



# Circularity Score

Entwicklung einer  
Ex-ante-Methode zur Bewer-  
tung von Kreislaufschließung



2014

**EFRE.NRW**  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung



**RWTH AACHEN**  
UNIVERSITY

**ResScore**  
weil es um Ressourcen geht



FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences



Der vorliegende Bericht ist im Rahmen des folgenden Projektes erschienen:

### **Circularity Score**

Entwicklung einer Ex-ante-Methode zu Bewertung  
von Kreislaufschließung

#### KONSORTIUM

RWTH Aachen, Juniorprofessor Rezykliergerichtetes Bauen  
Prof. Dr. Linda Hildebrand, Kim Tran, Marlene Koßmann, Elias Kufeld, Mina Su

FH Münster, IWARU Institut für Infrastruktur, Wasser, Ressourcen und Umwelt  
Prof. Dr. Sabine Flamme, Dr. Franziska Struck, Ole Weber

ResScore GmbH  
Klaus Dosch, Christiane Kretschmer

Bergischer Abfallwirtschaftsverband  
Monika Lichtigthagen-Wirths  
Dr. Yvonne Hilgers

Gefördert durch  
Land Nordrhein-Westfalen unter Einsatz von Mitteln aus dem Europäischen Fond für  
regionale Entwicklung (EFRE) 2014-2020 – Investitionen in Wachstum und Beschäftigung

Bearbeitungszeitraum  
April 2022 - Juni 2023

## Summary

In order to protect resources and the climate, building products and materials must be reused. As a rule, processing a product from secondary materials generates fewer emissions than the conventional manufacture of a product from primary building materials. This is particularly favorable in the case of reuse. The IBU recently determined that products from reuse are included in the life cycle assessment with zero [1]. This can also be the case when using recycled materials, such as steel, aluminum or glass. Here, the use of secondary materials helps to reduce energy and emissions. In any case, the use of secondary materials can conserve raw materials and keep recyclable materials in use for longer. Planners must be enabled to understand the environmental impact during production, operation and after use. While methods and tools are already available for the first two, there are few methods for evaluating post-consumer use. The Circularity-Score therefore maps the potential at the end of the life cycle.

In order to understand which building materials are suitable for reuse, various parameters need to be examined. Based on a literature analysis and discussions with representatives from the field, the deconstruction, processing and reusability phases were identified as key categories for the assessment of reusability. The methodology of the Circularity-Score is applicable in the EU countries, whereby a transfer to other countries is quite feasible after prior adaptation. Here, the ‚status quo‘ scenario was mapped and qualitatively evaluated for various constructions. The shares of the various building materials in the overall assessment of a building component are determined quantitatively through the distribution of environmental impact. The higher the environmental indicator of the building product, the more relevant its subsequent use is in the assessment of the building component.

The examination of the intensive use of building fabric in existing and new buildings is initially motivated by ecological considerations, so that the focus of this project is on the corresponding indicators. The indicators Global Warming Potential (GWP) and Raw Material Input (RMI) were used for the calculations. For wood products, the values for global warming potential can be negative in life cycle phases A1-A3. In the present method, these negative values or credits are not included as automatically favorable, but were used as „carbon responsibility“. The aim is to keep carbon in the structures for as long as possible. The circularity score methodology was developed in a first step for the component level and transferred to the building level in a second step, with both aspects being addressed in this brochure.

The evaluation of the buildings in the Circularity-Score shows that the majority of the buildings examined currently achieve a medium result. This is currently close to reality, as genuine recycling of building materials of all kinds is hardly established. It should be mentioned that external brick walls in particular, but also a timber frame construction with wood fiber insulation, were rated particularly poorly. The Circularity-Score highlights the significant potential for reuse, particularly in these constructions.

## Zusammenfassung

Um Ressourcen und Klima zu schützen, müssen Bauprodukte und Baustoffe mehrfach genutzt werden. In der Regel erzeugt die Aufbereitung eines Produkts aus Sekundärmaterial weniger Emissionen als die zur konventionellen Herstellung eines Produkts aus Primärbaustoffen. Besonders günstig ist das im Fall von Wiederverwendung. Das IBU hat unlängst festgesetzt, dass Produkte aus der Wiederverwendung ökobilanziell mit Null in die Berechnung eingehen [1]. Auch beim Einsatz von Rezyklat kann das gegeben sein, wie z.B. bei Stahl, Aluminium oder Glas. Hier hilft der Einsatz von Sekundärmaterial Energie und Emissionen zu reduzieren. In jedem Fall können beim Einsatz von Sekundärmaterial Rohstoffe geschont und Wertstoffe länger in der Nutzung gehalten werden. Planende müssen in die Lage versetzt werden, die Umweltauswirkungen in der Herstellung, im Betrieb und nach der Nutzung zu verstehen. Während für die beiden erst genannten bereits Methoden und Werkzeuge zur Verfügung stehen, sind die Methoden zur Bewertung der Nachnutzung wenig vorhanden. Der Circularity-Score bildet daher das Potenzial am Lebenszyklusende ab.

Um zu verstehen welche Baustoffe sich gut für eine Nachnutzung eignen, müssen verschiedene Parameter untersucht werden. Basierend auf einer Literaturanalyse, sowie Gesprächen mit Vertretenden aus der Praxis wurden die Phasen Rückbau, Aufbereitung und Wiedereinsetzbarkeit als wesentliche Kategorien für die Bewertung der Nachnutzbarkeit herausgearbeitet. Die Methodik des Circularity Scores in den Ländern der EU anwendbar, wobei eine Übertragung für weitere Länder nach vorheriger Anpassung durchaus umsetzbar ist. Hier wurden für verschiedene Konstruktionen das Szenario 'Status quo' abgebildet und qualitativ bewertet. Die Anteile der verschiedenen Baustoffe an der Gesamtbewertung in einem Bauteil werden über die Verteilung der Umweltwirkung quantitativ ermittelt. Je höher der Umweltindikator des Bauprodukts, desto relevanter ist dessen Nachnutzung in der Bewertung des Bauteils.

Die Auseinandersetzung mit der intensiven Nutzung von Bausubstanz im Bestand und Neubau ist zunächst ökologisch motiviert, so dass der Fokus im vorliegenden Projekt auf den entsprechenden Indikatoren liegt. Es wurde mit Treibhauspotential (GWP) und dem Rohstoffindikator Raw Material Input (RMI) gerechnet. Für Holzprodukte können die Werte für Treibhausgaspotential in den Lebenszyklusphasen A1-A3 negativ sein. In der vorliegenden Methode werden diese negativen Werte oder Gutschriften nicht als automatisch günstig eingerechnet, sondern wurden als "Kohlenstoffverantwortung" eingesetzt. Ziel ist es, Kohlenstoff möglichst lange in den Konstruktionen zu halten. Die Circularity-Score Methodik wurde in einem ersten Schritt für die Bauteilebene entwickelt und in einem zweiten Schritt auf die Gebäudeebene übertragen, wobei auf beide Aspekte in der vorliegenden Broschüre eingegangen wird.

Die Evaluation der Gebäude des Circularity-Scores zeigt, dass derzeit die Mehrzahl der untersuchten Gebäude ein mittleres Ergebnis erzielen. Dies ist derzeit nahe an der Realität, da eine echte Kreislaufführung von Baustoffen aller Art kaum etabliert ist. Zu erwähnen ist, dass vor allem Außenwände aus Ziegel, aber auch ein Holzrahmenbau mit Holzfaserdämmung besonders schlecht bewertet wurden. Der Circularity-Score macht deutlich, dass vor allem bei diesen Konstruktionen ein enormes Nachnutzungspotential besteht.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Umweltpotentiale nach der Nutzung von Bausubstanz</b>	<b>8</b>
1.1	Motivation	8
1.2	Ziel	8
1.1	Anforderungen	9
<b>2.</b>	<b>Methode zur Bewertung der Nachnutzung - Bestandteile des Circularity Scores</b>	<b>11</b>
2.1	Vorgehensweise	11
2.2	Rückbau	11
2.2.1	Umweltwirkung von Rückbau	11
2.2.2	Bewertung von Rückbau	11
2.3	Aufbereitung	13
2.4	Wiedereinsetzbarkeit	16
2.5	Indikatoren und Gewichtung	17
<b>3.</b>	<b>Anwendung der Methodik auf exemplarische Bauteile</b>	<b>20</b>
3.1	Gründung, Unterbau	22
3.1.1	Plattenfundament, Stahlbeton mit Schaumglas	22
3.1.2	Plattenfundament, Stahlbeton mit Kies	23
3.1.3	Streifenfundament	24
3.2	Außenwände und vertikale Baukonstruktionen, außen	25
3.2.1	Kellerwand Stahlbeton mit XPS	25
3.2.2	Kellerwand Stahlbeton mit Außendämmung (Schaumglas)	26
3.2.3	Stahlbeton mit Außendämmung, verputzt	27
3.2.4	Rotziegel mit Außendämmung, verputzt	28
3.2.5	Kalksandstein mit Außendämmung, verputzt	29
3.2.6	Porenbeton, verputzt	30
3.2.7	Lochziegel, verputzt	31
3.2.8	Holzrahmenbau mit Holzfaserdämmung, verputzt	32
3.2.9	Stampflehmwand mit Innendämmung	33
3.2.10	Tragende Stampflehmwand	34
3.2.11	Massivholzwand, Klinker, gesteckt	35
3.2.12	Stahlbeton, Klinker, gesteckt	36
3.2.13	Stahlbeton mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade, Naturstein	37
3.2.14	Stahlbeton mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade, Faserzement	38
3.2.15	Stahlbeton mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade, Aluminiumverbundplatte	39
3.2.16	Stahlbeton mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade, Stülpschalung	40
3.2.17	Holzrahmenbau, Stülpschalung, verbesserte Version	41
3.2.18	Massivholzwand, Stülpschalung	42
3.2.19	Massivholzwand, mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade, Aluminium	43
3.2.20	Pfosten-Riegel-Fassade, Aluminium	44
3.2.21	Doppelschalige Stahlbetonwand, verputzt	45
3.2.22	Holzrahmenbau, verputzt	46

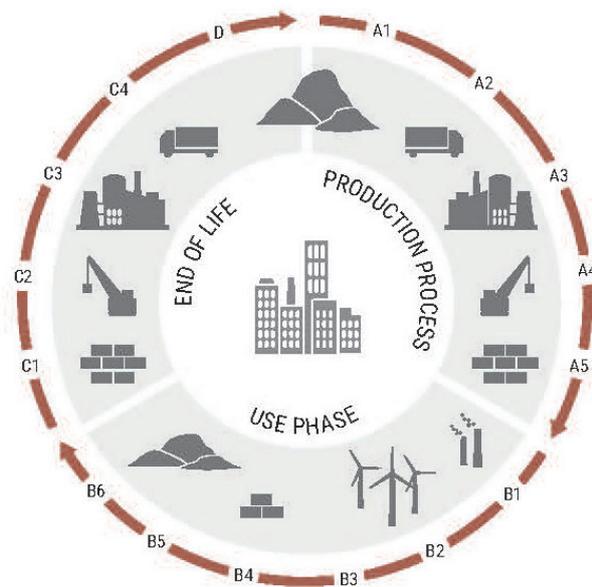
<b>3.3</b>	<b>Innenwände und vertikale Baukonstruktionen, innen</b>	<b>47</b>
3.3.1	Kalksandstein	47
3.3.2	Massivholzwand	48
3.3.3	Trockenbau, Holzständerwerk mit Lehmbauplatte	49
3.3.4	Trockenbau, Aluständerwerk mit Gipskartonplatte	50
3.3.5	Trockenbau, Aluständerwerk mit Glas	51
<b>3.4</b>	<b>Deckenkonstruktionen</b>	<b>52</b>
3.4.1	Flachdecke	52
3.4.2	Brettstapeldecke	53
3.4.3	Stahlverbundträger mit Fertigteildecke	54
3.4.4	Holzbalkendecke, Aufdachdämmung nicht belüftet	55
<b>3.5</b>	<b>Deckenbeläge</b>	<b>56</b>
3.5.1	Fußbodenaufbau Gussbodenbelag	56
3.5.2	Fußbodenaufbau Fliesenboden	57
3.5.3	Fußbodenaufbau Teppichboden	58
3.5.4	Fußbodenaufbau Linoleum	59
3.5.5	Fußbodenaufbau Laminat	60
3.5.6	Fußbodenaufbau Parkettboden	61
<b>3.6</b>	<b>Dächer</b>	<b>62</b>
3.6.1	Schrägdach, Holzkonstruktion mit Ziegel	63
3.6.2	Flachdach, Stahlbeton mit extensiver Begrünung	64
3.6.3	Flachdach, Stahlbeton mit Betonplatten, begehbar	65
<b>3.7</b>	<b>Fenster</b>	<b>65</b>
3.7.1	Fenster, Holz	65
3.7.1	Fenster, Kunststoff	66
3.7.2	Fenster, Aluminium	67
<b>3.8</b>	<b>Auswertung Bauteile</b>	<b>68</b>
<b>4.</b>	<b>Anwendung der Methodik auf die Gebäudeebene</b>	<b>70</b>
<b>5.</b>	<b>Fazit und Reflektion</b>	<b>72</b>
<b>6.</b>	<b>Anhang</b>	<b>74</b>
6.1.	Quellenverzeichnis	74
6.2.	Abbildungsverzeichnis	77
6.3.	Glossar	78
6.4.	Abkürzungsverzeichnis	79

# 1. Umweltpotentiale nach der Nutzung von Bausubstanz

## 1.1 Motivation

Um Ressourcen und Klima zu schützen, müssen Bauprodukte und Baustoffe mehrfach genutzt werden. In der Regel kommt ein Produkt aus Sekundärmaterial im Vergleich zu einer konventionellen Herstellung mit weniger Emissionen für die Aufbereitung aus. In jedem Fall können Ressourcen geschont und Wertstoffe länger in der Nutzung gehalten werden. Planende müssen in die Lage versetzt werden, die Umweltauswirkungen in der Herstellung, im Betrieb und nach der Nutzung zu verstehen und diese Informationen als Entscheidungsgrundlage in die Planung von neuen Gebäuden, sowie bei der Beurteilung von Bestand zu Grunde zu legen.

Während für die Herstellung und den Betrieb von Gebäuden bereits verschiedene Methoden und Werkzeuge zur Verfügung stehen, sind die Methoden zur Bewertung der Nachnutzung wenig vorhanden. Der Circularity-Score bildet daher das Potenzial am Lebenszyklusende ab.



- |                         |                           |                                |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| A1 Raw material supply  | B1 Use                    | C1 Deconstruction   Demolition |
| A2 Transport            | B2 Maintenance            | C2 Transport                   |
| A3 Manufacturing        | B3 Repair                 | C3 Waste processing            |
| A4 Transport            | B4 Replacement            | C4 Disposal                    |
| A5 Construction process | B5 Refurbishment          | D Reuse   Recycling potential  |
|                         | B6 Operational energy use |                                |
|                         | B7 Operational water use  |                                |

Abb.01: Lebenszyklusphasen eines Gebäudes

## 1.2 Ziel

Der Circularity Score wurde entwickelt, um Planende und Entscheidende im Bauwesen in die Lage zu versetzen, verschiedene Varianten des Lebenszyklusende von Bauteilen und Gebäuden zu verstehen und zu bewerten. Die komplexen Informationen, die der Einschätzung zu Grunde liegen, sollen transparent dargestellt und pragmatisch zusammengefasst werden, um eine sinnvolle Bewertung für eine bestimmte Situation beim (Rück-)Bau, der Aufbereitung und dem Wiedereinsatz zu geben.

Ein weiteres Ziel des Projekts besteht darin aufzuzeigen, wie gut bzw.

schlecht nach aktuellem Stand der Technik Baukonstruktionen rückgebaut, wiederaufbereitet und wiedereingesetzt werden können. Ein hoher Score gibt dabei an, dass die technischen Möglichkeiten für Rückbau, Aufbereitung und Wiedereinsetzbarkeit eines möglichst hohen Teils der Baukonstruktion bzw. des Gebäudes gegeben sind. Ein tendenziell niedriger Score verweist hingegen auf das bislang unausgeschöpfte Potential die entsprechende Baukonstruktion zukünftig besser im Kreislauf zu führen. Möglich wird dies durch entsprechende Verbesserungen in technischer, legislativer und baukonstruktiver Hinsicht.

Der Circularity-Score ist dafür konzipiert sowohl in der Planungsphase angewendet zu werden als auch den heutigen Bestand zu bewerten. Bei heutigen Planungsphasen (und Rückbau in der Zukunft) besteht die Herausforderung technische Entwicklungen für den Rückbau und die Aufbereitung mitzudenken. Beim Bestand kann der aktuelle Stand der Technik zu Grunde gelegt werden.

### 1.3 Anforderungen

Aus der Literatur sind verschiedene Methoden bekannt, die sich mit den Anwendungsmöglichkeiten nach einer ersten Nutzungsphase beschäftigen. Sie unterscheiden sich in der Form der Eingabe, den betrachteten Maßstabsebenen, den betrachteten Lebenszyklusphasen und im Ergebnis (Abb. 02). Viele der Methoden fokussieren die Materialebene oder Bauteilebene und skalieren diese Informationen hoch auf das Gebäude. Dem liegt die Annahme zu Grunde, dass die Fügungsart Rückschlüsse auf die Trennbarkeit zulässt. Während das für z.B. rein metallische Verbindungen oder auch mineralische Konstruktionen zutreffen kann, zeigen Beispiele wie eine verschraubte Gipskartonplatte oder eine Schraube im Holzträger, dass diese zwar von ihrer Technologie lösbar sind, aber im spezifischen Bauteil der Aufwand für den Rückbau über das Heraus-schrauben hinaus geht. (Die Schrauben müssten zunächst gefunden, dann von Putz befreit und dann mit Geschick heraus gelöst werden). Die RB Methode zeigte erste Ansätze dazu, wie in Hildebrand et al. (2018) dargestellt wurde [2]. Der Urban Mining Index bezieht den Aufwand für den Rückbau über Arbeitskraft und genutzte Maschinen mit ein [3].

Während (der Aufwand für) Rückbau und Wiedereinsetzbarkeit in den meisten Methoden meist unterschiedlicher Intensität eine Rolle spielen, ist die Aufbereitung bisher nicht berücksichtigt. Die Wiedereinsetzbarkeit wird in der Regel in Wiederverwendung, Recycling (hochwertig und konventionell) und energetische Verwertung (Verbrennung) kategorisiert. Ob ein Prozess nur im Labor funktioniert oder ob eine flächendeckende Infrastruktur mit maschinellen Anlagen für die Aufbereitung verfügbar sind und bereits eingesetzt werden, wird dabei nicht unterschieden.

Die Indikatoren beziehen sich (mit Ausnahme der RB Methode) alle auf Masse oder Volumen. Eine Priorisierung nach ökologischen Kriterien wird nicht vorgenommen. Damit wird in den Vordergrund gestellt, ob Material wieder genutzt wird, der Nutzen für die Umwelt bleibt unberücksichtigt. In der RB-Methode wird Treibhauspotential als Grundlage zur Gewichtung genommen, woraus sich eine Sondersituation für Holz ergibt [2]. Es entstehen komplexe Berechnungen in der Gewichtung, weil die für Holzwerkstoffe angesetzten Werte in der Regel negativ sind. Nutzt man die Methode für eine Priorisierung von Bauprodukten, ergibt es sich, dass im Vergleich von Aluminium und Holz zunächst das Aluminium wiedergenutzt werden soll, da dadurch die Herstellung von Primäraluminium reduziert wird. Es ist jedoch auch so, dass der gebundene Kohlenstoff im Holz durch eine Verrottung oder Verbrennung austritt und somit die Fra-

ge entsteht, welcher Nutzen größer ist – die nicht aufgewendeten Emissionen zum Abbau von Primärprodukten oder die fortgesetzte Bindung von Treibhausgasen. Eine Methode, die diese Abhängigkeiten abbildet, ist bisher nicht bekannt.

Ein Beispiel für die Bewertung des ersten Nutzungszyklus im Bezug auf Rohstoffe ist der Climate Score der ResScore GmbH. Hier wird auf Indikatorensets außerhalb der CML Methode zurückgegriffen, um Umweltwirkungen im Bezug auf Rohstoffe darzustellen.

Zusammenfassend entstehen daraus folgende Anforderungen für den Circularity Score:

- Berücksichtigung Rückbau, Aufbereitung und Wiedereinsetzbarkeit
- Differenzierung der Wiedereinsetzbarkeit
- Einbeziehung von Umweltindikatoren (Treibhausgasemissionen und Rohstoffanspruchnahme)
- Offenheit für sich entwickelnden technischen Fortschritt für Rückbau und Aufbereitung

STUDIE	EINGABE		BETRACHTETE PHASEN			ERGEBNIS		
	Eingabeformat	Maßstabsebene	Rückbau	Aufbereitung	Wiedereinsetzbarkeit	Masse/Volumen	Ökologisch	Ökonomisch
<b>Circularity Score</b> RWTH Aachen, FH Münster, ResScore GmbH, Bergischer Abfallwirtschaftsverband	tabellarisch	Gebäudeebene Bauteilebene Materialebene	ja	ja	ja	Masse	gewichtet nach GWP und RMI relativ	/
<b>UMI Urban Mining Index</b> Bergische Universität Wuppertal	tabellarisch	Gebäudeebene Bauteilebene Materialebene	ja	nein	nein	Masse	GWP	Verwertungskosten/-erlöse
<b>DGNB Tec 1.6</b> DGNB	tabellarisch	Gebäudeebene Bauteilebene Materialebene	ja	nein	ja	Masse	/* *An anderer Stelle im Bewertungssystem	/
<b>BNB 4.1.4</b> BMDV und DGNB	tabellarisch	Gebäudeebene Bauteilebene	ja	nein	ja	Masse	/* *An anderer Stelle im Bewertungssystem	/
<b>Ressourceneffizienzindex für Baukonstruktionen (REL_Bau)</b> Franziska Struck, FH Münster, IWARU	tabellarisch	Bauteilebene	ja	ja	ja	Masse/ Volumen	Primärenergie PE, GWP, AP (Versäuerung), Eutrophierung EP, Rohstoffverbrauch	/
<b>RB-Methode</b> RWTH Aachen	tabellarisch BIM	Bauteilebene Materialebene	ja	ja	nein	Masse	GWP	/
<b>Madaster Circularity Indicator</b> Madaster Foundation	tabellarisch BIM	Gebäudeebene	ja	ja	nein	Masse	GWP	Materialrestwert
<b>IBO Entsorgungskindikator EI10</b> IBO Verein und GmbH	tabellarisch	Materialebene	nein	ja	ja	Volumen	/	/
<b>CB'23</b> Plattform CB'23	tabellarisch	Gebäudeebene Bauteilebene Materialebene	nein	nein	nein	Masse	Emissionen in Boden, Luft und Wasser Toxikologie	Werterhalt (noch nicht vollständig entwickelt)
<b>Circularity Data Sheet</b> Ministerium für Wirtschaft Luxembourg	tabellarisch	Produktebene	nein	nein	nein	Masse	/	/
<b>Leitfaden Urban Mining</b> Prof. Dr. Frank U. Vogdt, TU Berlin	tabellarisch	Bauteilebene Materialebene	ja	ja	nein	Masse/ Volumen	GWP, PENRT	Herstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungskosten
<b>Recycling-Graph</b> Dirk Schwede und Daniela Störl	BIM	Bauteilebene Materialebene	ja	nein	nein	Masse	PENRT	/
<b>Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung</b> Christoph Motzko et al.	tabellarisch	Gebäudeebene Bauteilebene Materialebene	ja	nein	nein	Volumen	GWP	Rückbaukosten

Abb.02: Bewertungsmethoden unterschiedlicher Studien im Vergleich mit dem Circularity Score

## 2. Methode zur Bewertung der Nachnutzung Bestandteile des Circularity Scores

### 2.1 Vorgehensweise

Um zu verstehen, welche Baustoffe sich gut für eine Nachnutzung eignen, müssen verschiedene Parameter untersucht werden. Basierend auf einer Literaturanalyse, sowie Gesprächen mit Vertretenden aus der Praxis wurden die Phasen Rückbau, Aufbereitung und Wiedereinsetzbarkeit als ausschlaggebend für die Bewertung der Nachnutzbarkeit herausgearbeitet. Hier wurden für Konstruktionen das Szenario 'Status Quo' abgebildet und qualitativ bewertet. Die Anteile der verschiedenen Bauprodukte an der Gesamtbewertung in einem Bauteil werden über die Verteilung der Umweltwirkung quantitativ ermittelt. Je höher der Umweltindikator des Bauprodukts, desto relevanter ist dessen Nachnutzung in der Bewertung des Bauteils.

### 2.2 Rückbau

#### 2.2.1 Umweltwirkung von Rückbau

Um die Ressourcen, die in einem Gebäude gebunden sind für eine weitere Nutzung zu erschließen, müssen sie aus ihrem gebauten Kontext genommen und zerlegt werden. Abhängig von der Materialität, der Konstruktion und der Gebäudetypologie, sind verschiedene Nachnutzungsszenarien möglich. Aus ökologischer Sicht ist, wie unter anderem im Kreislaufwirtschaftsgesetz dokumentiert, eine größtmögliche Nutzung sinnvoll, woraus sich die Hierarchie Wiederverwendung von Produkten vor Verwertung ergibt, die in der Wiedereinsetzbarkeit (Kapitel 2.4) weiter detailliert wird [4].

Diese Faktoren wirken auf den Aufwand für den Rückbau ein. Ist ein Gebäude niedrig, leicht zu erschließen und sind die Bauteilschichten leicht, also in kurzer Zeit mit Maschinen, die nur wenig Leistung haben, zu lösen ist ein Rückbau aus ökologischer (und in der Regel auch ökonomischer Sicht) sinnvoll. Sind die Bauteilschichten fest miteinander verbunden, ist es zwar möglich diese zu trennen, der Aufwand ist jedoch höher. Um die ökologische Qualität von Rückbau zu bewerten, werden Rückbauprozesse mit Zeitwerten erfasst. Die Umweltwirkung entsteht im Wesentlichen durch die Leistung und Laufzeit der Maschinen. Dadurch kann die Energie (i.d.R. aus Strom oder Diesel) eingeschätzt und kategorisiert werden.

Verliert ein Gebäude seine Funktion, wird es aktuell in der Regel zerstörend abgebrochen. Typischerweise werden Metalle separiert und einer Verwertung zugeführt [5]. In Abgrenzung dazu zielt der selektive Rückbau darauf ab, Bauprodukte entweder nicht zerstörend zu lösen oder Baustoffe sortenrein aus der Konstruktion zu entnehmen. Der Aufwand für einen Rückbau ist deutlich höher als beim zerstörenden Abriss. Er dauert länger, benötigt eine intensivere Baustelleneinrichtung (für Sicherheitsmaßnahmen z.B. Einrüstung), wodurch höhere Kosten ausgelöst werden [6]. Das frei werdende Produkt oder Material muss einen höheren finanziellen Wert haben, als die Kosten für den Rückbau und die Entsorgung, damit ein ökonomisches Interesse entsteht.

#### 2.2.2 Bewertung von Rückbau

Es gibt wenige Gebäude, die bisher vollständig dekonstruiert wurden. Modulare Industriehallen oder Messestände sind Beispiele dafür. Teildekonstruktionen sind bei der Sanierung bekannt, bei denen die Fassade

vom Tragwerk gelöst, entweder aufgearbeitet oder ausgetauscht wurde. Wegen der geringen Anzahl an Projekten und den individuellen Gegebenheiten von Baustellen, kann ein eindeutig standardisierter Rückbauprozess nicht benannt werden. Um zu bewerten, wie hoch der (ökologische) Aufwand für den Rückbau eines Bauteils ist, sind die Prozesse mit ihrer Dauer und dem Einsatz der Maschinen entscheidend. Es sind verschiedene Szenarien denkbar; von dem aktuellen Stand der Technik bis hin zu hochautomatisiertem Rückbau, bei dem Erkennungssysteme und Maschinen von Robotern unterstützt werden. In einer Studie von Hildebrand et al. wurde deutlich, dass bei aktuellem Energiemix der (ökologische) Aufwand für den automatisierten Rückbau deutlich höher ist als die Herstellung neuer Produkte [2]. Im vorliegenden Projekt wurde zu Gunsten der Datenverfügbarkeit ein heutiges Rückbauszenario nach aktuellem Stand der Technik zu Grunde gelegt. Um eine qualitative Beurteilung zu ermöglichen (und der kurzen Projektlaufzeit gerecht zu werden), wurden die in den folgenden genannten Studien ausgewertet und gruppiert (Abb.03), um auf Grundlage dessen eine Bewertung in fünf Kategorien (siehe Bewertungsschema Rückbau) vorzunehmen (in Abgrenzung zur ökobilanziellen / quantitativen Bewertung von Rückbau).

Die folgenden Studien wurden dabei zu Grunde gelegt:

- Eigene Studien zum Rückbau von Ziegelwänden, WDVS [7]
- Graubner [8]
- Urban Mining Index [3]

Basierend auf den Veröffentlichungen wurden verschiedene Bewertungen vorgenommen, die sich auf die Werkzeuge, die zur Demontage benötigt werden, beziehen. Die Bearbeitungszeit ist aus Gründen der Vereinfachung hier nicht genau berücksichtigt. Die jeweiligen Maschinenleistungen werden den entsprechenden Herstellerangaben entnommen. Die Einteilung und Wertung der ökologischen Qualität lässt sich dem folgenden Schema entnehmen.

