



Gutachten „Ressourcenschonendes Bauen“ am Beispiel Rathaus Korbach

Projekt:	Neubau Rathaus Korbach
Projekt-Nr.:	17IB_119RHK
Leistung:	Gutachten zur Entwicklung von Methoden für die Planung und Ausführung ressourcenschonender Bauprojekte in massiver Bauweise unter Berücksichtigung des selektiven Rückbaus des Baubestands, abgeleitet am Best-Practice-Beispiel „Rathaus Korbach“
Auftraggeber:	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) Referat I 1 – Internationale Zusammenarbeit, Planungsangelegenheiten, fachübergreifende Umweltangelegenheiten Mainzer Straße 80, 65189 Wiesbaden
aufgestellt:	Prof. Dr.-Ing. Architektin Anja Rosen für ARGE agn – heimspiel architekten Groner Allee 100 49479 Ibbenbüren
Datum:	22.07.2022

1 Inhalt

1	Hintergrund	4
2	Aufgaben und Ziele	6
3	Projekt	7
4	Entwicklung des Urban Mining Konzepts	11
4.1	Erarbeiten von Grundlagen für die Rückbauplanung	11
4.1.1	Gliederung der Abbruchabfälle nach Wertstoffen.....	11
4.1.2	End-of-Life Szenarien für Bau- und Abbruchabfälle	12
4.1.3	Massenermittlung und Verwertungswege für das Modellprojekt Rathaus Korbach	13
4.1.4	Vorgehen zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der direkten Wiederverwertung	15
4.2	Verwertbarkeit der mineralischen Abbruchabfälle.....	17
4.2.1	Schadstofffreiheit	17
4.2.2	Technische Voraussetzungen	18
4.2.3	Ergebnisse der Untersuchungen auf Schadstoffe und technische Eigenschaften.....	22
4.2.4	Abschätzung der für die Herstellung von Beton relevanten mineralischen Abbruchmassen...24	
4.3	Durchführbarkeit des Recyclings vor Ort bzw. ortsnah	26
4.4	Planung zum Einsatz des aufbereiteten RC-Materials	28
4.4.1	Einsatzmöglichkeiten	28
4.4.2	Abschätzung der einsetzbaren Massen.....	31
4.4.3	Bedarf an rezyklierter Gesteinskörnung.....	31
4.4.4	Ermittlung des Deckungsgrades Bedarf zu Angebot	34
5	Wirtschaftlichkeitsprognose	34
5.1	Grundsätzliche Überlegungen zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	34
5.2	Grundlagen für die Kalkulation	35
5.3	Variantenvergleich	38
5.4	Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsprognose	42
6	Umsetzung des Urban Mining Konzepts	43
6.1	Ausschreibung allgemein	43
6.2	Ausschreibung Projekt Korbach	44
6.3	Vergabe	45
6.4	Durchführung des Rückbaus.....	45
6.5	Aufbereitung.....	47
6.6	PLAN - IST Vergleich.....	48
6.7	Herstellung von R-Beton.....	49
6.8	Umweltwirkungen in Form von Materialfußabdrücken – Ergebnisse der Universität Kassel	51
7	Urban Mining Design.....	53
7.1	Grundsätzliche Überlegungen für die Planung	53
7.1.1	Möglichkeiten der Demontage und Rückbaubarkeit	53
7.1.2	Recyclingfähigkeit der Neumaterialien.....	53
8	Urban Mining Design – Modellprojekt Rathaus Korbach	55
8.1	Vorgehensweise	55
8.2	Systematik des Urban Mining Index	57
8.3	Bewertungsparameter zur Berechnung des Kreislaufpotenzials	58
8.4	Bauteilkatalog.....	59
8.4.1	Gründung/Bodenplatte	60
8.4.2	Erdberührte Außenwand	71
8.4.3	Decke	79
8.4.4	Außenwand	86
8.4.5	Dach.....	90
8.5	Bewertung auf Gebäudeebene – der Urban Mining Indicator.....	95
9	Kosten	96
10	Fazit und Handlungsempfehlungen	100
11	Anhang	105

Vorbemerkung

Dieser Bericht beinhaltet die Phasen 1 bis 3 des Auftrags vom 20.02.2018. Wesentliche Inhalte des Berichts für Phase 2 wurden beibehalten (z.B. generelle Vorgehensweisen und Handlungsempfehlungen sowie Hinweise auf Normen) und nach Bedarf aktualisiert. Wesentliche Ergänzungen der Phase 3 betreffen die Kapitel 6 „Umsetzung des Urban Mining Konzepts“, Kapitel 9 „Kosten“ und Kapitel 10 „Fazit und Handlungsempfehlungen“. Das Kapitel 8 „Urban Mining Design Modellprojekt Rathaus Korbach“ wurde überarbeitet und um den gebauten Stand ergänzt.

Die Kapitel 4 und 5 wurden mit Unterstützung von Herrn Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Harald Kurkowski, Bimolab gGmbH erstellt

Verwendete Unterlagen

Für die Erstellung dieses Konzeptes wurden folgende Unterlagen verwendet:

- Pläne für den Neubau in Grundrissen, Schnitten und Ansichten M 1:100, Planstand 31.10.2018, ARGE agn – heimspiel architekten
- Details für den Neubau, M 1:10, Planstand 25.02.2020 und 20.07.2020
- Statisches Konzept, EFG Beratende Ingenieure, Stand 04.06.18
- Abbruch- und Entsorgungskonzept Rathausanbau, Stechbahn 1, Hessisches Institut für Baustoffprüfungen, Stand 17.09.2018, erweitert mit Datum vom 13.12.2018
- Abbruch- und Entsorgungskonzept Wohn- und Bürogebäude Stechbahn 5 (Stadtwaache), Hessisches Institut für Baustoffprüfungen, Stand 03.05.2018
- Abbruch- und Entsorgungskonzept Hinterhaus Stechbahn 5, Hans-Joachim Marciniak/Umweltberater, Stand 27.05.2015
- Zusammenstellung der Umweltuntersuchungen mineralischer Abbruchabfälle gemäß LAGA Bauschutt sowie Beurteilung nach DIN 4226-101:2017, Hessisches Institut für Baustoffprüfungen, Stand 07.12.2018
- Baugrundgutachten (Vorbericht), GEO-Ingenieure Gerlach & Smolka, Stand 18.06.17
- Masterarbeit „Erhebung des Verwertungspotenzials von Materialien im Gebäudebestand vor Rückbau und Abriss am Beispiel des Rathauses von Korbach“ am Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwesen Center for Environmental Systems Research (CESR), Jonas Hofner, betreut von Prof. Dr. Stefan Bringezu, 25.01.2017
- Daten der ausführenden Unternehmen: Betonmengen mitgeteilt vom Rohbauunternehmen Oevermann am 10.11.2020 und 10.02.2021; Betonrezepturen mitgeteilt vom Frischbetonwerk Korbach im Januar 2021
- Kostenverfolgung der ARGE agn – heimspiel architekten für den Neubau vom 08.11.2021
- Kostenverfolgung der Stadt Korbach für den Rückbau vom 26.11.2021
- Abschlussbericht des Forschungsprojekts „RückRat“ – Mostert, Sameer, Glanz, Bringezu, Rosen: Neubau aus Rückbau, BBSR-Online-Publikation 15/2021
- Datensätze der Ökobau.dat, Stand 12/2018, abgefragt unter www.oekobau.dat.de
- EPD-Daten von Bauproduktherstellern zur Berechnung des Treibhauspotenzials der geplanten und alternativen Konstruktionen
- Verwendete rechtliche Grundlagen (Gesetze, Verordnungen, Normen etc.) sind im Text benannt

1 Hintergrund

Allein in Deutschland werden jährlich ca. 544 Mio. t mineralische Rohstoffe abgebaut und zur Herstellung von Baustoffen verwendet.¹ Gleichzeitig stellen Abfälle aus dem Bausektor mit ca. 231 Mio. t. pro Jahr rund 55% der Abfälle in Deutschland dar (Abb. 1).

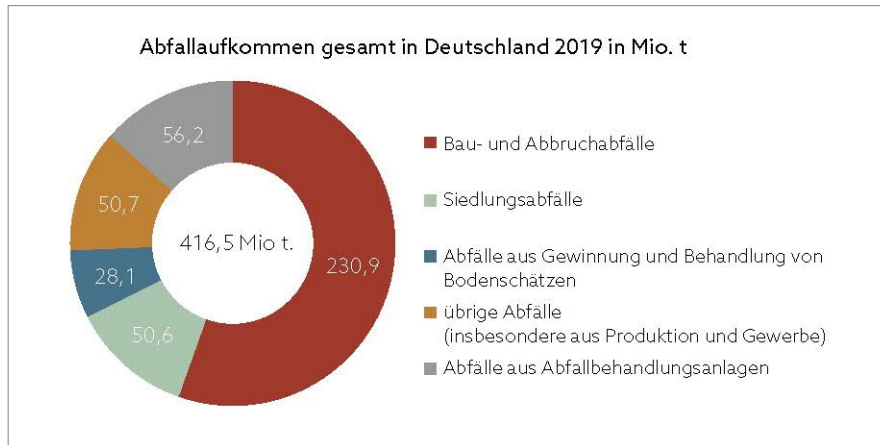


Abb. 1: Abfallbilanz 2019 Quelle: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2021

Auch in Hessen entfällt ein Großteil der Abfälle auf den Baubereich, wobei die Statistiken hier etwas anders gegliedert sind und auch nicht alle Abfallmengen ausweisen (Abb. 2). Addiert man die Bauabfälle, die gemischten Baustellenabfälle und die gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle aus der Statistik, so ergibt sich eine Gesamtmenge an Bau- und Abbruchabfällen von 1,5 Mio. t. Das sind rund 26,5 % der Gesamtabfallmenge. In der Landesstatistik werden jedoch nur die Abfallmengen von Gewerbeabfällen und Bauabfällen dokumentiert, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassen werden. Das gesamte Aufkommen dieser Abfälle ist insbesondere bei den Baurestmassen deutlich größer. Nicht erfasst werden beispielsweise die nicht gefährlichen Abfälle, die von gewerblichen Abfallerzeugern und -besitzern selbst verwertet oder zur Verwertung an Dritte abgegeben werden oder die unmittelbar an der Baustelle wieder verwendeten Bodenaushubmengen.²

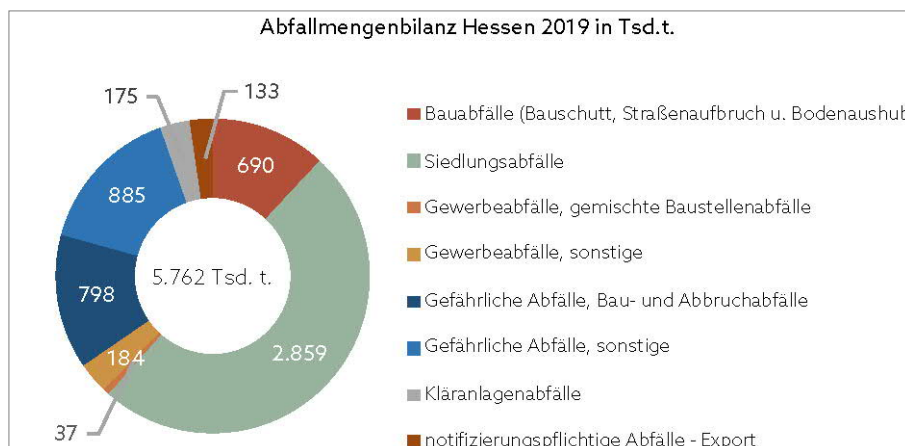


Abb. 2: Abfallmengenbilanz Hessen 2019, Quelle: HmUKLV, Wiesbaden 2020

¹ Bundesverband Baustoffe, Rohstoffe, www.bvbaustoffe.de

² Abfallmengenbilanz des Landes Hessen für das Jahr 2019, Hrsg.: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Vor dem Hintergrund knapper und teurer werdender natürlicher Ressourcen kommt den damit in Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen geschaffenen Lagerstätten eine wachsende Bedeutung für die Ressourcenbereitstellung (Stichwort: Urban Mining) zu.

Derzeit spielt jedoch die hochwertige Verwertung von Abbruchmaterialien durch erneuten Einsatz im Hochbau bei der Planung eines Gebäudes noch keine Rolle. Statistiken im Bauwesen weisen zwar relativ hohe Verwertungsquoten auf, hierbei handelt es sich jedoch zu einem Großteil nicht um Recycling, sondern um Weiterverwertung auf niedrigem Qualitätsniveau: mehr als 99% der mineralischen Recyclingbaustoffe landen in der Verfüllung und im Straßen(unter-)bau.³

Ebenso bleibt die Rückbau- und Recyclingfähigkeit der Neubaukonstruktion im Regelfall unberücksichtigt. Rückbaufähig geplante Gebäude besitzen eine deutlich bessere Reparaturfreundlichkeit und ermöglichen beim Abbruch eine effektivere Sekundärrohstoffnutzung und daraus resultierend eine wesentlich höhere Ressourceneffizienz.

Bedingt durch die demographische Entwicklung und die damit einhergehende Stagnation der Bevölkerung sowie durch die Ziele der Siedlungspolitik, welche den Freiraum schont, wird es zukünftig vermehrt zum Abbruch von Bestandsgebäuden und Wiedernutzung urbaner Flächen kommen.

Um die in Gebäuden enthaltenen Materialien und Energien zu remobilisieren, ist es notwendig, zu einer Gebäudeplanung zu gelangen, welche

- a) die Verwertung von Abbruchmaterial aus dem derzeitigen Gebäudebestand und
- b) die spätere Verwertbarkeit von neu einzubringenden Materialien bei der Neubauplanung

berücksichtigt.

Aufgrund der großen Massen kommt den Transportwegen bei einer Verwertung mineralischer Abbruchmaterialien eine hohe Bedeutung zu. Unter Berücksichtigung des Ressourcenaufwands für den Transport ist es sowohl aus ökologischer auch aus ökonomischer Sicht sinnvoll, die Wege von der Rückbaustelle zum Verwerter und vom Verwerter zur Neubaustelle bzw. zum Transportbetonwerk möglichst gering zu halten. Ein Optimum an Ressourceneffizienz kann mit einem On-Site-Recycling, d.h. Verwertung des Abbruchmaterials direkt auf der Baustelle (wie es im Straßenbau üblich ist) erzielt werden, wobei möglichst ein hoher Anteil der Abbruchmaterialien an selber Stelle für das neu zu errichtende Gebäude verwendet wird. Im Gegensatz zu den Möglichkeiten im Straßenbau sind die Platzverhältnisse im Hochbau jedoch meist begrenzt.

³ Initiative Kreislaufwirtschaft Bau, Hrsg. Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V., Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2014, Berlin, 2017

2 Aufgaben und Ziele

Aufgabe des Gutachtens ist die Entwicklung von Methoden zur Schaffung geschlossener Stoffkreisläufe im Hochbau. Dabei steht die hochwertige Verwertung von mineralischen Abbruchabfällen aus dem Gebäudebestand für den erneuten Einsatz im Hochbau im Vordergrund.

Für die Entwicklung von Lösungsansätzen und die Umsetzung des „Urban Mining Gedankens“ in die Praxis sind Modellprojekte notwendig, anhand derer die Durchführbarkeit analysiert wird und die eine Grundlage für die Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse liefern. Anhand des Modellprojekts ‚Rathaus Korbach‘ werden hier die Möglichkeiten eines selektiven Rückbaus mit anschließendem ortsnahem Recycling der mineralischen Abbruchmaterialien untersucht und aufgezeigt. Ziel war, die verwertbaren Anteile derselben mineralischen Baustoffe als rezyklierte Gesteinskörnung in Betonbauteilen des Neubaus wieder einzusetzen.

Als logische Konsequenz sollten auch alle Neumaterialien ein möglichst hohes Kreislaufpotenzial aufweisen. Hierfür gibt das Gutachten anhand des Beispiels Korbach Empfehlungen für die Auswahl recyclingfreundlicher Materialien und die Planung lösbarer Verbindungstechniken. Damit soll die leichte und sortenreine Trennbarkeit der Wertstofffraktionen für den Um- und Rückbau fall gewährleistet werden – eine wichtige Voraussetzung zur Schaffung geschlossener (mineralischer) Stoffkreisläufe.

Das Gutachten ist so aufgestellt, dass die Methodik auf andere Bauvorhaben übertragen werden kann. Die Ergebnisse dienen als Grundlage, im nächsten Schritt einen ‚Leitfaden für ressourcenschonendes Bauen im Land Hessen‘ zu entwickeln. Die Verbreitung des Wissens über die Existenz entsprechender Lösungsansätze und die Möglichkeiten, die diese beinhalten, sind zwingende Voraussetzung dafür, dass sich ressourcenschonendes Bauen am Markt durchsetzen kann

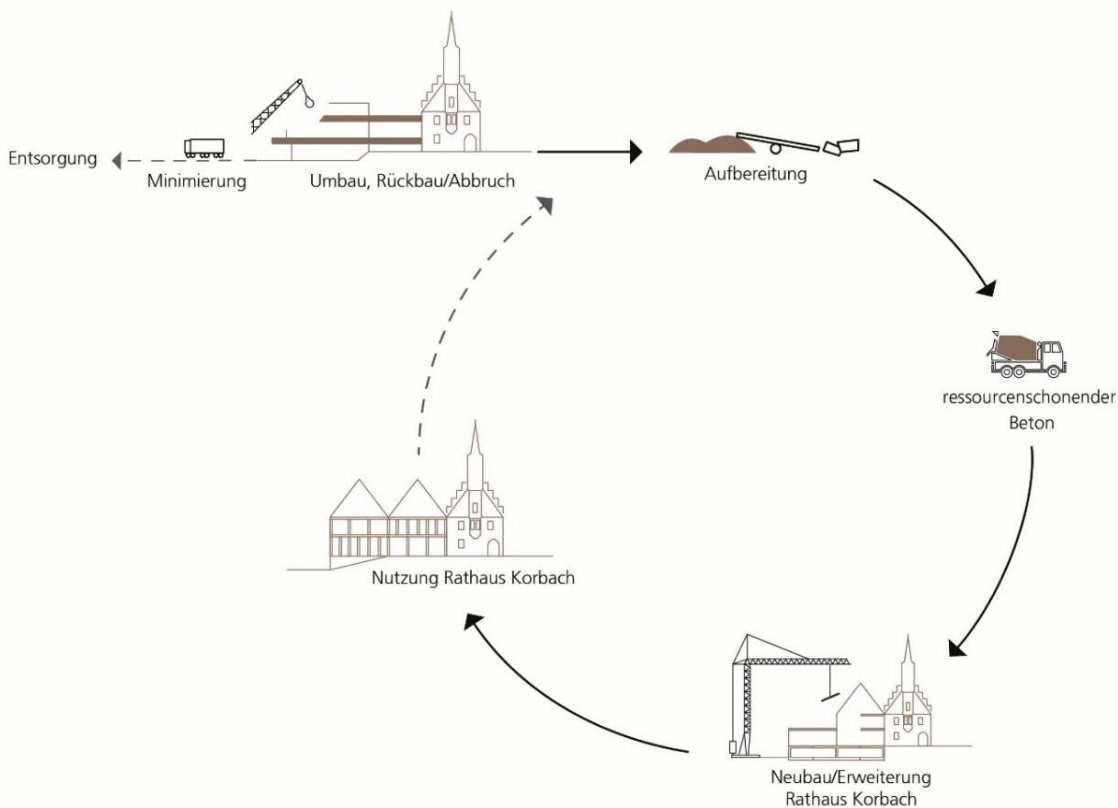


Abb. 3: Urban Mining Konzept Rathaus Korbach

3 Projekt

Das mitten in der Altstadt von Korbach – Kreisstadt des hessischen Landkreises Waldeck-Frankenberg – gelegene Rathaus ist seit vielen Jahrzehnten zentraler Anlaufpunkt für die Bürger des Ortes und ein prägendes Gebäude im Stadtbild (Abb. 4). Da das in den 1970er Jahren an das historische Rathaus angebaute Bestandsgebäude zahlreiche bauliche und energetische Mängel aufwies, entschied sich die Stadt Korbach zu einer Neugestaltung. Eine Sanierung und Weiternutzung wurde aus funktionalen und wirtschaftlichen Gründen ausgeschlossen. Auch aus städtebaulicher Sicht war der Anbau nicht erhaltenswert.



Abb. 4: Historisches Rathaus (rechts) und Anbau von 1970 (links)

Abbildung Abb. 5 zeigt die Lage der Bestandsgebäude im historischen Innenstadtkern von Korbach.



Abb. 5: Luftbild mit Lage der Bestandsgebäude vor dem Rückbau (Quelle: Geoportal Hessen; 09.07.2018)

Das Bauvorhaben Rathaus Korbach wurde als Modellprojekt für ressourcenschonendes Bauen im Land Hessen gewählt, da

- a) der marode Anbau durch einen Neubau an derselben Stelle ersetzt werden sollte
- b) die zurückgebauten Gebäude eine für zukünftig vermehrt zum Rückbau anstehende Bauwerkstypische Bauweise aus Stahlbeton aufweist, welche für die hochwertige Verwertung besonders geeignet ist
- c) die Baumaßnahme ein durchschnittliches Bauvolumen für öffentliche Verwaltungen aufweist (Rathaus einer Kreisstadt)
- d) die Gegebenheiten vor Ort Herausforderungen beinhalten, die im Land Hessen vielerorts vorkommen und die bewältigt werden müssen, um die Ergebnisse für andere Bauvorhaben nutzen zu können (Innenstadtlage, Erreichbarkeit von Verwertungsbetrieben und Primärrohstofflieferanten)
- e) nicht zuletzt ist die aus einem Planungswettbewerb hervorgegangene architektonische Qualität des Neubaus eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz des ressourcenschonenden Bauens in der Architektenschaft. Die gestalterische Qualität unterstützt damit das Ziel der Übertragbarkeit auf andere Baumaßnahmen.

Nach einem öffentlichen zweiphasigen Wettbewerb wurde die ARGE agn - heimspiel architekten als Sieger mit dem Entwurf und der Realisierung des Projekts beauftragt. Anforderung der Stadt als Bauherr war es, ein Gebäude-Ensemble zu schaffen, das neben einer offenen und bürgerfreundlichen Architektur auch in puncto Funktionalität, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit überzeugt. Der neue Anbau besteht aus einem Sockelgeschoss, das sich in dem stark abfallenden Gelände zur Rathausgasse und zum rückwärtigen Parkplatz öffnet, sowie einem Erdgeschoss, einem 1. Obergeschoss und einem Dachgeschoss mit Doppelgiebel (Abb. 6).



Abb. 6: Neubau mit historischem Rathaus, Foto: Caspar Sessler

Weiterhin gehört zu dem Bauvorhaben der Neubau eines Nebengebäudes, welches im Untergeschoss mit dem Hauptgebäude über einen Verbindungsgang verbunden ist. (Abb. 7).

Die Gebäude wurden in Stahlbetonbauweise errichtet. Die Herstellung erfolgte in Ortbetonbauweise, teilweise wurden Stahlbetonfertigteile eingesetzt (z.B. Sichtbeton-Fassade).



Abb. 7: Blick auf das Hauptgebäude (rechts) und das Nebengebäude (links) von Nord-Osten, Foto Caspar Sessler

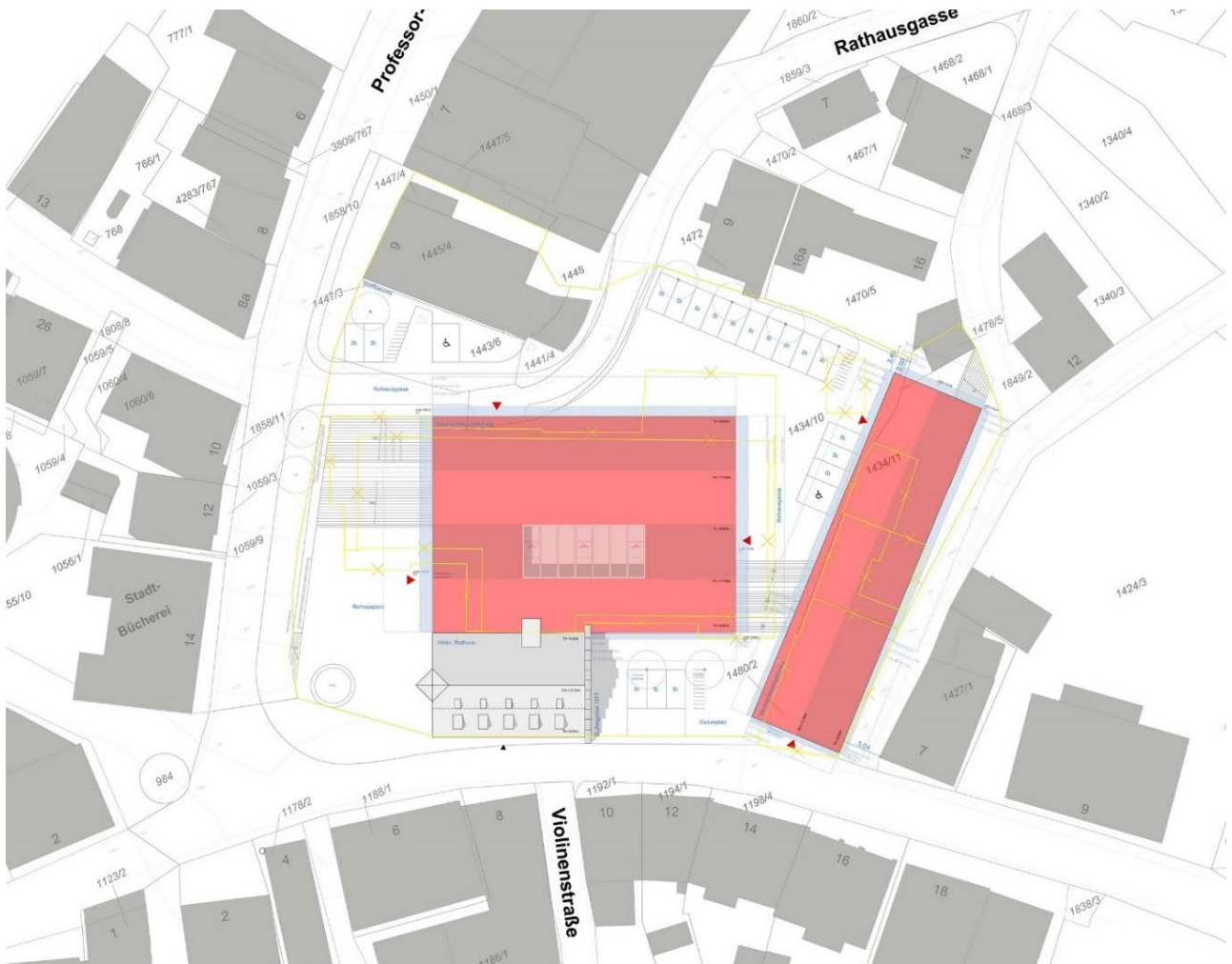


Abb. 8: Lageplan

4 Entwicklung des Urban Mining Konzepts

In einer ersten Phase wurde ein Konzept entwickelt, das aufzeigt, welche Rohstoffe aus dem Bestand zurückgewonnen und nach Aufbereitung als Sekundärrohstoffe für den Neubau wieder eingesetzt werden können. Am Beispiel Korbach wird die Herangehensweise wie folgt geschildert.

4.1 Erarbeiten von Grundlagen für die Rückbauplanung

Basis für die Rückbauplanung ist eine Bestandsaufnahme. Hierzu sind die im Baubestand vorhandenen Materialien zu erfassen und nach Wertstoffen sowie Stoffen zur Entsorgung zu gliedern. Ein separat durch einen Fachgutachter zu erstellenden Schadstoffgutachten dient als Grundlage für die Feststellung und Quantifizierung der möglicherweise vorhandenen Gefahrstoffe, die als solche streng getrennt und fachgerecht entsorgt werden müssen.

4.1.1 Gliederung der Abbruchabfälle nach Wertstoffen

Die Gliederung der Abbruchabfälle nach Wertstoffen orientiert sich an der aktuellen Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)⁴. Gemäß §8 Abs.1 GewAbfV sind Bau- und Abbruchabfälle seit August 2017 mindestens nach folgenden Abfallfraktionen getrennt zu sammeln und zu befördern und nach Maßgabe des Kreislaufwirtschaftsgesetzes vorrangig der Vorbereitung zur Wiederverwendung oder dem Recycling zuzuführen:

1. Glas (Abfallschlüssel 17 02 02),
2. Kunststoff (Abfallschlüssel 17 02 03),
3. Metalle, einschließlich Legierungen (Abfallschlüssel 17 04 01 bis 17 04 07 und 17 04 11),
4. Holz (Abfallschlüssel 17 02 01),
5. Dämmmaterial (Abfallschlüssel 17 06 04),
6. Bitumengemische (Abfallschlüssel 17 03 02),
7. Baustoffe auf Gipsbasis (Abfallschlüssel 17 08 02),
8. Beton (Abfallschlüssel 17 01 01),
9. Ziegel (Abfallschlüssel 17 01 02) und
10. Fliesen und Keramik (Abfallschlüssel 17 01 03).

Die Pflicht zur getrennten Sammlung kann gemäß §8 Abs. 2 GewAbfV entfallen, soweit die getrennte Sammlung der jeweiligen Abfallfraktion technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar ist. Technisch nicht möglich ist die getrennte Sammlung insbesondere dann, wenn für eine Aufstellung der Abfallbehälter nicht genug Platz zur Verfügung steht. Die getrennte Sammlung der o.g. Abfallfraktionen Nr. 8 bis 10 ist insbesondere auch dann technisch nicht möglich, wenn sie aus rückbaustatischen Gründen ausscheidet. Eine wirtschaftliche Unzumutbarkeit besteht, wenn die Kosten für die getrennte Sammlung, insbesondere auf Grund einer hohen Verschmutzung oder einer sehr geringen Menge der jeweiligen Abfallfraktion, außer Verhältnis zu den Kosten für eine gemischte Sammlung und eine anschließende Vorbehandlung oder Aufbereitung stehen.

Beim Modellprojekt Rathaus Korbach waren Ausnahmeregelungen von der Pflicht zur Trennung der Wertstoffe nicht anwendbar. Die anfallenden Abbruchmassen waren relativ groß. Die Platzverhältnisse ließen ein Aufstellen diverser Container und Anlage separater Haufwerke für die verschiedenen Materialien zu.

⁴ Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung - GewAbfV), Stand 18.04.2017

4.1.2 End-of-Life⁵ Szenarien für Bau- und Abbruchabfälle

Die oben genannten Abfallfraktionen sind grundsätzlich verwertbar, jedoch auf unterschiedlichem Niveau. Die europäische Abfallrahmenrichtlinie⁶, die mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz⁷ in nationales Recht umgesetzt wurde, legt eine fünfstufige Abfallhierarchie fest, die in Abb. 9 dargestellt ist.



Abb. 9: Abfallhierarchie nach KrWG mit Erläuterung_Quelle: A. Rosen

Bei einem Rückbau können Abfälle in der Regel nicht vermieden werden, sofern keine Bauteile erhalten bleiben, die direkt vor Ort wiederverwendet werden.

Es gilt also zunächst zu prüfen, welche existierenden End-of-Life Szenarien für die zu extrahierenden Materialien generell in Frage kommen. Ordnet man den o.g. Abfallfraktionen mögliche End-of-Life Szenarien gemäß der Abfallhierarchie zu, so ergibt sich folgende Matrix:

⁵ End-of-Life – EoL = engl. für Lebensende

⁶ Richtlinie 2008/98/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 19.11.2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien

⁷ Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG)

Abfallfraktion \ EoL-Szenarien	Wieder- verwendung	Recycling	Sonstige Verwertung	Beseitigung
Glas (170202)		●	●	
Kunststoff (170203)		●	●	
Metalle (17 04 01 - 17 04 07 + 17 04 11)	□	●●		
Holz (170201)	□	●	●	
Dämmmaterial (170604)		●		●
Bitumengemische (170302)		●	●	
Baustoffe auf Gipsbasis (170802)		●		●
Beton (170101)		●	●	
Ziegel (170102)	□	●	●	
Fliesen und Keramik (170103)			●●	
Legende				
□	hochwertigstes End-of-Life Szenario: nur Baustoffe, für die ein etablierter Gebrauchtmärkte existiert (z.B. hochwertige Klinker, großformatige Natursteine, Eichenbalken), Demontage erforderlich			
●	hochwertiges End-of-Life Szenario, selektiver Rückbau erforderlich			
●	übliches End-of-Life Szenario, selektiver Abbruch			

Abb. 10: Etablierte End-of-Life Szenarien in Anlehnung an die Abfallhierarchie gemäß KrWG für verschiedene Abfallfraktionen⁸

Eine sortenreine Trennung der Wertstoffe gemäß GewAbfV ist im Prinzip nur mit Durchführung eines selektiven Rückbaus möglich. Dies vorausgesetzt, lassen sich nach einer Bestandserfassung für jeden Rückbau anhand der Matrix (Abb. 10) die Materialien ihren hochwertigsten Verwertungswegen zuordnen.

Eine neue Dienstleistung, die zum Zeitpunkt der Entwicklung des Urban Mining Konzepts für das Rathaus Korbach noch nicht zur Verfügung stand, ist die Vermittlung von gebrauchten Bauteilen bereits vor dem Rückbau (www.concular.de). Dabei werden noch brauchbare Bauteile, -produkte und -elemente digital aufgenommen, Mengen beziffert und der jeweilige Erhaltungszustand beschrieben, um sie an Interessierte Bauherr*innen für eine direkte Wiederverwendung im Sinne eine Re-Use zu vermitteln.

4.1.3 Massenermittlung und Verwertungswege für das Modellprojekt Rathaus Korbach

Für den bestehenden Anbau des Rathauses Korbach wurde in einer vorangegangenen Masterarbeit⁹ eine Bestandserfassung durchgeführt. Weiterhin wurde durch das Hessische Institut für Baustoffprüfungen (HIB, Kassel) ein Abbruch- und Entsorgungskonzept erstellt, dem eine Schadstofferkundung voraus ging. Die Ergebnisse aus beiden Arbeiten wurden in Phase 1 des Gutachtens auf Plausibilität geprüft und zusammengefasst.

Im Folgenden werden die Wertstoffe aus dem Pilotprojekt aufgelistet, nach Abfallfraktionen gemäß GewAbfV gegliedert, quantifiziert und den möglichen Verwertungs- und Entsorgungsszenarien zugeordnet. Gefährliche Abfälle sind nicht aufgelistet, da diese nicht zu den Wertstoffen zur Verwertung gezählt werden.

⁸ Rosen, aus „Atlas Recycling“, Edition Detail, München 2018

⁹ Jonas Hofner: Erhebung des Verwertungspotenzials von Materialien im Gebäudebestand vor Rückbau und Abriss am Beispiel des Rathauses von Korbach, erstellt am Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwesen des Center for Environmental Systems Research (CESR), Kassel, 2017

Wertstoff	Abfall- schlüssel	Rathaus- anbau	Stadt- wache	Hinter- haus	Mögliche Verwertungs- und Entsorgungsszenarien	
					vorrangig	nachrangig
Beton	17 01 01	7.397,1	200,0	50 (ges.)	Recycling	Sonstige Verwertung (Verfüllung)
Ziegel (Mauerwerk)	17 01 02	500,6	508,0			
Fliesen/Keramik	17 01 03	6,2	k.A.			
Holz	17 02 01, 17 02 04*	2,6	20,0	2	Recycling	Sonstige Verwertung (energetisch)
Glas	17 02 02	30,2	1,0	5	Recycling	Verfüllung
Kunststoff	17 02 03	9,4	k.A.	1	Recycling	Sonstige Verwertung (energetisch)
Bitumengemische	17 02 03	2,0	-	5	Recycling	Sonstige Verwertung (energetisch)
Metalle	17 04 01 17 04 02 17 04 05 17 04 07	470,3	k.A.	2	Recycling	-
Kies/Splitt	17 05 04	2.752,2	-		Wieder- verwendung	Sonstige Verwertung (Verfüllung)
Dämmmaterial	17 06 04	-	-	5	Recycling	Beseitigung
Baustoffe auf Gipsbasis	17 08 02	5,0	-	2	Recycling	Beseitigung

Abb. 11: geschätzte Massen der Wertstoffe in den Bestandsgebäuden des Rathauses Korbach mit möglichen Entsorgungs- und Verwertungsszenarien vor dem Rückbau

Die Auswahl der jeweiligen End-of-Life Szenarien der Materialien hängt neben der Sortenreinheit vor allem von den lokalen und regionalen Möglichkeiten ab. Ein Transport von Abfall über längere Distanzen zum Zwecke des Recyclings ist weder ökologisch noch ökonomisch sinnvoll, da für die Logistik oftmals höhere Kosten und Ressourcenverbräuche (Energie) sowie Emissionen entstehen würden, als durch die Verwertung eingespart werden könnte. Dies gilt insbesondere für die schweren mineralischen Baustoffe sowie für großvolumige und deshalb aufwendig zu transportierende Abfälle wie Dämmstoffe. Für das Recycling von Beton haben Mettke und Heyn¹⁰ die ökologischen Auswirkungen an einem Pilotprojekt analysiert. Demnach resultieren energetische Vorteile und eine damit verbundene Senkung der Emissionen durch den Einsatz von RC-Gesteinskörnung nahezu ausschließlich aus einer Verkürzung der Transportwege.

Für die Wertstoffe Glas und Metall sind landesweit flächendeckend Sammelsysteme und Recyclinganlagen vorhanden. Holz wird deutschlandweit zu ca. 70% energetisch und zu ca. 30% stofflich verwertet (z.B. Weiterverarbeitung zu Spanplatten). Entsprechende Landesstatistiken liegen nicht vor. Bei Kunststoffen ist ein Recycling stark abhängig von der Art des Kunststoffs. Für PVC existieren verbandseigene Recyclingsysteme (z.B. Roof-Collect für PVC-Dachbahnen oder Rewindo für PVC-Fenster).

¹⁰ Mettke, Angelika; Heyn, Sören: Ökologische Prozessbetrachtungen – RC-Beton, Untersuchungsergebnisse zum Forschungsprojekt „Einsatz von Recycling-Material aus mineralischen Baustoffen als Zuschlag in der Betonherstellung“, BTU Cottbus, 2010

Diese werden jedoch in der Regel nur im Sanierungsfall genutzt, wenn das dem Verband angeschlossene ausführende Unternehmen die Altmaterialien im Rahmen der Erneuerung zurücknimmt und dem Verbandsrecycling zuführt. Rückbauunternehmen sind diesen Verbänden in der Regel nicht angeschlossen, da sie nicht mit den Neumaterialien handeln. An dieser Stelle existiert eine Lücke im Kreislauf, die durch die Verbandsarbeit leicht geschlossen werden könnte.

Dämmstoffe aus Kunstschaum werden in der Regel thermisch verwertet, Recyclingsysteme für Kunstschaumdämmstoffe befinden sich noch im Aufbau und kommen meistens nur für Baustellenabfälle (Verschnitt), nicht jedoch für oftmals verunreinigte Abbruchabfälle in Betracht.

Bitumen/Asphalt kann zwar stofflich recycelt werden (z.B. im Asphaltbau oder zur Herstellung neuer Bitumenbahnen), jedoch wird dies im Hochbau selten praktiziert. Bituminöse Abfälle aus dem Hochbau werden derzeit hauptsächlich energetisch verwertet.

Beton wird in Deutschland und Hessen mehrheitlich stofflich verwertet, allerdings handelt es sich hier oftmals noch – wie bereits unter Punkt 1 erwähnt – um eine nachrangige Verwertung im Gemisch mit anderen mineralischen Baustoffen, wie z.B. Mauerwerksabfälle. Betonbruch wird in der Regel zu RC-Gesteinskörnung aufbereitet und im Straßen- und Wegebau verwendet oder landet als Verfüllmaterial in Gruben des Tagebaus.

In diesem Gutachten stehen die selektiv gewonnenen mineralischen Abbruchabfälle, insbesondere Beton und Ziegel im Fokus der Betrachtung. Zum einen handelt es sich hierbei um die mit Abstand größte Abfallfraktion, zum anderen ist die Einflussnahmemöglichkeit des Bauherrn auf das End-of-Life Szenario der übrigen genannten Bau- und Abbruchabfälle äußerst gering. Eine direkte ortsnahe Wiederverwertung, wie hier für die mineralischen Abbruchabfälle geplant, ist für Glas, Kunststoff, Metall, Holz und Bitumengemische nicht möglich. Selbst wenn ein stoffliches Recycling in der Region realisierbar ist, werden die Sekundärrohstoffe von Bauproduktherstellern oder anderen branchenfremden Herstellern zu Produkten weiterverarbeitet und gelangen damit zurück in den Produktkreislauf.

Die Verwertung der nicht-mineralischen Abbruchabfälle wurde deshalb auftragsgemäß hier nicht weiter verfolgt. Eine sortenreine Rückgewinnung wurde beim Modellprojekt Rathaus Korbach durch den selektiven Rückbau gewährleistet (siehe Punkt 45). Die Getrenntsammlung und die Maßgabe des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, diese Stoffe vorrangig der Vorbereitung zur Wiederverwendung oder dem Recycling zuzuführen, wurde in der Ausschreibung für die Rückbauarbeiten festgelegt. Die Mengen der tatsächlich angefallenen Wert- und Abfallstoffe sind in Anhang A dokumentiert.

4.1.4 Vorgehen zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der direkten Wiederverwertung

Eine direkte Wiederverwertung von mineralischem Abbruchmaterial für den Einsatz im Neubau auf demselben Grundstück nach ortsnaheher Aufbereitung ist in Hessen und auch im gesamten Bundesgebiet ein Novum. Zwar wurden bereits Hochbauprojekte realisiert, in denen rezyklierte Gesteinskörnungen zum Einsatz kamen, diese wurde jedoch von den Transportbetonherstellern im regionalen Markt zugekauft. Es gibt deshalb keine Erfahrungswerte für die Kosten der direkten Wiederverwertung von mineralischen Abbruchmaterialien. Folgende Kosten bestimmen die Wirtschaftlichkeit und müssen für jedes Neubauvorhaben mit direkter Wiederverwertung des Bestands recherchiert werden:

- a) ggf. Mehrkosten für den selektiven Rückbau
Zweck des selektiven Rückbaus ist die Gewinnung hochgradig sortenreiner Abfallfraktionen mit dem Ziel, eine anschließende Aufbereitung zu ermöglichen und so die gewonnenen Stoffe der hochwertigen Verwertung zuzuführen. Während beim selektiven Rückbau auch mineralische Fraktionen gemäß neuer GewAbfV getrennt erfasst werden, ist dies beim bisher üblichen selektiven Abbruch nicht der Fall. Die getrennte Erfassung der mineralischen Abfälle ist für die Herstellung von Gesteinskörnungen der Typen 1 und 2 nach DIN 4226-101 besonders wichtig (siehe Punkt 4.2.2). Mit Einführung der neuen GewAbfV ist der selektive Rückbau zum Standard erklärt worden. Die Verordnung wird jedoch zum einen nicht überall vollzogen, zum anderen sind Ausnahmeregelungen möglich (siehe Punkt 4.1.1).
- b) ggf. Zwischenlagerung der Materialien/ getrennte Sammlung in Containern
- c) Kosten für den Transport zu einem geeigneten, in der Herstellung von RC-Gesteinskörnung erfahrenen Verwerter (ggf. Mehraufwand wg. längerer Transportwege)

- d) Annahmehkosten für das Abbruchmaterial beim Verwerter
Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Unternehmen, die eine nachrangige Verwertung anbieten, ggf. andere Annahmepreise bieten
- e) Kosten für die Aufbereitung zu RC-Gesteinskörnung bzw. Abgabepreise des Verwerter für güteüberwachte, zertifizierte RC-Gesteinskörnung zur Verwendung in Beton nach DIN EN 12620¹¹ in Verbindung mit DIN 4226-101 (siehe auch Punkt 4.2)
- f) Kosten für den Transport der RC-Gesteinskörnung zu einem geeigneten Transportbetonhersteller und/oder Betonfertigteilhersteller
- g) Mehrkosten für die Herstellung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung
Hierbei ist entscheidend, ob es eine Preisdifferenz zwischen Gesteinskörnung aus Primärmaterial (natürliche Gesteinskörnung) und rezyklierter Gesteinskörnung gibt. Weiterhin hat der Betonhersteller evtl. einen Mehraufwand für die Lagerung und separate Silohaltung sowie für labortechnische Prüfungen.

Die genannten Aspekte müssen bei einer geplanten Direktverwertung der konventionellen Verwertung gegenübergestellt werden. Für das Modellprojekt Rathaus Korbach wurde die Wirtschaftlichkeit ermittelt und ist in Punkt 5 dargestellt.

¹¹ DIN EN 12620:2008-07 Gesteinskörnungen für Beton

4.2 Verwertbarkeit der mineralischen Abbruchabfälle

Um die Verwertbarkeit der mineralischen Abbruchabfälle zu beurteilen, müssen umweltrechtliche und technische Regelungen beachtet werden, die im Folgenden beschrieben werden.

4.2.1 Schadstofffreiheit

Eine wichtige Voraussetzung für das Recycling ist das Ausschleusen von Schadstoffen, damit sich giftige Stoffe, die für Mensch und Umwelt eine Gefahr darstellen, nicht im Materialkreislauf und in der Umwelt anreichern können. Grundsätzlich ist jedoch davon auszugehen, dass geringe Schadstoffgehalte naturgemäß in jedem Baustoff vorkommen.

Die Anforderungen an die Schadstofffreiheit von Bau- und Abbruchabfällen für den Einsatz als Sekundärrohstoffe in technischen Bauwerken sollen zukünftig in der Ersatzbaustoffverordnung bundesweit einheitlich geregelt werden. Allerdings gilt die Verordnung nicht für die Verwendung von RC-Baustoffen im Hochbau. Hier existieren DIN-Normen, die allgemein anerkannte technische Standards vorgeben, aber keinen rechtsverbindlichen Charakter aufweisen, da sie nicht vom Gesetzgeber oder einem durch diesen ermächtigten Organ (z.B. Bundesregierung) erlassen wurden. Die Anwendung von Normen ist damit freiwillig, sofern sie nicht in Gesetzen oder Verordnungen festgeschrieben sind und sollte deshalb in Verträgen vereinbart werden.

Der Nachweis der Umweltverträglichkeit von rezyklierten Gesteinskörnungen für Beton musste bis 2017 durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) erbracht werden. Mit Ausgabedatum August 2017 stehen nunmehr die Normen DIN 4226-101 und -102 für den Nachweis der Umweltverträglichkeit zur Verfügung. DIN 4226-101 legt die Prüfung und Bewertung rezyklierter Gesteinskörnungen in Bezug auf geregelte gefährliche Substanzen fest und gibt Vorgaben zu den verwendbaren Rohmaterialien nach Gesteinskörnungstypen. Die Anforderungen der DIN 4226-101 hinsichtlich der Grenzwerte von Schadstoffen orientieren sich dabei an der LAGA M 20¹². DIN 4226-102 beschreibt den Konformitätsnachweis, der dem System für Gesteinskörnungen nach EN 12620 (System 2+) entspricht und aus Prüfungen im Verantwortungsbereich des Herstellers sowie einer Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) durch eine notifizierte Stelle besteht.

Damit können die Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von rezyklierten Gesteinskörnungen durch entsprechend qualifizierte Labore nachgewiesen werden. Zu prüfen sind folgende Eluat- und Feststoffparameter gemäß Tab. 2 der DIN 4226-101 nach den dort genannten Analyseverfahren.

Eigenschaft/Parameter	Höchstwerte	Analyseverfahren
Eluat		
pH-Wert	12,5	DIN EN ISO 10523
Elektrische Leitfähigkeit	3 000 µS/cm	DIN EN 27888
Chlorid	150 mg/l	DIN EN ISO 10304-1
Sulfat	600 mg/l	DIN EN ISO 10304-1
Arsen	50 µg/l	DIN EN ISO 17294-2, DIN ISO 22036
Blei	100 µg/l	DIN EN ISO 17294-2, DIN ISO 22036
Cadmium	5 µg/l	DIN EN ISO 17294-2, DIN ISO 22036
Chrom gesamt	5 µg/l	DIN EN ISO 17294-2, DIN ISO 22036
Kupfer	200 µg/l	DIN EN ISO 17294-2, DIN ISO 22036
Nickel	100 µg/l	DIN EN ISO 17294-2, DIN ISO 22036
Quecksilber	2 µg/l	DIN EN 1483:2007-07, Abschnitt 4 und 5
Zink	400 µg/l	DIN EN ISO 17294-2, DIN ISO 22036
Phenolindex	100 µg/l	DIN 38409-16, DIN EN ISO 14402
Feststoff		
Mineralölkohlenwasserstoffe (C ₁₀ – C ₄₀)	1 000 mg/kg	DIN EN 14039 in Verbindung mit LAGA M35
PAK nach EPA	25 mg/kg	DIN EN 15527, DIN ISO 18287 Verfahren A
EOX	10 mg/kg	DIN 38414-17
PCB	1 mg/kg	DIN 38414-20, DIN EN 15308

Abb. 12: Höchstwerte der Eluat- und Feststoffparameter in RC-Gesteinskörnung gemäß Tab. 2 DIN 4226-101:2017-08

¹² Mitteilung 20 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA)

4.2.2 Technische Voraussetzungen

Die mineralischen Abbruchmaterialien sollten bereits vor dem Rückbau auch hinsichtlich ihrer technischen Eignung für die Herstellung von rezyklierten Gesteinskörnungen für Beton untersucht werden, wenn ein direkter Wiedereinsatz geplant ist. Nur so kann in der Ausschreibung für den Rückbau auch der entsprechende Verwertungsweg direkt berücksichtigt werden.

Die aus den Abbruchmaterialien herzustellenden rezyklierten Gesteinskörnungen müssen – ähnlich wie natürliche Gesteinskörnungen – geometrische, physikalische und chemische Anforderungen erfüllen. Für natürliche, künstliche und rezyklierte Gesteinskörnungen gilt in Deutschland die DIN EN 12620. Für rezyklierte Gesteinskörnungen sind die zulässigen stofflichen Bestandteile in Verbindung mit DIN 4226-101 geregelt.

Die DIN 4226-101 unterscheidet vier Kategorien von Gesteinskörnungstypen > 2mm, wovon zwei (Typ 1 und Typ 2) anteilmäßig ohne besondere statische Nachweise für die Herstellung von Beton verwendet werden dürfen. Die Zusammensetzung der Gesteinskörnungstypen 1 und 2 ist in Abb. 13 dargestellt. Für die Verwendung der Typen 3 und 4 gelten besondere technische Vorgaben.

Typ 1 kann bis zu 45 Vol.-% und Typ 2 bis zu 35 Vol.-% der Gesteinskörnung im Beton verwendet werden (siehe auch Punkt 4.4.1).

Bestandteile [M.-%]	Kategorie der Gesteinskörnung	
	Typ 1	Typ 2
Rc und Ru	RCU ₉₀	Rcu ₇₀
Rb	Rb ₁₀₋	Rb ₃₀₋
Ra	Ra ₁₋	Ra ₁₋
X und Rg	XRg ₁₋	XRg ₂₋
FL	FL ₂₋	FL ₂₋
Rc: Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton Ru: ungebundene Gesteinskörnung, Naturstein, hydr. geb. Gesteinskörnung Rb: Mauersteine und Ziegel (nicht porosiert), Klinker, Steinzeug, Kalksandsteine, Mauer- und Dachziegel, Bimsbeton, nicht schwimmender Porenbeton Ra: bitumenhaltige Materialien Rg: Glas X: sonstige Materialien (z. B. Ton und Boden, Metalle, Kunststoff Gummi, Gips) FL: schwimmendes Material im Volumen		

Abb. 13: Zusammensetzung rezyklierter Gesteinskörnungen Typ 1 und Typ 2 nach DIN 4226-101

Abb. 14 stellt die Regelanforderungen nach DIN EN 12620 dar:

Eigenschaft		Kategorie der Gesteinskörnung	
		Typ 1	Typ 2
Kornzusammensetzung	grobe Gesteinskörnungen mit $D/d \leq 2$ oder $D \leq 11,2$	G _{C85/20}	G _{C80/20}
	Korngemisch	G _{A90}	G _{A85}
Kornform		F _{I50} oder S _{I55}	
Feinanteile	grobe Gesteinskörnung	f ₄	
Kornrohddichte		$\geq 2000 \text{ kg/m}^3$	
Schwankungsbreite Mittelwert Kornrohddichte		$\pm 150 \text{ kg/m}^3$	
Frost-Tau-Widerstand ¹⁾		F ₄	
säurelösliches Chlorid		$\leq 0,04 \text{ M.-%}$	
säurelösliches Sulfat		AS _{0,8}	
Gesamtschwefel (außer Hochofenstückschlacke)		$\leq 1 \text{ M.-%}$, Kat. S1	
Organische Verunreinigungen von Gesteinskörnungen		$\leq 0,1 \text{ M.-%}$	
maximale Wasseraufnahme nach 10 Minuten bei Gesteinskörnungen > 2 mm		10 M.-%	15 M.-%
1) Alternativ: Prüfung am Beton nach DAfStB-Richtlinie für Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen, Anhang A.			

Abb. 14: Regelanforderungen nach DIN EN 12620 für die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen in Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2

Die technischen Vorgaben rezyklierter Gesteinskörnungen werden weiterhin in der DIN 1045-2¹³ (2008); Deutsche Anwendungsregeln und der Richtlinie des DAfStB: "Beton nach DIN EN 206-1¹⁴ und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620" (2010) ergänzt.

Schon vor dem Rückbau sollten Probeentnahmen und Laboranalysen sicherstellen, dass die Abbruchmaterialien zumindest die in Abb. 14 dargestellten Grenzwerte von säurelöslichen Chloriden, wasserlöslichen und säurelöslichen Sulfaten sowie den Gesamtschwefel erfüllen.

Anhand der Vorgehensweise beim Modellprojekt Rathaus Korbach (siehe Punkt 0 Seite 22) hat sich gezeigt, dass bei der Probenahme der Fokus nicht nur auf der Identifizierung von ungeeignetem Material liegen sollte, sondern auch gezielt nach geeignetem Material gesucht werden sollte. Bei geplanter konventioneller Entsorgung untersucht der Schadstoffgutachter in der Regel gezielt schadstoffrelevante Bereiche, d.h. Bauteile, in denen Materialien verbaut sind, die aufgrund ihrer Altersklasse erfahrungsgemäß mit Schadstoffen belastet sein können oder die aufgrund ihrer Exposition einem Eintrag von außen ausgesetzt gewesen sein könnten. Diese Vorgehensweise geht auf die Abfallwirtschaft zurück. Mit Blick auf die Kreislaufwirtschaft und eine möglichst hochwertige Verwertung sollten in Zukunft gezielt auch Bauteile untersucht werden, bei denen eine Schadstofffreiheit und eine Eignung nach den genannten Normen angenommen werden kann.

Für den Nachweis einer ausreichenden Betonfestigkeit (und Gleichmäßigkeit) des Rückbaubetons können - anstelle von aufwendigen Bohrkernuntersuchungen - Untersuchungen mit dem Rückprallhammer durchgeführt werden. Die Methode ist grundsätzlich geeignet, den Beton auch hinsichtlich seiner Wiederverwendbarkeit zur Herstellung einer Gesteinskörnung mit der geforderten Kornrohddichte zu überprüfen. Das Verfahren hat den Vorteil, dass dadurch vorab keine größeren Proben am Beton entnommen werden müssen und auch kein Bohrwasser benötigt wird.

¹³ DIN 1045-2:2008-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1

¹⁴ DIN EN 206-1:2017-01, Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

Für das Modellprojekt Rathaus Korbach wurde mit diesem Verfahren an drei repräsentativen Stellen (Betonpfeiler Heizung, Betondecke Heizung und Außenwände) eine Betonfestigkeit von mindestens C40/50 festgestellt, womit nach Aufbereitung des Betonbruchs eine Kornrohichte $\geq 2.000 \text{ kg/m}^3$ erwartet werden kann.

Die Anforderungen an die Kornzusammensetzung, die Kornform, Feinanteile, etc. können erst nach dem Rückbau und der Aufbereitung untersucht werden bzw. werden durch das Aufbereitungsverfahren bestimmt. Diese werden in Abstimmung mit dem Statiker und dem Recyclingbetrieb vor der Umsetzung des Urban Mining Konzepts festgelegt.

DIN 4126-102 gibt vor, in welchen Abständen/Chargen das Haufwerk beprobt werden muss, um eine Eignung für den Einsatz als rezyklierte Gesteinskörnung in Beton sicherzustellen. In Abhängigkeit der Voranalysen (vor dem Abbruch) kann es jedoch sinnvoll sein, die Abstände/Chargen ggf. projektspezifisch zu mindern. So kann beim Abbruch nach Ergebnis der Voranalysen selektiert werden und die selektierten Massen werden als einzelne Chargen geprüft, um Vermischungen bei Nichteignung zu vermeiden. Dies setzt jedoch voraus, dass entweder genügend Lagerplatz auf der Rückbaustelle vorhanden ist, oder dass das Abbruchmaterial jeweils separat abgefahren wird. Für das Modellprojekt Rathaus Korbach wurde bei der Preisabfrage den Unternehmern mitgeteilt, dass eine Untersuchung pro 1.000 t je Material (Körnung) durchzuführen ist.

In der Wirtschaftlichkeitsberechnung in Abschnitt 5.3 finden sich in den Zeilen 67 bis 72 detaillierte Angaben zu den Kosten der Güteüberwachung für das Modellprojekt Rathaus Korbach. Hierzu sei angemerkt, dass die Kosten von Unternehmer zu Unternehmer in Abhängigkeit vom Umsatz stark variieren können. Die Kosten für die Güteüberwachung würden sich bei flächendeckender Durchsetzung der Verwertung von Rezyklaten für Beton relativieren. So würden sich beispielsweise jährliche und halbjährliche Überwachungskosten auf mehrere Projekte verteilen.

Die einwandfreie Qualität wird gewährleistet durch die CE-Kennzeichnung (siehe Beispiel in Abb. 15 auf Seite 21), mit der rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 aufgrund der europäischen Harmonisierung der Norm versehen werden müssen.

Die Aufnahme der werkseigenen Produktionskontrolle mit Zertifizierung nach DIN EN 12620 des RC-Baustoffherstellers ist damit der Eignungsnachweis für den Einsatz der rezyklierten Gesteinskörnung im Betonwerk auf Grundlage der Bauproduktenverordnung. Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton stellen damit ein Bauprodukt dar und keinen Abfall.


Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 Leistungserklärung für die CE-Kennzeichnung			
Firma		Datum: xx.xx.2018	Blatt Nr.: 1/1 Rev. 0
		Typ 1 nach DIN 4226-101: Rezyklierte Gesteinskörnung aus Beton	
Zertifikat: xxxxxxxx		Werk: xxxxxxxx	
Sortennummer		1234	Bemerkung
Korngröße (Korngruppe)		4/22	
Kornzusammensetzung		G _C 85/15	
Anforderungen an das Zwischensieb		GT20/17,5	
Gehalt an Feinanteilen		f _{1,5}	
Beurteilung von Feinanteilen		NPD*	
Kornform		FI ₅₀	
Muschelschalengehalt		SC _{NR}	
Anteil gebrochener Oberflächen [M.-%]		C _{NR}	
Kornrohichte [Mg/m ³]		2,500 ± 0,150	
Wasseraufnahme [M.-%]		5,5 ± 1,5	
Bestandteile		Typ 1, DIN 4226-101	Bestanden
R _c Beton, Betonprodukte		R _{cu} 90	
R _u Ungebundene Gesteine			
R _b Mauerwerk		R _b 10-	
R _a Asphalt		R _a 1-	
R _g Glas		XR _g 1-	
X Fremdbestandteile			
FL Schwimmendes Material		FL ₂₋	
Widerstand gegen Zertrümmerung		SZ _{NR}	
Widerstand gegen Polieren		PSV _{NR}	
Widerstand gegen Oberflächenabrieb		AAV _{NR}	
Widerstand gegen Verschleiß		M _{DE} NR	
Widerstand gegen Spike-Reifen		NPD*	
Säurelösliche Chloride [M.-%]		≤ 0,04	
Säurelösliche Sulfate		AS _{0,8}	
Wasserlösliche Sulfate		SS _{0,2}	
Gesamtschwefel [M.-%]		≤ 1,0	
Bestandteile, die das Erstarrungs- und Erhärtungsverhalten des Betons verändern		NPD*	
Carbonatgehalt		NR	
Frost-Tau-Widerstand		F ₄	
Magnesiumsulfat-Beständigkeit		MS _{NR}	
Widerstand gegen Alkalikieselsäure-Reaktivität		E III-S	Deklaration
Leichtgewichtige organische Verunreinigungen [M.-%]		< 0,1	

Abb. 15: Beispiel der Anforderungen in einer Leistungserklärung für eine rezyklierte Gesteinskörnung des Typs 1 nach DIN EN 12620

4.2.3 Ergebnisse der Untersuchungen auf Schadstoffe und technische Eigenschaften

Für den Rathaus-Anbau (von 1970) und das Vorderhaus des Nebengebäudes Stadtwache, Stechbahn 5, wurden die zuvor beschriebenen Untersuchungen durch das Hessische Institut für Baustoffprüfungen (HIB, Kassel) durchgeführt. Die Abbruch- und Entsorgungskonzepte mit Schadstoffkataster liegen mit Datum vom 03.05.2018 und 17.09.2018 sowie Ergänzungen vom 13.12.18 vor. Die Probenahme beschränkte sich aufgrund der noch andauernden Nutzung des Gebäudes und der Fokussierung auf die Schadstoffidentifizierung auf die in Abb. 16 dargestellten Bauteile. Die Proben wurden vom HIB nach LAGA M20 klassifiziert und auf Einhaltung der Kennwerte nach DIN 4226-101 (Abb. 12) und DIN EN 12620 (Abb. 14) geprüft. Die Ergebnisse wurden vom HIB wie folgt dargestellt:

Hessisches Institut für Baustoffprüfungen (HIB) GbR

Seite 1 von 2

Tabellarische Zusammenfassung der Prüfergebnisse
(incl. Ergänzung Nachuntersuchungen v. 07.12.2018)
- Grundlage: Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton -

Bauteil	Bericht-Nr.	LAGA-Einstufung (kursiv: gutachterliche Einstufung) „Z 1.1“ Grenzwerte eingehalten? ja/ nein.	DIN EN 4226- 101:2017 Grenzwerte eingehalten? ja/nein	DIN EN 12620 (zusätzliche Parameter) Grenzwerte eingehalten? ja/nein
Ziegelsteine „Stadtwache“ Keller	2594/18	„Z 1“ nein	ja	nein
Ziegelsteine „Stadtwache“ OG rechts	3211/18	„Z 1.2“ nein	ja	ja
Ziegelsteine „Stadtwache“ OG links	3212/18	„Z 0“ ja	ja	ja
KG, Beton Bodenplatte (Heizung)	2595/18	„> Z 2“ („Z 1.2“) nein	nein	ja
KG, Beton Bodenplatte (Klimaanlage)	3213/18	„> Z 2“ („Z 1“) nein	nein	ja
KG, Beton Bodenplatte (Durchgang Kellergewölbe Altbau)	3214/18	„> Z 2“ („Z 1.2“) nein	nein	ja
Betonstützen	2596/18	„Z 1.2“ nein	ja	ja
Waschbeton- fassade	2597/18	„Z 1.2“ („Z 1.1“) ja	ja	ja
Sichtbetonmauern	2598/18	„Z 1.2“ nein	nein	ja

Betonstütze Heizungskeller	4787/18	„Z 0“ ja	ja	nein
Bodenplatte EG Herrentoilette	4789/18	„Z 1.2“ „Z 1.1“ ja	ja	ja

Abb. 16: Tabellarische Zusammenfassung der untersuchten Bauteile durch das Hessische Institut für Baustoffprüfung

Für die Beurteilung der Eignung der mineralischen Abbruchbaustoffe zur Herstellung von RC-Gesteinskörnung für Beton sind nur die beiden letzten Spalten relevant (Einhaltung DIN 4226-101 und DIN EN 12620). Die Einstufung in die LAGA-Klassen ist für die Annahme der Abbruchmassen beim Entsorger bzw. Aufbereiter und für die konventionelle Verwertung in technischen Bauwerken oder für die Verfüllung maßgeblich.

Aufgrund der Angaben des Schadstoffgutachters wurden folgende untersuchten Bauteile zunächst für eine Verwertung zu RC-Gesteinskörnung als **geeignet** eingestuft:

- Ziegelsteine Stadtwache OG rechts
- Ziegelsteine Stadtwache OG links
- Waschbetonfassade
- Betondecken
- Betonstützen Obergeschosse (54 von 83)

Die Proben folgender Bauteile hielten lt. Gutachten des HIB die Grenzwerte nicht ein und wurden deshalb zunächst für eine Verwertung zu RC-Gesteinskörnung als **ungeeignet** eingestuft:

- Ziegelsteine Stadtwache Keller
- Kellergeschoss, Beton Bodenplatte
- Sichtbetonmauern
- Betonstützen Sockelgeschoss (29 von 83)

Die Proben der Ziegelsteine aus dem Keller der Stadtwache überschritten geringfügig die Höchstwerte für säurelösliche Chloride.

Für die Bodenplatte des Kellergeschosses wurde eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit – bedingt durch einen erhöhten pH-Wert – nachgewiesen. Diese Werte verringerten sich durch die Carbonatisierung beim Ausbau und weiteren Verarbeiten (Brechen des Betons) sowie während der Lagerungszeit, sodass die daraus rezyklierten Gesteinskörnungen die entsprechenden Höchstwerte nach DIN 4226-101 nach der Beprobung im Recyclingbetrieb einhielten.

Die Stützen im Keller wurden aufgrund eines zu hohen Gehalts an säurelöslichen Chloriden ebenfalls zunächst als ungeeignet eingestuft.

Zu berücksichtigen ist, dass in einer Voranalyse immer nur Einzelproben genommen werden. Auf der Recyclinganlage wird das Material homogenisiert, so dass es im Regelfall bessere Werte zulässt. Zum anderen wird der Kornanteil von 0/4 mm (Sand) abgesiebt, so dass eine grobe Gesteinskörnung entsteht. Die Voranalysen werden dagegen an einer zerkleinerten Probe mit Sand durchgeführt (nach LAGA). Die grobe Gesteinskörnung hält in der Regel die Grenzwerte besser ein.

So konnte nach dem Rückbau durch die werkseigene Produktionskontrolle im Recyclingbetrieb die Eignung der hergestellten rezyklierten Gesteinskörnungen für den Einsatz in neuem Beton nachgewiesen werden.

4.2.4 Abschätzung der für die Herstellung von Beton relevanten mineralischen Abbruchmassen

Zur Abschätzung der für die Herstellung von Beton relevanten Massen ist grundsätzlich zunächst projektspezifisch zu überlegen, welche mineralischen Abfallfraktionen sich für die Betonherstellung anbieten und welche Gesteinskörnungstypen daraus hergestellt werden sollen. So bestimmen die Kornzusammensetzungen nicht nur die technischen, sondern auch die optischen Eigenschaften. Betonabbruch stellt aufgrund seiner Festigkeitseigenschaften und der anfallenden Massen die wichtigste Abfallfraktion für die Herstellung von rezyklierten Gesteinskörnungen für Beton dar. Er ist unverzichtbar für die Herstellung von Gesteinskörnungstypen 1 und 2 nach DIN 4226-101. Unter die Abfallfraktion Ziegel fallen jedoch nicht nur Tonziegel, sondern auch andere Mauerwerkssteine wie z.B. Kalksandsteine. Diese weisen unterschiedliche technische und optische Eigenschaften auf. Die optischen Eigenschaften sind nur in Sichtbetonbauteilen relevant. Während Kalksandsteinrezyklat aufgrund seiner dem Beton ähnlichen Farbe in Sichtbeton kaum auffällt, lässt sich mit Ziegelrezyklat ein Sichtbeton herstellen, der auf die Herkunft der Materialien schließen lässt. Durch eine Oberflächenbehandlung wie absäuern oder strahlen kann die Körnung optisch hervorgehoben werden, so dass das Ziegelrezyklat deutlich sichtbar wird und das Recycling damit ablesbar ist.

Beim Modellprojekt Rathaus Korbach war eben dieser Effekt gewünscht, weil die Fassade ein deutlich sichtbares Zeichen für das umgesetzte Urban Mining-Konzept und die hochwertige Verwertung der Altmaterialien sein soll. Abb. 17 zeigt die Oberfläche der Fassade in Sichtbetonqualität mit Ziegelrezyklat.



Abb. 17: Sichtbetonfassade mit Ziegelrezyklat, Oberfläche sandgestrahlt

Um den gewünschten Effekt zu erzielen, muss die RC-Gesteinskörnung einen zuvor definierten Anteil an Ziegelrezyklat enthalten. Geeignet sind nur Ziegel mit einer hohen Rohdichte, porosierte Ziegel sind ungeeignet zur Herstellung von RC-Gesteinskörnung für Beton, da sie in der Regel die erforderliche Kornrohichte nach DIN EN 12620 nicht erfüllen.¹⁵ Beim Projekt Korbach wurden die Tondachziegel des Nebengebäudes „Stadtwache“ für die Herstellung des Rezyklats für die Fassade genutzt. Vom Fassadenbauer Hering-Bau wurden mehrere Muster erstellt, um den Ziegelanteil und die Körnung für das gewünschte Erscheinungsbild zu definieren. Außerdem musste der R-Beton umfassend auf seine Frostbeständigkeit getestet werden. Der Nachweis erfolgte in einem Prüflabor, indem werkseitig hergestellte Prüfkörper einer bestimmten Anzahl von Frost-Tau-Wechseln unterzogen wurden. Danach wurde der Massenverlust der Prüfkörper ermittelt und mit normativ festgelegten Grenzwerten verglichen. Mit der von Hering Bau entwickelten Betonrezeptur konnten alle Grenzwerte hinsichtlich der Frostbeständigkeit sicher eingehalten werden.

¹⁵ Porosierte Ziegel eignen sich dagegen sehr gut zur Bodenverbesserung und als Pflanzsubstrat.

Nachfolgend werden die mineralischen Wertstoffe für das Modellprojekt Rathaus Korbach noch einmal zusammengestellt und den beabsichtigten Verwertungswegen zugeordnet:

Mineralische Abbruchabfälle	Herkunft	Verwertung	beabsichtigter Einsatz
Beton	Anbau Rathaus	RC-Gesteinskörnung Typ 1	Beton
	Stadtwache	RC-Gesteinskörnung Typ 1	Beton
	Hinterhaus	RC-Baustoff	Wegebau
Ziegel	Anbau Rathaus	RC-Baustoff	Wegebau
	Stadtwache, Mauerwerk	RC-Baustoff	Wegebau
	Stadtwache, Dachziegel	RC-Gesteinskörnung Typ 1 (ursprünglich Typ 2)	Sichtbeton
Fliesen + Keramik	Anbau Rathaus	RC-Baustoff	Wegebau/Verfüllung
Kies/Splitt	Anbau Rathaus	RC-Gesteinskörnung Typ 1	Wegebau/Verfüllung

Abb. 18: Verwertungswege der mineralischen Abbruchabfälle

Anhand der Bestandsaufnahme und einer bauteilbezogenen Betrachtung der Erfüllung umweltrechtlicher und technischer Anforderungen können nun die für die Betonherstellung relevanten Abbruchmassen berechnet werden.

Beim Modellprojekt Rathaus Korbach stellen sich die Mengen zur Massenberechnung wie folgt dar:

1.) Betonbruch			
Bestand Anbau Rathaus			
Bauteil	Funktion	Betonklasse	Menge [m³]
Fundamente	Tragkonstruktion	nicht bekannt	nicht bekannt
Flachdecken	Tragkonstruktion	B 300	1.197,8
Flachdecke	Tragkonstruktion	B 225	65,0
Rippendecke	Tragkonstruktion	B 300	27,7
Randstreifen	Tragkonstruktion	B 300	59,8
Unterrzüge	Tragkonstruktion	B 300	255,6
Betonkeil	Tragkonstruktion	B 225	11,1
Stützen	Tragkonstruktion	B 300	36,2
Wände	Tragkonstruktion	B 300	121,3
Brüstung	Tragkonstruktion	B 300	6,6
Zulage	Tragkonstruktion	WU	150,0
	Fassadenplatten	Waschbeton	99,5
	Pflaster	B 225	15,4
Bestand Stadtwache		nicht bekannt	nicht bekannt
Σ Betonbruch Anbau Rathaus [m³]			2.048,5

Abb. 19: Mengen des für die Betonherstellung verwertbaren Betonbruchs

2.) Ziegelbruch			
Bestand Stadtwache			
Bauteil	Funktion	Ziegelart	Menge [t]
Dachziegel	Dachdeckung	Tonziegel	18

Abb. 20: Mengen des für die Betonherstellung verwertbaren Ziegelbruchs

4.3 Durchführbarkeit des Recyclings vor Ort bzw. ortsnah

Obwohl die Verwertung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen – vorwiegend für den Erd- und Straßenbau - bereits weit verbreitet ist und für technische Bauwerke auch im Hochbau für untergeordnete Baustoffe Anwendung findet, existiert bisher keine Infrastruktur bzw. Unternehmernetzwerk zur

- a) Aufbereitung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen als Gesteinskörnung für Beton
- b) Herstellung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung

In Hessen waren Hemmnisse für Unternehmer bisher die mangelnde Nachfrage aufgrund von Unkenntnis und Unsicherheiten bei der Verwendung von R-Beton unter den beteiligten Planern und ausführenden Unternehmen. Die Errichtung von Bauwerken mit Beton aus rezyklierter Gesteinskörnung beschränkt sich deshalb in Deutschland auf wenige Pilotprojekte in Süddeutschland, Berlin und Dessau. Unternehmer mit Erfahrung in der Herstellung von RC-Gesteinskörnung für Beton und R-Beton sitzen in Baden-Württemberg (Ludwigsburg, Kirchheim unter Teck) und Berlin.

Ein ‚On-Site-Recycling‘, bei dem die mineralischen Abbruchabfälle vor Ort mit mobilen Brechanlagen zu RC-Gesteinskörnung verwertet wurden, um daraus ebenfalls vor Ort den Beton für die Neubauten herzustellen, ist nur möglich, wenn die örtlichen Gegebenheiten dies zulassen. Entscheidend sind vor allem die Platzverhältnisse auf der Baustelle und die Umgebung. In dichter Bebauung ist ein Brechen vor Ort aufgrund der damit verbundenen Lärm- und Staubbelastung nicht möglich.

Aufgrund der großen Massen der mineralischen Abbruchabfälle und der daraus herzustellenden Baustoffe sind jedoch möglichst kurze Transportwege entscheidend für den ökologischen und ökonomischen Nutzen des mineralischen Baustoffrecyclings. Es ist deshalb im Sinne des ressourcenschonenden Bauens notwendig, in der Grundlagenermittlung (Lph. 1 nach HOAI) zu prüfen, welche Möglichkeiten lokal oder in der Region zur Durchführung des Recyclings bestehen. In einer Recherche müssen Verwerter (Recyclingbetriebe) und Betonhersteller identifiziert werden, die in der Lage sind und die Bereitschaft aufweisen, das Recycling für den Hochbau aufzunehmen und durchzuführen. Es kann davon ausgegangen werden, dass Unternehmer ein Interesse an der Durchführung entwickeln, da der Ressourcenschutz zunehmend an Bedeutung gewinnt und Deponieraum knapp wird. Damit wird auch die Wirtschaftlichkeit solcher Vorhaben verbessert – bisher ein weiteres wesentliches Hemmnis.

Sind die potenziellen Unternehmer identifiziert, muss ein Logistikkonzept entwickelt werden, das Unternehmer und Transportwege aufzeigt. Aus Wettbewerbs- und Vergabegründen müssen mehrere Unternehmen beteiligt werden.

Beim Modellprojekt Rathaus Korbach wurden mit drei regionalen Recyclingbetrieben sowie dem örtlichen Frischbetonwerk Gespräche geführt. Zwei von drei Recyclingbetrieben und das Frischbetonwerk waren bereit, an der Umsetzung des Urban Mining Konzepts mitzuwirken:

Verwerter: - Gra-Bak Bau GmbH, Korbach
 - BAUREKA GmbH, Igelsburg (Habichtswald) bei Kassel
Transportbetonhersteller: - FMK Beton, Korbach

Somit war gewährleistet, dass die Ausschreibung für den Rückbau mit dem geplanten Urban Mining Konzept durchgeführt werden konnte.

Da die Ausschreibung bei öffentlichen Auftraggebern immer neutral erfolgt, können die Bieter auch weitere Verwerter in die Kalkulation ihres Angebots einbeziehen. In der Ausschreibung muss formuliert werden, dass die Aufbereitung möglichst ortsnah zur Baustelle durchzuführen ist, um die transportbedingten Umweltwirkungen zu minimieren. Beim Projekt Korbach wurden die Bieter aufgefordert, die gewählte Verwertungsanlage mit Abgabe des Angebots zu nennen (s. Rückbauausschreibung in Anhang B). So wurden die mineralischen Abbruchmaterialien schließlich bei der Fa. Funke in Volkmarsen aufbereitet.

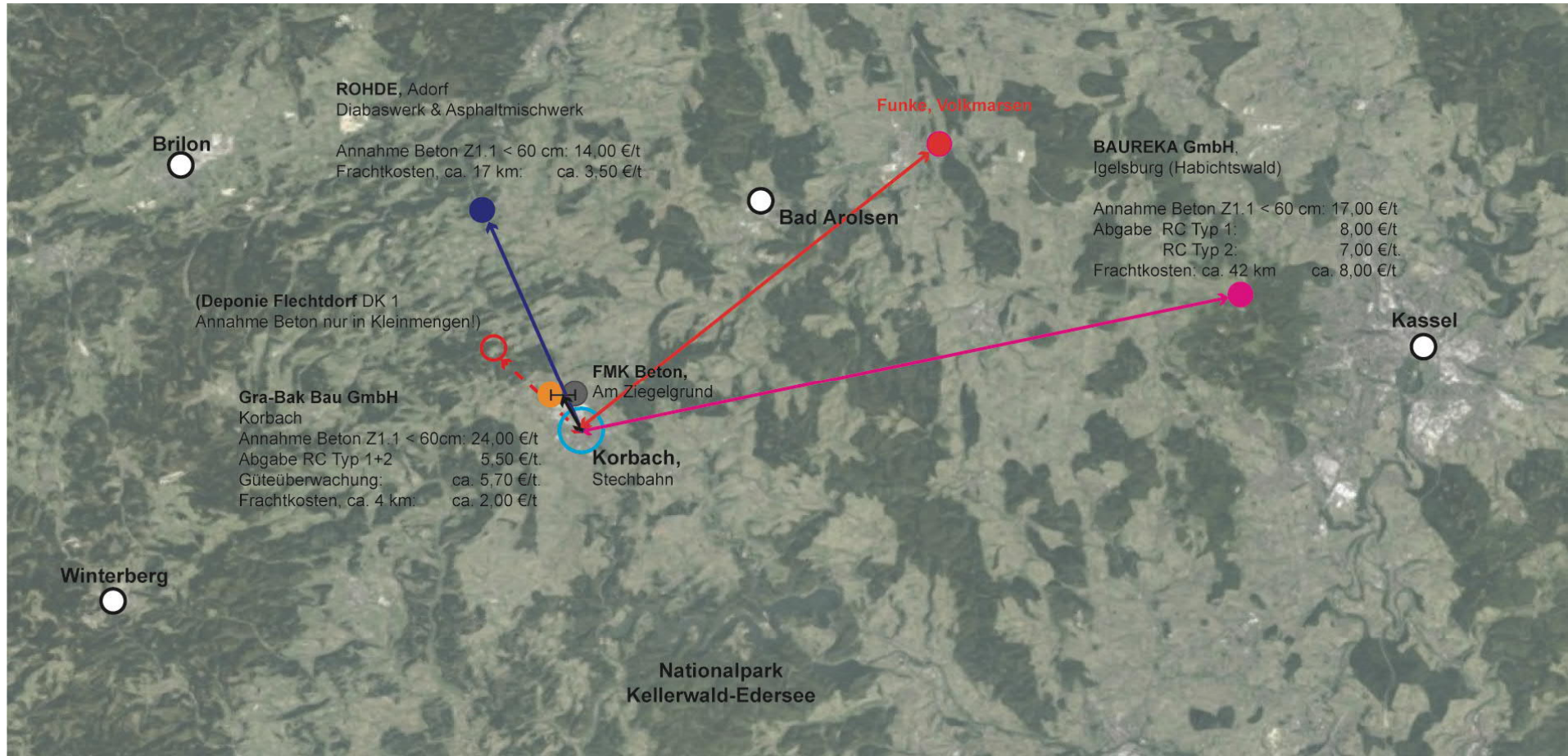


Abb. 21: Logistikkonzept Rathaus Korbach

Die Abb. 21 zeigt das Logistikkonzept für das Modellprojekt Rathaus Korbach, das der Ausschreibung beigelegt wurde. Die in der Skizze genannten Preise für Annahme/Abgabe und Transport waren Basis für die Wirtschaftlichkeitsberechnung (siehe Punkt 5 Seite 34). Die Deponie Flechtdorf war nur informativ aufgeführt. Eine Ablagerung dort wäre nur noch für Kleinmengen möglich gewesen. Gemäß der Kalkulation war die Aufbereitung bei dem am nächsten zur Baustelle gelegenen Recyclingbetrieb die teuerste. Die Anlieferung zur Verwertung im Straßenbau bei Fa. Rohde war die kostengünstigste (siehe Punkt 5.3). Die Fa. Funke, bei der das Recycling der mineralischen Abbruchabfälle schließlich durchgeführt wurde, ist hier nachträglich eingefügt worden.

4.4 Planung zum Einsatz des aufbereiteten RC-Materials

4.4.1 Einsatzmöglichkeiten

Die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen in Beton ist in einer Richtlinie des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb.)¹⁶ geregelt. Die Richtlinie legt die maximalen Anteile an rezyklierter Gesteinskörnung an der gesamten Gesteinskörnung nach Volumen-% fest. Die Anteile richten sich nach dem Anwendungsbereich, der Expositionsklasse und dem Typ der Gesteinskörnung nach DIN 4226-101. Bauteile aus Beton bis Festigkeitsklasse C30/37, welche unter Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen bis zu den in der Richtlinie angegebenen Höchstanteilen hergestellt werden, dürfen nach DIN EN 1992-1-1¹⁷ bemessen werden und bedürfen so keiner Sonderregelung.

Abb. 22 zeigt einen Auszug aus der Richtlinie des DAfStb.

Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
		Typ 1	Typ 2
Alkali-Richtlinie ¹⁸	DIN EN 206-1/DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
WO (trocken)	XC1		
WF (feucht) ^{1) 2)}	X0		
	XC1 bis XC4	≤ 45 Vol.-%	≤ 35 Vol.-%
	XF1 und XF3 Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤ 35 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%
	XA1	≤ 25 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%
<p>¹⁾ Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen nur möglich bei bekannter Herkunft und unbedenklicher Alkaliempfindlichkeitsklasse der darin enthaltenen Gesteinskörnungen bzw. wenn bei unbekannter Herkunft in einem Gutachten eine unbedenkliche Alkaliempfindlichkeitsklasse bestätigt wird.</p> <p>²⁾ Bei zusätzlicher häufiger oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen (Feuchtigkeitsklasse WA) ist die Verwendung von rezyklierter Gesteinskörnung nur möglich, wenn ein Gutachten eine unbedenkliche Alkaliempfindlichkeitsklasse für die Gesteinskörnung bestätigt.</p>			

Abb. 22: zulässige Anteile rezyklierter Gesteinskörnungen in Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 gemäß DAfStb.-Richtlinie

Beton unter Zusatz rezyklierter Gesteinskörnung eignet sich, wie in Korbach vorgesehen, damit bevorzugt für:

- Wohngebäude, Bürogebäude usw.
- die Festigkeitsklasse C 8/10 bis C 30/37
- die Expositionsklassen X0, XC1 bis XC4, XF1, XF3 und XA1.

Dagegen ist Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen nicht einsetzbar

- bei hohen Festigkeitsklassen und Expositionsklassen mit hoher Widerstandsfähigkeit, wie z.B. chemischem Angriff (Landwirtschaft, Industrie) oder Verschleiß
- Alkalizufuhr von außen (Anwendungsbereich WA und WS)

Falls die Herkunft und Eignung des RC-Betons nicht zweifelsfrei feststeht, kann für die Einstufung der Alkali-Beständigkeitsklasse die Klasse E III S für die rezyklierte Gesteinskörnung verwendet werden. Gemäß Alkali-Richtlinie sind in diesem Fall vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende

¹⁶ DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620, 09/2010

¹⁷ DIN EN 1992-1-1:2011-01 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

¹⁸ DAfStb-Richtlinie - Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkaliereaktion im Beton (Alkali-Richtlinie), 10/2013

Alkalikieselsäurereaktionen zu treffen. Dazu gehört gemäß Abb. 23 die Verwendung von Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt, z.B. Hochofenzement (CEMIII) mit zusätzlicher NA-Kennzeichnung.

Alkaliempfindlichkeitsklasse	Zementgehalt [kg/m³]	Feuchtigkeitsklasse	
		WO	WF
E I-S	ohne Festlegung	keine	keine
E III-S ¹⁾	$z \leq 300$	keine	keine
	$300 < z \leq 350$	keine	keine
	$z > 350$	keine	Performance-Prüfung oder NA-Zement ²⁾³⁾

1) Gilt auch für nicht beurteilte Gesteinskörnungen. Gutachten durch besonders fachkundige Personen.
 2) Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt nach DIN 1164-10
 3) Alternativ Festlegung von vorbeugenden Maßnahmen auf Grundlage eines Gutachtens

Abb. 23: Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalikieselsäurereaktion in Beton bei Alkaliempfindlichkeitsklassen E I-S und E III-S nach Alkalirichtlinie

In der folgenden Abbildung sind die Einsatzmöglichkeiten für Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen grafisch dargestellt.

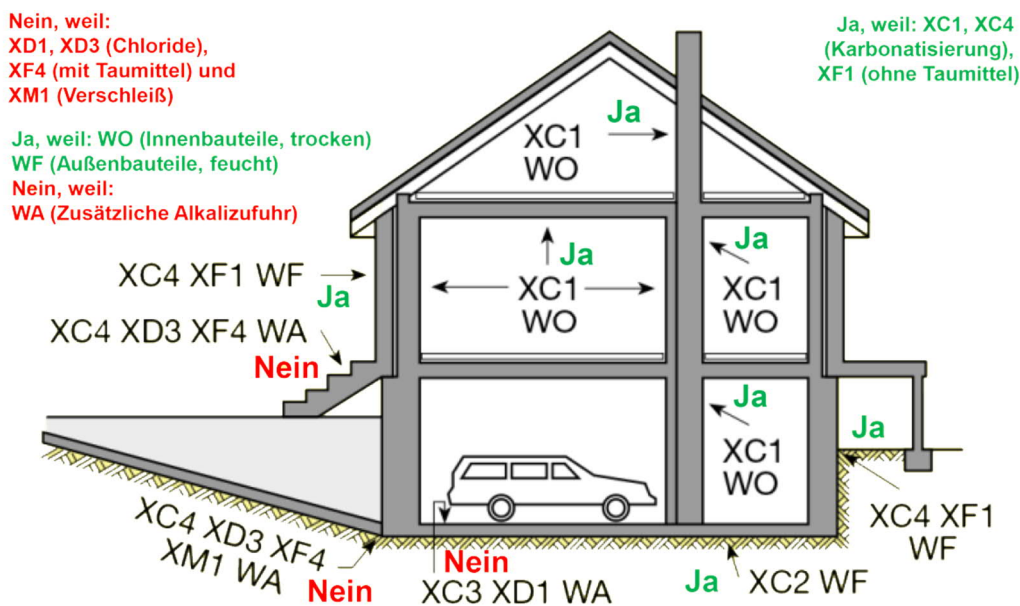


Abb. 24: Einsatzmöglichkeiten für Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen
 Quelle: Zement-Merkblatt Betontechnik B 9 1.2018, Expositionsklassen für Betonbauteile im Geltungsbereich des EC2, RC-Einsatzmöglichkeiten ergänzt durch Harald Kurkowski

Auf dieser Basis ist in Abstimmung mit den Architekten und dem Tragwerksplaner zunächst zu ermitteln, in welchen Bereichen Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung eingesetzt werden soll bzw. kann.

Beim Modellprojekt Rathaus Korbach stand eine möglichst umfassende Verwendung von R-Beton im Fokus. Vom Tragwerksplaner wurden die Feuchtigkeits-, Expositions- und Festigkeitsklassen der Betonbauteile gemäß DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 zugearbeitet (Abb. 25).

Für diese Bauteile wurde dann anhand der Vordimensionierung des Tragwerksplaners der Betonbedarf ermittelt.

Übersicht Betonfestigkeitsklassen, Expositionsklassen und Betonüberdeckung für Betonbauteile

Die Expositionsklassen richten sich nach den Anforderungen der DIN EN 1992-1-1.

- **Decke**

oben:	C25/30	XC1	WO	$c_{nom} \geq 2,0 \text{ cm}$
unten:	C25/30	XC1	WO	$c_{nom} \geq 2,0 \text{ cm}$

- **Wände**

innen:	C25/30	XC1	WO	$c_{nom} \geq 2,0 \text{ cm}$
außen:	C25/30	XC3	WF	$c_{nom} = 3,5 \text{ cm}$

- **Stützen**

innen:	C25/30	XC1	WO	$c_{nom} \geq 2,0 \text{ cm}$
außen:	C25/30	XC3	WF	$c_{nom} = 3,5 \text{ cm}$

- **Unterzüge**

	C25/30	XC1	WO	$c_{nom} \geq 2,0 \text{ cm}$
--	--------	-----	----	-------------------------------

- **Bodenplatte allgemein**

oben:	C25/30	XC1	WO	$c_{nom} \geq 2,0 \text{ cm}$
unten:	C25/30	XC2	WF	$c_{nom} = 3,5 \text{ cm}$

- **Bodenplatte Parkgarage**

Ausführung mit rissüberbrückender Abdichtung und Schutzschicht

oben:	C25/30	XC3	WF	$c_{nom} \geq 3,5 \text{ cm}$
unten:	C25/30	XC2	WF	$c_{nom} = 3,5 \text{ cm}$

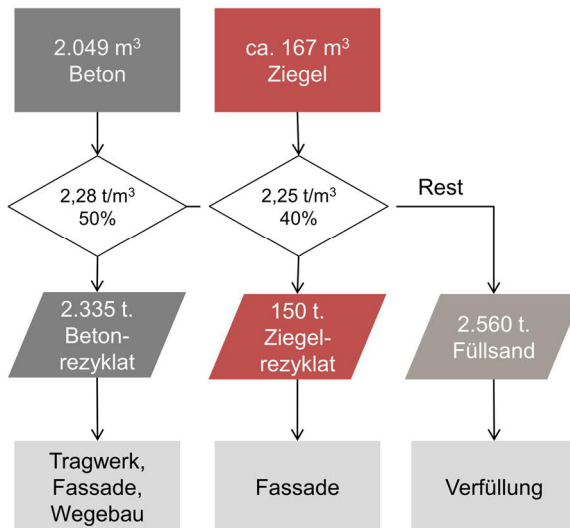
Abb. 25: Klassifizierung der Betonbauteile beim Modellprojekt Rathaus Korbach, Quelle: EFG Beratende Ingenieure

4.4.2 Abschätzung der einsetzbaren Massen

Für das Modellprojekt Rathaus Korbach wurde ein Rechenmodell entwickelt, mit dem die einsetzbaren Massen an RC-Gesteinskörnung berechnet und der Deckungsgrad von Bedarf (RC-Gesteinskörnung für neue Betonbauteile) zu Angebot (Rezyklat aus Abbruchmaterial) ermittelt werden kann. Im Folgenden werden die Vorgehensweise und die Ergebnisse dargestellt.

A Angebot

1. Mengenermittlung mineralischer Wertstoffe mit Eignung für den Einsatz im Beton des Neubaus



3. Festlegung Einsatz

Abb. 26: Prognostiziertes Angebot an Rezyklat aus den zu verwertenden mineralischen Abbruchabfällen

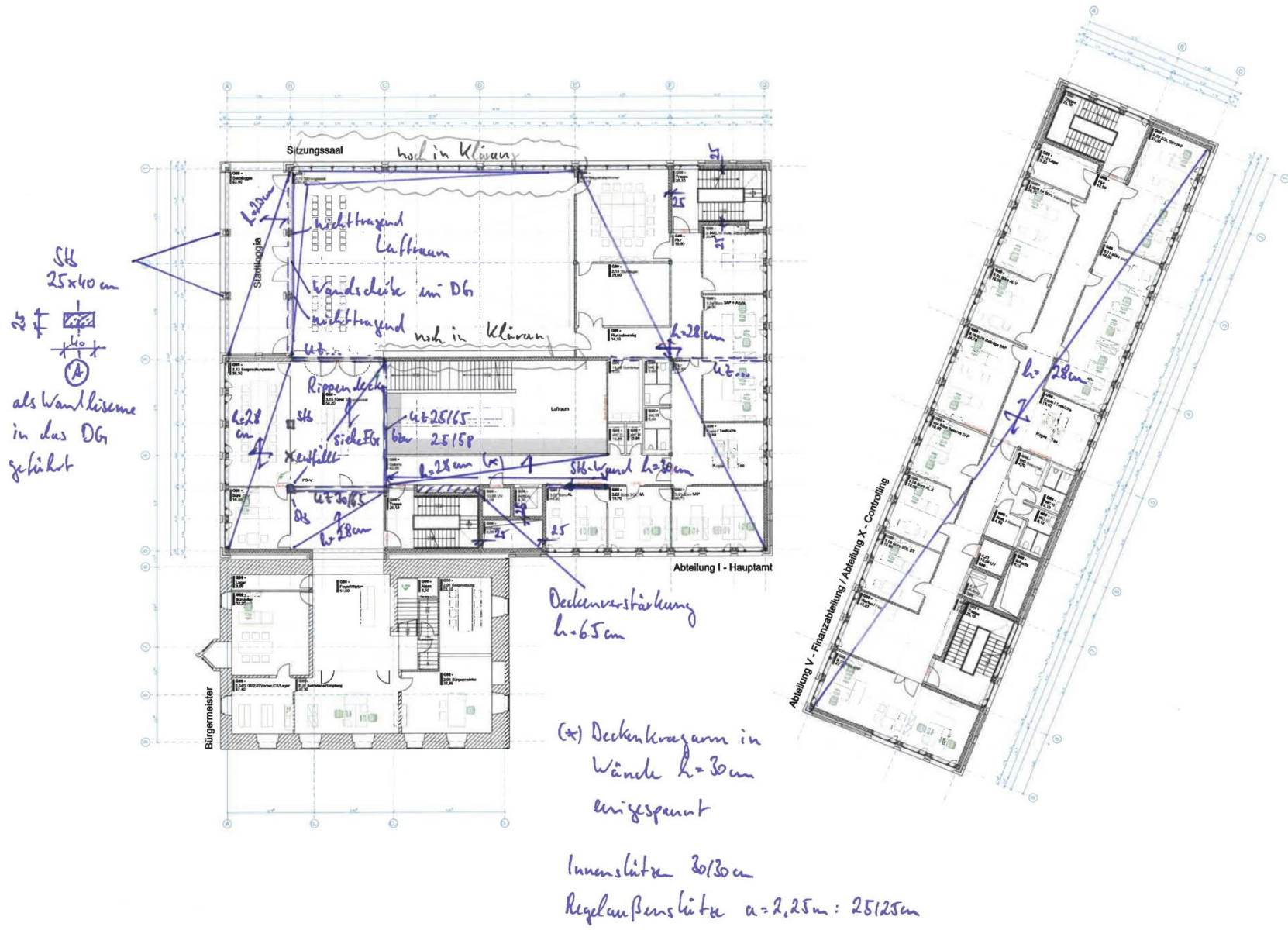
Im ersten Schritt wird mit dem Rechenmodell anhand der ermittelten Abbruchmengen das Angebot an geeignetem Rezyklat prognostiziert.

Beim Brechen von Beton und Ziegeln entsteht verfahrensbedingt ein Anteil an feinkörniger Gesteinskörnung, der derzeit für den Einsatz in neuem Beton ungeeignet ist. Gemäß o.g. Richtlinie des DAFStb. dürfen nur die Körnungen > 2mm verwendet werden. Es wurde ausgegangen, dass ca. 50% des Betonbruchs und ca. 40% des Ziegelbruchs eine Körnung von 4/22mm aufweist, die den Anforderungen für den Einsatz in Beton entspricht.

Auf dieser Basis und anhand der angenommenen Rohdichte der Abbruchmaterialien wurden für das Modellprojekt Rathaus Korbach die für die Betonherstellung einsetzbaren Rezyklatmassen ermittelt. Es verbleibt ein Feinanteil, der bei entsprechender Eignung gemäß LAGA für die Verfüllung der Baugrube verwendet werden kann (Füllsand). Das Angebot an Rezyklat aus den zu verwertenden mineralischen Abbruchabfällen ist in Abb. 26 dargestellt. Hieraus wurde gefolgert, dass durch die Herstellung von Sekundärrohstoffen aus dem Bestand ca. 5.100 t. Primärmaterial (Kies und Sand) eingespart werden könnten.

4.4.3 Bedarf an rezyklierter Gesteinskörnung

In der Vorplanung wird der Bedarf für die rezyklierte Gesteinskörnung für die neuen Betonbauteile anhand des statischen Konzepts mit den dort genannten Dimensionierungen ermittelt (siehe Abb. 27).



Statisches Konzept
 1. OG
 EFG, Stand 29.05.18
 Heinze

VORABZUG



Projekt Erweiterung Rathaus Korbach Erweiterung Korbach - Flur - Funkt.	
Bauherr Kreis- und Hansestadt Korbach	 RATHAUS KORBACH
Vertreten durch: Stadtbaumeister - Stadtentwicklung Stadtkreis 1 344997 Korbach Stochbahn 1	
ARGE agn - heimspielarchitekten Grosse Allee 100 48479 Bielefeld	
Info@agn.de info@heimspielarchitekten.de www.agn.de www.heimspielarchitekten.de	
Architekt (AZ/NV A3/004) Mario Weidner	
Planart Grundriss Obergeschoss +1	Skizze H2_01_01_01_01
Datum 11.04.2018	Version 01
Proj. Nr. 11.001	Proj. Nr. 11.001
Proj. Nr. 11.001	Proj. Nr. 11.001

Abb. 27: Statisches Konzept für den Neubau Rathaus Korbach_Quelle: EFG Beratende Ingenieure, Plangrundlage: ARGE agn - heimspielarchitekten

B Bedarf – Berechnung der Mengen

4. Mengenermittlung des Betonbedarfs nach Festigkeits-, Feuchtigkeits- & Expositionsklassen

5. Massenermittlung des Bedarfs an Gesteinskörnung

6. Maximaler Anteil an RC-Gesteinskörnung nach DAFStb.-Richtlinie
Dichte 2,28 t/m³

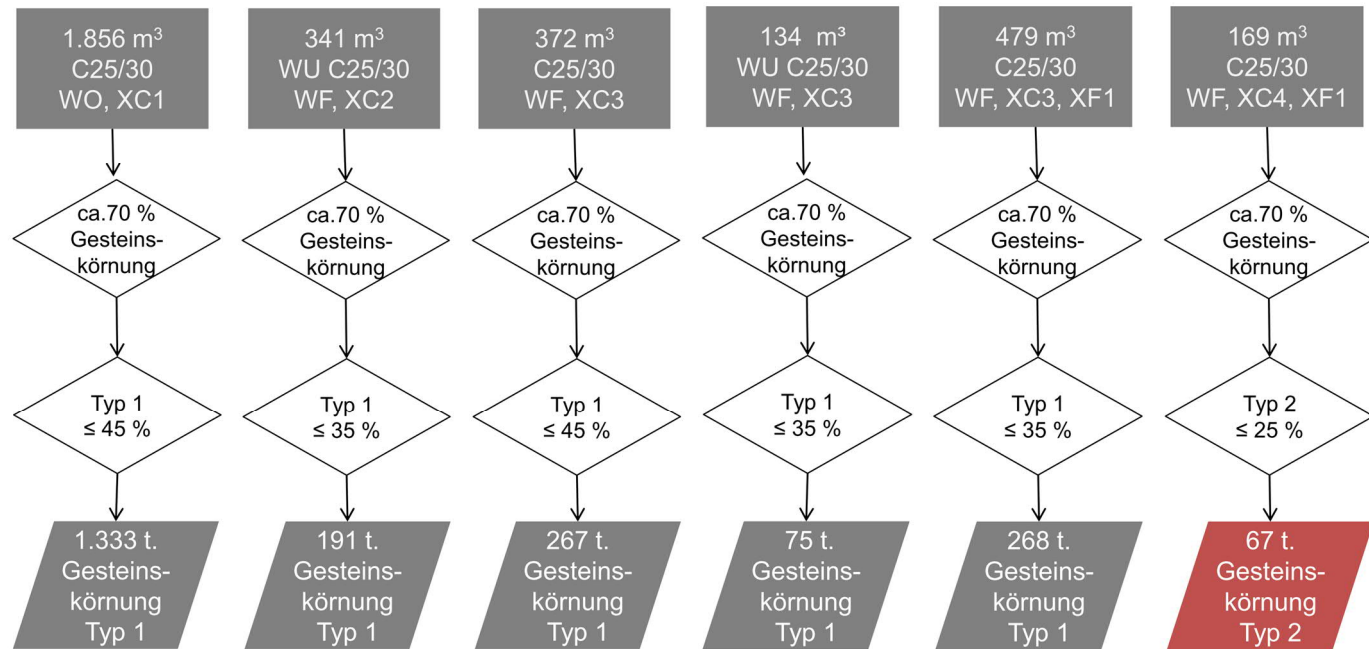


Abb. 28: Bedarf an RC-Gesteinskörnung nach Festigkeits-, Feuchtigkeits- und Expositionsklassen

Bei der Ermittlung des Bedarfs an RC-Gesteinskörnung kann davon ausgegangen werden, dass der fertige Beton zu ca. 70 Vol-% aus Gesteinskörnung besteht. In Abb. 28 ist für das Projekt Korbach dargestellt, welcher Anteil davon je nach Anwendung und Expositionsklasse gemäß der DAFStb.-Richtlinie durch RC-Gesteinskörnung ersetzt werden kann. Bei der Berechnung der Massen wurde von einer Kornrohddichte von 2,28 t./m³ (gemäß Beprobung durch das HIB Kassel) für die RC-Gesteinskörnung und von 2,65 t./m³ für die natürliche Gesteinskörnung ausgegangen.

4.4.4 Ermittlung des Deckungsgrades Bedarf zu Angebot

In einem dritten Schritt wird überprüft, inwieweit der Bedarf an rezyklierter Gesteinskörnung mit dem vorhandenen Angebot an Rezyklat gedeckt werden kann.

C Deckungsgrad Bedarf/Angebot

7. Bedarf Gesteinskörnung

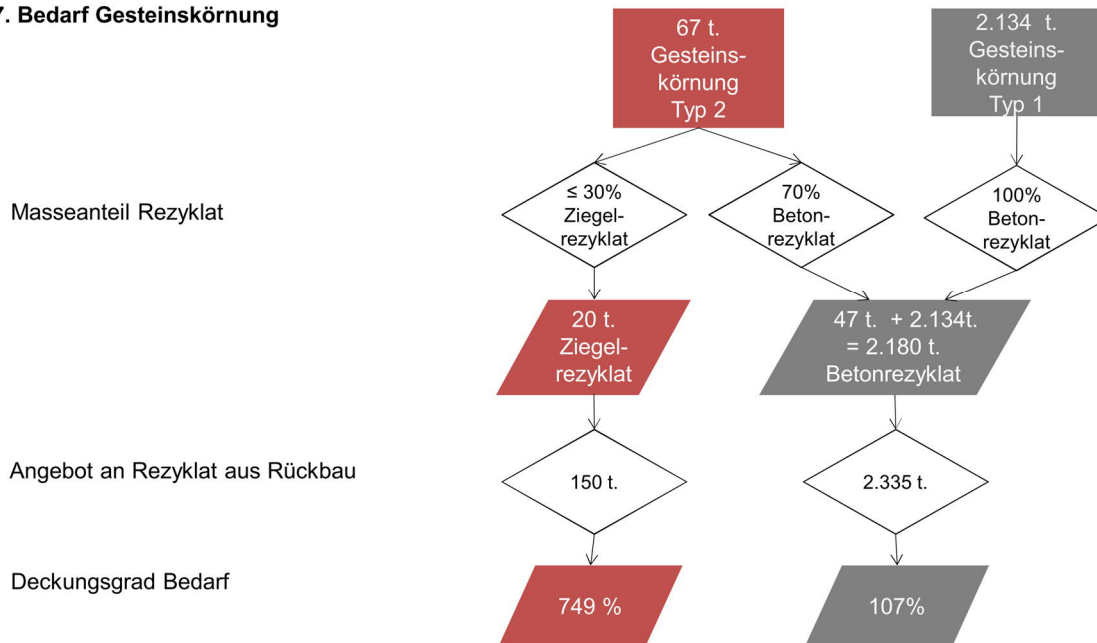


Abb. 29: Deckungsgrad Bedarf/Angebot für die Herstellung von Beton

Im Ergebnis wurde zunächst prognostiziert, dass der Bedarf an RC-Gesteinskörnung für die Betonherstellung beim Modellprojekt Rathaus Korbach aus den verwertbaren Abbruchmaterialien gedeckt werden könne. Während des Rückbaus ergaben sich jedoch unvorhersehbare Hindernisse, die zu einer wesentlich geringeren Bedarfsdeckung geführt haben (s. Kapitel 6.4 bis 6.6). Im Ergebnis konnte der Bedarf an rezyklierter Gesteinskörnung für Beton nur zu rund 50% aus dem abgebrochenen Bestand gedeckt werden.

5 Wirtschaftlichkeitsprognose

5.1 Grundsätzliche Überlegungen zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Durch die Direktverwertung von mineralischen Abbruchabfällen können im besten Fall zukünftig nicht nur wertvolle natürliche Ressourcen, sondern auch finanzielle Mittel gespart werden. Der Abbau natürlicher Gesteinskörnungen aus Flüssen, Seen usw. wird zunehmend teurer, da der Naturraum ein knappes Gut ist und zur Erhaltung der Biodiversität geschont werden muss. Gleichzeitig wird auch Deponieraum immer knapper. Die Einführung der Ersatzbaustoffverordnung kann evtl. verstärkt zu Engpässen auf Deponien führen, wenn die erhöhten umweltrechtlichen Anforderungen eine Verwendung im Straßen- und Wegebau oder eine Verfüllung unmöglich machen. Für Verwerter wird es deshalb zunehmend lukrativer, Abbruchmaterialien für die Verwertung in neuem Beton aufzubereiten. Für Betonhersteller wird deshalb zukünftig tendenziell der Preis für natürliche Gesteinskörnungen steigen, während davon auszugehen ist, dass bei steigender Abnahme der Preis für rezyklierte Gesteinskörnungen fällt.

Bislang scheitert die Verwendung von Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen häufig an einem „Teufelskreis“ aus mangelnder Nachfrage und mangelndem Angebot. Das Land Hessen kann mit verschiedenen Maßnahmen Angebot und Nachfrage fördern, z.B.

- durch Vollzug der aktuellen Gewerbeabfallverordnung (landesweite Kontrollen mit Ahndung) den selektiven Rückbau zum Standard machen und damit die Sortenreinheit der Abbruchmaterialien erhöhen
- Unternehmensnetzwerke aus Abbruchunternehmen, Recyclingbetrieben und Betonherstellern fördern durch entsprechende Fachtagungen und Kongresse. Die Organisation solcher Veranstaltungen durch Verbände mit Landesmitteln unterstützen.
- die Bauproduktenverordnung bei allen öffentlichen Bauvorhaben vollziehen, wonach ein Bauwerk „derart entworfen, errichtet und abgerissen werden muss, dass die natürlichen Ressourcen nachhaltig genutzt werden“ und insbesondere „umweltverträgliche Rohstoffe und Sekundärbaustoffe“ verwendet werden müssen. Die Beschaffungsstellen des Landes müssen hierzu aufgerufen und sensibilisiert werden.
- die Möglichkeiten zur Verwendung von RC-Baustoffen durch Veröffentlichungen, beispielsweise durch den geplanten „Leitfaden für Ressourcenschonendes Bauen im Land Hessen“ bei Investoren und Planern publik machen.
- Mit der Architektenkammer Hessen entsprechende Fortbildungen organisieren.
- Fördermittel des Landes für öffentliche Bauvorhaben an die Anwendung des geplanten Leitfadens koppeln (Beispiel Land Baden-Württemberg: Dort werden Fördermittel an die Anwendung des Systems Nachhaltiges Bauen Baden-Württemberg (NBBW) gekoppelt, womit auch die Dokumentation des Einsatzes von RC-Beton verlangt wird.)

Solange jedoch aufgrund der mangelnden Nachfrage die Infrastruktur bzw. notwendige Unternehmensnetzwerke noch nicht existieren – wie im vorliegenden Beispiel Rathaus Korbach – muss im Einzelfall geprüft werden, ob eine Direktverwertung des Altbestands für den Neubau wirtschaftlich ist, bzw. ob der Ressourcenschutz und die Förderung des Ausbaus der erforderlichen Infrastruktur einen vertretbaren finanziellen Mehraufwand rechtfertigt.

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit – und auch für die ökologische Sinnfälligkeit – sind, wie bereits erläutert, kurze Transportwege. Die Transportkosten hängen von der Entfernung und den zu transportierenden Massen ab. Da der Vorgang der Be- und Entladung auch bei geringen Entfernungen immer einen gewissen Aufwand hervorruft, ist der Preis pro km nicht linear.

5.2 Grundlagen für die Kalkulation

Die für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit benötigten Parameter und Kostenarten sind in Punkt 4.1.4 auf Seite 15 bereits beschrieben worden. Um die Kosten zu berechnen, werden Preise und Kennwerte benötigt, die individuell für jedes (Rück-) Bauvorhaben bei den identifizierten Unternehmen abgefragt werden müssen, da sie regional sehr verschieden sein können. Es werden folgende Kennwerte und Preise benötigt:

- Transportkilometer zum Verwerter und Preis pro transportierter Tonne mineralischem Abbruchabfall
- Annahmepreis des Verwerter für die Abbruchabfälle nach LAGA-Klassen unter Berücksichtigung der nach Aufbereitung wieder abgenommenen Mengen
- Abgabepreise des Verwerter für die rezyklierten Gesteinskörnungen (die Summe aus Annahmepreis und Abgabepreis stellt im Prinzip den Erlös für die Aufbereitung dar. Hiermit müssen die Aufbereitungskosten inkl. Allgemeinkosten, Wagnis und Gewinn sowie Güteüberwachungskosten gedeckt werden).
- Transportkilometer vom Verwerter zum Betonwerk und Preis pro transportierter Tonne rezyklierter Gesteinskörnung
- Preis für den zusätzlichen Aufwand des Betonherstellers für die Herstellung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung

Für das Modellprojekt Rathaus Korbach wurden die Preise für Annahme und Abgabe der Materialien bei den identifizierten potenziellen Unternehmen abgefragt.

In der Entwurfsphase wurden die Möglichkeiten des Recyclings in einem persönlichen Gespräch mit den Geschäftsführern der Firmen Gra-Bak und Baureka erörtert. Hierbei wurde geklärt, welche genauen Informationen die Firmen für die Preiskalkulation benötigen. Im Anschluss wurde den Unternehmern eine Kurzbeschreibung des Konzepts mit den benötigten Angaben zugestellt (siehe Abb. Abb. 30). In einer Anlage zur Kurzbeschreibung wurden sämtliche mineralischen Bau- und Abbruchabfälle nach LAGA-Klassen aufgelistet, also auch diejenigen, die nach den Baustoffanalysen für die Aufbereitung zu rezyklierter Gesteinskörnung für Beton nicht geeignet sind.

Auf Grundlage der Daten in der Kurzbeschreibung wurden die in der Wirtschaftlichkeitsberechnung (Kap. 5.3) verwendeten Annahme- und Abgabepreise kalkuliert. Die Transportpreise beruhen dagegen auf Erfahrungswerten der Verfasser.

Urban Mining Konzept Rathaus Korbach**Projekt: Neubau Rathaus Korbach****Projekt-Nr.: 17IB_119RHK****Inhalt: Daten für die Preiskalkulation zur Aufbereitung mineralischer Abbruchabfälle****1. zeitlicher Ablauf**

Beginn Rückbau: 15.03.2019
 Dauer Rückbau: ca. 3 Monate
 Baubeginn Neubau: 15.06.2019
 Dauer Betonarbeiten: ca. 9 Monate

Unter Berücksichtigung einer Entkernungszeit von ca. 6 Wochen ist mit einer Anlieferung der ersten Chargen mineralischer Abbruchabfälle beim Recyclingbetrieb Anfang Mai 2019 zu rechnen.

Mit dem Betonwerk ist noch zu klären, ob die rezyklierte Gesteinskörnung sofort nach der Aufbereitung dort angeliefert werden kann oder ob das Material bis zur Betonherstellung beim Recyclingbetrieb zwischengelagert wird. Die Zwischenlagerung ist deshalb optional zu kalkulieren. Mit der Fertigstellung der Betonarbeiten ist im März 2020 zu rechnen, so dass die letzten Chargen RC-Gesteinskörnung dann den Recyclingbetrieb verlassen würden.

2. Mengen

Die genauen Mengen werden im Rahmen der Ausschreibung des Rückbaus noch ermittelt. In Anlage 1 sind die mineralischen Abbruchmaterialien nach Abfallfraktion und –schlüssel sowie LAGA-Einstufung aufgelistet. Die Massen sind den bisher geplanten Verwertungswegen zugeordnet.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass Abfälle von bisher gutachterlich nicht untersuchten Bauteilen zunächst der sonstigen Verwertung zugerechnet wurden und für die Kalkulation der Annahmepreise beim Recyclingbetrieb die LAGA Klasse 1 angenommen wird.

3. Güteüberwachung mit CE-Zertifikat

Für die rezyklierte Gesteinskörnung aus Beton ist eine Güteüberwachung/Konformität gemäß DIN EN 12620 in Verbindung mit DIN 4226-101 aufzunehmen bzw. durchzuführen.

Als Nachweisgröße für die Umweltverträglichkeit ist eine Untersuchung pro 1.000 t je Material (Körnung) durchzuführen, wobei die Probenahme immer gemeinsam mit dem Auftraggeber oder einer von ihm beauftragten Person erfolgt. Als Nachweis ist eine entsprechende Leistungserklärung mit CE-Kennzeichnung zu erbringen.

4. worst case

Die Mengenangaben in Anlage 1 wurden unter Berücksichtigung der vorliegenden Entsorgungskonzepte auf Basis der Schadstoffbegutachtung des Hessischen Instituts für Baustoffprüfungen (HIB, Kassel) ermittelt. Weitere Untersuchungen werden im Rahmen des Rückbaus erfolgen. Unter schlechtesten Bedingungen muss angenommen werden, dass eine Verwertung des Beton- und Ziegelbruchs zu RC-Gesteinskörnung nicht möglich ist und das Material auf konventionellem Weg unter Einstufung in die LAGA-Klasse Z1.2 zu entsorgen ist. Die Preiskalkulation soll dieses worst-case-Szenario mit berücksichtigen.

5. Preise

Es wird um folgende Preisangaben gebeten:

- Annahmepreis der jeweiligen Abfallfraktionen pro Tonne nach LAGA-Einstufung, Anlieferung beim Recyclingbetrieb durch Abbruchunternehmer
- Abgabepreis der jeweiligen RC-Gesteinskörnung pro Tonne

ARGE agn - heimspielarchitekten
 groner allee 100 | 49479 ibbenbüren
 t 05451/5901-0 | f 05451/5901-240 | www.agn.de

Abb. 30: Kurzbeschreibung Urban Mining Konzept für die Preisabfrage

5.3 Variantenvergleich

Um Mehr- oder Minderkosten für die Direktverwertung zu identifizieren, ist es erforderlich, in einem Variantenvergleich die Kosten für eine konventionelle Entsorgung/Verwertung den Kosten für eine ressourcenschonende Direktverwertung gegenüberzustellen.

