materialgruppe i.			
$RF_{j,i}$	... Rückbaufaktor für das j – te Gebäudeelement der Materialgruppe i [-].			
$RR.1_i$	... Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau je Materialgruppe i [-]			
$RR.1$	... Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau [-]			
n	... Gesamtzahl der Materialgruppen [n].			
m	... Gesamtzahl der Gebäudeelemente [n].			

¹¹⁹ Dodd, Donatello, und Cordella, „Level(s) indicator 2.4: Design for deconstruction - User manual: introductory briefing, instructions and guidance (Publication version 2.0)“.

Ergebnis: Der (RR.1) Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau ergibt sich aus der Gesamtmasse des Materials in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau der jeweiligen Materialgruppen, sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Das Ergebnis von RR.1 entspricht dem Wert des Subindikators RR.1, siehe Tabelle 25.

Tabelle 25: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.1

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
RR.1 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator bewertet das Potenzial für den zukünftigen Rückbau von Gebäuden. Die potenzielle Rückbaubarkeit wird in der Materialliste bewertet, wobei eine Einteilung für verschiedene Stufen (Qualitäten) eines Rückbaus definiert und nachfolgend beschrieben sind. Darauf basierend erfolgt in der Materialliste je nach Auswahl des Rückbaupotenzials eine Multiplikation der jeweiligen Masse an verwendeten Materialien je Bauteil mit dem Wert des Rückbaupotenzials. So ergibt sich ein Prozentsatz an potenziell rückbaubarem Material, welcher in weiterer Folge mit der Gesamtmasse des Gebäudes in ein Verhältnis gesetzt wird, um den Subindikator zu bestimmen. Durch den Subindikator soll der Bedarf an Primärrohstoffen reduziert und die Ressourcenschonung gefördert werden. Die Basis des Subindikators ist aus dem „Zirkularität-Score“ abgeleitet, der im Level(s)-Indikator 2.4: „Entwurf für den Rückbau“¹²⁰ beschrieben ist. Der wesentliche Unterschied liegt darin, dass in Level(s) die Rückbaubarkeit im „Zirkularität-Score“ zusammen mit anderen Kreislaufindikatoren abgebildet wird, wohingegen im ZiFa 1.0 die Rückbaubarkeit einen eigenen Subindikator bildet, welcher für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt wird.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt mittels Berechnung des Anteils an Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau, welcher die Gesamtmasse des Materials in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau jeder einzelnen Materialgruppe in ein Verhältnis zur Gesamtmasse des Gebäudes setzt. Die Berechnung wird nachfolgend beschrieben:

I. Ermittlung des Anteils der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau je Materialgruppe i

Die im Gebäude neu verbauten Materialien sind in der Materialliste gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung zu ermitteln und aufzulisten. Auf der Basis der Eingaben der Materialliste und der Formel (29) wird der Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau für jede Materialgruppe berechnet. Diese Berechnung basiert auf der Gesamtmasse des Gebäudes (m_{ges}) und der Gesamtmasse des Materials in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau für jede Materialgruppe ($m_{Rückbau\ i}$) in Tonnen.

Im ZiFa 1.0 wird das Rückbaupotenzial auf Materialebene ermittelt um einen Bezug zur Masse zu bekommen. Allgemein zielt der Subindikator jedoch auf die Rückbaubarkeit auf Ebene der Gebäudeelementen oder Bauteilen ab. Der erste Schritt zur Berechnung des Anteils der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau für jede Materialgruppe ist die Bewertung des Rückbaupotenzials für jedes Gebäudeelement anhand des Kriteriums „Qualitätsstufe“ (Tabelle 26). Im ZiFa 1.0 wird dieses Kriterium von Faktoren wie der Verbindung zwischen den Gebäudeelementen bestimmt.

In Tabelle 26 sind Beispiele für vollständig rückbaubare Bauteile (hohe „Qualitätsstufe“ Rückbaubarkeit und Rückbaufaktor 1,00), bis hin zu Beispielen für nicht rückbaubare Bauteile (niedrige „Qualitätsstufe“ Rückbaubarkeit und Rückbaufaktor 0,00) angeführt. Je nach Rückbaubarkeit („Qualitätsstufe“) wird der entsprechende Rückbaufaktor mit der Masse jeder in den Gebäudeelementen vorhandenen Materialgruppe multipliziert. Schließlich wird der Anteil der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau für eine bestimmte Materialgruppe berechnet, indem die Ergebnisse der Multiplikation der Massen dieser Materialgruppe mit dem jeweiligen Rückbaufaktor für jedes Gebäudeelement summiert werden.

¹²⁰ Dodd, Donatello, und Cordella.

Tabelle 26: „Qualitätsstufen“ der Rückbaubarkeit im ZiFa 1.0

„Qualitätsstufe“ Rückbaubarkeit		Rückbaubarkeitsfaktor
Bauteil vollständig rückbaubar	Betonfertigteile mit lösbaren Verbindungen	1,00
	Mineralwolle gestopft	
	Parkettboden – nicht verklebt	
	Hartschaumplatten (XPS) – nicht verklebt oder verschraubt	
	Baustahlträger verschraubt	
Bauteil teilweise rückbaubar	Betonfertigteile mit vergossenen Verbindungen	0,66
	Türen mit verleimten Türstock	
	Hartschaumplatten (XPS) - verschraubt	
	Baustahlträger verschweißt	
Bauteil zerstörend rückbaubar	Ortbetonkonstruktionen	0,33
	Wärmedämmverbundsysteme - geklebt	
	Gebundene Ausgleichsschichten	
	Hartschaumplatten (XPS) geklebt	
Bauteil nicht rückbaubar	Tiefliegende Bohrpfähle	0,00
	Horizontale Bodenverankerungen auf Fremdgrund	

Die Berechnung nach Formel (28) und (29) erfolgt automatisch anhand der gemäß Materialliste und Qualitätsstufe festgelegten Rückbaubarkeit ermittelten Massen.

$$m_{i,rückbau} [t] = \sum_{j=1}^m (m_{j,i} [t] * RF_{j,i} [-]) \quad (28)$$

$$RR. 1_i [-] = \frac{m_{i,rückbau} [t]}{m_{ges} [t]} \quad (29)$$

Beispiel:

Im Falle eines Stahlbetonträgers mit lösbaren Verbindungen (Rückbaufaktor = 1,00) wird der Anteil der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau wie folgt berechnet:

m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] = 300 t

$m_{1,Beton}$... Masse des ersten Gebäudeelements in Bezogen auf die Materialgruppe Beton [t] = 30 t

$m_{1,Metall}$... Masse des ersten Gebäudeelements in Bezogen auf die Materialgruppe Metall [t] = 3 t

$RF_{1,Beton}$... Rückbaufaktor für das erste Gebäudeelement der Materialgruppe Beton [-] = 1,00.

$RF_{1,Metall}$... Rückbaufaktor für das erste Gebäudeelement der Materialgruppe Metall [-] = 1,00.

$$m_{Beton,rückbau} [t] = \sum_{j=1}^1 (m_{1,Beton} [t] * RF_{1,Beton} [-]) = \sum_{j=1}^1 (30 t * 1,00) = 30 t$$

$$m_{Metall,rückbau} [t] = \sum_{j=1}^1 (m_{1,Metall} [t] * RF_{1,Metall} [-]) = \sum_{j=1}^1 (3 t * 1,00) = 3 t$$

$$RR. 1_{Beton} [-] = \frac{m_{Beton,rückbau} [t]}{m_{ges} [t]} = \frac{30 t}{300 t} = 0,10 [-]$$

$$RR. 1_{Metall} [-] = \frac{m_{Metall,rückbau} [t]}{m_{ges} [t]} = \frac{3 t}{300 t} = 0,01 [-]$$

II. Berechnung des Anteils an Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau

Die Berechnung des Anteils an Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau erfolgt automatisch mit Hilfe der Formel (30). Dieser Prozess aggregiert den Anteil der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau für alle Materialgruppen.

$$RR.1 = \sum_{i=1}^n RR.1_i \quad (30)$$

Beispiel:

$RR.1_{\text{Beton}}$... Anteil des Betons in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau [-] = 0,10 [-]

$RR.1_{\text{Metall}}$... Anteil des Metalls in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau [-] = 0,01 [-]

$$RR.1 = \sum_{i=1}^2 RR.1_i = RR.1_{\text{Beton}} + RR.1_{\text{Metall}} = 0,10 + 0,01 = 0,11 [-]$$

Ergebnis

Die Punktebewertung des Subindikators basiert direkt auf dem berechneten Wert gemäß Formel (30). Der Punktwert ist somit gleich dem Ergebniswert, wobei maximal 1 Punkt erreicht werden kann, siehe dazu Tabelle 25.

Tabelle 25: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.1

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
$RR.1 = 0$ bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

$RR.1[-] = 0,11 [-] = 0,11 [Pkt]$

Interpretation des Subindikators

Ein höherer Wert für diesen Subindikator deutet auf ein höheres Maß an Zirkularität innerhalb des Gebäudes hin, da es zur Ressourcenschonung beiträgt, indem es den Bedarf an Primärrohstoffen reduziert. Dies liegt daran, dass ein erheblicher Anteil der Baumaterialien und Bauelemente das Potenzial für einen zukünftigen Rückbau hat und die Wahrscheinlichkeit einer Wiederverwendung somit steigt. Angesichts des Einflusses der Materialdichte wird der Anteil der Materialien mit Potenzial für einen zukünftigen Rückbau auch nach Materialgruppen dargestellt, was ein umfassenderes Verständnis des Subindikators ermöglicht.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in Wechselwirkung mit dem Subindikator RR.2 des ZiFa 1.0.

4.8.2 Subindikator: (RR.2) Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung

Subindikator: (RR.2) Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung.				
Ziel: Eine Steigerung der in der Herstellung befindlichen Materialien und Bauelemente mit Potenzial zur künftigen Wiederverwendung verringert den Bedarf an Primärrohstoffen und trägt somit zur Ressourcenschonung bei.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet den Anteil der Materialien in der Herstellung, die das Potenzial haben, in Zukunft wiederverwendet zu werden.				
Eingangsdaten: Quantitativ – Menge je Materialgruppe für neu verbaute Materialien [t]				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Hoch	Einreichung Hoch	Ausführung Hoch
Hintergrund: Der Subindikator basiert auf den allgemeinen Empfehlungen der EU-Taxonomie und konzentriert sich insbesondere auf Konstruktionsdesigns und -techniken, die die Zirkularität durch die Integration von Konzepten für den Rückbau fördern, wie in Level(s)-Indikatoren 2.4: "Entwurf für den Rückbau" ¹²¹ beschrieben. Es wurde weiter optimiert, wobei besonderes Augenmerk auf die Verwendung der in ZiFa 1.0 definierten Materialliste anstelle des Leistungsverzeichnisses von Level(s) gelegt wurde.				
Nachweis: Quantitativ				
$m_{ges} [t] = \sum_{i=1}^n m_i [t]$				(1)
$m_{i,Wiederverwendung} [t] = \sum_{j=1}^m (m_{j,i} [t] * WF_{j,i} [-])$				(31)
$RR.2_i = \frac{m_{i,Wiederverwendung} [t]}{m_{ges}[t]}$				(32)
$RR.2 = \sum_{i=1}^n RR.2_i$				(33)
<p>m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] m_i ... Gesamtmasse der Materialgruppe i aus Materialliste [t] $m_{i,Wiederverwendung}$... Gesamtmasse der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung je Materialgruppe i [t] $m_{j,i}$... Masse des j – ten Gebäudeelements bezogen auf die Materialgruppe i. $WF_{j,i}$... Wiederverwendungsfaktor für das j – te Gebäudeelement der Materialgruppe i [-]. $RR.1_i$... Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung je Materialgruppe i [-] $RR.1$... Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung [-] n ... Gesamtzahl der Materialgruppen [n]. m ... Gesamtzahl der Gebäudeelemente [n].</p>				

¹²¹ Dodd, Donatello, und Cordella.

Ergebnis: Der (RR.2) Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung ergibt sich aus der Gesamtmasse des Materials in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung der jeweiligen Materialgruppen, sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Das Ergebnis von RR.2 entspricht dem Wert des Subindikators RR.2 (Tabelle 27).

Tabelle 27: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.2

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
RR.2 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator bewertet das Potenzial für die zukünftige Wiederverwendung von Gebäudeelementen basierend auf deren Materialmasse. Die Einbeziehung von Überlegungen zur Wiederverwendung während der Planungsphase kann die Menge des Materials, das wieder in den Kreislauf integriert werden kann, deutlich erhöhen und so zur Schließung des Kreislaufs beitragen. Diese Verringerung des Bedarfs an neuen Primärmaterialien trägt auch zur Minimierung von Deponieabfällen bei. Die Grundlage des Subindikators leitet sich vom „Zirkularität-Score“ ab, der in Level(s)-Indikatoren 2.4: „Entwurf für den Rückbau“ beschrieben wird. Der Unterschied besteht darin, dass das Potenzial für zukünftige Wiederverwendung unabhängig von anderen Zirkularitätskriterien bewertet wird, im Gegensatz zu Level(s), wo es in einen einheitlichen Zirkularität-Score integriert ist. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt durch die Berechnung des Anteils an Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung. Dieser Anteil setzt die Gesamtmasse des Materials in der Herstellung mit Wiederverwendungspotenzial jeder einzelnen Materialgruppe ins Verhältnis zur Gesamtmasse des Gebäudes. Die Berechnung wird im Folgenden beschrieben:

I. Ermittlung des Anteils der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung je Materialgruppe i

Die im Gebäude neu verbauten Materialien sind in der Materialliste gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung zu ermitteln und aufzulisten. Auf der Basis der Eingaben der Materialliste und der Formel (32) wird der Anteil an Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung für jede Materialgruppe berechnet. Diese Berechnung basiert auf der Gesamtmasse des Gebäudes (m_{ges}) und der Gesamtmasse des Materials in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung für jede Materialgruppe ($m_{Wiederverwendung_i}$) in Tonnen. Wie in Subindikator RR.1 erfolgt eine Einteilung der potenziellen Rückbaubarkeit bereits bei Eingabe der Materialien bzw. Bauteile/Gebäudeelemente in die Materialliste. Der erste Schritt zur Berechnung der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung für jede Materialgruppe ist die Bewertung des Wiederverwendungspotenzials für jedes Gebäudeelement anhand des Kriteriums „Qualitätsstufe“ Tabelle 28. Im ZiFa 1.0 ist dieses Kriterium grundsätzlich auf das in RR.1 ermittelte Rückbaupotenzial und andere Faktoren wie z.B. die technischen Eigenschaften der Materialien gebunden. Zum Beispiel kann ein Gebäudeelement nicht zu 100% wiederverwendet werden, wenn es sich nicht leicht zurückbauen lässt (Rückbaufaktor gleich 0,66 oder 1,00).

Tabelle 28 enthält Beispiele für das Kriterium der „Qualitätsstufe“ für die Wiederverwendbarkeit, die von Gebäudeelementen mit hohem Wiederverwendungspotenzial (Auf Bauteilebene 100 % potenzielle Wiederverwendbarkeit – Wiederverwendungsfaktor 1,00), bis hin zu Gebäudeelementen reichen, bei denen die Wiederverwendung eine technische und/oder wirtschaftliche Herausforderung darstellt (Nicht wiederverwendbar – Wiederverwendungsfaktor 0,00). Danach wird der entsprechende Wiederverwendungsfaktor mit der Masse jeder in den Gebäudeelementen vorhandenen Materialgruppe multipliziert. Schließlich wird der Anteil der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung für eine bestimmte Materialgruppe berechnet, indem die Ergebnisse der Multiplikation der Massen dieser Materialgruppe mit dem jeweiligen Wiederverwendungsfaktor für jedes Gebäudeelement summiert werden.

Tabelle 28: „Qualitätsstufen“ der Wiederverwendbarkeit im ZiFa 1.0

„Qualitätsstufe“ Wiederverwendbarkeit		Wiederverwendbarkeitsfaktor
Auf Bauteilebene 100 % potenzielle Wiederverwendbarkeit	Betonverlegeplatten	1,00
	Mineralwolleplatten gelegt	
	Kiesschüttung	
Auf Bauteilebene mindestens 50 % potenzielle Wiederverwendbarkeit	Holzunterkonstruktionen	0,66
	Mineralwolleplatten verschraubt	
	Hartschaumplatten (XPS) - verschraubt	
	Baustahlträger verschweißt	
Auf Bauteilebene weniger 50 % potenzielle Wiederverwendbarkeit	Tramtraversendecken mit Aufbetonschicht	0,33
	Dachverblechungen, sofern es sich nicht um großflächige Blechformate handelt	
Nicht wiederverwendbar	Hartschaumplatten (XPS) - verklebt	0,00
	Stahlbeton in Ortbetonbauweise	
	Mechanisch befestigte Folien	

Die Berechnung nach Formel (31) und (32) erfolgt automatisch anhand der gemäß Materialliste und Qualitätsstufe festgelegten Rückbaubarkeit ermittelten Massen.

$$m_{i,Wiederverwendung} [t] = \sum_{j=1}^m (m_{j,i} [t] * RF_{j,i} [-]) \quad (31)$$

$$RR. 2_i [-] = \frac{m_{i,Wiederverwendung} [t]}{m_{ges} [t]} \quad (32)$$

Beispiel:

Im Falle eines Stahlbetonträgers in Ortbetonbauweise (Rückbaufaktor = 0,33 und Wiederverwendungsfaktor=0,00) wird der Anteil der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung wie folgt berechnet:

m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] = 1000 t

$m_{1,Beton}$... Masse des ersten Gebäudeelements bezogen auf die Materialgruppe Beton [t] = 100 t

$m_{1,Metall}$... Masse des ersten Gebäudeelements bezogen auf die Materialgruppe Metall [t] = 20 t

$RF_{1,Beton}$... Wiederverwendungsfaktor für das erste Gebäudeelement der Materialgruppe Beton [-] = 0,00.