Rückbau	Punkte
Manuell ohne elektronische Hilfsgeräte	100
Manuelle Geräte, <1kW, z.B. Meißel, Bohrhammer, Bohrmaschine Akkuschauber, Elektroschaber	80
kleine Geräte mit geringer Beanspruchung, <2kW, z.B. Winkelschleifer zum Durchtrennen einfacher Materialien, Meißelhammer, Putzfräse, Elektrohammer	60
kleine Geräte mit hoher Beanspruchung, <5kW, z.B. Winkelschleifer zum Durchtrennen starker Materialien	40
große Geräte, >5kW, z.B. Abrissbagger	20

Abb.03: Bewertungsschema Rückbau

Je weniger Geräte genutzt werden, desto günstiger ist der Rückbau. Die Kategorien für den Rückbau werden qualitativ über Punkte bewertet. Die Bewertung erfolgt in prozentualer Abstufung, wobei 100 Punkte den relativ minimalen Rückbauaufwand und 20 Punkte den maximalen Rückbauaufwand indizieren. Die Bepunktung fließt später in das Gesamtbewertungssystem ein.

Die Zuordnung der Kategorien wurden im Konsortium in Abgleich mit den Literaturrecherchen, sowie Erfahrungen aus eigenen Rückbauprojekten vorgenommen.

Die einzelnen Schichten des Bauteils werden in Fraktionen unterteilt, und zwar entsprechend der Art und Weise, wie die Schichten jeweils rückgebaut werden (Abb.04). Eine Fraktion kann entweder als sogenannte sortenreine "Monofraktion" bestehen oder als "Mischfraktion". Ein Beispiel: Eine verputzte Außenwand aus Stahlbeton mit Wärmedämmverbundsystem wird in drei Rückbaufractionen unterteilt:

- Eine Monofraktion bestehend aus Bewehrungsstahl
- Mischfraktion 1 bestehend aus Beton sowie dem Innenputz
- Mischfraktion 2 bestehend aus den Materialien des Wärmedämmverbundsystems sowie des Außenputzes

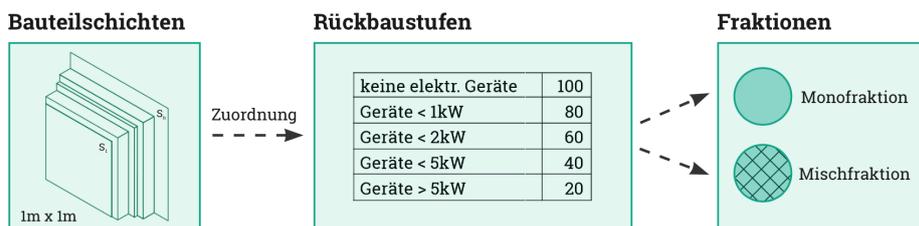


Abb.04: Fraktionseinteilung Rückbau

### 2.3 Aufbereitung

Die Bewertung der Kategorie 'Aufbereitung' ist von drei Faktoren abhängig. Dabei ist relevant, was für ein Verfahren es zum aktuellen Stand gibt, wie oft es genutzt wird und wie sortenrein das Inputmaterial ist. Für den Circularity Score wurden dazu sieben Bewertungsstufen entwickelt, welche in Abb.05 aufgelistet sind. Dabei wurden die Stufen der Abfallhierarchie des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) berücksichtigt und verfeinert. Demnach erfährt die Vorbereitung zur Wiederverwendung die höchste Bewertung. Innerhalb der dritten Stufe "Recycling" findet eine detaillierte Bewertung anhand der Sortenreinheit des Materials, der Quantität des Verwertungsverfahrens mit dem Material, sowie der bestehenden Infrastruktur und die Annahmebedingungen des Materials statt. Die Stufen sonstige Verwertung, energetische Verwertung, Verfüllung und Beseitigung werden zu einer Bewertungsstufe im Circularity Score zusammengefasst. Die Einordnung ergibt sich dabei aus den beim Rückbau gewonnenen Fraktionen. Sortenreine Fraktionen schneiden besser ab als Mischfraktionen. Wird eine Monofraktion überwiegend stofflich verwertet, ist das besser zu bewerten als eine Mischfraktion, die auf dem gleichen Niveau verwertet wird. Zudem ist es relevant, ob das Material überwiegend oder nicht überwiegend stofflich verwertet wird. Eine nicht vorhandene Infrastruktur, sowie die reine technische Möglichkeit eines Recyclings wird anerkannt, schneidet aber mit der geringsten Punktzahl ab, da es in der aktuellen Rückbau- und Entsorgungspraxis nicht zur Anwendung kommt. Dadurch werden technische Innovationen anerkannt und die Wahrscheinlichkeit eines Recyclings wird berücksichtigt.

Die Aufbereitung von Bauabfällen dient der Erzeugung eines Recyclingbaustoffes mit definierten Eigenschaften [9]. Das Verfahren der Aufbereitung ist dabei ein entscheidender Faktor für die Kreislauffähigkeit bzw. die spätere Wiedereinsetzbarkeit eines Sekundärrohstoffes. Deshalb werden die Aufbereitungsverfahren mit einer eigenen Kategorie, neben den beiden anderen Kategorien Rückbau und Wiedereinsetzbarkeit, berücksichtigt.

Aufbereitung	Punkte
...es ist nur eine Vorbereitung zur Wiederverwendung nötig.	100
...kann als Monofraktion verwertet werden (Stand der Technik). Die Fraktion wird überwiegend stofflich verwertet/recycelt.	80
...kann als Mischfraktion aufbereitet und verwertet werden (Stand der Technik). Die Fraktion wird überwiegend stofflich verwertet/recycelt.	70
...kann als Monofraktion verwertet werden. Die Fraktion wird nicht überwiegend stofflich verwertet/recycelt.	50
...kann als Mischfraktion aufbereitet recycelt werden. Die Fraktion wird nicht überwiegend stofflich verwertet/recycelt.	40
...kann als Monofraktion stofflich verwertet/recycelt werden, es besteht jedoch keine Infrastruktur und keine Annahmebedingungen.	20
...kann als Mischfraktion aufbereitet und stofflich verwertet/recycelt werden, es besteht jedoch keine Infrastruktur und keine Annahmebedingungen.	10
es wird zurzeit kein technisches Recyclingverfahren angewendet und es wird z.B. verbrannt, vergoren oder deponiert.	0

Abb.05: Bewertungsschema Aufbereitung

Im Baubereich fällt ein großer Teil (220,6 Mio. t) an mineralischen Abfällen an. Die Materialgruppe wird durch Beton- und Mauerwerksbruch dominiert [10]. Demgemäß sind viele Aufbereitungsanlagen auf mineralische Stoffströme ausgelegt und es werden dazu verschiedene mechanische Aggregate eingesetzt [11]. Innerhalb eines mineralischen Stoffgemisches dürfen spezielle Materialgruppen wie beispielsweise Gips, Kalksandstein und Porenbeton auf Grund umwelt- und bautechnischer Regelungen nur begrenzt enthalten sein [10]. Treten diese Materialien hingegen in sortenreiner Form auf, ist eine separate Aufbereitung technisch möglich. Teilweise bestehen spezialisierte Anlagen für diese Stoffströme, allerdings sind diese nicht flächendeckend etabliert, sodass eine separate Aufbereitung und Verwertung in der Regel nicht überwiegend erfolgt [9].

Weitere anfallende Materialarten sind Dämmstoffe auf mineralischer, petrochemischer und nachwachsender Basis. Diese müssen entweder getrennt gesammelt oder in einer Aufbereitung separiert werden. Spezielle Aufbereitungsanlagen für Dämmstoffe sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht flächendeckend vorhanden [10]. Sie fallen daher als Fremdstoffe an und werden in der jetzigen Praxis energetisch verwertet oder deponiert. Erste Ansätze für Rücknahmesysteme von mineralischen Dämmstoffen [12], sowie Pilotanlagen für petrochemische Dämmstoffe [13], zeigen potenzielle und zukünftige Aufbereitungswege dieser Materialien. Entscheidend für die reine stoffliche Verwertung ist ebenfalls die Sortenreinheit der Materialien. Für Dämmstoffe mit Verunreinigungen wie beispielsweise Bitumen- oder Putzanhaftungen könnte eine energetisch-stoffliche Verwertung in Aussicht stehen. Hierzu gibt es vereinzelte Pilotversuche, welche sich in Zukunft etablieren könnten [14]. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen haben nach Schätzungen einen Anteil von 9 % am Markt [15]. Zwar wächst der Absatz dieser Dämmstoffe, aber es lassen

sich aktuell noch keine ausreichenden Mengen für eine materialspezifische Aufbereitung generieren [10]. Eine Verwertung in einer Kompostieranlage ist aufgrund der Zusatzstoffe und des Ligningehalts nur schwer umsetzbar [16]. Als möglicher zukünftiger Verwertungsweg ist ein Recycling der Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen denkbar [17]. Hier müssen ausreichende Mengen vorliegen, sowie die Qualitätsanforderungen definiert und eingehalten werden.

Die im Bauschutt enthaltenen Kunststoffe werden als Fremdstoff aus dem Hauptstrom entfernt. Aufgrund der Menge und Qualität findet aktuell keine weitere stoffliche Aufbereitung dieser Kunststoffe statt, sodass diese direkt der energetischen Verwertung zugeführt werden [10]. Für sortenrein erfasste Kunststoffe wie Bodenbeläge, Fenster- und Türprofile bestehen teilweise Rücknahmesysteme, sodass diese einer stofflichen Verwertung zugeführt werden können [18].

Die jährlich anfallende Menge an Flachglas wird auf 0,25 Mio. t geschätzt [19]. Die gezielte Aufbereitung dieses Stoffstroms bedarf einer Sammelinfrastruktur. Flachglas, welches im Zuge des Rückbaus im Bauschutt verbleibt, wird nicht gezielt von diesem Stoffstrom getrennt. Die Aufbereitung erfolgt in diesem Fall mit dem im Bauschutt vorhandenen mineralischen Anteilen. Bei einer separaten Erfassung werden durch mechanische und optische Aufbereitungsverfahren Fremdstoffe entfernt und Rezyklate unterschiedlicher Qualität erzeugt [20]. Das Rezyklat gelangt dabei, je nach Qualität des Inputmaterials, entweder erneut in die Flachglasherstellung (11 %), in die Herstellung von Behälterglas (50 %), oder in andere Bereiche, wie bspw. die Herstellung von Mineralwolle, Glasperlen oder -mehl [20]. Für die Verwertung im Bereich von Flach- oder Behältergläsern ist eine hohe Sortenreinheit von Bedeutung, da kleinste Verunreinigungen zu Qualitätsverlusten führen [21].

Gipsanteile in Gemischen aus mineralischen Bau- und Abbruchabfällen sind auf Grund umwelt- und bautechnischen Regelungen stark limitiert. In den Aufbereitungsprozessen verbleibt die Gipsfraktion meist im Feinkornanteil [9]. Reine Gipsprodukte werden trotz dieser Restriktionen noch nicht ausreichend getrennt gesammelt [22].

Im Bereich der Altholzverwertung stehen sich die stoffliche und energetische Verwertung gegenüber. Entscheidend für die rechtliche Einordnung sind die Altholzkategorien I bis IV nach der geltenden Altholzverordnung. Die stoffliche Verwertung findet derzeit primär in der Spanplattenindustrie statt [10]. Hauptverwertungsweg bleibt, auf Grund des fehlenden Vorrangs der stofflichen Verwertung, aber auch der begrenzten Kapazitäten für diese und der bestehenden Infrastruktur von Altholzkraftwerken, die energetische Verwertung [11]. Die wichtigsten Schritte in der Altholzaufbereitung sind die: [23]

- Annahmekontrolle
- Sortierung nach Altholzkategorie
- Fremdstoffsartierung
- Zerkleinerung
- Klassierung
- Qualitätssicherung

Vereinzelt bestehen Ansätze Altholz zur Wiederverwendung vorzubereiten [24]. Diese sind aber noch nicht flächendeckend etabliert und finden bisher nur bei Pilotprojekten statt.

Aufgrund der Werthaltigkeit und physikalischen Eigenschaften werden

Metalle standardmäßig aus Bau- und Abbruchabfällen sortiert, sofern diese auf der Baustelle nicht bereits getrennt erfasst wurden [9]. Nach dem Aussortieren aus dem Bauschutt und/ oder der getrennten Sammlung, wird die Metallfraktion einer spezialisierten Aufbereitungsanlage zugeführt, sodass die Fraktion von Verunreinigungen befreit und in die einzelnen Metallsorten separiert wird [25]. Dadurch erfolgt eine hochwertige Verwertung des Stoffstroms. Die Anforderungen an Baustahl sind in Bezug auf Legierungen gering, weshalb die Hürden für einen geschlossenen Kreislauf für dieses Produkt gering sind. Bei anderen Metallen haben sich aufgrund von Speziallegierungen zum Teil gezielte Rücknahmesysteme für spezifische Produktgruppen entwickelt, sodass die Prozesse mit geringerem Aufwand durchgeführt und Kreisläufe besser geschlossen werden können [26].

## 2.4 Wiedereinsetzbarkeit

In der Praxis bestimmen gesetzliche Regelungen, die Qualität und wirtschaftliche Faktoren die Wiedereinsetzbarkeit des rückgebauten und rezyklierten Materials. Grundsätzlich können je nach Gegebenheit mehrere Einordnungen zutreffen. Die Einstufung erfolgte nach Literaturrecherche oder Interviews mit Stakeholdern.

Die Wiedereinsetzbarkeit stellt die am stärksten gewichtete Kategorie im Circularity Score dar, da dies der finale und entscheidende Schritt in der Kreislaufschließung bzw. zirkulären Wertschöpfung ist. Bewertet werden die aufbereiteten Fraktionen in sechs Stufen. Die volle Punktzahl wird bei einer Wiederverwendung auf Produktebene erreicht. Dies stellt das höchste Ziel im KrWG dar und erzielt den höchsten ökologischen Wert. Erste Ansätze, unter anderem für Doppelböden [27] oder Klinkerfassaden [28] bestehen dazu bereits in der Praxis, sind aber mit logistischen und rechtlichen Herausforderungen verbunden. Die nächste Abstufung wird erreicht, wenn das Recyclingprodukt Primärmaterial für das ursprüngliche Produkt komplett, bzw. im nächsten Schritt teilweise ersetzt. So wird Recycling Stahl komplett im ursprünglichen Produkt wieder eingesetzt [25], wohingegen Rezyklate aus Kunststofffenstern nur teilweise im ursprünglichen Produkt eingesetzt werden [10]. In den weiteren Stufen wird bewertet, wenn ein rezykliertes Material ein Primärmaterial für ein anderes Produkt komplett bzw. teilweise ersetzen kann. Beispiel hierfür ist Altholz, welches vollständig in einer Spanplatte eingesetzt werden kann oder RC-Gesteinskörnung, welche im Straßenbau eingesetzt wird. Keine Punkte, und damit die letzte Stufe wird erreicht, wenn das Material verloren geht und nicht mehr weiter genutzt werden kann, weil es bspw. verbrannt oder deponiert wird.

Für mineralische Werkstoffe bildet die neu eingeführte Ersatzbaustoffverordnung die Grundlage der Einsatzszenarien des Sekundärmaterials im Tiefbau [30]. Das Ende der Abfalleigenschaft von Sekundärrohstoffen ist in der Verordnung nicht geregelt worden, wäre aber dringend für die Steigerung der Akzeptanz notwendig [31]. Gegebenenfalls könnte durch das Ende der Abfalleigenschaft eine Signalwirkung für andere Stoffströme erreicht werden.

Gesondert zu erwähnen sind Gipsbaustoffe, welche auf Grund der gesetzlichen Lage und der Annahmekriterien von anderen Bauabfallströmen getrennt aufbereitet und verwertet werden [10]. Technisch lässt sich Gips mehrfach recyceln, jedoch fehlt die breite praktische Anwendung der Technologie. Statistisch werden zwar 59,6 % der Gipsabfälle verwertet [3], jedoch handelt es sich hierbei zum Großteil um die Abdeckung von innerdeutschen Bergbauhalden oder um die Sanierung von uranhaltigen

Schlammteichen [22].

Ergänzend werden Normen bei weiteren Verwertungen, wie beispielsweise als RC-Gesteinskörnung im Beton, herangezogen [32]. Weitere Verwertungswege für mineralische Werkstoffe bestehen vor allem dann, wenn diese in ausreichender Menge, Sortenreinheit und Qualität vorliegen [33].

Die Wiederverwendung von Bauteilen oder Produkten findet aktuell vermehrt in Pilotprojekten statt [34]. Ausgewählte Hersteller bieten bereits Rücknahmesysteme für ihre Produkte an [27; 35]. Auch hier sind rechtliche Regelung bzgl. der Haftung, aber auch technische Verfahren für den zerstörungsfreien Ausbau und für die Bauteilprüfung zu definieren [25].

Wiedereinsetzbarkeit	Punkte
Wiederverwendung auf Produktebene.	100
Das resultierende Recyclingprodukt wird genutzt, um Primärmaterial für das ursprüngliche Produkt komplett zu ersetzen.	80
Das resultierende Recyclingprodukt wird genutzt, um Primärmaterial für das ursprüngliche Produkt teilweise zu ersetzen.	60
Das resultierende Recyclingprodukt wird genutzt, um Primärmaterial für ein anderes Produkt komplett zu ersetzen.	40
Das resultierende Recyclingprodukt wird genutzt, um Primärmaterial für ein anderes Produkt teilweise zu ersetzen.	20
Das Material geht verloren und kann nicht weiter genutzt werden.	0

Abb.06: Bewertungsschema Wiedereinsetzbarkeit

## 2.5 Indikatoren und Gewichtung

Eine zirkuläre Wirtschaft bei Stoffen oder Produkten ist zielführend, wenn damit positive Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen oder die Ressourceninanspruchnahme erzielt werden können. Bewertungs- oder Messmethoden, die rein auf der Masse der im Kreis geführten Stoffe beruhen, vernachlässigen diesen Zusammenhang. Denn die Masse oder der Prozentsatz rezyklierter Rohstoffe in einem Produkt geben keine Aussage darüber, ob damit eine Reduktion der Treibhausgasemissionen oder der Ressourceninanspruchnahme verbunden sind. Aus diesem Grund wurde im CS weder eine Gewichtung verschiedener Umweltindikatoren noch eine Bewertung nach Masse verfolgt.

Die Auseinandersetzung mit der intensiven Nutzung von Bausubstanz im Bestand und Neubau ist im vorliegenden Projekt ökologisch motiviert, so dass der Fokus der Gewichtung auf den beiden Indikatoren Treibhauspotential (GWP) und dem Stoffstromindikator Raw Material Input (RMI) liegt.

Um den Circularity-Score zu berechnen, wird in einem ersten Schritt der Anteil an den Indikatoren, den die jeweiligen Fraktionen haben, ermittelt. Dies geschieht mit Hilfe von Hintergrunddatenbanken. In einem zweiten Schritt wird der Wert des Anteils mit der jeweiligen Kategorie Rückbau,

Aufbereitung und Wiedereinsetzbarkeit (Erläuterung in Kapitel 2.4) verrechnet und es ergibt sich eine Punktzahl. Diese kategoriespezifische Punktzahl wird in einem dritten Schritt gewichtet. Dabei fließen die Kategorien Rückbau und Aufbereitung zu jeweils 25 Prozent und die Kategorie Wiedereinsetzbarkeit zu 50 Prozent in die Bewertung mit ein. Aus der Summe der gewichteten, kategoriespezifischen Punktzahlen ergibt sich die Gesamtpunktzahl - der Circularity-Score des jeweiligen Bauteils.

Für jedes Bauteil existiert je ein Score mit Gewichtung nach GWP und ein Score mit Gewichtung nach RMI. Diese Bauteil-Scores drücken sich in Punktzahlen von 0 bis 100 aus. Je höher die Punktzahl, desto besser sind die gegenwärtigen Möglichkeiten das Bauprodukt im Kreislauf zu führen. Bauprodukte mit einer eher niedrigen Punktzahl haben ein besonders hohes Entwicklungspotential. So bestehen beispielsweise gegenwärtig noch kaum Möglichkeiten Bauprodukte aus Holz werterhaltend im Kreislauf zu führen, denn in der Regel erfolgt eine Verwendung entsprechend der Kaskadennutzung (Verarbeitung zu OSB-Platten o.ä.) oder das Holz wird verbrannt, wobei das im Bauprodukt gespeicherte CO<sub>2</sub> freigesetzt wird [36]. Hier gilt es anzusetzen und werterhaltende Rückbau-, Aufbereitungs- und Wiedereinsetzbarkeitsprozesse zu innovieren bzw. umzusetzen. Der Circularity Score ist somit auch ein Indikator für Entwicklungspotentiale in der Baubranche hin zu mehr Kreislauffähigkeit.



Abb.07: Zusammensetzung des Circularity-Scores

### Aufwand

(Rückbau und Aufbereitung in Punkten)

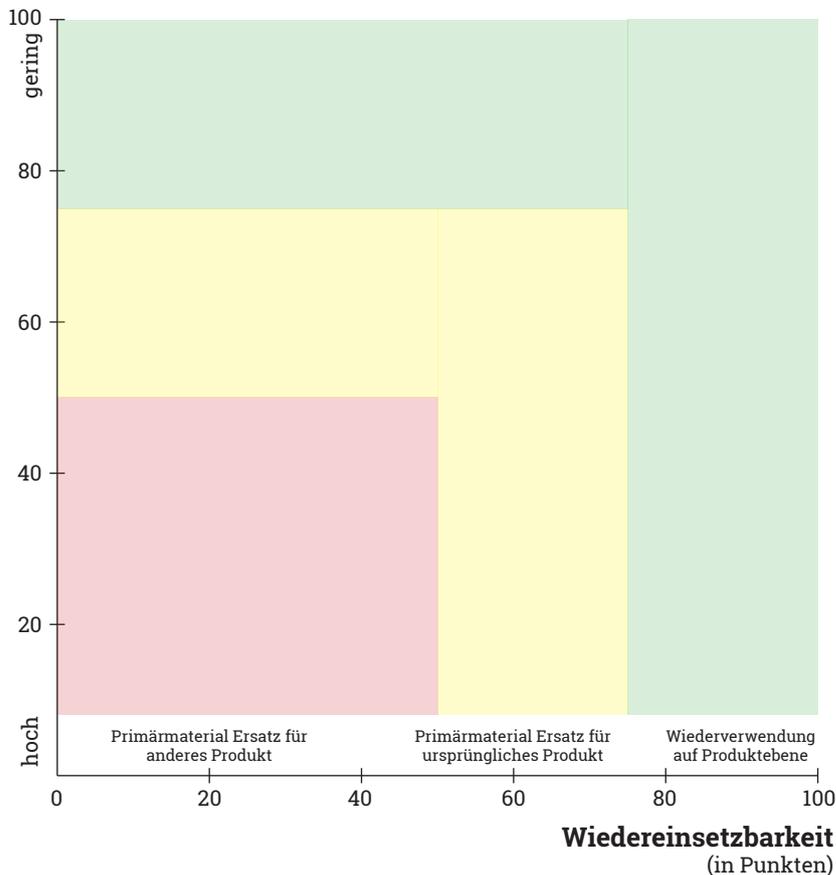


Abb.08: Bewertungsschema Circularity Score nach Gewichtung der drei Kategorien

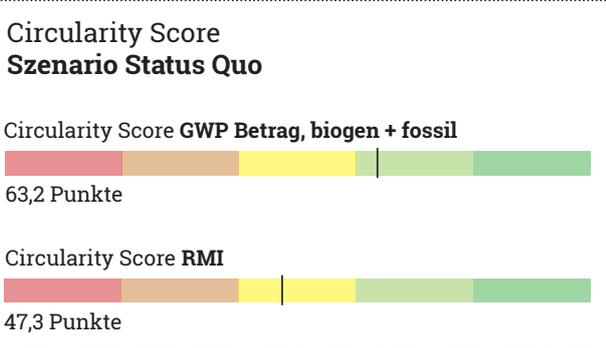
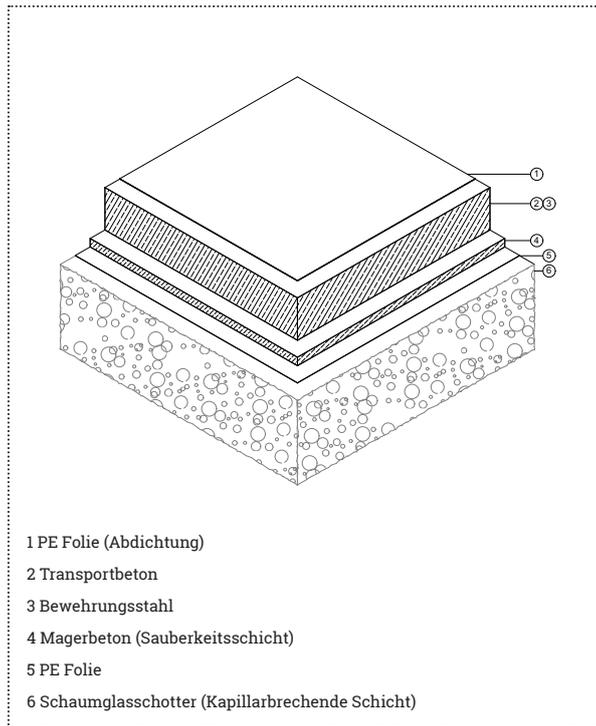
### **3. Anwendung der Methode auf exemplarische Bauteile**

Die zuvor beschriebene Bewertungsmethode wird im Folgenden auf eine ausgewählte Sammlung an gängigen Konstruktionen angewendet. Das Kapitel soll als Nachschlagewerk fungieren, welches den Circularity-Score des jeweiligen Bauteils im Detail angibt.