Die Varianten können projektunabhängig wie folgt bezeichnet werden:

Variante A

Entsorgung/Weiterverwertung der mineralischen Abbruchmaterialien

Einsatz von 100% mineralischen Primärrohstoffen in den Betonbauteilen des Neubaus

Variante B

Wiederverwertung der mineralischen Abbruchmaterialien

Einsatz von rezyklierter Gesteinskörnung in den Betonbauteilen des Neubaus

Um den Wettbewerb zu fördern, sind mögliche Untervarianten mit verschiedenen Unternehmerpreisen zu betrachten. Für das Modellprojekt Rathaus Korbach stellten sich die Varianten wie folgt dar:

Variante A

Weiterverwertung der mineralischen Abbruchmaterialien durch Fa. Rohde, Adorf

Die im Zwischenbericht für Phase 2 noch aufgeführte Variante der Entsorgung auf der Deponie Flechtdorf wurde nicht weiter fortgeführt, da sie aufgrund der Annahmeregulungen (nur Kleinmengen) nicht realisierbar war.

Variante B

B1: Wiederverwertung der mineralischen Abbruchmaterialien bei Firma Gra-Bak Bau GmbH in Korbach

B2: Wiederverwertung der mineralischen Abbruchmaterialien bei Fa. BAUREKA in Igelsburg (Habichtswald)

Auf den Folgeseiten ist die Wirtschaftlichkeitsberechnung in Tabellenform dargestellt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den angegebenen Preisen um unverbindliche Preisinformationen und nicht um Angebote handelt. Nach VOB ist für öffentliche Bauvorhaben eine EU-weite Ausschreibung erforderlich. Aufgrund der Konjunktur war zu erwarten, dass sich eher Abbruch- und Bauunternehmen aus Deutschland bzw. der Region bewerben. Die Preisinformationen der genannten regionalen Entsorgungs- und Recyclingbetriebe wurden mit der Ausschreibung zur Verfügung gestellt. Damit sollte verhindert werden, dass Bieter aufgrund von Unwissenheit und Zeitmangel (für eigene Recherche) überhöhte Angebote abgeben.

Urban Mining Konzept Rathaus Korbach - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Direktverwertung

Zeile	Pos.	Kostenart	Menge	Einheit	Kennwert [€/Einheit]	Variante A Entsorgung/Weiterverwertung, 100% Primärrohstoffe im Neubau Fa. Rohde, Adorf	Variante B Wiederverwertung RC-Material im Neubau Fa. Gra-Bak, Korbach Fa. BAUREKA, Igelsburg
1	1.	Rückbau, Transport und Entsorgung/Verwertung					
2	1.1.	Abbruch bzw. Rückbaukosten					
3						kein Unterschied (mehr); seit Novellierung der Gewerbeabfallverordnung (08/2017) müssen gemäß §8 u.a. Beton, Ziegel und Fliesen getrennt gesammelt werden; in beiden Fällen ist ein selektiver Rückbau erforderlich	
4	1.2	Transport der mineral. Abfälle zum Verwerter/Entsorger					
5		Betonbruch < 60cm, Z1.1	4.671 t.				
6		Ziegelbruch, Z0	375 t.				
7		Variante A_Transport zur Entsorgung/Verfüllung					
8		Fa. Rohde-Bau, Adorf, 17 km	5.045 t.		3,00 €	15.136 €	
10		Variante B_Transport zur Verwertung					
11		Fa. Gra-Bak, Korbach, 4 km	5.045 t.		1,50 €		7.568 €
12		Fa. BAUREKA, Igelsburg, 42 km	5.045 t.		8,00 €		40.363 €
13							
14	1.3	Lagerung der mineralischen Abfälle bis zur Verwertung					
15		Fa. Gra-Bak, Korbach, Lagerfläche für 9 Monate	1.250 m²		9,00 €		11.250 €
16							
17	1.4	Entsorgung/Verwertung mineralischer Abfälle					
18		Variante A_Entsorgung/Verfüllung					
19		Fa. Rohde-Bau, Adorf, Ziegelbruch Z0	375 t.		14,00 €	5.246 €	
20		Fa. Rohde-Bau, Adorf, Betonbruch Z1.1	4.671 t.		14,00 €	65.388 €	
21		Variante B_Annahme zur Verwertung					
22		Fa. Gra-Bak, Korbach, Ziegelbruch Z0	375 t.		24,00 €		8.994 €
23		Fa. Gra-Bak, Korbach, Betonbruch Z1.1, Körnung 4/22 (Wiederabnahme)	2.335 t.		24,00 €		56.047 €
24		Fa. Gra-Bak, Korbach, Betonbruch Z1.1, Körnung 0/4 (keine Abnahme)	2.335 t.		36,00 €		84.071 €
25							
26		Fa. BAUREKA, Ziegelbruch Z0	375 t.		23,00 €		8.619 €
27		Fa. BAUREKA, Betonbruch Z1.1, Körnung 4/22 (Wiederabnahme)	2.335 t.		17,00 €		39.700 €
28		Fa. BAUREKA, Betonbruch Z1.1 Körnung 0/4 (keine Abnahme)	2.335 t.		17,00 €		39.700 €
29							
30	1.5	Lagerung der Rezyklate bis zur Verarbeitung durch das Betonwerk					
31		Massen RC-Gesteinskörnung Typ 1	2.289 t.				
32		Massen RC-Gesteinskörnung Typ 2	67 t.				
33		Fa. Gra-Bak, Korbach, Lagerfläche für 9 Monate	800 m²		9,00 €	entfällt	7.200 €
34		Fa. BAUREKA, Igelsburg, Lagerung 1€/t.*Quartal	763 t.		3,00 €		2.289 €
35			830 t.		2,00 €		1.659 €
36			763 t.		1,00 €		763 €
37		Σ Rückbau, Transport und Entsorgung/Verwertung				85.771 €	175.130 € 133.093 €

Urban Mining Konzept Rathaus Korbach - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Direktverwertung

Zeile	Pos.	Kostenart	Menge	Einheit	Kennwert [€/Einheit]	Variante A Entsorgung/Weiterverwertung, 100% Primärrohstoffe im Neubau Fa. Röhde, Adorf	Variante B Wiederverwertung RC-Material im Neubau Fa. Gra-Bak, Korbach	Fa. BAUREKA, Igelsburg
39	2.	Einsatz der Materialien für das Tragwerk des Neubaus						
40								
41	2.1	Transportkosten zum Betonwerk						
42		Variante A				in Preis für Primärmaterial enthalten		
43		Variante B						
44		Massen RC-Gesteinskörnung Typ 1	2.289 t.					
45		von Fa. Gra-Bak, Korbach an Fa. FMK, Korbach			1,80 €		4.119 €	
46		von Fa. BAUREKA, Igelsburg an Fa. FMK, Korbach	45 km		8,00 €			18.309 €
47								
48	2.2	Materialkosten Transportbeton						
63		Variante A						
64		Massen RC-Gesteinskörnung Typ 1	2.289 t.					
65		Preis für Primärgesteinskörnung, Fa. FMK, Korbach			13,50 €	30.896 €		
66		Variante B_Fa. Gra-Bak						
67		Gebühren für 1. Überwachung und Fremdüberwacher	pschl. p.a.		4.500 €		9.000 €	
68		Allg. Kosten für WPK, je Probe, alle 1.000 t.	4 Stck.		350 €		1.400 €	
69		Prüfungen nach DIN 4226-101 durch HIB, alle 1.000 t.	4 Stck.		165 €		660 €	im Abgabepreis
70		WPK, wöchentliche Beprobungen durch HIB	8 Wochen		135 €	entfällt	1.080 €	enthalten
71		WPK, Kosten für monatliche Beprobungen durch HIB	2 Monate		318 €		636 €	
72		WPK, Kosten für jährliche (halbjährliche) Beprobungen durch HIB	1 Halbjahr		162 €		162 €	
73								
74		Abgabe RC-Gesteinskörnung Typ 1	2.289		5,50 €		12.587 €	
75		Variante B_Fa. BAUREKA						
76		Abgabe RC-Gesteinskörnung Typ 1	2.289		8,00 €			18.309 €
77		Variante A+B						
78		erweiterte Erstprüfung + Laborprüfungen über ca. 16 Wochen im Betonwerk					9.360 €	9.360 €
79		Mehraufwand Mischen und separate Silohaltung					10.000 €	10.000 €
80								
81		Σ Einsatz der Materialien für das Tragwerk des Neubaus				30.896 €	49.005 €	55.978 €

Urban Mining Konzept Rathaus Korbach - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Direktverwertung

Zeile	Pos.	Kostenart	Menge	Einheit	Kennwert [€/Einheit]	Variante A		Variante B		
						Entsorgung/Weiterverwertung, 100% Primärrohstoffe im Neubau	Fa. Rohde, Adorf	Wiederverwertung RC-Material im Neubau	Fa. Gra-Bak, Korbach	Fa. BAUREKA, Igelsburg
82	3.	Einsatz der Materialien für die Fassade des Neubaus								
83		3.1 Transportkosten zum Fertigbetonwerk								
84		Massen RC-Gesteinskörnung Typ 2				67 t.				
85		Variante A								
86		von üblicher Kiesgrube an Fa. Hering-Bau, Burbach				20 km	3,20 €	214 €		
87		Variante B								
88		von Fa. Gra-Bak, Korbach an Fa. Hering-Bau, Burbach				100 km	10,00 €		667 €	
89		von Fa. BAUREKA, Igelsburg an Fa. Hering-Bau, Burbach				143 km	12,50 €			834 €
90										
91										
92	3.2	Herstellung Betonfertigteile für die Fassade								
93		Variante A_Betonfertigteile mit 100% Primär-Gesteinskörnung				67 t.				
94		Preis für Primärgesteinskörnung					13,50 €	901 €		
95		Variante B_Betonfertigteile mit 25% RC-Gesteins-körnung Typ 2								
96		Annahme: Anlieferung güteüberwachtes RC-Material an Fa. Hering								
97		Preis für RC-Gesteinskörnung Typ 2, Fa. Grabak, Korbach					5,50 €		367 €	
98		Preis für RC-Gesteinskörnung Typ 2, Fa. BAUREKA, Igelsburg					7,00 €			467 €
99		erweiterte Erstprüfung + wöchentliche Laborprüfungen über ca. 8 Wochen							5.200 €	5.200 €
99		Mehraufwand Mischen und separate Silohaltung							5.000 €	5.000 €
100	Σ Herstellung Betonfertigteile für die Fassade						1.114 €	11.234 €	11.501 €	
101										
102	Σ Gesamt						117.781 €	235.369 €	200.571 €	

Mehrkosten ggü. der kostengünstigsten Variante A

Gründe für Mehrkosten zusammengefasst

		117.588 €	82.790 €
Mehrkosten Transport		-2.995 €	44.156 €
Mehrkosten Annahme		78.477 €	17.384 €
Lagerkosten		18.450 €	4.711 €
Mehrkosten Betonherstellung inkl. Güteüberwachung		23.655 €	16.539 €
		117.588 €	82.790 €

5.4 Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsprognose

Aus den zuvor dargestellten Berechnungen und den geführten Gesprächen und Recherchen lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- Die Kosten für die Verwertung werden weitgehend bestimmt durch die Annahmepreise der Abfälle und die Transporte (Pos. 1). Aufgrund der geringsten Annahmepreise und der mittleren Distanz war die Entsorgung bei der 17 km entfernten Fa. Rohde als günstigste prognostiziert worden. Da das Unternehmen selbst im Straßenbau tätig ist und über eigene Brechanlagen verfügt, kann es sich über günstige Annahmepreise mit Sekundärrohstoffen für den Straßenbau versorgen.
- Obwohl der Transportaufwand von der Rückbaustelle zu Fa. Gra-Bak und von dort zum Betonwerk Korbach (Pos. 2.1) am geringsten ist (das Betonwerk liegt dem Recyclingbetrieb direkt gegenüber!), war eine Aufbereitung der mineralischen Abbruchabfälle durch Fa. Gra-Bak am teuersten. Die Preise für die Annahme waren nicht wettbewerbsfähig. Über die hohen Annahmepreise hinaus kalkulierte der Unternehmer noch Miete für Lagerflächen, so dass eine Anlieferung in Korbach mehr als doppelt so hoch prognostiziert wurde als die Anlieferung in Adorf.
- Die Annahmepreise waren auch deshalb der entscheidende Faktor, weil nur rund die Hälfte des angelieferten Materials wieder abgenommen werden sollte. Die Feianteile der gebrochenen Sekundärmaterialien (>2mm) dürfen für die Herstellung von Beton nach der DAfStb.-Richtlinie nicht verwendet werden. Der Recyclingbetrieb muss sie deshalb minderwertig weiterverwerten (z.B. zur Verfüllung).
- Die Abgabepreise für die güteüberwachten Rezyklate waren bei Fa. Baureka, Igelsburg/Kassel am günstigsten und sogar preiswerter als entsprechendes Primärmaterial aus Naturstein. (Der Preis für Primärgesteinskörnung wurde bei Fa. FMK Frischbetonwerk Korbach abgefragt.)
- Aufgrund der größeren Distanz wären die Transportkosten für die Rückführung der Rezyklate von Fa. Baureka zur Baustelle jedoch so hoch gewesen, dass eine Beschaffung von Primärmaterial insgesamt die kostengünstigste Variante war.
- Die Herstellung des Betons mit rezyklierter Gesteinskörnung verursacht einen Mehraufwand, da die labortechnischen Prüfungen nicht nur für die natürliche Gesteinskörnung, sondern zusätzlich auch für die rezyklierte Gesteinskörnung durchgeführt werden müssen (Pos. 2.2, Zeile 78/79 und Pos.3.2, Zeile 98/99)

Auf Basis der genannten Aspekte wurde ein Mehraufwand für die Wiederverwertung von rund 83.000 € prognostiziert.

6 Umsetzung des Urban Mining Konzepts

6.1 Ausschreibung allgemein

Öffentliche Bauvorhaben unterscheiden sich von privaten Bauvorhaben insbesondere durch das Vergaberecht. Das Vergaberecht umfasst alle Regeln und Vorschriften, die das Verfahren für die öffentliche Hand beim Einkauf von Gütern und Leistungen vorschreiben. Dem Vergaberecht übergeordnet ist das Haushaltsrecht, das die Grundsätze der sparsamen und wirtschaftlichen Mittelverwendung der öffentlichen Hand festschreibt und deren Umsetzung regelt. Durch die Gebote der Gleichbehandlung, Nichtdiskriminierung und Transparenz soll es einen fairen Wettbewerb zwischen den bietenden Unternehmen sicherstellen und Korruption wirksam verhindern. Durch die Einbeziehung von nachhaltigen, insbesondere umweltbezogenen, sozialen und innovativen Kriterien kann die Vergabe öffentlicher Aufträge auch der Verwirklichung strategischer Politikziele dienen (Edquist, 2017).

Die Ausschreibung des Rückbaus zur Umsetzung eines Urban Mining Konzepts muss explizit auf die geplante Wiederverwertung der Materialien ausgerichtet werden. Insbesondere sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- **Anforderungen an die Qualifikation der Abbruch- und Aufbereitungsunternehmen**
Der selektive Rückbau stellt hohe Anforderungen an die Qualifikation der Abbruchunternehmen. Diese kann beispielsweise durch Zertifizierung der Gütegemeinschaft Abbrucharbeiten e.V. mit entsprechender Fremdüberwachung nachgewiesen werden.
In der Ausschreibung sollte die Involvierung von Entsorgungsfachbetrieben (mit Gütesiegel) vorgegeben werden. In der Praxis gibt es überwiegend Unternehmen, welche mit einer einfachen Platzgenehmigung an Aufträge kommen und die Kosten eines Entsorgungsfachbetriebs vermeiden. Zertifizierte Entsorgungsfachbetriebe unterliegen strengen Qualitätskriterien und Kontrollen, die dem Ressourcenschutz zugutekommen. Damit verbunden sind Facharbeiter am Bau, die eine ausgeprägte Baustofffachkenntnis besitzen.
- **Vorgaben für die Separierung der Abfallfraktionen**
Grundsätzlich sollte nach Abfallschlüsselnummern gemäß AVV ausgeschrieben werden mit der Vorgabe insbesondere sortenreiner Mineralstofffraktionen, z. B. 17 00 01 Beton oder 17 00 02 Ziegel.
In der Praxis werden noch zu viele Gemischtfraktionen erlaubt. Das gilt insbesondere für die Nr. 17 09 04 "Gemischte Bau- und Abbruchabfälle..." Diese verleitet Abbruchunternehmen dazu, nicht zu trennen.
- **Hinweise für die Umweltverträglichkeitsklasse, z.B. nach LAGA.**
Nur so ist sichergestellt, dass gleiche Baustoffe auch von der Umweltverträglichkeitsklasse her unterschieden werden.
- **strenge Schadstoffentfrachtung**
Der Ausschreibung ist ein ausführliches Schadstoffgutachten mit Schadstoffkataster beizufügen. Die Schadstoffentfrachtung muss von der Bauüberwachung kontrolliert werden. Die Ausschreibung muss Formulierungen enthalten, wonach ausgebaute Gefahrstoffe streng von ungefährlichen und „sauberen“ Materialien getrennt gehalten werden müssen, um Kontaminationen zu verhindern. Während des Rückbaus sind weitere Schadstoffuntersuchungen für Bauteile, die vorher nicht zugänglich waren, durchzuführen und vom Bauherrn zu beauftragen. Die Ausschreibung muss hierüber informieren.
- **Laboranalysen**
Hinweise auf die notwendigen zusätzlichen Analysen gemäß den in Kapitel 4.2 genannten Normen und dass die Materialien mit Deklarationsanalyse beim Verwerter angeliefert werden müssen.
- **Platz auf der Rückbaustelle**
Der Baustelleneinrichtungsplan sollte Platz für die separate Zwischenlagerung von Haufwerken und für die Aufstellfläche verschiedener Container zur sortenreinen Abfalltrennung berücksichtigen.

- **Angaben zu regionalen Recyclingbetrieben**

Sofern nicht mehrere Recyclingbetriebe mit Erfahrung in der Verwertung von mineralischen Abbruchabfällen in der Region bekannt sind, sollten die in der Grundlagenermittlung durchgeführten Recherchen zu ortsnahen Recyclingbetrieben und deren Annahme- und Abgabepreise dokumentiert und der Ausschreibung beigelegt werden.

- **Vorgaben zur Güteüberwachung**

Die Anlieferung der wiederzuverwertenden Abbruchabfälle an einen zertifizierten Recyclingbetrieb ist in den jeweiligen Positionen im LV zu vermerken

6.2 Ausschreibung Projekt Korbach

Die Ausschreibung der Rückbauarbeiten für das Modellprojekt Rathaus Korbach wurde durch die Fa. Bimolab, Herrn Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Harald Kurkowski, erstellt, der auch bei der Bearbeitung der Phase 1 dieses Gutachtens mitgewirkt hat. Die besonderen Vorbemerkungen der Ausschreibung sind diesem Bericht in Anhang B beigelegt.

Die folgende Formulierung stellt ein Beispiel für einen Ausschreibungstext dar:

Beton sortenrein laden, transportieren und verwerten.

Abfallschlüsselnummer nach AVV: 170101 - Beton,
Der Abfall ist als nicht gefährlich eingestuft gemäß Abbruch- und Entsorgungskonzept,
Umweltverträglichkeit gemäß DIN 4226-101.

Abfall in Behälter oder Miete auf Baustelle lagernd, zur Verwertungsanlage transportieren und verwerten.

Anforderung an die Verwertungsanlage: Zertifizierung nach DIN EN 12620 für die Herstellung einer rezyklierten Gesteinskörnung für Beton. Die gewählte Aufbereitungsanlage muss in der Lage sein, das Betonmaterial oder die rezyklierte Körnung für Beton für den Bau des Neubaus vorhalten zu können.

Aufbereitungsanlage, z.B.:

Firma a, Ort, Telefon

Firma b, Ort, Telefon

Firma c, Ort, Telefon

oder gleichwertiger Art

Angabe der gewählten Verwertungsanlage (Bezeichnung/Ort):

Das selektierte mineralische Ausbaumaterial ist für den Transport zur Aufbereitungsanlage für die spätere Aufbereitung auf der Baustelle vorab auf eine Stückgröße von ca. < 60 cm x 60 cm vorzuzerkleinern.

Im Einheitspreis ist eine Vorhaltung des aufzubereitenden Materials von 3 Monaten bis zur Auslieferung einzukalkulieren.
Abrechnung nach Wiegescheinen.

Die Rückbauleistungen wurden europaweit in einem öffentlichen Verfahren ausgeschrieben und umfassten:

- Selektiver Rückbau Anbau Rathaus: umbauter Raum (ohne Fundamente) ca. 18.000 m³
- Selektiver Rückbau Nebengebäude Stadtwache Stechbahn 5: umbauter Raum (ohne Fundamente) ca. 2.800 m³
- Selektiver Rückbau Hinterhaus Stechbahn 5: umbauter Raum (ohne Fundamente) ca. 2.100 m³
- Vorbereitende Arbeiten für den Neubau Anbau Rathaus

Die ausgeschriebenen Massen und Leistungen im Zusammenhang mit den mineralischen Bauabfällen waren:

- a) 5.000 t Beton (AVV: 17 01 01) der Klasse Z1.1 sind selektiv zurückzubauen, zu verladen, zu der Aufbereitungsanlage zu transportieren und aufzubereiten.
- b) Aus dem Betonbruch lassen sich voraussichtlich ca. 3.000 t RC-Gesteinskörnung (4/22 mm) herstellen.
- c) Die übrigen 2.000 t fallen als RC-Füllsand (0/4 mm) an und sollen extern verwertet werden.
- d) Außerdem sind bis zu 2.800 t R-Beton-Tragschichten für die Verkehrsflächen und weitere 200 t für Auffüllarbeiten im Bereich der Fundamente eingeplant. Die Mengen können sich je nach notwendiger Gründungshöhe und Bauweise des Neubaus noch gravierend verändern. Es wird jedoch angenommen, dass alle für den Neubau benötigten Mengen an Schüttgutstoffen als gütegesicherte RC-Baustoffe aus den Abbruchmassen gewonnen werden können.

Ein Teil des Ziegelmauerwerks (200 t von 500 t) der Stadtwache sollte als sortenreiner Zuschlagsstoff für die Fassade des Neubaus eingesetzt werden.

Die Mengen wurden in der Ausschreibung gegenüber der vorherigen Schätzung aufgerundet, um Nachträge zu vermeiden.

6.3 Vergabe

Auf die Ausschreibung des Rückbaus haben beim Projekt Korbach insgesamt vier Bieter ein Angebot abgegeben. Der Preisspiegel stellte sich wie folgt dar:

Bieter 1	754.419 €
Bieter 2	1.513.118 €
Bieter 3	1.745.354 €
Bieter 4	2.649.971 €

Der Preisspiegel zeigt sehr deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Bietern. Dies kann auf die mangelnde Erfahrung der Bieter mit dem selektiven Rückbau und mit der Umsetzung von Urban Mining Konzepten zurückgeführt werden.

Der Bieter Nr. 1, Fa. Bonensteffen aus Schloß Holte-Stukenbrock, hat aufgrund des günstigsten Angebots den Zuschlag erhalten. Das Unternehmen hat sein Geschäftsfeld im Bereich Wertstoffhandel, Recycling, Abbruch, Rückbau, Demontagen und Sanierungsarbeiten.

Das Angebot der Fa. Bonensteffen lag noch unterhalb des bepreisten Leistungsverzeichnisses. Während bzw. nach dem Rückbau wurden jedoch Nachträge geltend gemacht. Diese waren hauptsächlich durch unvorhersehbare Mehrmengen begründet (z.B. teilweise bis zu 2m tiefe Fundamente), aber auch durch Aspekte, die nicht auf das Urban Mining Konzept zurückzuführen sind (z.B. Abfangung historisches Rathaus, Verbau der Baugrube).

Die finalen Rückbaukosten lagen insgesamt noch unter dem Angebot des Bieters Nr. 2.

6.4 Durchführung des Rückbaus

Vor dem eigentlichen Rückbau wurden die Schadstoffe entfernt und alle Einbauteile, Fenster, Dämmungen, Abdichtungen, Innenwände, Gebäudetechnik etc. bis auf die Tragwerkskonstruktion ausgebaut und separat gelagert.

Die nachfolgenden Bilder zeigen Beispiele für separat gelagerte Materialien aus der Entkernung und dem Rückbau. Dabei wurden bei einigen Materialien typische Verunreinigungen festgestellt, die eine stoffliche Verwertung unmöglich machen (s. EPS-Dämmung Abb. 32).



Abb. 32: EPS-Dämmstoffe auf dem Flachdach



Abb. 31: Metalle



Abb. 34: Gussasphaltestrich und Porenbeton



Abb. 33: Ausbau Ziegelmauerwerk

Nach dem Schadstoffausbau und der Entkernung erfolgte der selektive Betonabbruch. Die Innenwände aus Mauerwerk wurden mit Hilfe eines Minibaggers zurückgebaut (Abb. 34). Die Außenwände, tragenden Innenwände, Böden und Decken aus Beton wurden mit Longfrontbaggern abgebrochen. Die Bagger waren mit Abbruchscheren (Pulverisierer) ausgestattet, die zum Zerkleinern des Stahlbetons und zum Trennen der Bewehrung vom Beton eingesetzt wurden (Abb. 35).



Abb. 35: Abbruch des Stahlbeton-Tragwerks

Schwierigkeiten bei der sortenreinen Erfassung der Betonfraktion entstanden durch Verbundkonstruktionen, wie die „verlorene Schalung“ in der Rippendecke des Ratssaals, sodass sich nach dem Abbruch Verunreinigungen wie Holz- und Styroporreste im Betonbruch befanden s. (Abb. 36).



Abb. 36: Herausforderung der getrennten Erfassung: Verlorene Schalung aus Holz mit Styroporresten in der Betonkonstruktion (Rippendecke des Ratssaals), Foto: Dilan Glanz, Universität Kassel

Das Center for Environmental Systems Research (CESR) an der Universität Kassel hat unter Leitung von Dr. Clemens Mostert den Rückbau und den Neubau des Rathauses Korbach wissenschaftlich begleitet. Zu dem Forschungsprojekt „RückRat“ ist ein separater Bericht, an dem die Autorin dieses Gutachtens mitgewirkt hat, als Online Publikation des BBSR erschienen.¹⁹

Über den gesamten Zeitraum haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Rückbau durch Teilnahme an Baubesprechungen und Baubegehungen kontinuierlich begleitet und dokumentiert. Die von der ARGE agn heimspiel architekten und den beteiligten ausführenden Unternehmen bereitgestellten Dokumente wurden gesichtet, analysiert und ausgewertet. Die tatsächlich angefallenen Massenströme sowie ihre Verwertung bzw. Entsorgung (IST-Werte) wurden dokumentiert. Hierbei wurden auch Herausforderungen und Planungsunsicherheiten anhand eines PLAN-IST Vergleichs transparent gemacht, um als Hilfestellung für zukünftige Urban-Mining-Projekte im Bausektor zu dienen (s. Punkt 6.6). Die geplanten und tatsächlich erfassten Massen aller Abfälle und Wertstoffe aus dem Rückbauprojekt sind im Anhang A aufgeführt.

6.5 Aufbereitung

Die Aufbereitung der mineralischen Abbruchabfälle wurde von der Firma Funke GmbH in Volkmarsen durchgeführt. Das Betriebsgelände befindet sich etwa 30 km von der Baustelle in Korbach entfernt. Aufgrund einer baustellenbedingten Straßensperre auf der Strecke zwischen Korbach und Volkmarsen erhöhte sich die Entfernung zum Zeitpunkt des Rückbaus auf 40 km.

Für die Aufbereitung des mineralischen Bauschutts wurde eine mobile Anlage verwendet, die aus einem Prallbrecher mit integriertem Magnetabscheider und einer Siebanlage besteht. Sie wurde durch einen Windsichter ergänzt, um Leichtstoffe wie Kunststoffe und Holz abzutrennen und die nötige Qualität der Gesteinskörnung nach DIN 4226-101 (DIN 4226-101, 2017) zu erreichen.

¹⁹ Mostert, C., Sameer, H.; Glanz, D.; Bringezu, S.; Rosen, A.: Neubau aus Rückbau – Wissenschaftliche Begleitung der Planung und Durchführung des selektiven Rückbaus eines Rathausanbaus aus den 1970er-Jahren und der Errichtung eines Neubaus unter Einsatz von Urban Mining (RückRat). BBSR-Online-Publikation 15/2021, Bonn, August 2021.



Abb. 37: mobile Recyclinganlage bei Fa. Funke in Volkmarshen

Der angelieferte Beton wurde zunächst in der Brecheranlage zerkleinert, dann über den Magnetabscheider von Metallresten befreit und anschließend in die Fraktionen 0/8 mm, 8/22 mm und 22/X mm gesiebt. Gesteinskörnung der Größe 8/22 mm wurde in den Windsichter weitergeleitet. Etwa 10 - 20 % des Überkorns (22/X mm) wurden in einem zweiten Durchlauf behandelt und zu RC-Gesteinskörnung aufbereitet. Eine Unterteilung der Feinfraktion (0/8 mm) in die Fraktionen 0/4 mm und 4/8 mm, um die gewünschte Korngröße für die RC-Gesteinskörnung (4/22 mm) zu erreichen, konnte nicht vorgenommen werden. Die zusätzliche Separationsstufe im Windsichter machte es erforderlich, das Material in einer ausreichend engen Körnung bereitzustellen, um gute Abscheideergebnisse zu erreichen. Die Stärke des Luftstroms musste so eingestellt werden, dass möglichst viele Kunststoff- und Holzreste entfernt werden konnten. Die feine Gesteinskörnung wäre in diesem Prozess ebenfalls über den Luftstrom entfernt worden, so dass lediglich die Fraktion der Körnung 8/22 mm in den Windsichter weitergeleitet wurde. Dennoch konnte der mit den Schalungselementen verunreinigte Beton nicht vollständig von den Leichtstoffen befreit werden. Die aus diesem Beton gewonnene RC-Gesteinskörnung wurde zusammen mit dem RC-Sand und dem Überkorn und gemischten mineralischen Abfällen für die Verfüllung genutzt. Insgesamt wurden in der mobilen Anlage aus etwa 6.891 t abgebrochenem Beton ca. 1.000 t RC-Gesteinskörnung für die Herstellung von R-Beton gewonnen.

Zusätzlich wurden 18 t Tondachziegeln der Nebengebäude zu 10 t Ziegel-Gesteinskörnung 8/16 mm aufbereitet, um diese in der R-Beton-Fassade einzusetzen.

Der Aufbereitungsbetrieb wurde vom Baustoffüberwachungsverein Hessen – Rheinland-Pfalz e.V. (BÜV HR) zertifiziert, wodurch die Konformität der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) mit den Anforderungen der Bauproduktenverordnung bestätigt wird. Die hergestellte RC-Gesteinskörnung wurde auf dem Werkhof auf die Konformität mit den maßgeblichen Normen (DIN EN 12620 und DIN 4266-101) zertifiziert und mit einer CE-Kennzeichnung versehen. Ein einmaliger Nachweis der Umweltverträglichkeit der Firma Funke war ausreichend, da die DIN 4226-101 bei diskontinuierlicher Produktion eine Prüfung alle 5.000 t vorsieht. Alle Prüfhäufigkeiten und Prüfanforderungen gemäß DIN EN 12620/DIN 4226-101 wurden im Rahmen der Erstprüfung und Aufnahme der WPK damit erfüllt (Kurkowski, 2020).

6.6 PLAN - IST Vergleich

Bei der Umsetzung des Urban Mining Konzepts haben sich einige Abweichungen von der ursprünglichen Planung ergeben. Zum einen unterschieden sich die Massen der zurückzubauenden Materialien von den ursprünglich abgeschätzten Massen, zum anderen wichen die Art und Massen der hergestellten RC-Gesteinskörnung von den im Vorfeld getroffenen Annahmen ab. Obwohl mehr Beton als zur Aufbereitung zu RC-Gesteinskörnung nach DIN EN 12620 und DIN 4226-101 geeignet eingestuft wurde als ursprünglich angenommen, wurde weniger RC-Gesteinskörnung hergestellt. Die mineralischen Fraktionen, die im

Modellprojekt zurückgebaut wurden und einer Verwertung vor Ort oder an anderer Stelle zugeführt wurden, sind in dem folgenden Sankey-Diagramm nach geplanten und tatsächlich erfassten Massen gegenübergestellt.

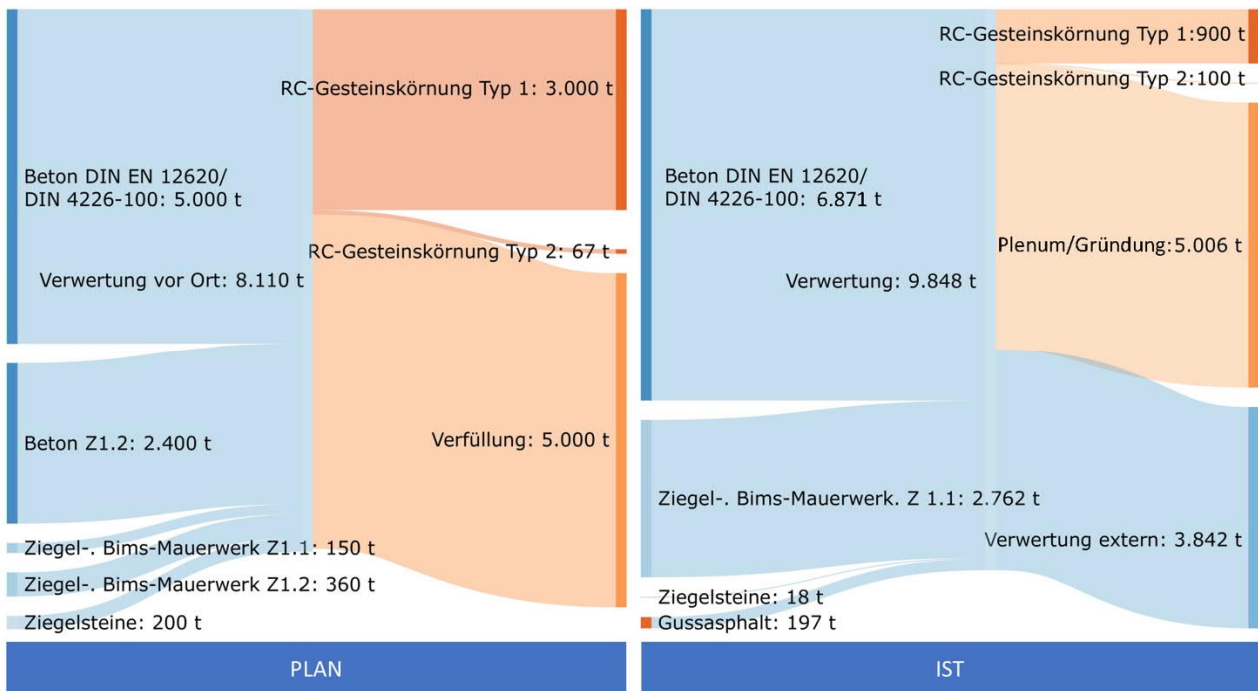


Abb. 38: Massenströme und Verwertungswege der geplanten und realisierten mineralischen Materialien, links gemäß Ausschreibung (Kurkowski, 2019), rechts gemäß Massenermittlung in Zusammenarbeit mit der Universität Kassel; Grafik: Dilan Glanz, Universität Kassel

Insgesamt wurden in dem Modellprojekt 6.891 t Stahlbeton zurückgebaut und 6.871 t Beton dem Recycling in einer mobilen Aufbereitungsanlage zugeführt. Entgegen der ursprünglichen Annahmen, wonach 32 % (2.400 t von 7.400 t) des Betons aufgrund der Voruntersuchungen als nicht für die Herstellung von RC-Gesteinskörnung geeignet beurteilt wurden, konnte ein Großteil der Masse der Betonabfälle für die Herstellung der RC-Gesteinskörnung nach DIN EN 12620 und DIN 4226-101 genutzt werden. Allerdings konnten prozessbedingt nicht, wie geplant, 50 % der Betonmasse zu RC-Gesteinskörnung der Korngröße 4/22 mm verarbeitet werden. Stattdessen wurde RC-Gesteinskörnung der Korngröße 8/22 mm hergestellt, deren Masse 15 % des Eingangsmaterials entsprach. Zusätzlich zu dem erwarteten Feinanteil (RC-Sand) fiel bei der Aufbereitung der Betonfraktion RC-Material mit einer Korngröße größer 22 mm an. Der RC-Sand und das RC-Material aus Beton wurden zusammen mit gemischten mineralischen Abfällen zu RC-Material als ungebundene Frostschutzschicht und Tragschicht vor Ort verwertet. Bedingt durch die sehr tiefen Fundamente des Bestandsgebäudes musste das ausgehobene Volumen aufgefüllt werden. Insgesamt wurden rund 5.000 Tonnen RC-Material für die Herstellung des Plenums verwendet. Die lose Kies- und Schotterfraktion, in der zunächst Recyclingpotential mit minimalem Aufbereitungsaufwand gesehen wurde, wurde im direkten Bereich der Baustelle u.a. als Baustraße wiederverwendet.

6.7 Herstellung von R-Beton

Mit der produzierten RC-Gesteinskörnung wurde im Frischbetonwerk Korbach ressourcenschonender Beton (R-Beton) hergestellt. Die Rezyklate wurden nach der Anlieferung einer Eingangsprüfung unterzogen (Wasseraufnahme etc.).

Für den Neubau wurden Transportbetone der Festigkeitsklassen C25/30 und der Expositions- und Feuchtigkeitsklasse XC1, WO sowie XC2, wasserundurchlässiger Beton (WU) hergestellt. Die Rezeptur des XC1 Betons (insbesondere der Wasser-Zement-Wert) wurde auf die Anforderungen an die Festigkeit ausgerichtet und kann für Expositionsklassen bis XC4 eingesetzt werden. Der Beton wird daher im weiteren

als XC4, WO bezeichnet. Der Beton XC2, WU entspricht einem Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach DIN 1045-2 und DIN EN 206. Der WU-Beton wurde für die Sohlplatte verwendet (s. auch Kapitel 8.4.1). Die Angaben zu den RC-Anteilen und weiteren Betonbestandteilen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

		RCwo	BAUwo	RCwu	BAUwu
		C25/30, XC4, WO		C25/30, XC2, WU	
Anteil RC-Gesteinskörnung	M.-%	43	0	35	0
	Vol.-%	45	0	35	0
Rezyklat (8/22 mm)	kg	770	0	618	0
Splitt (2/16 mm)	kg	279	1.121	421	1.120
Sand	kg	754	721	745	722
Zement (CEM II)	kg	335	340	345	330
Wasser	kg	140	160	140	165
Zusatzmittel (Betonverflüssiger)	kg	3	4	2	3
Masse gesamt	kg	2.281	2.346	2.271	2.363

Abb. 39: Betonzusammensetzung im Recycling (RC)- und Business as Usual (BAU)-Szenario

Die Daten der R-Betonmischungen wurden durch den Betonhersteller zur Verfügung gestellt. Um die Anforderungen der R-Beton-Richtlinie des DAfStb. zu erfüllen (vgl. Abb. 22), wurden für den R-Beton im trockenen Bereich (RCwo) 45 Vol.-% und im feuchten Bereich (RCwu) 35 Vol.-% der natürlichen Gesteinskörnung durch RC-Gesteinskörnung ersetzt.

Neben dem Beton mit RC-Gesteinskörnung des Typs 1 für das Tragwerk wurde für die Fassadenelemente ebenfalls Beton mit RC-Gesteinskörnung des Typs 1 erstellt, in welcher ca. 8 M.-% der Gesteinskörnung durch Ziegel-Rezyklat ersetzt wurde.

Im Rohbau wurde der Einsatz von R-Beton anhand der Aufteilung der Betonmengen nach Festigkeits- und Expositions- bzw. Feuchtigkeitsklassen bilanziert. Die Angaben der Gesamtmengen der eingesetzten Betone wurden vom Rohbauunternehmen zur Verfügung gestellt. Insgesamt wurden 2.939 m³ Beton eingesetzt, davon 1.312 m³ R-Beton (s. Abb. 40).

Betontyp	Konventioneller Beton	R-Beton
	Menge [m ³]	
R-Beton C25/30, XC4, WO (45 Vol.-% RC-Gesteinskörnung)	0	683
R-Beton C25/30, XC2, WU (35 Vol.-% RC-Gesteinskörnung)	0	629
Konventioneller Beton C25/30, XC4, WO	2.310	1.627
Konventioneller Beton C25/30, XC2, WU	629	0
Gesamt	2.939	2.939

Abb. 40: Varianten und Volumen der Betone für den Neubau des Rathausanbaus

Im Ergebnis konnten rund 45 Masse-% des Rohbaus (ohne Betonfertigteile) aus R-Beton hergestellt werden.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Herstellung der Betone im Frischbetonwerk und die Einbringung auf der Baustelle.



Abb. 41: Herstellung des R-Betons im Frischbetonwerk Korbach



Abb. 42: Einbau des R-Betons für die Sockelgeschossdecke, Foto: Antje Paul

6.8 Umweltwirkungen in Form von Materialfußabdrücken – Ergebnisse der Universität Kassel

Mit dem Forschungsprojekt „RückRat“ der Universität Kassel wurde die Umsetzung des Urban Mining Konzepts wissenschaftlich analysiert und bewertet. Wesentliches Ziel der Forschung war, die Bedingungen zu eruieren, unter denen Urban Mining zur klimaschonenden Nettoeinsparung von stofflichen Ressourcen im Hochbau beitragen kann. So wurden Indikatoren ausgewählt, mit denen die Ressourceneffizienz und die Klimawirkung des R-Betons auf Produkt- und Gebäudeebene berechnet wurden. Die Diagramme in Abb. 43 zeigen die wesentlichen Umweltwirkungen: Der Materialfußabdruck des R-Betons ist auf Produktebene je nach Anwendungsbereich zwischen 34 und 37 % niedriger als der des konventionellen Betons, während der Klimafußabdruck 1 bis 7 % geringer ist. Indem knapp die Hälfte des Betons im Rohbau mit R-Beton ausgeführt wurde, belaufen sich die Einsparungen im Materialfußabdruck auf Gebäudeebene auf 15 % und im Klimafußabdruck auf 2 %. Weitere Ergebnisse, z.B. zum Wasserfußabdruck und zum Energiefußabdruck, sind dem Forschungsbericht der Universität Kassel²⁰ zu entnehmen.

Die Analysen der Universität Kassel zeigen das relativ hohe Potenzial zur Einsparung stofflicher Ressourcen durch den Einsatz von R-Beton. Die Einsparung von Treibhausgasemissionen ist jedoch vergleichsweise gering. Der Klimafußabdruck wird im Wesentlichen durch die Zementherstellung bestimmt. Beim Brennen von Zementklinker werden hohe Mengen an CO₂ durch die Entsäuerung des Kalksteins und durch die Verbrennung fossiler Energieträger emittiert. Da das Bindemittel Zement auch bei R-Beton immer neu hinzugefügt werden muss, ist der Beitrag von R-Beton zum Klimaschutz begrenzt. Im Projekt Korbach sind die Einsparungen von Treibhausgasen zum einen auf geringere Transportentfernungen von der Recyclinganlage zum Betonwerk gegenüber den Entfernungen zum Bezug von Primärmaterial zurückzuführen. Zum anderen wurde bei dem R-Beton für den trockenen Bereich etwas weniger Zement eingesetzt als bei dem konventionellen Beton für den gleichen Anwendungsbereich.

²⁰ Mostert, C., Sameer, H.; Glanz, D.; Bringezu, S.; Rosen, A.: Neubau aus Rückbau – Wissenschaftliche Begleitung der Planung und Durchführung des selektiven Rückbaus eines Rathausanbaus aus den 1970er-Jahren und der Errichtung eines Neubaus unter Einsatz von Urban Mining (RückRat). BBSR-Online-Publikation 15/2021, Bonn, August 2021.

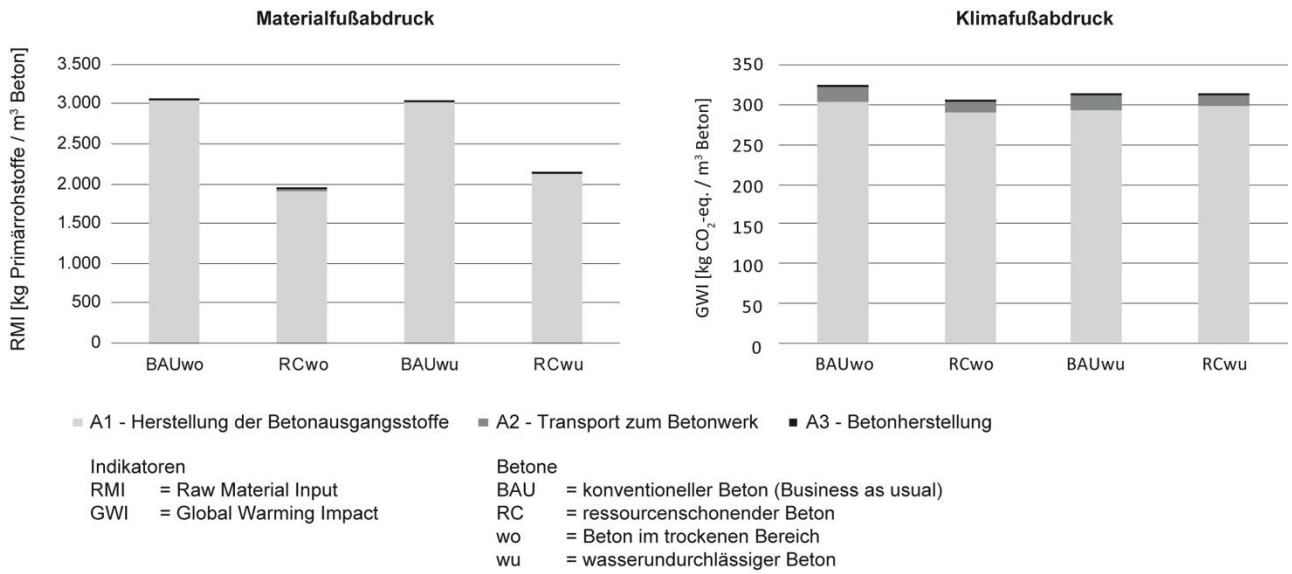


Abb. 43: Material- und Klimafußabdruck des R-Betons im Vergleich zum konventionellen Beton für den trockenen und den feuchten Bereich, Quelle: Universität Kassel.

7 Urban Mining Design

Um einen ganzheitlichen Ansatz des zirkulären Bauens zu verfolgen, sollte der Neubau für das Rathaus Korbach nicht nur aus einem möglichst hohen Anteil an Sekundärrohstoffen bestehen, ein weiterer wichtiger Planungsaspekt war die Rückbau- und Recyclingfähigkeit für die Zukunft. Hierfür müssen wichtige allgemeine Entwurfsparameter berücksichtigt werden, die im folgenden dargestellt werden.

7.1 Grundsätzliche Überlegungen für die Planung demontage- und rückbaufreundlicher Konstruktionen sowie den Einsatz recyclingfähiger Neumaterialien

7.1.1 Möglichkeiten der Demontage und Rückbaubarkeit

Gebäude sollen möglichst einfach in ihre Bestandteile zerlegt werden können, um die Rückbaubarkeit zu fördern. Allen Rückbaumaßnahmen gemein ist dabei der Umgang mit ggf. wieder verwendbaren Bauteilen und Baumaterialien sowie die Rückgewinnung von Wertstoffen unterschiedlichster Art, Menge und Qualität. Die Rückbaubarkeit hängt dabei entscheidend von folgenden Faktoren ab:

1. Demontagefähigkeit der Bauteile
Die Demontabilität hängt von der Wahl der Verbindungstechnik ab. Lösbare Verbindungen, wie Verschraubungen, Einhängen, etc. sind zu bevorzugen.
2. Anzahl der Schichten
Je geringer die Anzahl der Schichten, desto leichter ist die Rückbaubarkeit. Der Schichtaufbau sollte deshalb minimiert werden.
3. Trennungsmöglichkeiten der einzelnen Schichten bzw. der Bestandteile

Die Auswahl der Verbindungstechniken ist entscheidend für die Trennbarkeit der Schichten. Verklebungen sollten möglichst vermieden werden, mechanische Befestigungen sind zu bevorzugen.

Homogenität in der Baustoffwahl trägt dazu bei, dass Bauteile am Stück abgebrochen werden können und nicht getrennt werden müssen.

7.1.2 Recyclingfähigkeit der Neumaterialien

Es sollen möglichst langlebige, recyclingfreundliche Materialien verwendet werden. Je hochwertiger die verwendeten Baumaterialien recycelt werden können, desto hochwertiger sind die daraus herstellbaren Produkte. Ziel ist es, die Materialien im gleichen Produktkreislauf zu halten bzw. gleich- oder höherwertige Nachfolgeprodukte daraus herstellen zu können.

Die Menge und Qualität des Recyclings hängt dabei vor allem von folgenden Faktoren ab:

4. Sortenreinheit
Sortenreine Materialien enthalten keine Anhaftungen und Fremdbestandteile, Komposite sollten vermieden werden.
5. Schadstofffreiheit
Schadstoffhaltige Materialien sollen vermieden werden. Nur Schadstofffreie Materialien können wiederverwendet oder verwertet werden, um eine Belastung von Mensch und Umwelt durch Emissionen zu verhindern.
6. Wandlungsfähigkeit
Materialien, die ihre Gestalt durch Umformen ändern können, sind leicht wiederverwertbar. Metalle und thermoplastische Kunststoffe können eingeschmolzen und zu neuen hochwertigen Produkten weiterverarbeitet werden. Metalle sind sozusagen endlos recycelbar und werden nicht 'verbraucht'. Die Verwertungsfähigkeit durch Einschmelzen ist eng mit der Sortenreinheit verbunden.
7. Verwertungswege
Zur Unterstützung einer möglichst hochwertigen stofflichen Verwertung soll eine Vorfraktionierung der Wertstoffe auf der Rückbaustelle in folgende sortenreine Fraktionen möglich sein, die mit Blick auf den Ressourcenschutz und die zukünftige voraussichtliche Entwicklung über die heutigen Anforderungen nach GewAbfV hinausgehen (Abb. 44)

Abfallfraktion \ EoL-Szenarien	Re-Use	Recycling	Downcycling	Energie-Rückgewinnung	
				erneuerbar	fossil
Beton		●	●		
Ziegel	●	●	●		
Fliesen und Keramik			●●		
Naturstein	●		●●		
Boden/Lehmbaustoffe		●	●		
Holz A1 und A2 nach AltholzV	●		●	●	
Biologische Faserstoffe (Kompost)		●		●	
Glas		●	●		
Kunststoffe			●		●
Bitumengemische		●			●
Schrott nach Metallart	●	●●			
Hersteller-/Verbandsrücknahme (z.B. Mineralwolle, Gipsbaustoffe)		●			
Legende					
●	hochwertigstes End-of-Life Szenario: nur Baustoffe, für die ein etablierter Gebrauchtmrkt existiert oder absehbar ist (z.B. hochwertige Klinker, großformatige Natursteine, Eichenbalken), Demontage erforderlich				
●	hochwertiges End-of-Life Szenario, selektiver Rückbau erforderlich				
●	übliches End-of-Life Szenario, selektiver Abbruch				

Abb. 44: Wertstoffe und ihre End-of-Life Szenarien zur Bewertung des Kreislaufpotenzials ²¹

Bei der Auswahl der Materialien und Produkte in der Planung ist zu beachten, dass im Falle des Um- oder Rückbaus eine sortenreine Trennung zwecks Einordnung in die obigen Verwertungswege leicht möglich ist.

Hierzu sind die Bauteile auf Ebene der Bauteilschichten zu betrachten. Im besten Fall werden (Leit)details im Maßstab 1:10 analysiert:

- Was geschieht mit den Baustoffen voraussichtlich nach dem Rückbau?
- Sind die Materialien möglichst hochwertig recyclingfähig?
- Existieren bereits Verwertungswege mit flächendeckender Logistik oder ist absehbar, dass diese sich in naher Zukunft etablieren?
- Übernimmt der Hersteller evtl. eine Rücknahmegarantie? Hat er die notwendigen Maschinen/Infrastruktur für das Recycling entwickelt?
- Wie sind die einzelnen Schichten oder Elemente des Bauteils miteinander verbunden?
- Mit welchem Aufwand lassen sie sich lösen?
- Wie können Verklebungen vermieden werden?
- Lassen sich die Materialien z.B. mit Klemmverbindungen, Verschraubungen oder durch loses Auflegen verbinden?

Der Atlas Recycling²² bietet zahlreiche Beispiele für recyclingfähige Materialien und lösbare Verbindungstechniken.

²¹ Rosen, aus Atlas Recycling, Edition Detail, München 2018

²² Hillebrandt, Riegler-Floors, Rosen, Seggewies: Atlas Recycling, Edition Detail, München 2018

8 Urban Mining Design – Modellprojekt Rathaus Korbach

Die grundsätzlichen Voraussetzungen für das Urban Mining gerechte Bauen wurden mit dem Wettbewerbsbeitrag und dem Vorentwurf bereits festgelegt. Während die Satteldachkonstruktion mit Zinkdeckung bereits von vornherein beste Voraussetzungen für eine recyclingoptimierte Planung bot, waren bei den Stahlbetonbauteilen – insbesondere der erdberührten Bauteile – besondere Herausforderungen zu lösen. Die Betonbauweise ist hier aufgrund der Wiederverwertung der Massen aus dem Bestand gewünscht und hat auch aufgrund der hohen Leistungsfähigkeit des Baustoffs Beton (insbesondere in Bezug auf den Brandschutz) bei Projekten dieser Größenordnung seine Berechtigung. Beton kann nach heutigem Kenntnisstand jedoch nicht eins zu eins recycelt werden, da bei jeder Wiederverwertung neues Bindemittel hinzugefügt werden muss. Die Hydratation, also die Erhärtung des Zementleims zu Zementstein, kann mit heutigen Methoden nicht rückgängig gemacht werden. Wie häufig eine Verwertung möglich ist, also über wieviele Zyklen die natürliche Gesteinskörnung mit anhaftendem Zementstein verwertet werden kann, ist bisher nicht untersucht und bedarf zukünftiger Forschung.

Um eine möglichst hochwertige Verwertbarkeit für die Zukunft zu sichern, müssen in der Planung die Voraussetzungen für eine sortenreine Rückgewinnung des Betons geschaffen werden. Somit sind Verunreinigungen bei der Herstellung der Bauteile, insbesondere bei der Fügung mit anderen Stoffgruppen (z.B. Kunststoffen) zu vermeiden. In der Ausführungsplanung ist ein besonderer Fokus auf die Abdichtungsarbeiten zu legen, da die heutigen hohen Anforderungen an die Wasser- und Luftdichtigkeit oftmals mit Verklebungen erfüllt werden, die grundsätzlich schwer oder gar nicht lösbar sind. Hierzu wurden Leitdetails entwickelt, die im Hinblick auf das Urban Mining gerechte Bauen optimiert wurden.

8.1 Vorgehensweise

Im Folgenden werden die wesentlichen Bauteile des Modellprojekts Rathaus Korbach vorgestellt. Um die wesentlichen Unterschiede einer explizit auf Ressourcenschonung ausgelegten Planung gegenüber einer üblichen Planung darzustellen und das Optimierungspotenzial aufzuzeigen, werden diejenigen Bauteile, bei denen Optimierungen durchgeführt wurden, jeweils in ihrer ursprünglichen und in der optimierten Variante aufgeführt. Einige optimierte Details wurden im Laufe der Planung noch einmal geändert. In diesen Fällen wird zusätzlich die geänderte Variante dargestellt.

Die Varianten wurden hinsichtlich Ihres Kreislaufpotenzials bewertet. Eine offizielle, nach Normen oder Richtlinien definierte Methodik zur Bestimmung des Kreislaufpotenzials, existiert derweil noch nicht. In den beiden deutschen Bewertungssystemen für Nachhaltiges Bauen BNB und DGNB ist die Rückbau- und Recyclingfähigkeit eines von vielen Kriterien. Sie wird in beiden Systemen derzeit (nur) qualitativ bewertet. Der Planer oder Auditor kann sich bei der Bewertung an Vorlagen in einem Beispielkatalog orientieren.

Mit dem Urban Mining Index („UMI“) wurde von der Verfasserin dieses Gutachtens im Rahmen einer Promotion an der Bergischen Universität Wuppertal erstmals eine quantitative Systematik zur Bewertung des Kreislaufpotenzials von Baukonstruktionen entwickelt.²³ Der Urban Mining Index wurde hier erstmals an einem realen Bauprojekt angewandt. Die Ergebnisse entsprechen zwar keinem offiziell anerkannten Standard, können aber dennoch einen Anhaltspunkt für Entscheidungen zum ressourcenschonenden Bauen liefern. Die Systematik und die Bewertungsparameter zur Berechnung des Kreislaufpotenzials werden im Kapitel 8.2 beschrieben.

²³ Rosen, Anja: Urban Mining Index – Entwicklung einer Systematik zur quantitativen Bewertung der Kreislaufkonsistenz von Baukonstruktionen in der Neubauplanung, Dissertation, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2021

Für die Bewertung von alternativen Lösungsvorschlägen zum ressourcenschonenden Bauen sind ferner Ökobilanzen der Baukonstruktion heranzuziehen. Eine Ökobilanz gibt Auskunft über definierte Ressourcenverbräuche und Umweltwirkungen im Lebenszyklus von Produkten oder Gebäuden. Für die Berechnung von Ökobilanzen auf Gebäudeebene gilt in Deutschland DIN EN 15978²⁴. Für die Erstellung von Ökobilanzen für Bauprodukte gilt DIN EN 15804²⁵. Eine ausführliche Ökobilanz besteht aus zahlreichen Indikatoren, mit denen z.B. verschiedene Emissionen in die Atmosphäre berechnet werden.

In dem Forschungsprojekt „RückRat“ der Universität Kassel wurde eine Analyse der ökologischen Fußabdrücke für die Verwertung der mineralischen Abbruchmaterialien aus dem Bestandsgebäude sowie für die Herstellung des Betons aus den rezyklierten Gesteinskörnungen durchgeführt. Eine vollständige Bilanzierung der Baukonstruktion (mit allen Neumaterialien) wurde vom CESR jedoch nicht durchgeführt. Um eine der wichtigsten Umweltwirkungen in der Planung berücksichtigen zu können, wurde von der Verfasserin des vorliegenden Berichts zumindest das Treibhauspotenzial für die wesentlichen Bauteile des Modellprojekt Rathaus Korbach über einen Lebenszyklus von 50 Jahren berechnet. Die Berechnungsergebnisse werden im Bauteilkatalog unter Punkt 8.4 in Form von Kohlendioxid-Äquivalenten pro m² Bauteil ausgewiesen.