$RF_{1,Metall}$... Wiederverwendungsfaktor für das erste Gebäudeelement der Materialgruppe Metall [-] = 0,00.

$$m_{Beton,Wiederverwendung} [t] = \sum_{j=1}^1 (m_{1,Beton} [t] * RF_{1,Beton} [-]) = \sum_{j=1}^1 (100 t * 0,00) = 0,00 t$$

$$m_{Metall,Wiederverwendung} [t] = \sum_{j=1}^1 (m_{1,Metall} [t] * RF_{1,Metall} [-]) = \sum_{j=1}^1 (20 t * 0,00) = 0,00 t$$

$$RR. 1_{Beton} [-] = \frac{m_{Beton,Wiederverwendung} [t]}{m_{ges} [t]} = \frac{0,00 t}{1000 t} = 0,00 [-]$$

$$RR. 1_{Metall} [-] = \frac{m_{Metall,Wiederverwendung} [t]}{m_{ges} [t]} = \frac{0,00 t}{1000 t} = 0,00 [-]$$

II. Berechnung des Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung

Die Berechnung des Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung erfolgt automatisch mit Hilfe der Formel (33). Dieser Prozess aggregiert den Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung für alle Materialgruppen.

$$RR.2 = \sum_{i=1}^n RR.1_i \quad (33)$$

Beispiel:

RR.2_{Beton} ... Anteil des Betons in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung [-] = 0,00 [-]

RR.2_{Metall} ... Anteil des Metalls in der Herstellung mit Potenzial für zukünftige Wiederverwendung [-] = 0,00 [-]

$$RR.2 = \sum_{i=1}^2 RR.2_i = RR.2_{Beton} + RR.2_{Metall} = 0,00 + 0,00 = 0,00 [-]$$

Ergebnis

Die Punktebewertung des Subindikators basiert direkt auf dem berechneten Wert gemäß Formel (33). Der Punktwert ist somit gleich dem Ergebniswert, wobei maximal 1 Punkt erreicht werden kann, siehe dazu Tabelle 27:

Tabelle 27: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.2

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
RR.2 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

RR.2[-] = 0,00 [-] = 0,00 [Pkt]

Interpretation des Subindikators

Ein höherer Wert für diesen Subindikator deutet auf ein höheres Maß an Zirkularität innerhalb des Gebäudes hin, da es dazu beiträgt, den Bedarf an Primärrohstoffen und die Abfallerzeugung zu verringern. Dies liegt daran, dass ein erheblicher Anteil der Baumaterialien und -elemente das Potenzial für eine zukünftige Wiederverwendung hat, was die Menge an Material erhöht, die wieder in den Kreislauf integriert werden kann und somit zur Schließung des Kreislaufs beiträgt. Angesichts des Einflusses der Materialdichte wird der Anteil der Materialien mit Potenzial für einen späteren Rückbau auch nach Materialgruppen dargestellt, was ein umfassenderes Verständnis des Subindikators ermöglicht.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in Wechselwirkung mit dem Subindikator RR.1 des ZiFa 1.0.

4.8.3 Subindikator: (RR.3) Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung

Subindikator: (RR.3) Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung			
Ziel: Die erhöhte Verwendung modularer Bauelemente ermöglicht einen effizienteren Rückbau von Bauelementen und erhöht damit die Wahrscheinlichkeit ihrer Wiederverwendung in zukünftigen Bauprojekten.			
Beschreibung: Der Subindikator bewertet den Anteil an der Gesamtmasse des Gebäudes, der aus modularen Bauelementen besteht.			
Eingangsdaten: Quantitativ – Menge je Materialgruppe für neu verbaute Materialien [t] und Menge je Materialgruppe für neu verbaute Materialien, die modular sind [t]			
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude	Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau	Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Hoch	Einreichung Hoch	Ausführung Hoch
Hintergrund: Der Subindikator ist in den Level(s)-Indikatoren 2.4: „Entwurf für den Rückbau“ ¹²² verankert. Im Wesentlichen geht es darum, modulare Elemente zu integrieren, um eine rückbauorientierte Gestaltung zu erleichtern. Die vorgeschlagene Verbesserung besteht darin, die Modularität klar zu definieren und separat zu bewerten, anstatt sie in den Zirkularität-Score einzubeziehen.			
Nachweis: Quantitativ			
$m_{ges} [t] = \sum_{i=1}^n m_i [t] \quad (1)$			
$RR.3_i = \frac{m_{i,Modular} [t]}{m_{ges} [t]} \quad (34)$			
$RR.3 = \sum_{i=1}^n RR.3_i \quad (35)$			
<p><i>m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t]</i> <i>m_i ... Gesamtmasse der Materialgruppe i aus Materialliste [t]</i> <i>RR.3_i ... Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung Materialgruppe i [-]</i> <i>m_{i,Modular} ... Gesamtmasse modularer Bauelemente bei der Herstellung der Materialgruppe i aus der Materialliste [t]</i> <i>RR.3 ... Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung [-]</i> <i>n ... Gesamtzahl der Materialgruppen [n]. Die Gesamtzahl der Materialgruppen in ZiFa 1.0 beträgt acht.</i></p>			
Ergebnis: Der (RR.3) Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung ergibt sich aus der Gesamtmasse der modularen Bauelemente in der Herstellung der jeweiligen Materialgruppen sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Das Ergebnis von RR.2 entspricht dem Wert des Subindikators RR.3 (Tabelle 29).			
Tabelle 29: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.3			
Antwort			Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen			
RR.3 = 0 bis 1			0,00 – 1,00

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator bewertet den Prozentsatz der Baumaterialien, die aus modularen Bauelementen bestehen. Die Verwendung modularer Elemente führt zu Gebäuden, die demontiert werden können, wobei die Komponenten aufgrund ihrer standardisierten Größe eine höhere Wahrscheinlichkeit zur Wiederverwendung aufweisen. Der Subindikator ist in den Level(s)-Indikatoren 2.4: „Entwurf für den Rückbau“¹²³ verankert. Im Wesentlichen zielt dieses Konzept darauf ab, modulare Elemente zu integrieren, um eine rückbauorientierte Bauweise zu etablieren. Die im ZiFa 1.0 vorgeschlagene

¹²² Dodd, Donatello, und Cordella.

¹²³ Dodd, Donatello, und Cordella.

Verbesserung besteht darin, die Modularität klar zu definieren und separat zu bewerten, anstatt sie in die Rückbaubarkeit und Wiederverwendbarkeit („circularity score“) einzubeziehen. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Der Nachweis des Subindikators erfolgt durch die Berechnung des Anteils an der Gesamtmasse des Gebäudes, der aus modularen Bauelementen besteht. Dieser Anteil setzt die Gesamtmasse der modularen Bauelemente in der Materialgruppe in Relation zur Gesamtmasse des Gebäudes. Die Berechnung wird im Folgenden beschrieben:

I. Ermittlung der Massen modularer Bauelemente in der Herstellung für jede Materialgruppe

Die im Gebäude neu verbauten Materialien sind in der Materialliste gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung zu ermitteln und aufzulisten. Auf der Basis der Eingaben der Materialliste wird der Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung für jede Materialgruppe gemäß Formel (34) berechnet. Diese Berechnung basiert auf der Gesamtmasse des Gebäudes (m_{ges}) und der Gesamtmasse des Gebäudes, der aus modularen Bauelementen besteht für jede Materialgruppe (RR.3a) in Tonnen. In ZiFa 1.0 sind modulare Bauelemente durch standardisierte Dimensionen und Verbindungen definiert. Sie werden auch dann als modular betrachtet, wenn sie standardisierte Größen haben und ohne zusätzliche Verbindungselemente wie im Fall der verzahnten Strukturträger miteinander verbunden werden können. Diese Modularität gewährleistet die einfache Kombination, den Transport sowie die Montage oder den Rückbau der Elemente. Die Berechnung erfolgt automatisch anhand der nach der Materialliste ermittelten Massen:

$$RR.3_i = \frac{m_{i,Modular} [t]}{m_{ges} [t]} \quad (34)$$

Beispiel:

$m_{Beton,Modular}$... Gesamtmasse der modularen Bauelemente aus Beton bei der Herstellung aus der Materialliste [t] = 200 t

$m_{Holz,Modular}$... Gesamtmasse der modularen Bauelemente aus Holz bei der Herstellung aus der Materialliste [t] = 80 t

m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] = 400 t

$$RR.3_{Beton} = \frac{200 [t]}{400 [t]} = 0,50 [-]$$

$$RR.3_{Holz} = \frac{80 [t]}{400 [t]} = 0,20 [-]$$

II. Berechnung des Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau

Die Berechnung des Anteils modularer Bauelemente in der Herstellung erfolgt automatisch mithilfe der Formel (35). Dieser Prozess aggregiert den Anteil der Materialien in der Herstellung, die modulare Bauelemente sind, für alle Materialgruppen.

$$RR.3 = \sum_{i=1}^n RR.3_i \quad (35)$$

Beispiel:

$RR.3_{Beton}$... Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung aus Beton [-] = 0,50 [-]

$RR.3_{Holz}$... Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung aus Holz [-] = 0,20 [-]

$$RR.1[-] = 0,50 + 0,20 = 0,70 [-]$$

Ergebnis

Die Punktebewertung des Subindikators basiert direkt auf dem berechneten Wert gemäß Formel (35). Der Punktwert ist somit gleich dem Ergebniswert, wobei maximal 1 Punkt erreicht werden kann, siehe Tabelle 29.

Tabelle 29: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.3

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
RR.3 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

$RR.3[-] = 0,70 [-] = 0,70 [Pkt]$

Interpretation des Subindikators

Ein höherer Wert für diesen Subindikator deutet auf eine höhere Verwendung von modularen Bauelementen hin. Dies ermöglicht eine effizientere Demontage von Bauelementen und erhöht die Wahrscheinlichkeit ihrer Wiederverwendung in zukünftigen Bauprojekten. In Anbetracht des Einflusses der Materialdichte ermöglicht der Anteil der Materialien in der Materialgruppe auch ein umfassenderes Verständnis des Subindikators.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.8.4 Subindikator: (RR.4) Dokumentationsqualität für rückbaufreundliches Design

Subindikator: (RR.4) Dokumentationsqualität für rückbaufreundliches Design				
Ziel: Eine präzise und verständliche Rückbaudokumentation erhöht die Effizienz des Rückbaus und erleichtert die spätere Wiederverwendung von Gebäudeelementen.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, wie detailliert Baumaterialien und -elemente dokumentiert sind, um den Rückbau zu erleichtern.				
Eingangsdaten: Qualitativ Art und Weise der jeweiligen Dokumentation.				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator basiert auf der EU-Taxonomie und den Level(s)-Indikatoren 2.4: „Entwurf für den Rückbau“ und unterstreicht die Bedeutung des Einsatzes elektronischer Hilfsmittel zur Beschreibung der Eigenschaften des Gebäudes, wie z. B. Materialien, Komponenten und Rückbautechniken, um das Potenzial für eine zukünftige Wiederverwendung zu erhöhen.				
Nachweis: Qualitativ Der Nachweis erfolgt durch Punktvergabe gemäß Level der jeweiligen Planung, wobei die Level 0 bis 3 gemäß BIM Maturity Ramp als Grundlage dienen ¹²⁴ . Eine exakte Definition dieser Level kann beispielsweise dem Kriterienkatalog der DGNB entnommen werden ¹²⁵ . Je nach Level der Planung werden Punkte zwischen 0 und 1 vergeben, siehe Tabelle 30.				
Ergebnis: Der (RR.4) Dokumentationsqualität für rückbaufreundliches Baustoff-/Bauteildesign ergibt sich aus der Betrachtung der BIM-Hierarchie (Level of Detail - LoD) der Dokumentation. Diese Bewertung ergibt einen Wert zwischen 0 und 1. Das Ergebnis von RR.4 entspricht dem Wert des Subindikators RR.4 (Tabelle 30).				
Tabelle 30: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.4				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
Level 0				0,00
Level 1				0,33
Level 2				0,66
Level 3				1,00

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator bewertet die Qualität der Rückbaudokumentation für Bauelemente. Eine präzise und verständliche Rückbaudokumentation ist entscheidend, um Bauelemente schadensfrei zu trennen und für eine zukünftige Wiederverwendung zu erhalten. Die Grundlage für den Subindikator ist die EU-Taxonomie und der Level(s) Indikator 2.4: „Entwurf für den Rückbau“. Beide Referenzen betonen die Bedeutung des Einsatzes von elektronischen Werkzeugen zur Beschreibung von Gebäudeeigenschaften, wie Materialien, Komponenten und Rückbautechniken, um das Potenzial für eine zukünftige Wiederverwendung zu erhöhen. Die verschiedenen BIM-Ebenen dienen als Grundlage für die Bewertung der Dokumentationsqualität, siehe Abbildung 24. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt

¹²⁴ Borrmann u. a., *Building Information Modeling*.

¹²⁵ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

Nachweis des Subindikators

Die zugehörige Punktevergabe für die jeweilige BIM-Hierarchie (Level of Detail - LoD) der Dokumentation ist in Tabelle 30 ersichtlich.

Tabelle 30: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.4

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
Level 0	0,00
Level 1	0,33
Level 2	0,66
Level 3	1,00

Beispiel:

Wenn die Rückbaudokumentation eines Wohngebäude-Bauprojekts ausschließlich mit traditionellen Methoden erstellt wird und detaillierte Informationen sowie eine digitale Zusammenarbeitsplattform fehlen, wird sie gemäß Abbildung 24 als Level 0 bewertet. Folglich wird das Projekt mit einer Gesamtpunktevergabe von 0,00 bewertet.

RR. 4 ... Dokumentationsqualität für rückbaufreundliches Baustoff (Bauteildesign) = Level 0

Ergebnis

Die Bewertung des Subindikators ergibt sich nach Abbildung 24 aus der jeweiligen BIM-Hierarchie (Level of Detail - LoD) der Dokumentation, wobei Punkte zwischen 0 und 1 vergeben werden, siehe Tabelle 30.

Beispiel:

RR. 4[-] = Level 0 [-] = 0,00 [Pkt]

Interpretation des Subindikators

Eine hohe Qualität der Dokumentation liefert umfassende und detaillierte Informationen zu wichtigen Aspekten und erleichtert sowohl den Rückbauprozess als auch die zukünftige Wiederverwendung. Die Qualität hängt von der Ebene der BIM-Hierarchie (Level of Detail - LoD) der Dokumentation ab, die von einfachen geometrischen Informationen zu den Gebäudeelementen bis hin zu vollständigen und integrierten Informationen über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes reicht, einschließlich wichtiger Empfehlungen in Rückbauleitfäden.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Der Subindikator erreicht aktuell ein Maximum bei einer Planung nach Level 3. Bei zukünftiger Weiterentwicklung dieser Planungslevel, kann eine weitere Unterteilung zielführend sein.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.
- Letztlich entscheidet die Sicherstellung der Lesbarkeit der digitalen Daten über die langjährige (jahrzehntelange) Anwendbarkeit der Dokumentation – Im ZiFa 1.0 hat diese allerdings keinen Einfluss auf den Subindikator, da dieser den Stand der Daten zum Zeitpunkt der Errichtung bewertet.

4.8.5 Subindikator: (RR.5) Identifikation von Gebäudekomponenten

Subindikator: (RR.5) Identifikation von Gebäudekomponenten				
Ziel: Ein eindeutiges und digitalisiertes System zur Identifikation von Gebäudekomponenten ermöglicht die effiziente Verfolgung und Katalogisierung der im Bauwesen verwendeten Baustoffe und erleichtert so deren Rückbau und Wiederverwendung in der Zukunft.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, wie sorgfältig Baumaterialien und -elemente identifiziert werden.				
Eingangsdaten: Qualitativ Art und Weise der jeweiligen Identifikation von Gebäudekomponenten.				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator basiert auf der EU-Taxonomie und den Level(s)-Indikatoren 2.4: „Entwurf für den Rückbau“ und unterstreicht die Bedeutung des Einsatzes elektronischer Hilfsmittel zur Beschreibung der Eigenschaften des Gebäudes, wie z. B. Materialien, Komponenten und Rückbautechniken, um das Potenzial für eine zukünftige Wiederverwendung zu erhöhen.				
Nachweis: Qualitativ Der Nachweis erfolgt durch Punktergabe gemäß Level der jeweiligen Planung, wobei die Level 0 bis 3 gemäß BIM Maturity Ramp als Grundlage dienen ¹²⁶ . Eine exakte Definition dieser Level kann beispielsweise dem Kriterienkatalog der DGNB entnommen werden ¹²⁷ . Je nach Level der Planung werden Punkte zwischen 0 und 1 vergeben.				
Ergebnis: Der (RR.5) Identifikation von Gebäudekomponenten ergibt sich aus der Art und Weise der jeweiligen Identifikation. Diese Bewertung ergibt einen Wert zwischen 0 und 1. Das Ergebnis von RR.5 entspricht dem Wert des Subindikators RR.5 (Tabelle 31).				
Tabelle 31: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.5				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen				
Keine Identifikation				0,00
Analog				0,33
Digital (BIM)				0,66
Digital (QR-Code oder ähnliches)				1,00

Beschreibung des Subindikators

Der Subindikator bewertet, wie sorgfältig Baumaterialien und -elemente identifiziert werden. Ein klar definiertes und digitalisiertes System zur Identifizierung von Bauteilen fördert die effiziente Verfolgung und Katalogisierung von Baumaterialien, die beim Bau verwendet werden. Dies wiederum erleichtert den Rückbau und die Wiederverwendung dieser Materialien in zukünftigen Projekten und unterstützt den zirkulären Ansatz in der Baupraxis. Die Grundlage für den Subindikator ist die EU-Taxonomie und der Level(s) Indikator 2.4: „Entwurf für den Rückbau“. Beide Referenzen betonen die Bedeutung des Einsatzes von elektronischen Werkzeugen zur Beschreibung von Gebäudeeigenschaften, wie Materialien, Komponenten und Rückbautechniken, um das Potenzial für eine zukünftige Wiederverwendung zu erhöhen. Der Subindikator wird für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen abgefragt.