<b>3.1 Gründung, Unterbau</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Außenwände und vertikale Baukonstruktionen, außen</b>	<b>25</b>
<b>3.3 Innenwände und vertikale Baukonstruktionen, innen</b>	<b>47</b>
<b>3.4 Deckenkonstruktionen</b>	<b>52</b>
<b>3.5 Deckenbeläge</b>	<b>56</b>
<b>3.6 Dächer</b>	<b>62</b>
<b>3.7 Fenster</b>	<b>65</b>



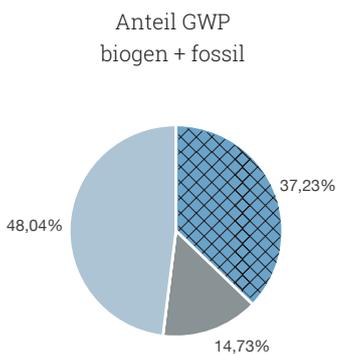
### 3.1.1 Plattenfundament, Stahlbeton mit Schaumglas



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2/4/5	3	6	Bewertung
Aufwand Rückbau	20	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	7,4	2,9	9,6	20
RMI	15,7	1,8	2,5	20

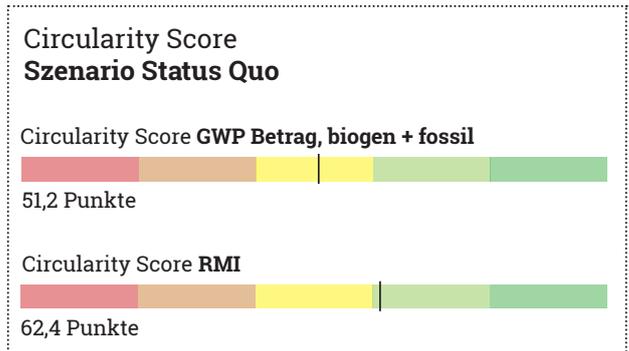
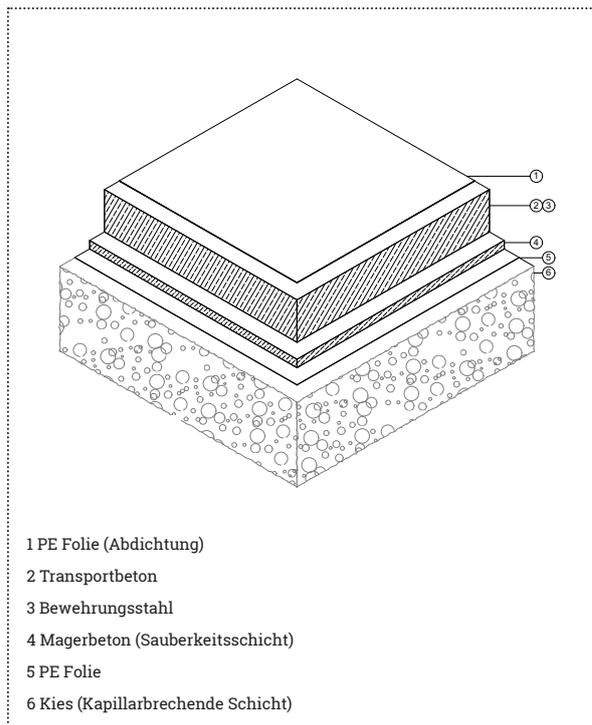
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung
Aufwand Aufbereitung	10	70	80	10	70	100	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	23,4	11,8	0,3	0,1	48,0	83,7
RMI	0,0	46,5	7,3	1,2	0,0	12,4	67,3

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung
Aufwand Einsetzbarkeit	0	40	80	40	0	100	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	13,4	11,8	1,4	0,0	48,0	74,6
RMI	0,0	26,6	7,3	4,8	0,0	12,4	51,0

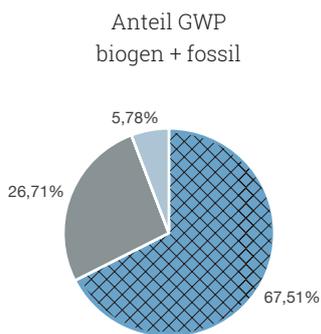
### 3.1.2 Plattenfundament, Stahlbeton mit Kies



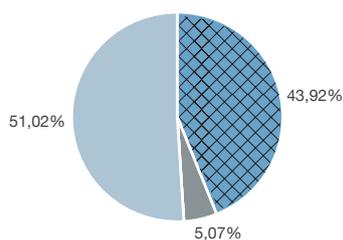
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/ 2/ 4/ 5	3	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	13,5	5,3	1,2	20
RMI	8,8	1,0	10,2	20

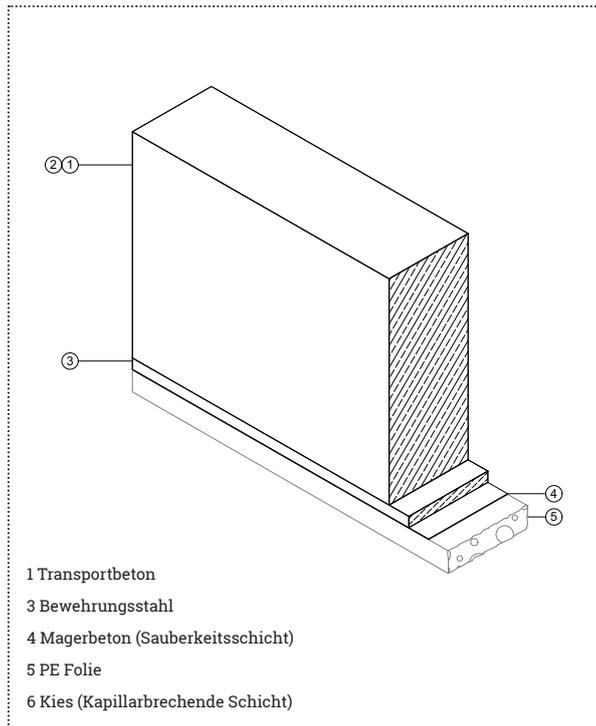
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	10	70	80	10	70	100	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	42,5	21,4	0,6	0,2	5,8	70,5
RMI	0,0	26,0	4,1	0,7	0,0	51,0	81,7

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	0	40	80	60	0	100	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	24,3	21,4	3,7	0,0	5,8	55,2
RMI	0,0	14,8	4,1	4,1	0,0	51,0	74,0

### 3.1.3 Streifenfundament



#### Circularity Score Szenario Status Quo

Circularity Score GWP Betrag, biogen + fossil

57,2 Punkte

Circularity Score RMI

42,5 Punkte

#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Mischfraktion 1    Monofraktion 1    Monofraktion 2



1/ 2/ 4/ 5



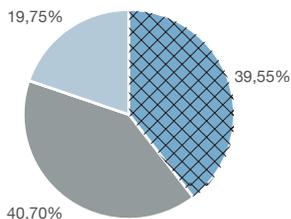
3



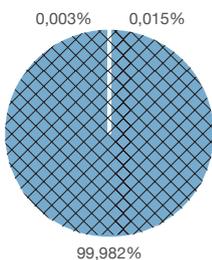
6

#### Anteile Fraktionen

Anteil GWP  
 biogen + fossil



Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/ 2/ 4/ 5	3	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	7,9	0,0	3,9	11,9
RMI	20,0	0,0	0,0	20

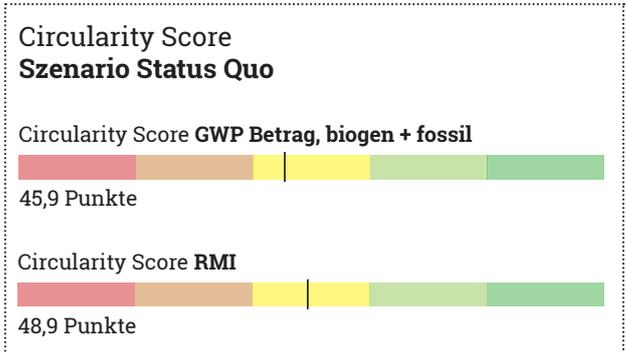
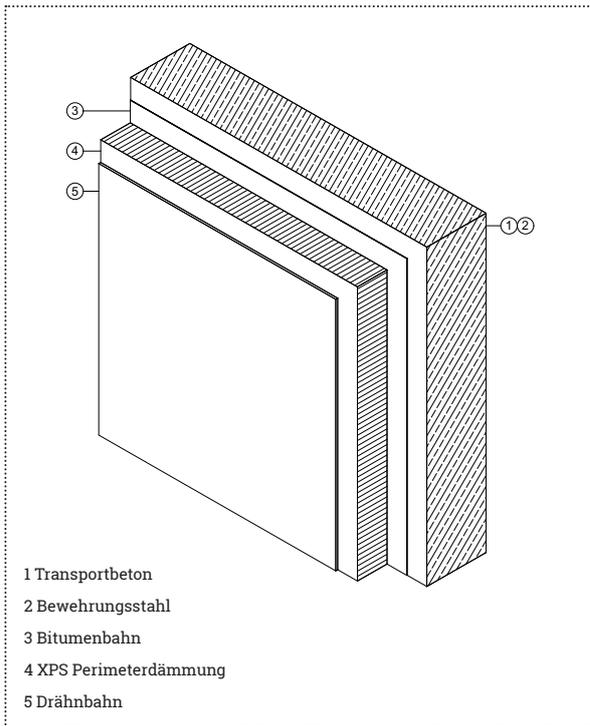
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	10	70	80	70	10	100	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	25,9	32,6	1,7	0,0	19,7	79,9
RMI	0,0	70,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,0

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	0	40	80	60	0	100	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	14,8	32,6	1,4	0,0	19,7	68,5
RMI	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0

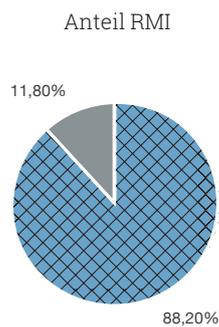
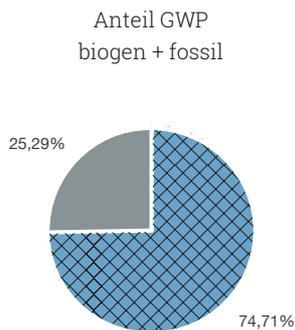
### 3.2.1 Kellerwand Stahlbeton mit XPS



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/ 3/ 4/ 5	2	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	40	20	
GWP Betrag biogen + fossil	29,9	5,1	35,0
RMI	35,3	2,4	37,7

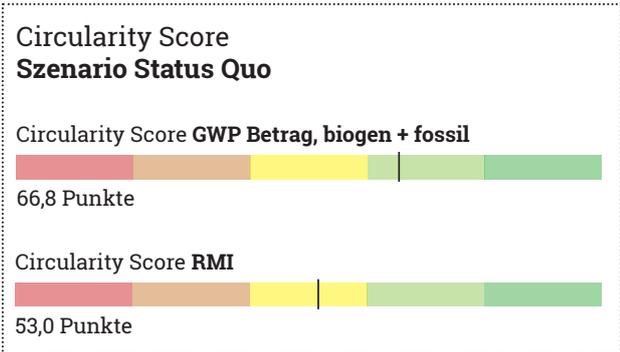
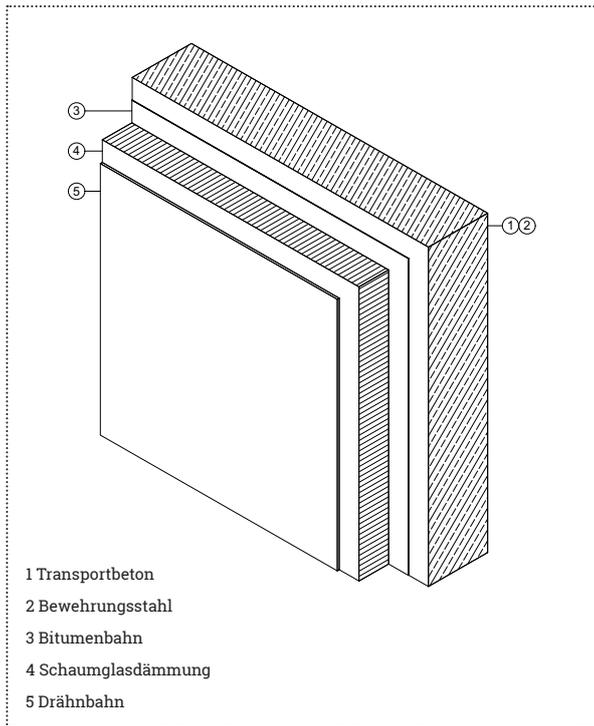
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	70	80	10	10	10	
GWP Betrag biogen + fossil	40,3	20,2	0,1	1,5	0,1	62,2
RMI	60,5	9,4	0,0	0,1	0,0	70,0

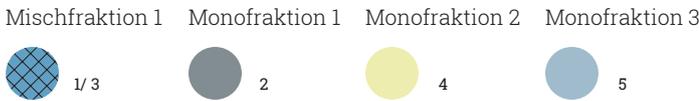
#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	40	80	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	23,0	20,2	0,0	0,0	0,0	43,2
RMI	34,6	9,4	0,0	0,0	0,0	44,0

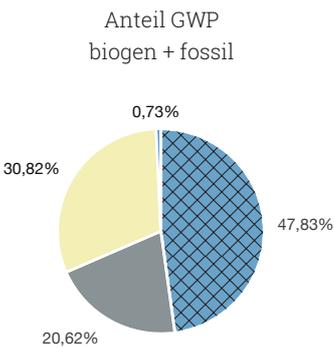
### 3.2.2 Kellerwand Stahlbeton mit Außendämmung (Schaumglas)



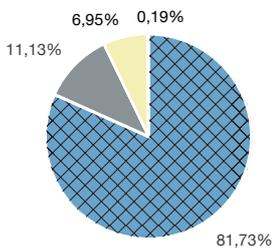
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/3	2	4	5	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	40	20	100	100	
GWP Betrag biogen + fossil	19,1	4,1	30,8	0,7	54,7
RMI	32,7	2,2	6,9	0,2	42,0

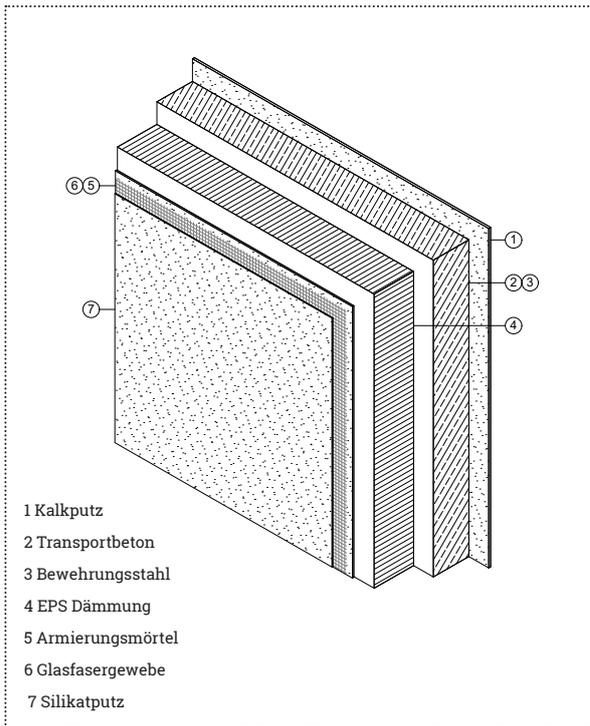
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	70	80	10	100	20	
GWP Betrag biogen + fossil	32,8	16,5	0,1	30,8	0,1	80,3
RMI	57,0	8,9	0,0	6,9	0,0	72,9

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	40	80	0	100	0	
GWP Betrag biogen + fossil	18,7	16,5	0,0	30,8	0,0	66,1
RMI	32,6	8,9	0,0	6,9	0,0	48,4

### 3.2.3 Stahlbeton mit Außendämmung



#### Circularity Score Szenario Status Quo

Circularity Score GWP Betrag, biogen + fossil

37,5 Punkte

Circularity Score RMI

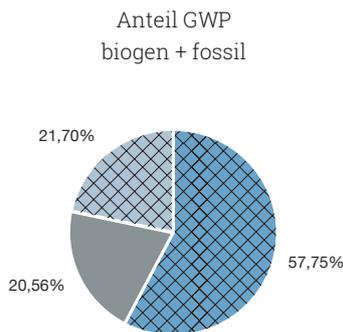
42,1 Punkte

#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

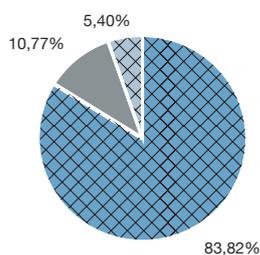
Mischfraktion 1 Monofraktion 1 Mischfraktion 2



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3	4-7	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	11,5	4,1	4,3	20,0
RMI	16,8	2,2	1,1	20,0

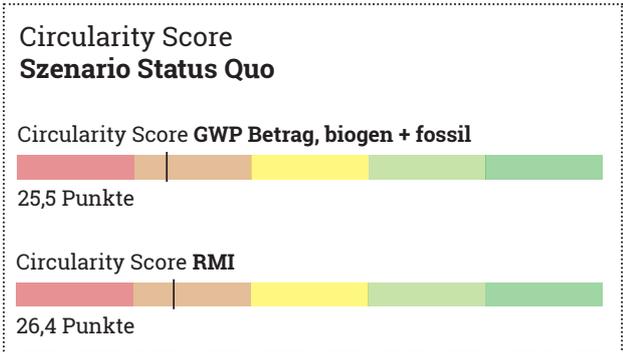
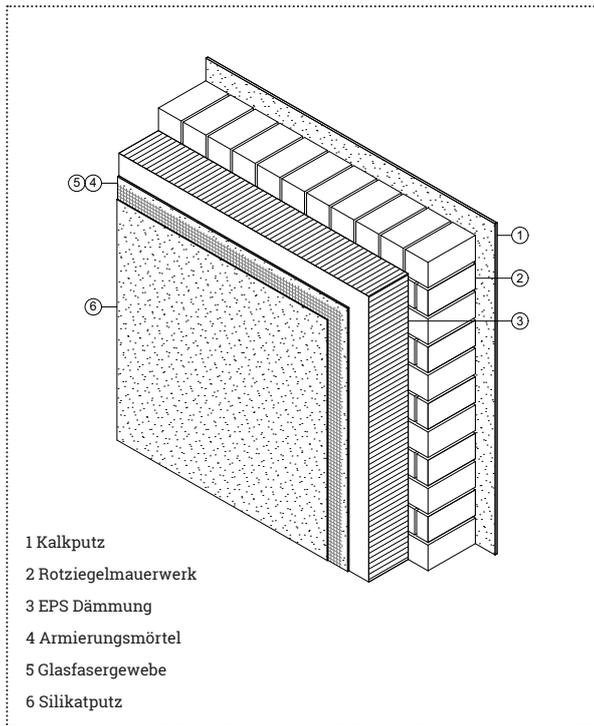
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	40	70	80	10	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	4,4	32,7	16,4	1,6	0,0	0,0	0,0	55,1
RMI	2,0	55,2	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	65,9

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	40	80	0	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	2,2	18,7	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	37,3
RMI	1,0	31,6	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	41,2

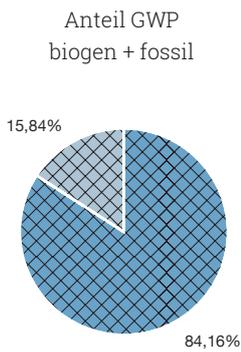
### 3.2.4 Rotziegel mit Außendämmung, verputzt



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3-6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	1,6	0,0	1,6
RMI	0,7	0,0	0,7

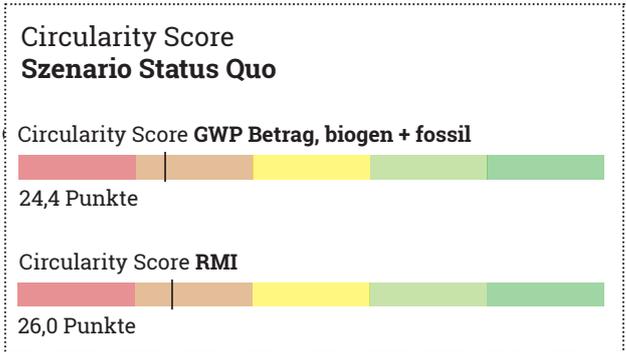
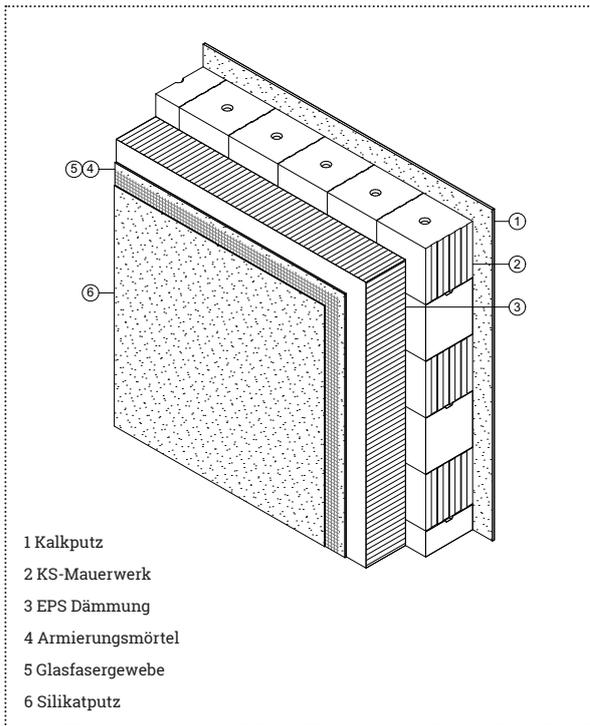
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	40	70	10	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	3,2	53,3	1,1	0,0	0,0	0,0	57,6
RMI	1,5	64,6	0,0	0,0	0,0	0,0	66,1

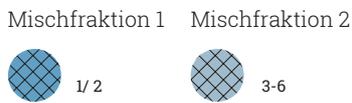
#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	20	40	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	1,6	15,2	4,6	0,0	0,0	0,0	21,4
RMI	0,7	18,4	0,1	0,0	0,0	0,0	19,3

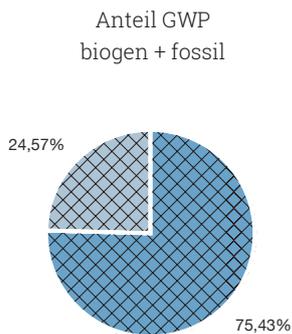
### 3.2.5 Kalksandstein mit Außendämmung, verputzt



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3-6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	2,5	0,0	2,5
RMI	0,5	0,0	0,5

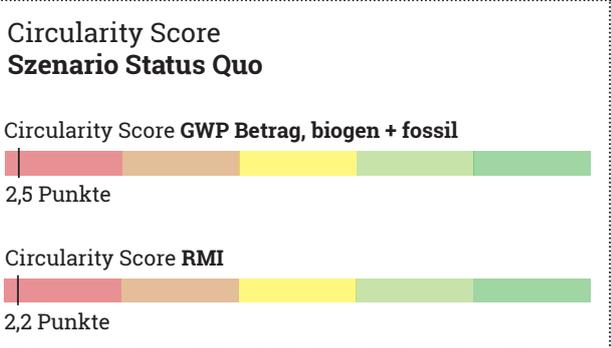
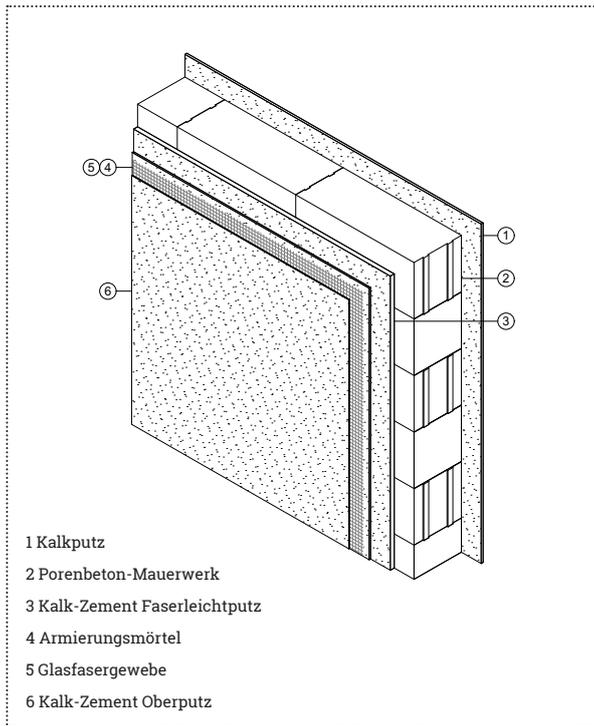
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	40	70	10	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	5,0	44,1	1,8	0,0	0,0	0,0	50,8
RMI	0,9	64,5	0,0	0,0	0,0	0,0	65,5

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	20	40	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	2,5	12,6	7,1	0,0	0,0	0,0	22,2
RMI	0,5	18,4	0,2	0,0	0,0	0,0	19,1

### 3.2.6 Porenbeton, verputzt



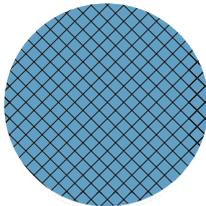
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Mischfraktion 1



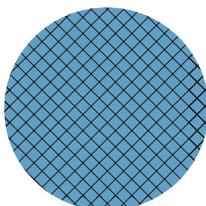
#### Anteile Fraktionen

Anteil GWP biogen + fossil



100,00%

Anteil RMI



100,00%

#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	 1-6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	
GWP Betrag biogen + fossil	2,3	2,3
RMI	1,6	1,6

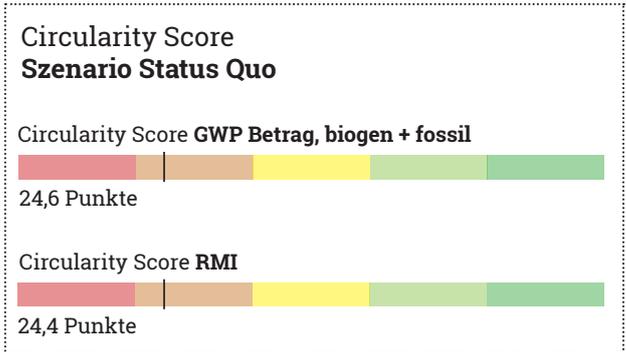
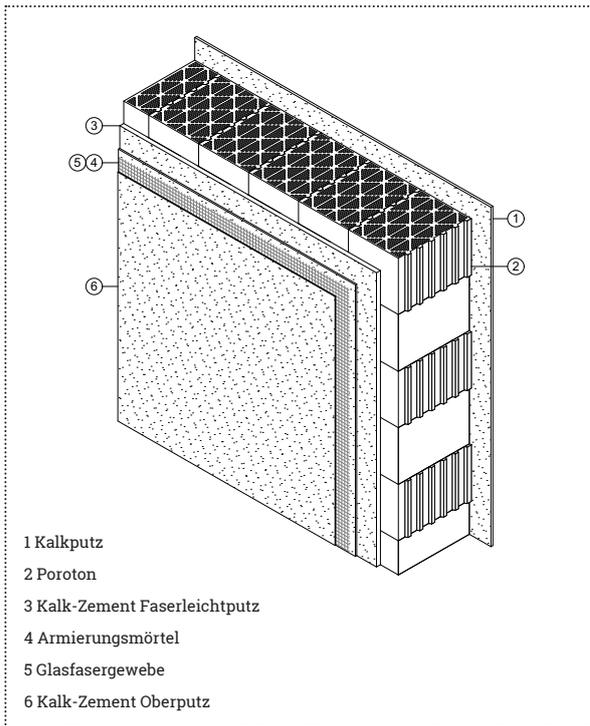
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	 1	 2	 3	 4	 5	 6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	0	10	0	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7
RMI	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	 1	 2	 3	 4	 5	 6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	0	0	0	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
RMI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0

### 3.2.7 Lochziegel (Poroton), verputzt



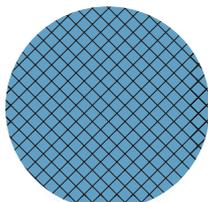
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Mischfraktion 1

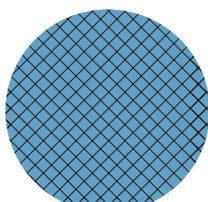


#### Anteile Fraktionen

Anteil GWP biogen + fossil



Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1-6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	
GWP Betrag biogen + fossil	2,6	2,6
RMI	1,1	1,1

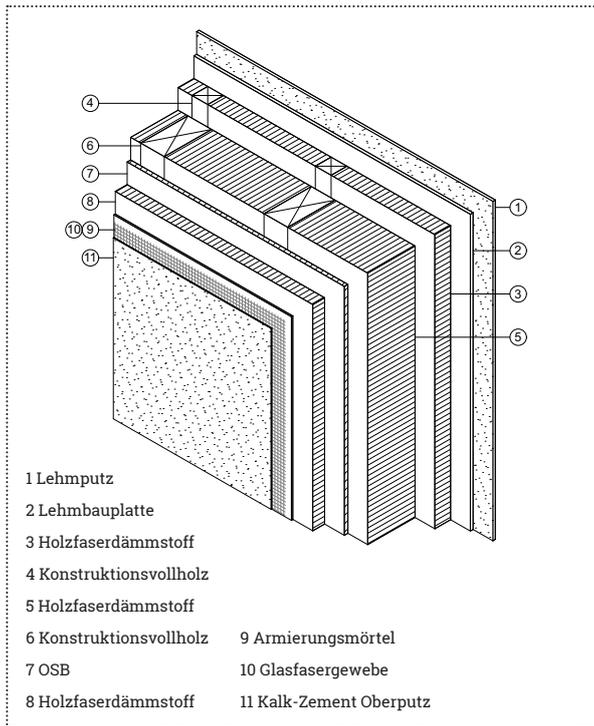
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	40	70	40	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	5,2	52,4	1,5	0,0	0,0	0,0	59,1
RMI	2,1	55,9	2,2	0,0	0,0	0,0	60,3

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	20	20	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	2,6	15,0	0,8	0,0	0,0	0,0	18,3
RMI	1,1	16,0	1,1	0,0	0,0	0,0	18,2

### 3.2.8 Holzrahmenbau mit Holzfaserdämmung, verputzt



**Circularity Score Szenario Status Quo**

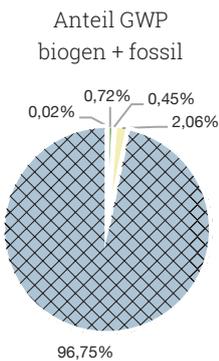
Circularity Score GWP Betrag, biogen + fossil  
3,2 Punkte

Circularity Score RMI  
8,0 Punkte

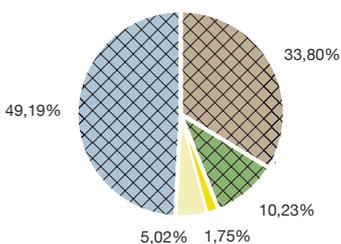
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3	4/6/7	5	8-11	Bewertung
Aufwand Rückbau	80	80	80	80	100	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	0,6	0,0	1,6	0,0	2,2
RMI	12,3	1,4	0,0	4,0	0,0	17,7

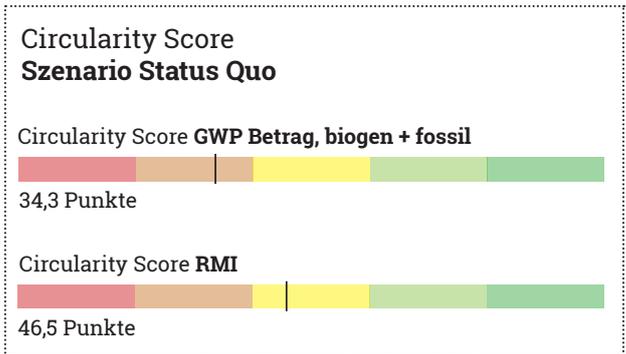
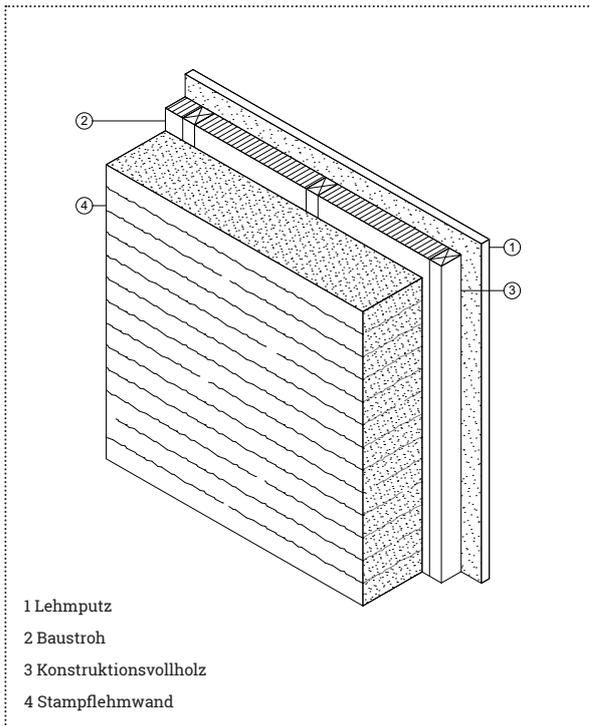
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Bewertung
Aufwand Aufbereitung	10	10	10	40	10	40	40	10	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	9,7	0,0	0,0	0,0	10,1
RMI	1,5	1,8	0,2	0,4	0,5	1,6	2,1	0,1	0,0	0,0	0,0	8,3

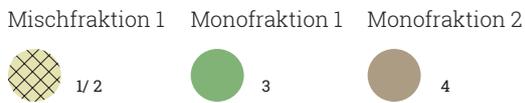
#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Bewertung
Aufwand Einsetzbarkeit	0	0	0	40	0	40	20	0	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
RMI	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	1,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1