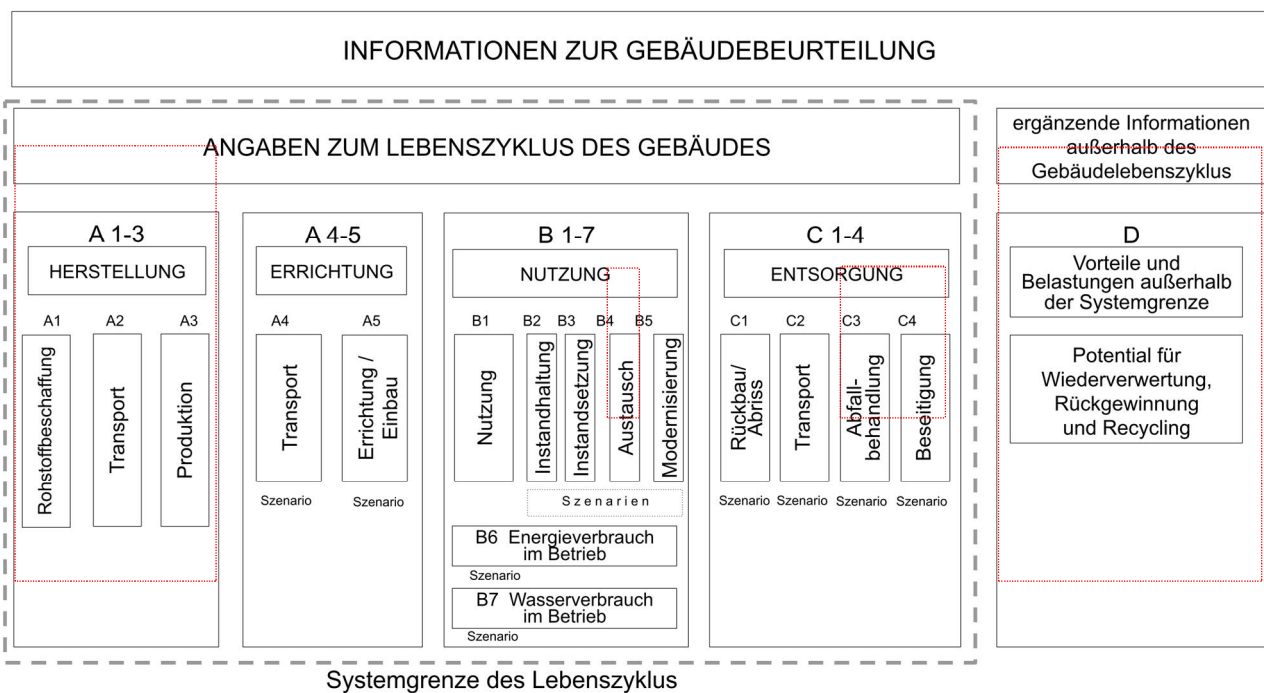


Abb. 45: Ökobilanzmodule nach DIN EN 15978 mit Kennzeichnung der in Kapitel 8.4 für jedes wesentliche Bauteil berechneten Module

²⁴ DIN EN 15978, Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011

²⁵ DIN EN 15804, Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Deutsche Fassung EN 15804:2012+A1:2013

8.2 Systematik des Urban Mining Index

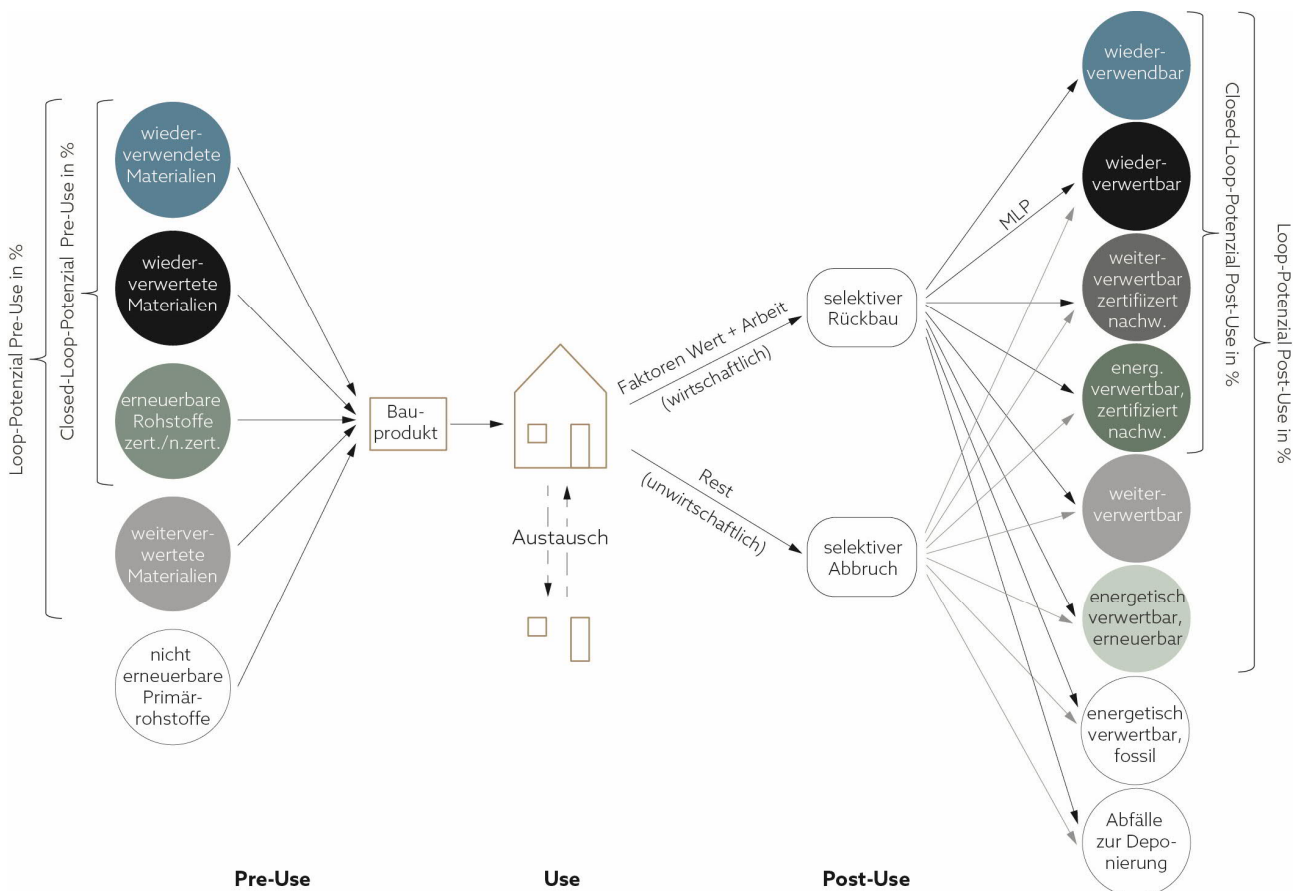


Abb. 46: Systematik im Urban Mining Index (Rosen, 2021)

Der Urban Mining Index (UMI) ist eine Systematik zur quantitativen Bewertung der Kreislaufpotenziale von Baukonstruktionen in der Neubauplanung. Er soll Architekten bei der Planung kreislaugerechter Bauwerke unterstützen.

Über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks werden alle eingehenden Materialien und alle daraus resultierenden Wert- und Abfallstoffe berechnet und nach den Qualitätsstufen ihrer Nachnutzung bewertet (Abb. 46). Die zirkulären Baustoffe beziffern mit ihrem Anteil an der Masse aller im Lebenszyklus des Bauwerks verbauten Materialien das Gesamtergebnis: den Urban Mining Indicator. Um diesen zu berechnen, werden die Zirkularitätsraten von Baumaterialien anhand spezifischer Kennwerte ermittelt: des Anteils an sekundären oder erneuerbaren Rohstoffen und des zukünftigen Recyclingpotenzials. Dabei werden verschiedene Qualitätsstufen der zirkulären Materialnutzung Pre-Use und Post-Use (vor und nach der geplanten Nutzung) unterschieden und differenziert gewichtet: Materialien, die auf gleichbleibendem Qualitätsniveau in geschlossenen Kreisläufen geführt werden können (Wiederverwendung und Recycling), fließen in das „Closed-Loop-Potenzial“ ein. Dagegen fließen Materialien, die nur unter Qualitätsverlust in offenen Kreisläufen geführt werden können (Downcycling), in das „Loop-Potenzial“ ein.

Auf konstruktiver Ebene wird die Demontierbarkeit von Bauteilen und -produkten sowie die Möglichkeit der sortenreinen Trennung von Wertstoffen als Grundvoraussetzung für die Kreislauffähigkeit der Materialien beurteilt. Die Wirtschaftlichkeit des selektiven Rückbaus, gemessen am Restwert der Materialien und dem Arbeitsaufwand für deren sortenreine Rückgewinnung am Ende der Nutzungsdauer, bestimmt die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Material ein hochwertiges oder nachrangiges End-of-Life-Szenario erreicht.

8.3 Bewertungsparameter zur Berechnung des Kreislaufpotenzials

Folgende Parameter fließen in die Bewertung der Kreislaufpotenziale ein:

8. Material Recycling Content – Pre Use

Anteil rezyklierter technischer Rohstoffe (Sekundärrohstoffe) + Anteil erneuerbarer Rohstoffe

9. Kreislaufpotenzial der Konstruktion – Post Use

Anteil an Materialien und Baustoffen, die unter Berücksichtigung ihres Werts und des Rückbauaufwands am Ende der Nutzungsdauer in einen mehr oder weniger geschlossenen Materialkreislauf zurückgeführt werden können. Folgende Faktoren fließen in die Berechnung des Post-Use-Kreislaufpotenzials ein:

- Faktor Wert

Der Wert der zurückzugewinnenden Stoffe bezieht sich auf heutige Maßstäbe und wird anhand von Durchschnittspreisen für die Entsorgung und Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen aus dem Jahr 2019 ermittelt (s. Abb. 47). Es handelt sich dabei nicht um eine Prognose (die über einen Zeitraum von 50 Jahren und länger nahezu unmöglich ist), sondern um einen Wert im Sinne von „heute gebaut und morgen zurückgebaut“. Anhand der heutigen Verwertungs- und Entsorgungskosten bzw. -erlöse werden die Materialien auf einer achtstufigen Skala eingeordnet, um die Wirtschaftlichkeit des Rückbaus in der Berechnung der Kreislaufpotenziale berücksichtigen zu können.

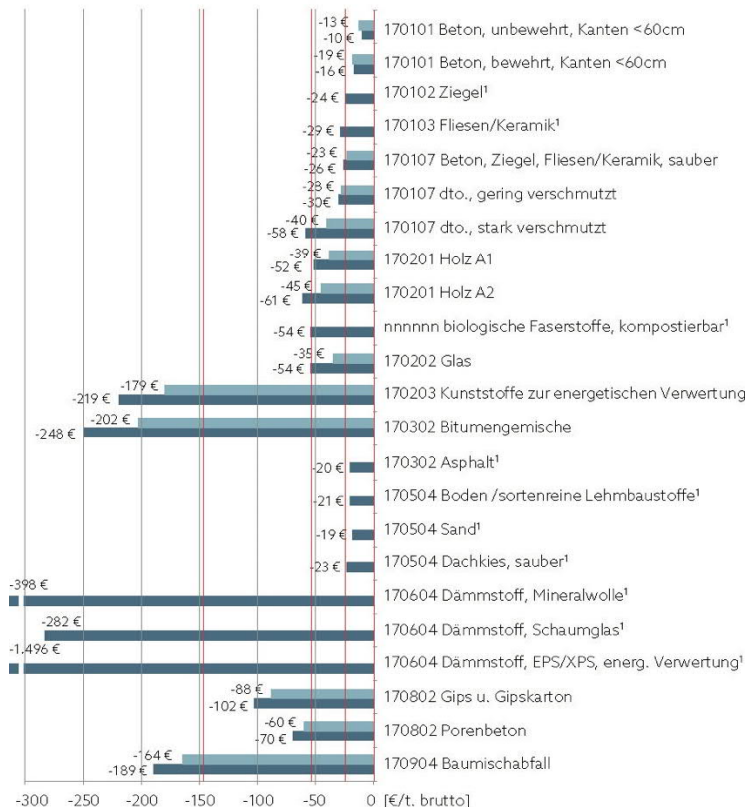
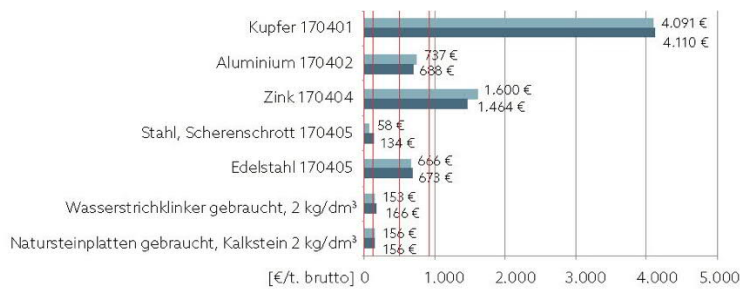


Abb. 47: Durchschnittliche Verwertungserlöse und Entsorgungskosten, Erhebungen bei 56 Entsorgungs- und Recyclingunternehmen deutschlandweit, Stand 01/2019 (Rosen, 2021)

- **Faktor Arbeit**

Der Rückbau- und Demontageaufwand in Form von Personal- und Maschineneinsatz wird auf Basis wissenschaftlicher Erhebungen (Versuchsanordnungen, Recherchen auf Rückbaustellen und Literaturrecherche) in Form der physikalischen Größe „Arbeit“ auf einer fünfstufigen Skala eingeordnet. Die Zuordnung des Rückbauaufwands erfolgt auf Ebene einzelner Bauteilschichten (z.B. Dämmung, Bekleidung), die nach den in Abb. 44 genannten Wertstofffraktionen sortenrein zu trennen sind.

- **Faktor Material-Recyclingfähigkeit – Material Loop Potential**

Das Material Loop Potential ist der mögliche, zukünftige Anteil von Recyclingmaterialien in einem Produkt bei einer maximalen Optimierung der Produktion hinsichtlich ihres Sekundärrohstoffanteils.²⁶ Für Produkte aus oder mit biotischen Materialien geht der Anteil der nachwachsenden Rohstoffe in das Kreislaufpotenzial der Konstruktion ein, wobei qualitativ unterschieden wird zwischen zertifizierten (z.B. mit PEFC- oder FSC-Zertifikat) und nicht zertifizierten nachwachsenden Rohstoffen.

8.4 Bauteilkatalog

Für das Modellprojekt Rathaus Korbach werden im folgenden Abschnitt die wesentlichen Bauteile mit ihrem Schichtenaufbau in einer Tabelle aufgelistet. Darin werden die Massen quantifiziert und den voraussichtlichen Abfall- bzw. Wertstofffraktionen zugeordnet.

Für jedes untersuchte Bauteil werden drei Aspekte grafisch dargestellt:

1. Entsorgungs- bzw. Verwertungserlöse nach heutigen Maßstäben
2. Kreislaufpotenzial
3. Treibhauspotenzial

Zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Bauvorhaben wurden die Massen pro Quadratmeter Bauteil berechnet. Die Ergebnisse der Punkte 1-3 beziehen sich deshalb auf 1 m² Bauteil.

²⁶ Hillebrandt, Riegler-Floors, Rosen, Seggewies: Atlas Recycling, Edition Detail, München 2018

8.4.1 Gründung/Bodenplatte

Ursprüngliche Planung

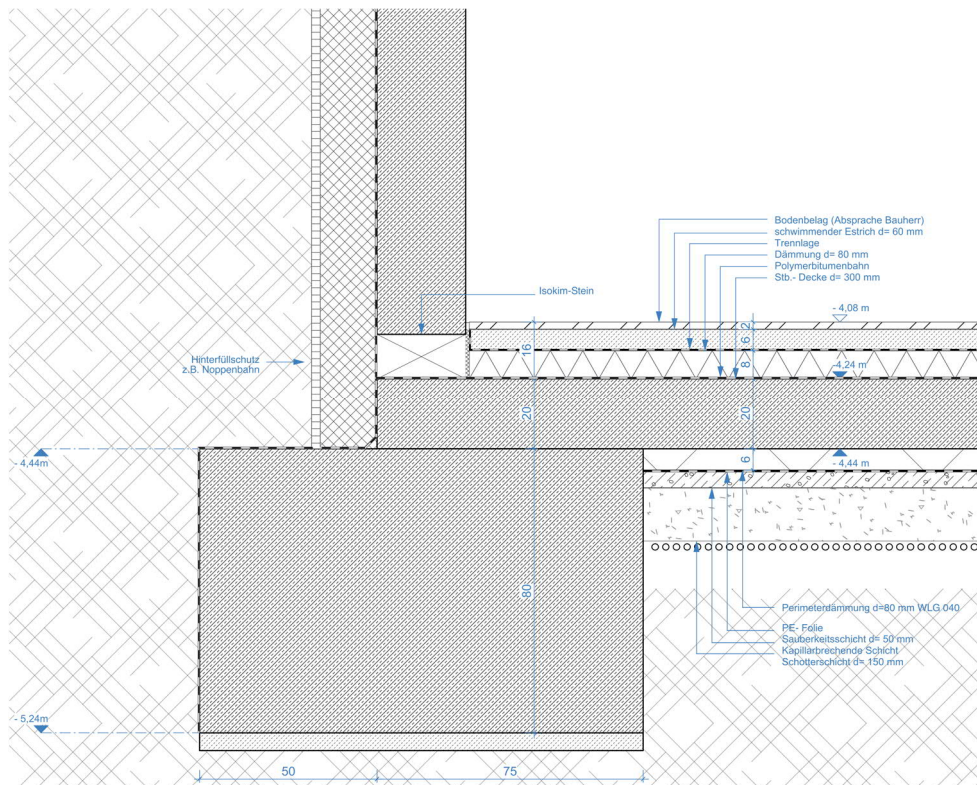


Abb. 48: Detail Gründung/Bodenplatte_ursprüngliche Planung

Bauteilschicht	Material	Verbindungsart	Stärke [mm]	Masse [kg/m ²]	Wertstoff-/Abfallfraktion
Bodenbelag	Linoleum	vollflächig verklebt	3	3,0	Kunststoff, energ. Verw.
Estrich	Zementestrich	vergossen	60	90,0	Bauschutt, ger. verschm.
Trennlage	PE-Folie	lose verlegt		0,2	Kunststoff, Recycling
Trittschalldämmung	EPS	lose verlegt	80	2,1	Kunststoff, energ. Verw.
Abdichtung	Polymerbitumen 2-lagig	vollflächig verschweißst	10	10,4	Kunststoff, energ. Verw.
Bodenplatte Stahlbeton C25/30	Gesteinskörnung	vergossen	200	401,8	Bauschutt, gering verschmutzt
	Zement CEM II 42,5 N			56,5	
	Wasser			35,0	
Perimeterdämmung	XPS	lose verlegt	8	2,8	Kunststoff, energ. Verw.
Trennlage	PE-Folie	lose verlegt		0,2	Kunststoff, Recycling
Sauberkeitsschicht Magerbeton C12/15	Gesteinskörnung	vergossen	50	98,3	Beton, unbewehrt
	Zement CEM II 32,5 N			12,6	
	Wasser			10,0	
Kapillarschicht	Schotter 16/32	geschüttet/verdichtet	150	289,4	Boden/Steine
Unterbau/Auffüllung	nicht berücksichtigt, da in allen Varianten fast gleich		-	-	-
Einzel- u. Streifenfundamente	Beton C25/30	vergossen		857,3	Beton
Bewehrungsstahl	Sekundärstahl	vergossen		102,0	Stahl/Scherenschrott
Gesamtmasse				1.971,4	

Fläche

1.349 m²

Optimierte Planung – Urban Mining Design

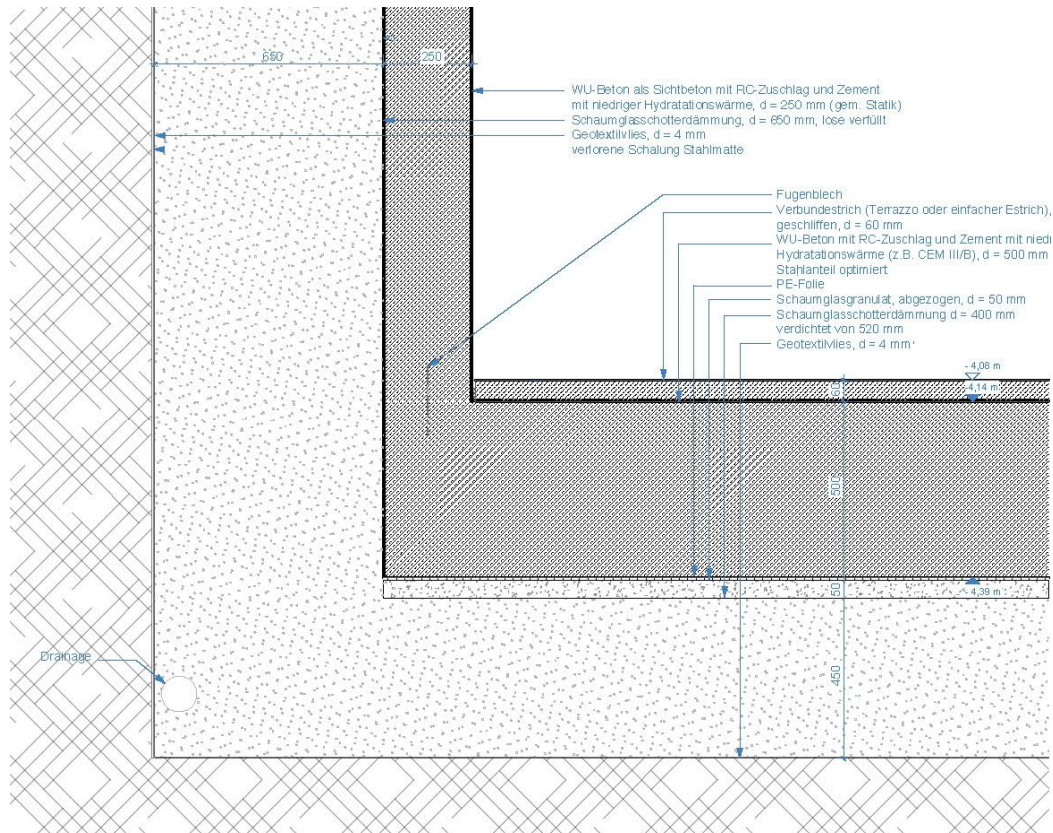


Abb. 49: Detail Gründung/Bodenplatte_optimierte Planung (ohne Unterbau)

Bauteilschicht	Material	Verbindungsart	Stärke [mm]	Masse [kg/m ²]	Wertstoff-/Abfallfraktion
Estrich	Zementestrich, geschliffen	vergossen	65	97,5	Beton
Bodenplatte WU_Beton C25/30	Gesteinskörnung mit 35 Vol.-% RC-Anteil	vergossen	500	892,0	Beton
	Zement CEM II 42,5 N w/z max. 0,55			172,5	
	Wasser			70,0	
	Betonstahl			115,0		Stahl/Scherenschrott
Trennfolie	PE-Folie	lose verlegt	9	0,2	Kunststoff, energ. Verw.
Perimeterdämmung	Schaumglasschotter 10/75	geschüttet u. verdichtet	520	67,6	Wiederverwertung
Geotextilvlies	PE-Gewebe	lose verlegt		0,5	Beton
Unterbau/Auffüllung	nicht berücksichtigt, da in allen Varianten fast gleich		400	-	-
Gesamtmasse				1.415,3	

Fläche

1.349 m²

Umgesetzte Konstruktion

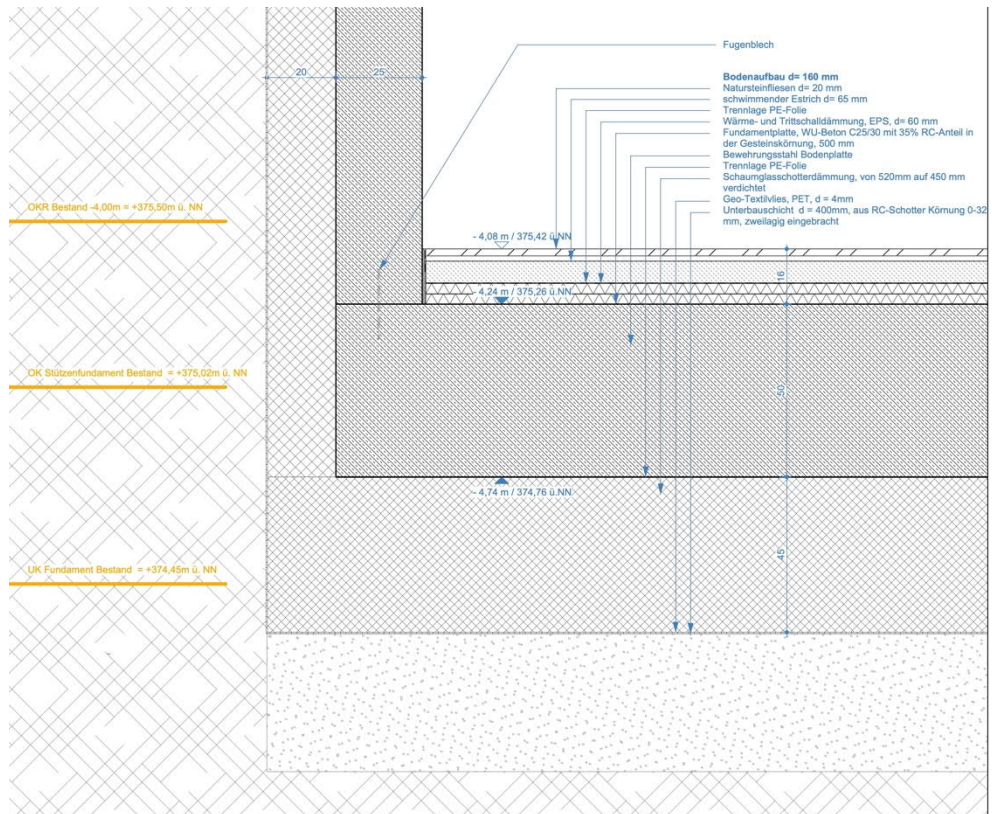


Abb. 50: Detail Gründung/Bodenplatte_umgesetzte Konstruktion

Bauteilschicht	Material	Verbindungsart	Stärke [mm]	Masse [kg/m ²]	Wertstoff-/Abfallfraktion
Bodenbelag	Natursteinfliesen	In Dünnbettmörtel	20	40,0	Fliesen/Keramik
Estrich	Zementestrich, geschliffen	vergossen	60	97,5	Beton
Trennlage	PE-Folie	lose verlegt		0,2	Kunststoff, energ. Verw.
Trittschalldämmung	EPS	lose verlegt		1,9	Kunststoff, energ. Verw.
Bodenplatte WU_Beton C25/30	Gesteinskörnung mit 35 Vol.-% RC-Anteil	vergossen	500	892,0	Beton
	Zement CEM II 42,5 N w/z max. 0,55			172,5	
	Wasser			70,0	
	Betonstahl			115,0	Stahl/Scherenschrott
Trennfolie	PE-Folie	lose verlegt	9	0,2	Kunststoff, energ. Verw.
Perimeterdämmung	Schaumglasschotter 10/75	geschüttet u. verdichtet	580	67,6	Wiederverwertung
Trennlage	Geotextilvlies	lose verlegt		0,5	Kunststoff, energ. Verw.
Tragschicht	nicht berücksichtigt, da in allen Varianten fast gleich		-	-	-
Gesamtmasse				1.457,5	

Fläche (ohne Garage, da gepflastert)

1.352,0 m²

Bodenplatte/Gründung_ursprüngliche Planung

Die Bodenplatte gehört zu den Bauteilen eines Bauwerks, die für das kreislaufgerechte Bauen eine besondere Herausforderung darstellt. Aufgrund der Belastung mit Feuchtigkeit aus dem Erdreich muss die Bodenplatte dicht sein gegen Wassereinwirkung von außen. Dies führt oftmals dazu, dass Abdichtungen aus Bitumenbahnen vollflächig auf der Bodenplatte verschweißt werden. Auch beim Modellprojekt Rathaus Korbach war ursprünglich eine Polymerbitumenschweißbahn auf einer Stahlbeton-Sohlplatte geplant. Der Estrich war als schwimmende Konstruktion auf Trittschalldämmung aus expandiertem Polystyrol (EPS) geplant. Als Oberbodenbelag war Linoleum vorgesehen, der nur stuhlrollengeeignet ist, wenn er auf dem Estrich fest verklebt wird (kein reversibler Kleber möglich).

Unterhalb der Bodenplatte sind ebenfalls diverse Schichten unterschiedlicher Materialien vorgesehen: eine Perimeterdämmung aus extrudiertem Polystyrol (XPS) zur Wärmedämmung, getrennt durch eine Polyethylenfolie von einer Sauberkeitsschicht aus Magerbeton, sowie eine kapillarbrechende Schicht aus Schotter.

Die Ausführung der Konstruktion würde dazu führen, dass die massehaltigen Baustoffe beim Rückbau entweder teuer auf einer Deponie entsorgt oder die Verklebungen aufwendig entfernt werden müssen. So müsste die Bitumenbahn von der Bodenplatte abgefräst werden und der Estrich müsste von Kleberresten befreit werden.

Bodenplatte/Gründung_optimierte Planung

Zur Optimierung der Kreislauffähigkeit wurde eine Variante entwickelt, bei der die erdberührten Bauteile als „weiße Wanne“ ausgeführt wird. Die Bodenplatte wird als Fundamentplatte ausgeführt und wie die Kellerwände aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) erstellt. Hierbei ist die Beanspruchungsklasse 1 (zeitweilig stauendes Wasser durch Sickerwasser) und die Nutzungsklasse A*** (= hochwertige Nutzung mit Archiv) zu berücksichtigen. Drückendes Wasser oder Schichtenwasser ist nicht gegeben. In vielen Fällen wird eine WU-Bodenplatte heutzutage mit Frischbetonverbundfolie unterhalb der Bodenplatte ausgeführt (vorbeugende zusätzliche Abdichtung im Sinne von Entwurfsgrundsatz C der WU-Richtlinie²⁷). In Abstimmung mit den planenden Architekten, dem Tragwerksplaner, dem Bodengutachter und dem Bauherrn wurde vorgeschlagen, die WU-Sohle nach dem Entwurfsgrundsatz b der WU-Richtlinie „Rissbreiten für Selbstheilung begrenzen“ auszuführen. Beim Schwinden des Betons können zwar kleine Risse auftreten, aber diese schließen sich durch die Carbonatisierung des Betons von selbst und führen nicht zu Wasserdurchtritt.

Der Estrich sollte in Technik- und Nebenräumen als einfacher geschliffener Estrich, in Räumen mit hochwertiger Nutzung als Terrazzo ausgeführt werden. Durch den Verbund mit der Betonsohle werden kleine Risse in den Estrich übertragen, können aber ebenso von selbst heilen. Der Bauherr ist über mögliche optische Beeinträchtigungen aufzuklären. Die Rissbreitenbegrenzung ist vom Tragwerksplaner zu berechnen. Schwindrisse können durch verschiedene Maßnahmen begrenzt werden, z.B. durch Gleitschichten unterhalb einer tragenden Sohlplatte (ohne Fundamente) oder durch Verwendung von Beton mit niedriger Hydratationswärme, ausreichende Nachbehandlung und Wärmeschutz im Sommer. Die niedrige Hydratationswärme ist einer der Gründe, warum für die Bodenplatte die Verwendung von Hüttensandzement (CEM III) empfohlen wurde. Ein weiterer Grund sind die geringeren Treibhausgasemissionen.

Für die Dämmung der Bodenplatte wurde Schaumglasschotter empfohlen, der gleichzeitig als Wärmedämmung und als lastabtragende, kapillarbrechende Schicht fungiert. Aufgrund der kapillarbrechenden Wirkung eignet er sich besonders für den Einsatz in Kombination mit einer WU-Bodenplatte. Schaumglasschotter wird mit einem Anteil von bis zu 100% (je nach Hersteller) aus Altglas hergestellt. Der Schotter (Körnung 10/75) wird auf der Baustelle in der oberen Schicht von 58 auf 45 cm verdichtet und mit einer Schaumglasgranulatschicht abgezogen, um eine gerade Ebene herzustellen. Eine Noppenbahn aus recyclingfähigem PE-HD dient als Sauberkeitsschicht und hält die Abstandshalter für die Bewehrung.

²⁷ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb): Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Beuth Verlag, Berlin, 12/2017

Bodenplatte/Gründung_umgesetzte Konstruktion

Das Detail für die Gründung wurde im Laufe der Ausführungsplanung noch einmal angepasst. Die WU-Konstruktion ist umgesetzt worden wie geplant. Für die Tragfähigkeit des Untergrunds mussten die alten Fundamentlöcher jedoch verfüllt und eine planebene Fläche hergestellt werden. Hierfür wurde der Baugrund mit RC-Material aus dem Bestand aufgefüllt und verdichtet. Da die Auffüllung bei allen drei Varianten erforderlich ist, wird sie in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Unterhalb der Bodenplatte wurde wie geplant eine Perimeterdämmung aus Schaumglasschotter zur eingebracht (s. Abb. 50 auf Seite 62 und Abb. 51).

Für eine gute Umnutzbarkeit des Gebäudes wurde doch eine Trittschalldämmung eingeplant. Da es in dem Bauwerk keine fremden Nutzer gibt, sind derzeit zwar keine normativen Anforderungen an den Schallschutz zu berücksichtigen, aber der Schallschutz kann bei einer Umnutzung relevant werden. Eine mineralische Schüttung in Pappwaben hätte die Anforderungen an die Zirkularität am besten erfüllt, war aber aufgrund der bereits festgelegten Höhen nicht umsetzbar. Deshalb wurde eine Trittschalldämmung aus Mineralwolle geplant. Während der Corona-Pandemie kam es jedoch zu massiven Lieferproblemen bei Mineralwolle, weshalb letztendlich EPS-Dämmung eingebaut wurde.

Anstelle des Terrazzo wurden in repräsentativen Flächen Natursteinfliesen mit mineralischem Mörtel verlegt.



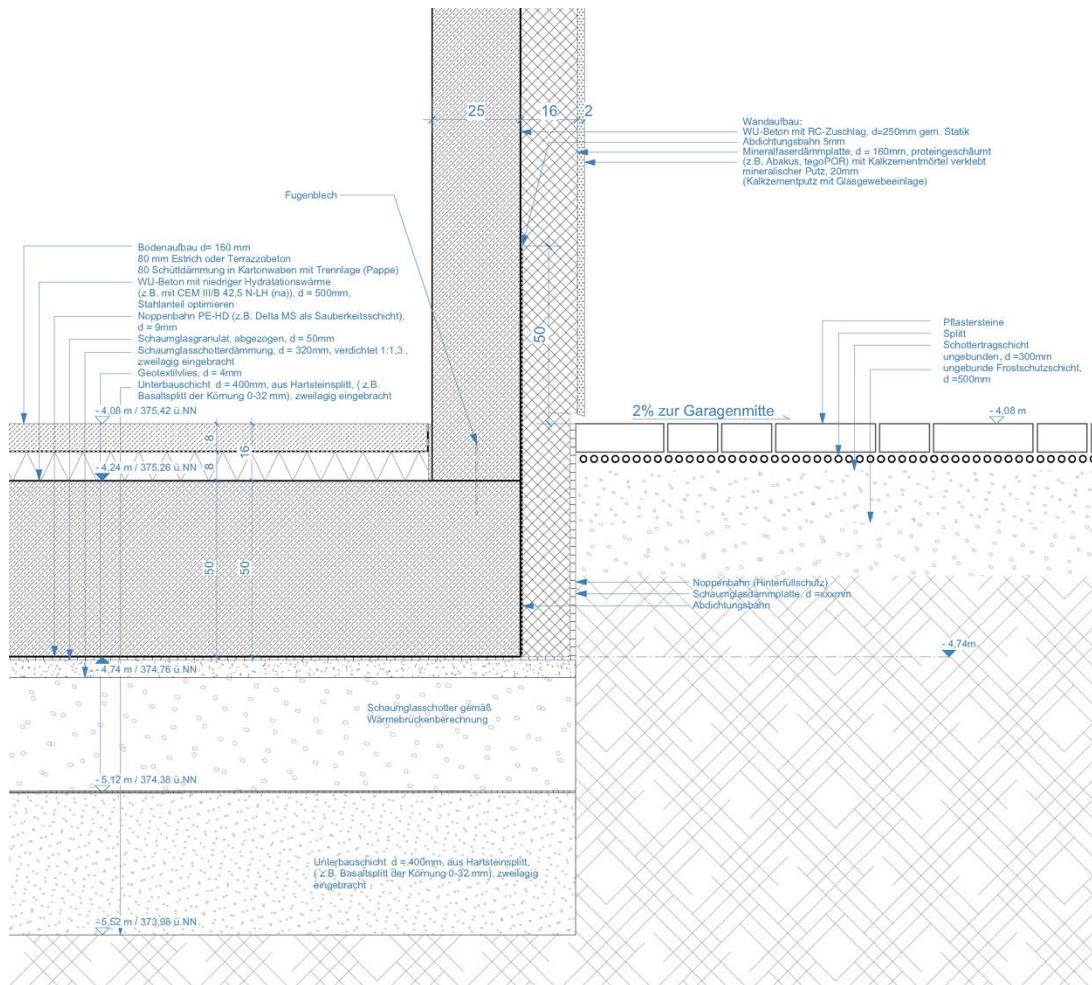
Abb. 51: Einbringung des Schaumglasschotters auf dem Plenum zur Dämmung der Bodenplatte

Garage

Eine Besonderheit stellt die gebäudeintegrierte Garage dar. Aufgrund der möglichen Belastung mit Tausalzen durch Anhaftungen an Fahrzeugreifen müsste die Betonsohle in diesem Bereich von oben gegen eindringende Tausalze abgedichtet werden, damit der Beton nicht geschädigt wird.

Um auch hier Abklebungen zu vermeiden, wurde in diesem Bereich gar keine Sohle aus Beton ausgeführt, sondern die Garage (so wie den Parkplatz davor) gepflastert. Lediglich die Fundamente müssen in diesem Bereich gegen Tausalze durch Abklebung geschützt werden, was unvermeidbar ist (es sei denn, man verzichtet auf eine Garage im Gebäude). Die Fläche (ca. 213m²) wurde nicht extra kalkuliert. Anhand des nachfolgenden Details lässt sich abschätzen, dass bei einem Verzicht auf eine Betonsohle in der Garage

wesentlich weniger Materialien und Massen verwendet werden, wodurch Ressourcen geschützt und Emissionen vermieden werden.



Faktor Wert: Entsorgungskosten/Verwertungserlöse

Das Verschweißen der Bitumenbahnen auf der Bodenplatte würde den mineralischen Baustoff Beton verunreinigen. Ebenso würden Rückstände von Linoleum bzw. Kleber auf dem Estrich zu Verunreinigungen des Estrichs führen. Beim Rückbau wäre entweder ein aufwändiges Abfräsen des Bitumens von der Bodenplatte und ein Entfernen der Rückstände auf dem Estrich erforderlich oder die Abbruchmassen müssten teuer auf einer Deponie entsorgt werden. Zur Berücksichtigung der Entsorgungskosten als Faktor zur Ermittlung des Kreislaufpotenzials wurde angenommen, dass der Beton und der Estrich als gering verschmutzter Bauschutt für durchschnittlich rund 30 €/t. entsorgt werden muss und nicht als sortenreiner Betonabbruch verwertet werden kann.

Nach optimierter Planung können die massigen mineralischen Baustoffe beim Rückbau auf relativ leichte Weise ausgebaut und ohne Störstoffe der Verwertung zugeführt werden. Für sortenreinen Betonbruch ist derzeit ein durchschnittlicher Annahmepreis von rund 10 €/t. zu zahlen. Durch den Stahlanteil, der einen Schrottwert von ca. 134 €/t. hat, entstehen bei der optimierten Konstruktion insgesamt Verwertungserlöse statt Entsorgungskosten.

Bei der umgesetzten Konstruktion führen die Kunststoffgemische (zwangsläufig eingesetzte EPS-Trittschalldämmung) und der Bauschutt (Estrich mit vermörtelten Natursteinfliesen) zu leicht höheren Entsorgungskosten ggü. der optimierten Variante.

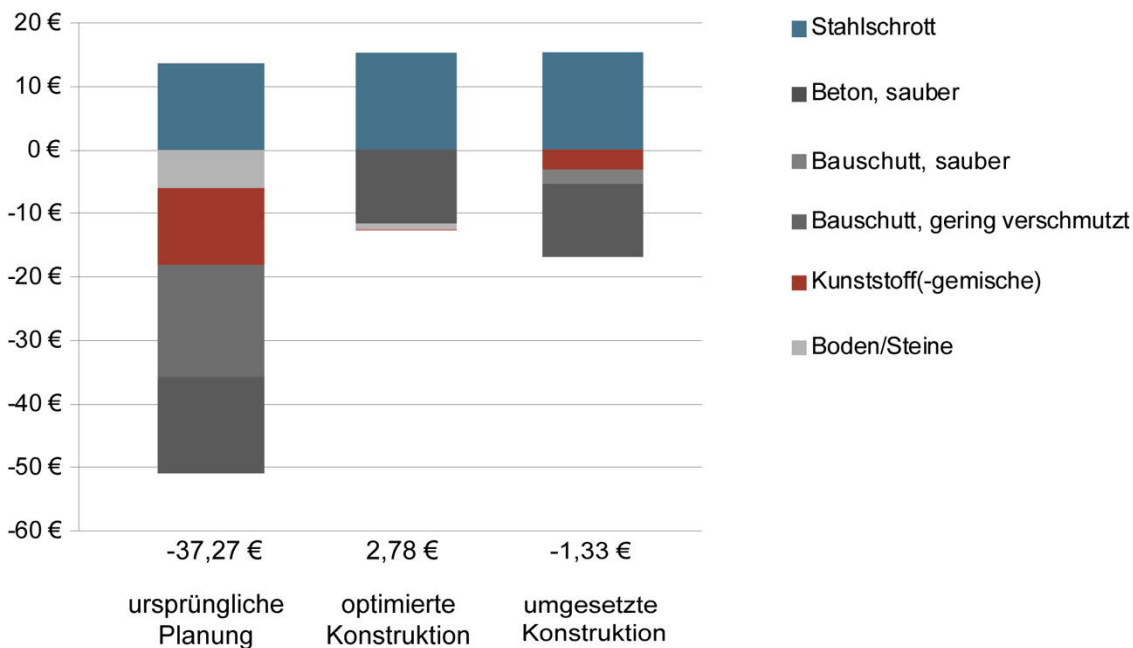


Abb. 52: Entsorgungskosten und Verwertungserlöse der Varianten Gründung/Bodenplatte in €/m²

Treibhauspotenzial

In der Herstellungsphase führen die Betonbauteile mit dem energie- und emissionsintensiven Baustoff Zement zu hohen Treibhausgasemissionen. Der Berechnung wurde der am häufigsten eingesetzte Portlandkompositzement (CEM II) zu Grunde gelegt. Bei diesen Zementen wird ein Teil des Portlandzementklinkers durch Nebenprodukte der Industrie wie Hüttensand oder Flugasche ersetzt, um bestimmte Eigenschaften zu erzielen, aber auch um CO₂- Emissionen zu vermeiden.

Bei der Herstellung der Bewehrung entstehen ebenfalls hohe klimaschädliche Emissionen. Da Bewehrungsstähle fast vollständig aus Sekundärmaterial (Stahlschrott) hergestellt werden, dürfen nach den zuvor genannten Normen im Modul D rechnerisch keine Gutschriften für Recycling ausgewiesen werden.

Für den Linoleumboden wurde bei der Ökobilanzierung eine Nutzungsdauer von 20 Jahren angenommen, so dass er im betrachteten Lebenszyklus von 50 Jahren einmal ausgetauscht werden muss. Die thermische Verwertung mit entsprechenden Emissionen (Modul C) und Gutschriften für den Ersatz fossiler Brennstoffe (Modul D) fällt somit ebenfalls doppelt an.

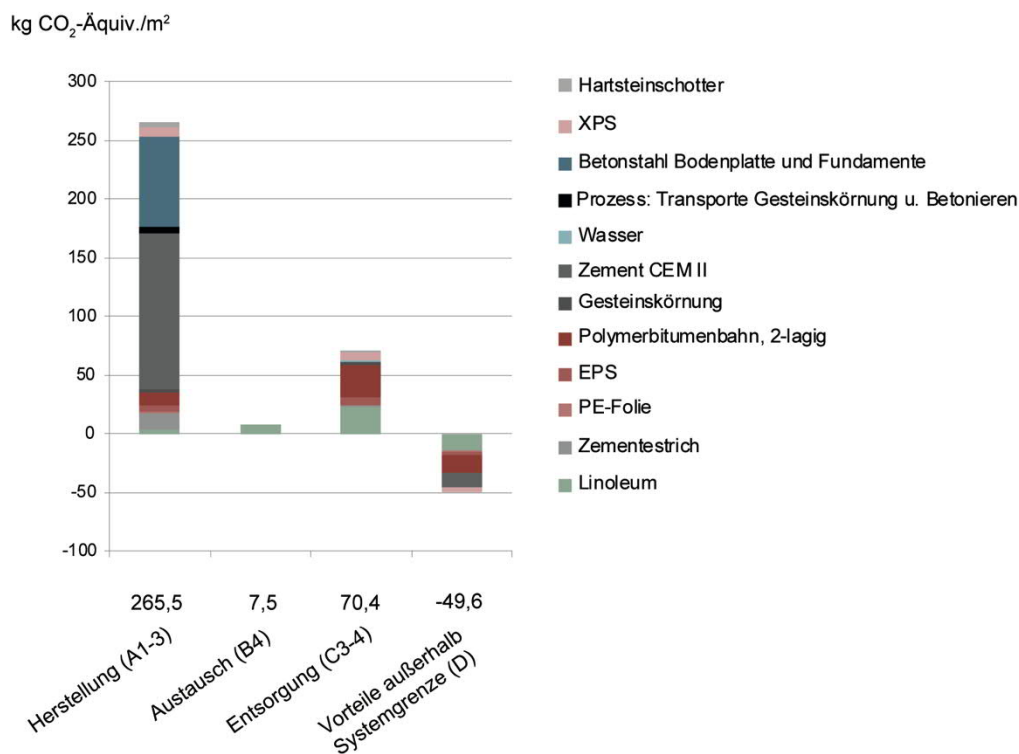


Abb. 53: Treibhauspotenzial der Gründung_ursprüngliche Planung

Nach der optimierten Planung reduzieren sich die Treibhausgasemissionen in der Herstellung um ca. 37%. Die WU-Bodenplatte ist zwar 50 statt 20cm stark, aber dafür entfallen die Streifenfundamente und der Magerbeton für die Sauberkeitsschicht, so dass insgesamt nicht mehr Beton eingesetzt wird. Eine weitere Optimierung geht auf die Berücksichtigung von Hüttensandzement (CEM III) zurück. CEM III wird hergestellt mit einem hohen Anteil an Hüttensand, der als Nebenprodukt bei der Eisenverhüttung im Hochofen gewonnen wird (Hochofenschlacke). Nach Thienel²⁸ werden ca. 70% aller Hochofenschlacken zu schnell abgekühltem, glasig erstarrtem Hüttensand verarbeitet. Hauptabsatzgebiet ist die Zementindustrie. Dort ersetzt Hüttensand den klimaschädlichen Portlandzementklinker. Die Treibhausgase des Hochofenprozesses werden ökobilanztechnisch der Eisenherstellung zugerechnet. Die restlichen 30% aller Hochofenschlacken werden als Mineralstoffgemisch für Tragschichten im Verkehrsbau genutzt. Im Sinne des Klimaschutzes hat sich der Anteil in Richtung Zementherstellung in den letzten Jahren kontinuierlich erhöht.

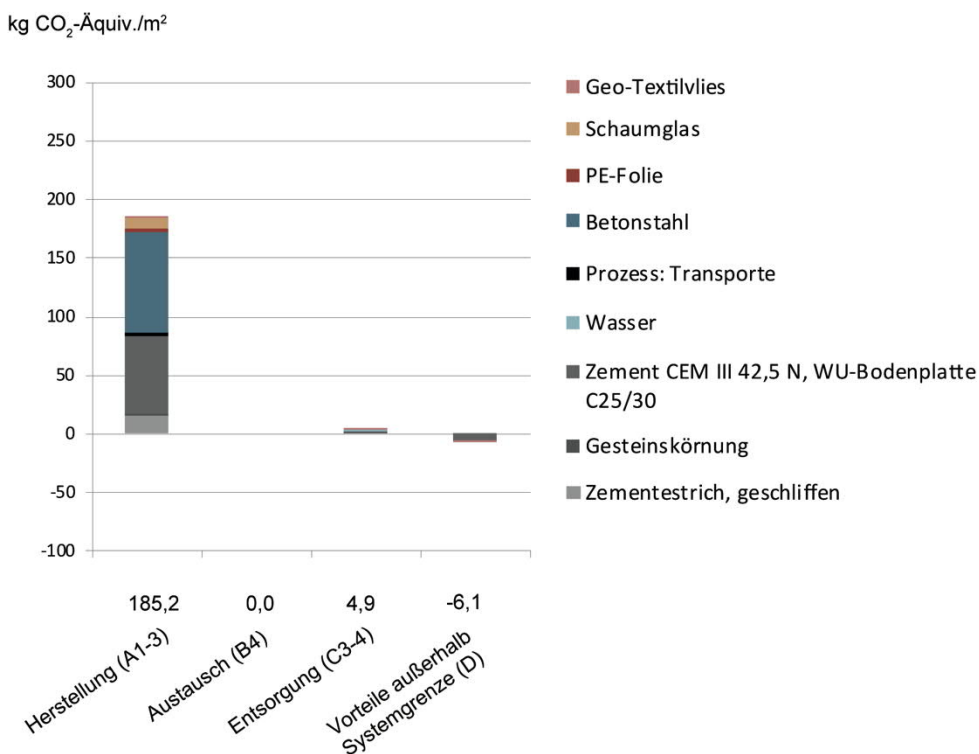


Abb. 54: Treibhauspotenzial der Gründung_optimierte Planung

²⁸ Thienel, Prof. Dr. Ing. K.Ch.: Eisenhüttenschlacken und Hüttensand, Universität der Bundeswehr, Institut für Werkstoffe des Bauwesens, München, Herbsttrimester 2017

In der Ausführung wurde auf den Einsatz von Hüttensandzement verzichtet, obwohl dieser ausgeschrieben war. In der Folge ist das Treibhauspotenzial gegenüber der ursprünglichen Planung nur noch um 5 % geringer.

kg CO₂-Äquiv./m²

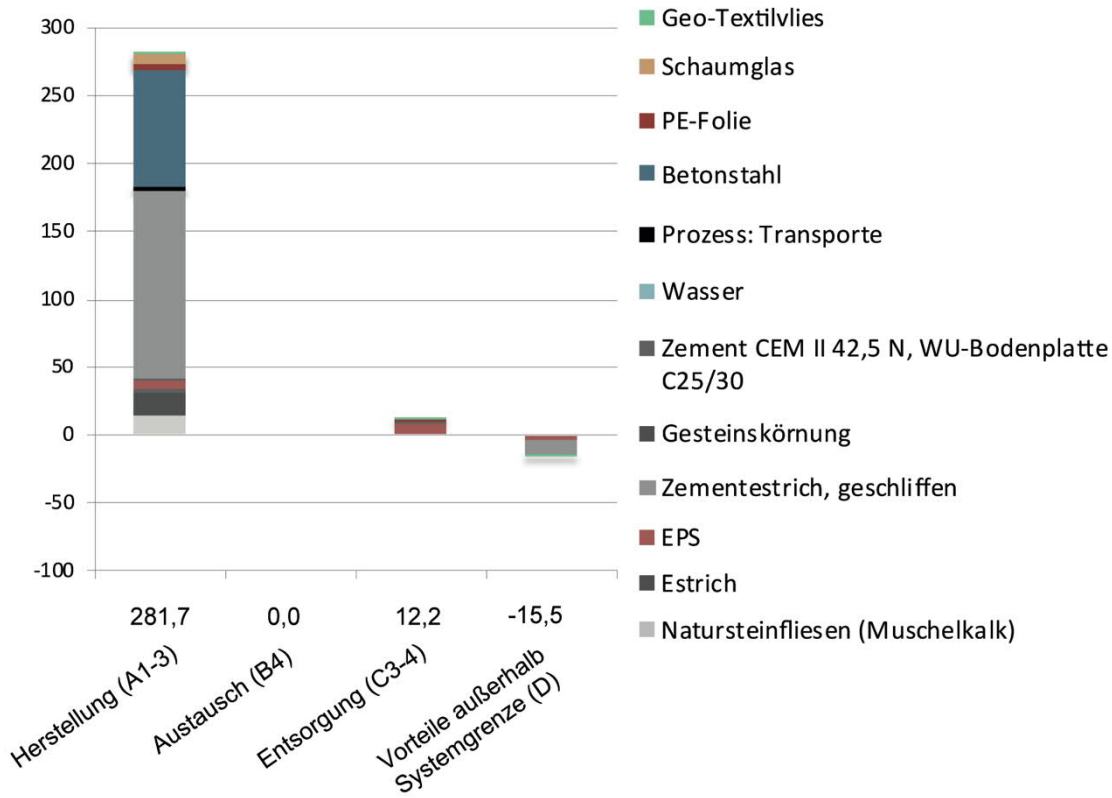


Abb. 55. Treibhauspotenzial der Gründung_umgesetzte Konstruktion

Kreislaufpotenziale

Durch die optimierte Planung kann das Loop-Potenzial des Bauteils Gründung von gut 88% auf knapp 134% gesteigert werden. Die umgesetzte Konstruktion kommt auf knapp 133%.

Die drei nachfolgenden Grafiken verdeutlichen die Unterschiede: Der Einsatz von rezyklierter Gesteinskörnung im Beton und die Verwendung von Schaumglasschotter aus Altglas erhöhen den Sekundärrohstoffanteil in der Pre-Use-Phase um insgesamt 5,5 auf 34,6%.

In der Grafik zum Loop-Potenzial der ursprünglichen Planung ist erkennbar, dass mit einem Verlust von Material durch Deponierung zu rechnen ist (weißer Anteil im Post-Use-Kreis). Dies resultiert aus dem hohen Aufwand für die Entfernung von Störstoffen (Bitumen und Kleber).

Durch Umsetzung der optimierten Planung kann der sortenreine Beton dagegen am Ende der Nutzungsdauer mit dem Estrich als materialhomogene Verbundkonstruktion hochwertig wiederverwertet werden. Da das Material-Loop-Potenzial nach Definition in Punkt 8.2 nur 39% beträgt, also maximal 39% der Bestandteile von Beton aus Sekundärrohstoffen bestehen können, ist davon auszugehen, dass ein Großteil immer noch der Weiterverwertung zugeführt werden wird (Downcycling).