Nachweis des Subindikators

Die effiziente Identifikation von Bauelementen ermöglicht einen schnellen Zugriff auf wichtige Informationen für verschiedene Bauprojekte sowie für zukünftige Demontagen und erleichtert die Wiederverwendung durch gut dokumentierte Informationen. Um dies zu erreichen, können verschiedene Kennzeichnungen verwendet werden, die von traditionellen analogen Ansätzen bis hin zu

¹²⁶ Borrmann u. a., *Building Information Modeling*.

¹²⁷ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V., „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“.

vollständig digitalisierten Lösungen reichen. Jede Option hat spezifische Merkmale, die im Folgenden aufgeführt sind:

- Keine Kennzeichnung: Es gibt keine spezifische Kennzeichnung oder Identifizierung der Bauelemente.
- Analog: Bei der analogen Kennzeichnung werden die Komponenten direkt mit Methoden wie Seriennummern, Strichcodes oder schriftlichen Beschreibungen gekennzeichnet. Diese Kennzeichnungen können von Menschen gelesen werden und erfordern menschliches Eingreifen zur Verwaltung der Daten.
- Digital (BIM): Digital (BIM) weist den Komponenten in einem digitalen Modell eindeutige Bezeichnungen zu und speichert detaillierte Informationen wie Abmessungen und Materialeigenschaften.
- Digital (QR-Code o.ä.): Bei der digitalen Kennzeichnung (QR-Code o. ä.) werden maschinenlesbare Codes an den Bauteilen angebracht. Durch Scannen dieser Codes können die Nutzer sofort auf relevante Daten zugreifen, die in digitalen Datenbanken oder Cloud-Plattformen gespeichert sind.

Beispiel:

Bei einem Bauprojekt für eine Bildungseinrichtung, bei dem die Gebäudekomponenten mit manuellen Methoden wie Seriennummern, Strichcodes oder schriftlichen Beschreibungen identifiziert werden, wird die Identifizierung der Gebäudekomponenten als "analog" eingestuft. Folglich erhält das Projekt einen Punktwert von insgesamt 0,33 für diesen Subindikator.

RR.5 ... Identifikation von Gebäudekomponenten = Analog

Ergebnis

Die Bewertung des Subindikators ergibt sich aus der Art der Kennzeichnung, die zur Identifizierung der Bauelemente verwendet wird, entsprechend den im Abschnitt Nachweis angegebenen Kategorien, wobei Punkte zwischen 0 und 1 vergeben werden, siehe Tabelle 32.

Tabelle 32: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.5

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen	
Keine Identifikation	0,00
Analog	0,33
Digital (BIM)	0,66
Digital (QR-Code oder ähnliches)	1,00

Beispiel:

RR.4[-] = Analog [-] = 0,33 [Pkt]

Interpretation des Subindikators

Die Implementierung eines eindeutigen und digitalisierten Systems zur Identifikation von Gebäudekomponenten ermöglicht einen effizienten Echtzeit-Zugriff auf relevante Bauwerksdaten. Dies erlaubt die Erstellung umfassender Datenbanken, die das gesamte Gebäudemanagement optimieren und die urbane Ressourcenminimierung durch die Förderung des Sekundärrohstoffmarktes maßgeblich unterstützen.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Der Subindikator steht aus Sicht der Autor*innen in keinerlei Wechselwirkung mit anderen Subindikatoren des ZiFa 1.0.

4.9 Indikator: (7) Recycling

Der kumulierte Indikator „Recycling“ bewertet, welche Materialien des Gebäudes nach aktuellem Stand bzw. zukünftig potenziell rezyklierbar sind, siehe Abbildung 26. Für ein zirkuläres Bauen spielt nach dem Rückbau und Reuse das Recycling der anfallenden Bau- und Abbruchabfälle auf Baustellen eine wichtige Rolle – sowohl bei Abbrüchen, Sanierungen als auch am Ende des Lebenszyklus eines Neubaus.

Bau- und Abbruchabfälle sind Materialien, die bei Bau- und Abbruchtätigkeiten im Hochbau oder Tiefbau sowie bei Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen anfallen. Im Hochbau fallen vorwiegend Beton, Ziegel- und sonstige Mauerwerksabbrüche sowie – insbesondere bei Neubauten – Aushubmaterial an. Weitere Abfälle umfassen – in untergeordneten Massen – Holz, Metalle und Kunststoffe. Die bei Bau- und Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfälle gehören aufgrund der Massenrelevanz und dem damit verbundenen Ressourcenschonungspotential zu den prioritären Abfallströmen.

In Österreich sind im Jahre 2020 rund 11,4 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle angefallen, wobei die Massen seit 2015 deutlich zunehmen¹³⁰. Wie generell, sind auch bei der Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen die rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Abfallwirtschaftsgesetz 2002) einzuhalten. Diese umfassen Verordnungen zum Abbruch über das Recycling bis hin zur Entsorgung (z.B. Recyclingbaustoffverordnung, Abfallverbrennungsverordnung, Deponieverordnung). Hinsichtlich der EU-Abfallrahmenrichtlinie hat Abfallvermeidung und Reuse die höchste Priorität. Erst wenn dies aus ökologischen, technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht möglich ist, sollen Materialien rezykliert werden. Durch Recycling lassen sich große Massen an Primärrohstoffen substituieren und leisten somit einen wichtigen Beitrag zur Schonung von Ressourcen - wobei räumliche und zeitliche Aspekte zu beachten sind. Je höher das Recyclingpotenzial, desto höher die Zirkularität.

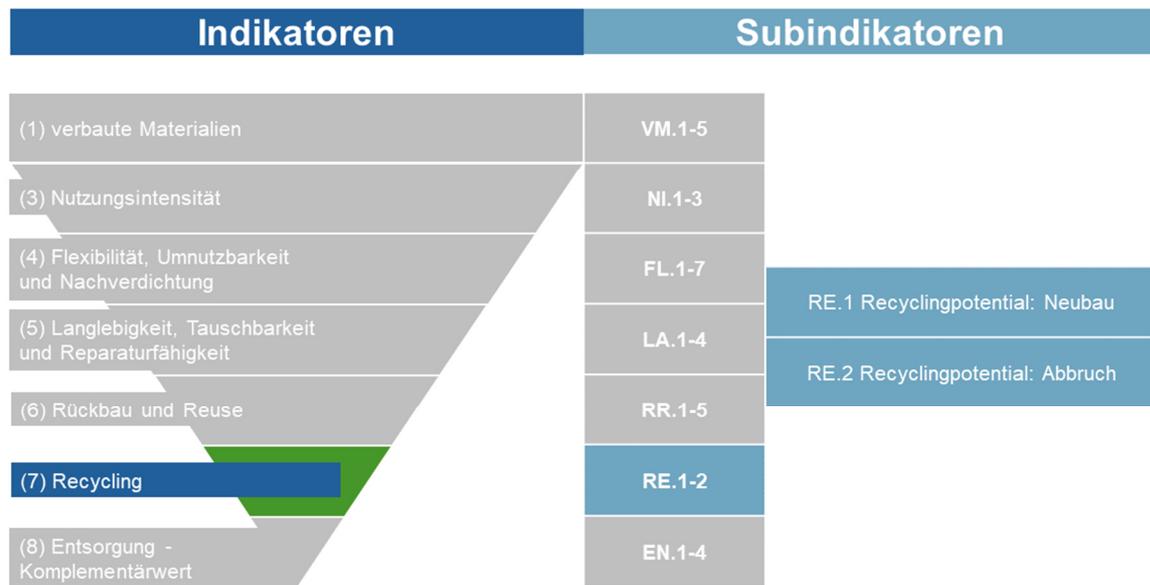


Abbildung 26: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (7) Recycling

4.9.1 Subindikator: (RE.1) Recyclingpotential: Neubau

Subindikator: RE.1. Recyclingpotential: Neubau				
Ziel: Steigerung des Recyclingpotentials. Durch die Auflistung des Recyclingpotentials nach Materialgruppen wird ein Bewusstsein zu Vor- und Nachteilen hinsichtlich der Recyclingfähigkeit unterschiedlicher Materialien geschaffen.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, wie viele der neu verbauten Materialien am Ende der Lebensdauer theoretisch rezyklierbar sind.				
Eingangsdaten: Quantitativ – österreichische Recyclingquote [%], Menge je Materialgruppe für neu verbaute Materialien [t]				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator ist angelehnt an den Level(s) -Indikator 2.2 Bau- und Abbruchabfälle ¹²⁸ unter Berücksichtigung der österreichischen Abfallwirtschaft ¹²⁹ .				
Nachweis: Quantitativ				
$\text{Recyclingpotential je Materialgruppe [-]} = RE.1_i = \frac{m_i [t] * RQ_i [%]}{m_{ges} [t]} \quad (36)$				
$\text{Recyclingpotential: Neubau [-]} = RE.1 = \sum_{i=1}^n RE.1_i \quad (37)$				
m_i ... Gesamtmasse der Materialgruppe i aus Materialliste [t] m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] RQ_i ... Recyclingquote je Materialgruppe i [%]				
Ergebnis: Je höher das Recyclingpotential, desto höher die Zirkularität des Gebäudes. Das Recyclingpotential ergibt sich aus der Gesamtmasse der jeweiligen Materialgruppen und der Recyclingquote, sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Je höher das Recyclingpotential, desto höher die Zirkularität des Gebäudes (Tabelle 33).				
Tabelle 33: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RE.1				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Neubau)				
$RE.1 = 0$ bis 1				0,00 – 1,00

Beschreibung des Subindikators

Zur Beurteilung des Recyclingpotentials muss erhoben werden, ob die verbauten Materialien zukünftig für ein Recycling geeignet sind. Die Abschätzung des Subindikators Recyclingpotenzial erfolgt je Materialgruppe. Als Eingabe-Wert (Default-Wert) wurde die aktuelle österreichische Rezyklierbarkeit einzelner Materialien auf Basis des Bundesabfallwirtschaftsplans 2023¹³⁰ abgeschätzt. Da es für Wien keine spezifischen Daten zur Bewirtschaftung von Baurestmassen und Baustellenabfällen gibt, sind die österreichischen Recyclingraten die aktuell beste Näherung. Beim Recyclingpotenzial handelt es sich folglich um eine Abschätzung auf Basis des Status Quo. Mögliche zukünftige Entwicklungen z.B. neue rechtliche Rahmenbedingungen, Änderung des Markts für Recyclingmaterialien, spezifische Recyclingkonzepte können durch Änderung des Default-Wertes berücksichtigt werden. Die Berechnung des Recyclingpotential erfolgt mengenaliquot je Materialgruppe anhand der österreichischen Recyclingquoten.

¹²⁸ Donatello S., Dodd N. & Cordella M., 2021. Level(s)-Indikator 2.2:

Bau- und Abbruchabfälle und -materialien – Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1

¹²⁹ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, „Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023“.

¹³⁰ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.

Nachweis des Subindikators

Das Recyclingpotential wird anhand der Masse [t] und den österreichischen Recyclingquoten [%] je Materialgruppe abgeschätzt.

I. Ermittlung der Massen je Materialgruppe

Die im Gebäude neu verbauten Materialien sind in der Materialliste gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung zu ermitteln und aufzulisten. Dadurch ergibt sich eine Gesamtmasse des Gebäudes m_{ges} und eine Gesamtmasse je Materialgruppe bzw. Material m_i in Tonnen.

II. Prüfen der Recyclingquote

Die Recyclingquoten im ZiFa 1.0 dienen als Default-Werte und basieren auf der aktuellen österreichischen Recyclingquote lt. Bundesabfallwirtschaftsplan 2023¹³⁰. Eine spätere Anpassung und Aktualisierung werden empfohlen. Die nachfolgenden Ausführungen beschreiben die Hintergründe der Recyclingquoten der im ZiFa 1.0 verwendeten Materialgruppen. Außerdem wird an dieser Stelle auf die Verwertungswege Deponierung und thermische Behandlung eingegangen, welche für den kumulierten Indikator (8) Entsorgung herangezogen werden.

Mineralische Bau- und Abbruchabfälle¹³⁰ wie Bauschutt, Straßenaufbruch, Betonabbruch, Asphalt werden großteils (>80 %) Behandlungsanlagen zugeführt und somit zu Recycling-Baustoffen gemäß Recyclingbaustoffverordnung hergestellt. Ein Teil wird auch in Zementwerken oder Beton- und in Asphaltmischanlagen stofflich verwertet. Rund 10-15 % werden deponiert.

Für Schüttungen beispielsweise können viele mineralische Baumaterialien verwendet werden. Beton kann, je nach qualitativen Eigenschaften, als Sand- oder Kiesersatz für die Herstellung von neuem Beton rezykliert werden¹³¹.

- Beton:
 - Recycling 97 %
 - Deponie 3 %
- mineralische Baustoffe – Bauschutt: (keine Baustellenabfälle) - Mischung aus Ziegel, Beton, Keramik, Steinen, Fliesen, Mörtel, Verputz):
 - Recycling 77 %
 - Deponie 23%
- Bituminöse Materialien:
 - Recycling 98 %
 - Deponie 2%
- Künstliche Mineralfasern: Recyclingquote 0 % (wurden zu 88 % deponiert, zu 10 % verbrannt und ein Teil wurde exportiert). Die Ablagerungsmöglichkeit von künstlichen Mineralwolleabfällen (mit und ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften) ist mit Ablauf des 31. Dezember 2026 begrenzt. Aktuell werden Verfahren zum Recycling der künstlichen Mineralwolleabfälle (mit und ohne gefahrenrelevante Fasereigenschaften) entwickelt und Anlagen errichtet. Einzelne Hersteller bieten eine Rücknahme ihrer Fasern (insbesondere von Verschnitten) an, um diese einer stofflichen Verwertung zuzuführen.

Gipsabfälle¹³⁰ werden großteils deponiert (92 %) und nur zu einem kleinen Teil (8 %) in Behandlungsanlagen für mineralische Baurestmassen eingebracht. Mit 1. Jänner 2026 gilt ein Deponierungsverbot für Gipsplatten, Gips-Wandbauplatten und faserverstärkte Gipsplatten. Dieses Verbot stellt besondere Anforderungen an Sammler und Behandler, da Gipsplatten im Sinne des Verwertungsgebotes nach entsprechendem Rückbau für ein späteres Recycling gesammelt und behandelt werden müssen. Voraussetzung für das stoffliche Recycling ist ein sortenreiner Rückbau, sowie eine trockene Lagerung, Sammlung und Transport, da ausschließlich trockene Gipsplatten unter geringem Energieaufwand einem umwelt- und klimafreundlichen Recycling zugeführt werden können. Aktuell erfolgt auch die Anlagengenehmigung für eine Recyclinganlage in der Umgebung von Wien (Stockerau). Es handelt sich dabei um die erste Gips-zu-Gips-Recyclinganlage Österreichs. Die neue Anlage wird über eine Jahreskapazität von rund 60.000 Tonnen verfügen und ist damit in der Lage, den Bedarf im Osten von Österreich abzudecken ¹³¹.

- Recycling 8 % (mit wahrscheinlicher Erhöhung in den nächsten Jahren)
- Deponie 92 %

¹³¹ Baustoff-Recycling Verband, „Wenn Beton aus Beton gewonnen wird“.

Unter dem Begriff Holzabfälle werden Bau- und Abbruchholz sowie Verpackungsholz, welches im Zuge von Bauarbeiten anfällt, zusammengefasst. Zu den Holzabfällen gehören Bauholz, Konstruktionshölzer, Schaltafeln, Paletten, Holzzäune, Dielen und Böden, Spanplatten, Holzfenster, Bahnschwellen etc.¹³². Holzabfälle¹³⁰ werden größtenteils bereits am Anfallsort (z.B. auf Baustellen) als Altholz bzw. als Altholz "gefährlich" in getrennten Behältnissen gesammelt. In Österreich wird der Großteil des Altholzes stofflich zu Holzspanplatten und der Rest thermisch unter Energiegewinnung verwertet.

- Recycling 61 %
- Thermische Behandlung 39 %

Zu den Kunststoffabfällen auf Baustellen gehören Kunststoffprofile, Dämmplatten, Kunststoffrohre, Folien, Bodenbeläge, Fenster, Baustyropor, Rohre, Kunststoffeimer, Kunststoffverpackungen etc., wobei folgende Kunststoffabfälle aus dem Bauwesen stofflich verwertet werden: Kunststoffrohre und Formstücke, Kunststofffenster und PVC¹³². Da es keine Daten zu Kunststoffabfällen auf Baustellen gibt, wird das gesamte Aufkommen von Kunststoffabfällen für eine Abschätzung des Recyclings und der Entsorgung herangezogen. Der überwiegende Teil der Kunststoffabfälle entfällt auf Kunststoffe in gemischten Abfällen. Zusammenfassend zeigt sich, dass „sortenreine“ Kunststoffabfälle zu 86 % stofflich verwertet, zu 13 % thermisch behandelt und zu 1 % deponiert werden. Der überwiegende Teil der Kunststoffabfälle entfällt auf Kunststoffe in gemischten Abfällen, welche zum überwiegenden Anteil von rd. 95 % thermisch behandelt, bzw. 3 % als Reduktionsmittel in der Stahlindustrie verwertet und zu 2 % deponiert werden.

- Recycling 17 % (eine mittlere Recyclingquote aller Kunststoffe)
- Thermische Behandlung 81 %
- Deponierung 2 %

In Österreich fielen im Jahr 2020 rund 3 Mio. t Metallabfälle an. Der größte Teil davon entfällt mit 2,4 Mio t auf Eisen- und Stahlabfälle, gefolgt von Aluminium mit 216.000 t¹³⁰. Zu den Metallabfällen gehören Bewehrungs- und Spannstähle, Profilstahl (z.B. Stahlträger), Bleche, Gusseisenteile, Rohre, Metallzargen, Kupferreste, Kabel, Umreifungsbänder, Metallgebände etc.¹³⁰.