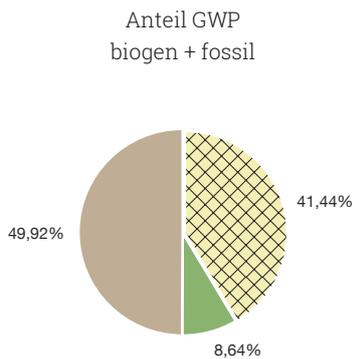
### 3.2.9 Stampflehmwand mit Innendämmung



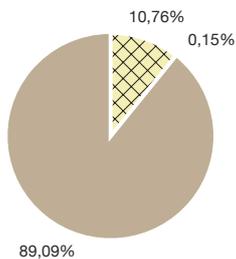
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	1,2	1,7	10,0	12,9
RMI	2,1	0,0	17,8	19,9

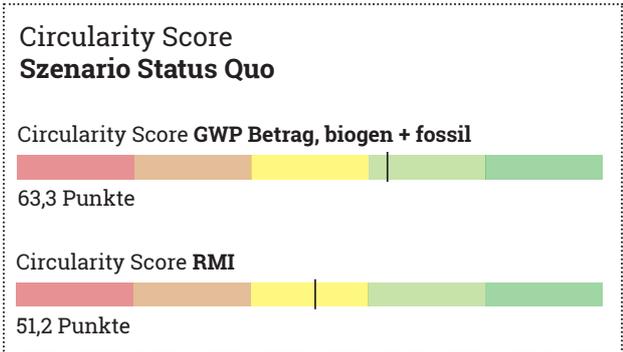
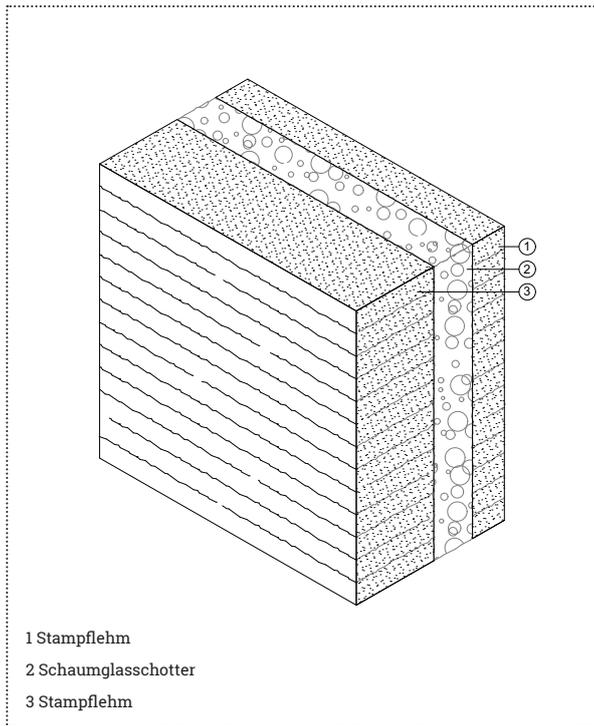
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	10	10	80	20	
GWP Betrag biogen + fossil	0,6	3,5	6,9	10,0	21,0
RMI	1,1	0,0	0,1	17,8	19,0

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	20	40	80	
GWP Betrag biogen + fossil	1,2	7,1	3,5	39,9	51,7
RMI	2,1	0,0	0,1	71,3	73,5

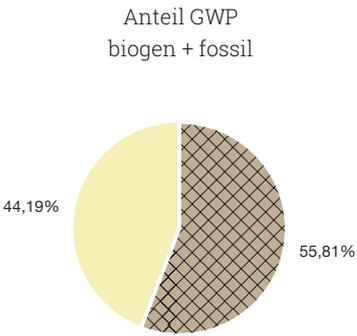
### 3.2.10 Tragende Stampflehmwand



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/3	2	Bewertung
Aufwand Rückbau	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	11,2	8,8	20,0
RMI	19,2	0,8	20,0

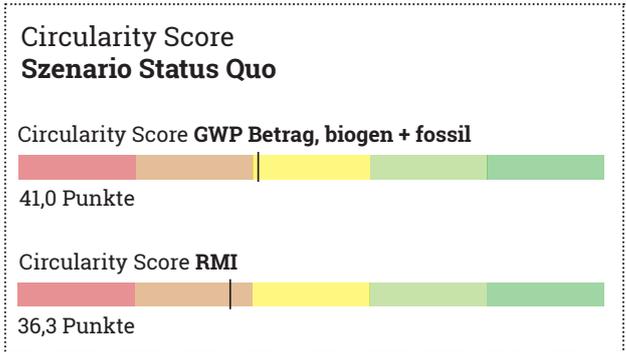
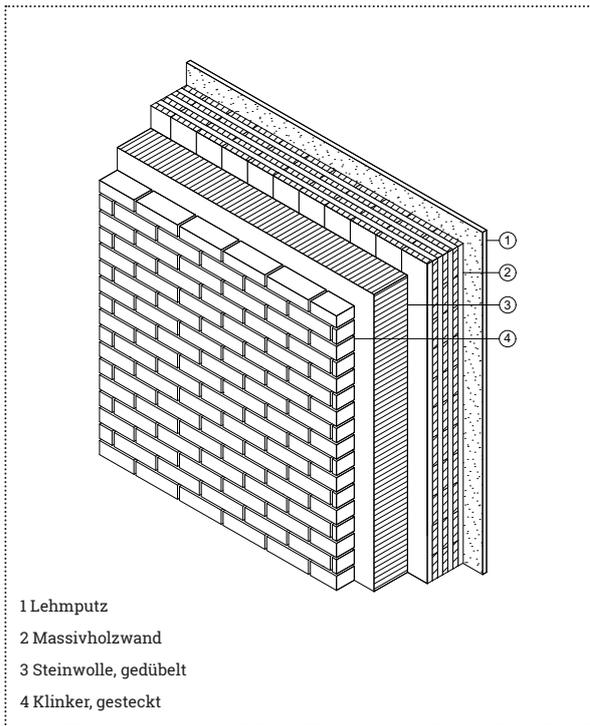
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	Bewertung
Aufwand Aufbereitung	20	100	20	
GWP Betrag biogen + fossil	8,2	44,2	3,0	55,4
RMI	14,0	4,1	5,2	23,3

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	Bewertung
Aufwand Einsetzbarkeit	80	100	80	
GWP Betrag biogen + fossil	32,6	44,2	12,0	88,8
RMI	56,1	4,1	20,7	80,8

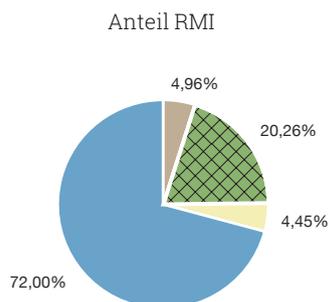
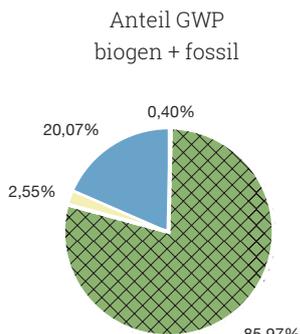
### 3.2.11 Massivholzwand, Klinker, gesteckt



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	80	20	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	0,3	17,2	0,5	4,0	22,0
RMI	4,0	4,1	0,9	14,4	23,3

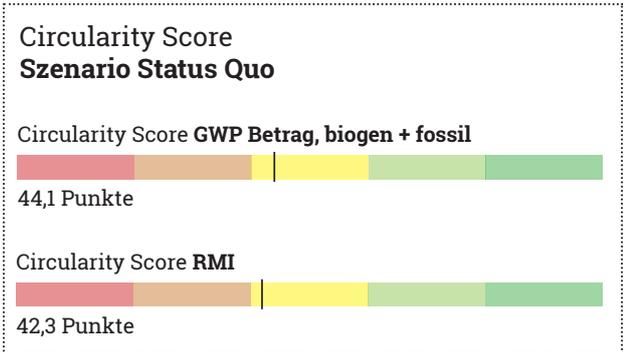
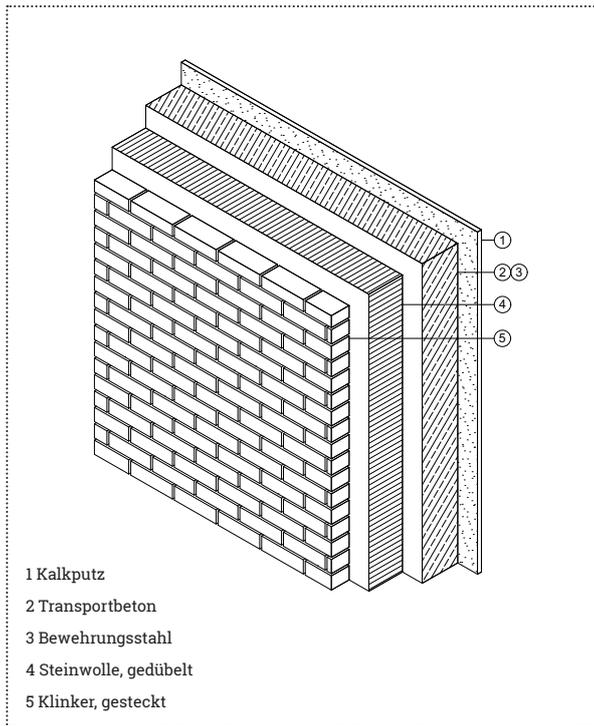
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	10	70	20	70	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	53,9	0,5	14,1	68,5
RMI	0,5	13,0	0,9	50,4	64,8

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	80	40	60	20	
GWP Betrag biogen + fossil	0,3	30,8	1,5	4,0	36,7
RMI	4,0	7,4	2,7	14,4	28,5

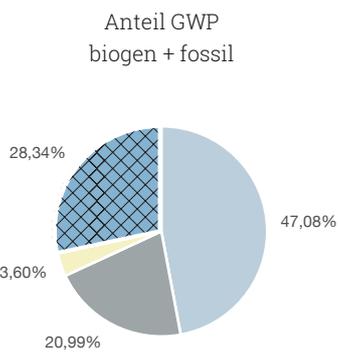
### 3.2.12 Stahlbeton, Klinker, gesteckt



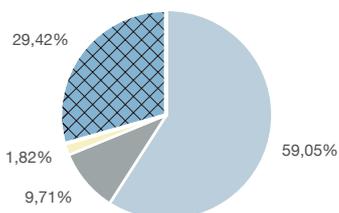
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3	4	5	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	20	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	9,4	4,2	0,7	5,7	20,0
RMI	11,8	1,9	0,4	5,9	20,0

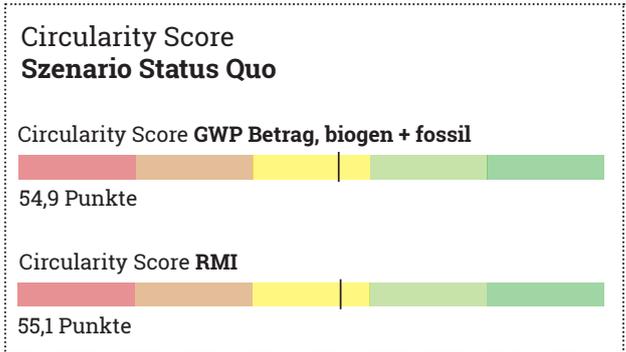
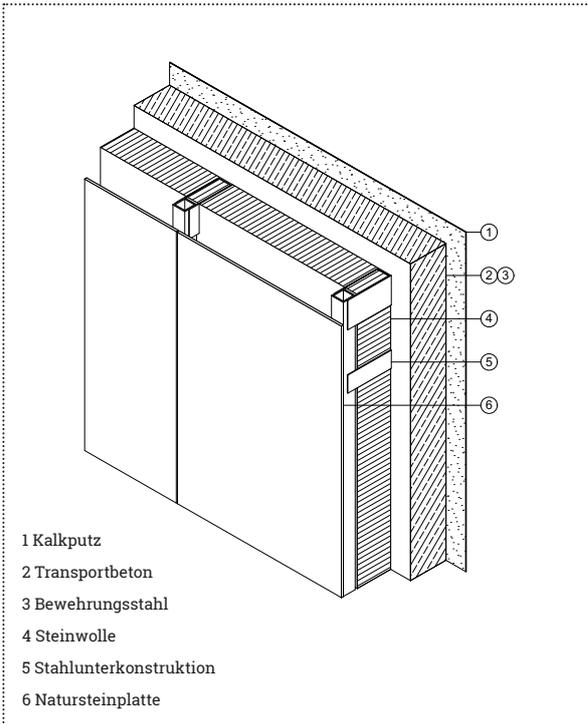
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	70	70	80	20	80	
GWP Betrag biogen + fossil	6,3	26,7	16,8	0,7	22,7	73,1
RMI	1,2	40,2	7,8	0,4	23,5	73,0

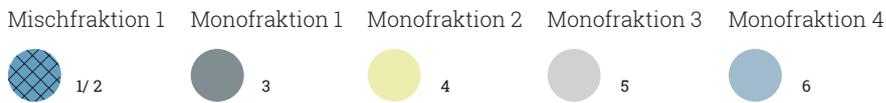
#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	40	80	60	20	
GWP Betrag biogen + fossil	1,8	15,2	16,8	2,2	5,7	41,6
RMI	0,3	23,0	7,8	1,1	5,9	38,0

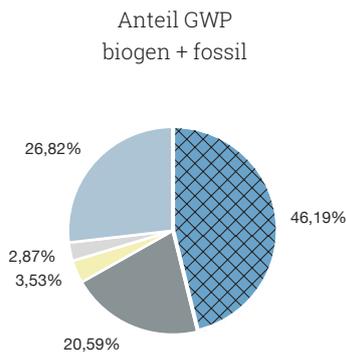
### 3.2.13 Stahlbeton, vorgehängte und hinterlüftete Fassade, Naturstein



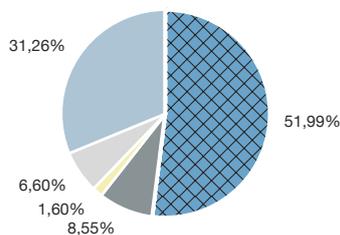
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	40	20	100	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	18,5	4,1	3,5	2,3	21,5	49,9
RMI	20,8	1,7	1,6	5,3	25,0	54,4

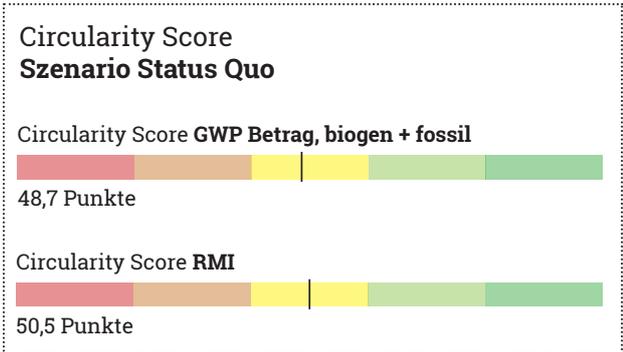
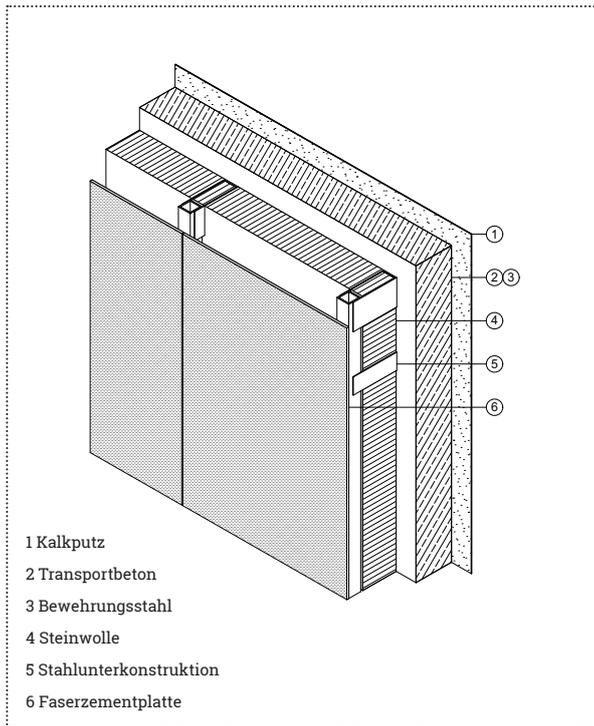
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	70	70	80	20	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	6,2	26,2	16,5	0,7	2,3	21,5	73,3
RMI	1,0	35,4	6,8	0,3	5,3	25,0	73,8

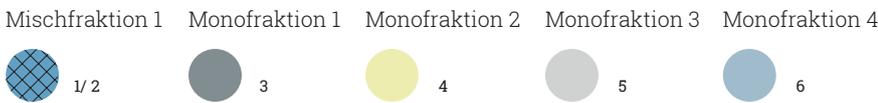
#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	40	80	60	80	40	
GWP Betrag biogen + fossil	1,8	14,9	16,5	2,1	2,3	10,7	48,3
RMI	0,3	20,2	6,8	1,0	5,3	12,5	46,1

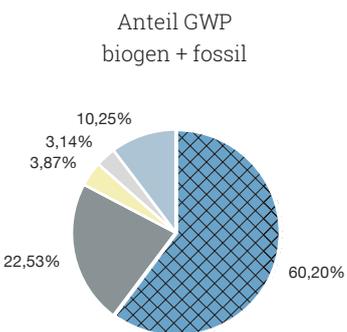
### 3.2.14 Stahlbeton, vorgehängte und hinterlüftete Fassade, Faserzement



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer						Bewertung
Aufwand Rückbau	40	20	100	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	21,4	4,5	3,9	2,5	8,2	43,2
RMI	28,2	2,3	2,1	7,0	5,8	45,4

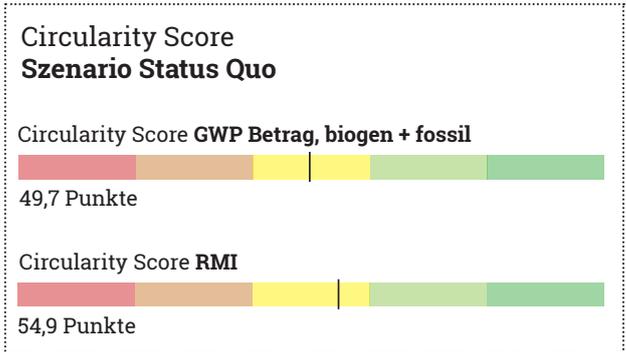
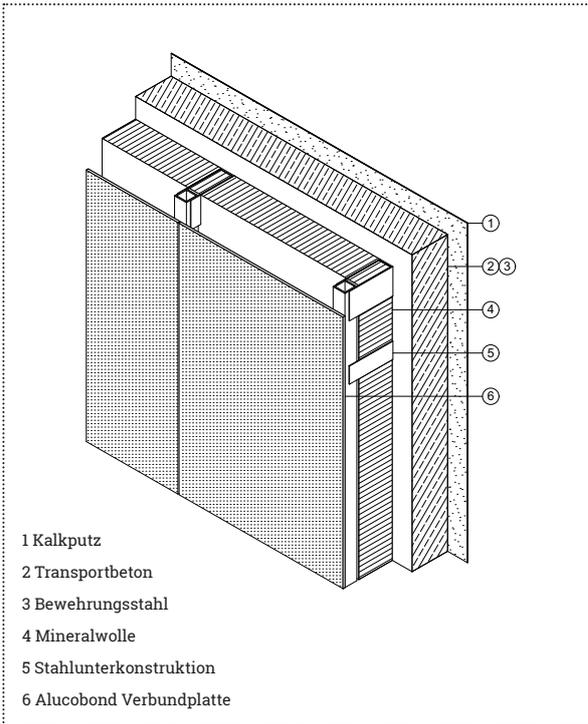
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer							Bewertung
Aufwand Aufbereitung	70	70	80	20	80	20	
GWP Betrag biogen + fossil	13,5	28,6	18,0	0,8	2,5	2,1	65,5
RMI	2,7	46,7	9,0	0,4	7,0	1,5	67,3

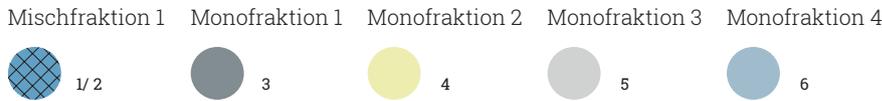
#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer							Bewertung
Aufwand Einsetzbarkeit	20	40	80	60	80	0	
GWP Betrag biogen + fossil	3,9	16,4	18,0	2,3	2,5	0,0	43,1
RMI	0,8	26,7	9,0	1,3	7,0	0,0	44,7

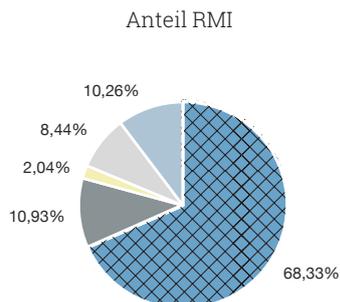
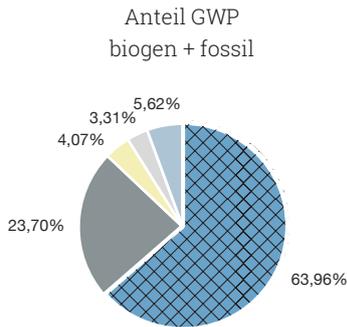
### 3.2.15 Stahlbeton, vorgehängte und hinterlüftete Fassade, Aluminiumverbund



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	40	20	100	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	25,6	4,7	4,1	2,6	4,5	41,5
RMI	50,0	2,2	2,0	6,8	8,2	69,2

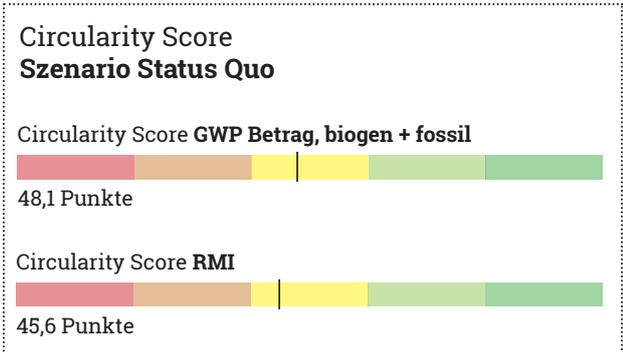
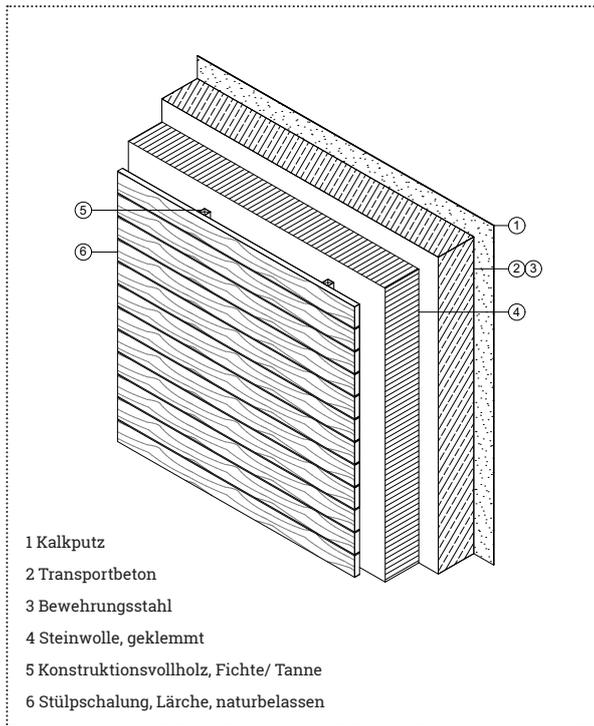
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	70	70	80	20	80	0	
GWP Betrag biogen + fossil	14,2	30,1	19,0	0,8	2,6	0,0	66,7
RMI	2,6	45,2	8,7	0,4	6,8	0,0	63,7

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	40	80	60	80	0	
GWP Betrag biogen + fossil	4,1	17,2	19,0	2,4	2,6	0,0	45,3
RMI	0,8	25,8	8,7	1,2	6,8	0,0	43,3

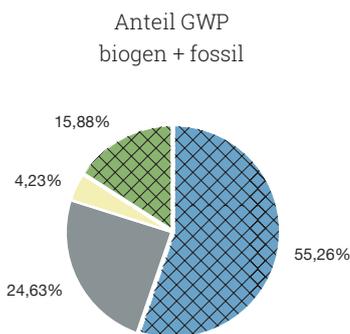
### 3.2.16 Stahlbeton, vorgehängte und hinterlüftete Fassade, Stülpschalung



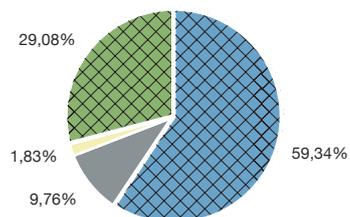
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3	4	5/6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	20	100	20	
GWP Betrag biogen + fossil	11,1	4,9	4,2	3,2	23,4
RMI	11,9	2,0	1,8	5,8	21,5

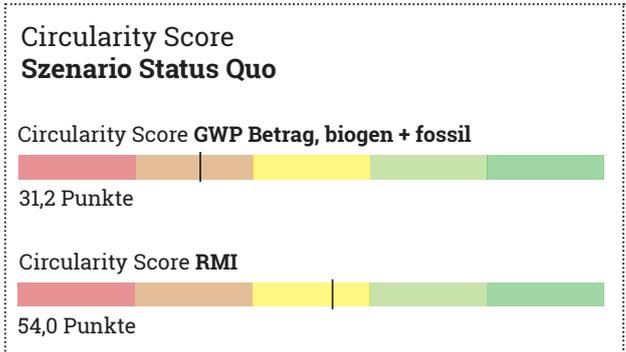
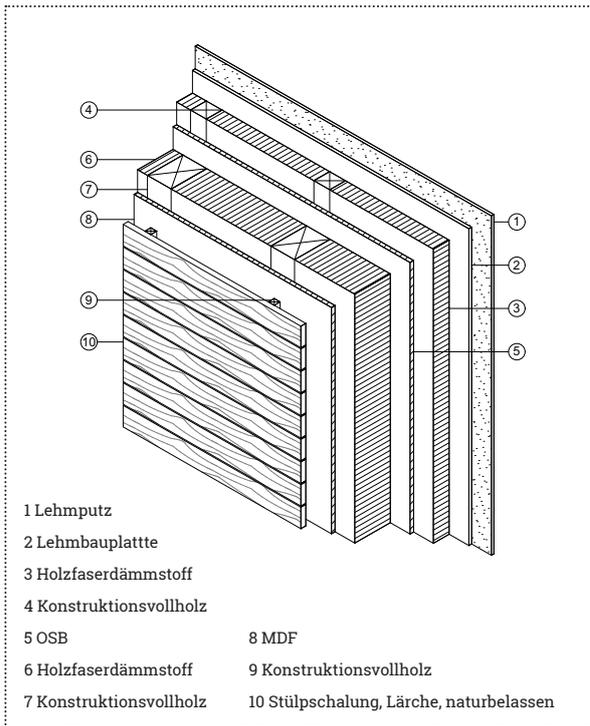
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	70	70	80	20	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	7,4	31,3	19,7	0,8	0,5	12,2	71,9
RMI	1,2	40,4	7,8	0,4	0,0	23,2	73,0

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	40	80	60	40	40	
GWP Betrag biogen + fossil	2,1	17,9	19,7	2,5	0,2	6,1	48,6
RMI	0,3	23,1	7,8	1,1	0,0	11,6	43,9

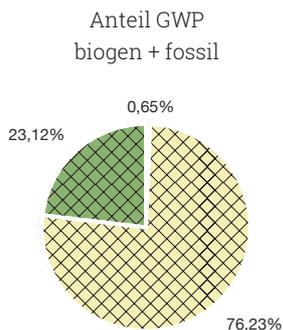
### 3.2.17 Holzrahmenbau, Stülpchalung



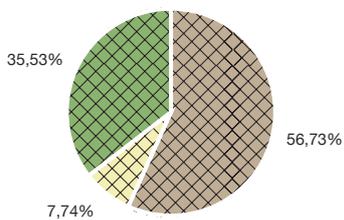
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/ 2	3/ 6	4/ 5/ 7-10	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	80	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	6,2	61,0	18,5	85,7
RMI	57,8	6,2	28,4	92,4

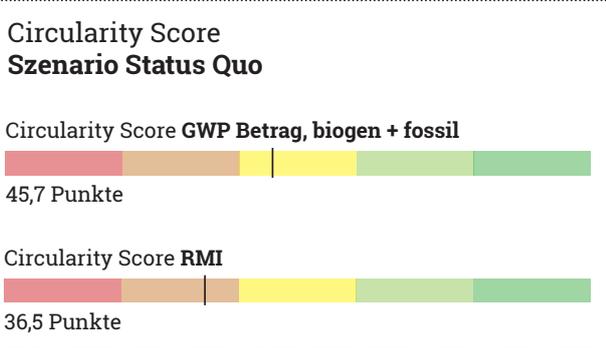
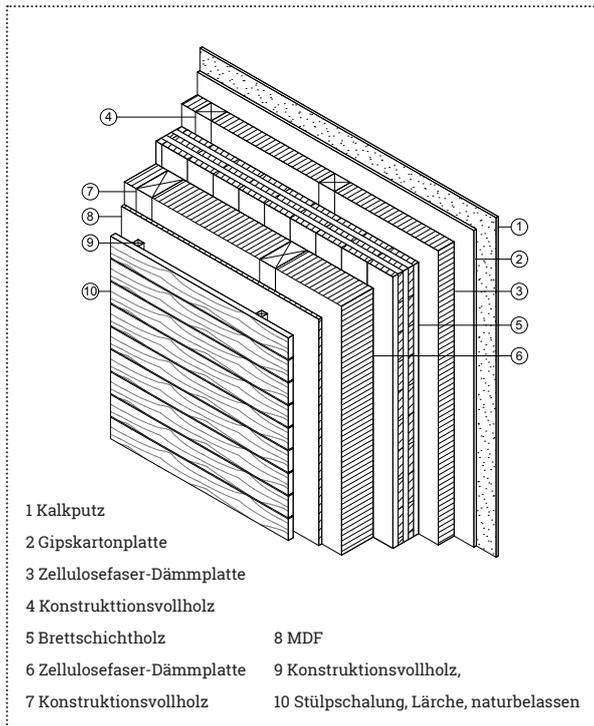
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	20	20	20	40	40	20	40	40	40	40	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	0,1	4,7	0,6	2,6	10,6	1,3	2,4	0,1	2,2	24,6
RMI	4,2	7,2	0,5	0,5	2,8	1,1	2,3	5,6	0,1	2,9	27,1