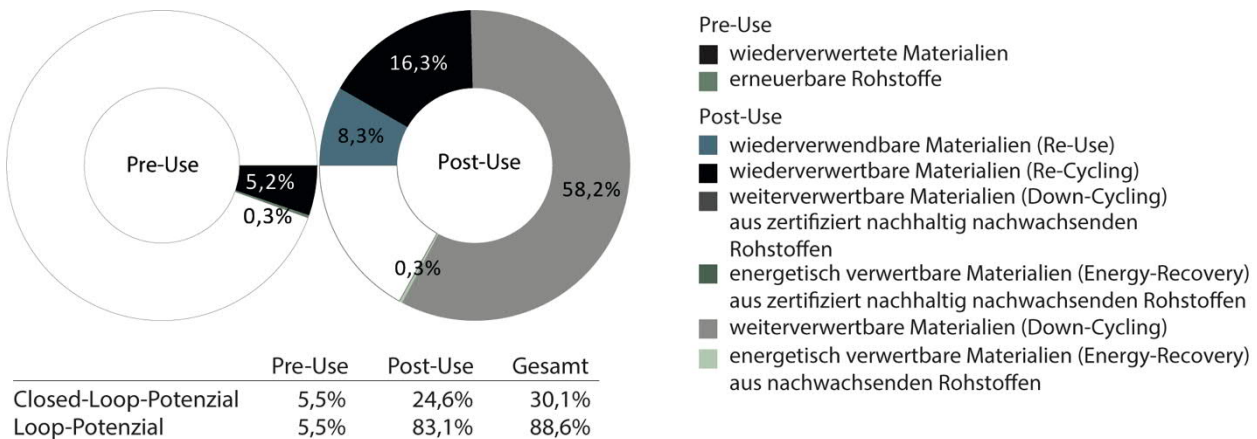


Abb. 56: Kreislaufpotenzial Gründung_ursprüngliche Planung

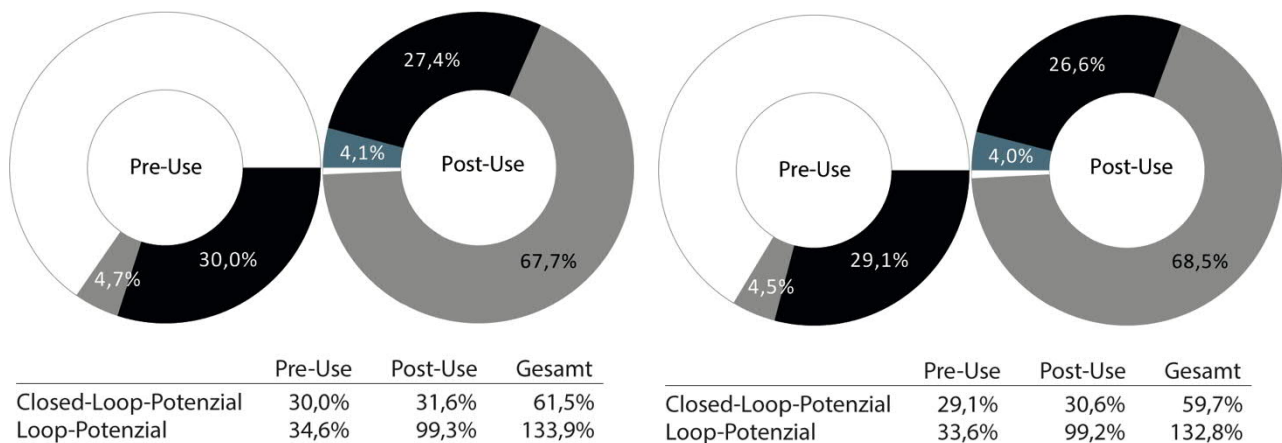


Abb. 57: Kreislaufpotenzial Gründung, optimierte Planung

Abb. 58: Kreislaufpotenzial Gründung, umgesetzte Konstruktion

8.4.2 Erdberührte Außenwand

Ursprüngliche Planung

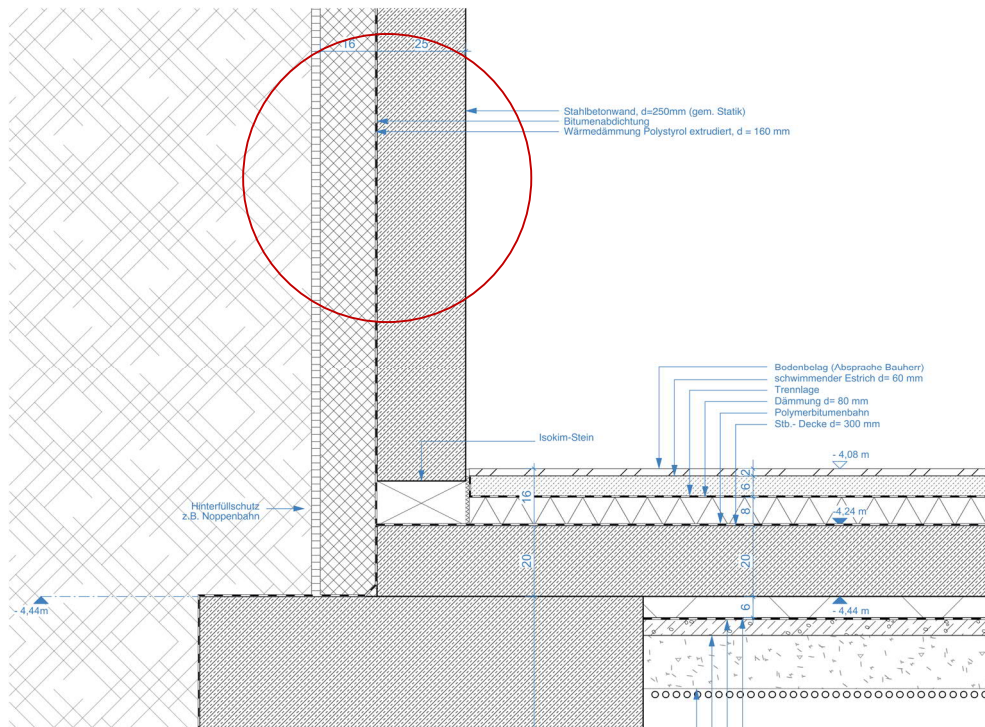


Abb. 59: Leitdetail Sockelanschluss / erdberührte Außenwand_ursprüngliche Planung

Bauteilschicht	Material	Verbindungsart	Stärke [mm]	Masse [kg/m ²]	Wertstoff-/Abfallfraktion
Stahlbeton C25/30	Gesteinskörnung	vergossen	250	500,1	Bauschutt, gering verschmutzt
	Zement CEM II 42,5 N			72,9	
	Wasser			43,8	
	Betonstahl			33,1	Stahl/Scherenschrott
Abdichtung	Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtung	gespachtelt	5	3,5	Kunststoff, energetische Verwertung
Perimeterdämmung	XPS	verklebt in Heißbitumen	160	5,1	Kunststoff, energetische Verwertung
Hinterfüllschutz	Noppenbahn PE-HD	verdübelt	9	1,2	Kunststoff/Recycling
Gesamtmasse				659,6	

Optimierte Planung

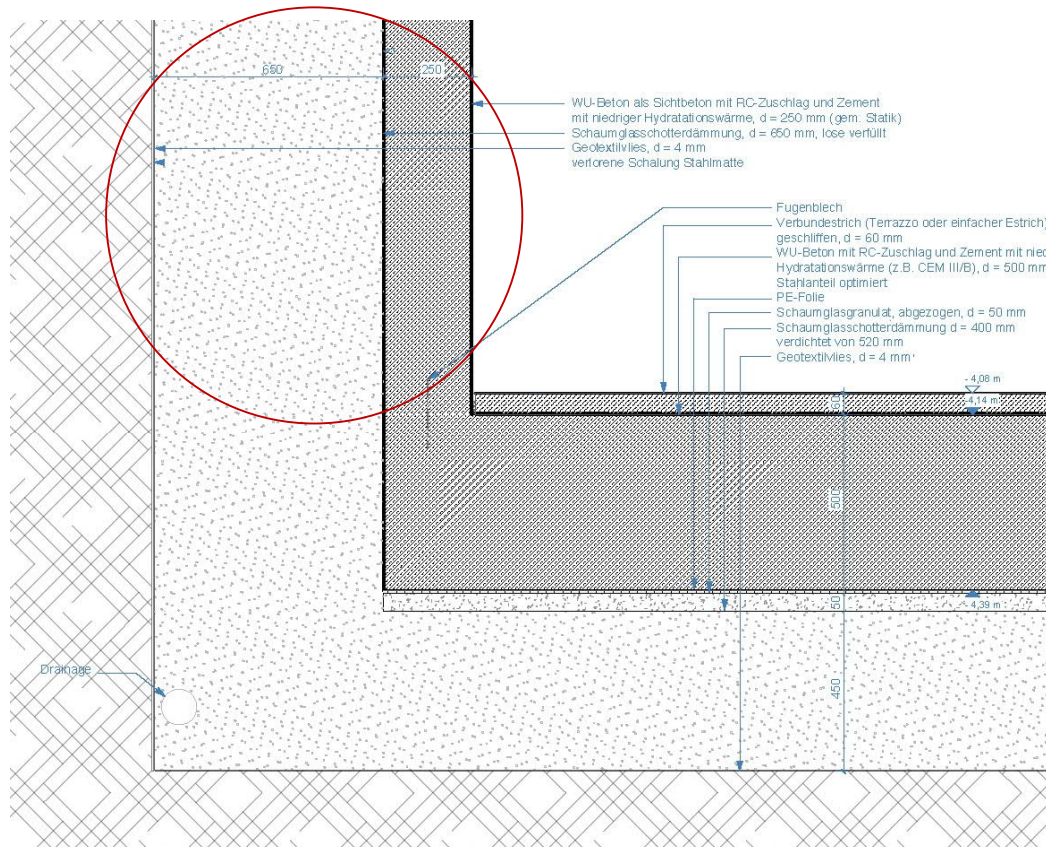


Abb. 60: Detail Sockelanschluss / erdberührte Außenwand_optimierte Planung

Bauteilschicht	Material	Verbindungsart	Stärke [mm]	Masse [kg/m ²]	Wertstoff-/Abfallfraktion
WU_Beton C25/30	Gesteinskörnung mit RC-Anteil	vergossen	250	467,5	Beton
	Zement CEM III 42,5 N, w/z max. 0,55			82,5	
	Wasser			40,0	
	Betonstahl			33,1	Stahl/Scherenschrott
Dämmung	Schaumglasschotter 10/75	lose eingefüllt	650	84,5	Wiederverwertung
	Geo-Textilvlies	lose verlegt	4	0,5	Kunststoff, energ. Verw
	verlorene Schalung, Bewehrungsmatte	mit Abstandhalter auf Kellerwand verschr.	6	2,5	Stahl/Scherenschrott
Gesamtmasse				710,6	

Umgesetzte Konstruktion

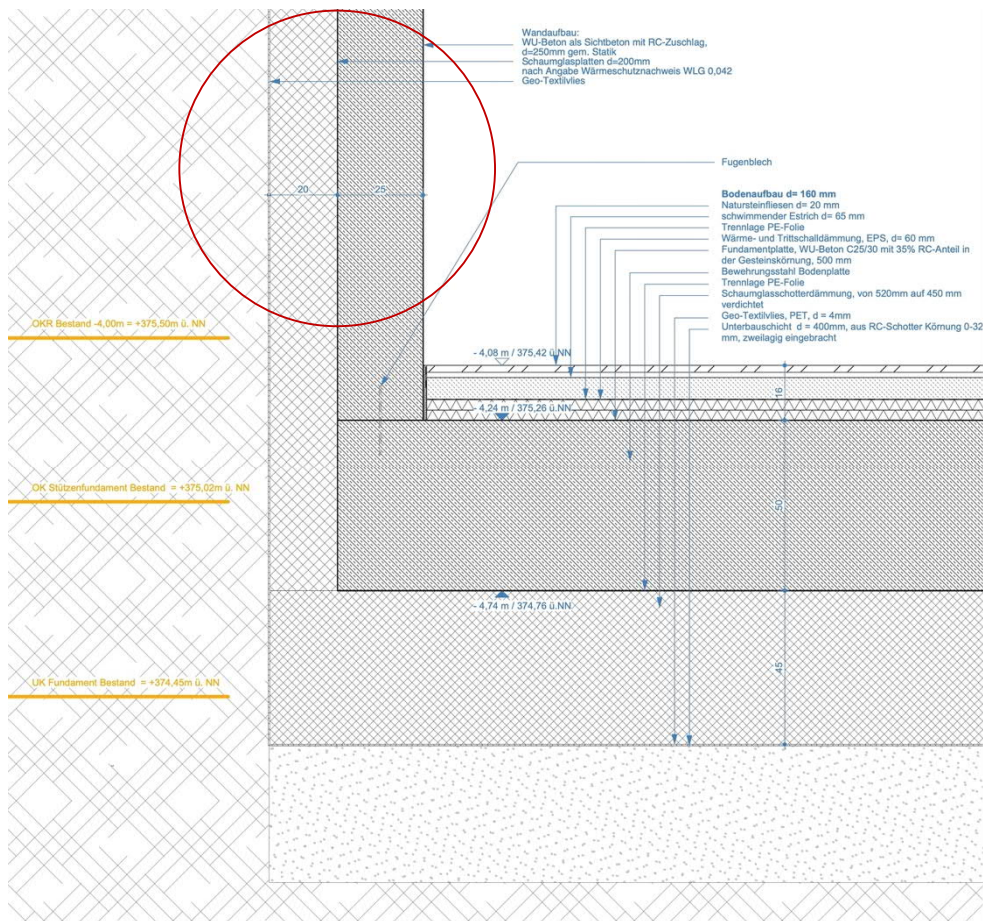


Abb. 61: Detail Sockelanschluss / erdberührte Außenwand_umgesetzte Konstruktion

Bauteilschicht	Material	Verbindungsart	Stärke [mm]	Masse [kg/m ²]	Wertstoff-/Abfallfraktion
WU_Beton C25/30	Gesteinskörnung mit RC-Anteil	vergossen	250	467,5	Beton
	Zement CEM III 42,5 N, w/z max. 0,55			82,5	
	Wasser			40,0	
	Betonstahl			33,1	Stahl/Scherenschrott
Dämmung	Schaumglasplatten	punktuell verklebt	0,2	22,0	Wiederverwertung
	Geo-Textilvlies	lose verlegt	4	0,5	Kunststoff, energ. Verw
Gesamtmasse				645,6	

Erdberührte Außenwand_ursprüngliche Planung

Die erdberührte Außenwand ist wie die Bodenplatte dem Einfluss von Feuchtigkeit ausgesetzt. Bei starkem oder andauerndem Regen kann sich zeitweise Sickerwasser an den Kellerwänden aufstauen. In der Regel wird die erdberührte Außenwand deshalb von außen mit Bitumenbahnen abgedichtet (schwarze Wanne). Als Perimeterdämmung wird meistens XPS auf den Bitumenbahnen verklebt. Auch beim Modellprojekt Rathaus Korbach ist dies gemäß ursprünglicher Planung vorgesehen. Würde die erdberührte Außenwand so ausgeführt, müsste auch hier – genau wie bei der Bodenplatte – die Abdichtung beim Rückbau aufwändig abgefräst oder eine teure Entsorgung auf der Deponie in Kauf genommen werden. Die XPS-Dämmung ist darüber hinaus nicht recyclingfähig, wenn sie mit Bitumenkleber verunreinigt wird (ganz davon abgesehen, dass sich ein funktionierendes Recyclingsystem für Polystyrol noch in der Entwicklung befindet). Bitumenbahnen können zwar recycelt werden, in Deutschland hat sich dies jedoch noch nicht etabliert, so dass sie in der Regel genau wie Polystyrol nachrangig energetisch verwertet werden.

Erdberührte Außenwand_ Urban Mining Design

Wie bereits unter Punkt 8.4.1 ‚Gründung/Bodenplatte‘ beschrieben, wird empfohlen, den Keller als „weiße Wanne“ auszuführen. Durch den Einsatz von WU-Beton kann auch an den erdberührten Außenwänden auf eine Abklebung mit Bitumen verzichtet werden. Hilfreich ist hier, dass im Sockelgeschoss keine hochwertige Nutzung in Räumen mit erdberührten Außenwänden geplant ist. Die hochwertige Nutzung „Archiv“ ist an der dem Hang abgewandten Seite geplant.

Da die erdberührten Außenwände bereits aus statischen Gründen mit 250mm dimensioniert sind, ist für die Ausführung in WU-Beton keine Überdimensionierung erforderlich. Lediglich die Zusammensetzung des Betons wird spezifiziert, z.B. mit einem Wasser-Zement-Wert (w/z Wert) von max. 0,55.

Auch die WU-Außenwände werden entsprechend dem Entwurfsgrundsatz b der WU-Richtlinie „Risse vermeiden zur Selbstheilung“ geplant. Der Beton wird deshalb als Sichtbeton ausgeführt und Einrichtungsgegenstände wie technische Anlagen müssen einen gewissen Abstand zur Wand einhalten, damit eine Hinterströmung mit Luft (inkl CO₂ zur Carbonatisierung) möglich ist.

Rezyklierte Gesteinskörnungen Typ 1 können in WU-Betonkonstruktionen gemäß Abb. 22 bis zu 35% der Gesteinskörnung aus Primärmaterial ersetzen.

Als Perimeterdämmung wird analog zur Bodenplatte Schaumglasschotter empfohlen. Dieser wird an der erdberührten Außenwand jedoch nicht verdichtet, sondern nur lose in einer verlorenen Schalung verfüllt. Die Schalung kann aus Stahlmatten hergestellt werden, die mit einem Geotextilvlies ausgelegt werden, um eine Einschwemmung von Erdreich in den Schaumglasschotter zu verhindern. Da der Schaumglasschotter einen rechnerischen Lamda-Zulassungswert von 0,11 aufweist (sofern in die Hohlräume Wasser eindringen würde), ist eine Dämmstärke von 65cm erforderlich, um die angestrebten Anforderungen nach dem KfW-55-Standard zu erfüllen.

Der Schaumglasschotter übernimmt gleichzeitig eine Drainagefunktion. Je nach örtlichen Verhältnissen und Beanspruchung muss ggf. ein Drainagerohr im Schotter verlegt werden, um aufstauendes Wasser abzuführen.

Erdberührte Außenwand_ umgesetzte Konstruktion

Da im Verwertungsprozess aus den mineralischen Abbruchmaterialien nicht genügend rezyklierte Gesteinskörnungen gewonnen werden konnten, um den gesamten Rohbau in R-Beton herzustellen, wurden die erdberührten Außenwände aus konventionellem Beton hergestellt.

Zur Dämmung wurden Schaumglasplatten anstelle von Schaumglasschotter eingesetzt, weil für die Schotterdämmung nicht genügend Platz zur Verfügung stand.

Entsorgungskosten/Verwertungserlöse

Wie bei der Bodenplatte ist bei der erdberührten Außenwand mit deutlich höheren Entsorgungskosten beim Rückbau zu rechnen, wenn die Wand mit Bitumenabdichtung verunreinigt wird.

Bitumen und EPS-Dämmung müssen als Kunststofffraktion ebenfalls relativ teuer entsorgt werden.

Für den Dämmstoff Schaumglasschotter würde dagegen aufgrund der problemlosen Wiederverwendbarkeit und des Materialwerts voraussichtlich keine Entsorgung anfallen.

Die umgesetzte Konstruktion verursacht etwas höhere Entsorgungskosten als die optimierte Variante, weil die Schaumglasplatten punktuell verklebt wurden und deshalb nicht wiederverwendet, sondern nur recycelt werden können.

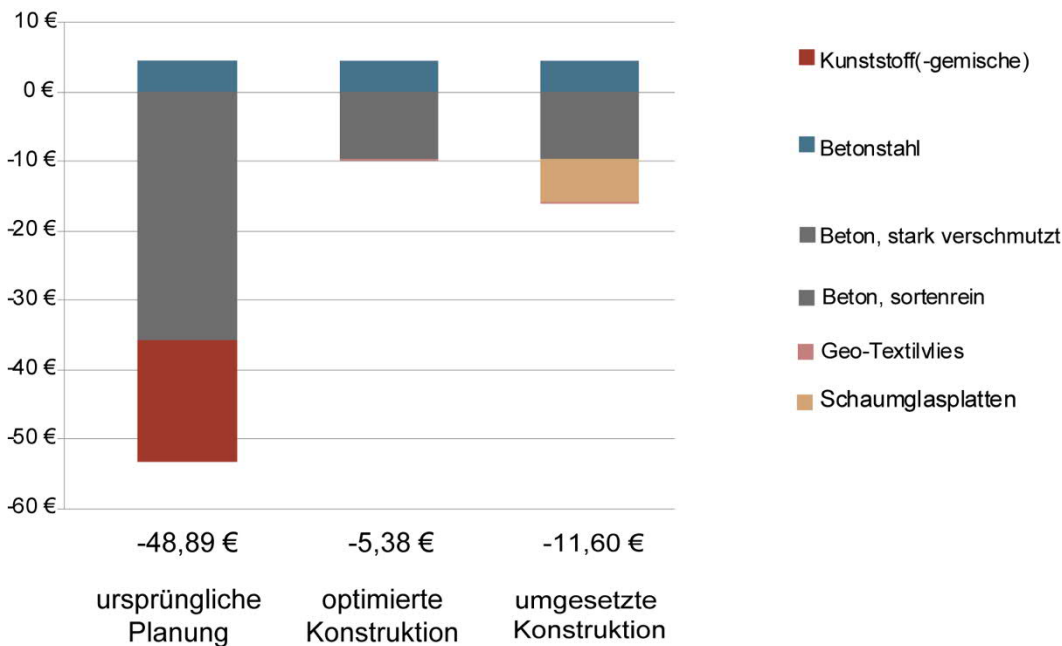


Abb. 62: Entsorgungskosten und Verwertungserlöse der Varianten erdberührte Außenwand

Treibhauspotenzial

Das Treibhauspotenzial für die Herstellung der Baustoffe kann durch eine optimierte Planung erheblich reduziert werden. Die nachfolgenden Grafiken der Planungsvarianten zeigen deutliche Unterschiede in allen Phasen der Ökobilanz.

Der Schaumglasschotter verursacht trotz höherer Masse weniger Treibhausgase als die XPS-Perimeterdämmung, da er nahezu vollständig und relativ emissionsarm aus Altglas hergestellt wird.²⁹ Auf Bitumenbahnen, die vor allem bei der energetischen Verwertung am Ende der Nutzungsdauer (Modul C) hohe Treibhausgase freisetzen, kann bei der Ausführung einer „weißen Wanne“ verzichtet werden. Die Gutschriften im Modul D ergeben sich durch den Ersatz fossiler Brennstoffe durch die Verwertung der Kunststoff(-gemische)

Durch den Einsatz von Hüttensandzement – wie bei der Bodenplatte – hätten die CO₂-Emissionen minimiert werden können.

²⁹ Quelle Ökobilanzdaten: für Schaumglas Misapor EPD Nr. EPD-MIS-20150019-IAA2-DE, für XPS: Oekobau.dat

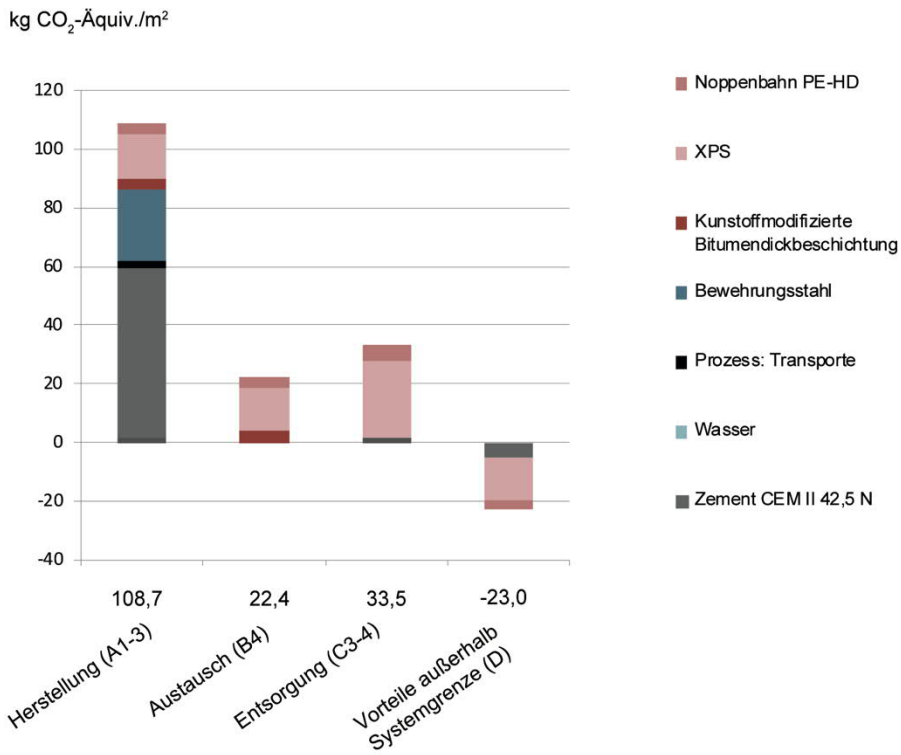


Abb. 63: Treibhauspotenzial der erdberührten Außenwand_ursprüngliche Planung

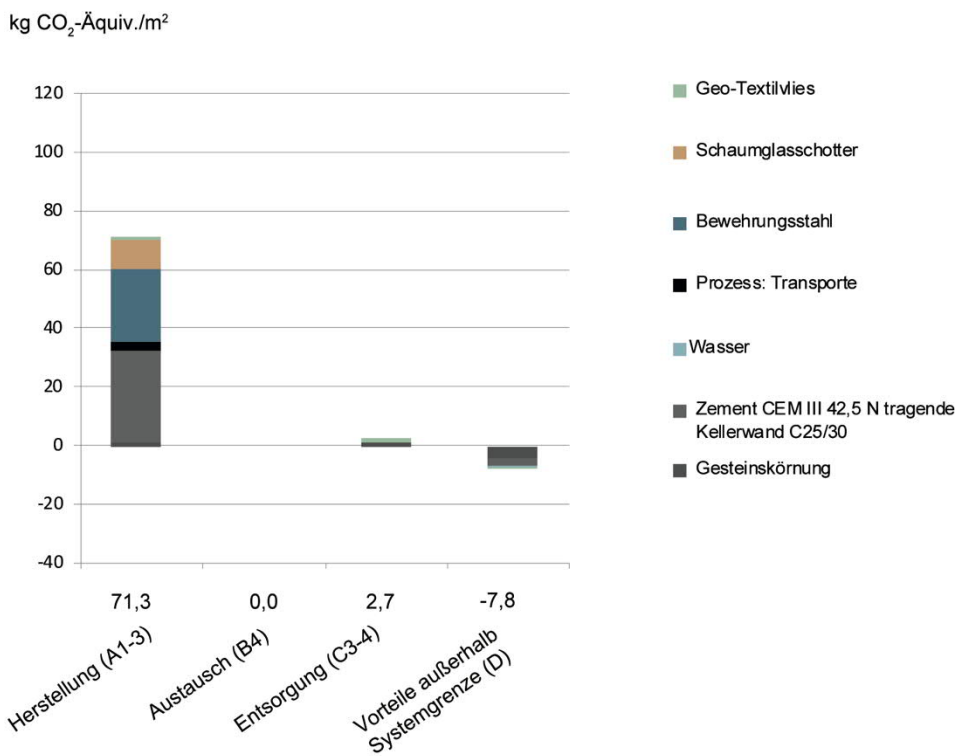


Abb. 64: Treibhauspotenzial der erdberührten Außenwand_optimierte Planung

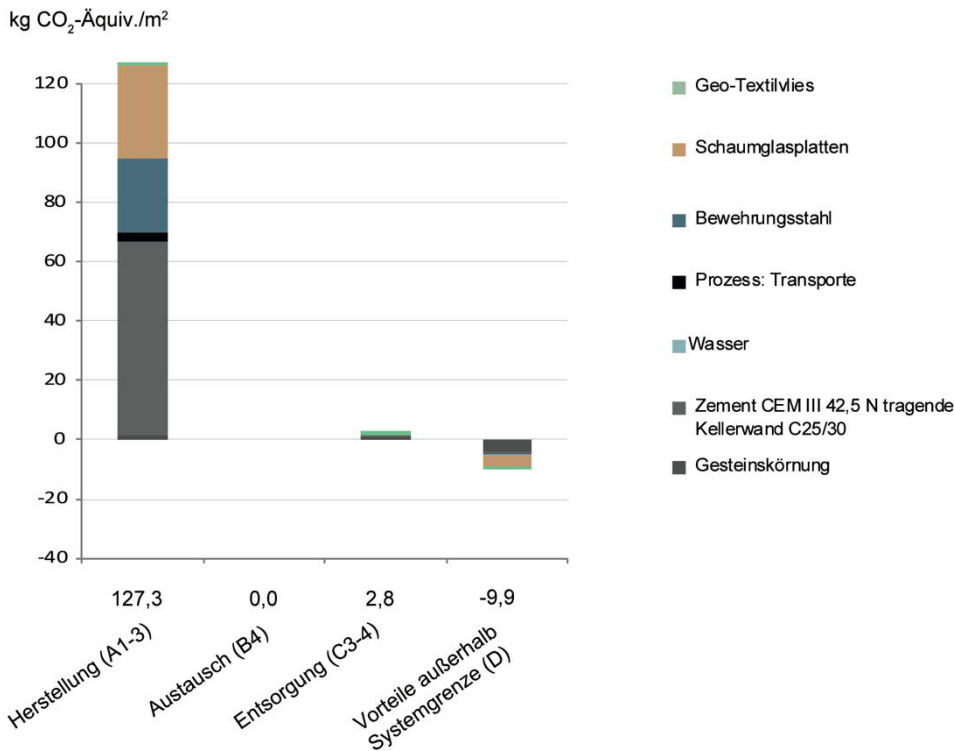


Abb. 65: Treibhauspotenzial der erdberührten Außenwand_umgesetzte Konstruktion

Die umgesetzte Konstruktion der erdberührten Außenwand weist ca. 15% geringere Treibhausgasemissionen auf als die ursprüngliche (konventionelle) Planung. Dies ist hauptsächlich auf den Verzicht der Perimeterdämmung aus XPS zurückzuführen. Die ausgeführten Schaumglasplatten weisen jedoch ein weit höheres Treibhauspotenzial auf als der Schaumglasschotter aus der optimierten Variante.³⁰ Der Beton für die erdberührten Außenwände wurde mit Portlandkompositzement (CEM II) hergestellt, wodurch höhere Emissionen entstanden sind, als dies bei der optimierten Variante (mit Hüttensandzement CEM III) gewesen wäre.

³⁰ Für den Schaumglasschotter wurde die Umweltproduktdeklaration (EPD) von Misapor zugrunde gelegt, für die Schaumglasplatten wurde die EPD von Foamglas verwendet.

Kreislaufpotenziale

Die erdberührte Außenwand hätte erhebliches Optimierungspotenzial ggü. der ursprünglichen Planung geboten. In der ersten Grafik ist ablesbar, dass so gut wie keine erneuerbaren Rohstoffe oder Sekundärmaterialien eingesetzt werden (bis auf Recyclingstahl für die Bewehrung). Die optimierte Variante weist dagegen ein Loop-Potenzial Pre-Use von 16,4% auf, bedingt durch den Einsatz von rezyklierter Gesteinskörnung.

Die Verwendung von Hüttensand fließt nicht mit in das Kreislaufpotenzial ein, da es sich hierbei um ein Nebenprodukt und nicht um einen Sekundärrohstoff handelt. Das Produkt Hüttensand durchläuft in diesem Sinn bei der Erstverwendung noch keinen zweiten Lebenszyklus.

Betrachtet man das Post-Use Kreislaufpotenzial der erdberührten Außenwand, so ist die Wahrscheinlichkeit bei der ursprünglich geplanten Variante hoch, dass die Konstruktion auf der Deponie entsorgt werden muss. Dies ist auf die Verunreinigungen mit Bitumendickbeschichtung zurückzuführen, die auf der vertikalen Wand nur äußerst schwer oder nicht zu wirtschaftlichen Bedingungen abgefräst werden kann.

Wird die Konstruktion jedoch als WU-Beton-Außenwand hergestellt, so kann der Kreislauf post-use zumindest annähernd geschlossen werden, auch wenn nach dem Rückbau nur ein Teil der Gesteinskörnung in neuem Beton damit ersetzt werden kann.

Insgesamt hätte mit der optimierten Variante das Loop-Potenzial von 9,8% auf 115,1% gesteigert werden können, wenn genügend rezyklierte Gesteinskörnung zur Verfügung gestanden hätte. Da dies nicht der Fall war, weist die umgesetzte Konstruktion ein Loop-Potenzial von 107,4% aus.

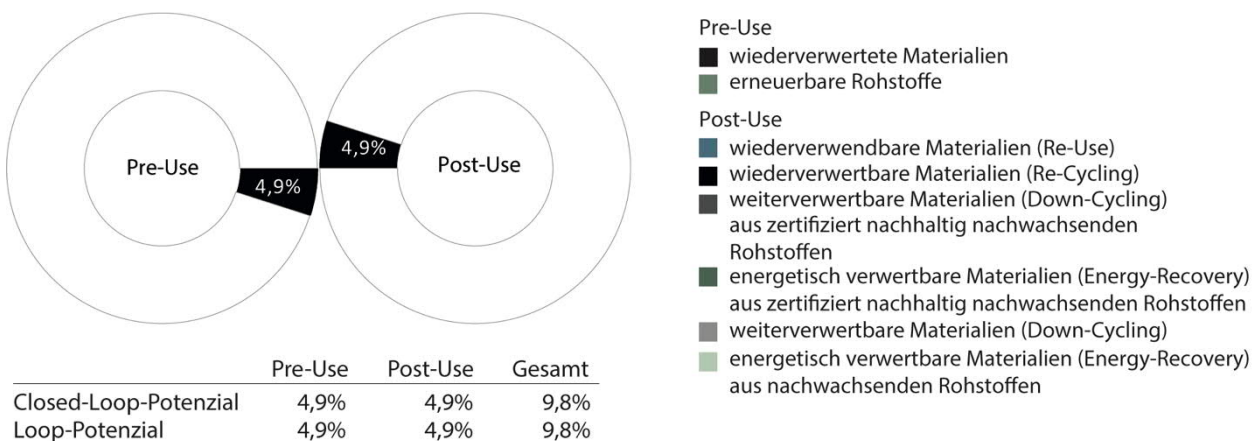


Abb. 66: Kreislaufpotenziale der erdberührten Außenwand_ursprüngliche Planung

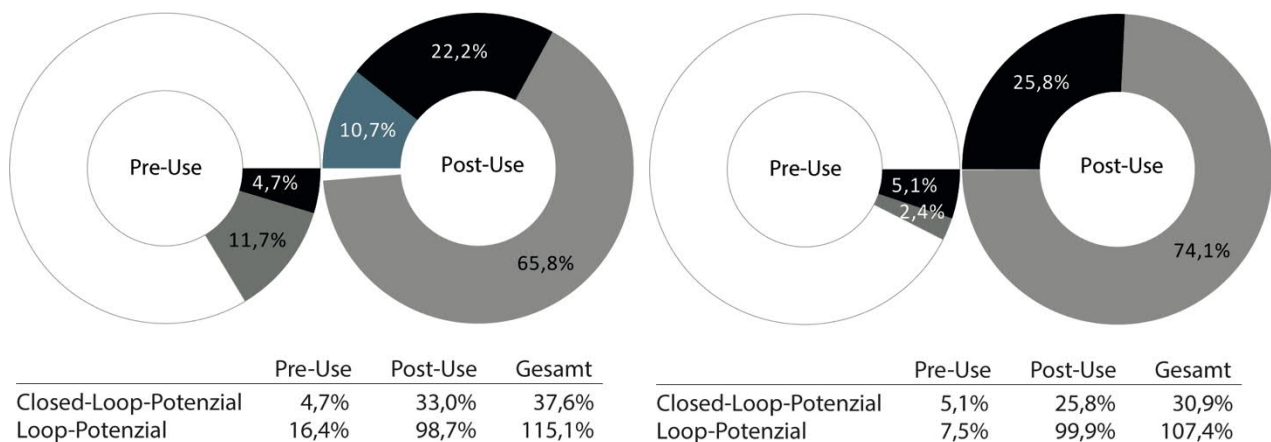


Abb. 67: Kreislaufpotenziale der erdberührten Außenwand_optimierte Planung

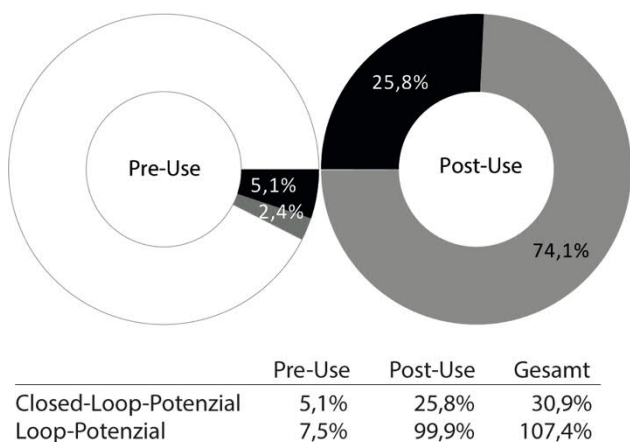


Abb. 68: Kreislaufpotenziale der erdberührten Außenwand_umgesetzte Konstruktion

8.4.3 Decke

Ursprüngliche Planung

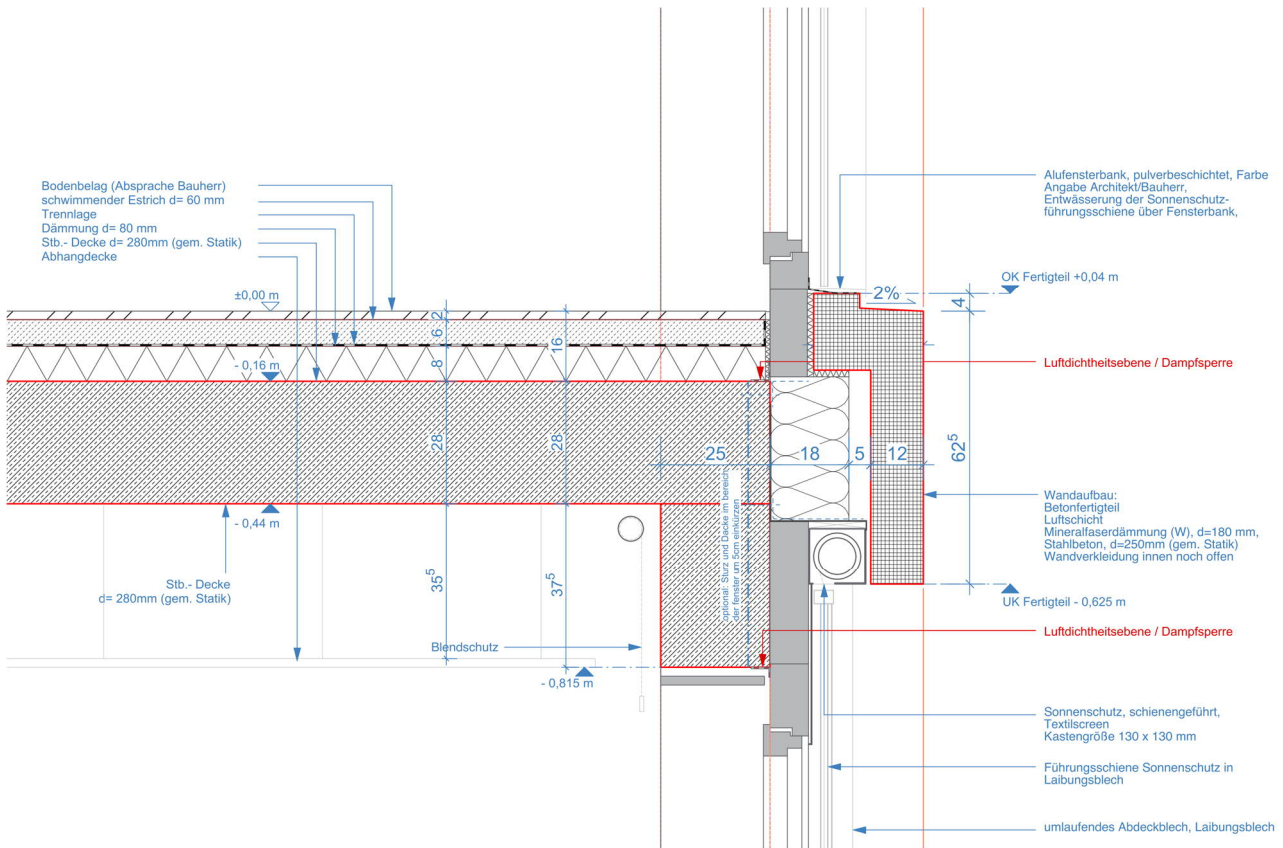


Abb. 69: Leitdetail Geschossdecke/Fassade_ursprüngliche Planung

Bauteilschicht	Material	Verbindungsart	Stärke [mm]	Masse [kg/m ²]	Wertstoff-/Abfallfraktion
Bodenbelag	Linoleum	vollflächig verklebt	3	3,0	Kunststoff, energ. Verw
Estrich	Zementestrich	schwimmend	77	115,5	Bauschutt, ger. verschm.
Trennlage	PE-Folie	lose verlegt		0,2	Kunststoff, energ. Verw
Trittschalldämmung	EPS	lose verlegt	80	2,1	Kunststoff, energ. Verw
Stahlbetondecke C25/30	Gesteinskörnung	vergossen	280	560,1	Beton
	Zement CEM II 42,5 N			81,7	
	Wasser			49,0	
	Betonstahl			41,9		Stahl/Scherenschrott
Abhangendecke	Heiz-/Kühlsegel, verzinktes Stahlblech	verschraubt	2	5,0	Stahl/Scherenschrott
	Akustikauflage, Glaswolle	lose verlegt	50	0,3	Deponierung
Gesamtmasse				858,8	

Optimierte Planung

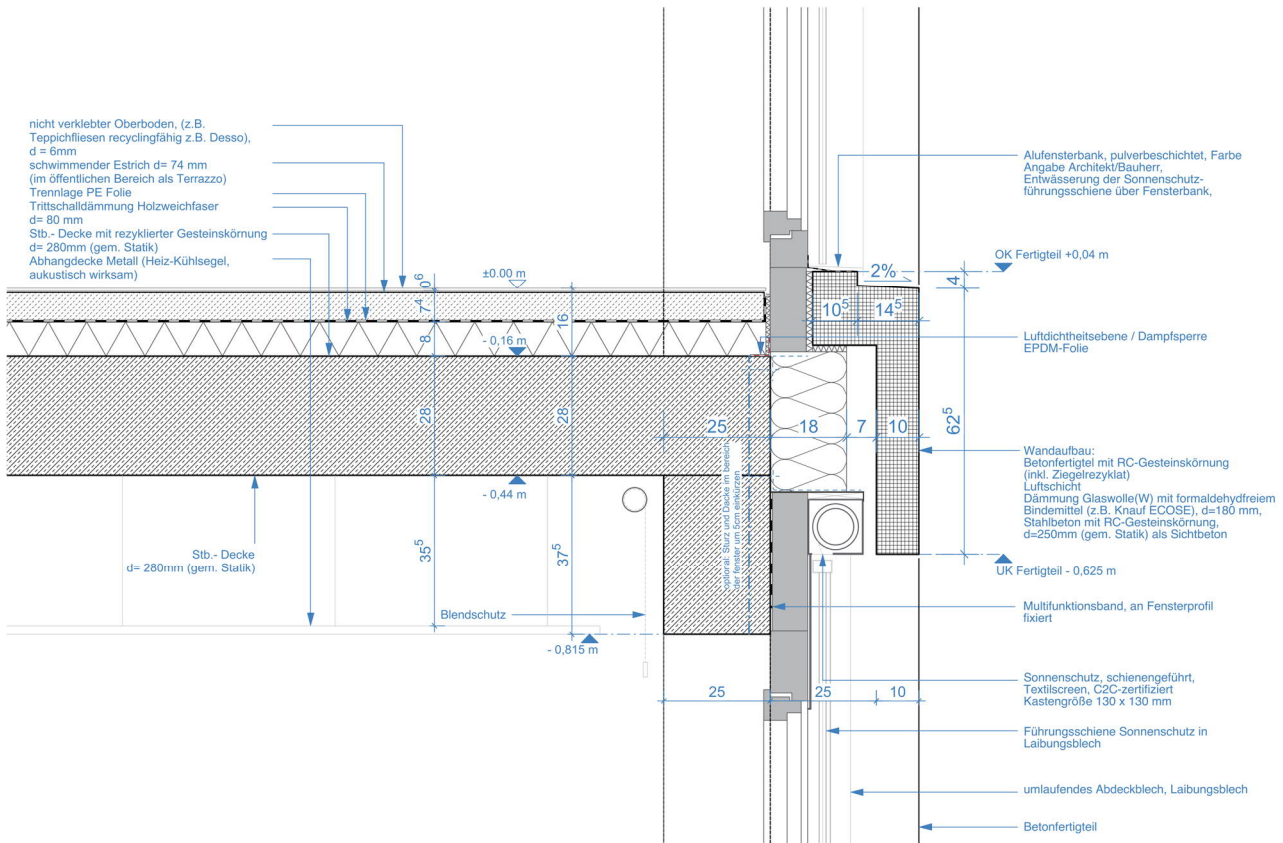


Abb. 70: Leitdetail Geschosdecke/Fassade_optimierte Planung

Bauteilschicht	Material	Verbindungsart	Stärke [mm]	Masse [kg/m ²]	Wertstoff-/Abfallfraktion
Bodenbelag	Teppichfliesen	lose verlegt/fixiert	6	7,0	Herstellerrücknahme
Estrich	Zementestrich	schwimmend	78	117,0	Beton
Trennlage	Graupappe	lose verlegt		0,2	Holz A2, energ. Verwertung
Trittschalldämmung	Holzfaserdämmplatte, ligningebunden	lose verlegt	80	12,8	Holz A2
Stahlbetondecke C25/30	Gesteinskörnung mit RC-Anteil	vergossen	280	560,1	Beton
	Zement CEM II 42,5 N			81,7	
	Wasser			49,0	
	Betonstahl			41,9	Stahl/Scherenschrott
Abhängecke	Heiz-/Kühlsegel, verzinktes Stahlblech	verschraubt	2	5,0	Stahl/Scherenschrott
	Akustikauflage, Glaswolle	lose verlegt	50	0,3	Deponierung
Gesamtmasse				875,0	

Die Decken wurden als Stahlbetondecken mit schwimmendem Estrich und abgehängten Heiz-/Kühlsegel geplant. Während in den öffentlichen Bereichen des Rathauses der Estrich als Terrazzo geplant war, sollten die internen Bürobereiche mit einem Linoleumboden ausgestattet werden.

Für die Trittschalldämmung war expandiertes Polystyrol geplant.

Optimierungspotenzial wird im Bodenbelag für die Bürobereiche gesehen. Während der Terrazzobelag zwar nicht wieder- aber immerhin weiterverwertet werden kann (ein Gussasphaltestrich wäre hier zu bevorzugen), wird die Verklebung von Linoleum auf dem Estrich zu einer eingeschränkten Recyclingfähigkeit des Estrichs führen, weil die Kleberreste entfernt werden müssen.

Für die Bürobereiche wurden deshalb reversible, nur durch Schwerkraft liegende Teppichfliesen empfohlen. Es gibt mittlerweile Hersteller, die die ausgedienten Teppichfliesen nach dem Ausbau zurücknehmen, um daraus neue Teppichböden herzustellen. Die Anlagentechnik ist vorhanden. Das Teppichgarn wird bereits heute aus 100% recycelter Polyamidfaser hergestellt.

Weiterhin liegt Optimierungspotenzial in der Trittschalldämmung. Statt der EPS-Dämmung aus dem fossilen Rohstoff Erdöl sollte unterhalb des Estrichs eine Dämmung aus Holzweichfaserplatten eingesetzt werden. Letztere bieten den Vorteil, dass sie aus erneuerbaren Rohstoffen hergestellt werden. Rein Lignin-gebundene Platten, die auf dem Markt bis zu einer Stärke von 40mm erhältlich sind und doppelt verlegt werden müssen, kommen sogar ohne künstliche Bindemittel aus und könnten somit sogar kompostiert werden.

Umgesetzte Konstruktion

Bauteilschicht	Material	Verbindungsart	Stärke [mm]	Masse [kg/m ²]	Wertstoff-/Abfallfraktion
Bodenbelag	Linoleum	Verklebt	3	3,0	energetische Verwertung erneuerbarer Rohstoffe
Estrich	Zementestrich	schwimmend	65	97,5	Beton
Trennlage	PE-Folie	lose verlegt		0,2	energetische Verwertung fossiler Rohstoffe
Trittschalldämmung	EPS	lose verlegt	90	2,3	Herstellerrücknahme
Stahlbetondecke C25/30	Gesteinskörnung mit RC-Anteil	vergossen	280	504,8	Beton
	Zement CEM II 42,5 N			93,8	
	Wasser			39,2	
	Betonstahl			41,9		Stahl/Scherenschrott
Abhangdecke	Heiz-/Kühlsegel, verzinktes Stahlblech	verschraubt	2	5,0	Stahl/Scherenschrott
	Akustikauflage, Glaswolle	lose verlegt	50	0,3	Deponierung
Gesamtmasse				788,1	

Auch die Decken wurden in der Ausführungsplanung noch einmal angepasst. Da ein Teppichboden aus hygienischen Gründen vom Bauherrn nicht gewollt war, ist in den Büroflächen Linoleumboden geplant worden. Dieser musste verklebt werden, um die Anforderungen an die Stuhlrolleneignung zu erfüllen.

Statt der vorgeschlagenen Trittschalldämmung aus Holzweichfaser war zunächst eine Mineralwolldämmung geplant. Während der Corona-Pandemie kam es jedoch zu massiven Lieferproblemen bei Mineralwolle, weshalb letztendlich EPS-Dämmung eingebaut wurde.

R-Beton konnte aufgrund der geringen Mengen nicht in allen Decken eingesetzt werden. So sind ca. 2.400m² Deckenfläche aus R-Beton und 2.300 m² aus konventionellem Beton hergestellt worden.

Entsorgungskosten/Verwertungserlöse

Im nachfolgenden grafischen Vergleich der Entsorgungskosten und Verwertungserlöse ist erkennbar, dass sich das Optimierungspotenzial auch im Wert der potenziellen Abfälle niederschlägt.

Dies resultiert hauptsächlich daraus, dass der Estrich im Falle der Verklebung teuer als verschmutzter Bauschutt entsorgt werden müsste, während er im Falle des sortenreinen Rückbaus bei der Optimierungsvariante als Betonbruch verwertet werden kann.

Der vorgeschlagene Teppich würde bei Um- und Rückbauten keine Entsorgungskosten verursachen, da er vom Hersteller zurückgenommen würde. Es kann auch davon ausgegangen werden, dass keine großen Transportkosten zum Hersteller anfallen, da ein Logistikkonzept zur Rückführung im Aufbau ist.

Da die optimierte Version nicht umgesetzt werden konnte, entsprechen die Entsorgungskosten denen der ursprünglichen Planung.

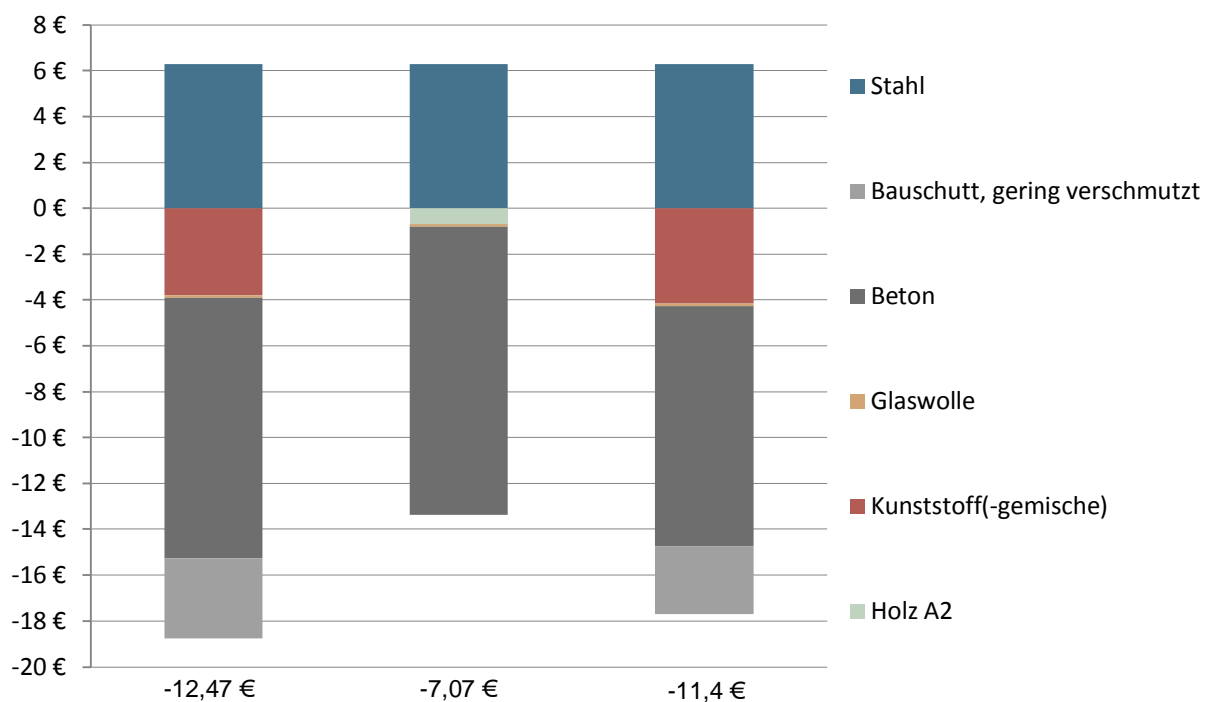


Abb. 71: Entsorgungskosten und Verwertungserlöse der Decken-Varianten

Treibhauspotenzial

In der Herstellungsphase würde sich die Optimierung der Trittschalldämmung mit einem negativen Treibhauspotenzial bemerkbar machen. Holzweichfaserdämmung speichert Kohlenstoff, der während der Wachstumsphase des Baums durch Photosynthese gebunden wurde.

Der Linoleumboden wird in der Ökobilanz rechnerisch dreifach gezählt, da er während des angenommenen Lebenszyklus von 50 Jahren zweimal ersetzt werden muss (durchschnittliche Nutzungsdauer 20 Jahre).

Die Teppichfliesen haben zwar nur eine rechnerische Nutzungsdauer von 10 Jahren und gehen damit vierfach in die Ökobilanz ein, aufgrund der nachgewiesenen und praktizierten Recyclingfähigkeit ist jedoch keine energetische Verwertung notwendig. Deshalb werden bei der Optimierungsvariante in Modul C kaum Treibhausgase emittiert, wohl aber Gutschriften für das stoffliche Recycling in den nächsten Lebenszyklus exportiert (Modul D).

Die umgesetzte Konstruktion der Decken weist über den Lebenszyklus (inkl. Modul D) ca. 3% mehr Treibhausgasemissionen auf als die ursprüngliche, konventionelle Planung. Dies liegt jedoch daran, dass in der Planungsphase eine falsche Zementmenge angenommen wurde.

kg CO₂-Äquiv./m²

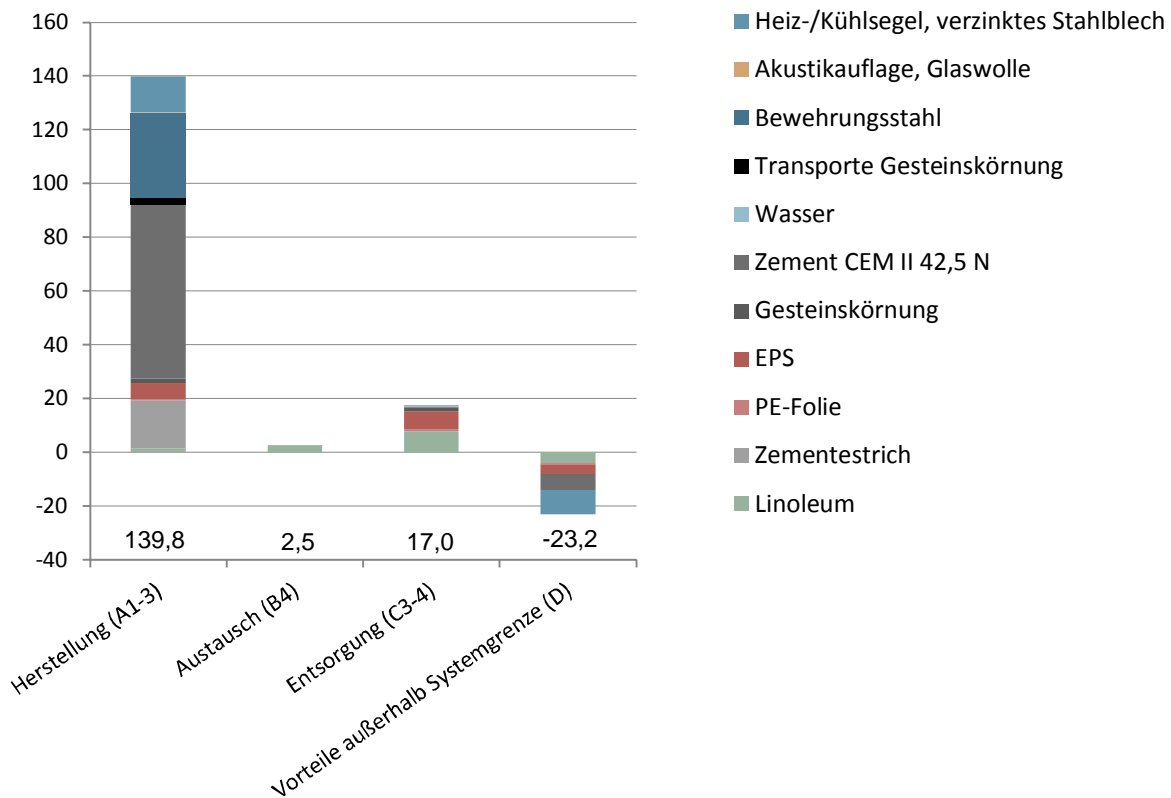


Abb. 72: Treibhauspotenziale der Decke_ursprüngliche Planung

kg CO₂-Äquiv./m²

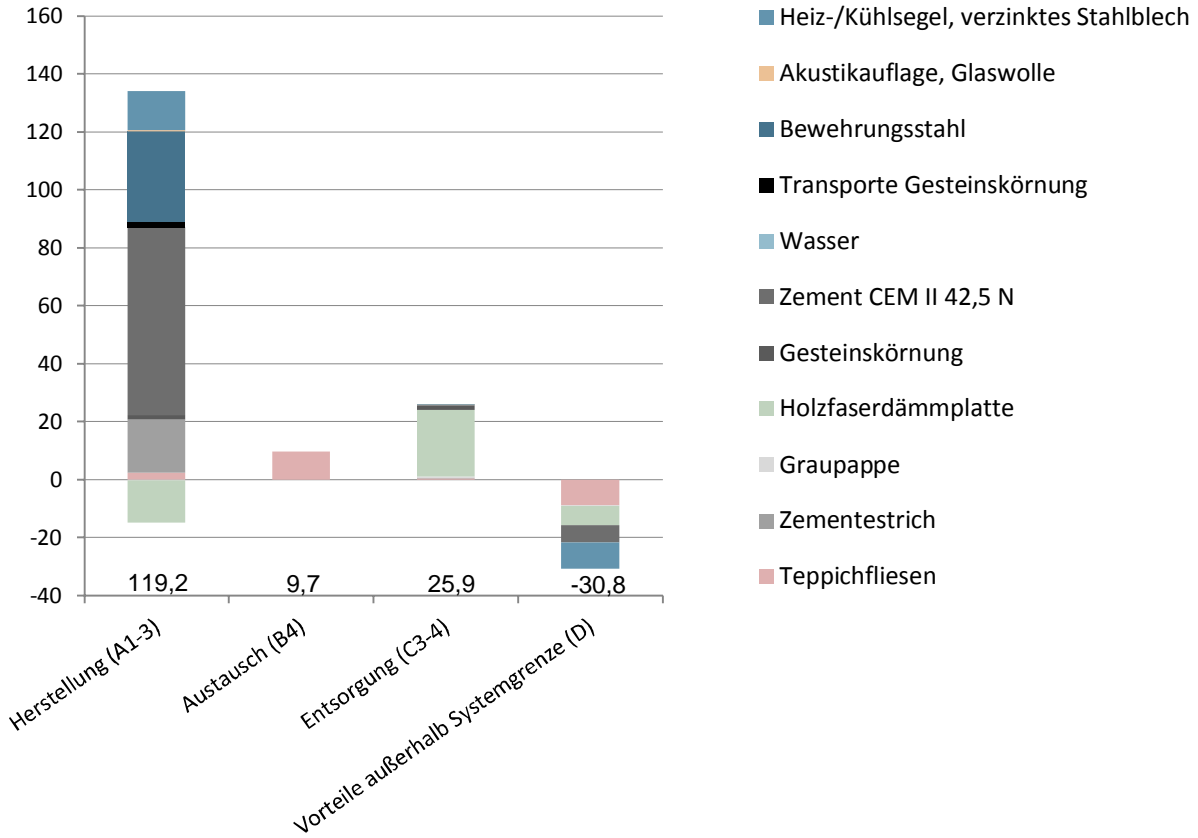


Abb. 73: Treibhauspotenziale der Decke_optimierte Planung

kg CO₂-Äquiv./m²

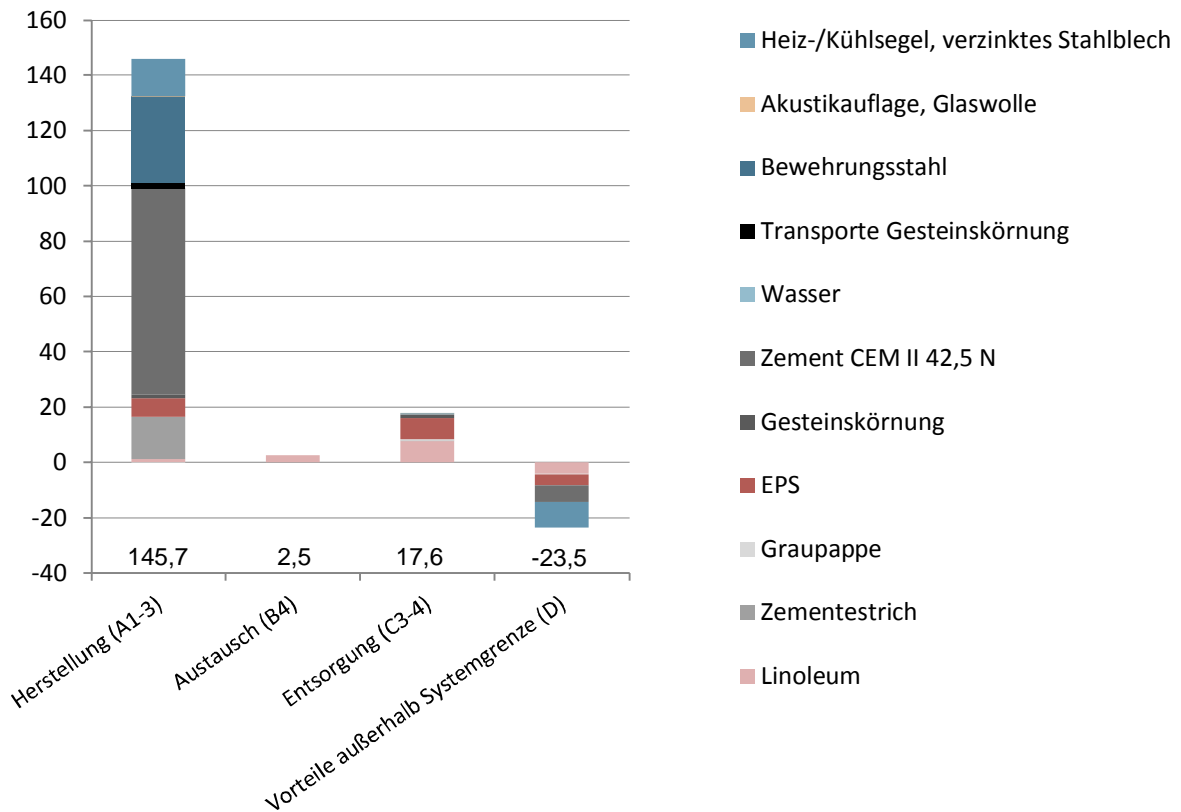


Abb. 74: Treibhauspotenziale der Decke_umgesetzte Konstruktion

Kreislaufpotenzial

Hinsichtlich des Kreislaufpotenzials macht sich bei einem Vergleich der Konstruktionsvarianten hauptsächlich wieder der Einsatz von rezyklierter Gesteinskörnung als Sekundärrohstoff bemerkbar. Diese wird im Pre-Use-Anteil der optimierten Variante ausgewiesen. Ebenfalls fließen die rezyklierten Polyamidfasern und die nachwachsenden Rohstoffe aus den Holzweichfaserplatten in das Pre-Use-Potenzial ein.