Die Verwertung von Metallabfällen ist in hohem Maße gegeben, da diese grundsätzlich als Wertstoff angesehen werden. Die Entsorgung erfolgt zumeist über den Schrotthandel, wo sie als Rohstoff zur Metallherstellung dienen¹³². Der Großteil der Metallabfälle wird in Anlagen zur Erzeugung von Eisen und Stahl sowie von Nichteisenmetallen, in Gießereien und in der chemischen Industrie rezykliert – meistens ohne eine vorgeschaltete Aufbereitung. Für Metallabfälle die nicht getrennt gesammelt und rezykliert werden, erfolgt oft gemeinsam mit Baustellenabfällen/Sperrmüll eine thermische Entsorgung¹³⁰.

- Recycling 96 %
- Thermische Behandlung 4 %

Glas hat ein Gesamtaufkommen von 451.000 t. Davon sind 269.000 t getrennt gesammelte Glasverpackungen, 48.000 t Flachglas und 18.000 t Glas mit produktionsspezifischen Beimengungen¹³⁰. Aktuell liegen keine Informationen zu Recycling von Flachglas vor. Die Entsorgung von Glasabfällen erfolgt durch thermische Behandlung (oft durch gemischte Sammlung des Flachglases mit Baustellenabfällen/Sperrmüll) oder als inerte Abfall auf der Deponie. Da eine genaue Aufteilung nicht bekannt ist, wird die Entsorgung mit 50 % Deponie und 50 % thermische Behandlung abgeschätzt.

- Recycling 0 %
- Thermische Behandlung 50 %
- Deponierung 50 %

In Tabelle 34 sind die österreichischen Recyclingquoten für relevante Abfallströme aus dem Bauwesen zusammenfassend dargestellt.

¹³² Bernhardt u. a., „Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich: Detailstudie zum Bundesabfallwirtschaftsplan.“

Tabelle 34: Überblick Quoten der Abfallwirtschaft

Material	Recycling	Deponie	thermische Behandlung	Anmerkung
Beton	97%	3%	0%	Beton
Mineralische Baustoffe	77%	23%	0%	Ziegel, Steine, Keramik, Fliesen.
Gips	8%	92%	0%	Gips
Holz	61%	0%	39%	Holz
Kunststoff	17%	2%	81%	Kunststoff
Metall	96%	0%	4%	Metall
Glas	0%	50%	50%	Glas (Flachglas)
Bituminöse Materialien	98%	2%	0%	Asphalt

III. Berechnung des Recyclingpotentials je Materialgruppe

Unter Verwendung von Formel (36) wird das Recyclingpotential je Materialgruppe auf Basis der Recyclingquoten und der Massen je Materialgruppe ermittelt. Die Berechnung erfolgt automatisch anhand der gemäß Materialliste ermittelten Massen.

$$\text{Recyclingpotential je Materialgruppe [-]} = RE.1_i = \frac{m_i [t] * RQ_i [\%]}{m_{ges} [t]} \quad (36)$$

Beispiel:

m_{Beton} ... Gesamtmasse der Materialgruppe Beton aus Materialliste [t] = 400 t

m_{Holz} ... Gesamtmasse der Materialgruppe Holz aus Materialliste [t] = 100 t

m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] = 500 t

RQ_{Beton} ... Recyclingquote der Materialgruppe Beton [%] = 97 %

RQ_{Holz} ... Recyclingquote der Materialgruppe Holz [%] = 61 %

$$RE.1_{Beton} = \frac{400 [t] * 97 [\%]}{500 [t]} = 0,78 [-]$$

$$RE.1_{Holz} = \frac{100 [t] * 61 [\%]}{500 [t]} = 0,12 [-]$$

IV. Berechnung des Recyclingpotentials des Gebäudes

Das Recyclingpotential des Gebäudes wird mit Formel (37) berechnet. Es ergibt sich aus der Summe der Recyclingpotentiale aller Materialgruppen.

$$\text{Recyclingpotential des Gebäudes [-]} = RE.1 [-] = \sum_{i=1}^n RE.1_i \quad (37)$$

Ergebnis

Der Subindikator ergibt sich aus der Gesamtmasse der jeweiligen Materialgruppen und der Recyclingquote, sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1.

Tabelle 33: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RE.1

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Neubau)	
$RE.1 = 0$ bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

$RE.1_{Beton}$... Recyclingpotential der Materialgruppe Beton [-] = 0,78

$RE.1_{Holz}$... Recyclingpotential der Materialgruppe Holz [-] = 0,12

$$RE.1 [-] = 0,78 [-] + 0,12 [-] = 0,90 [-]$$

Interpretation des Subindikators

Je höher das Recyclingpotential [%] desto höher die Zirkularität des Gebäudes. Durch den Einsatz von Materialien mit hoher Recyclingquote kann dieser Indikator maximiert werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass Materialien oder Materialgruppen mit großer Dichte und hoher Recyclingquote diesen Subindikator wesentlich beeinflussen. Die Darstellung der Recyclingpotentiale nach Materialgruppe soll deshalb eine Interpretation des Subindikators erleichtern.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Um für Wien spezifische Recyclingquoten zu ermitteln, wäre eine detaillierte Auswertung der Wiener Abfallwirtschaft notwendig. Eine zukünftige Verbesserung der Datenlage wäre möglich.
- Das Recycling von Abfällen aus dem Bauwesen ist oft mit einem Downcycling, also dem jeglichen Ersatz von Aggregaten verbunden.

Tabelle 35 zeigt, welche Produkte durch das Recycling substituiert werden können. Dahingehend wurde beurteilt, ob es sich um ein Recycling oder Downcycling der Materialien handelt. Diese Information kann bei einer Beurteilung der Recyclingfähigkeit einzelner Materialien berücksichtigt werden.

Tabelle 35: Überblick Recyclingprodukte¹³³

	Potenzielle Werkstoffsubstitution	Recycling – Downcycling
Beton	Zement und Sand/Kies	Downcycling
mineralische Baustoffe (Ziegel, Steine, Keramik, Fliesen, Mörtel, Verputz)	Zement und Sand/Kies	Downcycling
Gips	Gips und Kalk	Recycling – Downcycling
Holz	Holzspanplatte	Downcycling
Kunststoff	Kunststoffe in Abhängigkeit des Polymers	Recycling
Metall	Metallbarren	Recycling
Glas	Flachglas	Recycling
Asphalt	Asphaltgranulat	Recycling

¹³³ Cristóbal García u. a., „Techno-economic and environmental assessment of construction and demolition waste management in the European Union“; Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, „Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023“.

4.9.2 Subindikator: (RE.2) Recyclingpotential: Abbruch

Subindikator: RE.2. Recyclingpotential: Abbruch				
Ziel: Steigerung des Recyclingpotentials von Abbruchmaterialien.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, wie viele der bei einem Abbruch anfallenden Materialien recyclebar sind. Durch die Auflistung des Recyclingpotentials nach Materialgruppen wird ein Bewusstsein zu Vor- und Nachteilen hinsichtlich der Recyclingfähigkeit unterschiedlicher Materialien geschaffen.				
Eingangsdaten: Quantitativ – österreichische Recyclingquote [%], Menge je Materialgruppe für Abbruchmaterialien [t]				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator ist angelehnt an den Level(s)-Indikator 2.2 Bau- und Abbruchabfälle ^{134 128} unter Berücksichtigung der österreichischen Abfallwirtschaft ¹³⁵ .				
Nachweis: Quantitativ				
$\text{Recyclingpotential je Materialgruppe [-]} = RE.2_i = \frac{m_{i-A} [t] * RQ_i [%]}{m_{ges-A} [t]} \quad (38)$				
$\text{Recyclingpotential: Abbruch [-]} = RE.2 = \sum_{i=1}^n RE.2_i \quad (39)$				
m_{i-A} ... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien je Materialgruppe i [t] m_{ges-A} ... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien [t] RQ_i ... Recyclingquote je Materialgruppe i [%]				
Ergebnis: RE.2 ergibt sich aus der Gesamtmasse der jeweiligen Materialgruppen (Abbruchmaterialien) und der Recyclingquote, sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Je höher das Recyclingpotential, desto höher die Zirkularität des Gebäudes (Tabelle 36).				
Tabelle 36: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RE.2				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Abbruch)				
RE.2 = 0 bis 1				0,00 – 1,00

Beschreibung des Subindikators

Zur Beurteilung des Recyclingpotenzials muss erhoben werden, ob die Abbruchmaterialien für ein Recycling geeignet sind. Die Abschätzung des Indikators Recyclingpotenzial erfolgt je Materialgruppe. Als voreingestellter Eingabe-Wert (Default-Wert) wurde die aktuelle österreichische Rezyklierbarkeit einzelner Materialien auf Basis des Bundesabfallwirtschaftsplans 2023¹³⁰ abgeschätzt. Da es für Wien keine spezifischen Daten zur Bewirtschaftung von Baurestmassen und Baustellenabfällen gibt, sind die österreichischen Recyclingraten die aktuell beste Näherung. Die Berechnung des Recyclingpotenzial erfolgt mengenaliquot je Materialgruppe anhand der österreichischen Recyclingquoten für Abbruchmaterialien (falls ein Altbestand vorhanden ist und abgebrochen wird).

¹³⁴ Donatello S., Dodd N. & Cordella M., 2021. Level(s)-Indikator 2.2:

Bau- und Abbruchabfälle und -materialien – Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1

¹³⁵ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, „Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023“.

Nachweis des Subindikators

Das Recyclingpotential für Abbruchmaterialien, wird anhand der Masse [t] und den österreichischen Recyclingquoten [%] je Materialgruppe abgeschätzt.

I. Ermittlung der Massen je Materialgruppe

Die abgebrochenen Materialien werden gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung ermittelt und aufgelistet. Dadurch ergibt sich eine Gesamtmasse Abbruchmaterialien m_{ges} und eine Gesamtmasse je Materialgruppe bzw. Material m_i in Tonnen.

II. Prüfen der Recyclingquote

Die Recyclingquoten im ZiFa 1.0 dienen als Default-Werte und basieren auf der aktuellen österreichischen Recyclingquote lt. Bundesabfallwirtschaftsplan 2023¹³⁰. Detail siehe Nachweis des Subindikators RE1 für Recyclingquoten bzw. Tabelle 34.

III. Berechnung des Recyclingpotentials je Materialgruppe

Unter Verwendung von Formel (38) wird das Recyclingpotential je Materialgruppe auf Basis der Recyclingquoten und der Massen je Materialgruppe ermittelt. Die Berechnung erfolgt automatisch anhand der ermittelten Massen.

$$\text{Recyclingpotential je Materialgruppe [-]} = RE.2_i = \frac{m_{i-A} [t] * RQ_i [\%]}{m_{ges-A} [t]} \quad (38)$$

Beispiel:

m_{Gips-A} ... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien der Materialgruppe Gips [t] = 80 t

$m_{Metalle-A}$... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien der Materialgruppe Metalle [t] = 220 t

m_{ges-A} ... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien [t] = 300 t

RQ_{Gips} ... Recyclingquote der Materialgruppe Gips [%] = 8 %

$RQ_{Metalle}$... Recyclingquote der Materialgruppe Metalle [%] = 96 %

$$RE.2_{Gips} = \frac{80 [t] * 8 [\%]}{300 [t]} = 0,02 [-]$$

$$RE.2_{Metalle} = \frac{220 [t] * 96 [\%]}{300 [t]} = 0,70 [-]$$

IV. Berechnung des Recyclingpotentials

Das Recyclingpotential des Gebäudes wird mit Formel (39) berechnet. Es ergibt sich aus der Summe der Recyclingpotentiale aller Materialgruppen.

$$\text{Recyclingpotential: Abbruch [-]} = RE.2[-] = \sum_{i=1}^n RE.2_i \quad (39)$$

Ergebnis

Der Subindikator ergibt sich aus der Gesamtmasse der jeweiligen Materialgruppen und der Recyclingquote, sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1.

Tabelle 36: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RE.2

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Abbruch)	
$RE.2 = 0$ bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

$RE.2_{Beton}$... Recyclingpotential der Materialgruppe Gips [-] = 0,02

$RE.2_{Holz}$... Recyclingpotential der Materialgruppe Metalle [-] = 0,70

$$RE.2 [-] = 0,02 [-] + 0,70 [-] = 0,72 [-]$$

Interpretation des Subindikators

Je höher das Recyclingpotential [%], desto höher die Zirkularität des Gebäudes. Es ist zu berücksichtigen, dass Materialien oder Materialgruppen mit großer Dichte und hoher Recyclingquote diesen Subindikator wesentlich beeinflussen. Die Darstellung der Recyclingpotentiale nach Materialgruppe soll deshalb eine Interpretation des Subindikators erleichtern.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden.
- Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Um für Wien spezifische Recyclingquoten zu ermitteln, wäre eine detaillierte Auswertung der Wiener Abfallwirtschaft notwendig. Eine zukünftige Verbesserung der Datenlage wäre möglich.
- Das Recycling von Abfällen aus dem Bauwesen ist oft mit einem Downcycling, also dem jeglichen Ersatz von Aggregaten verbunden. Die folgende Tabelle 37 zeigt welche Produkte durch das Recycling substituiert werden können. Dahingehend wurde beurteilt, ob es sich um ein Recycling oder Downcycling der Materialien handelt. Diese Information kann bei einer Beurteilung der Recyclingfähigkeit einzelner Materialien berücksichtigt werden

Tabelle 37: Überblick Recyclingprodukte¹³⁶

	Potenzielle Werkstoffsubstitution	Recycling – Downcycling
Beton	Zement und Sand/Kies	Downcycling
mineralische Baustoffe (Ziegel, Steine, Keramik, Fliesen, Mörtel, Verputz)	Zement und Sand/Kies	Downcycling
Gips	Gips und Kalk	Recycling – Downcycling
Holz	Holzspanplatte	Downcycling
Kunststoff	Kunststoffe in Abhängigkeit des Polymers	Recycling
Metall	Metallbarren	Recycling
Glas	Flachglas	Recycling
Asphalt	Asphaltgranulat	Recycling

¹³⁶ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie; Cristóbal García u. a., „Techno-economic and environmental assessment of construction and demolition waste management in the European Union“.

4.10 Indikator: (8) Entsorgung - Komplementärwert

Für das kreislauffähige Bauen nach dem Rückbau, Reuse und Recycling eine fachgerechte Entsorgung (Abbildung 27) der anfallenden Abfälle auf Baustellen notwendig – sowohl bei Abbrüchen, Sanierungen als auch am Ende des Lebenszyklus eines Neubaus.

Das Entsorgen (Deponieren oder thermische Behandlung) ist wird in der Berechnung der Zirkularität als ergänzender Indikator definiert, mit dem Ziel den Anteil möglichst gering zu halten. Um dem System des ZiFa 1.0 zu entsprechen, in dem eine hohe Punktzahl positiv bezüglich der Kreislaufwirtschaft bewertet wird, sind die Subindikatoren von (8) Entsorgung als Komplementärwerte zu (7) Recycling definiert. Der Anteil der Abfälle welche deponiert oder thermisch behandelt werden, wurde auch auf Basis des österreichischen Bundesabfallwirtschaftsplans 2023 abgeschätzt. Je niedriger der zu entsorgende Anteil, desto höher die Zirkularität. Die Berechnung des Entsorgungsindikators erfolgt mengenaliquot je Materialgruppe getrennt für den Neubau und gesondert für Abbruchmaterialien (falls ein Altbestand vorhanden ist).

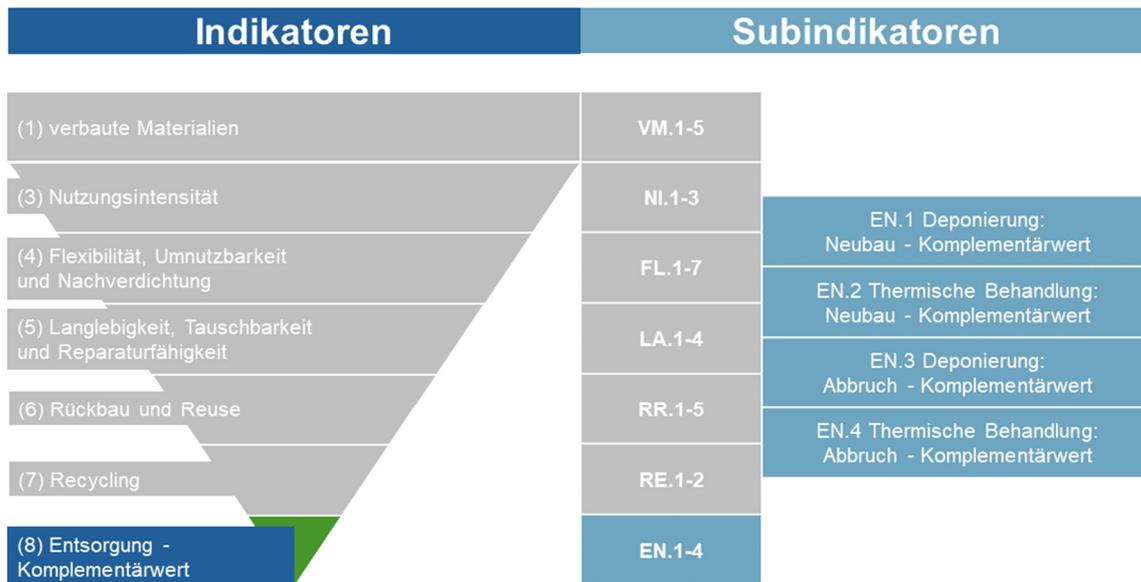


Abbildung 27: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (8) Entsorgung – Komplementärwert

4.10.1 Subindikator: (EN.1) Deponierung: Neubau - Komplementärwert

Subindikator: EN.1 Deponierung: Neubau - Komplementärwert				
Ziel: Reduktion der zukünftig zu deponierenden Massen. Durch die Auflistung nach Materialgruppen wird ein Bewusstsein zu Vor- und Nachteilen hinsichtlich der Deponierung unterschiedlicher Materialien geschaffen.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, wie viele der neu verbauten Materialien am Ende der Lebensdauer theoretisch deponiert werden.				
Eingangsdaten: Quantitativ – Anteil Deponierung auf Basis österreichischer Daten [%], Menge je Materialgruppe [t] für neu verbaute Materialien				
Anwendung:	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator ist angelehnt an den Level(s)-Indikator 2.2 Bau- und Abbruchabfälle ^{137 128} unter Berücksichtigung der österreichischen Abfallwirtschaft ¹³⁸ .				
Nachweis: Quantitativ				
$\text{Deponierung je Materialgruppe [-]} = EN.1_i = 1 - \left(\frac{m_i [t] * DQ_i [\%]}{m_{ges}[t]} \right) \quad (40)$				
$\text{Deponierung: Neubau [-]} = EN.1 = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i [t] * DQ_i [\%]}{m_{ges}[t]} \right) \quad (41)$				
<i>m_i ... Gesamtmasse der Materialgruppe i aus Materialliste [t]</i> <i>m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t]</i> <i>DQ_i ... Deponierungsquote je Materialgruppe i [%]</i>				
Ergebnis: Der Subindikator EN.1 ergibt sich aus der Gesamtmasse der jeweiligen Materialgruppen und der Deponierungsquote, sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Desto niedriger die zu deponierenden Materialien, desto höher der Indikator und der Beitrag zur Zirkularität, siehe Tabelle 38. Das Ergebnis des Subindikators ist der Komplementärwert zum Anteil der zu deponierenden Gebäudemasse und entspricht somit dem Anteil der nicht zu deponierenden Gebäudemasse.				
Tabelle 38: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.1				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Neubau)				
EN.1 = 0 bis 1				0,00 – 1,00

Beschreibung des Subindikators

Zur Beurteilung des Deponierungsanteils muss erhoben werden, ob und wieviel der aktuell verbauten Materialien zukünftig deponiert werden müssen. Die Abschätzung des Indikators erfolgt je Materialgruppe. Der voreingestellte Eingabe-Wert (Default-Wert) im ZiFa 1.0 wurde anhand der aktuellen österreichischen Abfallwirtschaft auf Basis des Bundesabfallwirtschaftsplans 2023¹³⁰ für einzelne Materialien abgeschätzt. Da es für Wien keine spezifischen Daten zur Bewirtschaftung von Baurestmassen und Baustellenabfällen gibt, sind die österreichischen Daten die aktuell beste Näherung. Bei der Deponierungsquote handelt es sich um eine Abschätzung auf Basis des Status Quo. Die Berechnung des Indikators erfolgt massenaliquot je Materialgruppe anhand der österreichischen Daten.