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	80	60	0	40	20	0	40	20	40	40	
GWP Betrag biogen + fossil	0,2	0,2	0,0	0,6	1,3	0,0	1,3	1,2	0,1	2,2	7,2
RMI	16,8	21,5	0,0	0,5	1,4	0,0	2,3	2,8	0,1	2,9	48,2

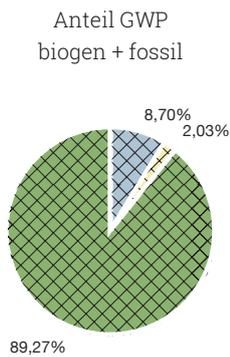
### 3.2.18 Massivholzwand, Stülpchalung



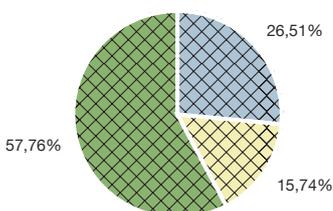
#### Einteilung in Rückbaufraktionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3/6	4/5/7-10	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	80	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	7	1,6	71,4	80
RMI	21,2	12,6	46,2	80

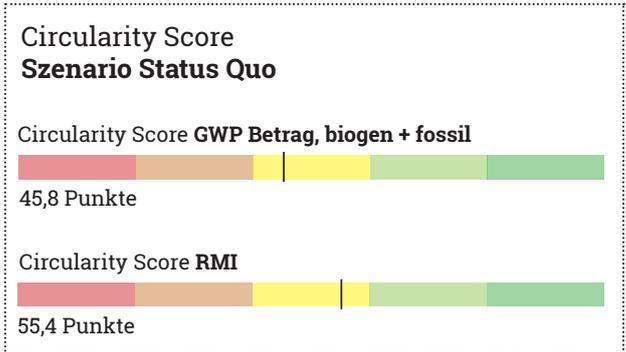
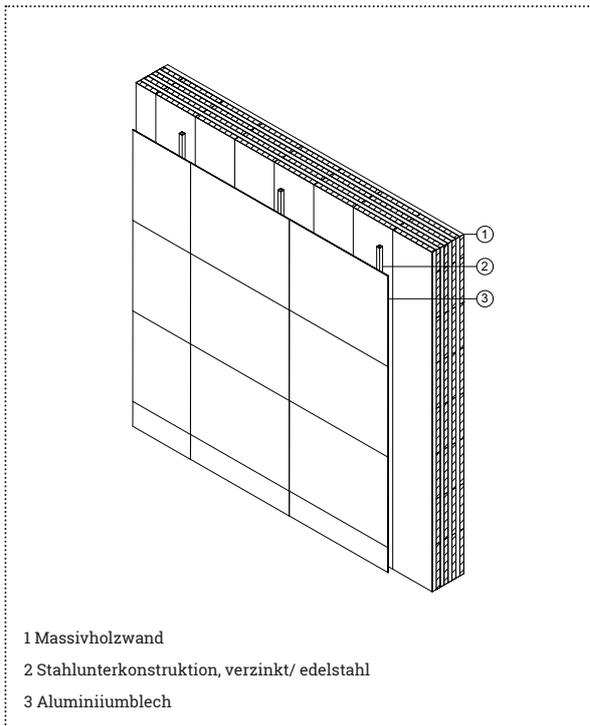
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	0	0	10	40	40	10	40	40	40	40	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	0,0	0,1	1,1	23,7	0,1	2,2	4,4	0,2	4,1	35,9
RMI	0,0	0,0	0,5	0,9	11,3	1,0	1,8	5,0	0,1	3,9	24,7

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	0	0	0	40	40	0	40	20	40	40	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	0,0	0,0	1,1	23,7	0,0	2,2	2,2	0,2	4,1	33,5
RMI	0,0	0,0	0,0	0,9	11,3	0,0	1,8	2,5	0,1	3,9	20,6

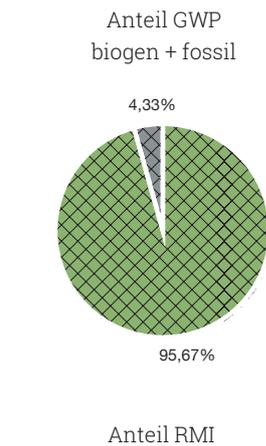
### 3.2.19 Massivholzwand, mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade, Aluminium



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1	2/3	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	19,1	0,9	20,0
RMI	8,1	11,9	20,0

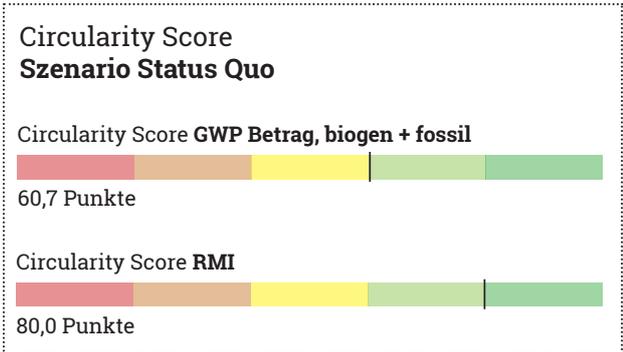
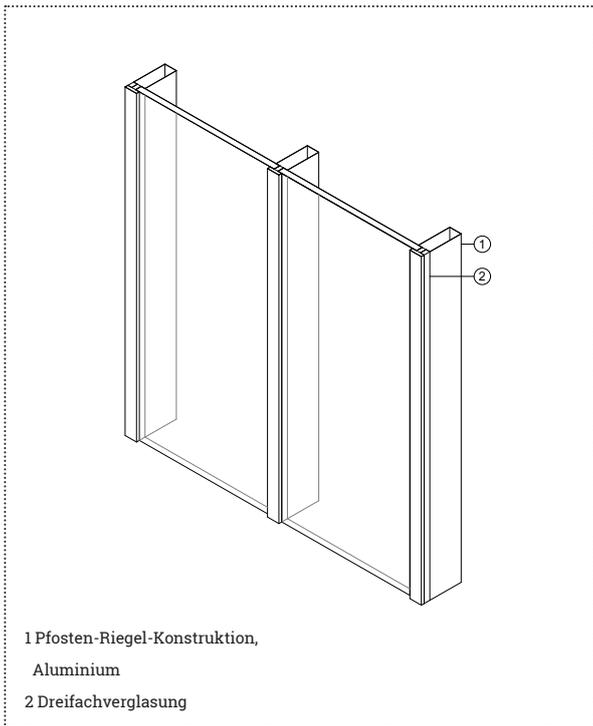
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	80	70	70	
GWP Betrag biogen + fossil	76,5	1,8	1,2	79,6
RMI	32,4	28,0	13,6	74,1

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	40	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	38,3	2,1	1,4	41,7
RMI	16,2	32,0	15,6	63,8

### 3.2.20 Pfosten-Riegel-Fassade, Aluminium

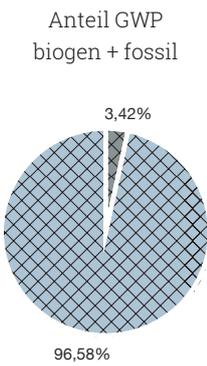


#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

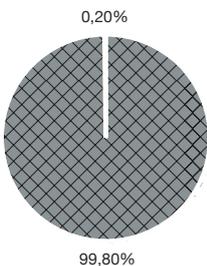
Mischfraktion 1 Mischfraktion 2



#### Anteile Fraktionen



Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	Mischfraktion		Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2	
Aufwand Rückbau	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	2,7	77,3	80,0
RMI	79,8	0,2	80,0

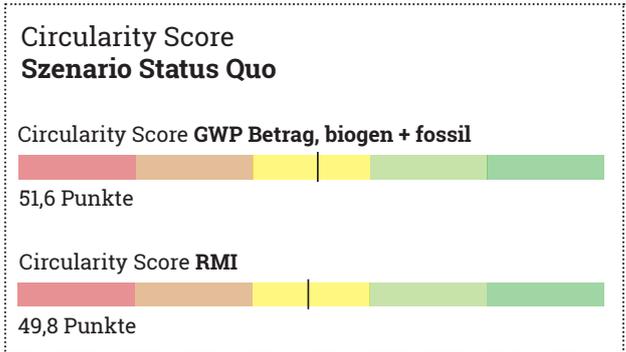
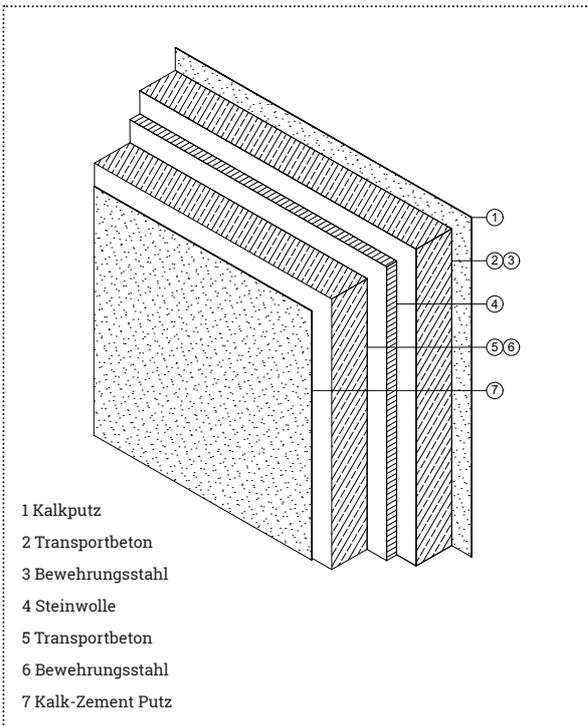
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	Mischfraktion		Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2	
Aufwand Aufbereitung	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	2,7	77,3	80,0
RMI	79,8	0,2	80,0

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	Mischfraktion		Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2	
Aufwand Einsetzbarkeit	80	40	
GWP Betrag biogen + fossil	2,7	38,6	40,4
RMI	79,8	0,1	79,9

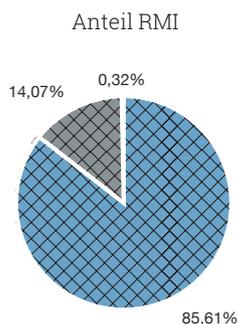
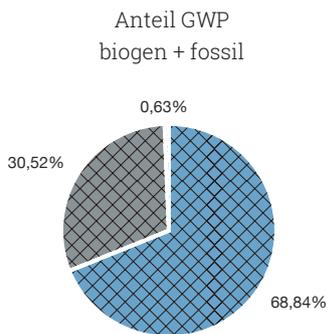
### 3.2.21 Doppelschalige Stahlbetonwand, verputzt



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/ 2/ 5/ 7	3/ 6	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	40	20	100	
GWP Betrag biogen + fossil	27,5	6,1	0,6	34,3
RMI	34,2	2,8	0,3	37,4

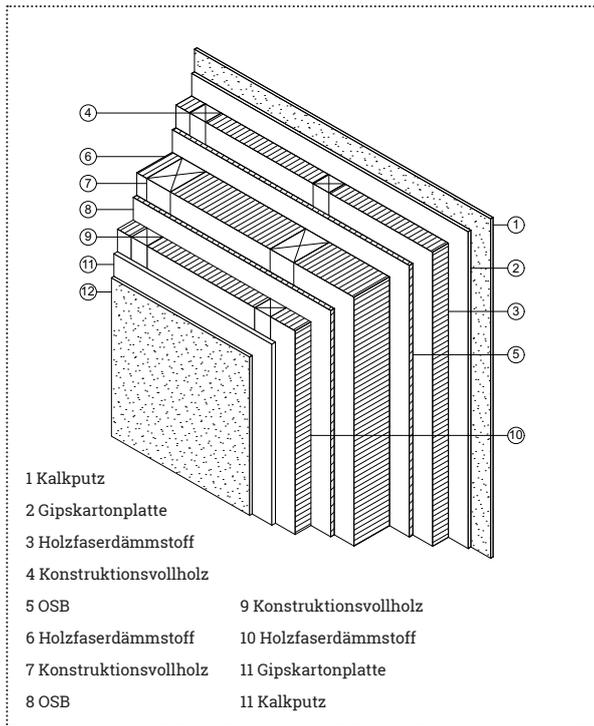
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	70	70	80	20	70	80	70	
GWP Betrag biogen + fossil	4,7	19,4	12,2	0,1	19,4	12,2	4,7	72,7
RMI	0,9	29,1	5,6	0,1	29,1	5,6	0,9	71,2

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	40	80	60	40	80	20	
GWP Betrag biogen + fossil	1,3	11,1	12,2	0,4	11,1	12,2	1,3	49,6
RMI	0,2	16,6	5,6	0,2	16,6	5,6	0,2	45,2

### 3.2.22 Holzrahmenbau, verputzt



**Circularity Score Szenario Status Quo**

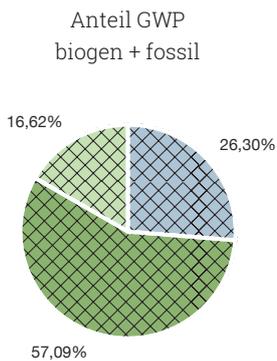
Circularity Score GWP Betrag, biogen + fossil  
26,9 Punkte

Circularity Score RMI  
27,2 Punkte

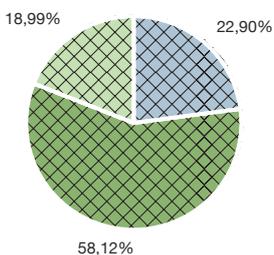
#### Einteilung in Rückbaufraktionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/ 2/ 11/ 12	3/ 6/ 10	4/ 5/ 7-9	Bewertung
Aufwand Rückbau	80	20	100	
GWP Betrag biogen + fossil	21,0	45,7	13,3	80
RMI	18,3	46,5	15,2	80

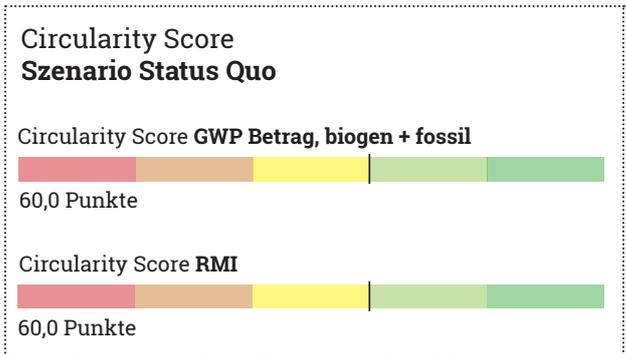
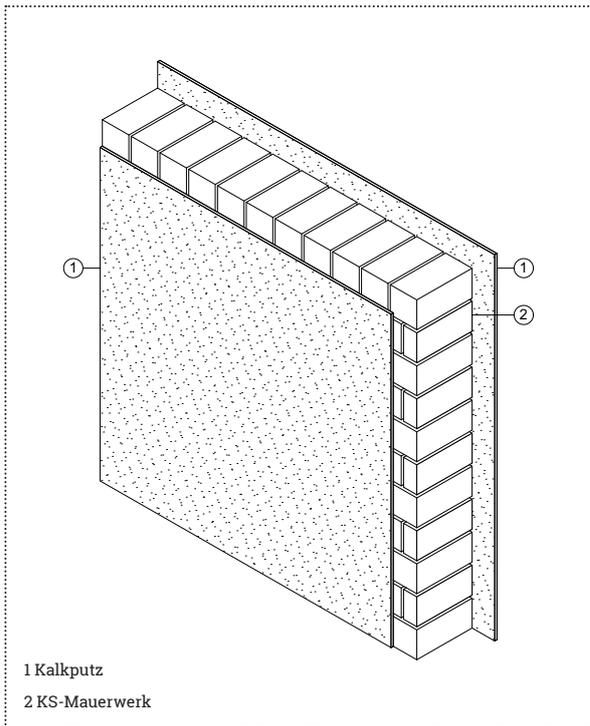
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Bewertung
Aufwand Aufbereitung	0	0	20	40	40	20	40	40	40	20	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	0	0	3,1	0,8	1,3	7,0	1,5	2,4	0,7	1,3	0	0	18,1
RMI	0	0	3,4	0,9	4,7	7,6	0,7	1,0	0,3	0,6	0	0	19,2

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Bewertung
Aufwand Einsetzbarkeit	0	0	0	40	20	0	40	20	40	0	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	0	0	0	0,8	0,7	0	1,5	1,2	0,7	0	0	0	4,8
RMI	0	0	0	0,9	2,3	0	0,7	0,5	0,3	0	0	0	4,7

### 3.3.1 Kalksandstein Mauerwerk



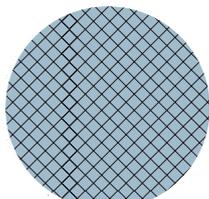
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Mischfraktion 1

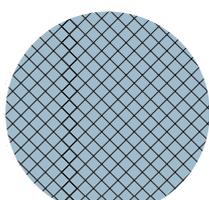


#### Anteile Fraktionen

Anteil GWP biogen + fossil



Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	40	
GWP Betrag biogen + fossil	40	40
RMI	40	40

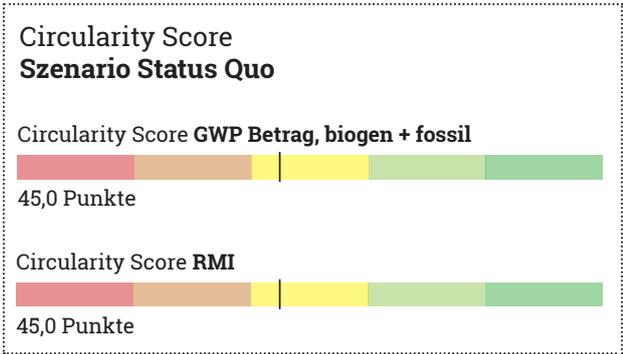
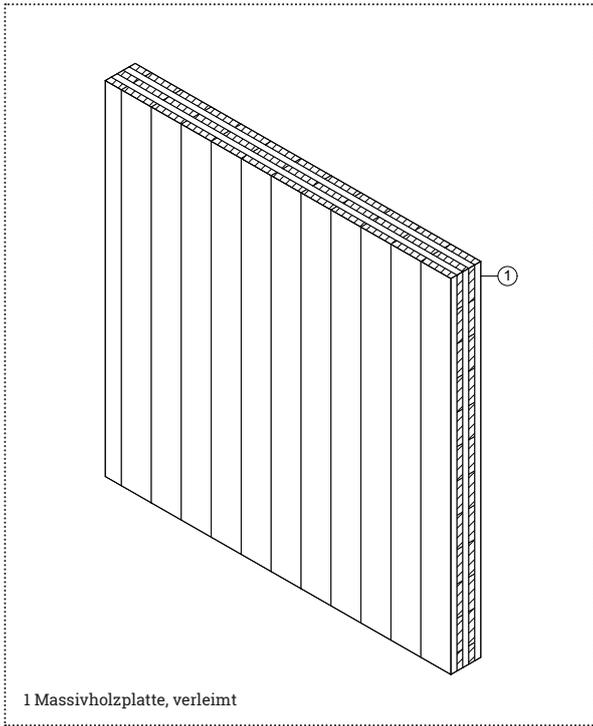
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1  2  1	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	80 80 80	
GWP Betrag biogen + fossil	13,1 53,7 13,1	80
RMI	2,4 75,2 2,4	80

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1  2  1	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	60 60 60	
GWP Betrag biogen + fossil	9,8 40,3 9,8	60
RMI	1,8 56,4 1,8	60

### 3.3.2 Massivholzwand



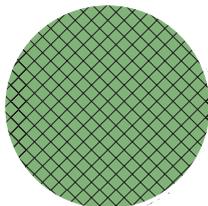
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Mischfraktion 1



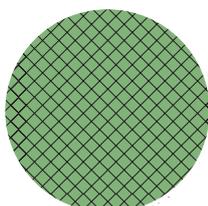
#### Anteile Fraktionen

Anteil GWP biogen + fossil



100,00%

Anteil RMI



100,00%

#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer		Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	60	
GWP Betrag biogen + fossil	60	60
RMI	60	60

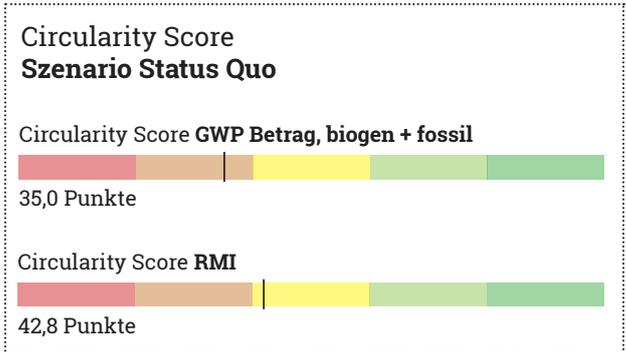
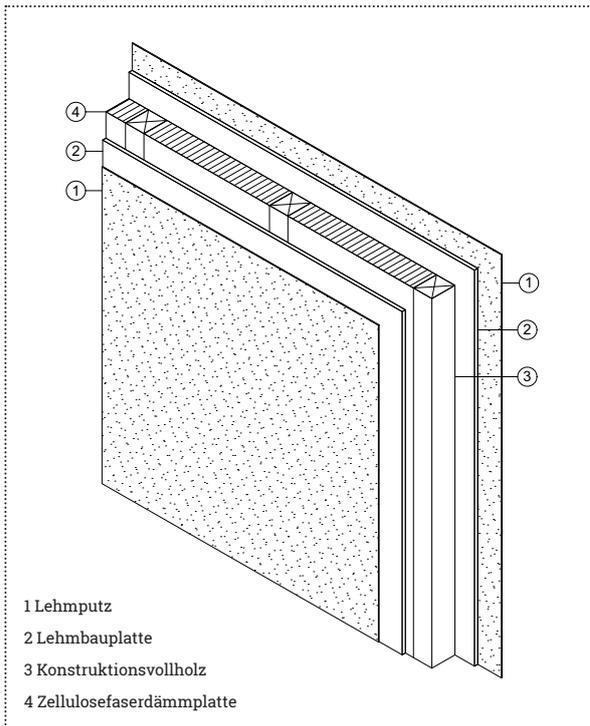
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer		Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	80	
GWP Betrag biogen + fossil	80	80
RMI	80	80

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer		Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	
GWP Betrag biogen + fossil	20	20
RMI	20	20

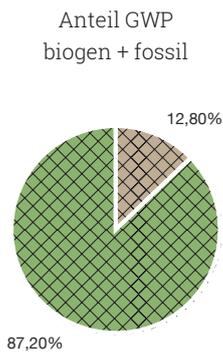
### 3.3.3 Trockenbau, Holzständerwand mit Lehm- bauplatte



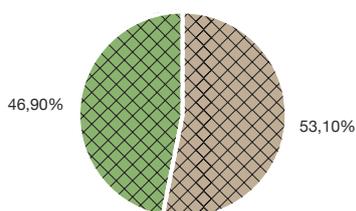
#### Einteilung in Rückbaufraktionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3/4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	10,2	69,8	80,0
RMI	42,5	37,5	80,0

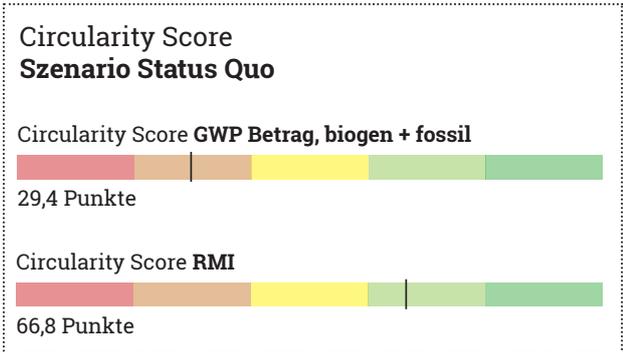
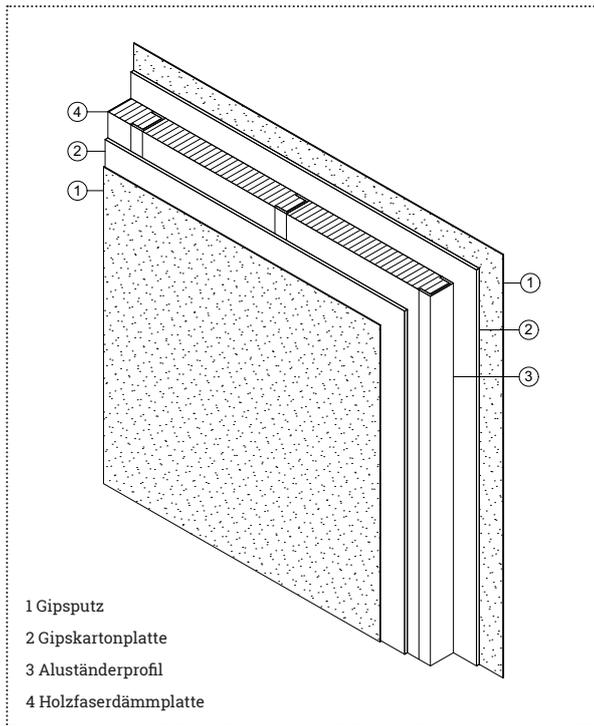
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	2	1	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	20	20	40	10	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	0,6	0,7	11,3	5,9	0,7	0,6	19,7
RMI	2,4	2,9	0,9	4,5	2,9	2,4	16,0

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	2	1	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	80	60	40	0	60	80	
GWP Betrag biogen + fossil	2,3	2,1	11,3	0,0	2,1	2,3	20,1
RMI	9,7	8,7	0,9	0,0	8,7	9,7	37,6

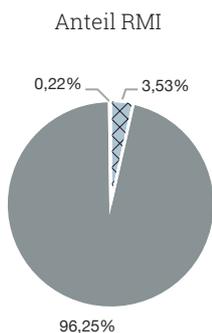
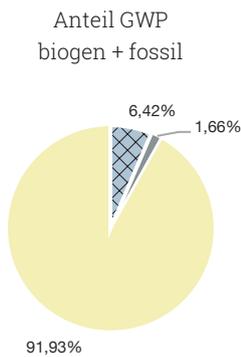
### 3.3.4 Trockenbau, Aluständerwerk mit Gipskartonplatte



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/2	3	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	40	80	100	
GWP Betrag biogen + fossil	2,6	1,3	91,9	95,8
RMI	1,4	77,0	0,2	78,6

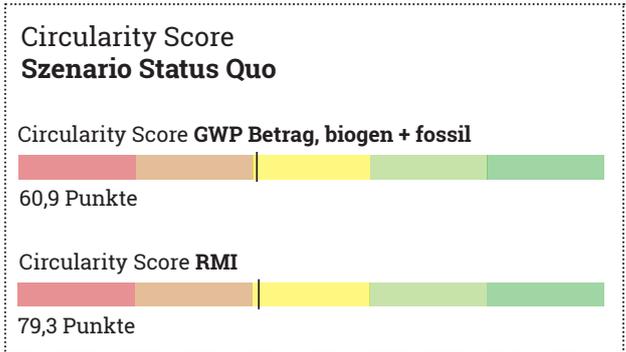
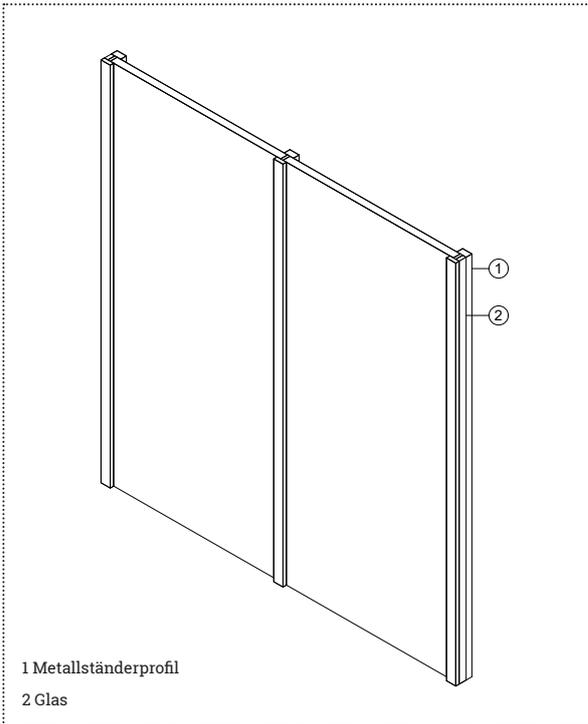
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	2	1	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	20	20	70	10	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	0,1	0,5	1,2	9,2	0,5	0,1	11,6
RMI	0,2	0,2	67,4	0,0	0,2	0,2	68,1

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	2	1	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	80	60	60	0	60	80	
GWP Betrag biogen + fossil	0,5	1,5	1,0	0,0	1,5	0,5	5,1
RMI	0,7	0,5	57,7	0,0	0,5	0,7	60,2