In der Post-Use Phase verbessert die Möglichkeit der hochwertigen Wiederverwertung des Estrichs und die Recyclingfähigkeit des Teppichbodens das Kreislaufpotenzial, während die Holzweichfaserdämmung zwar stofflich verwertet werden kann, aber mit jedem Lebenszyklus an Faserqualität einbüßt (Downcycling). Sie wird praktisch in einer Nutzungskaskade geführt, durchläuft mehrere stoffliche Nutzungsphasen, bis sie am Ende nur noch energetisch verwertet werden kann.

Insgesamt wird das Post-Use Kreislaufpotenzial der Decke bestimmt von den Möglichkeiten der Weiterverwertung des massehaltigen Betons (Downcycling)

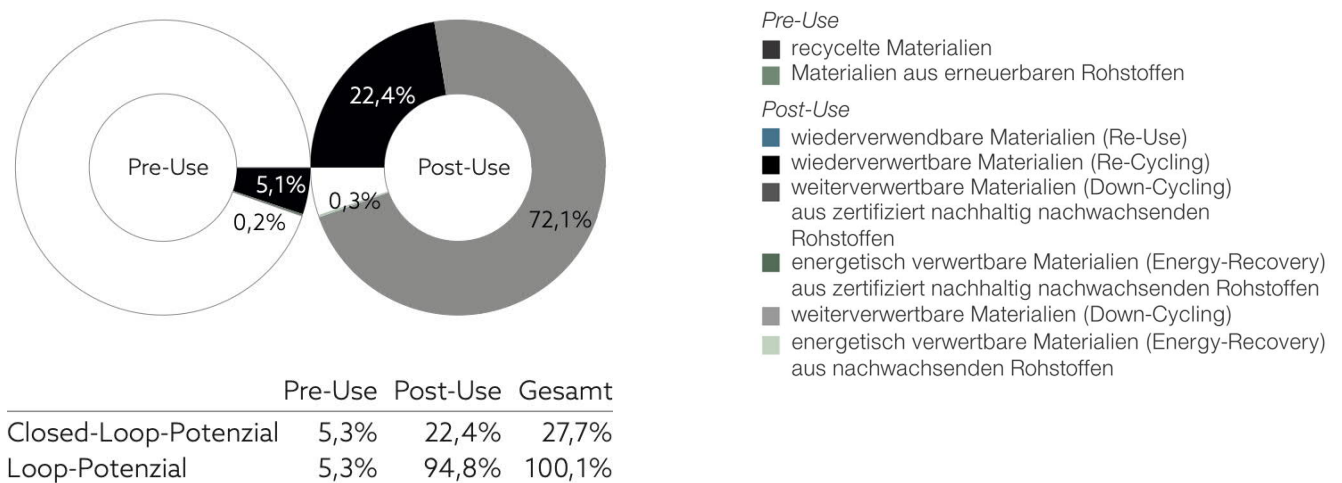


Abb. 75: Kreislaufpotenzial der Decke_ursprüngliche Planung

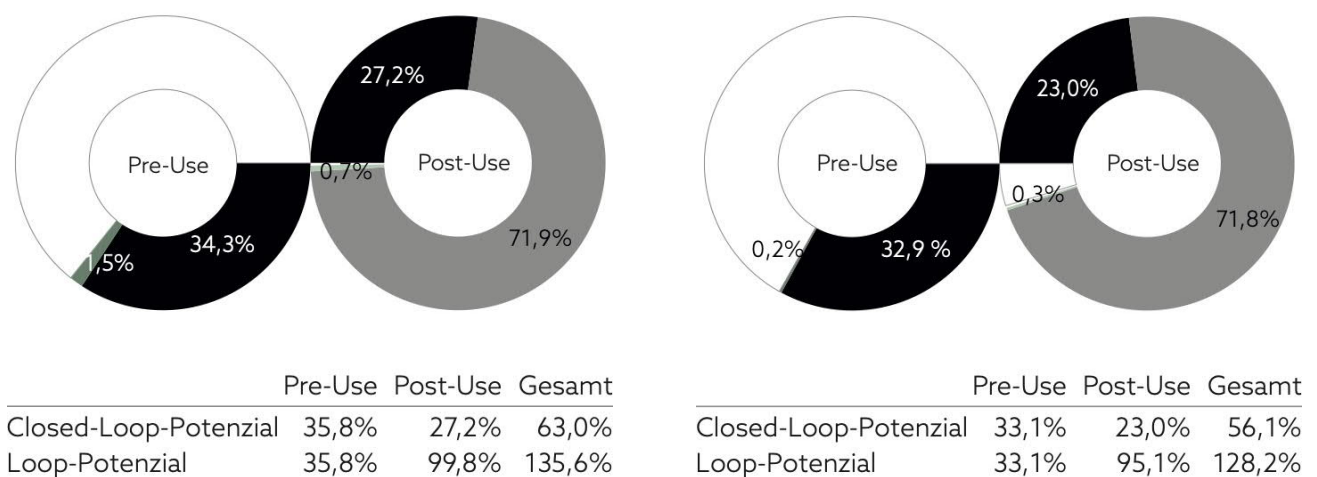


Abb. 77: Kreislaufpotenziale der Decke_optimierte Planung

Abb. 76: Kreislaufpotenziale der Decke umgesetzte Konstruktion

8.4.4 Außenwand

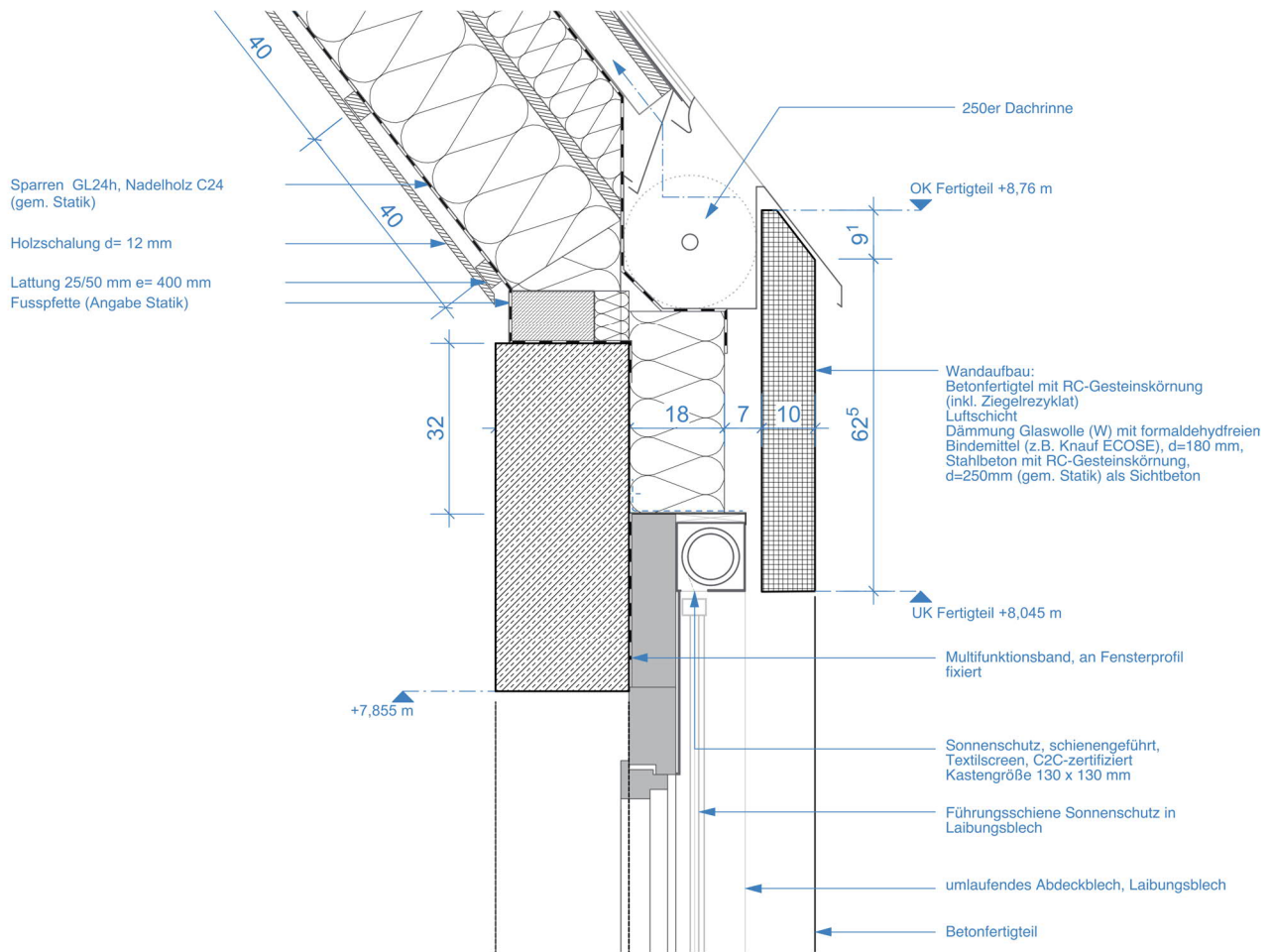


Abb. 78: Leitdetail Fassade/Traufanschluss

Bauteilschicht	Material	Verbindungsart	Stärke [mm]	Masse [kg/m ²]	Wertstoff-/Abfallfraktion
Stahlbeton C25/30	Kies/Sand	vergossen	250	463,2	Beton
	Zement CEM II 42,5 N			73,0	
	Wasser			43,8	
	Betonstahl			33,1	Stahl/Scherenschrott
Dämmung	Glaswolle	verdübelt	180	3,6	Deponierung
Betonfertigteil C30/37	Gesteinskörnung mit 25% RC-Anteil Typ 1	vergossen	100-150	197,7	
	Zement CEM I 42,5 R			36,4	
	Wasser			19,0	
	Betonstahl			13,6	Deponierung
	Fassadenplattenanker	verdübelt		0,7	Stahl/Scherenschrott
Gesamtmasse				886,7	

Konstruktion und Wertstoffe

Die Außenwand wird als tragende Stahlbetonskelettkonstruktion ausgeführt. Für die Fassadenbekleidung wurden Betonfertigteile mit 25% rezyklierter Gesteinskörnung Typ 1 hergestellt. Der RC-Gesteinskörnung wurden Ziegelsplittanteile aus den verwerteten Tondachziegeln der „Stadtwache“ zugesetzt. Die Fertigteile wurden im Werk gestrahlt, so dass die Rezyklate sichtbar werden (s. Abb. 17 auf Seite 24). Auf diese Weise wird das Urban Mining Konzept außen ablesbar.

Weiteres Optimierungspotenzial bietet die Außenwand nicht, deshalb wird hier keine Alternative aufgezeigt. Die Dämmebene musste aufgrund der Anforderungen des Brandschutzes aus nicht brennbaren Baustoffen hergestellt werden, weshalb der Einsatz von natürlichen Dämmstoffen, z.B. Holzfasern oder andere biologische Fasern, nicht möglich war. Deshalb wurde Glaswolle zur Dämmung der Fassade gewählt. Diese bietet gegenüber Steinwolle den Vorteil, dass sie zum Großteil aus Altglas besteht.

Die Dämmstoffplatten wurden nicht an der Außenwand verklebt, sondern nur verdübelt, sodass eine leichte Demontage möglich ist.



Abb. 79: Fassaden von Neubau (links) und historischem Rathaus (rechts), Foto: Caspar Sessler

Entsorgungskosten und Verwertungserlöse

Die Entsorgungskosten werden dominiert durch den massehaltigen Beton. Ein Vergleich mit einer Alternative kann hier nicht abgebildet werden. Wenn der Beton nicht durch Verklebungen verunreinigt wird, ist von einer Verwertung als sortenreiner Betonbruch auszugehen.

Die Bewehrung liefert hier – wie in allen Stahlbetonbauteilen – Erlöse am Lebensende durch Verschrottung. Ebenso können die Fassadenplattenanker aus verzinktem Stahl verschrottet werden.

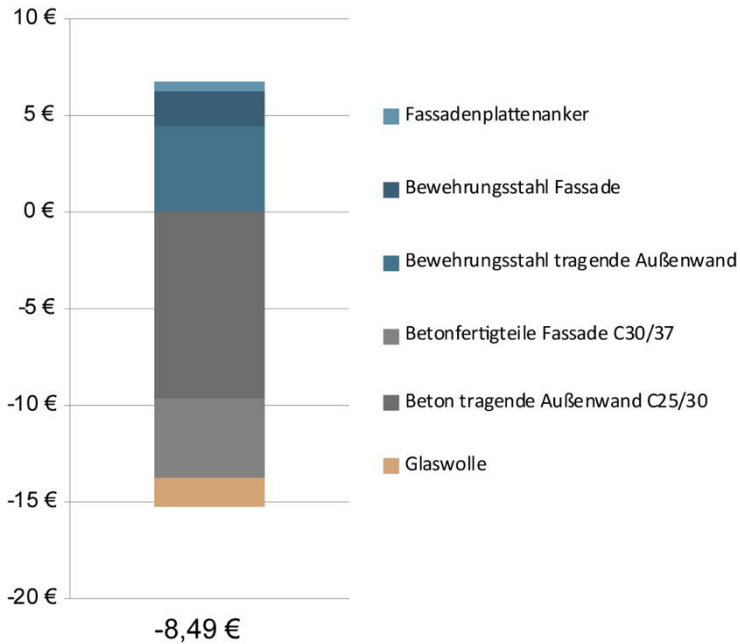


Abb. 80: Entsorgungskosten und Verwertungserlöse_Bauteil Außenwand

Treibhauspotenzial

Bei der Außenwand sind wieder die Zemente und der Stahl im Beton dominierende Faktoren der Klimagasemissionen. Ein Vergleich wurde auch hier nicht aufgestellt, da keine Alternative in Frage kam, z.B. kein anderes Fassadenmaterial aus gestalterischen Gründen gewünscht war.

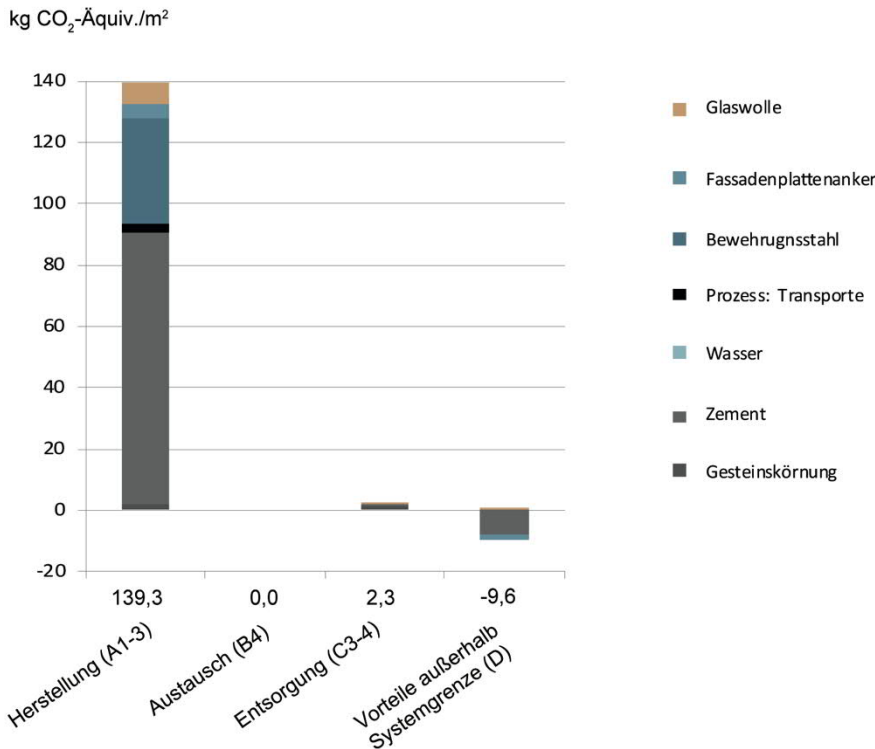


Abb. 81: Treibhauspotenzial des Bauteils Außenwand

Kreislaufpotenzial

Bei der Berechnung des Kreislaufpotenzials wurde berücksichtigt, dass die tragende Betonkonstruktion aus Beton ohne rezyklierte Gesteinskörnung hergestellt wurde, weil nicht genügend Material zur Verfügung stand. Die Betonfertigteilfeassade wurde mit 25% rezyklierte Gesteinskörnung Typ 1 hergestellt. So flossen knapp 42% der Materialien in das Kreislaufpotenzial Pre-Use ein.

Die Betonbauteile können am Lebensende recycelt werden, wobei – wie in den anderen Bauteilen auch – nur ein Anteil der Gesteinskörnung in neuen Betonbauteilen ersetzt werden kann.

So können inkl. der Stahlanteile ca. 25% post-use im geschlossenen Kreislauf geführt werden, während etwas mehr als 73% weiterverwertet werden (Downcycling).

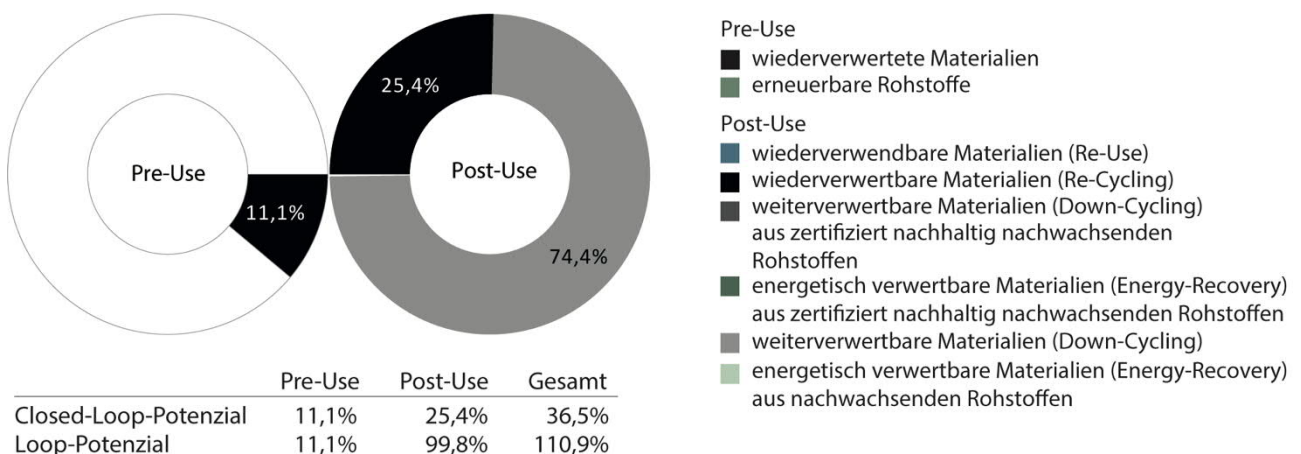


Abb. 82: Kreislaufpotenzial des Bauteils Außenwand

8.4.5 Dach

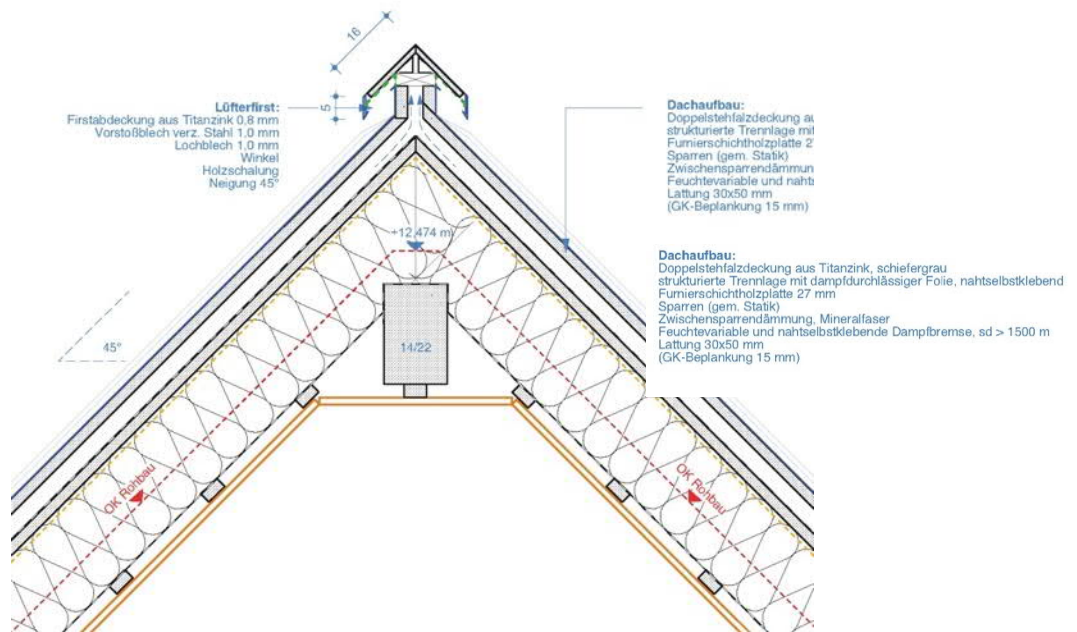


Abb. 83: Leitdetail Dachfirst

Bauteilschicht	Material	Verbindungsart	Stärke [mm]	Masse [kg/m ²]	Wertstoff-/Abfallfraktion
Dachdeckung	Stehfalz-Zinkblech	auf Haften gefalzt	1	5,6	Zinkschrott
	U-konstruktion Massivholz	verschraubt	24	11,6	Altholz A1
	Lattung, Fichte/Tanne	verschraubt	40	2,3	Altholz A1
	Unterspannbahn, PE-HD	stoßüberlappend geklammert		0,1	Kunststoff/Recycling
	Beplankung Massivholz	verschraubt	24	11,6	Altholz A1
Dachtragwerk	KVH	verschraubt	240	8,8	Altholz A1
Dämmung	Steinwolle	verklemt	240	23,0	Herstellerrücknahme
Dampfbremse	Dampfbremse, PE-LD	stoßüberlappend geklammert		0,2	Kunststoff/Recycling
Bekleidung	Lattung, Fichte/Tanne	verschraubt	25	1,8	Altholz A1
	Gipskartonplatten	verschraubt	10	7,9	Gipsrecycling
Bekleidung	Akustik-Paneele mit Lamellen aus MDF mit Buche-HPL	verschraubt	16	2,1	Altholz A2
	Steinwolle	aufgelegt	30	0,2	Herstellerrücknahme
Gesamtmasse				76,4	

Konstruktion und Wertstoffe

Das Dach kann als sogenannte „Closed-Loop-Konstruktion“ bezeichnet werden.

Das Satteldach benötigt keinerlei Verklebungen. Abdichtungen aus Bitumen (wie z.B. bei Flachdächern üblich) werden konstruktiv vermieden – wenn auch hauptsächlich aus gestalterischen Gründen.

Die Deckung aus Stehfalzzinkblech ist nicht nur lange haltbar, sondern kann quasi auch endlos im Kreislauf geführt werden. Durch die Verfalzung mittels Haften entsteht eine homogene Materialverbindung. Das Zinkblech braucht nicht aufwendig abgeschraubt werden, sondern kann am Ende der Nutzungsdauer mit maschineller Hilfe vom Dach „gezogen“ werden. Eine Zerstörung ist irrelevant, da das Material sowieso eingeschmolzen wird.



Abb. 84: Dach mit Zink-Stehfalzdeckung, Foto: Ali Moshiri



Abb. 85: Ratssaal mit Dachtragwerk aus Baubuche, Foto: Caspar Sessler

Die tragende Konstruktion des Sparrendachs aus Konstruktionsvollholz ist ebenfalls ressourcentechnisch optimiert. Während der langen Lebensdauer des Dachtragwerks kann das Holz nachwachsen und erneuert sich so von selbst. Um dies auch zu gewährleisten, wurde zertifiziertes Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft (z.B. mit PEFC oder FSC Zertifikat) ausgeschrieben.

Auf der Innenseite wird das Dach im Bereich des großen Sitzungssaals mit Holz bekleidet, während in den Nebenräumen Gipsplatten zur Bekleidung vorgesehen sind. Gips ist zwar recyclingfähig und es kann auch davon ausgegangen werden, dass im Laufe der nächsten Jahrzehnte die technische Infrastruktur geschaffen wird, aber momentan wird noch ein Großteil der Gipsbaustoffe auf besonderen Deponien entsorgt.

Weitere Optimierungen waren nicht realisierbar. Weil die Dämmung aus nicht brennbaren Baustoffen hergestellt sein muss, wurde Steinwolle verwendet.

Entsorgungskosten und Verwertungserlöse

Das Dach stellt im wahrsten Sinne des Wortes ein Wertstofflager dar. Das Zinkblech wird im Laufe seines langen Lebens kaum an Wert verlieren, vermutlich im Zuge der Ressourcenverknappung sogar noch seinen Wert steigern, so dass am Lebensende für die Dachkonstruktion insgesamt ein Erlös erzielt werden kann.

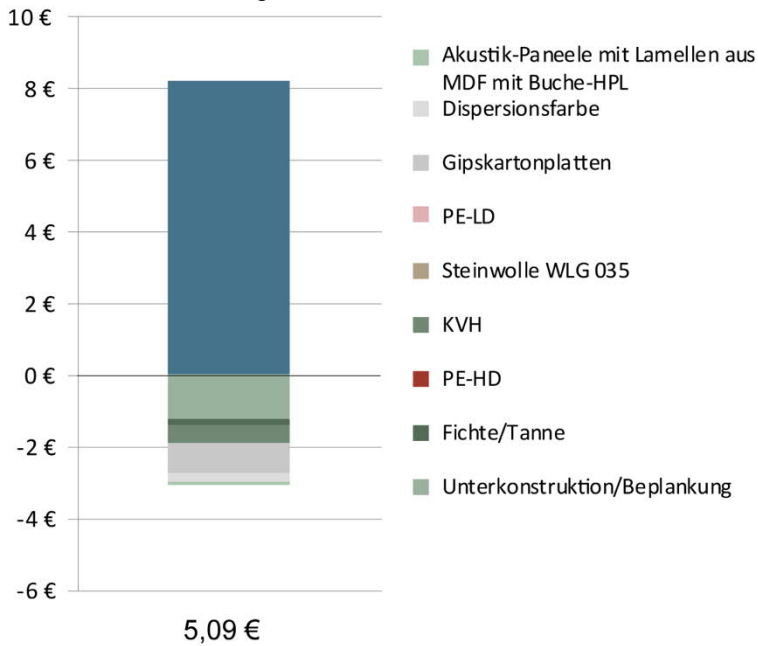


Abb. 86: Entsorgungskosten und Verwertungserlöse des Bauteils Dach

Treibhauspotenzial

In der Grafik zum Treibhauspotenzial ist der deutliche Einfluss der Hölzer und Holzwerkstoffe ablesbar. Sie speichern Kohlenstoff, was in Modul A zu einem „negativen“ Treibhauspotenzial führt. Dieses wird bei der energetischen Verwertung wieder freigesetzt (Modul C), ersetzt dabei aber fossile Rohstoffe, was zu Gutschriften in Modul D führt.

Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die stoffliche Verwertbarkeit von Holz in der Ökobilanz nach den Regeln der Normen bisher nicht richtig berücksichtigt wird. Das Speichern von Kohlenstoff über lange Zeiträume und mehrere Nutzungskaskaden kann nicht abgebildet werden. Deshalb wird am Ende der Nutzungsdauer immer von einer energetischen Verwertung ausgegangen, auch wenn die stoffliche Verwertung im Sinne des Ressourcenschutzes zu bevorzugen wäre und das unbehandelte A1-Holz z.B. beste Voraussetzungen dafür bietet.

Das Zinkblech verursacht in der Herstellung relativ hohe Treibhausgasemissionen (blauer Balken in Modul A). Durch die gute Recyclingfähigkeit können jedoch auch hohe Gutschriften in den nächsten Lebenszyklus exportiert werden (blauer Balken in Modul D).

kg CO₂-Äquiv./m²

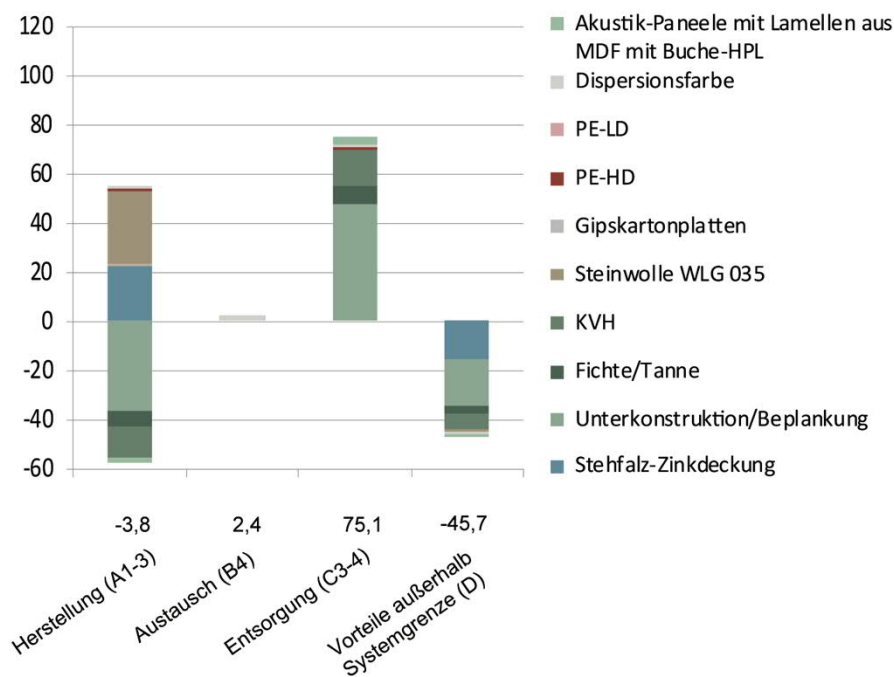


Abb. 87: Treibhauspotenzial des Bauteils Dach

Kreislaufpotenziale

In der nachfolgenden Grafik sind die Kreislaufpotenziale der „Closed-Loop-Dachkonstruktion“ ablesbar: In der Pre-Use Phase werden rund 50% nachgewachsene Rohstoffe (Holzmaterialien) eingesetzt. Die 9,7% sind Sekundärmaterialien im Zinkblech.

In der Post-Use-Phase fließt das Zinkblech vollständig in den Kreislauf ein, genauso wie die Mineralwolle, für die ein Herstellerrücknahmesystem besteht. Die recyclingfähigen Materialien haben damit einen Anteil von 43,3%. 35,7% sind weiterverwertbare Hölzer und Holzwerkstoffe aus zertifiziert nachhaltiger Forstwirtschaft und für 13,2 % der holzbasierten Materialien kann eine energetische Verwertbarkeit angenommen werden, wovon bei 12,7%-Punkten der Kreislauf durch nachhaltige Forstwirtschaft geschlossen wird.

Sowohl das Loop- als auch das Closed-Loop-Potenzial der Dachkonstruktion liegt bei über 150%.

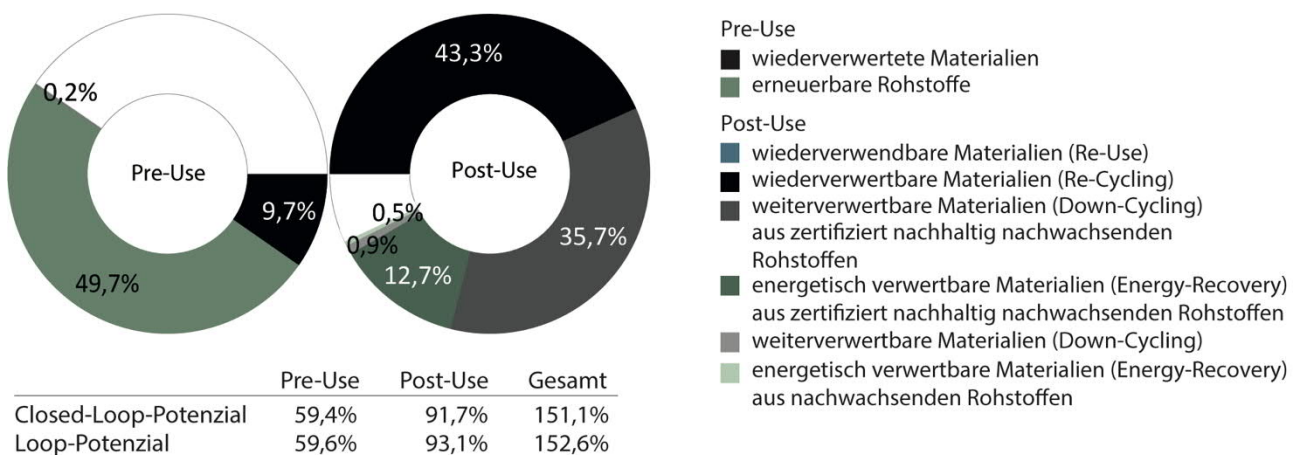


Abb. 88: Kreislaufpotenziale des Bauteils Dach

8.5 Bewertung auf Gebäudeebene – der Urban Mining Indicator

Der Urban Mining Indicator ist der gewichtete Maßstab auf Gebäudeebene. Er beziffert die Zirkularitätsrate des Bauwerks über den gesamten Lebenszyklus unter Berücksichtigung der definierten Kriterien.

Um den Qualitätsverlust der in offenen Kreisläufen geführten Materialien abzubilden, geht deren Anteil nur zur Hälfte in den Urban Mining Indicator ein. Hierzu wird die Differenz zwischen Closed-Loop- und Loop-Potenzial gebildet (= Anteil der in offenen Kreisläufen geführten Materialien) und mit dem Faktor 0,5 gewichtet. Die Materialien, die dagegen in geschlossenen Kreisläufen geführt werden können, gehen voll in die Bewertung ein. Außerdem werden die Pre-Use- und die Post-Use-Phase zu einer Gesamtbewertung zusammengeführt und jeweils zu gleichen Teilen gewichtet (Abb. 89 bis).

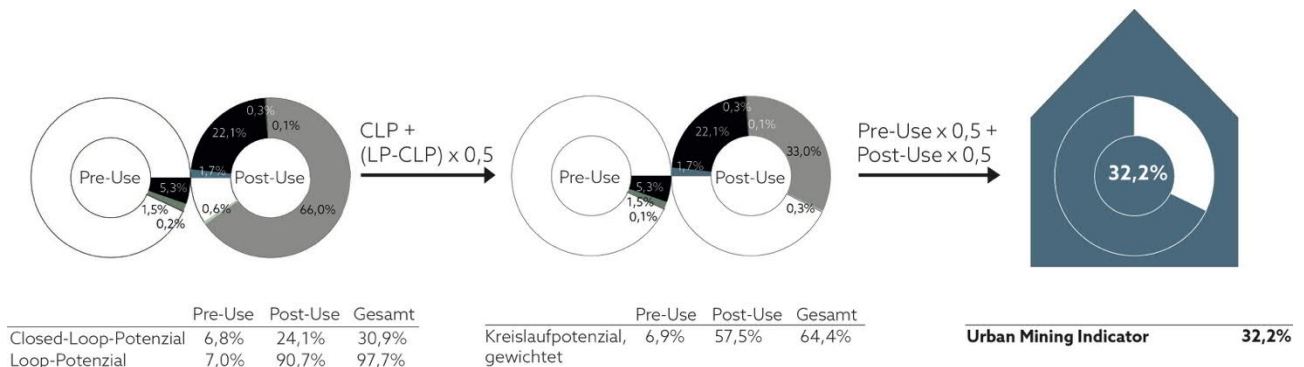


Abb. 89: Gewichtung der Kreislaufpotenziale auf Gebäudeebene für die ursprüngliche Variante

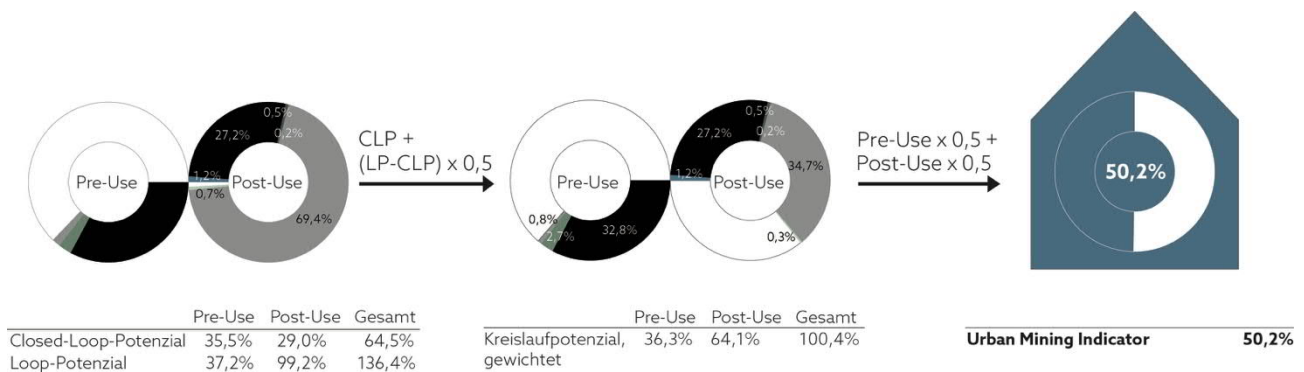


Abb. 90: Gewichtung der Kreislaufpotenziale auf Gebäudeebene für die optimierte Variante

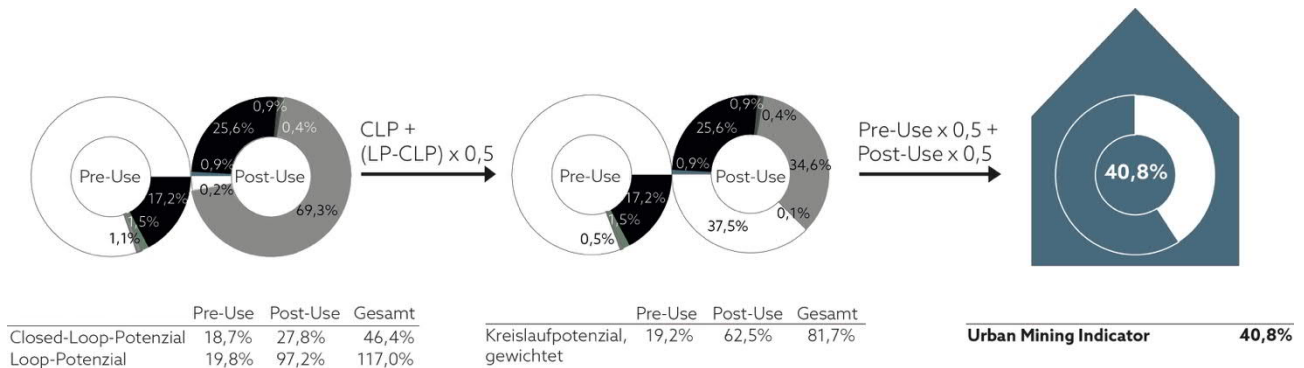


Abb. 91: Gewichtung der Kreislaufpotenziale auf Gebäudeebene für die umgesetzte Konstruktion

Für das Modellprojekt Rathaus Korbach wurde für die konventionelle Variante ein Urban Mining Indicator von rund 32% prognostiziert. Für die optimierte Variante wurde ein Ergebnis von 50 % berechnet.

Das finale Ergebnis liegt mit 41% dazwischen. Die geplanten 50 % konnten nicht erreicht werden. Dies liegt vor allem daran, dass nur halb soviel R-Beton hergestellt werden konnte, wie geplant war. Die Änderung der Dämmstoffe fiel dagegen nur geringfügig ins Gewicht. Da der Urban Mining Indicator massengewichtet ist, schlagen die schweren mineralischen Baustoffe (auch die Rezyklate) besonders zu Buche. Eine Optimierung des Ergebnisses wäre möglich gewesen durch Verwendung von Abbruchmaterialien aus fremden Baustoffen. Dies war jedoch seitens der Bauherrschaft nicht gewünscht, da in dem Modellprojekt aufgezeigt werden sollte, inwieweit an ein und demselben Objekt der Kreislauf geschlossen werden kann.

9 Kosten

In der Vorplanung wurde eine Wirtschaftlichkeitsberechnung erstellt, mit der Mehrkosten für die Umsetzung des Urban Mining Konzepts prognostiziert wurden. Nach Durchführung der Baumaßnahme wird nun analysiert, welchen Einfluss das ressourcenschonende Bauen auf die Kosten hat. Hierzu werden die Daten aus dem Budget (Kostenberechnung inkl. Planungsänderungen) den Daten aus der Kostenfeststellung bzw. der Kostenprognose gegenübergestellt. Da das Rathausprojekt zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Gutachtens noch nicht fertig gestellt ist und die finale Kostenfeststellung deshalb noch nicht vorliegt, wird für den Rückbau die Kostenverfolgung der Stadt Korbach vom 26.11.2021 und für den Neubau die Kostenverfolgung der ARGE agn – heimspiel architekten vom 08.11.2021 zugrunde gelegt. Die Kostenprognose basiert auf den bereits vorliegenden Rechnungen und den beauftragten, aber noch nicht abgerechneten Leistungen. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Kostenentwicklung des Rückbaus und der Baukonstruktion für den Neubau (Kostengruppe 300 nach DIN 276)³¹. Sie enthält außerdem Hinweise auf die Ursache von Mehrkosten für die Umsetzung des ressourcenschonenden Bauens, die im Folgenden erläutert werden.

³¹ Die Kosten für Grundstück (KGR 100), Herrichten und Erschließen (KGR 200) technische Ausrüstung (KGR 400), Außenanlagen (KGR 500), Ausstattung (KGR 600) und Nebenkosten (KGR 700) werden hier nicht näher betrachtet, da in diesen Bereichen keine Optimierungen hinsichtlich des ressourcenschonenden Bauens durchgeführt wurden.

Rathaus Korbach – Analyse der Kosten für Rückbau und Neubau in Bezug auf das Urban Mining

Gewerk	Budget	Abrechnung in %	Kosten prognose	Abweichung absolut	Abweichung in %	Mehrkosten ressourcen- schonendes Bauen
Rückbau						
Rückbau	950.000		737.820	-212.180	-22%	
NU Funke			344.937	344.937		
NU Groß			20.715	20.715		
Summe	950.000		1.103.472	153.472	16%	
Neubau Baukonstruktion (KGR 300)						
Abbruch	37.812	0	37.812	0		
Rohbau inkl. Fassade	4.172.198	98%	5.158.020	985.822	24%	R-Beton Rohbau 16.270 R-Beton Fassade 14.050 Schaumglasplatten (Fassade) 40.169 289.700)
Zimmerer	156.220	70%	1.415.187	1.258.967	806%	
Dachdecker	635.533	82%	1.100.874	465.342	73%	
Metallbau I, Fenster u. Fassaden	1.549.689	69%	1.892.637	342.948	22%	
Metallbau II, Türen u. Tore	670.842	0%	159.530	-511.312	-76%	
Trockenbau	686.537	59%	877.536	190.999	28%	
WC-Trennwände	34.403	0%	34.403	0	0%	
Putz	74.649	0%	74.649	0	0%	
Estrich	320.511	87%	168.232	-152.279	-48%	
Bodenbeläge	551.251	0%	46.111	-505.141	-92%	
Fliesen	53.363	0%	28.022	-25.341	-47%	
Naturstein	0	0%	267.230	267.230		
Innentüren/-zargen	163.923	0%	1.072.458	908.535	554%	
Schlosser	153.376	0%	323.297	169.921	111%	
Maler	579.027	11%	403.451	-175.576	-30%	
Schließanlage	10.282	0%	10.282	0	0%	
Tischler	149.940	0%	149.940	0	0%	
Gebäudereinigung	70.271	0%	70.271	0	0%	
Klempner	0	87%	20.440	20.440		
Raumgerüst	0	91%	130.859	130.859		
Tischler, Decke/Saal	0	0%	128.838	128.838		
Kleinaufträge	0	110%	214.972	214.972		
Beschilderung	53.978	0%	53.978	0	0%	
Summen	10.123.805	72%	13.839.029	3.715.224	37%	70.489
						inkl. Fassade 360.189
Anteil ressourcenschonendes Bauen an den Kosten für die Baukonstruktion (KGR 300), ohne Fassade						0,5%
Anteil ressourcenschonendes Bauen an den Kosten für die Baukonstruktion (KGR 300), inkl. Fassade						2,6%
Gesamtkosten Neubau						
KGR 100-500 u. 700	18.941.606	55%	24.662.048	5.720.442	30%	
Anteil ressourcenschonendes Bauen an den Gesamtkosten, ohne Fassade						0,3%
Anteil ressourcenschonendes Bauen an den Gesamtkosten, inkl. Fassade						1,5%

Analyse der Kosten für den Rückbau

Die Kosten für den Rückbau und die Verwertung sind gegenüber der Planung um 16% gestiegen. Die Ursache liegt jedoch nicht im Urban Mining begründet. Die Mehrkosten resultieren vorwiegend aus Mengengeräten, die nicht vorhersehbar waren, wie sehr tiefe Fundamente (bis zu 2m) sowie anderen Leistungen, z.B. Unterfangung historisches Rathaus und Baugrubenverbau.

Die Verwertung der mineralischen Abbruchmaterialien wurde aus dem Auftrag des Rückbauunternehmers herausgenommen und aus vertragsrechtlichen Gründen von der Stadt Korbach beim Recyclingbetrieb (Nachunternehmer Funke) beauftragt. Mehrkosten, die beim Recyclingbetrieb aufgrund höherer Preise angefallen sind, wurden dem Rückbauunternehmer in Rechnung gestellt.

Im Endeffekt sind der Stadt Korbach durch das Urban Mining keine Mehrkosten entstanden. In der Wirtschaftlichkeitsberechnung aus der Vorplanung (s. Kapitel 5.3) wurden für den Transport und die konventionelle Verwertung von 5.045 t. mineralischer Abbruchmaterialien 85.771 € angesetzt. Der beauftragte Rückbauunternehmer hat sogar die hochwertige Verwertung zu rezyklierter Gesteinskörnung für Beton inkl. Transport und Zwischenlagerung unter dem zuvor genannten Preis für die konventionelle Verwertung angeboten, nämlich für 32.779 € (umgerechnet auf 5.045 t.). Im Grunde hat sich der Rückbauunternehmer hier verkalkuliert, was der Stadt Korbach zugutekam.

Abb. 92 zeigt einen Auszug aus dem Preisspiegel der vier Bieter für den Rückbau. Der Preisspiegel zeigt die großen Differenzen der Bieter für den Transport und die Verwertung des Betons zu rezyklierter Gesteinskörnung sowie für das Vorhalten (Zwischenlagerung).

		Bieter 1		Bieter 2		Bieter 3		Bieter 4	
02.08 Transport und Verwertung			79.568,50		85.248,50		105.881,58		403.905,03
			100 %		107 %		133 %		508 %
02 08 0010	5000 t	6,20	31.000,00	6,00	30.000,00	7,45	37.250,00	36,44	182.200,00
Beton, DIN EN 12620/DIN 4226-100			103 %		100 %		124 %		807 %
02 08 0020	1 psch	1.500,00	1.500,00	10,00	10,00	12,42	12,42	59.770,00	59.770,00
Vorhalten der aufbereiteten rezyklierten Gesteinskörnung 4/22 mm aus			>9999%		100 %		124 %		>9999%

Abb. 92: Auszug aus dem Preisspiegel für den Transport und die Verwertung des Betons zu rezyklierter Gesteinskörnung für Beton

Analyse der Kosten für den Neubau

Vergleicht man das Budget für den Neubau mit der Kostenprognose zum Abrechnungsstand November 2021, lässt sich eine Kostensteigerung in Bezug auf die Baukonstruktion von 37% feststellen. Die Ursachen für diese Kostensteigerung sind vielfältig und können nicht komplett ermittelt werden. Es lässt sich jedoch feststellen, dass die allgemeine Baupreissteigerung seit Beginn der Baumaßnahme mitverantwortlich für die Kostensteigerung ist. So sind die allgemeinen Baukosten im Bereich Büro- und Verwaltungsgebäude zwischen dem Abschluss der Entwurfsplanung (3. Quartal 2018) und der Submission beispielsweise des Gewerks Innentüren (1. Quartal 2021) um 10,3% gestiegen (Quelle Destatis).

Die Materialkosten sind in diesem Zeitraum außergewöhnlich stark gestiegen. Betrachtet man die einzelnen Gewerke in der Kostentabelle, ist auffällig, dass die Holzverarbeitenden Gewerke wie Zimmerarbeiten und Innentüren die größten Kostensteigerungen verursachen. Im Endeffekt können rund 21%-Punkte der Kostensteigerung der KGR 300 auf diese beiden Gewerke zurückgeführt werden. Wie Abb. 93 zeigt, ist der Holzpreis in den letzten drei Jahren um ca. 370% gestiegen. Damit verbunden waren Lieferengpässe und Bauzeitverzögerungen.



Abb. 93: Holzpreisentwicklung zwischen November 2018 und November 2021
 (Quelle: <https://www.finanzen.net/rohstoffe/holzpreis/chart/euro>)

Weitere Ursachen für die Kostensteigerung liegen in einem (zeitlich) eingeschränkten Markt in der Region Korbach begründet. Der Neubau für das Rathaus Korbach ist ein für diese Region sehr großes Projekt, das für kleine Betriebe mit schwer kalkulierbaren Risiken verbunden ist. Mehrere Ausschreibungen fielen außerdem mitten in die Corona-Pandemie. Es kann davon ausgegangen werden, dass einigen regionalen Betrieben die Unsicherheiten hinsichtlich Materialpreisentwicklung, Größe des Projekts und Corona-Pandemie zu groß waren, so dass sie kein Angebot abgegeben haben. Die Bieter wiederum haben möglicherweise auf diesen eingeschränkten Markt spekuliert und die unsicherheitsbedingten Risiken hoch kalkuliert.

Betrachtet man nun den Anteil der Kosten für die Maßnahmen des ressourcenschonenden Bauens, fällt dieser Anteil relativ niedrig aus. Durch den Einsatz des R-Betons und der Schaumglasplatten sind die Kosten für die Baukonstruktion um 0,5% gestiegen, während die Gesamtkosten dadurch um 0,3% gestiegen sind.

Ordnet man auch die Mehrkosten für die Fassade dem ressourcenschonenden Bauen zu, sind die Kosten für die Baukonstruktion um 2,6% gestiegen, während die Gesamtkosten um 1,5% gestiegen sind. Die Fassade aus R-Beton-Fertigteilen war mit rund 900.000 € budgetiert. Das Angebot des beauftragten Bieters lag bei rund 1,2 Mio €. Auch diese Kostensteigerung ist auf einen eingeschränkten Markt zurückzuführen. Die Fassade war mit dem Rohbau zusammen ausgeschrieben worden. Auf die Ausschreibung haben zwei Bieter ein Angebot abgegeben. Beide Bieter haben denselben Nachunternehmer für die Herstellung, Lieferung und Montage der Architekturbetonfassade angefragt. Dieser Nachunternehmer hat das Angebot gegenüber seiner ursprünglichen Kostenschätzung weit überhöht. Es kann davon ausgegangen werden, dass hier die Marktsituation ausgenutzt wurde.

10 Fazit und Handlungsempfehlungen

Die Ressourceneffizienz hat im Bauwesen aufgrund des hohen Rohstoffbedarfs und der damit verbundenen Emissionen eine besondere Relevanz. Bisher galt die Aufmerksamkeit vor allem den Energieeinsparmaßnahmen in der Nutzungsphase. Mit zunehmender Effizienz der Gebäudetechnologie und der Nutzung erneuerbarer Energien für den Betrieb erlangt der Ressourcenverbrauch für die Herstellung von Baustoffen und die Kreislaufwirtschaft im Bauwesen eine immer höhere Bedeutung.

Der Bestandserhalt und die Sanierung von Gebäuden bietet in der Regel das größte Potenzial zur Ressourcenschonung und sollte deshalb Priorität gegenüber dem Rückbau und dem Neubau haben, sofern sich der Bestand flächeneffizient und sinnvoll weiternutzen lässt. Ist letzteres nicht gegeben oder sprechen andere wichtige Gründe gegen eine Weiternutzung, kann die Ressourceneffizienz auch durch gezielte Rückbaumaßnahmen mit Materialrückgewinnung im Sinne eines Urban Minings erhöht werden. Dabei sollten Rückbau und Neubau immer als Gesamtmaßnahme geplant werden. In der Vergangenheit wurden die Einzelmaßnahmen oft isoliert voneinander betrachtet. Dies zeigt sich auch in getrennten Genehmigungsverfahren für den Rückbau und den Neubau.

Der erste Schritt des Urban Minings im Baubereich besteht in der Bestandsaufnahme. Die in einem rückzubauenden Gebäude verbauten Wertstoffe müssen qualifiziert und quantifiziert werden, um sie als Sekundärrohstoffe nutzen zu können. Für den selektiven Rückbau, also den aktiven Teil des Urban Minings, ist im Vergleich zum herkömmlichen Abbruch eine umfangreichere Planung und detaillierte Analyse erforderlich. In jedem Fall muss vorab die Art, der Umfang und die Verteilung des Materialbestandes eines Gebäudes ermittelt werden. Diese Daten sind auch für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Baumaßnahme eine wichtige Grundlage. Die Ausschreibung des selektiven Rückbaus sollte dabei explizit auf die geplante Wiederverwertung der Materialien ausgerichtet werden und Vorgaben hinsichtlich Qualität, Umweltverträglichkeit und Separierung der Abfallfraktionen machen.

Entgegen bestehender Regularien werden Abbruchabfälle in der Praxis häufig noch nicht in sortenrein verwertbare Wertstoffe getrennt. So wird Beton oft noch gemeinsam mit Mauerwerk, Fliesen und Keramik als Bauschutt entsorgt, häufig verunreinigt mit Resten aus Kunststoff, Holz, Gips und anderen fremden Abfallfraktionen. Da eine nachträgliche Separation während der Aufbereitung in der Regel aufwendig oder unmöglich ist, muss bereits auf der Baustelle eine sorgfältige Trennung vorgenommen werden.

Für das Projekt Rathaus Korbach wurde erstmals in Deutschland ein ganzheitliches Urban Mining Konzept entwickelt und umgesetzt. Über die Nutzung des Bestands als Rohstoffquelle hinaus wurde der Neubau im „Urban Mining Design“ geplant, so dass das Bauwerk späteren Generationen wiederum als leicht erschließbares anthropogenes Lager im Falle eines Rückbaus zur Verfügung steht.