¹³⁷ Donatello S., Dodd N. & Cordella M., 2021. Level(s)-Indikator 2.2:

Bau- und Abbruchabfälle und -materialien – Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1

¹³⁸ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, „Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023“.

Nachweis des Subindikators

I. Ermittlung der Massen je Materialgruppe

Die im Gebäude neu verbauten Materialien sind in der Materialliste gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung zu ermitteln und aufzulisten. Dadurch ergibt sich eine Gesamtmasse des Gebäudes m_{ges} und eine Gesamtmasse je Materialgruppe bzw. Material m_i in Tonnen.

II. Prüfen der Deponierungsquote

Die Deponierungsquoten im ZiFa 1.0 dienen als Default-Werte und basieren auf den aktuellen österreichischen Deponierungsquoten lt. Bundesabfallwirtschaftsplan 2023¹³⁰. Details siehe Nachweis des Subindikators EN.1 für Recyclingquoten bzw. Tabelle 37.

III. Berechnung des deponierten Massenanteils je Materialgruppe - Komplementärwert

Unter Verwendung von Formel (40) werden die deponierten Massenanteile je Materialgruppe auf Basis der Deponierungsquoten und der Massen je Materialgruppe ermittelt. Die Berechnung erfolgt automatisch anhand der gemäß Materialliste ermittelten Massen.

$$\text{Deponierung je Materialgruppe [-]} = EN.1_i = 1 - \left(\frac{m_i [t] * DQ_i [\%]}{m_{ges} [t]} \right) \quad (40)$$

Beispiel:

m_{Beton} ... Gesamtmasse der Materialgruppe Beton aus Materialliste [t] = 400 to

m_{Holz} ... Gesamtmasse der Materialgruppe Holz aus Materialliste [t] = 100 to

m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] = 500 to

DQ_{Beton} ... Deponierungsquote der Materialgruppe Beton [%] = 3 %

DQ_{Holz} ... Deponierungsquote der Materialgruppe Holz [%] = 0 %

$$EN.1_{Beton} = 1 - \left(\frac{400 [t] * 3 [\%]}{500 [t]} \right) = 1 - 0,02 = \mathbf{0,98 [-]}$$

$$EN.1_{Holz} = 1 - \left(\frac{100 [t] * 0 [\%]}{500 [t]} \right) = 1 - 0,00 = \mathbf{1,00 [-]}$$

IV. Berechnung der deponierten Massenanteile des Gebäudes - Komplementärwert

Die zu deponierenden Massenanteile des Gebäudes werden mit Formel (41) berechnet und ergeben sich aus der Summe der zu deponierenden Massen aller Materialgruppen.

$$\text{Deponierung: Neubau [-]} = EN.1[-] = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i [t] * DQ_i [\%]}{m_{ges} [t]} \right) \quad (41)$$

Ergebnis

Der Subindikator ergibt sich aus der Gesamtmasse der jeweiligen Materialgruppen und der Deponierungsquote, sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1.

Tabelle 38: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.1

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Neubau)	
EN.1 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

$$EN.1 [-] = 1 - \left[\left(\frac{400 [t] * 3 [\%]}{500 [t]} \right) + \left(\frac{100 [t] * 0 [\%]}{500 [t]} \right) \right] = 1 - [0,02 [-] + 0,00 [-]] = \mathbf{0,98 [-]}$$

Interpretation des Subindikators

Je niedriger die zu entsorgenden Materialien (Deponierung) desto höher der Indikator und der Beitrag zur Zirkularität. Die Darstellung der nicht zu deponierenden Massen nach Materialgruppe soll die Interpretation des Subindikators erleichtern.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Um für Wien spezifische Daten zu ermitteln, wäre eine detaillierte Auswertung der Wiener Abfallwirtschaft notwendig. Eine zukünftige Verbesserung der Datenlage wäre somit möglich.

4.10.2 Subindikator: (EN.2) Thermische Behandlung: Neubau - Komplementärwert

Subindikator: EN.2 Thermische Behandlung: Neubau - Komplementärwert				
Ziel: Reduktion der zukünftig thermisch zu behandelnden Massen. Durch die Aufstufung nach Materialgruppen wird ein Bewusstsein zu Vor- und Nachteilen hinsichtlich der thermischen Behandlung unterschiedlicher Materialien geschaffen.				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, wie viele der neu verbauten Materialien am Ende der Lebensdauer theoretisch thermisch behandelt werden müssen.				
Eingangsdaten: Quantitativ – Anteil thermische Behandlung auf Basis österreichischer Daten [%], Menge je Materialgruppe [t] für neu verbaute Materialien				
Anwendung:	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator ist angelehnt an den Level(s)-Indikator 2.2 Bau- und Abbruchabfälle ^{139 128} unter Berücksichtigung der österreichischen Abfallwirtschaft ¹⁴⁰ .				
Nachweis: Quantitativ				
$\text{Thermische Behandlung je Materialgruppe } [-] = EN.2_i = 1 - \left(\frac{m_i [t] * TBQ_i [%]}{m_{ges} [t]} \right)$				(42)
$\text{Thermische Behandlung: Neubau } [-] = EN.2 = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i [t] * TBQ_i [%]}{m_{ges} [t]} \right)$				(43)
<i>m_i ... Gesamtmasse der Materialgruppe i aus Materialliste [t]</i>				
<i>m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t]</i>				
<i>TBQ_i ... Quote thermische Behandlung je Materialgruppe i [%]</i>				
Ergebnis: Der Subindikator EN.2 ergibt sich aus der Gesamtmasse der jeweiligen Materialgruppen, dem Anteil der thermischen Behandlung, sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Je niedriger die thermisch zu behandelnden Materialien, desto höher der Indikator und der Beitrag zur Zirkularität. Das Ergebnis des Subindikators ist der Komplementärwert zum Anteil der thermisch zu verwertenden Gebäudemasse und entspricht somit dem Anteil der nicht thermisch zu verwertenden Gebäudemasse.				
Tabelle 39: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.2				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Neubau)				
EN.2 = 0 bis 1				0,00 – 1,00

Beschreibung des Subindikators

Zur Beurteilung des thermisch zu behandelnden Anteil muss erhoben werden, ob und wieviel der aktuell verbauten Materialien zukünftig thermisch behandelt werden müssen. Die Abschätzung des Indikators erfolgt je Materialgruppe. Der voreingestellte Eingabe-Wert (Default-Wert) im ZiFa 1.0 wurde anhand der aktuellen österreichischen Abfallwirtschaft auf Basis des Bundesabfallwirtschaftsplans 2023¹³⁰ für einzelne Materialien abgeschätzt. Da es für Wien keine spezifischen Daten zur Bewirtschaftung von Baurestmassen und Baustellenabfällen gibt, sind die österreichischen Daten die aktuell beste Näherung. Bei den thermisch zu behandelnden Massen handelt es sich um eine Abschätzung auf Basis des Status Quo. Die Berechnung des Indikators erfolgt massenaliquot je Materialgruppe anhand der österreichischen Daten.

¹³⁹ Donatello S., Dodd N. & Cordella M., 2021. Level(s)-Indikator 2.2:

Bau- und Abbruchabfälle und -materialien – Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1

¹⁴⁰ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, „Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023“.

Nachweis des Subindikators

I. Ermittlung der Massen je Materialgruppe

Die im Gebäude neu verbauten Materialien sind in der Materialliste gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung zu ermitteln und aufzulisten. Dadurch ergibt sich eine Gesamtmasse des Gebäudes m_{ges} und eine Gesamtmasse je Materialgruppe bzw. Material m_i in Tonnen.

II. Prüfen der Quote für thermische Behandlung

Die Quoten für thermische Behandlung im ZiFa 1.0 dienen als Default-Werte und basieren auf den aktuellen österreichischen Quoten lt. Bundesabfallwirtschaftsplan 2023¹³⁰. Details für Recyclingquoten siehe Nachweis des Subindikators RE.1 bzw. Tabelle 37.

III. Berechnung der thermisch zu behandelnden Massenanteile je Materialgruppe

Unter Verwendung von Formel (42) werden die thermisch zu behandelnden Massenanteile je Materialgruppe auf Basis der Quote für thermische Behandlung und der Massen je Materialgruppe ermittelt. Die Berechnung erfolgt automatisch anhand der gemäß Materialliste ermittelten Massen.

$$\text{Thermische Behandlung je Materialgruppe [-]} = EN.2_i = 1 - \left(\frac{m_i [t] * TBQ_i [\%]}{m_{ges} [t]} \right) \quad (42)$$

Beispiel:

$m_{Kunststoff}$... Gesamtmasse der Materialgruppe Kunststoff aus Materialliste [t] = 400 to

m_{Holz} ... Gesamtmasse der Materialgruppe Holz aus Materialliste [t] = 100 to

m_{ges} ... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t] = 500 to

$TBQ_{Kunststoff}$... Quote für thermische Behandlung der Materialgruppe Kunststoff [%] = 81 %

TBQ_{Holz} ... Quote für thermische Behandlung der Materialgruppe Holz [%] = 39 %

$$EN.2_{Kunststoff} = 1 - \left(\frac{400[t] * 81 [\%]}{500[t]} \right) = 1 - 0,65 = \mathbf{0,35 [-]}$$

$$EN.2_{Holz} = 1 - \left(\frac{100 [t] * 39 [\%]}{500[t]} \right) = 1 - 0,08 = \mathbf{0,92 [-]}$$

IV. Berechnung der thermisch zu behandelnden Massenanteile des Gebäudes

Die thermisch zu behandelnden Massenanteile des Gebäudes werden mit Formel (43) berechnet, und ergeben sich aus der Summe der Massenanteile aller Materialgruppen.

$$\text{Thermische Behandlung: Neubau [-]} = EN.2 [-] = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i [t] * TBQ_i [\%]}{m_{ges} [t]} \right) \quad (43)$$

Ergebnis

Der Subindikator ergibt sich aus der Gesamtmasse der jeweiligen Materialgruppen und den Quoten für thermische Behandlung, sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1.

Tabelle 39: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.2

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Neubau)	
EN.2 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

$$EN.2 [-] = 1 - \left[\left(\frac{400 [t] * 81 [\%]}{500[t]} \right) + \left(\frac{100 [t] * 39 [\%]}{500 [t]} \right) \right] = 1 - [0,65 [-] + 0,08 [-]] = \mathbf{0,27 [-]}$$

Interpretation des Subindikators

Je niedriger die zu entsorgenden Materialien (Thermische Behandlung), desto höher der Indikator und der Beitrag zur Zirkularität. Die Darstellung der nicht thermisch zu behandelten Massen nach Materialgruppe soll die Interpretation des Subindikators erleichtern.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Um für Wien spezifische Daten zu ermitteln, wäre eine detaillierte Auswertung der Wiener Abfallwirtschaft notwendig. Eine zukünftige Verbesserung der Datenlage wäre somit möglich.

4.10.3 Subindikator: (EN.3) Deponierung: Abbruch - Komplementärwert

Subindikator: EN.3 Deponierung: Abbruch - Komplementärwert				
Ziel: Reduktion der deponierten Massen				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, wie viele der bei einem Abbruch anfallenden Materialien theoretisch deponiert werden müssen. Durch die Auflistung nach Materialgruppen wird ein Bewusstsein zu Vor- und Nachteilen hinsichtlich der Deponierung unterschiedlicher Materialien geschaffen.				
Eingangsdaten: Quantitativ – Anteil Deponierung auf Basis österreichischer Daten [%], Menge je Materialgruppe [t] Abbruchmaterialien				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator ist angelehnt an den Level(s)-Indikator 2.2 Bau- und Abbruchabfälle ¹⁴¹¹²⁸ unter Berücksichtigung der österreichischen Abfallwirtschaft ¹⁴² .				
Nachweis: Quantitativ				
$\text{Deponierung je Materialgruppe [-]} = EN.3_i = 1 - \left(\frac{m_{i-A} [t] * DQ_i [\%]}{m_{ges-A} [t]} \right)$				(44)
$\text{Deponierung: Abbruch [-]} = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_{i-A} [t] * DQ_i [\%]}{m_{ges-A} [t]} \right)$				(45)
m_{i-A} ... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien je Materialgruppe [t] m_{ges-A} ... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien [t] DQ_i ... Deponierungsquote je Materialgruppe i [%]				
Ergebnis: Der Subindikator EN.3 ergibt sich aus der Gesamtmasse der jeweiligen Materialgruppen (Abbruchmaterialien) der Deponierungsquote, sowie der Gesamtmasse des abgerissenen Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Je niedriger die zu deponierenden Materialien, desto höher der Indikator und der Beitrag zur Zirkularität. Das Ergebnis des Subindikators ist der Komplementärwert zum Anteil der beim Abbruch theoretisch zu deponierenden Gebäudemasse und entspricht somit dem Anteil der beim Abbruch theoretisch nicht zu deponierenden Gebäudemasse.				
Tabelle 40: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.3				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Abbruch)				
EN.3 = 0 bis 1				0,00 – 1,00

Beschreibung des Subindikators

Zur Beurteilung des Deponierungsanteils muss erhoben werden, ob und wie viele Abbruchmaterialien deponiert werden müssen. Die Abschätzung des Indikators erfolgt je Materialgruppe. Der voreingestellte Eingabe-Wert (Default-Wert) im ZiFa 1.0 wurde anhand der aktuellen österreichischen Abfallwirtschaft auf Basis des Bundesabfallwirtschaftsplans 2023¹³⁰ für einzelne Materialien abgeschätzt. Da es für Wien keine spezifischen Daten zur Bewirtschaftung von Baurestmassen und Baustellenabfällen gibt, sind die österreichischen Daten die aktuell beste Näherung. Bei der Deponierungsquote handelt es sich um eine Abschätzung auf Basis des Status Quo, Die Berechnung des Indikators erfolgt massenaliquot je Materialgruppe anhand der österreichischen Daten.

¹⁴¹ Donatello S., Dodd N. & Cordella M., 2021. Level(s)-Indikator 2.2:

Bau- und Abbruchabfälle und -materialien – Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1

¹⁴² Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, „Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023“.

Nachweis des Subindikators

I. Ermittlung der Massen je Materialgruppe

Die abgebrochenen Materialien werden gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung für Materialgruppen ermittelt und aufgelistet. Dadurch ergibt sich eine Gesamtmasse Abbruchmaterialien m_{ges-A} und eine Gesamtmasse je Materialgruppe bzw. Material m_{i-A} in Tonnen.

II. Prüfen der Deponierungsquote

Die Deponierungsquoten im ZiFa 1.0 dienen als Default-Werte und basieren auf den aktuellen österreichischen Deponierungsquoten lt. Bundesabfallwirtschaftsplan 2023¹³⁰. Details für Recyclingquoten siehe Nachweis des Subindikators EN.1 bzw. Tabelle 37.