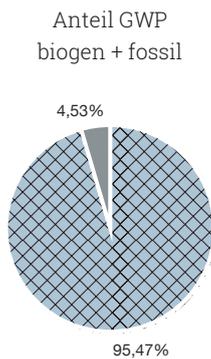
### 3.3.5 Trockenbau, Aluständerwerk mit Glas



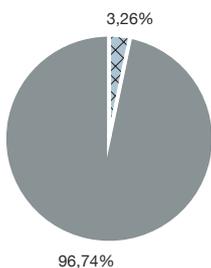
#### Einteilung in Rückbaufraktionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	● 1	● 2	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	76,4	3,6	80,0
RMI	2,6	77,4	80,0

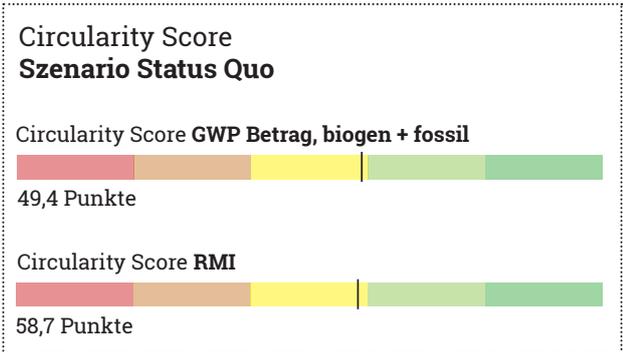
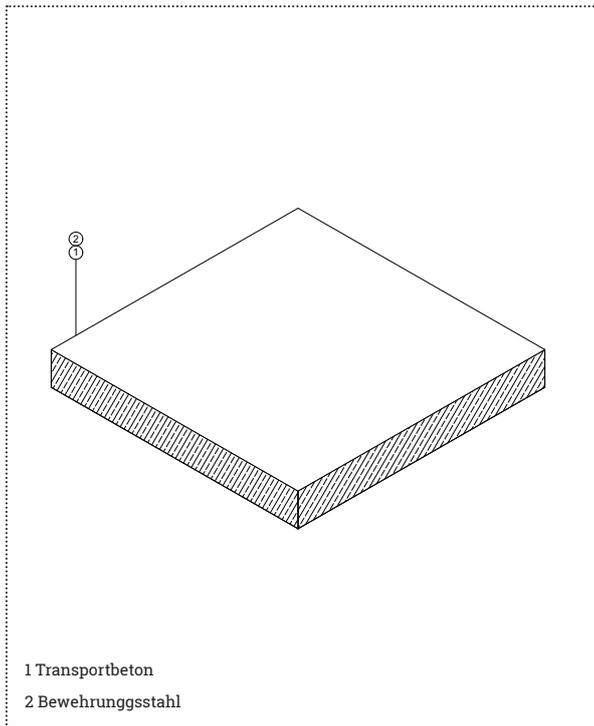
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	● 1	● 2	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	3,6	76,4	80
RMI	77,4	2,6	80

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	● 1	● 2	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	80	40	
GWP Betrag biogen + fossil	3,6	38,2	41,8
RMI	77,4	1,4	78,7

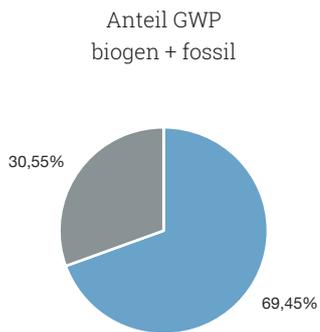
### 3.4.1 Flachdecke



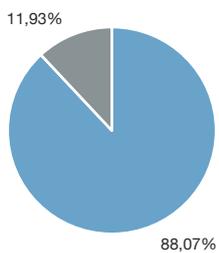
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	● 1    ● 2		Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2	
Aufwand Rückbau	20	20	
GWP Betrag biogen + fossil	13,9	6,1	20,0
RMI	22,9	3,1	26,0

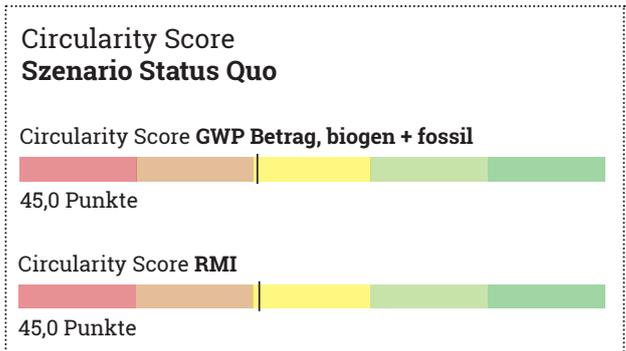
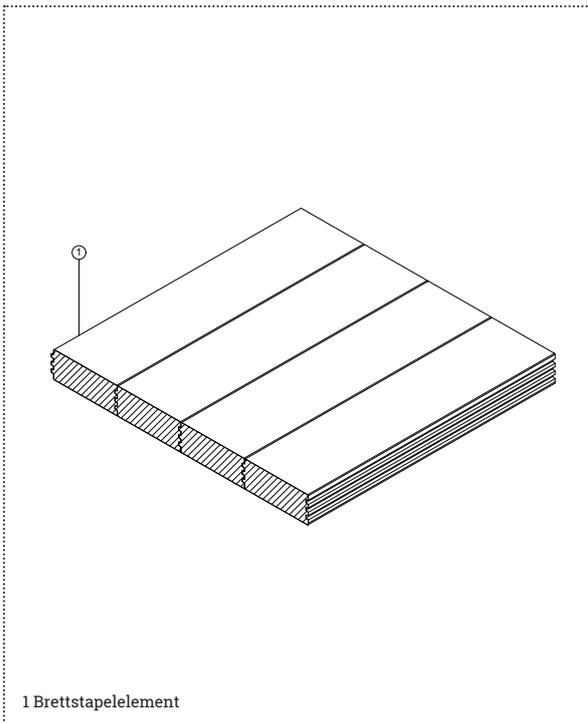
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	● 1    ● 2		Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2	
Aufwand Aufbereitung	70	80	
GWP Betrag biogen + fossil	48,6	80,1	73,1
RMI	24,4	12,4	92,5

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	● 1    ● 2		Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2	
Aufwand Einsetzbarkeit	40	80	
GWP Betrag biogen + fossil	27,8	24,4	52,2
RMI	45,7	12,4	58,1

### 3.4.2 Brettstapeldecke



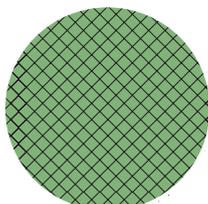
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Mischfraktion 1



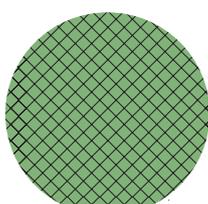
#### Anteile Fraktionen

Anteil GWP biogen + fossil



100,00%

Anteil RMI



100,00%

#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer		Bewertung
Aufwand Rückbau	20	Gesamtkonstruktion
GWP Betrag biogen + fossil	20	20
RMI	20	20

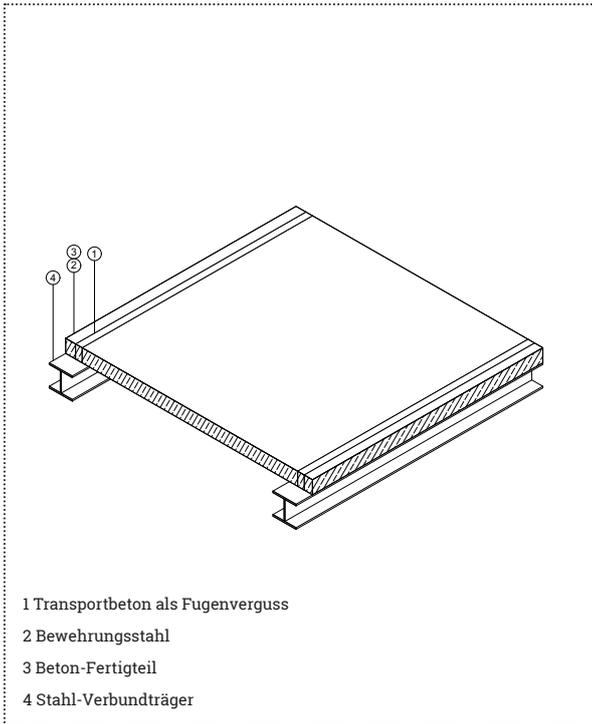
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer		Bewertung
Aufwand Aufbereitung	80	Gesamtkonstruktion
GWP Betrag biogen + fossil	80	80
RMI	80	80

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer		Bewertung
Aufwand Einsetzbarkeit	40	Gesamtkonstruktion
GWP Betrag biogen + fossil	40	40
RMI	40	40

### 3.4.3 Stahlverbundträger mit Fertigteildecke



#### Circularity Score Szenario Status Quo

Circularity Score GWP Betrag, biogen + fossil

67,2 Punkte

Circularity Score RMI

68,3 Punkte

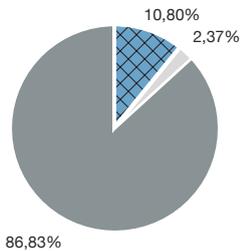
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Mischfraktion 1 Monofraktion 1 Monofraktion 2

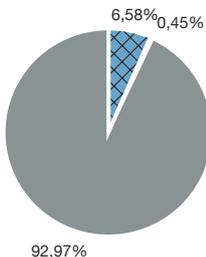


#### Anteile Fraktionen

Anteil GWP biogen + fossil



Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/3	2	4	Bewertung
Aufwand Rückbau	20	20	40	
GWP Betrag biogen + fossil	2,2	0,5	34,7	37,4
RMI	1,3	0,1	37,2	38,6

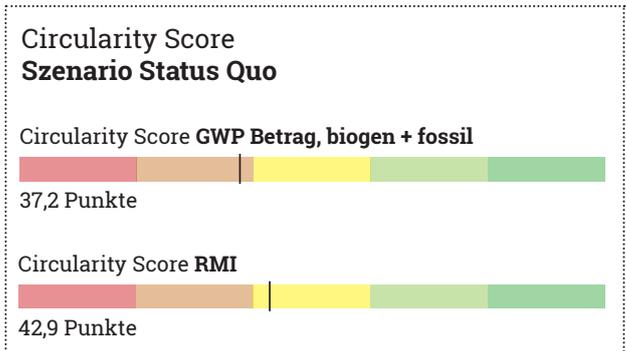
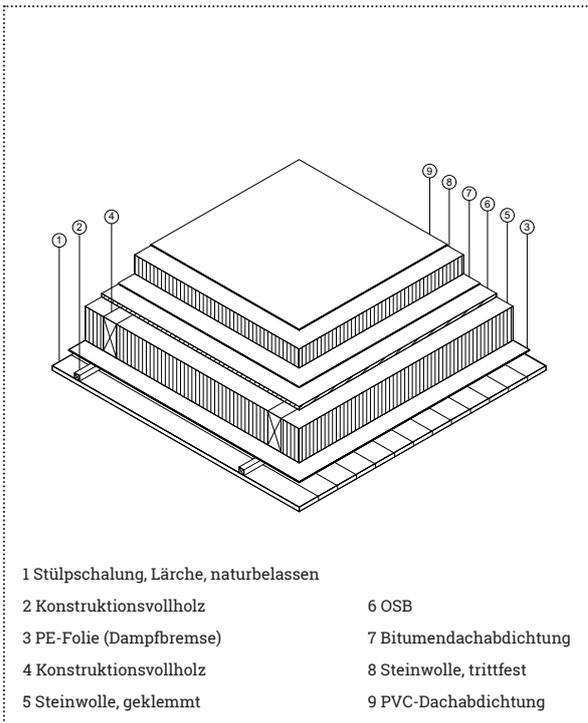
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung
Aufwand Aufbereitung	80	80	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	4,3	4,3	1,9	69,5	80,0
RMI	2,6	2,6	0,4	74,4	80,0

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung
Aufwand Einsetzbarkeit	40	40	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	2,2	2,2	1,9	69,5	75,7
RMI	1,3	1,3	0,4	74,4	77,4

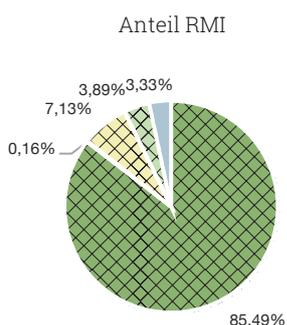
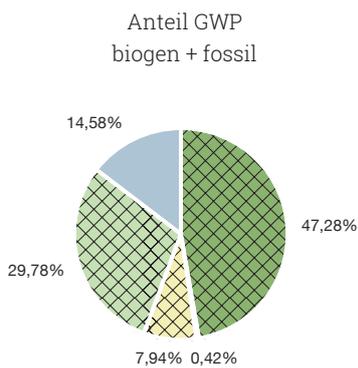
### 3.4.4 Holzbalkendecke, Aufdachdämmung, nicht belüftet



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/ 2/ 4	3	5/ 8	6/ 7	9	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	20	20	100	60	80	
GWP Betrag biogen + fossil	9,5	0,1	7,9	17,9	11,7	47,0
RMI	17,1	0,0	7,1	2,3	2,7	29,3

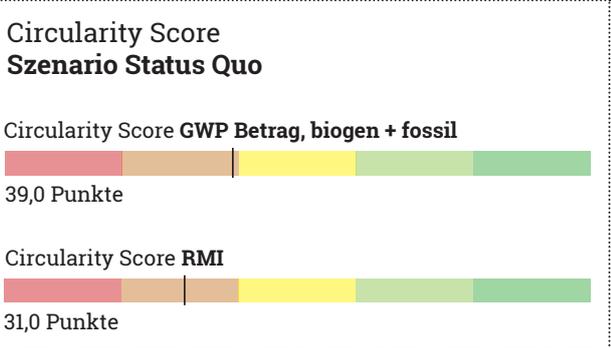
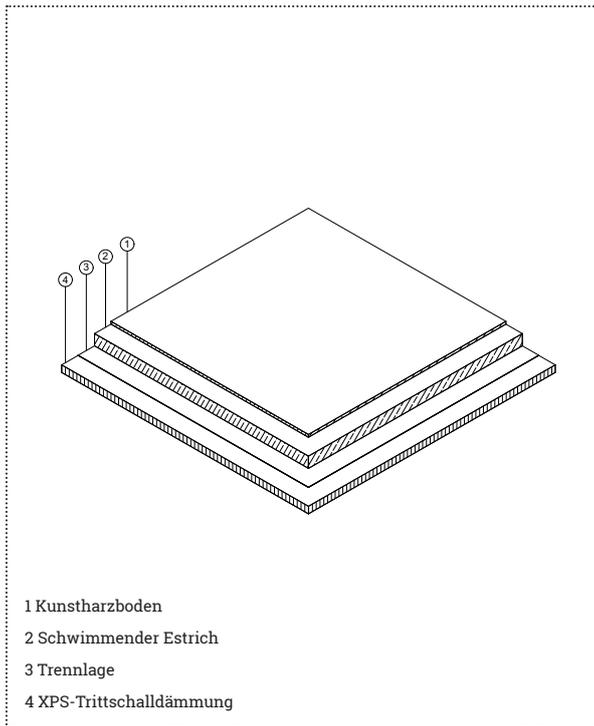
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	70	70	20	70	10	0	0	10	20	
GWP Betrag biogen + fossil	14,6	2,9	0,1	15,6	0,5	0,0	0,0	0,3	2,9	36,9
RMI	57,5	0,4	0,0	1,9	0,4	0,0	0,0	0,3	0,7	61,3

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	40	40	0	40	60	0	0	60	60	
GWP Betrag biogen + fossil	8,3	1,7	0,0	8,9	2,7	0,0	0,0	2,0	8,8	32,4
RMI	32,9	0,2	0,0	1,1	2,5	0,0	0,0	1,8	2,0	40,5

### 3.5.1 Fußbodenaufbau Gussbodenbelag



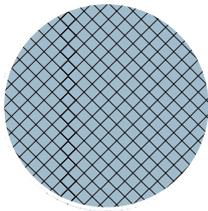
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Mischfraktion 1

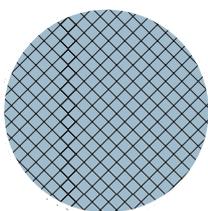


#### Anteile Fraktionen

Anteil GWP biogen + fossil



Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1-4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	80	
GWP Betrag biogen + fossil	80	80
RMI	80	80

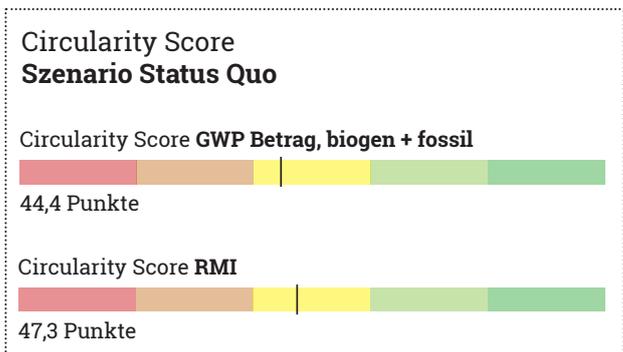
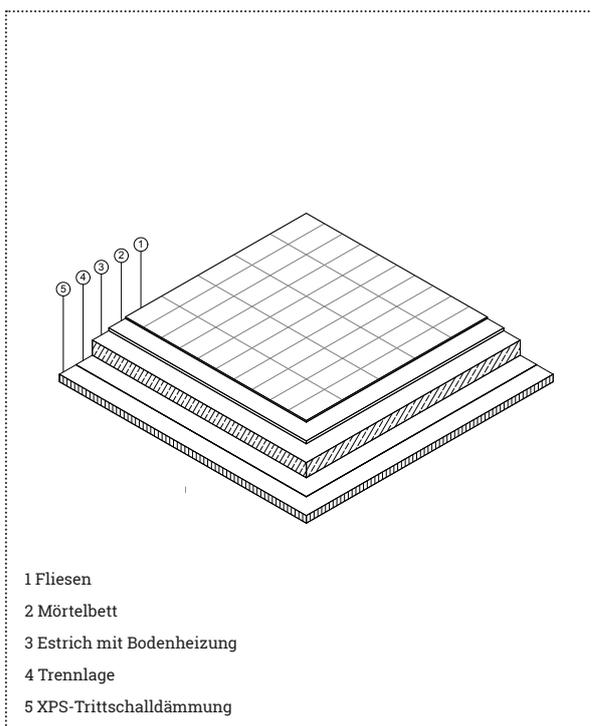
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	0	70	10	10	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	40,5	0,1	1,4	42,1
RMI	0,0	22,9	0,0	6,3	29,3

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	20	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	5,3	11,6	0,0	0,0	16,9
RMI	0,8	6,6	0,0	0,0	7,4

### 3.5.2 Fußbodenaufbau Fliesen



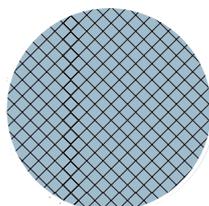
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Mischfraktion 1

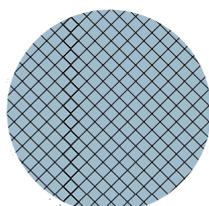


#### Anteile Fraktionen

Anteil GWP biogen + fossil



Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1-5	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	80	
GWP Betrag biogen + fossil	80	80
RMI	80	80

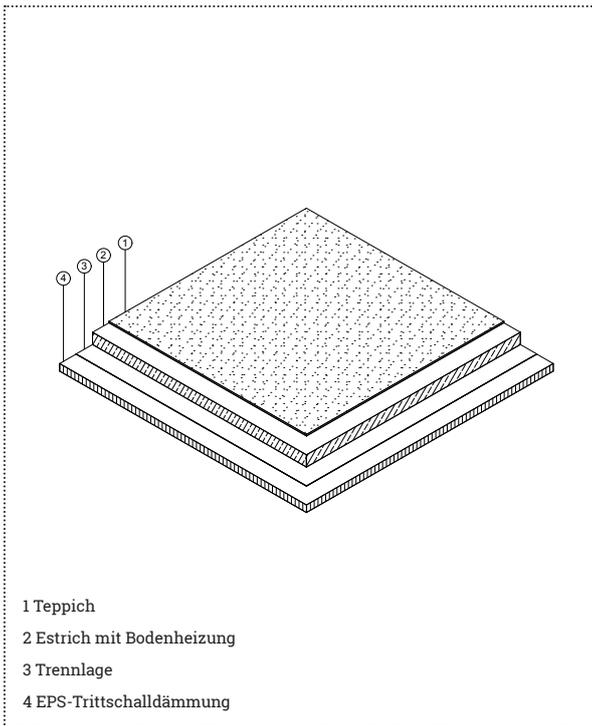
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	70	70	70	10	10	
GWP Betrag biogen + fossil	19,5	8,9	32,8	0,1	1,2	62,5
RMI	12,3	37,1	20,1	0,0	0,1	69,6

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	20	20	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	5,6	2,6	9,4	0,0	0,0	17,5
RMI	3,5	10,6	5,7	0,0	0,0	19,9

### 3.5.3 Fußbodenaufbau Teppich



#### Circularity Score Szenario Status Quo

Circularity Score GWP Betrag, biogen + fossil

29,9 Punkte

Circularity Score RMI

32,8 Punkte

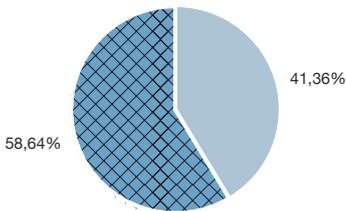
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Monofraktion 1    Mischfraktion 1

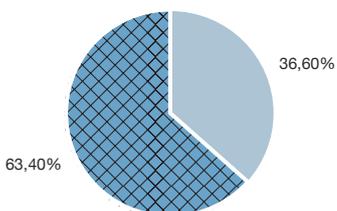


#### Anteile Fraktionen

Anteil GWP biogen + fossil



Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1	2-4	Bewertung
Aufwand Rückbau	80	40	
GWP Betrag biogen + fossil	33,1	23,5	56,5
RMI	29,3	25,4	54,6

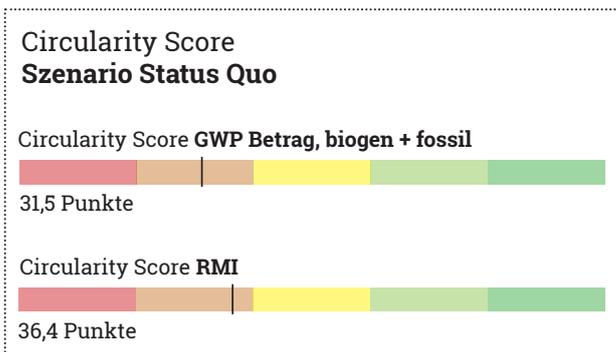
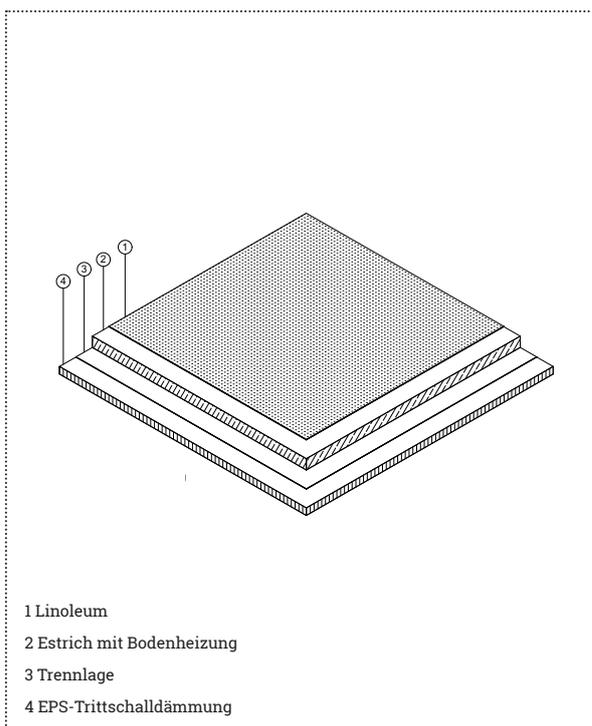
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung
Aufwand Aufbereitung	20	70	10	10	
GWP Betrag biogen + fossil	8,3	34,2	0,1	0,9	43,4
RMI	7,3	44,0	0,0	0,0	51,4

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung
Aufwand Einsetzbarkeit	0	20	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	9,8	0,0	0,0	9,8
RMI	0,0	12,6	0,0	0,0	12,6

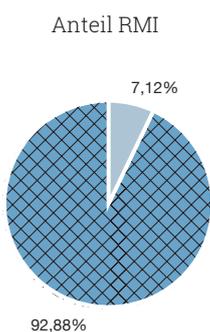
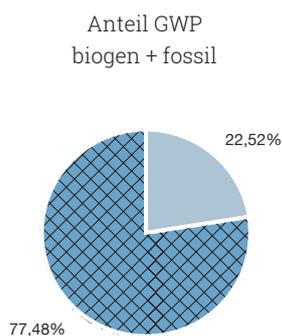
### 3.5.4 Fußbodenaufbau Linoleum



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	● 1	● 2-4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	100	40	
GWP Betrag biogen + fossil	22,5	31,0	53,5
RMI	7,1	37,2	44,3

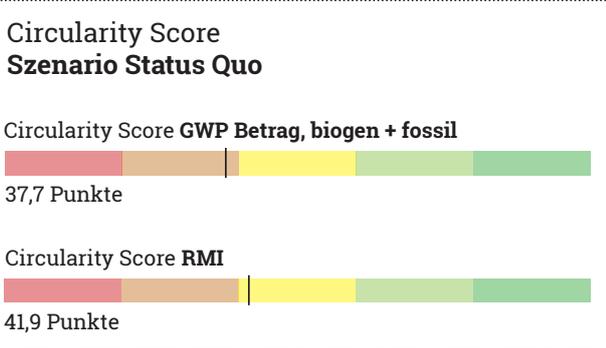
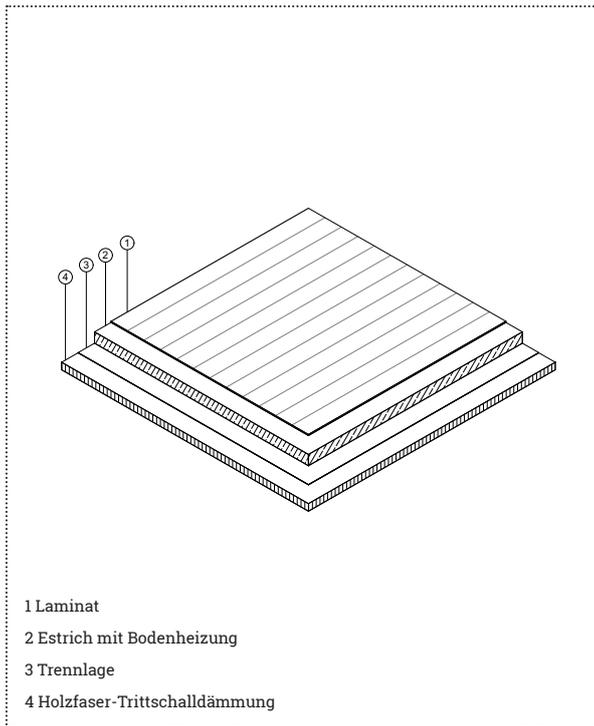
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	● 1	● 2	● 3	● 4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	0	70	10	10	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	45,2	0,1	1,2	46,5
RMI	0,0	64,5	0,0	0,0	64,6

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	● 1	● 2	● 3	● 4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	0	20	0	0	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	12,9	0,0	0,0	12,9
RMI	0,0	18,4	0,0	0,0	18,4

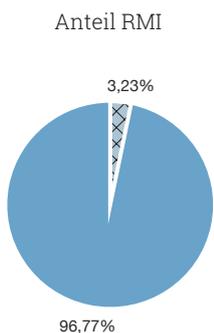
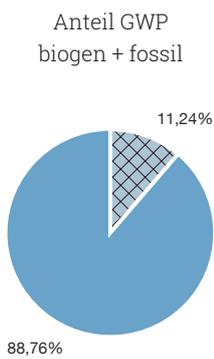
### 3.5.5 Fußbodenaufbau Laminat



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	Fraktion		Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2-4	
Aufwand Rückbau	100	60	
GWP Betrag biogen + fossil	11,2	53,3	64,5
RMI	3,2	58,1	61,3

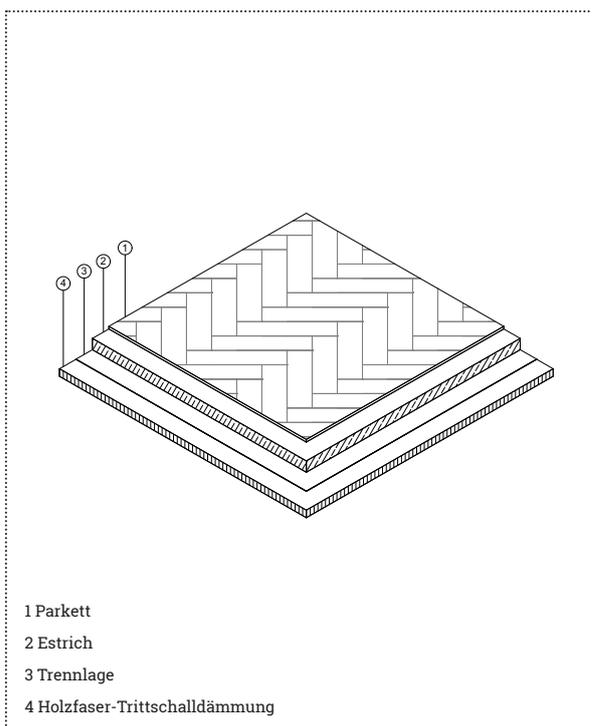
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	Fraktion				Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2	3	4	
Aufwand Aufbereitung	10	70	10	10	
GWP Betrag biogen + fossil	1,1	19,7	0,1	6,0	26,9
RMI	0,3	67,0	0,0	0,1	67,4