Das Urban Mining Konzept für das Rathaus Korbach hat sich auf die Verwertung der mineralischen Abbruchmaterialien konzentriert. Konkret konnten aus dem zurückgebauten Bestand 9.848 t. mineralisches Material gewonnen werden, wovon 6.006 t. direkt im Neubau in unterschiedlichen Qualitäten wieder eingesetzt wurden. Dies entspricht ca. 61%. Rund 1.000 t. wurden hochwertig recycelt und im Beton für das Tragwerk und in der Fassade eingesetzt. 5.006 t. wurden für die Auffüllung der Baugrube und die Herstellung des Plenums genutzt. Die verbliebenen 3.842 t. wurden extern weiterverwertet.

Entgegen der ursprünglichen Planung konnte der neue Rohbau jedoch nicht vollständig aus R-Beton errichtet werden, weil aus den mineralischen Abbruchmaterialien des Bestands nicht genügend Rezyklat mit der erforderlichen Güte hergestellt werden konnte. Dem selektiven Rückbau waren Grenzen gesetzt, wo eine sortenreine Trennung nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich gewesen wäre. Somit mussten Verunreinigungen der mineralischen Abbruchmaterialien mit Holz und Kunststoffen zum Teil hingenommen werden, was zur Folge hatte, dass weniger Rezyklat in der erforderlichen Korngröße hergestellt werden konnte. Die eingesetzte mobile Brech- und Siebanlage im Recyclingbetrieb bot zwar einerseits die Möglichkeit der ortsnahen Verwertung, machte aber nur eine Trockenaufbereitung möglich. In einer stationären Anlage mit Nassaufbereitung wäre die Separierung durch Aufschwemmen leichter Materialfraktionen möglich gewesen und hätte den Anteil hochwertiger rezyklierter Gesteinskörnungen für Beton erhöht.

Von den Forschern der Universität Kassel³² konnte in Zusammenarbeit mit der Verfasserin dieses Gutachtens aufgezeigt werden, dass sich der Materialfußabdruck von Beton mit 45 Vol.-% RC-Gesteinskörnung um mehr als 30 % im Vergleich zu konventionellem Beton senken lässt. Der Klimafußabdruck des R-Betons ist auf Produktebene um 1 bis 7 % geringer als der des konventionellen Betons. Indem knapp die Hälfte des Betons im Rohbau mit R-Beton ausgeführt wurde, belaufen sich die Einsparungen im Materialfußabdruck auf 15 % und im Klimafußabdruck auf 2 %.

Neben der Verwertung des Bestandsgebäudes hat das kreislaufgerechte Bauen für die Zukunft, also die Herstellung des Neubaus als „urbane Mine“ für nachfolgende Generationen, in der Planung eine besondere Rolle gespielt. So wurden größtenteils recyclingfähige Baustoffe eingesetzt, die so verbaut wurden, dass sie später sortenrein zurückgewonnen werden können. Jedes Bauteil wurde hinsichtlich der zirkulären Materialverwendung optimiert (s. Kapitel 7). Allerdings konnte nicht alles realisiert werden, was in der Planung vorgesehen war. Dies lag einerseits an der Verfügbarkeit recyclingfähiger Materialien, andererseits auch an Unsicherheiten in der Planung. So wurden in der Entwurfsplanung beispielsweise die Aufbauhöhen des Fußbodens noch nicht genau festgelegt und relativ hoch dimensioniert, um die Höhen in der Ausführungsplanung flexibel an die Übergänge zum Bestandsgebäude und weitere Anforderungen anpassen zu können. Im Endeffekt waren die Aufbauhöhen zu hoch, um eine Trittschalldämmung in Form einer mineralischen Schüttung ohne Bindemittel realisieren zu können. Pandemiebedingte Lieferschwierigkeiten haben dazu geführt, dass kein alternativer recyclingfähiger Baustoff eingesetzt werden konnte.

Das kreislaufgerechte Bauen verursacht höhere Investitionskosten für hochwertige, langlebige und zirkuläre Materialien. Im Modellprojekt Rathaus Korbach hielten sich diese Mehrkosten mit 1,5 % in Bezug auf die Gesamtbaukosten in Grenzen. Mit höherem Aufwand hätten noch weitere Maßnahmen umgesetzt werden können, wie beispielsweise wiederverwendbare Holzdielenböden oder Parkett in den Büros. Dies war aber aufgrund der Marktlage und der dadurch bedingten Baupreissteigerung nicht durchsetzbar. Alternativen wie Linoleumparkett oder Teppichfliesen schieden aus anderen Gründen wie Ästhetik, Reinigungsfreundlichkeit und Nutzungsdauer aus. Dies zeigt die vielfältigen, abzuwägenden Interessen und Anforderungen nach denen eine Materialwahl entschieden wird. Eine Lebenszykluskostenanalyse könnte hier helfen, um zumindest die Betriebs- und End-of-Life-Kosten mit in den Abwägungsprozess einzubeziehen. Baukostensteigerungen, mit denen nahezu jedes Projekt zu kämpfen hat, führen jedoch dazu, dass gerade in der letzten Phase des Bauprozesses, in die der Innenausbau (mit besonders häufigen Austauschzyklen) fällt, der Blick stark auf die Investitionskosten gelenkt wird.

Aus diesen Schlussfolgerungen ergeben sich folgende Handlungsempfehlungen

1. Bestandserhalt

Der Bestandserhalt und die Sanierung von Gebäuden haben mit Blick auf Klima- und Ressourcenschutz oberste Priorität, sofern eine flächeneffiziente Weiternutzung möglich und sinnvoll ist.

2. Prüfung der Umsetzbarkeit von Urban Mining

Für jedes Bestandsgebäude, das einem Neubau weichen muss, sollten die Möglichkeiten des Urban Minings geprüft werden. Hierzu gehört:

a. Bestandserfassung und -analyse

In einem schrittweisen Vorgehen wird zunächst der Bestand erfasst und analysiert (wiederverwendbare Bauteile und -elemente, ggf. mit digitalem Bauteilkatalog zwecks Angebot zur Wiederverwendung in anderen Bauprojekten, wiederverwertbare Wertstoffe, Prüfung auf Umweltparameter und technische Eignung zur Herstellung von Rezyklaten)

³² Mostert, C., Sameer, H.; Glanz, D.; Bringezu, S.; Rosen, A.: Neubau aus Rückbau – Wissenschaftliche Begleitung der Planung und Durchführung des selektiven Rückbaus eines Rathausanbaus aus den 1970er-Jahren und der Errichtung eines Neubaus unter Einsatz von Urban Mining (RückRat). BBSR-Online-Publikation 15/2021, Bonn, August 2021

b. Logistikkonzept

Recherche geeigneter Recyclingbetriebe in der Region, Festlegung maximaler Transportentfernungen (Faustregel: nicht mehr als 50km), um Umweltwirkungen durch Transporte zu minimieren

c. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Abfrage von Preisen bei den recherchierten Betrieben für die Verwertung und ggf. Lagerung, Berechnung von Transportkosten, Abfrage von Preisen bei Transportbetonherstellern, Erstellung einer Wirtschaftlichkeitsanalyse (siehe Beispiel in Kapitel 5.3)

3. Ausschreibung selektiver Rückbau mit Urban Mining

Jede Ausschreibung für einen Rückbau sollte prinzipiell nur noch den selektiven Rückbau vorsehen. Für die Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen an die Trennung von Bau- und Abbruchabfällen ist der selektive Rückbau im Prinzip Grundvoraussetzung.

Für die Umsetzung eines Urban Mining Konzepts muss die Ausschreibung konkrete Hinweise in den allgemeinen Vorbemerkungen und spezielle Leistungspositionen enthalten (vgl. Kapitel 6.1 und 6.2).

4. Begleitung selektiver Rückbau

Da die meisten Rückbauunternehmer zu wenig Erfahrung mit der Umsetzung von Urban Mining Konzepten haben, sollte der Rückbau von einer Fachkraft begleitet werden, die möglichst sowohl Erfahrung in der Bauleitung als auch mit dem Recycling hat. So können unerwartete Herausforderungen, wie beispielsweise der Umgang mit nicht trennbaren Materialverbänden, besser organisiert werden. Bauleiter müssen hinsichtlich des selektiven Rückbaus geschult werden.

5. Ortsnahes Recycling, Förderung der Infrastruktur

Ein Urban Mining ist nur ökologisch und ökonomisch sinnvoll, wenn sich die Transportentfernungen in Grenzen halten. Hierfür müssen sich flächendeckend Recyclingbetriebe etablieren, die güteüberwachte Rezyklate herstellen (mit werkseigener Produktionskontrolle und Fremdüberwachung). Momentan existiert ein Teufelskreis aus mangelnder Nachfrage und mangelndem Angebot. Die Nachfrage kann durch Bauprojekte der öffentlichen Hand angekurbelt werden, indem R-Beton in öffentlichen Bauprojekten bevorzugt eingesetzt werden muss.

6. Größtmöglicher Einsatz von Sekundärrohstoffen

Die Stoffkreisläufe müssen nicht am selben Projekt geschlossen werden. In Korbach hätte ein höherer Anteil an Sekundärrohstoffen eingesetzt werden können, wenn güteüberwachtes Abbruchmaterial aus fremden Projekten mitverarbeitet worden wäre. Aufgrund des Modellcharakters war dies nicht beabsichtigt, sollte aber bei zukünftigen Projekten umgesetzt werden.

7. Maximierung des Anteils erneuerbarer Rohstoffe

Wo es funktional möglich ist, sollten erneuerbare Rohstoffe nicht erneuerbare Primärrohstoffe ersetzen. Bauteile aus Holz z.B. haben nicht nur ein geringeres Treibhauspotenzial als etwa Bauteile aus Beton und Stahl, sie können auch im natürlichen Kreislauf zirkulieren. Altholz kann zwar nicht kompostiert werden, aber wenn Holzbauteile langlebig verbaut werden, kann der Kreislauf durch Nachwachsen des Holzes geschlossen werden. Dabei muss das Bauholz aus zertifizierter Forstwirtschaft stammen, um den Wald nachhaltig zu erhalten. Holz sollte möglichst ohne Beschichtungen und andere Verunreinigungen verbaut werden, um die stoffliche Verwertbarkeit zu erleichtern und damit den Kohlenstoff über den Lebenszyklus des Bauteils hinaus zu binden. Auch Dämmstoffe sollten nach Möglichkeit aus erneuerbaren Rohstoffen geplant werden. Hierbei ist nicht nur der Brandschutz, sondern auch die Wärmeleitfähigkeit zu berücksichtigen. Da Dämmstoffe aus erneuerbaren Rohstoffen meist leicht höhere Wärmedurchgangskoeffizienten haben als solche aus mineralischen oder fossilen Rohstoffen, ist dies bei der Bauteildimensionierung zu beachten.

8. Zeit für die Planung

Die Planung für zirkuläres Bauens benötigt mehr Zeit. Insbesondere in der Ausführungsplanung müssen die Details sorgfältig geplant werden, bevor die Ausschreibung beginnt. Aufgrund von Zeit- und Kostendruck ist es heute üblich, diese beiden Leistungsphasen zu überlagern. Dies führt dazu, dass mit dem Rohbau Fakten geschaffen werden, die beispielsweise eine Anpassung von Bodenaufbauhöhen an zirkuläre Konstruktionen erschweren.

9. Anwendung von Bewertungs- und Optimierungsinstrumenten

Mit dem Urban Mining Index und der Ökobilanzierung stehen Instrumente zur Bewertung und Optimierung von Konstruktionen hinsichtlich der Zirkularität und der Umweltwirkungen zur Verfügung. Diese sollten in der Breite angewandt werden und können an die Vergabe von Fördermitteln geknüpft werden.

Darüber hinaus ist die Lebenszykluskostenrechnung ein geeignetes Instrument zur Bewertung und Optimierung der wirtschaftlichen Aspekte. Die Lebenszykluskosten wurden für das Modellprojekt nicht untersucht, Erkenntnisse aus Analysen von Riegler-Floors und Hillebrandt³³ zeigen aber, dass die Kosten kreislaufgerechter Konstruktionen über den gesamten Lebenszyklus unter Berücksichtigung von Instandhaltungs-, Rückbau- und Entsorgungskosten niedriger sind als diejenigen vergleichbarer konventioneller Konstruktionen.

10. Ausschreibung unter Berücksichtigung des Urban Mining Designs

Anforderungen an die Wiederverwendbarkeit oder Recyclingfähigkeit von Produkten, Schadstofffreiheit und demontable Verbindungstechniken sowie Ausschluss von verklebten Konstruktionen müssen in der Ausschreibung für Neubauten und Sanierungen explizit formuliert werden. Das Vergaberecht stellt bei Ausschreibungen der öffentlichen Hand jedoch ein Hemmnis dar, wenn innovative kreislaufgerechte Produkte aufgrund der geforderten produktneutralen Ausschreibung nicht genannt werden dürfen. Hier kommt es auf die produktneutrale Formulierung von zirkulären Eigenschaften an, die erst Eingang in den Alltag von Architekten und öffentlichen Vergabestellen finden muss. Weiterbildung zur Aneignung von Basiswissen zum zirkulären Bauen ist deshalb für diesen Personenkreis unerlässlich.

11. Kontrolle auf der Baustelle

Der Bauprozess fordert stetige Überwachung hinsichtlich der Einhaltung der Kriterien des zirkulären Bauens. Beim Neubau in Korbach wurden die Schaumglasplatten der erdberührten Außenwände trotz anderslautender Anweisung in der Ausschreibung im Sockelbereich teilweise mit PU-Schaum punktuell verklebt. Dies zeigt, dass auf der Baustelle kurzfristig anders entschieden wird, wenn eine unabhängige Kontrolle, wie z. B. in Gebäudezertifizierungssystemen, fehlt.

12. Gesetze und Verordnungen einhalten

Gesetzliche Regularien müssen konsequenter angewandt werden. Beispielsweise lässt die Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) mit den Vorgaben zur Trennung von Bau- und Abbruchabfällen auf der Baustelle im Grunde nur einen selektiven Rückbau zu. Dieser muss somit zum Standard werden und darf keine höheren Kosten verursachen. Die Einhaltung der Verordnung muss von den Ländern und Kommunen strenger kontrolliert werden. Ebenso verlangt das Bauproduktengesetz (BauPG), dass Bauteile nach dem Abbruch wiederverwendet oder recycelt werden können. Es werden aber immer noch Produkte zugelassen, die diese Anforderung nicht erfüllen (wie nicht recyclingfähige Kompositbaustoffe).

13. Regularien überarbeiten

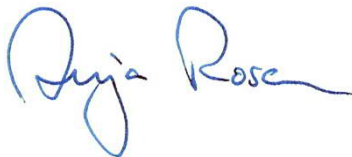
Bestehende technische Regeln müssen hinterfragt und überarbeitet werden. Beispielsweise wären höhere Recyclingraten von Beton unter Verwendung des Brechsandes bereits technisch möglich, bedürfen aber einer Zulassung im Einzelfall, die von Bauherren aus Zeit- und Kostengründen meist vermieden wird.

³³ Hillebrandt und Riegler-Floors in Atlas Recycling, Edition Detail, München 2018

Dieses Gutachten soll als Basis für einen Leitfaden für ressourcenschonendes Bauen im Land Hessen dienen. Das Modellprojekt Korbach ist ein erster Schritt in Richtung einer zirkulären Bauwirtschaft in Hessen. Die Stadt Korbach als öffentlicher Bauherr ist hier ihrer Vorbildfunktion gefolgt, um mit Unterstützung des Landes die notwendigen Prozesse anzustoßen und Erkenntnisse für eine breite Anwendung des zirkulären Bauens zu gewinnen. Die quantitativen Ergebnisse in Form der berechneten Zirkularitätsraten mit dem Urban Mining Index und der Ökobilanzierung zeigen die positiven Effekte der realisierten Maßnahmen auf, aber auch die großen Herausforderungen, vor denen die Bauwirtschaft noch steht. So konnte das Optimierungspotenzial aufgrund der Marktbedingungen nicht ausgeschöpft werden. Durch politische Lenkungsinstrumente wie Fördermittel kann der Markt positive Impulse erhalten. Beispielsweise ist die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) in der NH-Klasse (Nachhaltigkeitsklasse) an die Verwendung von Sekundärrohstoffen und weitere Kriterien für die nachhaltige Ressourcengewinnung geknüpft. Dieser Weg sollte auch auf Länderebene verfolgt werden.

Die Verfasserin dankt allen Beteiligten, in erster Linie den Vertretern der Stadt Korbach, den Architekten und Fachplanern, der Bimolab gGmbH und den Forschern der Universität Kassel sowie den ausführenden Unternehmen für die Unterstützung bei der Umsetzung des Modellprojekts und der Erstellung dieses Gutachtens.

aufgestellt, 22.07.2022



Anja Rosen
Prof. Dr.-Ing. Architektin

11 Anhang

Anhang A Geplante und tatsächlich erfasste Mengen der Wertstoffe und Abfälle im Modellprojekt

Anhang B Allgemeine Vorbemerkungen aus LV Rückbauarbeiten

Anhang C Auszug aus dem LV Rohbauarbeiten

Abbildungsverzeichnis

Anhang A Geplante und tatsächlich erfasste Mengen der Wertstoffe und Abfälle im Modellprojekt

Abfall- schlüssel	Bezeichnung	Menge		Einheit
		PLAN	IST	
17 05 04	Boden	8.845,0	7.821,4	t
17 01 01	Beton, DIN EN 12620/DIN 4226-100	5.000,0	6.891,4	t
170 10 1	Beton Z1.2	2.400,0	0	t
17 05 04	Kies/Splitt	2.752,2	mit Bodenmaterial entsorgt	t
17 01 07	Bauschutt	1.063,0	2.744,2	t
20 01 21*	Leuchtstoffröhrenlampen	850,0	1.437,0	Stk.
17 04 02	Aluminium	10,0	15,6	t
17 04 05	Eisen und Stahl	32,0	264,4	t
17 04 11	Kabel und Kupfer	9,0	0,9	t
17 01 07	Ziegel-, Bims-Mauerwerk, Z 1.1	401,0	2.726,2	t
17 01 07	Ziegel-, Bims-Mauerwerk, Z.1.2	360,0	0,0	t
17 02 04*	Ziegel	26,0	18,0	t
17 01 02	Ziegel	8,0	0	t
17 02 01	Holz	37,0	65,8	t
17 02 04*	Holz (verunreinigt)	131,0	123,3	t
17 03 02	Bitumengemische	56,5	250,3	t
	davon Gussasphalt		197,8	t
17 02 02	Glas	5,0	0,0	t
10 11 12	Glas (Fenster-, Türscheiben)	31,0	22,5	t
	davon Glas zur Verwertung		9,7	t
	davon Glas zur Entsorgung		12,8	t
17 02 03	Kunststoff	16,4	0	t
15 01 02	Styropor	0,0	29,78	t
17 08 02	Baustoffe auf Gipsbasis	7,0	18,2	t
17 01 03	Fliesen/Keramik	6,2	als Gemisch entsorgt	t
17 06 3*	Dämmmaterial	6,0	12,2	t
17 06 4	Dämmmaterial, Heraklit	1,5	15,3	t
17 09 02*	PCB haltige Bauabfälle	1,5	0,0	t
17 03 01*	kohlenteerhaltige Bitumengemische	1,0	54,3	t
17 03 03*	Teerhaltige Kokosmatten	0,2	0,0	t

Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis

Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden
Stadtwache und Hinterhaus

Auftraggeber: Kreis- und Hansestadt Korbach
Stechbahn 1
34497 Korbach

Erstellt von: Bimolab gGmbH
Am Kuhfuß 21
59494 Soest

Vergabeart: Öffentliche Ausschreibung

Angebotseröffnung: **Datum:** **Uhrzeit:**
Ort:

Ende der Zuschlagsfrist: **Datum:**

Ausführungsfrist: **Beginn:** 18.03.2019 **Ende:** 19.06.2019

Bieter:	_____	Summe netto:	..... EUR
	_____	zzgl. 19% MwSt:	..... EUR
	_____	Summe inkl. MwSt:	..... EUR

(Ort und Datum, rechtsverbindliche Unterschrift, Stempel)

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

Vorbemerkungen / Vertragstexte

Vor Rückbau der Gebäude ist ein Schadstoffausbau durchzuführen. Arbeiten in den kontaminierten Bereichen, bei denen ein spezieller Arbeitsschutz angewendet werden muss, sind u.a. das Entfernen von Asbestverwendungen (gemäß TRGS 519) sowie die Entfernung von KMF-Baustoffen nach dem Stand der Technik durchzuführen..

6.2. Selektive Rückbauarbeiten

Grundsätzlich sind die Bauabschnittsphasen/Arbeitsabläufe gegliedert in drei Phasen:

1. Rückbauvorbereitende Maßnahmen, inklusive Schadstoffausbau
2. Entkernung (der Bau steht nahezu wieder als Rohbau da)
3. Rückbau mineralische Bausubstanz nach Umweltverträglichkeitsanforderungen "LAGA-Klassen/DIN EN 12620/DIN 4226-101"

und in der genannten Reihenfolge bauwerksweise und nacheinander durchzuführen. D.h. eine Phase darf erst begonnen werden, wenn für das abzubrechende Bauwerk die jeweils vorlaufende Phase vollständig abgeschlossen ist. Sollte es aus bauablauftechnischen Gründen zu einem versetzten (vorgezogenen) Beginn der einzelnen Phasen kommen, sodass Arbeiten teilweise parallel durchgeführt werden, ist dies nur zulässig, wenn sämtliche Belange des Lärmschutzes, des Arbeitsschutzes, der Umweltverträglichkeit und des Abfallrechtes eingehalten werden können. Ein solches Vorgehen ist mit dem AG bzw. der Fachbauleitung im Vorfeld abzustimmen.

Die in den Abbruch- und Entsorgungskonzepten des Hessischen Institutes für Baustoffprüfung HIB Unterlagen [PA13] des Anbaus, [PS7] der Stadtwache und [PH3] für das Hinterhaus aufgeführten erforderlich Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer sind umzusetzen. Sämtliche weiteren Maßnahmen werden nicht gesondert vergütet und sind in die betreffenden Positionen des Leistungsverzeichnisses einzukalkulieren.

6.3 Bodenaushub,-abtrag

Bodenaushub- abtrag findet im Wesentlichen im Bereich der Straße Stechbahn statt. Hier ist innerhalb der Baugrube mit Boden und Aufschüttungshorizonten zu rechnen [A3, A8]. Zum anderen finden im Bereich der geplanten Neubaugrube Aushubarbeiten statt.

6.4. Anfall kontaminierter Böden

Im Rahmen des Erdabtrages ist laut Baugrundgutachten [A3] nicht mit schadstoffbelasteten Böden zu rechnen. Geringe Bodenanteile werden bis zur LAGA-Klasse Z 1.2 / Z 2 erwartet.

6.5. Baugrubenverfüllung

Als Unterbau und zur Baugrubenverfüllung soll das anfallende, aufbereitete Betonmaterial der selektiven Rückbaumaßnahme bis max. zur LAGA-Klasse Z 1.2 gemäß LAGA Technischer Regeln dienen, welches nicht als Gesteinskörnung für Beton (DIN12620) benötigt wird. Das Material muss dafür extern aufbereitet werden und wieder zur Verfügung gestellt werden.

7. Aufbereitung anfallender Materialien und Entsorgung

7.1. Anlagen zum Aufbereitung anfallender Materialien

Der Betrieb einer Brecheranlage auf der Baustelle ist nicht zulässig.

7.2. Bereitstellung und Deklaration der Abfälle

Für den selektiven Rückbau ist auf der Baustelle ein Sammelager, bestehend aus zugelassenen Containern und Mieten (Haufwerke) für die verschiedenen möglichst sortenrein erfassten Materialien des Schadstoffausbaus, der Entkernung und des selektiven Rückbaus der statischen Ausbaumaterialien wie Beton und Ziegel innerhalb der Umzäunung vorzusehen.

Hier können auch weitere Deklarationsanalysen für die Verwertung durchgeführt werden

7.3. Entsorgungs- und Verwertungsleistungen

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

Vorbemerkungen / Vertragstexte

Für die Verwertung/Entsorgung ist das Kreislaufwirtschaftsgesetz §7, Abs. 2 und insbesondere die Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) nach dem Stand der Technik anzuwenden - siehe Gesetze, Verordnungen. Die hochwertige Verwertung von mineralischen Baustoffen steht im Mittelpunkt des Projektes. Dazu sind die Rückbauobjekte bis auf den Rohbauzustand zu entkeren. Schadstoffbehaftete Bauteile oder Materialien sind vorab per Schadstoffausbau zu entsorgen.

8. Zeitlicher Rahmen, Bauzeitenplan

Siehe Vertragsbedingungen des Auftraggebers im Teil A dieser Ausschreibung.

9. Vorlagen von Nachweisen und Unterlagen

Folgende Unterlagen sind durch den AN vorzulegen:

9.1 Spätestens 5 Arbeitstage nach Auftragserteilung:

- Nachweis über die vollständige Anzeige der Sanierungsarbeiten nach TRGS 519 beim Gewerbeaufsichtsamt (Amt für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik -AfA) und der zuständigen Berufsgenossenschaft inkl. einer detaillierten Sanierungsplanung samt Arbeitsmittel- und Methodenbeschreibung sowie technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen.
- Benennung eines verantwortlichen Bauleiters (gemäß Landesbauordnung und TRGS 519/521) und seines Stellvertreters für die Dauer der gesamten Maßnahme, inkl. der Nachweise für die Sachkunde in schriftlicher Form.
- Genaue Beschreibung der vorgesehenen Wiederverwertungs- und Entsorgungstechnologie und der Verwertungs- und der Entsorgungswege.
- Ein mit den AG abgestimmter Baustelleneinrichtungsplan auf Basis der Unterlage [A4], bis 10 Arbeitstage nach Auftragsvergabe.

9.2 Spätestens 10 Arbeitstage vor Arbeitsbeginn:

- Aufstellung aller Daten der zur Verwertung und Entsorgung vorgesehenen, eingesetzte Geräte und Ersatzgeräte
- Fabrikat und Baujahr samt GSG- Zertifikate und BIA-Prüfzeugnisse der Geräte und Anlagen und Technische Beschreibung und Messbericht der Betriebsgeräusche der Geräte.
- Aufstellung des Personals, das für die Entsorgungsarbeiten vorgesehen ist.
- Gliederung nach einzelnen Berufsgruppen mit Angaben zu: Name, Vorname mit Sozialversicherungsnummer und Berufsbezeichnung, Nachweis der Vorsorgeuntersuchung.
- Annahmeerklärungen der Verwertungs-und Entsorgungsanlagen.

9.3 Spätestens bei Baubeginn:

- ist eine Abbrucharweisung bzw. für den Schadstoffausbau eine Betriebsanweisung jeweils einschließlich Arbeits- und Montageanleitungen der einzelnen Tätigkeiten mit Gefährdungsanalysen und Gefahrstoffdatenblättern von der Bauleitung des AN vorzulegen und, nach Abstimmung mit der Fachbauleitung des AG, mit der zuständigen Arbeitssicherheitsbehörde / zust. Berufsgenossenschaft abzustimmen. Ebenso erstellt der AN einen Gefahrennotfall- und Rettungsplan und stimmt ihn mit dem AG ab.
- Der AN hat auf Grundlage des vorgegebenen Endtermins einen detaillierten Bauzeitenplan zu erstellen.

9.4 Vorzuhaltende Dokumente auf der Baustelle

Folgende Unterlagen sind aktuell laufend auf der Baustelle vorzuhalten und mit der Schlussrechnung zusätzlich einzureichen:

- Nachweis gültiger Sozialversicherungsnummern
- Verwertungs- und Entsorgungsdokumentation in Berichtform (Papier 3-fach und digital PDF)
- Bautagebuch
- Maskentragezeiten/Schichtlisten des Entsorgungspersonals
- Originalanalysenergebnisse der Kontrollanalytik / Deklarationsanalytik / Prüfcertifikate
- Entsorgungs- und Verwertungsnachweise als Nachweis der ordnungsgemäßen Verwertung bzw. Beseitigung

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

Vorbemerkungen / Vertragstexte

inkl. aller Anlagen mit tabellarischer Zusammenstellung und einer Plausibilitätsbetrachtung

- Abnahmeprotokolle
- Personalliste aller beteiligten Mitarbeiter und Nachunternehmer
- tägliche Abfuhrliste und Übergabe an den AG bzw. BÜ

10. Unterlagen

Die für die Ausschreibung maßgebenden baulichen Unterlagen sind in der Anlage in der Pos. 07 aufgeführt.

11. EWF

Die EWF (Energie Waldeck-Frankenberg) wird vor den Abbrucharbeiten ca. 3 Wochen für interne Rückbauarbeiten benötigen. Ggf. auch parallel zum Abbruch.

12. Ortsbesichtigung, Einsichtnahme in Unterlagen

Es wird dem Bewerber dringend geraten sich bei einer eingehenden Ortsbesichtigung ein Bild von den örtlichen Gegebenheiten und von der Abbruchmaßnahme zu machen. Nachforderungen aufgrund mangelnder Ortskenntnis oder Detailkenntnis werden nicht anerkannt.

Ort und Datum rechtsverbindliche Unterschrift

Vorbemerkungen / Vertragstexte

Vorbemerkung Urban Mining-Konzept - siehe auch [A1]

Im Mittelpunkt des Modellprojektes in Korbach steht die hochwertige Verwertung von mineralischen Abbruchabfällen aus dem Gebäudebestand für deren erneuten Einsatz im Hochbau (Urban Mining). Dabei werden möglichst geschlossene Stoffkreisläufe für den Hoch- und Tiefbau angestrebt, um ressourceneffektiv und -schonend neue Bauvorhaben zu verwirklichen und damit den politischen und gesetzlichen Forderungen unserer Zeit zu genügen.

Anhand des Modellprojekts ‚Rathaus Korbach‘ werden die Möglichkeiten eines selektiven Rückbaus mit anschließendem ortsnahen Recycling der mineralischen Abbruchmaterialien ausgeschrieben. Im Mittelpunkt des Rückbaus steht dabei den Beton aus dem Bestandsgebäude wieder als rezyklierte Gesteinskörnung in Betonbauteilen für den Neubau zu nutzen. Auch die weiteren Baustoffe aus den Bestandsgebäuden sollen einer möglichst hochwertigen Verwertung zugeführt werden.

Die Ergebnisse fließen als Modellvorhaben in die Erarbeitung eines ‚Leitfadens für ressourcenschonendes Bauen im Land Hessen‘ ein. Die Verbreitung des Wissens über die Existenz entsprechender Lösungsansätze und die Möglichkeiten, die diese beinhalten, sind eine erkannte Voraussetzung dafür, dass sich ressourcenschonendes Bauen zukünftig am Markt etablieren kann.

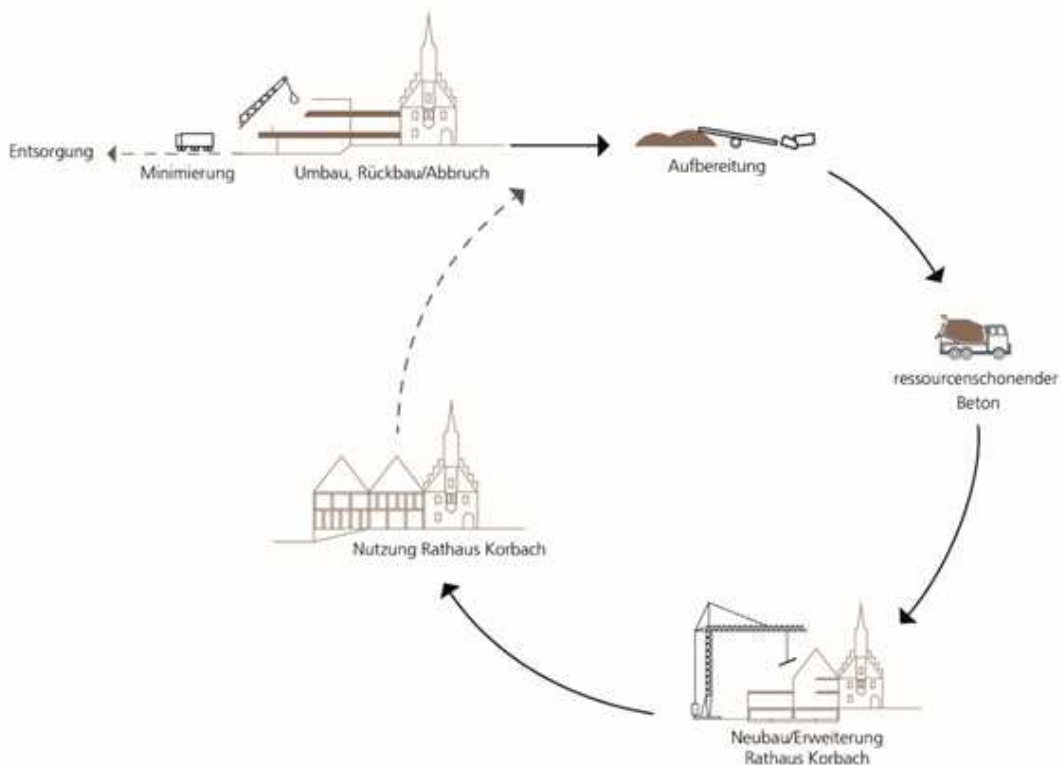


Bild 1: Urban Mining Konzept Rathaus Korbach (Quelle: A. Rosen, [A1])

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

Vorbemerkungen / Vertragstexte

Lage der Rückbauobjekte - siehe auch [A1]

Das Rathaus von Korbach liegt im historischen Innenstadtkern und besteht derzeit aus einem denkmalgeschützten Altbau gotischen Ursprungs und einem Anbau aus dem Jahr 1970, der zum Komplettabbruch in Form eines selektiven Rückbaus ansteht.



Bild 2: Luftbild mit Lage der Bestandsgebäude (Quelle: Geoportal Hessen; 09.07.2018 aus [A1])

Die Stadt Korbach plant im Rahmen dieser Ausschreibung den Rückbau des Rathaus-Anbaus und die Vorbereitung (Planum) für den Neubau an derselben Stelle.

Weiterhin gehört zu dem Neubauvorhaben der Bau eines Nebengebäudes, welches im Untergeschoss mit dem Hauptgebäude über einen Verbindungsgang verbunden wird. Das Nebengebäude ist auf dem Grundstück Stechbahn 5 geplant. Diese Fläche ist derzeit noch bebaut mit der alten ‚Stadtwache‘, einem Ziegelbau in Fachwerkbauweise von 1896, sowie einem weiteren Hinterhaus. Beide Gebäude werden ebenfalls im Zuge dieser Ausschreibung rückgebaut und dienen als weitere Grundfläche für das Neubauvorhaben. Eine Menge des Ziegelmauerwerks der Stadtwache dient auch im Rahmen des Urban Mining-Konzeptes als Rohstoff für den Neubau.

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

Vorbemerkungen / Vertragstexte



Bild 3: Historisches Rathaus (rechts) und Anbau von 1970 (links) aus [A1]

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

Vorbemerkungen / Vertragstexte

Ausführung aller Arbeiten: lärmarm

Ausführung aller Bau- und Rückbauarbeiten gemäß der Baugenehmigungen Unterlage [PA17, PS9, PH5],
Ausführung lärmarm nach Stand der Technik und gemäß den Baugenehmigungen/Abbruchgenehmigungen [PA17, PS9, PH5].

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

Vorbemerkungen / Vertragstexte

Anforderung an die Aufbereitungsanlage/n für die Aufbereitung der mineralischen Baustoffe/Abfälle

Das Umsetzen des Urban Mining-Konzeptes [A1 mit Anlagen N1 und N2] erfordert neben der Entsorgung der allgemeinen Abfälle, insbesondere für die mineralischen Abfälle aus dem selektiven Rückbau der Totalabbruchmaßnahme auch die Vorhaltung, Aufbereitung und Lieferung der für den Neubau benötigten RC-Baustoffe/rezyklierten Gesteinskörnungen.

Dabei sollen die aufbereiteten, geeigneten RC-Baustoffe/rezyklierte Gesteinskörnungen für den Neubau:

- bei Auffüll- und Verfüllmaßnahmen wieder eingesetzt werden, z.B. Verfüllung Fundamente, Planum, Frostschuttschicht - während dieser Rückbaumaßnahme,

und besonders als

- rezyklierte Gesteinskörnung für Beton nach DIN EN 12620 / DIN4226-101 (spätere Verwendung - voraussichtlich im Transportbetonwerk Korbach - für den Neubau)

hochwertig verwendet werden. Die rezyklierte Gesteinskörnung für Beton ist in der Körnung 4/22 mm, Typ 1 und Typ 2 nach DIN 4226-101 herzustellen. Die bei der Aufbereitung anfallenden Gesteinskörnungen 0/4 mm und > 22 mm sind von der Aufbereitungsanlage in die Körnung 0/4 für Auffüllmaterialien und in die Körnung 0/32 mm als Frostschuttschicht aufzubereiten.

Zeitlicher Ablauf:

Beginn Rückbauarbeiten:	18.03.2019
Dauer: Rückbauarbeiten:	ca. 3 Monate
Fertigstellung Rückbau/ Start Neubauarbeiten:	19.06.2019
Dauer: Rohbauarbeiten Neubau:	ca. 9 Monate

Aus dieser Aufgabenstellung [A1, N1, N2] ergeben sich an die vom AN zu wählende Aufbereitungsanlage/n folgende Grundanforderungen:

- Die aufbereiteten Materialien sind auf der Aufbereitungsanlage getrennt für die Baumaßnahme Korbach (Rückbau und Neubau) gemäß dem vorläufigen Konzept zur Mengenermittlung [N2] des Urban Mining-Konzeptes [A1] in die o.a. Körnungen eignungsgemäß aufzubereiten.
- Die RC-Baustoffe/rezyklierten Gesteinskörnungen nach [N2] müssen kapazitätsmäßig angenommen, benötigten aufbereitet und über der erforderliche Dauer der Rückbau- und Neubaumaßnahme vorgehalten werden. Die Abnahme der rezyklierten Gesteinskörnung für Beton erfolgt erst während der Rohbauarbeiten für den Neubau.
- Kalkulationsmäßig muss der AN den/die Aufbereiter wählen, welcher die angestrebte Leistung:
 - a) preismäßig sowohl für den Rückbau als auch für die Neubaumaßnahme kostengünstig bewerkstelligen kann und
 - b) die Aufbereitung möglichst ortsnah zur Baustelle durchführen kann, um die transportbedingten Umweltwirkungen zu minimieren. Letztere werden mit einer Ökobilanzierung bewertet und sind neben der Wirtschaftlichkeit ein Entscheidungskriterium der Auftragsvergabe. Bzgl. der Wirtschaftlichkeit sind insbesondere die Aufwendungen für den Transport, die Entsorgung, die Zwischenlagerung, die Aufbereitung und der Transport zu einem ortsnahen Frischbetonwerk zu berücksichtigen."

Gespräche im Vorfeld der Ausschreibung haben ergeben, dass gemäß Logistikkonzept [N2] mehrere Aufbereiter in der Lage wären diese Anforderungen zu erfüllen, insbesondere Baureka, Gra-Bak, Lobmeier und Rohde). Die darin enthaltenen bisherigen Preisangaben sind nicht verbindlich und müssen für diese Ausschreibung verbindlich angefragt und angegeben werden.

Eine entsprechende **Bestätigung des Aufbereiters** ist auf Grundlage der Unterlagen [A1 mit Anlagen N1 und N2] diesem Angebot beizufügen.

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

Vorbemerkungen / Vertragstexte

Nachweis und Angabe der gewählten Aufbereitungsanlage/n

die entspr. Nachweise sind mit Abgabe des Angebotes einzureichen.

.....
(Rechtsgültige Unterschrift des Bieters)

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

Vorbemerkungen / Vertragstexte

Informationspflicht

Zur Erstellung des Angebotes ist vom Bieter eine Besichtigung der rückzubauenden baulichen Anlagen, zu demontierenden Installationen sowie der allgemeinen Grundstückssituation, des aufrechtzuhaltenden Straßenverkehrs zwingend anzuraten.

Die Örtlichkeiten sind zugänglich.

Termine sind ggf. mit der Bauherrschaft abzustimmen.

Terminabstimmung mind. 2 Tage vor dem beabsichtigten Ortstermin.

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

Vorbemerkungen / Vertragstexte

Bietererklärung

Der Bieter erklärt durch seine Unterschrift

- a) dass er über erforderliche Zulassungen und Genehmigungen verfügt,
- b) dass der vorhandene Gerätepark den Unfallverhütungsvorschriften entspricht,
- c) dass sein Personal ausreichend qualifiziert, geeignet und hinsichtlich Arbeitssicherheit, Gesundheitsschutz und selektiven Rückbau/Abfalltrennung unterwiesen ist,
- d) dass eine ausreichende Haftpflichtversicherung für Personen- und Sachschäden besteht, die ebenfalls Schäden einschließt, welche durch falsche Bedienung oder Aufstellung von Verkehrsanlagen sowie mangelhafte Beleuchtung der Abbruch-Baustelle entstehen,
- e) dass er Mitglied der Bauberufsgenossenschaft ist

Mitglieds-Nr. : '.....'

f) dass er (z.B. durch eingehende und sorgfältige Baubegehungen), sich ein umfassendes Bild bezüglich Angebotsumfang, Schwierigkeitsgrad, Rahmenbedingungen, und Verwertungs-/Entsorgungsumfang der zu erwartenden und zu entsorgenden Bau- und Schadstoffe gemacht hat, zur Erstellung eines vollständigen Angebotes.

g) dass ordnungsgemäße Entsorgungen / Verwertungen nach KrWG in Verbindung mit der Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV] erfolgen.

die entspr. Nachweise sind mit Abgabe des Angebotes einzureichen.

.....
(Rechtsgültige Unterschrift des Bieters)

Bieter, die diese Erklärung nicht unterzeichnet haben, können aus der Wertung ausgeschlossen werden.

Mit der Abgabe des Angebotes ist ein, auf die beschriebenen Verwertungs- und Entsorgungsarbeiten, abgestimmtes Verwertungs-, Rückbau-, Entsorgungskonzept beizufügen, in dem die Verfahren sowie die Verwertung und Entsorgung der Abbruchmaterialien komplett beschrieben und nachgewiesen wird.

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

02 **Selektiver Rückbau Anbau, Stehbahn 1**

Baubeschreibung Historisches Rathaus, Anbau und Gebäude Kühlung

1. Historisches Rathaus

Das historische Rathaus bleibt erhalten und darf bei den Rückbaumaßnahmen nicht beschädigt werden. Örtlich liegt es direkt an der Straße Stehbahn 1 im Innenstadtbereich von Korbach. Für die Vorbereitung für den Neubau, müssen auch im Historischen Rathaus Wände abgebrochen werden. Vorab sind diese Wände hinsichtlich Alter und Material untersucht worden. Siehe [A2]. Es handelt sich um unterschiedlich dicke Wände, die in der Unterlage [PA2] in gelber Farbe [PA3] gekennzeichnet sind. Im Wesentlichen handelt es sich, um verputzte Wände aus den Baustoffen Bims, Ziegel oder ausgemauertem Fachwerk. Im geringen Maße sind Gipskartonwände oder Holzverkleidung vorhanden. Die Wände sind unterschiedlich dick [PA3], zwischen ca. 10 bis 40 cm.

Die rückzubauenden Wände befinden sich im Historischen Rathaus im Sockelgeschoss (auch Kellergeschoss genannt), EG, OG, DG. Im Rückbau ist die Demontage der Holzverkleidungen und der Türen mit Zargen sowie der Installationen mit einzurechnen.

Die Position zum **Handabbruch dieser Wände** wird in der Position 02.01.0010 bis 02.01.0040 per m² abgerechnet. Die Verwertung oder Entsorgung erfolgt im Rahmen der Pos. 02.08 und 02.09.

2. Anbau Rathaus von 1970

Das Rathaus der Stadt Korbach besteht aus einem mittelalterlichen Teil (bleibt erhalten) und dem dreigeschossigen Anbau (wird rückgebaut) mit Sitzungssaal. Der Anbau mit Abmessungen von ca. 52 x 30 m hat eine Höhe von ca. 12 m, wobei der Sitzungssaal ca. 2,7 m über die Dachgeschossdecke heraussteht.

Das gesamte Gebäude wird als Verwaltungs- und Bürogebäude von der Stadt Korbach genutzt mit insgesamt ca. 2.700 m² beheizter Nutzfläche.

Der Hauptzugang des Rathauses befindet sich im Erdgeschoss auf der Nord-West-Seite. Durch einen Windfang gelangt man in das großzügige Foyer, in dem sich der Empfang befindet. Von dort erreicht man das Bürgerbüro, das Magistrat-Sitzungszimmer und das im Osten angelagerte Großraumbüro. Der 3-geschossigen Altbau auf der Süd-West-Seite wird ebenfalls vom Foyer aus erschlossen. Das Treppenhaus und der Aufzug sind frei zugänglich, um in die untere und obere Etage zu gelangen. Die Nebenräume, wie WCs und Putzmittelräume sind in Gebäudemitte direkt an den Treppenhauskern angelagert.

Im Kellergeschoss sind das Einwohnermeldeamt und das Ordnungsamt angelagert, die über einen separaten Eingang für den Kundenverkehr erschlossen werden. Außerdem befinden sich zahlreiche Lager und Archivräume, ein Sozialraum, eine Poststelle sowie die Technikräume (Heizung, Lüftung, usw.) im Kellergeschoss.

Im ersten Obergeschoss befinden sich ein Sitzungssaal und ein Großraumbüro. Die Nebenräume sind wie im EG beschrieben an den Treppenhauskern angelagert. Zusätzlich befinden sich auf dieser Etage ein Kopier- und EDV-Raum.

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

02.04

Entkernung**Ziele der Entkernung**

Grundsätzlich wird mit der Entkernung das Ziel verfolgt, sämtliche nicht mineralischen Bauteile/ technischen Installationen und sämtliche Boden-/ Wand-/ Decken- und Dachaufbauten (innen, außen; mehrschichtig bzw. -lagig; auch mineralisch) bis zur Rohkonstruktion der Rückbauobjekte auszubauen/zu demontieren, sämtliche Stofffraktionen zu separieren und die Materialien sortenrein für die Verwertung/Entsorgung bereitzustellen.

Hierzu zählen u.a. PVC-Materialien, KMF (Kategorie I), Holz A1 bis A3, Leuchtstoffröhren, Kondensatoren, Dachbahnen, Schwarzanstriche, Kunststoffe, Gipsbaustoffe, etc.

Auch alle zu demontierenden Bauteile zur Herstellung des ehemaligen Rohbauzustandes, die aus mehreren Einzelbestandteilen verschiedener Stoffe bestehen, müssen gemäß Baubeschreibung in die Einzelfraktionen wie z.B. Holz, Metall, Glas oder Kunststoff separiert werden. Falls diese Trennung/ Separierung innerhalb einer Verwertung maschinell erfolgt, muss dies von der verwertenden Stelle bestätigt werden.

Die zu entfernenden Materialien sind unter Berücksichtigung der Abfallschlüssel so auszubauen und zu separieren, dass sortenreine Stofffraktionen angelegt und verwertet bzw. entsorgt werden können.

Dachabdichtung

Im Jahr 2002 wurde wegen Feuchtigkeitsschäden das Flachdach des Anbaus saniert. Dazu wurde die damalige Kiesschüttung entfernt und auf der alten Dachabdichtung eine weitere Dachabdichtung mit 60 mm Wärmedämmschicht und einer Dachabdichtung aus Alwitra-Evalon V, 2,2 mm dick aufgebaut. Der Rückbau der Dachabdichtung besteht daher voraussichtlich aus zwei aufeinander eingebauten Abdichtungsschichten und zwei Dämmschichten, die im Rahmen des selektiven Rückbaus entfernt werden müssen. Da bei Ausschreibung nicht bekannt war, aus welchem Material die alte Dichtungsschicht besteht, wird diese nach Angabe der Dachdeckerfirma als Bitumendachbahn ausgeschrieben - siehe [PA13].

Der Rückbau und die Entsorgung der Befestigungsmittel der Dacheindeckung (auch zwischen den einzelnen Elementen) ist in den Positionen der Dachabdichtung einzukalkulieren.

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

02.06 **Selektiver Rückbau**

Allgemeine Hinweise Kompletrückbau

Der Anbau wird inklusive Fundamente und Bodenplatte vollständig rückgebaut und das Abbruchmaterial zur Verwertung bereitgestellt. Der Rückbau erfolgt nach Abschluss und Abnahme sowie Freigabe der vollständigen Entkernungs- und Dekontaminationsarbeiten durch die Bauleitung des AG.

Sofern ein Abbruch ohne Freigabe erfolgt, sind die ggf. nicht separierten/ sortenreinen Abbruchmaterialien auf Kosten des AN zu entsorgen.

Der Rückbau umfasst im Wesentlichen:

- den maschinellen Abbruch der definierten Bausubstanz inkl. Separation der einzelnen Materialien (Beton Stahlbeton, Mauerwerk Ziegel, Fliesen/Keramik, Stahl, Bewehrung)
- das Abtrennen und Separieren von Stahlarmierungen, weiteren Einbauten, die im Zuge der Entkernung nicht entfernt wurden
- das Zerkleinern der Abbruchmaterialien in transportgerechte Einheiten (nach Angabe der Entsorgungsstelle)

Der Einsatz einer Brecheranlage zur Aufbereitung des mineralischen Abbruchmaterials ist auf der Baustelle nicht erlaubt!

Vor Beginn der Arbeiten ist das gewälte Abbruchverfahren mit dem AG abzustimmen und von diesem freigeben zu lassen. Für Schäden, die im Zuge der Abbruch- und Zerkleinerungsverfahren an umliegenden Gebäuden / Einrichtungen / Flächen außerhalb und innerhalb des Rückbaubereiches entstehen, haftet der AN.

Die Tragfähigkeit einzelner Bereiche der Gebäude zur Befahrbarkeit/ Standplatznutzung ist durch den AN zu prüfen. Sich hieraus ergebende Belastungsgrenzen hinsichtlich der Einsatzplanung der Arbeitsgeräte ist entsprechend zu berücksichtigen. Des Weiteren ist zum Thema Standsicherheit der Gebäude während des Rückbaus AN-seitig ggf. ein geeigneter Statiker/ Tragwerksplaner hinzuzuziehen und die Rückbauplan [A6] zu beachten.

Sämtliche nicht mineralische Baumaterialien, die im Zuge der Entkernung nicht separat ausgebaut wurden und innerhalb des Totalabbruchs mitabgebrochen werden, wie z.B. geringe Mengen:

- Holz
- Gebäudefugenmaterialien aller Art
- Polystyrolplatten
- Feuchtigkeitssperren, z. B. Kunststoffolie unterhalb der Bodenplatte
- Putzdrahtgitter / Putzverstärkungsnetz

sind nachträglich aus der abgebrochenen Bausubstanz zu separieren. Der Mehraufwand zur Separierung aller nicht mineralischen Baumaterialien sind in den Einheitspreisen einzukalkulieren.

Das selektierte mineralische Ausbaumaterial ist für den Transport auf die Aufbereitungsanlage für die spätere Aufbereitung auf der Baustelle vorab auf eine Stückgröße von ca. < 60 cm x 60 cm vorzuzerkleinern.

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

02.06.0010 **Selektiver Rückbau**

Mit dieser Position werden nach erfolgten Schadstoffausbau / Entkernung und Freigabe durch den AG die statisch wirksamen Elemente des Gebäudes selektiv rückgebaut. Dazu gehören: z.B.:

- alle (tragenden) Innen- und Außenwände
- Decken mit Balkone
- Bodenplatte

einschließlich der Fundamente, Balkone, externen "Kältehaus".

Alle Arbeiten sind unter Verwendung der unter Pos. 01.04 des LV aufgeführten Arbeitsschutzmaßnahmen des Rückbaukonzept durchzuführen und die sich daraus ergebenden Erschwernisse und Verzögerungen in die Einheitspreise einzukalkulieren.

Der selektive Rückbau erfolgt i.d.R. maschinell, getrennt nach Baustoffen/Bauteilen. In Eigenverantwortung des AN sind die Gerätschaften und Materialien für die Kontrolle/ Deklaration zur gesicherten Festlegung des vom AN vorgesehenen Entsorgungsweges durch den AN noch näher zu inspizieren und für eine evtl. erforderliche weitere Entsorgungsanalytik zu untersuchen. Die dafür erforderlichen Laboranalysen sind Leistungen der Positionen 02.10. Wartezeiten für eine weitergehende Entsorgungsanalytik gemäß Entsorgungs- bzw. Verwertungsweg des AN sind einzukalkulieren und werden nicht zusätzlich vergütet.

Laden, baustelleninterne Transporte, geländenahes Verfahren bis zum Verlade- oder Vorhaltungsort, fachgerechte Einlagerung in geeignete Transport- und Entsorgungsbehältnisse oder Mieten, Laden für Abtransport.

Eine evtl. erforderliche Transportbereitstellung, bauzeitliche Vorhaltung von Containern oder sonstigen Transportbehältnissen sowie Aufmietung, die von den Transport- und Entsorgungsmodalitäten des AN gem. Positionen 02.08 und 02.09 abhängt, hat In Eigenregie des AN zu erfolgen und ist in vollem Umfang vom AN in die Einheitspreise in den Positionen einzukalkulieren (zwischenzeitliches Absetzen, Umfüllen und Befüllung von Containern oder Mieten, Abdeckung von Containern oder Mieten mit geeigneter Baufolie bzw. Planen, erneutes Wiederaufnehmen, Verfahren etc.).

Arbeitsablaufbedingt erforderliches, zwischenzeitliches Absetzen / Aufnehmen von Räum- und Demontagegut wird ebenfalls nicht separat vergütet, inkl. aller erforderlichen Nebenarbeiten.

Einschließlich: Gestellung und Betrieb, Auf- und Abbau aller erforderlichen Gerätschaften und Betriebsmittel, aller Installationsarbeiten und dafür notwendigen Materialien und Hilfskonstruktionen, Gerüste, Absperrungen und Maßnahmen gegen Absturz, Beleuchtungsmittel, mobile Einrichtungen zur Baustromerzeugung, Schaffung von Zuwegungen zur sicheren, fach- und fristgerechten Erbringung der Leistungen.

Das anfallende Altmetall ist vom AN zu verwerten. Der daraus resultierende Rückerlös des AN ist bei der Preisbildung für den selektiven Rückbau einzukalkulieren. Im Rahmen der Verwertung sind die Verwertungspositionen für diese "Wertstoffe" als Mengenangabe für die wissenschaftliche Begleitung des Projektes zu sehen.

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
		Die Transport und die Wiederverwertung / Entsorgung der Materialien erfolgt gesondert gemäß den Positionen 02.08 und 02.09.		
		Die Vergütung dieser Pos. im Rahmen einer Totalabbruchmaßnahme erfolgt pauschal nach Aufmass m ³ umbauten Raum. In dieser Pauschale sind alle Demontagemassnahmen gemäß dem Abbruch- und Entsorgungskonzept [PA13] und der Abbruchgenehmigung [PA17] für den gesamten selektiven Rückbau einschließlich der Fundamente bis 1,0 m unter OK Bodenplatte, der Balkone, des externen Rückkühlwerk usw. des Gebäudes einzukalkulieren.		
	18000	m³	.....	.....
02.06.0020		Zulage zur Vorpos. Selektiver Rückbau Fundamente bis 1,2 m		
		Zulage zur Vorpos. Selektiver Rückbau Fundamente bis 1,2 m wie vor jedoch Fundamente bis 1,2 m unter OK Bodenplatte des Gebäudes rückbauen.		
	65	m²	.....	.....
Summe 02.06		Selektiver Rückbau		.....

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

02.08 **Transport und Verwertung**

Hinweis Urban Mining Konzept zu den Positionsbeschreibungen Beton [A1], Entsorgungsgebühr

Für den Neubau des Rathauses soll ein Großteil des selektiv rückgebauten Betons des Altbaus als sortenreine rezyklierte Gesteinskörnung 4/22 mm für Beton nach DIN EN 12620/DIN 4226-101 an einer geeigneten und zugelassenen Aufbereitungsanlage aufbereitet werden. Dazu ist es notwendig, dass der Beton bis zum Abruf von der Betonmischanlage von der Aufbereitungsanlage aufbereitet wird und in Abhängigkeit von dem Baufortschritt des Neubaus von der Aufbereitungsanlage vorgehalten werden kann (Erstellung des Rohbaus des Neubaus nach dem Abbruch in ca. 9 Monate). Es werden bis zu 3000 t rezyklierte Gesteinskörnung für den Beton benötigt. Es ist davon auszugehen, dass hierfür ca. 5000 t Rückbaubeton von der Aufbereitungsanlage benötigt werden. Das gewählte Aufbereitungsunternehmen muss daher die Möglichkeit besitzen den Abbruchbeton bzw. die rezyklierte Gesteinskörnung - hergestellt aus dem Anbau des Rathauses Korbach - bis zu 9 Monate vorhalten zu können. Der Abfluss des Materials während der Bauphase ist dabei anfänglich mengenmäßig am Größten und nimmt während der Bauphase kontinuierlich ab.

"Entsorgungsgebühr"

Bei den Transport- und Verwertungspositionen ist grundsätzlich die Annahme- und Verwertungsgebühr der Aufbereitungsanlage in den Positionen mit einzukalkulieren.

"Schrotterlöse"

Im Rahmen der Verwertung sind die Verwertungspositionen für diese "Wertstoffe" als Mengenangabe für die wissenschaftliche Begleitung des Projektes zu sehen.

Verwertungs- und Entsorgungsmengenangaben

Die Verwertungs- und Entsorgungsmengenangaben im Abbruch- und Entsorgungskonzept [PA13] oder anderen Quellen enthaltenen Mengenangaben sind ca. Angaben und können sich im Laufe der Maßnahme entsprechend verändern. Dies ist in den Positionen einzurechnen. Mehr- oder Mindermengen sind grundsätzlich in den Verwertungs- oder Entsorgungs-Pos. einzurechnen und führen zu keiner nachträglichen Preisanpassung seitens des AN innerhalb des Projektes.

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

02.08.0010 **Beton, DIN EN 12620/DIN 4226-100**

Beton sortenrein laden, transportieren und verwerten.