III. Berechnung der zu deponierenden Massenanteile je Materialgruppe

Unter Verwendung von Formel (44) werden die zu deponierenden Massenanteile je Materialgruppe auf Basis der Deponierungsquoten und der Massen je Materialgruppe ermittelt. Die Berechnung erfolgt automatisch anhand der ermittelten Abbruchmassen.

$$\text{Deponierung je Materialgruppe [-]} = EN.3_i = 1 - \left(\frac{m_{i-A} [t] * DQ_i [\%]}{m_{ges-A} [t]} \right) \quad (44)$$

Beispiel:

$m_{Beton-A}$... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien der Materialgruppe Beton [t] = 400 to

m_{Gips-A} ... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien der Materialgruppe Gips [t] = 100 to

m_{ges-A} ... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien [t] = 500 to

DQ_{Beton} ... Deponierungsquote der Materialgruppe Beton [%] = 3 %

DQ_{Gips} ... Deponierungsquote der Materialgruppe Gips [%] = 92 %

$$EN.3_{Beton} = 1 - \left(\frac{400[t] * 3 [\%]}{500[t]} \right) = 1 - 0,02 = \mathbf{0,98 [-]}$$

$$EN.3_{Gips} = 1 - \left(\frac{100 [t] * 92 [\%]}{500[t]} \right) = 1 - 0,18 = \mathbf{0,82 [-]}$$

IV. Berechnung der zu deponierenden Massenanteile des Gebäudes

Die zu deponierenden Massenanteile des Gebäudes werden mit Formel (45) berechnet und ergibt sich aus der Summe der zu deponierenden Massenanteile aller Materialgruppen.

$$\text{Deponierung: Abbruch [-]} = EN.3 [-] = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_{i-A} [t] * DQ_i [\%]}{m_{ges-A} [t]} \right) \quad (45)$$

Ergebnis

Der Subindikator ergibt sich aus der Gesamtmasse der jeweiligen Materialgruppen und der Deponierungsquoten, sowie der Gesamtmasse des Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1.

Tabelle 40: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.3

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Abbruch)	
EN.3 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

$$EN.3 [-] = 1 - \left[\left(\frac{400 [t] * 3 [\%]}{500[t]} \right) + \left(\frac{100 [t] * 92 [\%]}{500 [t]} \right) \right] = 1 - [0,024 [-] + 0,184 [-]] = \mathbf{0,79 [-]}$$

Interpretation des Subindikators

Je niedriger die zu entsorgenden Materialien (Deponierung), desto höher der Indikator und der Beitrag zur Zirkularität. Die Darstellung der nicht zu deponierenden Massen nach Materialgruppe soll die Interpretation des Subindikators erleichtern.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Um für Wien spezifische Daten zu ermitteln, wäre eine detaillierte Auswertung der Wiener Abfallwirtschaft notwendig. Eine zukünftige Verbesserung der Datenlage wäre somit möglich.

4.10.4 Subindikator: (EN.4) Thermische Behandlung: Abbruch - Komplementärwert

Subindikator: EN.4 Thermische Behandlung: Abbruch - Komplementärwert				
Ziel: Reduktion der thermisch zu behandelten Massen				
Beschreibung: Der Subindikator bewertet, wie viele der bei einem Abbruch anfallenden Materialien am Ende der Lebensdauer theoretisch thermisch behandelt werden müssen. Durch die Auflistung nach Materialgruppen wird ein Bewusstsein zu Vor- und Nachteilen hinsichtlich der thermischen Behandlung unterschiedlicher Materialien geschaffen.				
Eingangsdaten: Quantitativ – Anteil thermische Behandlung auf Basis österreichischer Daten [%], Menge je Materialgruppe [t] für Abbruchmaterialien				
Anwendung	Gemäß Hauptnutzung:	Wohngebäude		Bildungseinrichtung
	Gemäß Bauvorhaben:	Neubau		Sanierung
	Gemäß Projektphasen: Aufwand:	Entwurf Gering	Einreichung Gering	Ausführung Gering
Hintergrund: Der Subindikator ist angelehnt an den Level(s)-Indikator 2.2 Bau- und Abbruchabfälle ¹⁴³¹²⁸ unter Berücksichtigung der österreichischen Abfallwirtschaft ¹⁴⁴ .				
Nachweis: Quantitativ				
$\text{Thermische Behandlung je Materialgruppe [-]} = EN.4_i = 1 - \left(\frac{m_{i-A} [t] * TBQ_i [\%]}{m_{ges-A} [t]} \right) \quad (46)$				
$\text{Thermische Behandlung: Abbruch [-]} = EN.4 = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_{i-A} [t] * TBQ_i [\%]}{m_{ges-A} [t]} \right) \quad (47)$				
m_{i-A} ... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien je Materialgruppe [t] m_{ges-A} ... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien [t] TBQ_i ... Quote thermische Behandlung je Materialgruppe i [%]				
Ergebnis: Der Subindikator EN.4 ergibt sich aus der Gesamtmasse der jeweiligen Materialgruppen (Abbruchmaterialien), dem Anteil der thermischen Behandlung, sowie der Gesamtmasse des abgerissenen Gebäudes. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1. Desto niedriger die thermisch zu behandelnden Materialien, desto höher der Subindikator und der Beitrag zur Zirkularität.				
Tabelle 41: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.4				
Antwort				Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Abbruch)				
EN.4 = 0 bis 1				0,00 – 1,00

Beschreibung des Subindikators

Zur Beurteilung des thermisch zu behandelnden Anteil muss erhoben werden, ob und wie viele der bei einem Abbruch anfallenden Materialien am Ende der Lebensdauer theoretisch thermisch behandelt werden müssen. Die Abschätzung des Indikators erfolgt je Materialgruppe. Der voreingestellte Eingabewert (Default-Wert) im ZiFa 1.0 wurde anhand der aktuellen österreichischen Abfallwirtschaft auf Basis des Bundesabfallwirtschaftsplans 2023¹³⁰ für einzelne Materialien abgeschätzt. Da es für Wien keine spezifischen Daten zur Bewirtschaftung von Baurestmassen und Baustellenabfällen gibt, sind die österreichischen Daten die aktuell beste Näherung. Bei den thermisch zu behandelten Massen handelt es sich um eine Abschätzung auf Basis des Status Quo. Die Berechnung des Indikators erfolgt massenaliquot je Materialgruppe anhand der österreichischen Daten.

¹⁴³ Donatello S., Dodd N. & Cordella M., 2021. Level(s)-Indikator 2.2:

Bau- und Abbruchabfälle und -materialien – Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1

¹⁴⁴ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, „Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023“.

Nachweis des Subindikators

I. Ermittlung der Massen je Materialgruppe

Die abgebrochenen Materialien werden gemäß der in Abbildung 8 dargestellten Gliederung für Materialgruppen ermittelt und aufgelistet. Dadurch ergibt sich eine Gesamtmasse an Abbruchmaterialien m_{ges-A} und eine Gesamtmasse je Materialgruppe bzw. Material m_{i-A} in Tonnen.

II. Prüfen der Quote für thermische Behandlung

Die Quoten für thermische Behandlung im ZiFa 1.0 dienen als Default-Werte und basieren auf den aktuellen österreichischen Quoten lt. Bundesabfallwirtschaftsplan 2023¹³⁰. Details für Recyclingquoten siehe Nachweis des Subindikators EN.1 bzw. Tabelle 37.

III. Berechnung der thermisch behandelten Massen

Unter Verwendung von Formel (46) werden die thermisch zu behandelnden Massen je Materialgruppe auf Basis der Quoten für Thermische Behandlung und der Abbruchmassen je Materialgruppe ermittelt. Die Berechnung erfolgt automatisch anhand der ermittelten Abbruchmassen.

$$\text{Deponierung je Materialgruppe [-]} = EN.4_i = 1 - \left(\frac{m_{i-A} [t] * TBQ_i [\%]}{m_{ges-A} [t]} \right) \quad (46)$$

Beispiel:

$m_{Kunststoff-A}$... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien der Materialgruppe Kunststoff [t]
= 400 to

m_{Holz-A} ... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien der Materialgruppe Holz [t] = 100 to

m_{ges-A} ... Gesamtmasse Abbruchmaterialien [t] = 500 to

$TBQ_{Kunststoff}$... Quote für thermische Behandlung der Materialgruppe Kunststoff [%] = 81 %

TBQ_{Holz} ... Quote für thermische Behandlung der Materialgruppe Holz [%] = 39 %

$$EN.4_{Kunststoff} = 1 - \left(\frac{400 [t] * 81 [\%]}{500 [t]} \right) = 1 - 0,65 = \mathbf{0,35 [-]}$$

$$EN.4_{Holz} = 1 - \left(\frac{100 [t] * 39 [\%]}{500 [t]} \right) = 1 - 0,08 = \mathbf{0,92 [-]}$$

IV. Berechnung der thermisch behandelten Massen des Gebäudes

Die thermisch zu behandelnden Massen des Gebäudes werden mit Formel (47) berechnet und ergeben sich aus der Summe der thermisch zu behandelnden Massen aller Materialgruppen.

$$\text{Thermische Behandlung: Abbruch [-]} = EN.4 [-] = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_{i-A} [t] * TBQ_i [\%]}{m_{ges-A} [t]} \right) \quad (47)$$

Ergebnis

Der Subindikator ergibt sich aus der Gesamtabbruchmasse der jeweiligen Materialgruppen und der Quote für thermische Behandlung, sowie der Gesamtmasse des abzubrechenden Gebäudeteils. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert zwischen 0 und 1.

Tabelle 41: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.4

Antwort	Punkte
Wohngebäude/ Bildungseinrichtungen (Abbruch)	
EN.4 = 0 bis 1	0,00 – 1,00

Beispiel:

$$EN.4 [-] = 1 - \left[\left(\frac{400 [t] * 81 [\%]}{500 [t]} \right) + \left(\frac{100 [t] * 39 [\%]}{500 [t]} \right) \right] = 1 - [0,65 [-] + 0,08 [-]] = \mathbf{0,27 [-]}$$

Interpretation des Subindikators

Je niedriger die thermisch zu behandelnden Materialien, desto höher der Indikator und der Beitrag zur Zirkularität. Die Darstellung der nicht thermisch zu behandelnden Massen nach Materialgruppe soll die Interpretation des Subindikators erleichtern.

Ausblick/Entwicklung des Subindikators

- Der Subindikator kann prinzipiell für alle Nutzungsarten herangezogen werden. Ein Praxistest ist jedoch erforderlich und empfohlen.
- Um für Wien spezifische Daten zu ermitteln, wäre eine detaillierte Auswertung der Wiener Abfallwirtschaft notwendig. Eine zukünftige Verbesserung der Datenlage wäre somit möglich.

4.11 Gewichtung der Subindikatoren

Wie eingangs in diesem Kapitel vorgestellt, ist im ZiFa 1.0 eine Gewichtung der einzelnen Subindikatoren möglich. Dabei kann beispielsweise auf spezifische Schwerpunkte seitens der Stadt Wien bzw. ggf. auch auf Anforderungen bestimmter Bauprojekte oder Bauherr*innen eingegangen werden, indem einzelne Aspekte (Subindikatoren) höher gewichtet werden als andere.

Im vorliegenden Bericht wird von den Autor*innen eine erste Expert*innen-Empfehlung zu einer möglichen Gewichtung der Subindikatoren gegeben, wobei der Fokus auf die nachhaltige Nutzung der Ressourcen bzw. Minimierung der Umweltauswirkungen gelegt wurde. Die Gewichtung der Subindikatoren wurde mit 0 (keine Relevanz) 0,5 (mittlere) und 1 (größte Relevanz) festgelegt. Von einer engeren Abstufung wurde abgesehen, um nicht den Anschein einer Scheingenaugkeit trotz fehlender umfassender Parameterstudien/ Testanwendungen zu erwecken. Eine Wertigkeit von 0 würde bedeuten, dass der Subindikator keine Relevanz für das System hat. Da im Zuge der letzten Optimierung nicht relevante Subindikatoren gelöscht wurden, gibt es momentan keinen Subindikator mit Wertigkeit 0. Folgend wird die vorgeschlagene Gewichtung kurz begründet.

In Tabelle 42 sind die Gewichtungen aller Subindikatoren gegliedert nach kumulierten Indikatoren aufgelistet. Bei den im kumulierten Indikator (1) verbaute Materialien enthaltenen Subindikatoren wurde hinsichtlich Gewichtung unterschieden, ob der Subindikator eine Wiederverwendung fördert oder nicht. Die Subindikatoren, welche das Recycling oder den Einsatz erneuerbarer Materialien bewerten sind geringer gewichtet, da die Reduktion des Bedarfs an Primärressourcen jedenfalls im Vordergrund stehen soll. Im kumulierten Indikator (3) Nutzungsintensität wurde der Subindikator (NI:3) Mehrfachnutzungsfaktor geringer gewichtet, da die positive Auswirkung einer multifunktionalen Fläche wesentlich von der tatsächlichen Nutzung abhängt und diese nicht bewertet werden kann. Die Subindikatoren des kumulierten Indikators (4) haben nach Meinung der Autor*innen allesamt hohe Relevanz, ausgenommen Subindikator (FL.4), welcher den Anteil an versetzbaren Innenwänden berücksichtigt. Hier ist die tatsächliche Flexibilität ebenfalls sehr stark vom Verhalten der Nutzer*innen abhängig, womit eine geringere Gewichtung begründet wird. Die kumulierten Indikatoren der (5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit sind von hoher Relevanz, da eine Langlebigkeit der Gebäudehülle wesentlich zu einer langen Lebensdauer des Gebäudes beiträgt. Die Zugänglichkeit, Lage bzw. Dokumentation der haustechnischen Systeme ermöglicht eine einfache und Wartung/ Reparatur. Das Vorhandensein bzw. die Qualität von Reparatur- und Austauschleitungen ist nach Meinung der Autor*innen von mittlerer Relevanz. Für den kumulierten Indikator (6) Rückbau und Reuse wird für die materialbezogenen Subindikatoren RR.1 bis RR.3 eine hohe Gewichtung vorgeschlagen. Auch die Subindikatoren RR.4 und RR.5 können das Potential zur Rückbaubarkeit direkt fördern, weswegen eine hohe Gewichtung empfohlen wird. Im kumulierten Indikator Recycling erfolgt die Bewertung der potenziellen Recycelbarkeit basierend auf aktuellen Recyclingquoten in Österreich für die Abbruchmaterialien eines Bestandsgebäudes und die verwendeten Materialien des neu zu errichtenden Gebäudes. Die Beurteilung der Recyclingquote des Abbruchs wird geringer gewichtet, da diese Thematik bereits in anderen Subindikatoren in Form eines Bestandserhalts (VM.4) abgebildet ist. Im Falle von Subindikator RE.2 werden nicht die tatsächlichen Recyclinganteile, sondern das Potential basierend auf Basis der aktuellen Recyclingquoten bestimmt. Eine Adaptierung des Subindikators dahingehend, dass das tatsächlich recycelte Abbruchmaterial bewertet werden kann, würde eine zukünftig höhere Gewichtung jedenfalls rechtfertigen. Für alle Subindikatoren des kumulierten Indikators (8) Entsorgung wird eine Gewichtung von 1,0 empfohlen, um die nicht erwünschten Massenströme klar und plakativ aufzuzeigen.

Tabelle 42: Gewichtung aller Subindikatoren hinsichtlich deren Relevanz zur Förderung der Kreislauffähigkeit mit dem Ziel einer nachhaltigen Nutzung von Ressourcen nach Meinung der Autor*innen - 0 (keine Relevanz); 0,5 (mittlere Relevanz); 1 (größte Relevanz)

Kumulierter Indikator	Subindikator	Gewichtung
(1) Verbaute Materialien	VM.1	1,0
	VM.2	0,5
	VM.3	0,5
	VM.4	1,0
	VM.5	1,0
(3) Nutzungsintensität	NI.1	1,0
	NI.2	1,0
	NI.3	0,5
(4) Flexibilität, Umnutzbarkeit, Nachverdichtung	FL.1	1,0
	FL.2	1,0
	FL.3	1,0
	FL.4	0,5
	FL.5	1,0
	FL.6	1,0
	FL.7	1,0
(5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit	LA.1	1,0
	LA.2	1,0
	LA.3	1,0
	LA.4	0,5
(6) Rückbau und Reuse	RR.1	1,0
	RR.2	1,0
	RR.3	1,0
	RR.4	1,0
	RR.5	1,0
(7) Recycling	RE.1	1,0
	RE.2	0,5
(8) Entsorgung - Komplementärwert	EN.1	1,0
	EN.2	1,0
	EN.3	1,0
	EN.4	1,0

4.12 Zusätzliche Strategien

Unabhängig der im Bewertungssystem verankerten Indikatoren können im ZiFa 1.0 zusätzliche Strategien für jeden kumulierten Indikator angeführt werden. Dies ermöglicht den Planer*innen innovative, selbst entwickelte Konzepte anzuführen bzw. diese sichtbar zu machen. In das Bewertungsergebnis der kumulierten Indikatoren werden diese nicht miteinbezogen. Seitens der Stadt Wien besteht auch die Möglichkeit der Implementierung von Ideen mit besonders hohem Potential in zukünftigen Versionen des ZiFa.

5 Fazit

Der ZiFa 1.0 wurde von den Autor*innen in Zusammenarbeit mit zahlreichen Stakeholder*innen der Stadt Wien entwickelt, mit dem Ziel, Gebäude (Neubau und Sanierung) hinsichtlich deren Kreislauffähigkeit bewertbar zu machen. Der Grundstein für die Entwicklung des Bewertungssystems wurde im Jahr 2022 mit der „explorativen Studie – Ein Zirkularitätsfaktor für Wien“¹⁴⁵ gelegt. Die darin bereits aufgezeigten und in diesem Bericht aktualisierten Entwicklungen (vgl. EU-Taxonomie-Verordnung, neue Bauproduktenverordnung etc.) zeigen die Notwendigkeit, die Zirkularität von Gebäuden zu fördern. Mit dem ZiFa 1.0 liegt somit auf nationaler Ebene erstmals ein umfassendes System zur Bewertung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden vor.

Der entwickelte „Zirkularitätsfaktor für Wien“ enthält in seiner ersten Fassung als ZiFa 1.0 eine Vielzahl an Subindikatoren zur Bestimmung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden, welche zu kumulierten Indikatoren zusammengefasst sind. Das System kann sowohl für die Bewertung von Neubauten als auch für Sanierungen herangezogen werden, wobei einzelne Subindikatoren nur für eine Bewertung von Sanierungen relevant sind. Hinsichtlich der Anwendbarkeit für verschiedene Gebäudekategorien, wurden die im ZiFa 1.0 definierten Subindikatoren für Wohngebäude und Bildungseinrichtungen entwickelt. Eine Erweiterung des Systems für andere Gebäudekategorien ist grundsätzlich möglich und für einen großen Teil der Subindikatoren rasch umsetzbar, wobei Grenz- bzw. Zielwerte womöglich angepasst werden müssen.