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	Fraktion				Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2	3	4	
Aufwand Einsetzbarkeit	0	20	0	40	
GWP Betrag biogen + fossil	0,0	5,6	0,0	24,0	29,7
RMI	0,0	19,1	0,0	0,3	19,4

### 3.5.6 Fußbodenaufbau Parkett



#### Circularity Score Szenario Status Quo

Circularity Score GWP Betrag, biogen + fossil



Circularity Score RMI



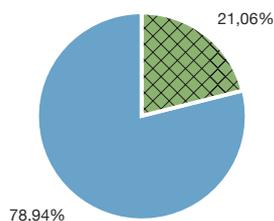
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Mischfraktion 1 Monofraktion 1

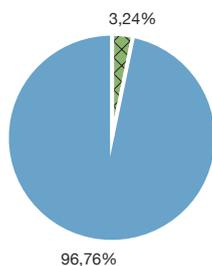


#### Anteile Fraktionen

Anteil GWP biogen + fossil



Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1	2-4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	100	60	
GWP Betrag biogen + fossil	21,1	47,4	68,4
RMI	3,2	58,1	61,3

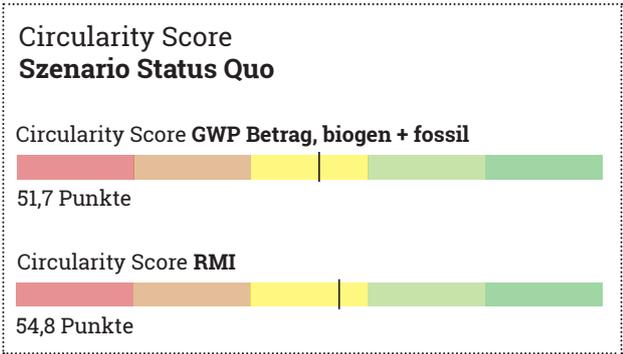
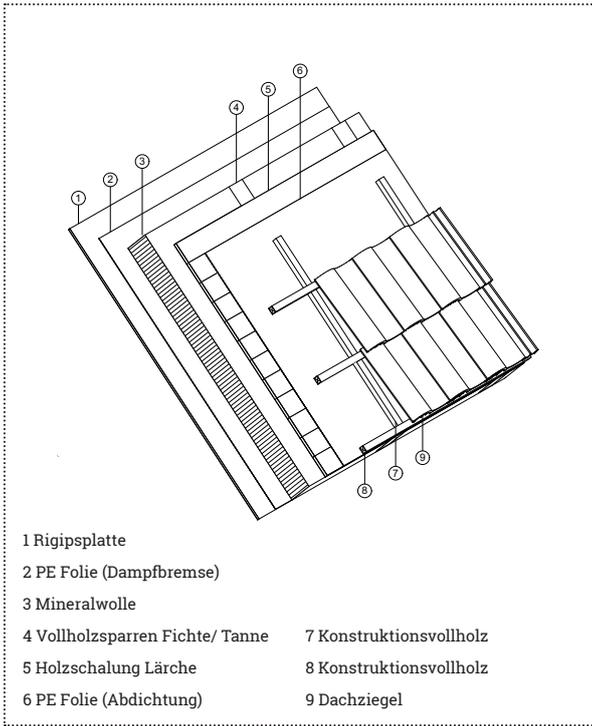
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	50	70	10	10	
GWP Betrag biogen + fossil	10,5	17,5	0,0	5,3	33,4
RMI	1,6	67,0	0,0	0,1	68,7

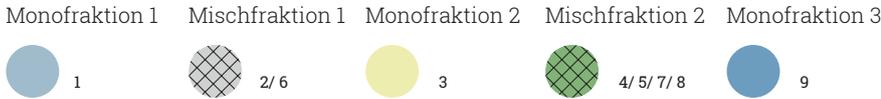
#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	40	20	0	40	
GWP Betrag biogen + fossil	8,4	5,0	0,0	21,4	34,8
RMI	1,3	19,1	0,0	0,3	20,7

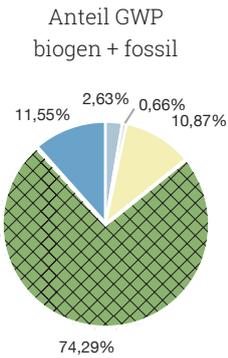
### 3.6.1 Schrägdach, Holzkonstruktion mit Ziegel



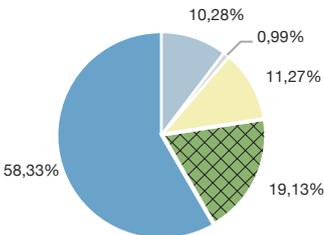
#### Einteilung in Rückbaufraktionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1	2/6	3	4/5/7/8	9	Bewertung
Aufwand Rückbau	100	80	100	80	100	
GWP Betrag biogen + fossil	2,6	0,5	10,9	59,4	11,5	85,0
RMI	10,3	0,8	11,3	15,3	58,3	96,0

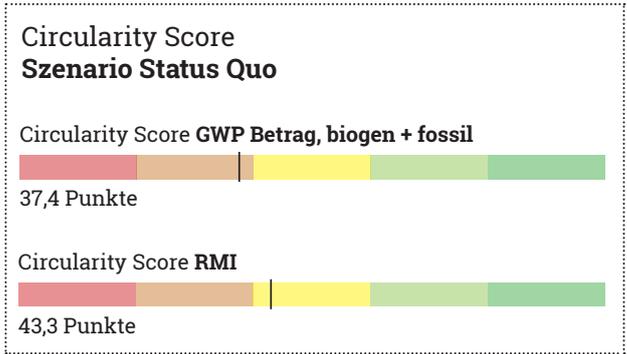
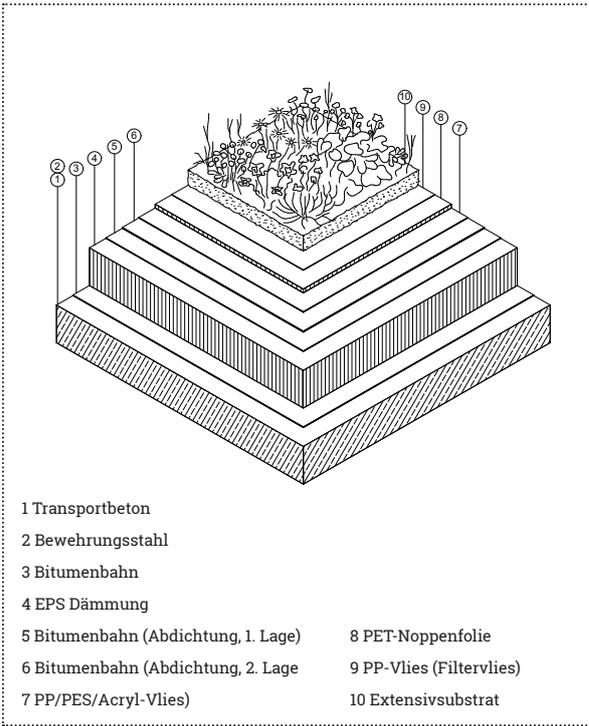
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bewertung
Aufwand Aufbereitung	20	10	20	40	40	10	40	40	80	
GWP Betrag biogen + fossil	0,5	0,0	2,2	5,3	5,0	0,0	11,1	8,3	9,2	41,7
RMI	2,1	0,0	2,3	1,3	1,8	0,0	2,6	2,0	46,7	58,7

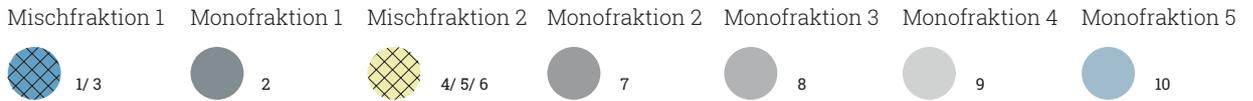
#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bewertung
Aufwand Einsetzbarkeit	60	0	60	40	40	0	40	40	20	
GWP Betrag biogen + fossil	1,6	0,0	6,5	5,3	5,0	0,0	11,1	8,3	2,3	40,1
RMI	6,2	0,0	6,8	1,3	1,8	0,0	2,6	2,0	11,7	32,2

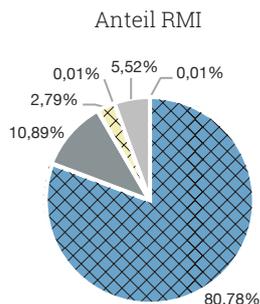
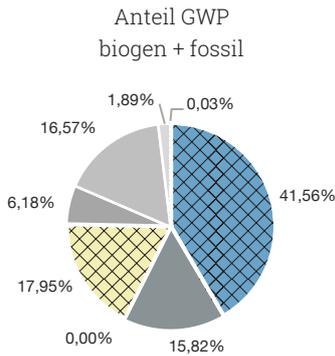
### 3.6.2 Flachdach, Stahlbeton mit extensiver Begrünung



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/3	2	4/5/6	7	8	9	10	Bewertung	
Aufwand Rückbau	20	20	100	100	100	100	20	Gesamtkonstruktion	
GWP Betrag biogen + fossil	8,3	3,2	18,0	6,2	16,6	1,9	0,0		54,1
RMI	16,2	2,2	2,8	0,0	5,5	0,0	0,0		26,7

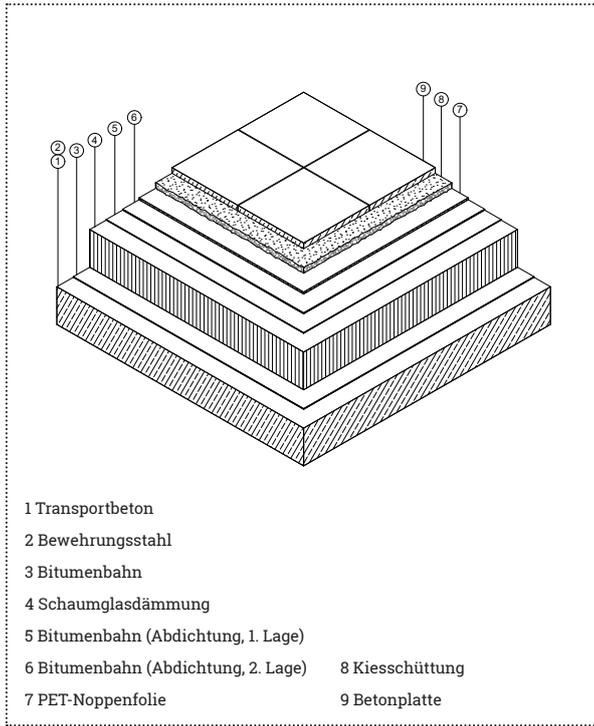
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Bewertung	
Aufwand Aufbereitung	70	80	0	10	0	0	10	10	10	20	Gesamtkonstruktion	
GWP Betrag biogen + fossil	25,2	12,7	0,0	1,1	0,0	0,0	0,6	1,7	0,2	0,0		41,4
RMI	55,8	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0		65,1

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

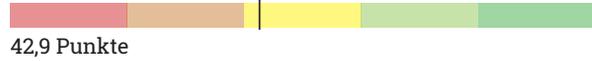
Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Bewertung	
Aufwand Einsetzbarkeit	40	80	0	0	0	0	0	0	0	0	Gesamtkonstruktion	
GWP Betrag biogen + fossil	14,4	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		27,0
RMI	31,9	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		40,6

### 3.6.3 Flachdach, Stahlbeton mit Betonplatten, begehbar



#### Circularity Score Szenario Status Quo

Circularity Score GWP Betrag, biogen + fossil



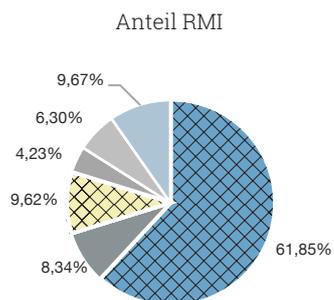
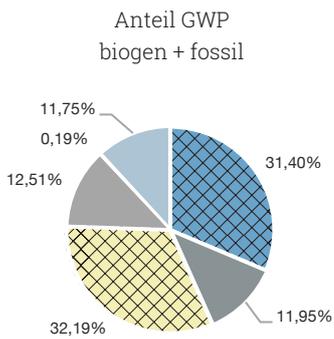
Circularity Score RMI



#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1/3	2	4/5/6	7	8	9	Bewertung
Aufwand Rückbau	20	20	100	100	20	100	
GWP Betrag biogen + fossil	6,3	2,4	32,2	12,5	0,0	11,8	65,2
RMI	12,4	1,7	9,6	4,2	1,3	9,7	38,8

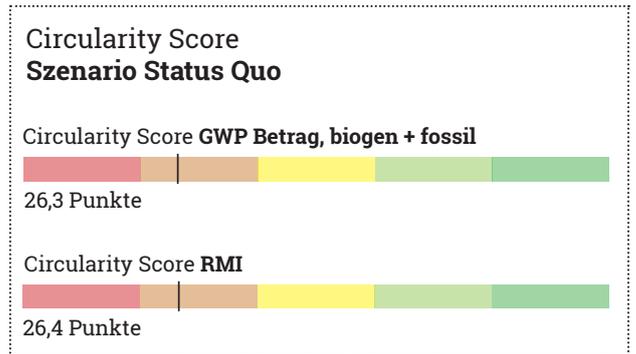
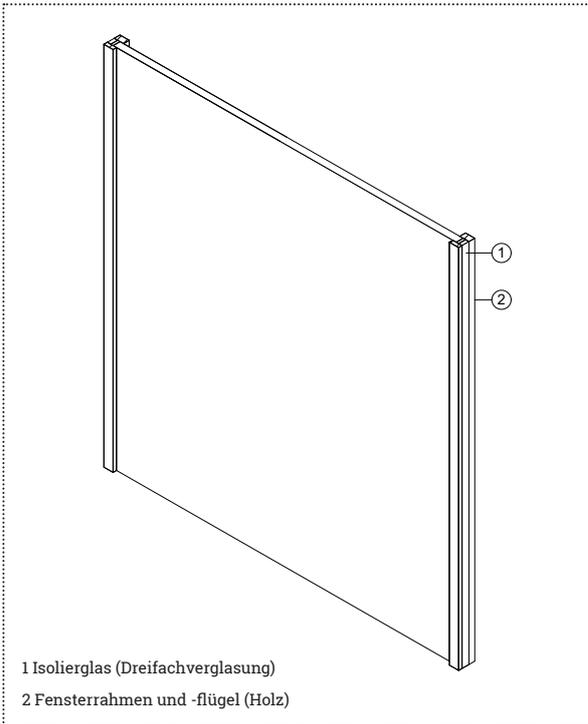
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bewertung
Aufwand Aufbereitung	70	80	0	0	0	0	20	100	80	
GWP Betrag biogen + fossil	19,0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,2	9,4	40,7
RMI	42,8	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	6,3	7,7	64,3

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bewertung
Aufwand Einsetzbarkeit	40	80	0	0	0	0	60	100	40	
GWP Betrag biogen + fossil	10,9	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,2	4,7	32,8
RMI	24,4	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	6,3	3,9	43,8

### 3.7.1 Fenster, Holz

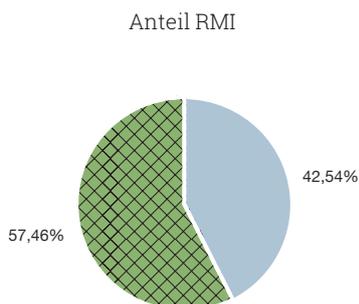
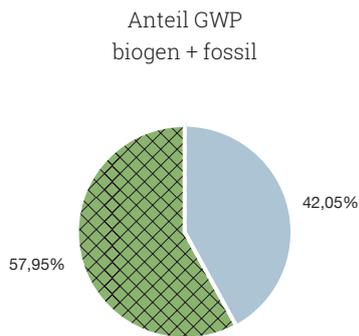


#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Monofraktion 1 Mischfraktion 1



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1	2	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	33,6	46,4	80,0
RMI	34,0	46,0	80,0

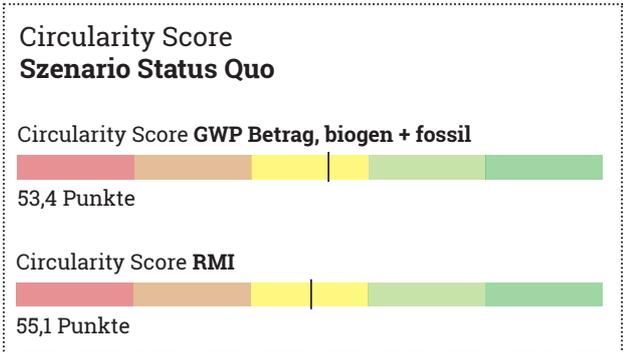
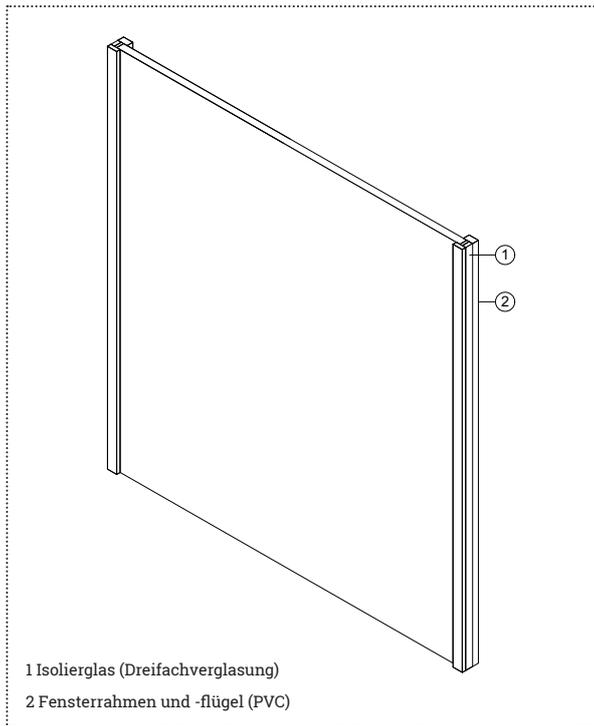
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	20	0	
GWP Betrag biogen + fossil	8,4	0,0	8,4
RMI	8,5	0,0	8,5

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	0	
GWP Betrag biogen + fossil	8,4	0,0	8,4
RMI	8,5	0,0	8,5

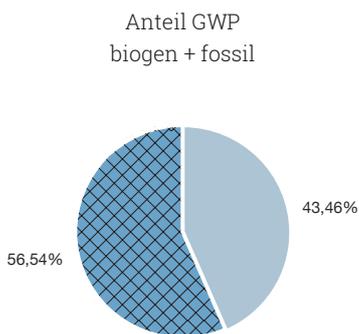
### 3.7.2 Fenster, Kunststoff



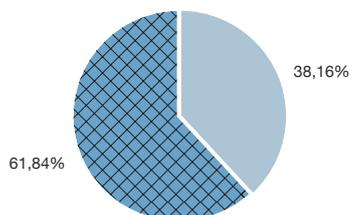
#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Monofraktion 1    Mischfraktion 1

#### Anteile Fraktionen



#### Anteil RMI



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer			Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2	
Aufwand Rückbau	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	34,8	45,2	80,0
RMI	30,5	49,5	80,0

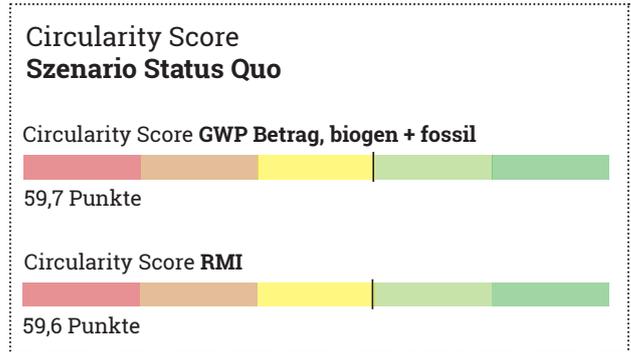
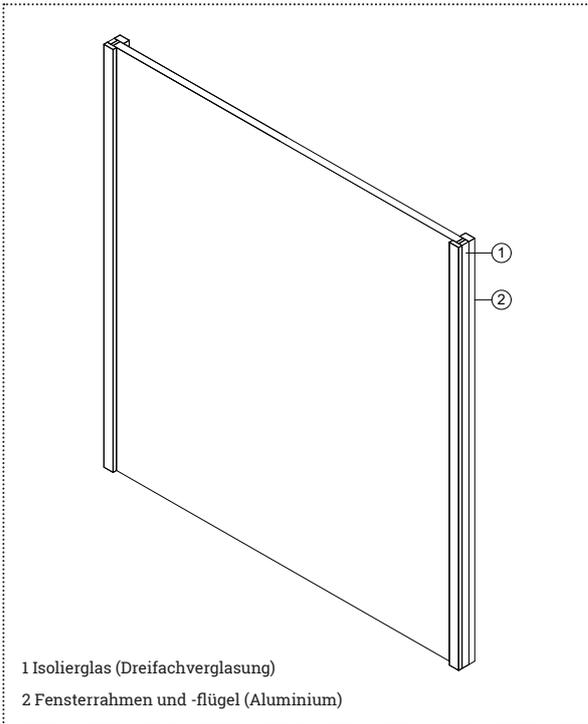
#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer			Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2	
Aufwand Aufbereitung	20	70	
GWP Betrag biogen + fossil	8,7	39,6	48,3
RMI	7,6	43,3	50,9

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer			Bewertung Gesamtkonstruktion
	1	2	
Aufwand Einsetzbarkeit	20	60	
GWP Betrag biogen + fossil	8,7	33,9	42,6
RMI	7,6	37,1	44,7

### 3.7.3 Fenster, Aluminium

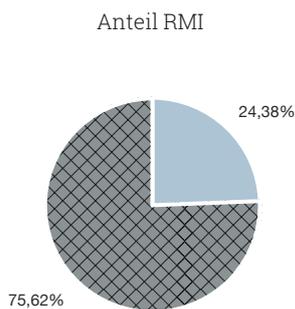
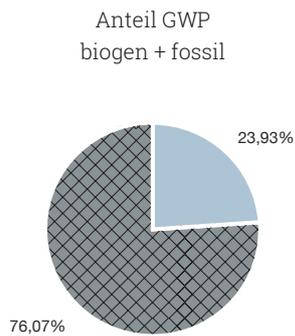


#### Einteilung in Rückbaufractionen, Status Quo

Monofraktion 1 Mischfraktion 1



#### Anteile Fraktionen



#### Bewertung Rückbau, Status Quo

Schichtnummer	1	2	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Rückbau	80	80	
GWP Betrag biogen + fossil	19,1	60,9	80,0
RMI	19,5	60,5	80,0

#### Bewertung Aufbereitung, Status Quo

Schichtnummer	1	2	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Aufbereitung	20	70	
GWP Betrag biogen + fossil	4,8	53,2	58,0
RMI	4,9	52,9	57,8

#### Bewertung Einsetzbarkeit, Status Quo

Schichtnummer	1	2	Bewertung Gesamtkonstruktion
Aufwand Einsetzbarkeit	20	60	
GWP Betrag biogen + fossil	4,8	45,6	50,4
RMI	4,9	45,4	50,2

### 3.8 Auswertung Bauteile

Die Evaluation der Bauteile des Circularity-Scores zeigt, dass derzeit die Mehrzahl der untersuchten Gebäude ein mittleres Ergebnis erzielen. Dies ist derzeit nahe an der Realität, da eine echte Kreislaufführung von Baustoffen aller Art kaum etabliert ist.

Eine Aluminium-Pfosten Riegel Konstruktion zeigt einen hohen CS, da die Fassade leicht zu lösen ist, für die Aufbereitung eine Infrastruktur Stand der Technik ist. Außenwände aus Ziegel oder Holzrahmenbau mit Holzfaserdämmung zeigen eine relativ niedrige Bewertung, weil die Aufbereitung und Wiedereinsetzbarkeit zu einem hochwertigem Produkt bisher noch nicht umgesetzt wird. Der Circularity-Score macht deutlich, dass vor allem bei diesen Konstruktionen ein enormes Nachnutzungspotential besteht.

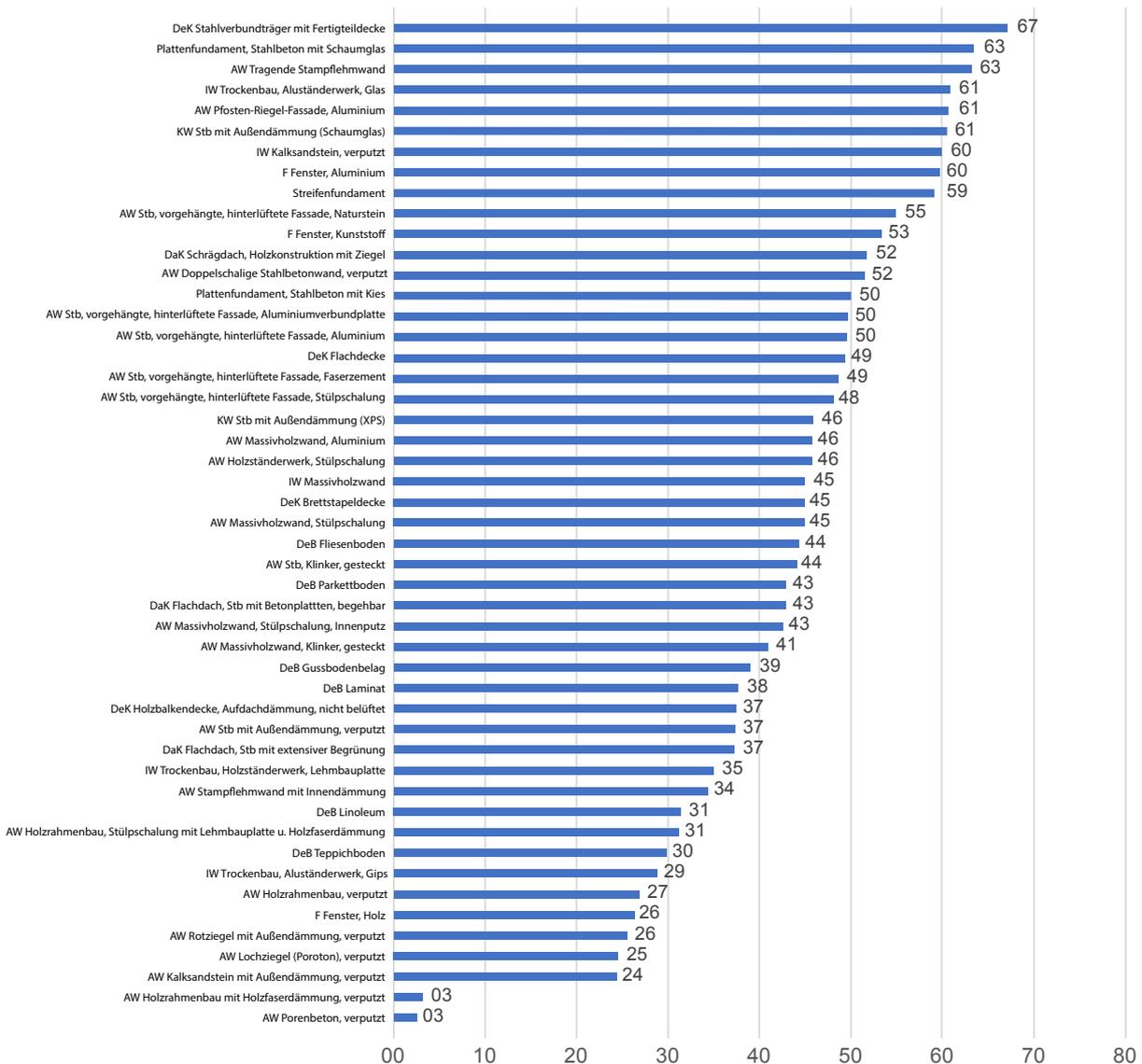


Abb.09: Circularity Score nach GWP

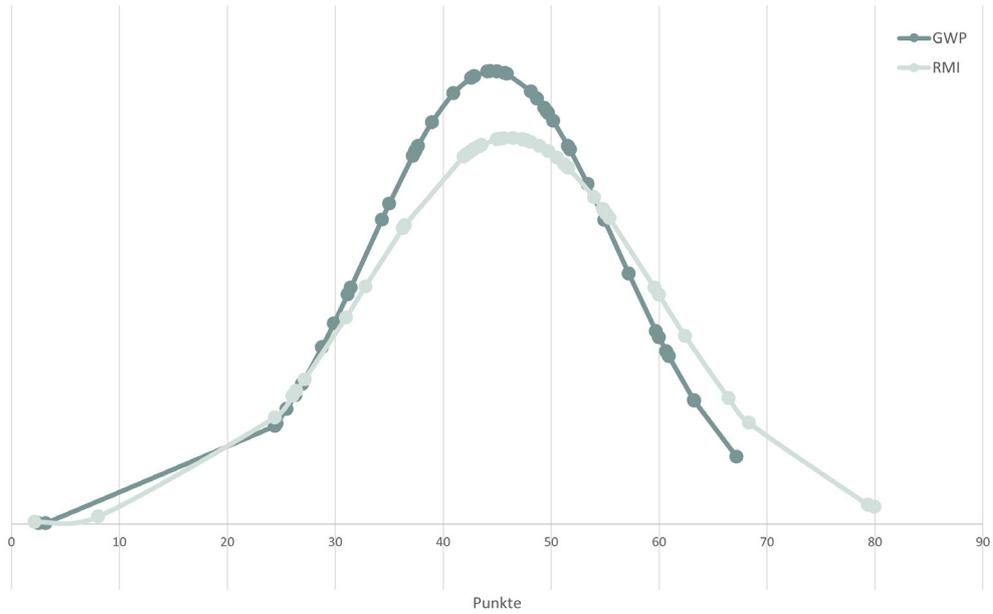


Abb.10: Häufigkeitsverteilung der errechneten Circularity Scores auf Bauteilebene