Eine Anwendung des Bewertungssystems ist prinzipiell zu jeder Phase eines Projektes möglich. Eine Nutzung des Systems wird bereits in einer möglichst frühen Planungsphase empfohlen, da in diesen Phasen die Beeinflussbarkeit und somit auch der Hebel am größten ist. Es muss jedoch festgehalten werden, dass die Ermittlung mancher Subindikatoren erst in einer späteren Planungs- bzw. Bauphase bei höherem Detaillierungsgrad der Planung möglich bzw. sinnvoll ist (z.B. müssen im Zuge der Einreichung vor dem Hintergrund aktueller Rahmenbedingungen noch keine detaillierten Materialien/Produkte fixiert sein). In einem ersten Schritt wird eine konkrete Abfrage durch die Stadt Wien im Zuge von Bauträger- und/oder Architekturwettbewerben zum Vergleich von Projekten empfohlen. Erst nach einer Testanwendungs- und darauf aufbauenden Optimierungsphase kann das Bewertungssystem in formale Vorgaben und Prozesse (bspw. im Zuge der Einreichung) integriert werden. Später sollte auch eine Bewertung des umgesetzten Gebäudes (as-built) angedacht werden. Hier könnte das bei der Einreichung erreichte Ergebnis als Mindestwert definiert werden. Bereits heute bildet das System eine Grundlage, um kreislauffähiges Bauen besser beschreiben zu können. Mit dem System können auch erste Überlegungen angestellt werden, welche Aspekte sich daraus für die Verankerung in Vorgaben und Prozesse (Ausschreibungsunterlagen, rechtlicher Rahmen etc.) eignen könnten und wie diese die Gestaltung von Prozessen möglicherweise verändern werden bzw. sollten.

Die definierten kumulierten Indikatoren beurteilen die (1) verbauten Materialien in einem Gebäude, die (3) Nutzungsintensität, (4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung, (5) Langlebigkeit, Reparaturfähigkeit und Tauschbarkeit, (6) Rückbau und Reuse, (7) Recycling und (8) Entsorgung. Eine vereinfachte Ökobilanzierung (GWP für die Phasen A1-A3, C3+C4) ist verpflichtend durchzuführen.

Im Bericht werden die einzelnen Indikatoren und Subindikatoren ausführlich beschrieben. Damit der ZiFa 1.0 sein volles Potential entfalten kann, ist eine Darstellung der Wechselwirkung zwischen den Subindikatoren sinnvoll. Ein erster Ansatz zum Umgang mit dem Bewertungsergebnis ist die Darstellung in Form eines Spinnendiagramms, siehe Abbildung 28. Diese hilft die Komplexität und alle erforderlichen Informationen auf einen Blick zu erfassen. Darüber hinaus sind auf Strategien im Umgang mit möglichen Zielkonflikten in einem nächsten Bearbeitungsschritt einzugehen.

¹⁴⁵ Kromoser u. a., „Forschungsbericht zur explorativen Studie: Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“.

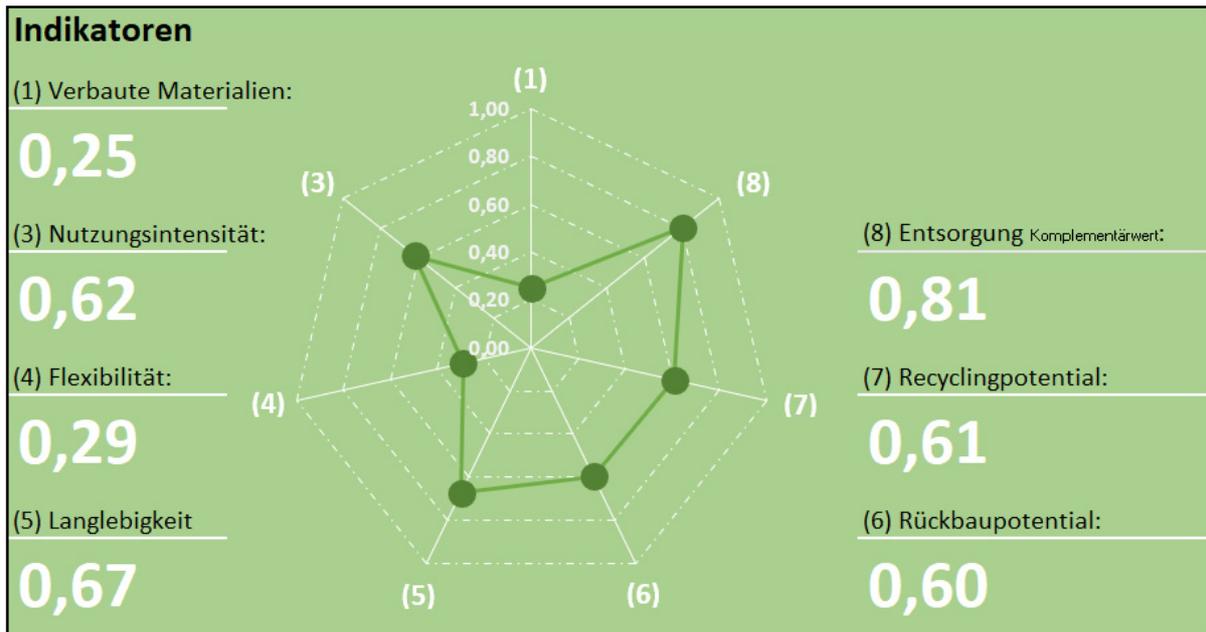


Abbildung 28: Beispielhafte Darstellung der Ergebnisse im ZiFa 1.0 - Überblick

Alle genannten kumulierten Indikatoren haben zum Ziel, die Kreislauffähigkeit von Gebäuden zu fördern. Bereits die Berücksichtigung der grundlegenden Gedanken und Ziele hinter den einzelnen Subindikatoren, die in diesem Orientierungsleitfaden ausführlich beschrieben sind, kann schon heute dazu beitragen, zukünftige Neubauten bzw. Sanierungen kreislauffähig und somit nachhaltiger zu planen und umzusetzen. Mit dem Orientierungsleitfaden zum ZiFa 1.0 haben Planer*innen, Bauherr*innen, Ausführende und alle Interessierte ein Werkzeug, um die Zirkularität unserer gebauten Umwelt zu beurteilen und somit zu fördern.

6 Empfehlung zur weiteren Vorgehensweise

Mit dem Bewertungssystem ZiFa 1.0 liegt nun ein erster Entwurf von Bewertungsparametern und Kriterien zum kreislaufgerechten Bauen und Sanieren vor. Hauptziel war bzw. ist es damit kreislauffähiges Planen und Bauen als wichtigen Bestandteil des umweltschonenden bzw. nachhaltigen Bauens besser zu definieren und auch bewertbar zu machen. Die aktuelle Bautechnologie ist teils nur bedingt kreislauffähig und das System soll auch eine Hilfestellung für Weiterentwicklungen von Bauprodukten- und Verfahren dahingehend bieten. Das System nimmt auch Bezug auf aktuelle Entwicklungen wie beispielsweise die Veröffentlichung der technischen Bewertungskriterien zur Kreislaufwirtschaft im Rahmen der EU-Taxonomie-Verordnung, die Grundanforderung 7 der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten sowie auf das OIB-Grundlagendokument zur Ausarbeitung einer OIB-Richtlinie 7 (OIB-330.7-009/23)). Teilweise sind bei der Entwicklung des ZiFa 1.0 in diesen Dokumenten veröffentlichte Ansätze bzw. Grenzwerte eingeflossen und es wurde auch versucht, nicht adressierte bzw. offen gebliebene Themen zu konkretisieren.

6.1 Testanwendung des Bewertungssystems ZiFa 1.0 im Realbetrieb

Bei dem Bewertungssystem ZiFa 1.0 handelt es sich um einen **noch nicht praktisch erprobten Erstentwurf**, der jedenfalls vor einer breiteren Anwendung umfassend getestet und basierend darauf optimiert werden muss. Als nächster Schritt wird seitens der Autor*innen demnach eine umfassende und durch entsprechende Expertise unterstützte Testphase empfohlen, bei der das Bewertungssystem im Rahmen von ausgewählten Projekten (möglichst unterschiedliche Anwendungsfälle aus dem Bereich Neubau und Sanierung) von verschiedenen ausgewählten Testanwender*innen praktisch angewandt wird. Das kann beispielsweise im Rahmen von Bauträger- und/oder Architekturwettbewerben oder auch eigenen Projekten der Stadt Wien o.ä. umgesetzt werden. Auch eine Anwendung bei Forschungsprojekten und damit in Verbindung stehenden Pilotprojekten, die sich mit dem Thema kreislauffähiges Bauen beschäftigen, wäre möglich. Im Zuge der Praxischecks sollte u.a. vertieft darauf eingegangen werden, in welcher Detailschärfe welche Subindikatoren zu welcher Planungs- bzw. Ausführungsphase eingefordert werden können und sollen. Hier wird eine Ausdifferenzierung entlang der Planungsphasen angeregt. **Jegliche Testanwendung sollte jedenfalls strukturiert begleitet werden, um das Feedback möglichst effizient sammeln, evaluieren und in eine weiter optimierte Version einarbeiten zu können.** Beispielsweise wäre eine Abfrage der Anwendbarkeit des Systems bzw. im Detail auch unterschiedlicher Subindikatoren sowie auch die Einschätzung hinsichtlich möglicher Ziel- und Grenzwerte in einem Fragebogen sinnvoll. Weiters wird empfohlen, mit den Testanwender*innen Workshops zur Anwendung des Bewertungssystems sowie zum Austausch und Diskussion der Erfahrungen aus den Testanwendungen, abzuhalten. Basierend auf den Erkenntnissen muss eine Optimierung bzw. Schärfung des Systems durchgeführt werden – von ZiFa 1.0 zu ZiFa 1.1. Dies betrifft neben den Inhalten auch die detaillierte Ausformulierung aller Indikatoren.

6.2 Qualitative Nachweise zur Darstellung der architektonischen und sozio-ökonomischen Qualität als integraler Bestandteile des Bewertungssystems ZiFa 1.0

Um ein praktikables Tool zu entwickeln, wurde der Fokus/Schwerpunkt im Bewertungssystem ZiFa 1.0 auf quantifizierbare Nachweise gelegt. In einem weiteren Bearbeitungsschritt ist zu überprüfen, ob und in welcher Form eine Integration von Konzepten notwendig bzw. sinnvoll ist, um sämtliche architektonischen, funktionalen, sozialen und sozio-ökonomischen Aspekte entsprechend abbilden zu können. So können Szenarien- und Variantenplanungen (so wie auch Rückbaukonzepte) bspw. dazu beitragen, Anpassungspotenziale an sich wandelnde Nutzer*innenbedürfnisse darzustellen.

6.3 Wartung und fortlaufende Weiterentwicklung des Bewertungssystems ZiFa 1.0

Wie bereits am Beginn des Kapitels dargestellt, handelt es sich um einen noch nicht praktisch erprobten Erstentwurf des Bewertungssystems. Neben der jedenfalls notwendigen Praxisprüfung und darauf basierenden nochmaligen Optimierung wird empfohlen, ein Konzept zu entwickeln, wie das Bewertungssystem kurz-, mittel- und langfristig betrieben werden kann. Dies beinhaltet die möglichst proaktive und hochqualitative Wartung- und Weiterentwicklung sowie auch eine Hilfestellung bei der Anwendung. Dies ist eine Grundanforderung, um das System breiter ausrollen und damit den

gewünschten Erfolg erzielen zu können. Die bereits geleistete umfassende Arbeit, die in diesem Dokument präsentiert wird, ist lediglich ein erster Grundstein. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass dafür auch entsprechende Ressourcen notwendig sind bzw. sein werden.

6.4 Digitales Bewertungstool und digitale Schnittstellen

Der Fokus in der Entwicklung des Bewertungssystems wurde klar auf die Entwicklung der Inhalte und somit konkreter Bewertungskriterien gelegt. Begleitend wurde ein für die vorgeschlagene Testphase funktionierendes Bewertungstool entwickelt. Es muss jedoch festgehalten werden, dass die Entwickler*innen Spezialist*innen hinsichtlich der fachlichen Inhalte zur Kreislaufwirtschaft im Bauwesen und nicht hinsichtlich Softwareentwicklung sind. Das Tool soll die Praxistests unterstützen, sollte vor einer großflächigen Ausrollung jedoch unbedingt nochmals neu und professionell programmiert werden.

3D Gebäudemodelle und Building Information Modeling (BIM) werden schon jetzt eingesetzt, u.a. um die Informationsdichte und das Management von Bau- und Betriebsprozessen zu verbessern und erforderliche Nachweisführungen zu unterstützen. Die Stadt Wien beschäftigt sich mit der Thematik beispielsweise im Projekt BRISE (Digitale Baueinreichung) und dem magistratweiten Programm openBIM4Wien (BIM Ausrollung bei Gebäudeverantwortlichen Abteilungen der Stadt Wien). Das vorliegende Bewertungssystem sowie auch verwandte Systeme wie Level(s) oder Madaster basieren auf Materiallisten, die aus BIM Modellen automatisiert generiert werden können. Auch die Indikatoren/Subindikatoren des Zirkularitätsfaktors können mittels Prüfroutinen in BIM implementiert werden. Um die Akzeptanz des Zirkularitätsfaktors zu erhöhen, den Bewertungsaufwand zu reduzieren und die Erstellung von Varianten und Simulationen der Zirkularität in der Planung zu erleichtern, ist die Entwicklung von digitalen Schnittstellen ein wichtiger zukünftiger Schritt, der von den Autor*innen empfohlen wird.

6.5 Weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf zu einer Etablierung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen

- Die Recyclingquoten im ZiFa 1.0 dienen als Default-Werte und basieren auf der aktuellen österreichischen Recyclingquote lt. Bundesabfallwirtschaftsplan 2023. Es wird empfohlen zeitnah im Rahmen eines Forschungsprojektes eine detaillierte Auswertung der Wiener Abfallwirtschaft durchzuführen. Damit könnte die Datenlage deutlich verbessert werden und im ZiFa könnten spezifische Daten für Wien eingepflegt werden.
- Um den ZiFa effizient praktisch anwenden zu können und auch eine einfache Interaktion mit diversen BIM Formaten zu ermöglichen, sollte vor einer breiteren Anwendung eine geeignete Softwareumgebung, in enger Abstimmung mit ZiFa 1.0 Expert*innen, inkl. umfassender Testphase, entwickelt werden.
- Es handelt sich beim ZiFa 1.0 um einen Erstentwurf. Zur Optimierung sind mehrere Testanwendungen inkl. einer professionellen Begleitung notwendig. Um die Ergebnisse bestmöglich für die Optimierung nutzen zu können, wird eine Instruktion der Testanwender*innen sowie eine nachlaufende strukturierte Abfrage der Erfahrungen inkl. gemeinsamen Workshops empfohlen.
- Es wird empfohlen, im nächsten Schritt das System basierend auf den Erkenntnissen aus den Testanwendungen vor einer breiteren Anwendung nochmals zu optimieren. Dabei sollte die Bewertungsmethodik von allen Subindikatoren nochmals geprüft und ggf. geschärft werden. Weiters sollte in dieser Phase eine Prüfung bzw. Ermittlung von sinnvollen Ziel- und Grenzwerten durchgeführt werden.
- Die aktuelle Gewichtung der Subindikatoren basiert auf Erfahrungswerten bzw. einer ersten Einschätzung der Autor*innen. Der ökologische Einfluss wurde jedoch noch nicht für unterschiedliche Szenarien quantifiziert. Es wird daher klar empfohlen im Rahmen eines Forschungsprojektes umfassende Parameterstudien zum ökologischen Einfluss/ Hebel von unterschiedlichen Subindikatoren durchzuführen und die Gewichtung basierend darauf nochmals zu optimieren.
- Mit dem ZiFa 1.0 wurde eine Methodik geschaffen, um die Kreislauffähigkeit von Gebäuden (Neubau und Sanierung) besser zu definieren und auch bewerten zu können. Eine Bewertungsmethodik ist ein wichtiger Bestandteil bei der Transformation des aktuellen Bauwesens in Richtung einer Kreislaufwirtschaft, reicht aber klarerweise alleine nicht aus.

Herausfordern ist, dass die aktuellen Baumethoden und teils auch die verwendeten Materialien nur sehr bedingt kreislauffähig sind. Es wird deshalb die Entwicklung eines umfassenden strukturierten Forschungsprogramms, das sowohl Grundlagen- als auch angewandte Forschung beinhaltet, und die Etablierung einer geeigneten Förderlandschaft dafür mit Hauptfokus auf Reuse- und Recycling von Bauwerken, Bauteilen und Baustoffen empfohlen. Somit könnte die momentan in der Bauwirtschaft stark vernachlässigte Thematik aktiv vorangetrieben werden. Fragestellungen die auszugsweise Bestandteil des Forschungsprogramms sein sollten:

- Welche Materialien- und Materialkombinationen ermöglichen eine einfache Kreislaufführung bei gleichzeitig geringem Umwelteinfluss für eine etwaige Rückgewinnung bzw. Wiederaufbereitung?
- Welche konstruktiven bzw. technischen Rahmenbedingungen und Lösungen ermöglichen eine einfache und effiziente Kreislaufführung auf Bauteilebene (Reuse) u.a. mit Berücksichtigung der langen Nutzungszyklen bei Bauwerken/ Gebäuden?
- Wie groß ist der Einfluss unterschiedlicher Lebenszyklusphasen und Wirkungsindikatoren auf die Ökobilanz von Bauwerken? Welche Lebenszyklusphasen und Wirkungsindikatoren sollten jedenfalls Berücksichtigung, bei der einer Ökobilanzierung finden?
- Welche rechtlichen Aspekte sind notwendig, um eine Kreislaufwirtschaft im Bauwesen zu fördern. Wie kann möglichst zeitnah ein effizienter nationaler rechtlicher Rahmen zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft geschaffen werden?
- Wie kann ein wirtschaftliches und gesellschaftliches Umfeld geschaffen werden, das eine Weiternutzung des Gebäudebestandes, die Verwendung von Sekundärbauteilen und Rohstoffen attraktiver macht als einen Neubau bzw. eine Verwendung von Primärbauteilen und Rohstoffen?
- Wie kann für eine lange Lebensdauer ein attraktives wirtschaftliches Umfeld geschaffen werden (Stichwort Abschreibung)?

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Ergebnisse im ZiFa 1.0 - Überblick	6
Abbildung 2: Ergebnisse der explorativen Studie "Ein Zirkularitätsfaktor für Wien" – 2022.	12
Abbildung 3: Die 6 Umweltziele der Europäischen Union	13
Abbildung 4: Phasen der Entwicklung des ZiFa 1.0 Wien 2023.	19
Abbildung 5: Optimierung/Reduktion der Subindikatoren in Phase 5	24
Abbildung 6: Übersicht des Bewertungssystems - Orientierung der Indikatoren an der EU-Abfallrahmenrichtlinie	27
Abbildung 7: Beispielhafte Darstellung der Wertung und Gewichtung von Subindikatoren und darauf aufbauender Wertung von kumulierten Indikatoren.	27
Abbildung 8: Gliederung Bauwerksschicht, Gebäudeelement und Materialgruppe.	32
Abbildung 9: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (1) verbaute Materialien	34
Abbildung 10: Übersicht der Lebenszyklusphasen inklusive Einschätzung der Relevanz (schwarz dargestellt) und kurzzeitigen Umsetzbarkeit (grün dargestellt) für einen Zirkularitätsfaktor.	49
Abbildung 11: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (3) Nutzungsintensität	50
Abbildung 12: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (4) Flexibilität, Umnutzbarkeit und Nachverdichtung	60
Abbildung 13: Identifizierung der tragenden vertikalen Strukturen der einzelnen Geschoße, sowie Festlegung des Referenzkoordinatensystems anhand eines Beispielgrundrisses.	63
Abbildung 14: Ermittlung der Abstände tragender vertikaler Strukturen und der dazwischen aufgespannten Flächen anhand eines Beispielgrundrisses für die x-Achse (oben) und y-Achse (unten).	63
Abbildung 15: Identifizierung aller Fenster und Glastüren an jeder Gebäudefassade.	67
Abbildung 16: Ermittlung aller Öffnungsbreiten an jeder Gebäudefassade	68
Abbildung 17: Identifizierung jedes Typs der Innenwände	71
Abbildung 18: Identifizierung jedes Typs der nichttragenden Innenwände	74
Abbildung 19: FL.5b Ermittlung der Gesamtfassadenfläche	77
Abbildung 20: FL.5a Ermittlung aller nichttragenden Fassadenflächen	78
Abbildung 21: Schnitt durch ein Gebäude mit 3 Obergeschossen	81
Abbildung 22: Ermittlung der Anzahl an Wohnungen mit optionalen Räumen	84
Abbildung 23: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (5) Langlebigkeit, Tauschbarkeit und Reparaturfähigkeit	86
Abbildung 24: BIM Maturity Ramp, nach	96
Abbildung 25: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (6) Rückbau und Reuse	101
Abbildung 26: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (7) Recycling	117
Abbildung 27: Übersicht der Subindikatoren für kumulierten Indikator (8) Entsorgung – Komplementärwert	126
Abbildung 28: Darstellung der Ergebnisse im ZiFa 1.0 - Überblick	142

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Gliederung von Materialgruppe und Material.	32
Tabelle 2: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.1	35
Tabelle 3: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.2	38
Tabelle 4: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.3	41
Tabelle 5: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.4	44
Tabelle 6: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator VM.5	46
Tabelle 7: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator NI.1	51
Tabelle 8: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator NI.2	54
Tabelle 9: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator NI.3	57
Tabelle 10: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.1	62
Tabelle 11: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.2	66
Tabelle 12: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.3	70
Tabelle 13: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.4	73
Tabelle 14: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.5	76
Tabelle 15: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.6	80
Tabelle 16: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator FL.7	83
Tabelle 17: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.1a und LA.1b	87
Tabelle 18: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.1	87
Tabelle 19: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.2a	91
Tabelle 20: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.2b und LA.2c	91
Tabelle 21: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.2	91
Tabelle 22: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.3	95
Tabelle 23: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.3	95
Tabelle 24: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator LA.4	98
Tabelle 25: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.1	103
Tabelle 26: „Qualitätsstufen“ der Rückbaubarkeit im ZiFa 1.0	104
Tabelle 27: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.2	107
Tabelle 28: „Qualitätsstufen“ der Wiederverwendbarkeit im ZiFa 1.0	107
Tabelle 29: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.3	110
Tabelle 30: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.4	113
Tabelle 31: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.5	115
Tabelle 32: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RR.5	116
Tabelle 33: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RE.1	118
Tabelle 34: Überblick Quoten der Abfallwirtschaft	121
Tabelle 35: Überblick Recyclingprodukte	122
Tabelle 36: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator RE.2	123
Tabelle 37: Überblick Recyclingprodukte	125
Tabelle 38: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.1	127
Tabelle 39: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.2	130
Tabelle 40: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.3	133
Tabelle 41: Punktevergabe je Antwortmöglichkeit für Subindikator EN.4	136
Tabelle 42: Gewichtung aller Subindikatoren hinsichtlich deren Relevanz zur Förderung der Kreislauffähigkeit mit dem Ziel einer nachhaltigen Nutzung von Ressourcen nach Meinung der Autor*innen - 0 (keine Relevanz); 0,5 (mittlere Relevanz); 1 (größte Relevanz)	140

9 Abkürzungsverzeichnis

m_{ges}	... Gesamtmasse des Gebäudes aus Materialliste [t]
m_i	... Gesamtmasse je Materialgruppe i aus Materialliste [t]
$VM.1_i$	... Anteil wiederverwendeter Materialien in der Herstellung je Materialgruppe i [–]
$m_{i,reuse}$	... Gesamtmasse an wiederverwendetem (Reuse) Materialien in der Herstellung je Materialgruppe i aus Materialliste [t]
$VM.1$	... Anteil wiederverwendeter Materialien in der Herstellung [–]
n	... Gesamtzahl der Materialgruppen [n]. Im ZiFa 1.0 beträgt diese acht.
$m_{i,rec}$	... Gesamtmasse an recyceltem Material in der Herstellung je Materialgruppe i aus Materialliste [t]
$VM.2$	... Anteil recycelter Materialien in der Herstellung [–]
m_i	... Gesamtmasse je Materialgruppe i aus Materialliste [t]
$VM.3_i$	... Anteil erneuerbarer Materialien in der Herstellung je Materialgruppe i [–]
$m_{i,ern}$	... Gesamtmasse an ern. Material in der Herstellung je Materialgruppe i aus Materialliste [t]
$VM.3$	... Anteil erneuerbarer Materialien in der Herstellung [–]
$VM.4$	... Anteil des ursprünglichen Gebäudes [–]
$VM.4a$	... Erhaltene Masse des Tragwerks des ursprünglichen Gebäudes [t]
$VM.4b$	... Masse des Tragwerks des ursprünglichen Gebäudes [t]
$VM.5$	... Anteil des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials [–]
$VM.5a$	... Gesamtmasse des wiederverwendeten Bodenaushubmaterials [t]
$VM.5b$	... Gesamtmasse des Bodenaushubmaterials [t]
$NI.1a$	... Belegungsdichte [n/m ²]
$PB.10$	... Max. Personenzahl gemäß Hauptnutzung [n]
$PB.9$	... Nutzfläche gemäß Hauptnutzung (NF) [m ²]
$NI.1b$	... Referenzbelegungsdichte [n/m ²]
$NI.1$	... Belegungsdichteverhältnis [–]
$NI.2a$	... Flächeneffizienz [–]
$PB.7$	... Brutto – Grundfläche (BGF) [m ²] = $PB.7$
$NI.2b$	... Referenzflächeneffizienz [–]
	<ul style="list-style-type: none"> • Wohngebäude NI.2b = 0,70 • Bildungseinrichtung NI.2b = 0,65
$NI.2$	... Flächeneffizienzverhältnis [–]
$PB.11$	... Gesamtnutzfläche der Mehrzweckräume [m ²]
$NI.3$	... Mehrfachnutzungsfaktor [–]
$FL.1a = l_{m,x}$	... Durchschnittlicher Abstand (x – Achse) [m]
$FL.1b = l_{m,y}$	... Durchschnittlicher Abstand (y – Achse) [m]
$FL.1 = l_m$	... Abstand zwischen tragenden vertikalen Strukturen [m]
A_{ix}	... Aufgespannte Fläche zwischen vertikalen Tragstrukturen in x – Richtung [m ²]
A_{iy}	... Aufgespannte Fläche zwischen vertikalen Tragstrukturen in y – Richtung [m ²]
x_i	... Abstand zwischen vertikalen Tragstrukturen in x – Richtung [m]
y_i	... Abstand zwischen vertikalen Tragstrukturen in y – Richtung [m]
n	... Gesamtzahl der tragenden vertikalen Strukturen [n]
$FL.3$	... Verhältnis nichttragender Innenwände [–]
$l_{i,NT}$	... Länge der i – ten nichttragenden Innenwand [m]
$l_{i,T}$	... Länge der i – ten tragenden Innenwand [m]
n_{NT}	... Anzahl der nichttragenden Innenwände [n]
n_T	... Anzahl der tragenden Innenwände [n]
$FL.4$	... Verhältnis nichttragender versetzbarer Innenwände [–]
$l_{i,NTV}$	... Länge der i – ten nichttragenden versetzbaren Innenwand [m]
n_{NTV}	... Anzahl der nichttragenden versetzbaren Innenwände [n]
$FL.5$	... Nichttragende Fassadenfläche [–]

FL. 5a	... Gesamtfläche der nichttragenden Fassade [m ²]
FL. 5b	... Gesamtfläche der Fassade [m ²]
FL. 6	... Durchschnittliche Geschoßhöhe ab 1. OG [-]
H _i	... Geschoßhöhe des i – ten Geschosses des Gebäudes, beginnend ab dem 1. OG [m]
n _g	... Gesamtanzahl der Geschosse im Gebäude ab dem 1. OG [n]
FL. 7	... Optionale Wohnräume [-]
FL. 7a	... Gesamtzahl der Wohneinheiten mit Möglichkeit für optionalen Wohnraum [n]
FL. 7b	... Gesamtanzahl der Wohneinheiten [n]
LA. 1a	... Langlebigkeit der Wandverkleidung
LA. 1b	... Langlebigkeit der Dachverkleidung
LA. 2a	... Alle Hauptversorgungsleitungen über Allgemeinflächen zugänglich
LA. 2b	... Zugänglichkeit der vertikalen Versorgungsleitungen
LA. 2c	... Zugänglichkeit der horizontalen Versorgungsleitungen
LA. 4a	... Dokumentationsqualität der Hülle
LA. 4b	... Dokumentationsqualität des Ausbau
LA. 4c	... Dokumentationsqualität der Versorgungssysteme
m _{i,rückbau}	... Gesamtmasse der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau Materialgruppe i [t]
m _{j,i}	... Masse des j – ten Gebäudeelements bezogen auf die Materialgruppe i
RF _{j,i}	... Rückbaufaktor für das j – te Gebäudeelement der Materialgruppe i [-]
RR. 1 _i	... Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau je Materialgruppe i [-]
RR. 1	... Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau [-]
m _{i,Wiederverwendung}	... Gesamtmasse der Materialien in der Herstellung mit Potenzial für Wiederverwendung je Materialgruppe i [t]
RF _{j,i}	... Rückbaufaktor für das j – te Gebäudeelement der Materialgruppe i [-]
RR. 1 _i	... Anteil Materialien in der Herstellung mit Potenzial für zukünftigen Rückbau je Materialgruppe i [-]
RR. 3 _i	... Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung Materialgruppe i [-]
m _{i,Modular}	... Gesamtmasse modularer Bauelemente bei der Herstellung der Materialgruppe i aus der Materialliste [t]
RR. 3 _i	... Anteil modularer Bauelemente in der Herstellung [-]
RQ _i	... Recyclingquote je Materialgruppe i [%]
DQ _i	... Deponierungsquote je Materialgruppe i [%]
TBQ _i	... Quote thermische Behandlung je Materialgruppe i [%]
m _{i-A}	... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien je Materialgruppe [t]
m _{ges-A}	... Gesamtmasse der Abbruchmaterialien [t]

10 Literaturverzeichnis

- Austrian Standards. ÖNORM B 1800: Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen (2013).
- . ÖNORM B 8115-2: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau-Teil 2: Methodik zur Ermittlung von Schallschutzniveaus (2021).
- . ÖNORM EN 15221-6: Facility Management - Teil 6: Flächenbemessung im Facility Management (2011).
- Bauordnung für Wien - BO Wien - Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch, Pub. L. No. LGBl. Nr. 11/1930 (2024).
- Baustoff-Recycling Verband. „Wenn Beton aus Beton gewonnen wird“, o. J. <https://brv.at/wenn-beton-aus-beton-gewonnen-wird/>.
- Bernhardt, Antonia, Fritz Kleemann, Christian Neubauer, Milla Neubauer, und Birgit Walter. „Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich: Detailstudie zum Bundesabfallwirtschaftsplan.“ Wien: Umweltbundesamt GmbH, 2019.
- Borrmann, André, Markus König, Christian Koch, und Jakob Beetz, Hrsg. *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. VDI-Buch. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33361-4>.
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. „Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023“. Wien, 2023.
- Cristóbal García, J., D. Caro, G. Foster, G. Pristerà, F. Gallo, und D. Tonini. „Techno-economic and environmental assessment of construction and demolition waste management in the European Union“. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024.
- Deistler, Julia, Ina Homeier, Christina Lengauer, Eva Pangerl, Lena Rücker, Johannes Lutter, Michael Cerveny, Herbert Bartik, Johannes Hofinger, und Andreas Veigl. „Smart Klima City Wien Strategie: Der Weg zur Klimamusterstadt“. Wien: Magistrat der Stadt Wien (Stadtentwicklung und Stadtplanung); UIV - Urban Innovation Vienna GmbH, 2022.
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V. „DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau“. Stuttgart, 2023.
- Dodd, Nicholas, Shane Donatello, und Mauro Cordella. „Level(s) – Benutzerhandbuch 1: Einführung in den gemeinsamen Level(s)-Rahmen (Version 1.1 der Veröffentlichung)“. Europäische Kommission, Jänner 2021.
- . „Level(s) indicator 2.4: Design for deconstruction - User manual: introductory briefing, instructions and guidance (Publication version 2.0)“. Europäische Kommission, August 2021.
- . „Level(s)–Indikator 1.2: Erderwärmungspotenzial (GWP) entlang des Lebenszyklus - Benutzerhandbuch: Einleitende Information, Anleitungen, Leitlinien (Veröffentlichungsversion 1.1)“. Europäische Kommission, Mai 2021.
- . „Level(s)–Indikator 2.1: Leistungsverzeichnisse, Materialien und Lebensdauern - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“. Europäische Kommission, Jänner 2021.
- . „Level(s)–Indikator 2.2: Bau- und Abbruchabfälle und -materialien - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“. Europäische Kommission, Jänner 2021.
- . „Level(s)–Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“. Europäische Kommission, Jänner 2021.
- . „Level(s)–Indikator 2.4: Entwurf für den Rückbau - Benutzerhandbuch: Einführende Informationen, Anweisungen und Anleitungen (Veröffentlichungsversion 1.1)“. Europäische Kommission, Jänner 2021.
- Eisenmenger, Nina, und Barbara Plank. „Ressourcennutzung in Österreich 2020“. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2020.
- Europäische Kommission. DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/2486 DER KOMMISSION vom 27. Juni 2023, Pub. L. No. VO (EU) 2023/2486 (2023).
- Europäisches Parlament, und Europäischer Rat. Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien - EU-Abfallrahmenrichtlinie (2008).
- . Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088, Pub. L. No. VO (EU) 2020/852 (2022).

- Haberle, Heiko. „Wie groß ist die Wohnfläche von Mehrfamilienhäusern?“ *DABonline* | *Deutsches Architektenblatt* (blog), 2. Mai 2023. <https://www.dabonline.de/2023/05/02/wie-gross-was-gehört-zu-wohnflaeche-mehrfamilienhaeuser-wfl-bgf-nuf/>.
- Iordanopolous-Kisser, Monika, Jutta Kraus, Barbara Pippich, und Roland Starke. „Infobroschüre Bodenaushubmaterial“. Wien, November 2010.
- Kromoser, Benjamin, Mathias Hammerl, Marion Huber-Humer, und Stefan Salhofer. „Forschungsbericht zur explorativen Studie: Ein Zirkularitäts-Faktor für Wien“. Wien: Universität für Bodenkultur Wien, 2023.
- Madaster Germany GmbH. „Madaster Zirkularitätsindikator“, 2021. <https://docs.madaster.com/files/de/Madaster%20-%20Zirkularit%C3%A4tsindikator.pdf>.
- Österreichisches Institut für Bautechnik. OIB Grundlagendokument zur Ausarbeitung einer OIB-Richtlinie 7 Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen (2023).
- . OIB Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz (2019).
- . OIB-Richtlinie 4: Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit, OIB-330.4-026/23 § (2023).
- . OIB-Richtlinie 5: Schallschutz, OIB-330.5-004/23 § (2023).
- . OIB-Richtlinie: Begriffsbestimmungen, OIB-330-003/23 § (2023).
- Pech, Anton, Andreas Kolbitsch, Alfred Pauser, und Franz Zach. *Tragwerke*. Baukonstruktionen 2. Wien: Springer, 2007.
- Rosen, Anja. *Urban Mining Index: Entwicklung einer Systematik zur quantitativen Bewertung der Kreislaufkonsistenz von Baukonstruktionen in der Neubauplanung*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2021.