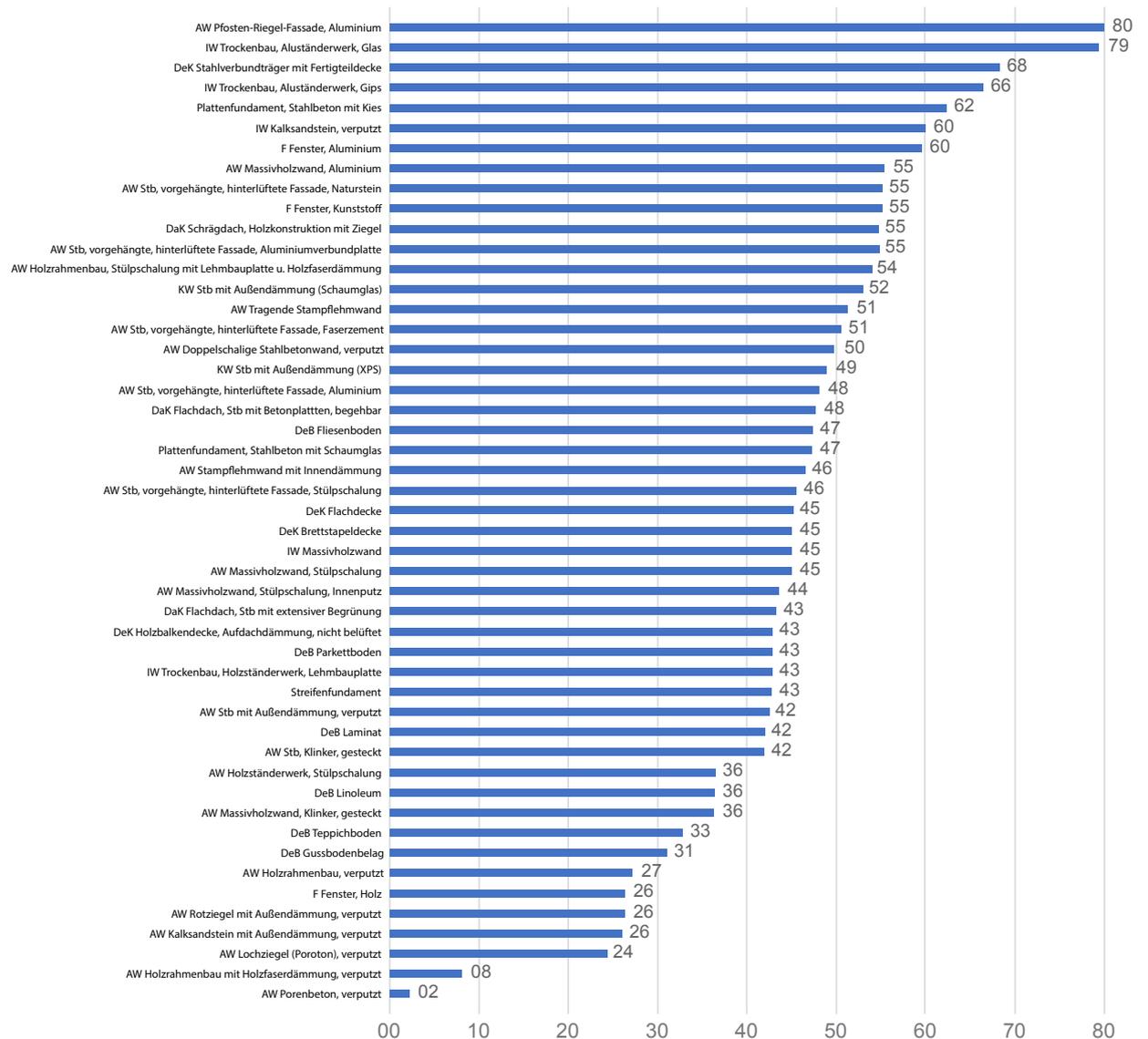


Abb.11: Circularity Score nach RMI

## 4. Anwendung der Methode auf die Gebäudeebene

Um die Anschlussfähigkeit der Methodik zur Alltagspraxis von Planenden und Architekt\*innen herzustellen, wurde die Methodik nach Fertigstellung auf Bauteilebene um die Gebäudeebene erweitert. Dies ermöglicht perspektivisch die Integration der Circularity-Score-Methode in bestehende Gebäudebewertungs-Tools. Für jedes der im obigen Katalog beschriebenen Bauteile wird zunächst der Circularity Score errechnet (Berechnungsmethode siehe oben).

Um den Score für ein spezifisches Gebäude zu ermitteln, werden die jeweiligen Punktzahlen der Bauteil-Scores zu einem Gesamtscore aggregiert, der ebenfalls nach RMI und GWP (Betrag biogen und fossil) gewichtet wird. Dies erfolgt, indem zunächst für jedes im Gebäude verbaute Bauteil die jeweiligen Werte für GWP (Betrag biogen und fossil) und RMI ermittelt werden. Im Anschluss wird ermittelt, wie hoch der Anteil an GWP (Betrag biogen und fossil) bzw. an RMI des jeweiligen Bauteils am gesamten GWP (Betrag biogen und fossil) bzw. RMI des Gebäudes ist. Diese prozentualen Anteile werden nun multipliziert mit den zuvor ermittelten Bauteil-Scores nach GWP (Betrag biogen und fossil) bzw. RMI. Die Summe dieser Punktzahlen ergeben die Circularity Scores, je nach Betrachtung für GWP (Betrag biogen und fossil) und RMI.

Um den Gebäude-Score auf Anwendbarkeit und Aussagekraft zu testen, wurden vier verschiedene Gebäudetypen simuliert und je Gebäudetyp die Scores für 25 verschiedene Baukonstruktionen berechnet. Insgesamt wurden demnach 100 Gebäude simuliert und 100 Gebäude-Scores (jeweils nach Gewichtung GWP (Betrag biogen und fossil) und Gewichtung RMI) errechnet. Die angewandten Konstruktionen stimmen überein mit den Bauteilaufbauten des Bauteilkatalogs.

Bei den Gebäudetypen handelte es sich um folgende vier Bauweisen:

- 1.) Einfamilienhaus, zweigeschossig, Grundfläche: 120 m<sup>2</sup>
- 2.) Einfamilienhaus, zweigeschossig, mit Staffelgeschoss, Grundfläche: 150 m<sup>2</sup>
- 3.) Reihenhaus, dreigeschossig, Grundfläche: 248 m<sup>2</sup>
- 4.) Mehrfamilienhaus, dreigeschossig, Grundfläche: 256m<sup>2</sup>

Wie in Abbildung 11 ersichtlich, wurden für die überwiegende Anzahl der 100 Gebäude Circularity Scores mit mittleren Werten von 40-50 Punkten errechnet. Der schlechteste Gebäude-Score mit Gewichtung nach GWP (Betrag biogen und fossil) liegt bei 34 Punkten, der beste bei 55 Punkten. Bei der Gewichtung nach RMI lag der schlechteste Score bei 29, der beste bei 55. In Anlage 4 befindet sich eine Ergebnisübersicht aller errechneter Scores. In Anlage 5 finden sich zudem die detaillierten Berechnungen einiger Beispielgebäude.

Relativ schlecht schneiden die Gebäude in Holzbauweise ab, was jedoch nicht zu dem Trugschluss verleiten sollte, dass Holzbauelemente grundsätzlich schlecht im Kreislauf geführt werden können. Vielmehr eröffnet sich hier, wie oben bereits angerissen, ein besonders hohes Entwicklungspotential: Die bestehenden Strukturen betreffend Rückbau bzw. Abriss sowie Aufbereitung und sekundärer Einsetzbarkeit, aber auch die Bauteilaufbauten mit samt ihren Fügungen sind in der Art und Weise umzugestalten, dass Holzbaustoffe besser im Kreislauf geführt werden können. Ein Verbrennen der Holzbaustoffe ist grundsätzlich zu vermeiden, da das im Holz gespeicherte CO<sub>2</sub> in diesem Fall in die Atmosphäre entweicht und diese belastet.

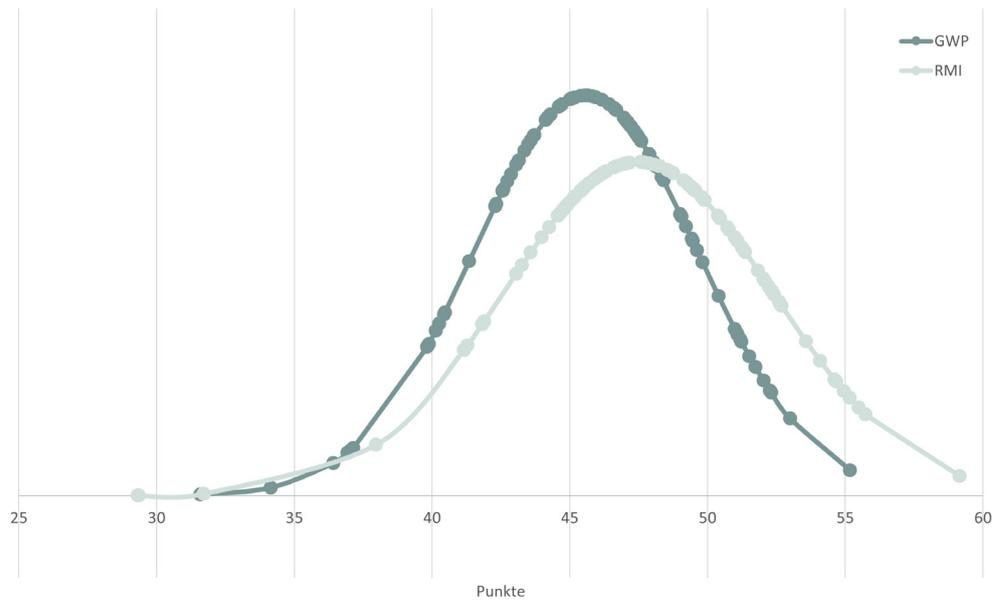


Abb.12: Häufigkeitsverteilung der errechneten Circularity Scores von 100 Gebäuden

## 5. Fazit und Reflektion

### 5.1 Fazit und Ausblick

Mit dem Circularity Score liegt eine Methode vor, um Produkte und Materialien, die in der Bausubstanz gebunden sind, hinsichtlich ihrer Eignung für den erneuten Einsatz unter Berücksichtigung ihrer Umweltwirkung zu bewerten. Aus Perspektive der Anwendung erscheint die Methode pragmatisch und richtungssicher. Der CS geht dabei differenziert auf die Phasen Rückbau, Aufbereitung und Wiedereinsetzbarkeit ein und bildet den Stand der Technik ab. Damit ist in der Methode gesichert, dass technologische Entwicklungen eingepflegt werden. Wir gehen davon aus, dass sich in naher Zukunft weitere Prozesse und Verfahren entwickeln, um Bauteile und Materialien einer weiteren Nutzung zuzuführen. In der Kategorie Aufbereitung könnten dann entsprechend andere Szenarien dargestellt werden und die Wiedereinsetzbarkeit würde sich verbessern. Damit unterscheidet der CS in statische Faktoren, die Bausubstanz und dynamische Faktoren, die in den technischen Weiterentwicklungsmethoden liegen. Die Methode ist damit robust und offen für Entwicklung. Sie kann genutzt werden, um diese Entwicklungspotentiale zu identifizieren.

Der CS ist die vorerst einzige Methode, die GWP (Betrag biogen und fossil) und RMI als Umweltindikatoren einsetzt und damit nicht nur eine ökologische Gewichtung vornimmt, sondern erstmals den bisher in nur wenigen Ökobilanzdaten zu findenden Indikator Raw Material Input nutzt, der wesentlich ist um die Nutzung primärer Rohstoffe zu quantifizieren.

Im Rückbau wurde in diesem Projekt von dem Stand der Technik ausgegangen. Im Rückbau passiert eine Weichenstellung, da durch die verschiedenen Prozesse Sortenreinheit, sowie Stoffgrößen definiert werden. Es wäre interessant ein Best-Practic Szenario zu entwickeln, um darzulegen, welche Verbesserung eintritt oder in welchen Fällen eine verbesserte Aufbereitung zu keiner Verbesserung führen würde. Erst wenn der CS Grundlage für Planungsentscheidungen ist, entfaltet er seine lenkende Wirkung.

Der CS kann dazu benutzt werden Bausubstanz hinsichtlich seiner Nachnutzbarkeit aus ökologischer Perspektive zu bewerten und somit Nutzung primärer Rohstoffe zu schonen und Emissionen zu reduzieren. Werden Prognosen entlang der Kategorien Rückbau, Aufbereitung und Wiedereinsatz getroffen, kann er auch genutzt werden, um bereits in der Planung eine nächste Nutzung mitzudenken.



## 6.1 Quellenverzeichnis

- [1] Sachverständigenrat des Institut Bauen und Umwelt e.V, (2023): Anhang ReUse: Rechenregeln für ReUse Produkte, In: SVR-Beschlüsse Oktober 2023 - Beschluss Nr. 20230904-3, URL: [https://ibu-epd.com/wp-content/uploads/2023/10/DE-PCR-Teil-A\\_Anhang\\_ReUse.pdf](https://ibu-epd.com/wp-content/uploads/2023/10/DE-PCR-Teil-A_Anhang_ReUse.pdf), Zugriff: 15.11.2023
- [2] Hildebrand, L.; Schwan, P; Vollpracht, A.; Brell-cockan, S.; Zabek, M. (2018): Methodology to Evaluate the Building Construction Regarding the Suitability for Further Application, In: Igra ustvarjalnosti - TheCreativity Game, URL: [https://www.researchgate.net/publication/323945573\\_Methodology\\_to\\_Evaluate\\_the\\_Building\\_Construction\\_Regarding\\_the\\_Suitability\\_for\\_Further\\_Application](https://www.researchgate.net/publication/323945573_Methodology_to_Evaluate_the_Building_Construction_Regarding_the_Suitability_for_Further_Application), Zugriff: 15.11.2023
- [3] Rosen, Anja (2021): Urban Mining Index - Entwicklung einer Systematik zur quantitativen Bewertung der Kreislaufkonsistenz von Baukonstruktionen in der Neubauplanung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2021; ISBN: 978-3-7388-0605-2
- [4] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG)
- [5] Kreislaufwirtschaft Bau (2023): Mineralische Bauabfälle Monitoring 2020 - Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2020, Januar 2023, URL: <https://kreislaufwirtschaft-bau.de/Download/Bericht-13.pdf>, Zugriff: 16.02.2023
- [6] Schultmann, Frank (2003): Projektplanungsmodelle und -methoden für den Rückbau von Bauwerken, Seite 18, Karlsruhe 2003, URL: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000053350>, Zugriff: 11.10.2018
- [7] Brell-Cokcan, S.; Hildebrand, L.: Robotic Façade Disassembly and Refurbishment System (LFDRS)
- [8] Graubner, C.-A; Clanget-Hulin, M. (2013): Analyse der Trennbarkeit von Materialschichten hybrider Außenbauteile bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen. Erstellung einer praxis-nahen Datenbank für die Nachhaltigkeitsbeurteilung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2021; ISBN: 978-3-8167-8930-7
- [9] Müller, A. (2018): Baustoffrecycling, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2018; ISBN: 978-3-658-22987-0
- [10] Deilmann, C., et al. (2017): Materialströme im Hochbau - Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft, Schriftenreihe Zukunft Bauen, Band 06, Stand: Dezember 2016, Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn, 2017; ISBN: 978-3-87994-284-8
- [11] Kurth, P., et al. (2022): Praxishandbuch der Kreislauf- und Rohstoffwirtschaft, 2., überarbeitete und aktualisierte Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, [Heidelberg], 2022; ISBN: 978-3-658-36261-4
- [12] Mansel, M.: Recyclbarer Verschnitt - Rockcycle, Mitteilung vom:
- [13] Bittermann, P. (2021): Anlage zur Wiederverwertung von Polystyrolschaum in den Niederlanden eröffnet, In: neue verpackung, 2021, URL: <https://www.neue-verpackung.de/markt/anlage-zur-wiederverwertung-von-polystyrolschaum-in-den-niederlanden-eroeffnet-366.html>, Zugriff: 12.09.2023
- [14] Heller, N.; Simons, M. (2018): Entsorgung von Wärmedämmverbundsystemen mit EPS, In: recovery – Recycling Technology Worldwide, 2018, URL: <https://www.recovery-worldwide.com/de/artikel/entsorgung-von-waermedaemmverbundsystemen-mit-eps-3187734.html>, Zugriff: 05.09.2023
- [15] Windirsch, A.: Marktanteil von Nawaro-Dämmstoffen wächst - Umfrage zum Einsatz biobasierter Baustoffe, Gülzow-Prüzen, Mitteilung vom: 24.02.2021
- [16] Krause, P., et al. (2015): Verpflichtende Umsetzung der Getrenntsammlung von Bioabfällen, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, Januar 2015, URL: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/verpflichtende-umsetzung-der-getrenntsammlung-von>, Zugriff: 11.10.2023
- [17] Joachim Reinhardt, et al. (2019): Ganzheitliche Bewertung von verschiedenen Dämmstoffalternativen, ifeu, natureplus, Heidelberg / Neckargemünd, 2019, Zugriff: 11.10.2023
- [18] Grimm, R.: PVC-Fensterrecycling: Was macht Rewindo?, Köln, Mitteilung vom: 12.07.2022
- [19] Conversio Market & Strategy GmbH (2023): Abfallmengenszenario und Value Chain für Fenstersysteme in Deutschland, Juli 2023

- [20] Rose, A., et al. (2019): Flachglasrecycling - Recycling von Flachglas im Bauwesen - Analyse des Ist-Zustandes und Ableitung von Handlungsempfehlungen, ift Rosenheim (Hrsg.), Rosenheim, November 2019, URL: [https:// www.irbnet.de / daten/ kbf/ kbf\\_ d\\_ F\\_ 3202.pdf](https://www.irbnet.de/daten/kbf/kbf_d_F_3202.pdf), Zugriff: 25.09.2023
- [21] Müller, F. (2019): Flachglas, Factsheet - Erarbeitet im Projekt „Kartierung des Anthropogenen Lagers III - Etablierung eines Stoffstrommanagements unter Integration von Verwertungsketten zur qualitativen und quantitativen Steigerung des Recyclings von Metallen und mineralischen Baustoffen“, Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 15.05.2019, URL: [https:// www.umweltbundesamt.de / sites/ default/ files/ medien/ 3521/ dokumente/ factsheet\\_ flachglas\\_ fl\\_ barrierefrei.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_flachglas_fl_barrierefrei.pdf), Zugriff: 05.09.2023
- [22] Müller, F. (2019): Gips, Factsheet - Erarbeitet im Projekt „Kartierung des Anthropogenen Lagers III – Etablierung eines Stoffstrommanagements unter Integration von Verwertungsketten zur qualitativen und quantitativen Steigerung des Recyclings von Metallen und mineralischen Baustoffen“, Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 15.05.2019, URL: [https:// www.umweltbundesamt.de / sites/ default/ files/ medien/ 3521/ dokumente/ factsheet\\_ gips\\_ fl\\_ barrierefrei.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_gips_fl_barrierefrei.pdf), Zugriff: 05.09.2023
- [23] Obert, S.: Aufbereitung von Altholz, BAV - Bundesverband der Altholzaufbereiter und -verwerter e.V., URL: <https://altholzverband.de/aufbereitung/>, Zugriff: 10.12.2023
- [24] TRIQBRIQ AG: Kreislauffähige Innovation im Holzbau von Concular und TRIQBRIQ, Berlin/ Stuttgart, URL: <https://triqbriq.de/kreislauffaehige-innovation-im-holzbau-von-concular-und-triqbriq/>, Zugriff: 10.12.2023
- [25] Dechantsreiter, U., et al. (2015): Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertiger Verwertung von Baustoffen, Umweltbundesamt, URL: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/instrumente-zur-wiederverwendung-von-bauteilen>, Zugriff: 10.12.2023
- [26] A | U | F e. V. (2021): AIUIF-Wertstoff-Studie - Der geschlossene Wertstoffkreislauf für Aluminium-Altmaterial aus dem Hochbau, Frankfurt am Main, 2021, URL: [https:// a-u-f.com / wp- content/ uploads/ 2021/ newsletter/ resources/ \\_ pdfs\\_/ AUF\\_ Schrottstudie\\_.pdf](https://a-u-f.com/wp-content/uploads/2021/newsletter/resources/_pdfs_/AUF_Schrottstudie_.pdf), Zugriff: 13.09.2023
- [27] Hackenberg, A. (2023): Zirkulär bauen mit Lindner: Gebrauchtes zurücknehmen, Neues vermieten - Bauwende-Blog, Heinze GmbH, 13.06.2023, URL: [https:// www.bauwende-news.de / zirkulaer- bauen- mit- lindner- gebrauchtes- zuruecknehmen- neues- vermieten/](https://www.bauwende-news.de/zirkulaer-bauen-mit-lindner-gebrauchtes-zuruecknehmen-neues-vermieten/), Zugriff: 11.09.2023
- [28] db deutsche bauzeitung: Recycelt und wiederverwendbar - Ziegelsystem »Upcycling Brand« von Hagemeister, URL: <https://www.db-bauzeitung.de/produkte/sanierung/upcycling-brand/>, Zugriff: 10.12.2023
- [29] Schroeder, H. (2019): Lehmbau - Mit Lehm ökologisch planen und bauen, 3. Aufl., Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019; ISBN: 978-3-658-23120-0
- [30] Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V.: Mantelverordnung für Ersatzbaustoffe und Bodenschutz, Mitteilung vom: 09. Juli 2021
- [31] RECYCLING magazin – Trends, Analysen, Meinungen und Fakten zur Kreislaufwirtschaft: Recyclingverbände plädieren für Anpassungen der EBV-Novelle durch Bundesrat, URL: <https://www.recyclingmagazin.de/2023/06/12/recyclingverbaende-plaedieren-fuer-anpassungen-der-ebv-novelle-durch-bundesrat/>, Zugriff: 10.12.2023
- [32] Biscopio, M., et al.: Zement-Merkblatt Betontechnik B 30 Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung – R-Beton, InformationsZentrum Beton GmbH, Toulouse Allee 71, 40476 Düsseldorf (Hrsg.), URL: <https://www.beton.org/fileadmin/beton-org/media/Dokumente/PDF/Service/Zementmerkblätter/B30.pdf>, Zugriff: 10.12.2023
- [33] Schröder, M.; Pocha, A. (Hrsg.) (2015): Abbrucharbeiten - Grundlagen, Planung, Durchführung, Bauen im Bestand, 3. aktualisierte und erw. Aufl., Verlag: R. Müller, Köln, 2015; ISBN: 9783481030964
- [34] Hauke, B., et al. (2022): Wiederverwendung von tragenden Bauteilen - Wie Holz-, Stahl- und Betonelemente zirkulär genutzt werden können, In: bauingenieur24, 2022, URL: <https://www.bauingenieur24.de/artikel/wiederverwendung-von-tragenden-bauteilen-wie-holz-stahl-und-betonelemente-zirkulaer-genutzt-werden-koennen>, Zugriff: 11.09.2023
- [35] Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.: DERIX & madaster: Kooperation für zirkuläres Bauen mit Holz - Wiederverwendung im Materialkreislauf, Wuppertal, URL: [https:// derix.de/derix-madaster-kooperation-fuer-zirkulaeres-bauen-mit-holz/](https://derix.de/derix-madaster-kooperation-fuer-zirkulaeres-bauen-mit-holz/), Zugriff:

- 10.12.2023
- [36] U. Dechantsreiter et al., Umweltbundesamt, Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen. 2015.
- [37] UBA (2012): Glossar zum Ressourcenschutz, Dessau-Roßlau, 2012, URL: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4242.pdf>, Zugriff: 10.12.2023

## 6.2 Abbildungsverzeichnis

- Abb.01** Lebenszyklusphasen eines Gebäudes, erstellt durch Linda Hildebrand
- Abb.02** Bewertungsmethoden unterschiedlicher Studien im Vergleich mit dem Circularity Score, erstellt durch Kim Tran, Marlene Koßmann, Ole Weber im Rahmen des Circularity Scores
- Abb.03** Fraktionseinteilung Rückbau, erstellt durch Marlene Koßmann im Rahmen des Circularity Scores
- Abb.04** Bewertungsschema Rückbau, erstellt durch Marlene Koßmann im Rahmen des Circularity Scores
- Abb.05** Bewertungsschema Aufbereitung, erstellt durch Marlene Koßmann im Rahmen des Circularity Scores
- Abb.06** Bewertungsschema Wiedereinsetzbarkeit, erstellt durch Marlene Koßmann im Rahmen des Circularity Scores
- Abb.07** Zusammensetzung des Circularity-Scores, erstellt durch Marlene Koßmann im Rahmen des Circularity Scores
- Abb.08** Bewertungsschema Circularity Score nach Gewichtung der drei Kategorien, erstellt durch Marlene Koßmann im Rahmen des Circularity Scores
- Abb.09** Circularity Score nach GWP, erstellt durch Marlene Koßmann im Rahmen des Circularity Scores
- Abb.10** Häufigkeitsverteilung der errechneten Circularity Scores auf Bauteilebene, erstellt durch Ole Weber im Rahmen des Circularity Scores
- Abb.11** Circularity Score nach RMI, erstellt durch Marlene Koßmann im Rahmen des Circularity Scores
- Abb.12** Häufigkeitsverteilung der errechneten Circularity Scores von 100 Gebäuden, erstellt durch Ole Weber im Rahmen des Circularity Scores

Das Titelblatt und sämtliche Abbildungen in Kapitel 3 wurden durch Marlene Koßmann im Rahmen des Circularity Scores erstellt.

### 6.3 Glossar

Im Folgenden sind die in dem vorliegenden Bericht relevanten Begriffe aufgelistet und erklärt.

**GWP** | eng. Global Warming Potential (dt. Treibhauspotenzial)

Maß für relativen Beitrag einer chemischen Verbindung zur globalen Erwärmung im Vergleich zur gleichen Menge Kohlendioxid über einen Zeitraum von hundert Jahren.

**GWP [Betrag]**

Maß für relativen Beitrag einer chemischen Verbindung zur globalen Erwärmung im Vergleich zur gleichen Menge Kohlendioxid über einen Zeitraum von hundert Jahren. Die Einheit wird jedoch als Betrag, angegeben.

**Kohlenstoffverantwortung**

Die Verantwortung, die ein Bauteil in Bezug auf die Menge Kohlendioxid trägt, die durch den gesamten Lebenszyklus erzeugt bzw. gespeichert wurde. Holzbaustoffe haben somit beispielsweise eine hohe Kohlenstoffverantwortung, da sie Kohlendioxid binden.

**RMI** | eng. Raw Material Input (dt. Rohstoffinput)

Der Rohstoffinput entspricht der Summe der zur Bereitstellung eines Produktes eingesetzten Rohstoffmengen entlang der Wertschöpfungskette. Gebräuchliche Einheit ist Tonnen (Rohstoffinput) pro Tonne (Produkt) oder Kilogramm (Rohstoffinput) pro Kilogramm (Produkt). Der RMI umfasst alle zu Herstellung und Transport eines Produktes aufgewendeten Rohstoffe einschließlich der Energierohstoffe. Nicht wirtschaftlich verwendete Stoffe und Stoffgemische, wie die nichtverwertete Entnahme, bleiben unberücksichtigt [37]. Je nach betrachtetem Rohstoff weicht der RMI mehr oder weniger stark von der Masse des Rohstoffes ab. Beispielsweise ist für die Produktion von einem Kilogramm Gold ein RMI von rund 1.000 Tonnen erforderlich. Dies ist auf die geringen Goldkonzentrationen im abgebauten Gestein zurückzuführen.

## 6.4 Abkürzungsverzeichnis

Im Folgenden sind die in dem vorliegenden Bericht vorkommenden Abkürzungen inklusive deren Ausformulierungen aufgelistet.

**CS** | Circularity Score

**GWP** | Global Warming Potential

**IWARU** | Institut für Infrastruktur Wasser Ressourcen Umwelt

**KrWG** | Kreislaufwirtschaftsgesetz

**PENRT** | Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf

**RB** | Lehrstuhl für Rezykliergerichtetes Bauen, Prof. Linda Hildebrand

**RMI** | Raw Material Input

**RWTH** | Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen



**EFRE.NRW**  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung



**EUROPÄISCHE UNION**  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung



**RWTH AACHEN**  
UNIVERSITY

**ResScore**  
weil es um Ressourcen geht



**FH MÜNSTER**  
University of Applied Sciences



Der vorliegende Bericht ist im Rahmen des folgenden Projektes erschienen:

### **Circularity Score**

Entwicklung einer Ex-ante-Methode zu Bewertung  
von Kreislaufschließung

#### KONSORTIUM

RWTH Aachen, Juniorprofessor Rezykliergerichtetes Bauen  
Prof. Dr. Linda Hildebrand, Kim Tran, Marlene Koßmann, Elias Kufeld, Mina Su

FH Münster, IWARU Institut für Infrastruktur, Wasser, Ressourcen und Umwelt  
Prof. Dr. Sabine Flamme, Dr. Franziska Struck, Ole Weber

ResScore GmbH  
Klaus Dosch, Christiane Kretschmer

Bergischer Abfallwirtschaftsverband  
Monika Lichtigthagen-Wirths  
Dr. Yvonne Hilgers

Gefördert durch  
Land Nordrhein-Westfalen unter Einsatz von Mitteln aus dem Europäischen Fond für  
regionale Entwicklung (EFRE) 2014-2020 – Investitionen in Wachstum und Beschäftigung

Bearbeitungszeitraum  
April 2022 - Juni 2023