Abfallschlüsselnummer nach AVV: 170101 - Beton,
Abfall ist als nicht gefährlich eingestuft gemäß Abbruch- und
Entsorgungskonzept [PA13],
Umweltverträglichkeit gemäß DIN 4226-101.

Abfall in Behälter oder Miete auf Baustelle lagernd, zur Verwertungsanlage
transportieren und verwerten.

Anforderung an die Verwertungsanlage: Zertifizierung nach DIN EN 12620
für die Herstellung einer rezyklierten Gesteinskörnung für Beton. Die
gewählte Aufbereitungsanlage muss in der Lage sein, das Betonmaterial
oder die rezyklierte Körnung für Beton für den Bau des Neubaus vorhalten zu
können:

Lieferanten, z.B.:
Baureka Baustoffrecycling GmbH, Kassel, Tel.: 0561 861848 0
Gra-Bak Bau GmbH, Korbach. Tel.: 05631 98598
Bautechnik Lobmeier e.K., Edermünde, Tel.: 05665 407600
Rohde, Adorf, Tel.: 05633 832

oder gleichwertiger Art siehe auch Unterlage [N1]

Angabe der gewählten Verwertungsanlage (Bezeichnung/Ort):

Das selektierte mineralische Ausbaumaterial ist für den Transport auf die
Aufbereitungsanlage für die spätere Aufbereitung auf der Baustelle vorab auf
eine Stückgröße von ca. < 60 cm x 60 cm vorzuzerkleinern.

Im Einheitspreis ist eine Vorhaltung des aufzubereitenden Materials von 3
Monaten bis zur Auslieferung einzukalkulieren.

Abrechnung nach Wiegescheine.

5000 t

.....

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

02.08.0020 **Vorhalten der aufbereiteten rezyklierten Gesteinskörnung 4/22 mm aus Beton, DIN EN 12620/DIN 4226-100 aus der Vorposition 02.08.0010**

Vorhalten der aufbereiteten rezyklierten Gesteinskörnung 4/22 mm aus Beton, DIN EN 12620/DIN 4226-100 aus der Vorposition 02.08.0010

während des Baus des Neubaus, bei der vom AN gewählten Aufbereitungsanlage als Pauschale.

Es ist davon auszugehen, dass in:

- den ersten drei Monaten für den Neubau ca. 1500 t rezyklierte Gesteinskörnung 4/22 mm abgerufen werden,
- den darauf folgenden drei Monaten für den Neubau ca. weitere 1000 t rezyklierte Gesteinskörnung 4/22 mm abgerufen werden,
- und die Restmenge von ca. 500 t in den letzten 3 Monaten der 9-monatigen Rohbauphase des Neubaus.

Bei der Wahl des Aufbereiters ist auch der Bezug der rezyklierten Gesteinskörnung für den Neubau preislich aus Sicht des AG zu berücksichtigen, obwohl der Einsatz der Körnung erst beim Neubau erfolgt.

Abrechnung nach Wiegescheine.

1 psch

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

02.08.0030

Beton Z 1.2

Beton sortenrein laden, transportieren und verwerten.

Abfallschlüsselnummer nach AVV: 170101 - Beton,
 Abfall ist als nicht gefährlich eingestuft gemäß Abbruch- und
 Entsorgungskonzept [PA13],
 LAGA Z 1.2.

Abfall in Behälter oder Miete auf Baustelle lagernd, zur Verwertungsanlage
 transportieren und verwerten.

Lieferanten, z.B.:
 Baureka Baustoffrecycling GmbH, Kassel, Tel.: 0561 861848 0
 Gra-Bak Bau GmbH, Korbach. Tel.: 05631 98598
 Bautechnik Lobmeier e.K., Edermünde, Tel.: 05665 407600
 Rohde, Adorf, Tel.: 05633 832

oder gleichwertiger Art siehe auch Unterlage [N1]

Angabe der gewählten Verwertungsanlage (Bezeichnung/Ort):

Das selektierte mineralische Ausbaumaterial ist für den Transport auf die
 Aufbereitungsanlage für die spätere Aufbereitung auf der Baustelle vorab auf
 eine Stückgröße von ca. < 60 cm x 60 cm vorzuzerkleinern.

Abrechnung nach Wiegescheine.

2400 t

.....

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

06 **Vorbereitung Neubau**

Baubeschreibung Vorbereitungsarbeiten Neubau

In einer Vorbetrachtung wird zum Zeitpunkt der Ausschreibungserstellung für den Bau des Neubaus von folgendem Bodenaufbau ausgegangen:

- OK FFB Sockelgeschoss +375,42 mNN
- 1 cm Belag
- 6 cm Verbundestrich
- 60 cm Fundamenthöhe einschließlich Platte
- 5 cm Sauberkeitsschicht
- 40 cm Unterbau

Damit liegt OK Baugrube des Neubaus voraussichtlich bei 374,30 m und die Baugrubentiefe am Historischen Rathaus, Stechbahn angrenzend bei max. 4,70 m.

Auf Basis des Aushub- und Rückverfüllplanes [A7] soll die Baugrube der Totalabbruchmaßnahme mit selektivem Rückbau schon für den Neubau auf Basis dieser Höhenangaben vorbereitet werden. Diese sind zur Zeit jedoch nicht verbindlich und können sich im Laufe der weiteren Planung für den Neubau noch ändern.

Der vorläufige Aushub- und Rückverfüllplan [A7] geht dabei von folgenden Flächen aus, die für den Neubau im Rahmen der Herstellung des Planums bzw. des Einbaus einer weiteren über dem Planum liegenden, zu erstellenden Frostschutzschicht vorbereitet werden sollen. Im Einzelnen geht es um folgende Flächen [A7] der Verkehrsfläche, um die ausgeschriebenen Rückbauobjekte. Beginnend an der Straßenecke Stechbahn – Prof. Kümmel-Str. ergeben sich im Urzeigersinn aufgeführt folgende Flächenangaben für die Verkehrsflächenbereiche V:

V1.	Pflasterbefestigung:	36 m ²
V2.	Treppenanlage Haupteingang in Waschbeton: <u>mit Beton-Winkelstützmauer: h = ca. 1 m, l = ca. 15 m</u>	387 m ² 15 m ²
V3.	Grünbeet:	16 m ²
V4.	Pflasterbefestigung:	300 m ²
V5.	Asphalt (inklusive auskragende Bauteile Bestand):	1.025 m ²
V6.	Grünfläche:	240 m ²
V7.	Pflasterbefestigung Hinterhaus:	140 m ²
V8.	Treppenanlage in Beton vor Stadtwache	12 m ²
V9.	Grünbeet vor Stadtwache:	24 m ²
V10.	Pflasterbefestigung neben Historischen Rathaus:	200 m ²
V11.	Grünfläche gebösch, neben Historischen Rathaus:	135 m ²
V12:	<u>Beton-Winkelstützmauer [S9]: h = ca. 2,5 m, l = ca. 25 m</u>	<u>63 m²</u>

Summe Verkehrsfläche: 2.515 m²

Summe Betonstützmauern (Wandfläche): 78 m²

Aus den Bestandsgebäuden einschließlich Keller ergibt sich folgende Fläche:

B1.	Anbau:	1.103 m ²
B2.	Kältehaus:	35 m ²
B3.	Hinterhaus (Summe aus 132 + 86 + 22 m ²):	220 m ²

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
	B4.	Stadtwache:		215 m ²
		Summe Bestand mit Keller:		1.573 m ²
		Summe Gesamtgrundstück:		4.088 m ²

Die Flächen- und Mengenangaben können auf Basis der vorliegenden Informationen nur sehr grob abgeschätzt werden.

Über diese Verkehrsflächen liegen zum jetzigen Zeitpunkt keine Detailinformationen zum Verkehrsflächenaufbau und keine Umwelt-Analyseergebnisse (nur für die Stützmauer – [S9]) vor. Diese müssen im Rahmen des Urban Mining-Konzepte [A1] und des Abbruch- und Entsorgungskonzeptes [PA13] für eine möglichst hochwertige Verwendung der anfallenden mineralischen Massen nach Eignung noch ermittelt werden und für eine hochwertige Verwertung aufeinander abgestimmt werden.

An Verkehrsflächen ergeben sich so folgende Positionen und Gesamtflächen:

1.	Pflasterbefestigung:	676 m ²
2.	Treppenanlage Haupteingang in Waschbeton:	387 m ²
3.	Asphalt (inklusive auskragende Bauteile Bestand):	1.025 m ²
4.	Treppenanlage in Beton vor Stadtwache	12 m ²
5.	Grünflächen eben und gebösch:	415 m ²
6.	<i>Beton-Winkelstützmauer*: h = ca. 1 m, l = ca. 15 m, weitere auf dem Gelände vorhandene Stützmauern aus Beton im Bereich der Grünflächen</i>	15 m ²
7.	<i>Beton-Winkelstützmauer* [S9]: h = ca. 2,5 m, l = ca. 25 m</i>	63 m ²

die in die folgenden Positionen „Vorbereitungsarbeiten Neubau“ einzukalkulieren sind:

Rückbau, Demontage und Verwertung der Verkehrseinbauten, wie z.B. sämtliche Stützanlagen für Fahrräder, Laternenanlagen mit elekt. Versorgungsleitungen, Verkehrsschilder mit Fundament Beton-Randsteine, Bordsteine mit Rückenstützbeton, Ver- und Entsorgungskanäle sowie Ver- und Entsorgungsschächte einschließlich der Leitungen, Stubbenentfernung (1 Stück, Durchmesser 1 x 40 bis 50 cm und 1 x ca. 0,70 bis 1,2 m) laut [A7].

Alle verwendeten Baustoffe sind gemäß den Zuordnungen der Verwertungs- und Entsorgungspositionen hinsichtlich Material und Abfallschlüsselnummer AVV ausreichend zu deklarieren, zuzuordnen und selektiv aufzunehmen und zu verwerten. Dazu sind während des Rückbaus in Abstimmung mit dem AG/Vertreter des AG Proben zu entnehmen und nach LAGA Boden bzw. Bauschutt untersuchen zu lassen. Die verschiedenen Materialien sind anschließend zu lösen und zu einem geeigneten Aufbereiter zu transportieren. Die Anforderungen an den Aufbereiter für die mineralischen Abfälle sind getrennt an anderer Stelle formuliert.

Ziel ist es einen möglichst hohen Anteil der Ausbaumaterialien der Verkehrsfläche und des dazugehörigen Erdbaus wieder für die Betonherstellung des Neubaus, das Planum, bzw. die Verfüllung unterhalb und ggf. einer Frostschuttschicht aus den Altbaumaterialien für den Neubau

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

aufzubereiten und somit hochwertig wieder zu verwenden [Urban Mining-Konzept 1].

Das selektierte mineralische Ausbaumaterial ist für den Transport auf die Aufbereitungsanlage für die spätere Aufbereitung auf der Baustelle vorab auf eine Stückgröße von ca. < 60 cm x 60 cm vorzuzerkleinern.

Die Brunnenanlage wird vom AG abgebaut und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgebaut.

Verwertungs- und Entsorgungsmengenangaben

Die Verwertungs- und Entsorgungsmengenangaben im Abbruch- und Entsorgungskonzept [PA13] oder anderen Quellen enthaltenen Mengenangaben sind ca. Angaben und können sich im Laufe der Maßnahme entsprechend verändern. Dies ist in den Positionen einzurechnen. Mehr- oder Mindermengen sind grundsätzlich in den Verwertungs- oder Entsorgungs-Pos. einzurechnen und führen zu keiner nachträglichen Preisanpassung seitens des AN innerhalb des Projektes.

Aufbereitung mineralische Abfälle:

Das selektierte mineralische Ausbaumaterial ist für den Transport auf die Aufbereitungsanlage für die spätere Aufbereitung auf der Baustelle vorab auf eine Stückgröße von ca. < 60 cm x 60 cm vorzuzerkleinern.

**blau, kursiv - Fläche senkrecht bei Stützmauern*



Luftbild

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
06.06	Herstellen Planum			
06.06.0010	Herstellen Planum für den Neubau auf Niveau 374,3 m üNN			
	Verfüllen der rückgebauten Fundamente (soweit nicht in Pos. 06.06.0070 vorgesehen) und Aufbringen einer mit dem AG gemäß Urban Mining-Konzept [A1] festgelegten mineralischen Ausgleichsschicht und ordnungsgemäßes Verdichten auf 374,3 m üNN in Abstimmung mit dem AG. Schichtdicke: 30 cm.			
	1900 m²		.....	.....
06.06.0020	Herstellen Planum für den Neubau auf Niveau 374,7 m üNN			
	Verfüllen der rückgebauten Fundamente (soweit nicht in Pos. 06.06.0070 vorgesehen) und Aufbringen einer mit dem AG gemäß Urban Mining-Konzept [A1] festgelegten mineralischen Ausgleichsschicht und ordnungsgemäßes Verdichten auf 374,7 m üNN in Abstimmung mit dem AG. Schichtdicke: 40 cm, 2 lagig.			
	1900 m²		.....	.....
06.06.0030	Verdichtungsprüfung auf OK Planum Baugrube			
	Verdichtungsprüfung auf OK Planum Baugrube. Vorhandene Verdichtung ist durch ein akkreditiertes Büro nachzuweisen und zu dokumentieren. Anzahl der vorgesehen und mit dem AG abzustimmenden Prüfungen: gemäß ZTV E-Stb sind mind. 6 x Lastplattendruckversuche zur Prüfung der Verdichtung auf OK Planum und insgesamt 6 x schwere Rammsondierungen bis 0,5 m unter Auffüllung in Abstimmung mit dem AG durchzuführen.			
	Zielwert: Verformungsmodul $E_{v2} = 60 \text{ MN/m}^2$ (stat. Lastplattendruckversuche nach DIN 18134) bzw. $E_{vd} = 30 \text{ MN/m}^2$ Die Werte sind zu dokumentieren. Die ggf notwendigen weiteren Verdichtungsarbeiten werden durch das Folgegewerk durchgeführt. Fläche: 1.800 m ² Die Kosten für die Verdichtungsprüfungen sind auf die Fläche des Planums pro m ² zu beziehen.			
	1900 m²		.....	.....
06.06.0040	Planum für Abrechnung herstellen			
	Planum für Abrechnung herstellen Planum in der Baugrube für die Abrechnung als Ebene für die Übergabe an den Rohbauer in Abstimmung mit dem AG herstellen.			
	Genauigkeit: +/- 1,5 cm			
	1900 m²		.....	.....

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

06.07 **Transport und Verwertung oder Entsorgung**

Aufbereitung mineralische Abfälle:

Das selektierte mineralische Ausbaumaterial ist für den Transport auf die Aufbereitungsanlage für die spätere Aufbereitung auf der Baustelle vorab auf eine Stückgröße von ca. < 60 cm x 60 cm vorzuzerkleinern.

"Entsorgungsgebühr"

Bei den Transport- und Verwertungspositionen ist grundsätzlich die Annahme- und Verwertungsgebühr der Aufbereitungsanlage in den Positionen mit einzukalkulieren.

Sonstige Abfälle

Sonstige anfallende Abfälle wie Metalle, Kupferkabel, Holz usw. sind im Rahmen der Pos. 02.08 und 02.09 zu entsorgen. Abrechnung nach Wiegescheine/"Mengenangabe".

Verwertungs- und Entsorgungsmengenangaben

Die Verwertungs- und Entsorgungsmengenangaben enthaltenen Mengenangaben sind ca. Angaben und können sich im Laufe der Maßnahme entsprechend verändern. Dies ist in den Positionen einzurechnen. Mehr- oder Mindermengen sind grundsätzlich in den Verwertungs- oder Entsorgungs-Pos. einzurechnen und führen zu keiner nachträglichen Preisanpassung seitens des AN innerhalb des Projektes.

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

06.08 **Lieferung von Schüttgütern (RC-Baustoffen) für die Vorbereitung des Neubaus**

Hinweis Urban Mining-Konzept - vergleiche mit Pos. 02.08, benötigte RC-Baustoffe

Gemäß Urban Mining-Konzept [A1, N1, N2] sind die mineralischen Abbruchmassen von ca. 11.000 t [N2] der selektiven Rückbaumaßnahme in einem möglichst hohen Anteil hochwertig für den Neubau wiederzuverwerten. Geeignete Massen sind daher während des selektiven Rückbaus für die Verwertung umwelttechnisch auf dem vom AG zu wählenden Sammellager zu separieren, zu deklarieren und in der Folge zum Aufbereiter abzufahren. Grundlage hierfür ist das Abbruch- und Entsorgungskonzept [PA13]:

- Dabei soll der zur Verfügung stehende Beton in erster Linie zu einer rezyklierten Gesteinskörnung für Beton nach DIN 12620/DIN 4226-101 in die Körnung 4/22 mm aufbereitet werden. In die Positionen sind daher die Vorhaltezeit der benötigten Menge (ca. 5000 t Rohmaterial, aus der sich voraussichtlich ca. 3000 t rezyklierte Gesteinskörnung 4/22 mm für Beton herstellen lassen. Als Koppelprodukt fallen hierbei ca. 2.000 t RC-Füllsand 0/4 aus dem Beton an, die extern zu verwerten sind.
- Weiterhin werden aus den anfallenden Massen eine Beton-Tragschicht ohne Bindemittel (Frostschuttschicht) in der Körnung 0/32 mm für die Herstellung des Planums und ggf. unter die voraussichtliche Fundamentplatte (Festlegung erfolgt noch durch den AG) sowie zur Auffüllung benötigt.

Insgesamt werden damit nach jetzigem Stand bis zu:

- bis zu ca. 3000 t rezyklierte Gesteinskörnung für Beton nach DIN 12620/DIN 4226-101 in die Körnung 4/22 mm benötigt. Diese muss bis zum Zeitpunkt der Verwendung im Betonwerk vom Aufbereiter für die Neubaumaßnahme vorgehalten werden,
- bis zu ca. 2800 t Beton-RC-Tragschicht ohne Bindemittel gemäß TL ToB für den Verkehrsflächenbau in der Körnung 0/32 mm,
- bis zu ca. 200 t für Auffüllarbeiten im Bereich der Fundamente 0/32 mm,

bei den Vorbereitungsarbeiten/Neubauvorhaben in den Neubau wieder zurückfließen. Diese Mengen können sich aber je nach notwendiger Gründungshöhe und Bauweise des Neubaus noch gravierend verändern (insbesondere Festlegung der Gründungshöhe, weitere Baugrunduntersuchungen, während der Abbruchmassnahme für den Neubau). Weitere derzeit nicht einplanbare Mengen werden ggf. noch für die späteren Geländearbeiten im Außenbereich des Neubaus benötigt.

Somit können voraussichtlich alle für den Neubau benötigten Mengen an Schüttgutstoffen als gütegesicherte RC-Baustoffe aus den Abbruchmassen gewonnen werden. Überschussmengen sind vom AN gewählten Aufbereiter zu verwerten. Werden dennoch ggf. zusätzliche Mengen, die nicht aus der Rückbaumaßnahme aufbereitet werden können - sei es aus bautechnischen oder umwelttechnischen Gründen - für die Baumaßnahme benötigt, sind diese vorzugsweise mittels RC-Baustoffe mit vergleichbaren Eigenschaften zu decken.

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

06.08.0010 RC-Frostschutzschicht 0/32 mm unter Fundamentplatte liefern

RC-Frostschutzschicht 0/32 mm unter Fundamentplatte liefern
 Tragschicht ohne Bindemittel 0/32 (Frostschutzschicht)
 in Verkehrsflächen nach RStO 12 der Belastungsklasse Bk1,8, nach ZTV
 SoB-StB 04 herstellen.
 Güteüberwachter Recycling-Baustoff nach TLG SoB-StB 04/07,
 Anforderungen gemäß den TL Gestein-StB 04/07 und TL SoB-StB 04/07.
 Umweltrelevante Merkmale: bis Laga Z1.2,
 aktuelles Prüfzeugnis ist vor Lieferung unaufgefordert beim AG vorzulegen.
 Baustoffgemisch 0/32 mm,
 Zieltragfähigkeit: Verformungsmodul Ev2 bei tragfähiger Unterlage und
 ausreichender Schichtdicke gemäß RStO 12 mind. 120 MN/m²,
 Schichtdicke 40 cm - 2-lagig.

Aufbereitet aus den selektiv rückgebauten Beton-Abbruchmassen des
 Rathauses Korbach.
 Im Einheitspreis ist eine Vorhaltung des aufzubereitenden Materials von 3
 Monaten bis zur Auslieferung einzukalkulieren.

Lieferanten, z.B.:
 Baureka Baustoffrecycling GmbH, Kassel, Tel.: 0561 861848 0
 Gra-Bak Bau GmbH, Korbach. Tel.: 05631 98598
 Bautechnik Lobmeier e.K., Edermünde, Tel.: 05665 407600
 Rohde, Adorf, Tel.: 05633 832

oder gleichwertiger Art siehe auch Unterlage [N1]

Gewähltes Produkt und Lieferant:

Abrechnung nach Wiegescheine.

1600 t
---------------	-------	-------

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

06.08.0020 RC-Frostschuttschicht 0/32 mm als Planumsschutzschicht liefern

RC-Frostschuttschicht 0/32 mm als Planumsschutzschicht liefern
 Tragschicht ohne Bindemittel 0/32 (Frostschuttschicht)
 in Verkehrsflächen nach RStO 12 der Belastungsklasse Bk1,8, nach ZTV
 SoB-StB 04 herstellen.
 Güteüberwachter Recycling-Baustoff nach TLG SoB-StB 04/07,
 Anforderungen gemäß den TL Gestein-StB 04/07 und TL SoB-StB 04/07.
 Umweltrelevante Merkmale: bis Laga Z1.2,
 aktuelles Prüfzeugnis ist vor Lieferung unaufgefordert beim AG vorzulegen.
 Baustoffgemisch 0/32 mm,
 Zieltragfähigkeit: Verformungsmodul Ev2 bei tragfähiger Unterlage und
 ausreichender Schichtdicke gemäß RStO 12 mind. 120 MN/m²,
 Schichtdicke 30 cm.

Aufbereitet aus den selektiv rückgebauten Beton-Abbruchmassen des
 Rathauses Korbach.
 Im Einheitspreis ist eine Vorhaltung des aufzubereitenden Materials von 3
 Monaten bis zur Auslieferung einzukalkulieren.

Lieferanten, z.B.:
 Baureka Baustoffrecycling GmbH, Kassel, Tel.: 0561 861848 0
 Gra-Bak Bau GmbH, Korbach. Tel.: 05631 98598
 Bautechnik Lobmeier e.K., Edermünde, Tel.: 05665 407600
 Rohde, Adorf, Tel.: 05633 832

oder gleichwertiger Art siehe auch Unterlage [N1]

Gewähltes Produkt und Lieferant:

Abrechnung nach Wiegescheine.

1200 t	
---------------	--	-------	-------

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus
 LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
----	-------	---------	-------------------	------------------

06.08.0030 RC-Frostschuttschicht 0/32 mm für die Auffüllung der Fundamente und Unebenheiten liefern

RC-Frostschuttschicht 0/32 mm für die Auffüllung der Fundamente und Unebenheiten liefern
 Tragschicht ohne Bindemittel 0/32 (Frostschuttschicht)
 in Verkehrsflächen nach RStO 12 der Belastungsklasse Bk1,8, nach ZTV SoB-StB 04 herstellen.
 Güteüberwacher Recycling-Baustoff nach TLG SoB-StB 04/07, Anforderungen gemäß den TL Gestein-StB 04/07 und TL SoB-StB 04/07.
 Umweltrelevante Merkmale: bis Laga Z1.2, aktuelles Prüfzeugnis ist vor Lieferung unaufgefordert beim AG vorzulegen.
 Baustoffgemisch 0/32 mm,
 Zieltragfähigkeit: Verformungsmodul Ev2 bei tragfähiger Unterlage und ausreichender Schichtdicke gemäß RStO 12 mind. 120 MN/m², Schichtdicke bis zu 1 m.

Aufbereitet aus den selektiv rückgebauten Beton-Abbruchmassen des Rathauses Korbach.
 Im Einheitspreis ist eine Vorhaltung des aufzubereitenden Materials von 3 Monaten bis zur Auslieferung einzukalkulieren.

Lieferanten, z.B.:
 Baureka Baustoffrecycling GmbH, Kassel, Tel.: 0561 861848 0
 Gra-Bak Bau GmbH, Korbach. Tel.: 05631 98598
 Bautechnik Lobmeier e.K., Edermünde, Tel.: 05665 407600
 Rohde, Adorf, Tel.: 05633 832

oder gleichwertiger Art siehe auch Unterlage [N1]

Gewähltes Produkt und Lieferant:

Abrechnung nach Wiegescheine.

200 t

06.08.0040 Vorhalten der RC-Frostschuttschicht aus Beton aus den Vorpositionen 06.08.0010 bis 06.08.0030 auf der Aufbereitungsanlage

Vorhalten der RC-Frostschuttschicht aus Beton aus den Vorpositionen 06.08.0010 bis 06.08.0030 während der gesamten Ausführungszeit bei der vom AN gewählten Aufbereitungsanlage. Abrechnungsgrundlage ist die beim Aufbereiter durch den AG/BL angemeldete benötigte spätere Menge auf Basis des noch zu erstellenden Bauablaufplanes für den Neubau.
 Abgerechnet wird die Menge pro t/Monat.

Abrechnung nach Wiegescheine.

500 t/Mo

Projekt: Selektiver Rückbau Anbau Rathaus Korbach mit Nebengebäuden Stadtwache und Hinterhaus

LV-Bezeichnung: Selektiver Rückbau / Neubau Rathaus Korbach

OZ	Menge	Einheit	Einheitspreis EUR	Gesamtbetrag EUR
Summe 06.08	Lieferung von Schüttgütern (RC-Baustoffen) für die Vorbereitung des Neubaus			.....

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

Vorbemerkung Urban Mining-Konzept

Im Mittelpunkt des Modellprojektes in Korbach steht die hochwertige Verwertung von mineralischen Abbruchabfällen aus dem Gebäudebestand für deren erneuten Einsatz im Hochbau (Urban Mining). Dabei werden möglichst geschlossene Stoffkreisläufe für den Hoch- und Tiefbau angestrebt, um ressourceneffektiv und -schonend neue Bauvorhaben zu verwirklichen und damit den politischen und gesetzlichen Forderungen unserer Zeit zu genügen.

Anhand des Modellprojekts ‚Rathaus Korbach‘ werden die Möglichkeiten eines selektiven Rückbaus mit anschließendem ortsnahen Recycling der mineralischen Abbruchmaterialien ausgeschrieben. Im Mittelpunkt des Rückbaus steht dabei den Beton aus dem Bestandsgebäude wieder als rezyklierte Gesteinskörnung in Betonbauteilen für den Neubau zu nutzen. Auch die weiteren Baustoffe aus den Bestandsgebäuden sollen einer möglichst hochwertigen Verwertung zugeführt werden.

Die Ergebnisse fließen als Modellvorhaben in die Erarbeitung eines ‚Leitfadens für ressourcenschonendes Bauen im Land Hessen‘ ein. Die Verbreitung des Wissens über die Existenz entsprechender Lösungsansätze und die Möglichkeiten, die diese beinhalten, sind eine erkannte Voraussetzung dafür, dass sich ressourcenschonendes Bauen zukünftig am Markt etablieren kann.

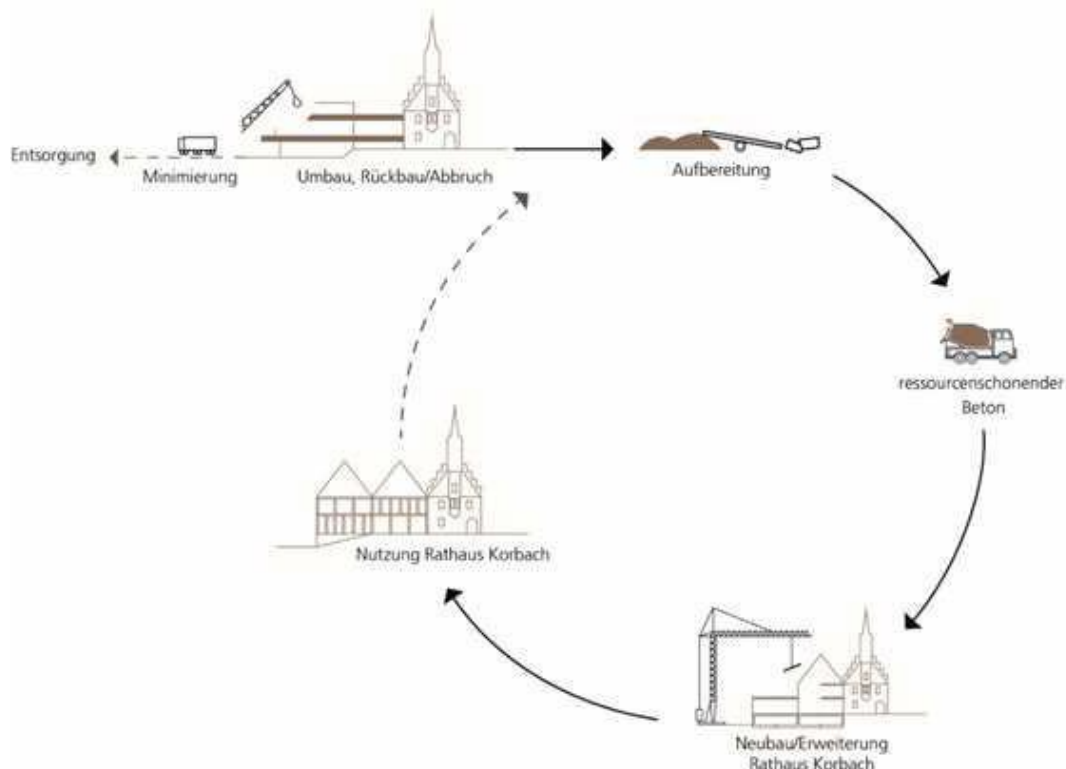


Bild 1: Urban Mining Konzept Rathaus Korbach (Quelle: A. Rosen, [A1])

Lage der Bestandsobjekte

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

Das Rathaus von Korbach liegt im historischen Innenstadtkern und besteht derzeit aus einem denkmalgeschützten Altbau gotischen Ursprungs und einem Anbau aus dem Jahr 1970, der zu Beginn der Neubauarbeiten komplett abgebrochen ist.



Bild 2: Luftbild mit Lage der Bestandsgebäude (Quelle: Geoportal Hessen; 09.07.2018 aus [A1])

Die Stadt Korbach plant im Rahmen dieser Ausschreibung den Rohbau für das Haupt- und Nebengebäude an den Stellen des "Anbau Rathaus", "Nebengebäude, Stadtwache, Stechbahn" und "Hinterhaus Stechbahn".

Weiterhin gehört zu dem Neubauvorhaben der Bau eines Nebengebäudes, welches im Untergeschoss mit dem Hauptgebäude über einen Verbindungsgang verbunden wird. Das Nebengebäude ist auf dem Grundstück Stechbahn 5 geplant. Eine Menge des Ziegelmauerwerks der Stadtwache dient auch im Rahmen des Urban Mining-Konzeptes als Rohstoff für den Neubau.

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----



Bild 3: Historisches Rathaus (rechts) und Anbau von 1970 (links) aus [A1]

Aufbereitung der mineralischen Baustoffe/Abfälle

Das Umsetzen des Urban Mining-Konzeptes wird durch die vorlaufende Abbruchmaßnahme umgesetzt, die Entsorgung der allgemeinen Abfälle, insbesondere für die mineralischen Abfälle aus dem selektiven Rückbau der Totalabbruchmaßnahme auch die Vorhaltung, Aufbereitung und Lieferung der für den Neubau benötigten RC-Baustoffe/rezyklierten Gesteinskörnungen.

Dabei sollen die aufbereiteten, geeigneten RC-Baustoffe/rezyklierte Gesteinskörnungen für den Neubau:

- bei Auffüll- und Verfüllmaßnahmen wieder eingesetzt werden, z.B. Verfüllung Fundamente, Plannum, Frostschuttschicht - während dieser Rückbaumaßnahme,

und besonders als

- rezyklierte Gesteinskörnung für Beton nach DIN EN 12620 / DIN4226-101 (spätere Verwendung für den Neubau)

hochwertig verwendet werden. Die rezyklierte Gesteinskörnung für Beton ist in der Körnung 4/22 mm, Typ 1 und Typ 2 nach DIN 4226-101 hergestellt. Die bei der Aufbereitung anfallenden Gesteinskörnungen 0/4 mm und > 22 mm sind von der Aufbereitungsanlage in die Körnung 0/4 für Auffüllmaterialien und in die Körnung 0/32 mm als Frostschuttschicht aufbereitet.

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

Zeitlicher Ablauf:

Beginn Rückbauarbeiten:	18.03.2019
Dauer: Rückbauarbeiten:	ca. 3 Monate
Fertigstellung Rückbau/ Start Neubauarbeiten:	
Dauer: Rohbauarbeiten Neubau:	ca. 9 Monate

Bietererklärung

Der Bieter erklärt durch seine Unterschrift

- a) dass er über erforderliche Zulassungen und Genehmigungen verfügt,
- b) dass der vorhandene Gerätepark den Unfallverhütungsvorschriften entspricht,
- c) dass sein Personal ausreichend qualifiziert, geeignet und hinsichtlich Arbeitssicherheit, Gesundheitsschutz unterwiesen ist,
- d) dass eine ausreichende Haftpflichtversicherung für Personen- und Sachschäden besteht, die ebenfalls Schäden einschließt, welche durch falsche Bedienung oder Aufstellung von Verkehrsanlagen sowie mangelhafte Beleuchtung der Baustelle entstehen,
- e) dass er Mitglied der Bauberufsgenossenschaft ist Mitglieds-Nr. : '.

.....
 (Rechtsgültige Unterschrift des Bieters)

Bieter, die diese Erklärung nicht unterzeichnet haben, können aus der Wertung ausgeschlossen werden.

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

Allgemeine Technische Vorbemerkungen bzgl. des Einsatzes rezyklierter Gesteinskörnung für Beton.

Für das Bauvorhaben Rathaus Korbach wurde ein umfassendes "Urban Mining Konzept" zur Verwertung der mineralischen Abbuchmaterialien aus dem Bestandsgebäude für die Betonbauteile des Neubaus erstellt. Für die Umsetzung des Konzepts sind folgende Aspekte verbindlich zu berücksichtigen:

1. die rezyklierte Gesteinskörnung aus dem Rückbau des Rathaus-Anbaus wird beim Aufbereitungsbetrieb in einer Entfernung zur Baustelle von ca. 50 km bereitgestellt und ist von dort für die Herstellung der Betonbauteile des Neubaus abzuholen.
- 2. Alle Betonbauteile des Neubaus sind mit rezyklierter Gesteinskörnung herzustellen. Maßgeblich ist die DAfStb-Richtlinie "Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620" (2010). In den Positionen der Ortbetonbauteile sind Normalbetone DIN EN 206, DIN 1045-2, ohne RC-Baustoffe und industriell hergestellte Gesteinskörnungen ausgeschrieben. Die Mehraufwendungen für den Einsatz des rezyklierten Zuschlagmaterials sind in separaten Pos. zu kalkulieren. Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass die unterschiedlichen Anforderungen in den Positionen nicht im Widerspruch zueinander stehen, die separaten Positionen für den Einsatz der Rezyklate sind als Zulage zu den Normalbetonpos. zu verstehen.**
3. Für den Ortbeton des Tragwerks wird das Sekundärmaterial als rezyklierte Gesteinskörnung Typ 1 nach DIN 4226-101 (mit mind. 90% Betonanteil) bereitgestellt und ist in dieser Form für die Herstellung der tragenden Betonbauteile zu verwenden.
4. Für die Betonfertigteile der Fassade wird ebenfalls das Sekundärmaterial als rezyklierte Gesteinskörnung Typ 1 nach DIN 4226-101 bereitgestellt. Der genaue Anteil an Rezyklats aus dem Bestand wird nach der Herstellung des/der Mock-ups entschieden und ist dementsprechend zu verwenden.
5. Die Rezyklate werden güteüberwacht nach DIN 4226-101 bzw. 4226-102 sowie DIN EN 12620 bereitgestellt (inkl. CE-Kennzeichnung). Erforderliche Prüfungen beim Transportbetonwerk oder Fertigteilhersteller hat der Auftragnehmer zu tragen.
6. Ein Überschuss an zertifizierter rezyklierter Gesteinskörnung (nach Deckung des Bedarfs für den Beton) soll für die Schottertragschicht unterhalb der Bodenplatte und/oder unterhalb von Pflasterungen im Außenbereich verwendet werden.
7. Sekundärmaterial ohne Eignung für den Einsatz in Beton (Feinanteile) soll, sofern die Anforderungen gemäß LA-GA M 20 erfüllt werden, für die Auffüllung des Rathausvorplatzes und/oder die Verfüllung der Baugrube verwendet werden.

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude
 07.2 Beton- und Stahlbetonarbeiten
 07.2.03 Gründung

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

Übertrag:

.....

12 St

07.2.03.0140 Zulage Betonherstellung CEM III Hochofenzement.
 Zulage Betonherstellung CEM III Hochofenzement.
 Für die Betonherstellung ist die CEM III (Hochofenzement) mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt (zusätzlicher NA-Kennzeichnung) zu verwenden. Der niedrige wirksame Alkaligehalt ist erforderlich, da die recycelte Gesteinskörnung aufgrund unbekannter Herkunft der Zuschlagstoffe in die Alkali-Beständigkeitsklasse E III S eingestuft wird und weil der Verbundestrich mit Wasserglas (Alkali-Silikat) behandelt werden soll.

486 m³

07.2.03 Gründung

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude
 07.2 Beton- und Stahlbetonarbeiten

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

07.2.05 Dämmung Sohlplatte / Außenwände Sockelgeschoss / Sockelbereich

07.2.05.0010 Schaumglasschotter d=40 cm.
 Schaumglasschotter d=40 cm.
 Einbau von Schaumglasschotter als kapillarbrechende, lastabtragende Wärmedämmung unter Gründungsbauteilen.
 Liefern, transportieren und fachgerecht einbauen einer Schaumglasschotter-Schicht auf vorbereitetes Erdplanum.
 Mittleres Schüttgewicht 150 kg/m³.
 Bemessungswert der Druckspannung (bei max. 2 % zul. Setzung der Wärmedämmschicht) f_{cd} = 275 kN/m².
 Wärmeleitfähigkeit: Lambda grenz. = 0,08 W/mK, Lambda bem. = 0,11 W/mK.
 Körnung ca. 10/60 mm.
 Als wärmedämmende, lastabtragende Schicht unter Gründungsbauteilen verteilen und mit geeigneten Geräten nach den Einbaurichtlinien des Herstellers 1,3:1 verdichten.
 Einbauhöhe verdichtet: 40 cm.
 Für die Ebenheitstoleranz der verdichteten Fläche ist die DIN 18202 maßgebend.
 Der Einbau hat bei der verdichteten Einbauhöhe von 40 cm zwei- oder mehrlagig zu erfolgen.
 Leistung inkl. aller erforderlicher Arbeitsmittel und Nebenleistungen.
 Für das Material ist eine allg. bauaufsichtliche Zulassung nachzuweisen.
 Abgerechnet wird die Grundfläche der gedämmten Gründungsbauteile.

Fabrikat:

785 m²

07.2.05.0020 Tragfähigkeitsprüfung mit statischem Plattendruckversuch.
 Tragfähigkeitsprüfung mit statischem Plattendruckversuch.
 Ausführung eines statischen Plattendruckversuchs nach DIN 18134 unter Beachtung der Vorgaben des Herstellers des Schaumglasschotters für leichte Schüttstoffe. Prüfung auf vorbereitetem Planum.

2 St

07.2.05.0030 Grundposition Gruppe 1
 Wärmedämmschicht an Wänden aus Schaumglasplatten.
 Wärmedämmschicht an Wänden aus Schaumglasplatten.
 Nach DIN EN 13167, Typ PW/ds nach DIN 4108, Teil 10, mit besonderer Formbeständigkeit.
 Mittlere Druckfestigkeit (Werksstandard) 0,75 N/mm².
 Wärmeleitfähigkeit (Bemessungswert) = 0,042 W/(mK)
 Steifemodul 100 N/mm²
 Dicke 200 mm.
 Vollflächig an den aufgehenden Bauteilen (Bodenplatte, Überstände der Bodenplatten und Außenwände) verlegen, keine Verklebung untereinander und mit dem Untergrund. Die Dämmplatten sind sukzessive mit der Verfüllung zu verlegen. Auf eine dicht gestoßene Verlegung und die Vermeidung von Kreuzfugen ist zu achten. Die Dämmplatten sind mittels einer geeigneten Schutzschicht aus Filtermatten gegen Beschädigung zu schützen. Die Schutzschicht ist in dieser Position einzurechnen.

Übertrag:

17IB_119RHK Rathaus Korbach

KG 300_Rohbauarbeiten

07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude

07.2 Beton- und Stahlbetonarbeiten

07.2.05 Dämmung Sohlplatte / Außenwände Sockelgeschoss / Sockelbereich

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

Übertrag:

Für die Schaumglasplatten ist eine allg. bauaufsichtliche Zulassung nachzuweisen..

Technische Spezifikation nach DIN 1960, VOB Teil A. Wesentliche Anforderungen:
 - Umweltdeklaration nach ISO 14025
 - ISO 9001 : 2008.

Fabrikat:

283 m²

07.2.05.0040

STLB-Bau 10/2018 013

Alternativposition Gruppe 1, Variante 1

Perimeterdämmung PS-Hartschaum XPS 0,035W/(mK) D 200mm PW ds

Perimeterdämmung mit Dränfunktion, vlieskaschiert, auf Kelleraußenwand,

Beanspruchung durch von außen drückendes Wasser und aufstauendes

Sickerwasser DIN 18195-6, aus Polystyrol-Hartschaum XPS DIN EN 13164,

Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit max. 0,035 W/(mK), Dicke 200 mm,

Anwendungsgebiet DIN 4108-10 PW, sehr hohe Druckbelastbarkeit - ds,

Befestigung gemäß bauaufsichtlicher Zulassung.

283 m² nur E-Preis

07.2.05 Dämmung Sohlplatte / Außenwände Sockelgeschoss / Sockelbereich

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude
 07.2 Beton- und Stahlbetonarbeiten

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
07.2.06	Sockelgeschoss				
07.2.06.0010	STLB-Bau 10/2018 013 TA Ortbeton Außenwand Stahlbeton C30/37 SB2 D 25-40cm Ortbeton Außenwand, obere Betonfläche waagrecht, als Stahlbeton, Normalbeton C 30/37 DIN EN 206, DIN 1045-2, ohne RC-Baustoffe und industriell hergestellte Gesteinskörnungen, Expositionsklasse Frostangriff mit und ohne Taumittel XF3, Expositionsklasse Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung XC3, Feuchtigkeitsklasse Betonkorrosion, in feuchter Umgebung WF, Konsistenzklasse F3, mit hohem Wassereindringwiderstand, als Sichtbeton, mit normalen Anforderungen, Klasse SB 2 gemäß DBV-Merkblatt "Sichtbeton", Dicke über 25 bis 40 cm, Ausführung gemäß Einzelbeschreibung, Einzelbeschreibungs-Nr 'Außenwand, angeschüttet, Bodenfeuchte mit nichtstauenden Sickerwasser, Cnorm = 3,50 cm' Ausführung im Kellergeschoss.	72	m³	.....	.....
07.2.06.0020	STLB-Bau 10/2018 013 TA Ortbeton Außenwand Stahlbeton C25/30 SB2 D 25-40cm Ortbeton Außenwand, obere Betonfläche waagrecht, als Stahlbeton, Normalbeton C 25/30 DIN EN 206, DIN 1045-2, ohne RC-Baustoffe und industriell hergestellte Gesteinskörnungen, Expositionsklasse Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung XC3, Feuchtigkeitsklasse Betonkorrosion, in feuchter Umgebung WF, Konsistenzklasse F3, mit hohem Wassereindringwiderstand, als Sichtbeton, mit normalen Anforderungen, Klasse SB 2 gemäß DBV-Merkblatt "Sichtbeton", Dicke über 25 bis 40 cm, Ausführung gemäß Einzelbeschreibung, Einzelbeschreibungs-Nr 'Außenwand, nicht angeschüttet Cnorm = 3,50 cm' Ausführung im Kellergeschoss.	18	m³	.....	.....
07.2.06.0030	STLB-Bau 10/2018 013 Schalung Außenwand Trägerschalung Schalungspl. H 3-4m Schalung Außenwand, Stirnabschalung wird gesondert vergütet, Schalungshaut geeignet für sichtbar bleibende Betonflächen, mit normalen Anforderungen, Klasse SB 2 gemäß DBV-Merkblatt "Sichtbeton", als Trägerschalung aus Schalungsplatten, für scharfkantige Betonkanten, Oberfläche filmbeschichtet, geschraubt und verspachtelt, Stöße geordnet, Hüllrohr aus Faserzement, Verschluss der Ankerstellen durch Faserzementstopfen, Ankerstellen bündig, Bauteilhöhe über 3 bis 4 m, Ausführung gemäß Einzelbeschreibung.	704	m²	.....	.....
07.2.06.0040	STLB-Bau 10/2018 013 Schalung Öffnung T 20-30cm 10000-25000cm2 Außenwand				

Übertrag:

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude
 07.2 Beton- und Stahlbetonarbeiten
 07.2.06 Sockelgeschoss

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

Übertrag:

Dübelleiste Du. 16 mm, 3 Anker

Dübelleiste als Durchstanzbewehrung mit 3 Anker
 Ankerdurchmesser dA = 16 mm,
 Ankerhöhe 235 mm,
 Ankeranzahl 3 Stück,
 Länge der Dübelleiste L = 510 mm.

Fabrikat/ Typ:

.....

8 St

07.2.06.0520

Zulage Betonherstellung CEM III Hochofenzement.
 Zulage Betonherstellung CEM III Hochofenzement.
 Für die Betonherstellung ist die CEM III (Hochofenzement) mit niedrigem
 wirksamen Alkaligehalt (zusätzlicher NA-Kennzeichnung) zu verwenden.
 Der niedrige wirksame Alkaligehalt ist erforderlich, da die recycelte
 Gesteinskörnung aufgrund unbekannter Herkunft der Zuschlagstoffe in die
 Alkali-Beständigkeitsklasse E III S eingestuft wird und weil der Verbundestrich
 mit Wasserglas (Alkali-Silikat) behandelt werden soll.

370 m³

07.2.06 Sockelgeschoss

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude
 07.2 Beton- und Stahlbetonarbeiten
 07.2.10 Sonstiges

Position	Beschreibung	Menge	Einheit	EP	GP
----------	--------------	-------	---------	----	----

Übertrag:

Wichte des Abbruchstoffes DIN EN 1991-1-1 26 kN/m³, Arbeitshöhe bis 4,5 m, Geräteeinsatz ist möglich, max. Gesamtgewicht bis 0,2 t, Ausführung innerhalb des Bauwerks, Ausführung in allen Geschossen, aufgenommene Stoffe sammeln, ohne Zerkleinerung, im Behälter des AN lagern, Behältergröße über 3 bis 5 m³, auf LKW des AN laden, transportieren, entsorgen, zum Lager/zur Anlage nach Wahl des AN, Anlage (Bezeichnung/Ort) '.....' vom Bieter einzutragen, Abfall ist nicht gefährlich, nicht schadstoffbelastet, Zuordnung Z 0 (uneingeschränkter Einbau), Abfallschlüssel nach AVV (Abfallverzeichnis-Verordnung) 170101 Beton, die Entsorgungsgebühren werden vom AN übernommen.

2 St

07.2.10.0540

STLB-Bau 10/2018 084 TB
 Kernbohrung Stahlbeton Durchm. 150-200mm T 45-50cm Geräteeinsatz mgl. nicht schadstoffbelastet

Kernbohrung, senkrecht zur Untergrundfläche, Untergrundfläche waagrecht, aus Stahlbeton, Normalbeton, Bohrdurchmesser über 150 bis 200 mm, Bohrtiefe über 45 bis 50 cm, einschl. Lösen des Bohrkerns aus dem Gefüge, Wichte des Abbruchstoffes DIN EN 1991-1-1 26 kN/m³, Arbeitshöhe bis 4,5 m, Geräteeinsatz ist möglich, max. Gesamtgewicht bis 0,2 t, Ausführung innerhalb des Bauwerks, Ausführung in allen Geschossen, aufgenommene Stoffe sammeln, ohne Zerkleinerung, im Behälter des AN lagern, Behältergröße über 3 bis 5 m³, auf LKW des AN laden, transportieren, entsorgen, zum Lager/zur Anlage nach Wahl des AN, Anlage (Bezeichnung/Ort) '.....' vom Bieter einzutragen, Abfall ist nicht gefährlich, nicht schadstoffbelastet, Zuordnung Z 0 (uneingeschränkter Einbau), Abfallschlüssel nach AVV (Abfallverzeichnis-Verordnung) 170101 Beton, die Entsorgungsgebühren werden vom AN übernommen.

4 St

07.2.10.0550

Zulage Überhöhung Deckenschalung
 Zulage für Überhöhung der Deckenschalung gemäß Angaben des Tragwerkplaners bis 2,5 cm zur Minimierung der Deckendurchbiegung.
 Die Decken werden als schlanke Stahlbetondecken ausgeführt und sind gemäß EC2 Ziffer 7.4 mit Überhöhung herzustellen.

2384 m²

07.2.10.0560

Transport und Einsatz rezyklierter Zuschlagstoff.

Übertrag:

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude
 07.2 Beton- und Stahlbetonarbeiten
 07.2.10 Sonstiges

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

Übertrag:

Transport und Einsatz rezyklierter Zuschlagstoff.
 Der Zuschlagstoff wird durch den Verarbeiter der Abbruchmaterialien auf einen LKW des AN geladen. Der Transport zum Transportbetonwerk, das Abladen, das Lagern und das Schützen des Zuschlagstoffes vor Witterungseinflüsse und Verschmutzung ist in dieser Pos. zu kalkulieren. Die Transportentfernung vom Zwischenlager des Verarbeiters zur Baustelle beträgt ca. 50 km (einfache Entfernung).

Grundsätzlich wird für **alle** Beton- und Stahlbetonbauteile als Zuschlagstoff ein Sekundärmaterial als rezyklierte Gesteinskörnung Typ 1 Körnung 4/22 mm nach DIN 4226-101 bereitgestellt. Das Sekundärmaterial ist zertifiziert. Kosten für die Entwicklung und Prüfung der Rezepturen sind einzurechnen.

Maßgeblich ist die DAfStb-Richtlinie "Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620" (2010).

Die Reyklate werden güteüberwacht nach DIN 4226-10 bzw. 4226-102 sowie DIN EN 12620 bereit gestellt (inkl. CE-Kennzeichnung). Die erforderlichen Prüfungen beim Transportbetonwerk hat der AN zu tragen.

730 t

07.2.10 Sonstiges

07.2 Beton- und Stahlbetonarbeiten

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude
 07.5 Architekturbeton-Fassade
 07.5.02 Fertigteilfassade

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

Übertrag:

Dachdecker.
 Fläche ca. 5,2 m2 (ca. 1,3 t).

1 St

07.5.02 Fertigteilfassade

07.5.03 Zusätzliche Leistungen Fassadenbekleidung

07.5.03.0010	STLB-Bau 10/2018 038 Wärmedämmung hinterlüft.Fassade MW 0,035W/(mK) D 180mm WAB Wärmedämmung für vorgehängte hinterlüftete Außenwandbekleidung an Außenwand, aus Mineralwolle MW DIN EN 13162, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit max. 0,035 W/(mK), Brandverhaltensklasse DIN EN 13501-1 A1 (nichtbrennbar), Dicke 180 mm, als Platten, mit außenseitiger Kaschierung mit schwarzem Glasvlies, Anwendungsgebiet DIN 4108-10 WAB, Befestigung mechanisch mit Dämmstoffhaltern.	815	m ²
--------------	---	-----	----------------	-------	-------

07.5.03.0020	Aufrauen Sandstrahlen erhärtete Betonoberfläche Aufrauen durch Sandstrahlen der erhärteten Betonoberfläche, an senkrechten und waagerechten Bauteilen, zur Aufnahme der Versiegelung. Oberfläche sichtbar, Anforderung gem. Sichtbetonklasse SB 4.	1110	m ²
--------------	---	------	----------------	-------	-------

07.5.03.0030	Zulage für Betonfarbe individuell weiß/hell sandsteinfarben. Zulage für Betonfarbe individuell weiß/hell sandsteinfarben. Für die Betonbauteile der Fassade wird als Zuschlagstoff ein Sekundärmaterial als rezyklierte Gesteinskörnung Typ 1, Körnung 4/22 mm, nach DIN 4226-101 bereitgestellt. Das Sekundärmaterial ist zertifiziert. Kosten für die Entwicklung und Prüfung der Rezeptur sind einzurechnen. Maßgeblich ist die DAfStb-Richtlinie "Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620" (2010). Die Rezyklate werden güteüberwacht nach DIN 4226-10 bzw. 4226-102 sowie DIN EN 12620 bereit gestellt (inkl. CE-Kennzeichnung). Die erforderlichen Prüfungen beim Fertigteilwerk hat der AN zu tragen. Die Abholung vom Aufbereitungsbetrieb und der Transport des rezyklierten Zuschlagstoffes zum Fertigteilwerk wird in einer separaten Position ausgeschrieben.	1110	m ²
--------------	--	------	----------------	-------	-------

07.5.03.0040	Transport und Einsatz rezyklierter Zuschlagstoff. Transport und Einsatz rezyklierter Zuschlagstoff. Der Zuschlagstoff wird durch den Verarbeiter der Abbruchmaterialien auf einen LKW des AN geladen. Der Transport zum Fertigteilwerk, das Abladen, das Lagern und das Schützen des Zuschlagstoffes vor Witterungseinflüsse und Verschmutzung ist in dieser Pos. zu kalkulieren. Die Transportentfernung vom Zwischenlager des Verarbeiters zur Baustelle beträgt ca. 50 km (einfache Entfernung). Grundsätzlich wird für alle Beton- und Stahlbetonbauteile als Zuschlagstoff ein Sekundärmaterial als rezyklierte Gesteinskörnung Typ 1 Körnung 4/22 mm nach DIN 4226-101 bereitgestellt. Das Sekundärmaterial ist zertifiziert. Kosten für die				
--------------	--	--	--	--	--

Übertrag:

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude
 07.5 Architekturbeton-Fassade
 07.5.03 Zusätzliche Leistungen Fassadenbekleidung

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

Übertrag:

Entwicklung und Prüfung der Rezepturen sind einzurechnen.
 Maßgeblich ist die DAfStb-Richtlinie "Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620" (2010).
 Die Rezyklate werden güteüberwacht nach DIN 4226-10 bzw. 4226-102 sowie DIN EN 12620 bereit gestellt (inkl. CE-Kennzeichnung). Die erforderlichen Prüfungen beim Fertigteilwerk hat der AN zu tragen.

40 t

07.5.03.0050 Rahmenelement Musterelement, Außenabmessungen b/h ca. 4,50/4,0 m.
 Rahmenelement Musterelement, Außenabmessungen b/h ca. 4,50/4,0 m.
 Rahmenelement mit folgenden Bauteilen:
 - Unterseite durchlaufendes Gesims b/t/h ca. 450/27/12 cm mit horizontaler schräg zulaufender Ausklinkung t/h ca. 16,5/3,5-4 cm.
 - 2 St. vertikale Stützenverkleidungen b/h ca. 0,5/3,455 m, Dicke ca. 10 cm.
 - Oberseite horizontales durchlaufendes Band im Bereich des Randunterzuges/Deckenrandes b/h ca.4,50/0,465 m, Dicke ca. 10 cm.

Fläche Außenabmessungen ca. 18 m2 (ca. 1,75 t).

Herstellung als Musterelement. Die gesonderte Herstellung, der Transport des einzelnen Elementes, die Montage und der Rückbau inkl. der Entsorgung des Abbruchmaterials ist in dieser Pos. zu kalkulieren.

2 St

07.5.03.0060 Zulage Montage mit Autokran 80 t.
 Zulage Montage mit Autokran 80 t.
 Zulage für die Montage von Fertigteilelementen, die aus Gewichtsgründen nicht mit dem Hochbaukran versetzbar sind.

25 h

07.5.03.0070 Zusätzl.Oberflächenbeh. Betonflächen hydrophobieren.
 Zusätzliche Oberflächenbehandlung der Betonfassadenflächen durch Hydrophobieren mit Hydrophobierungsmittel.

1110 m²

07.5.03 Zusätzliche Leistungen Fassadenbekleidung

07.5 Architekturbeton-Fassade

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
07.6	Sonstige Leistungen				
07.6.01	Erdarbeiten				
07.6.01.0010	Profulgerechter Aushub für Einzelfundamente. Profulgerechter Aushub für Einzelfundamente. Aushubtiefe bis ca. 30 cm. Das Aushubmaterial ist in Auftragsbereichen im Bereich der Parkgarage einzubauen und zu verdichten.	31	m³	.....	.....
07.6.01.0020	Aushub Fahrstuhlunterfahrt abgebösch. Aushub Fahrstuhlunterfahrt abgebösch. Maschineller Aushub bis ca. 1,35 m Tiefe. Aushubmaterial seitlich lagern.	35	m³	.....	.....
07.6.01.0030	Arbeitsraumverfüllung Aufzugsunterfahrt. Arbeitsraumverfüllung Aufzugsunterfahrt. Lagenweise einbauen und verdichten des Arbeitsraumes der Aufzugunterfahrt mit seitlich gelagertem Aushubmaterial.	24	m³	.....	.....
07.6.01.0040	Restmaterial Aufzugunterfahrt einbauen und verdichten. Restmaterial Aufzugunterfahrt einbauen und verdichten. Verbleibendes, seitlich gelagertes, Aushubmaterial der Aufzugunterfahrt aufnehmen, transportieren, lagenweise einbauen und verdichten in Auffüllbereichen der Parkgarage.	11	m³	.....	.....
07.6.01.0050	Planum für Sauberkeitsschicht der Fundamente und Sohlplatte herstellen. Planum für Sauberkeitsschicht der Fundamente und Sohlplatte herstellen. Genauigkeit +/- 2 cm.	1193	m²	.....	.....
07.6.01.0060	Verdichtung des anstehenden Untergrundes. Verdichtung des anstehenden Untergrundes. Verdichtung der vorhandenen Bodenoberflächen nach Angaben des Baugrundgutachters kreuzweise in mehreren Übergängen. Proctordichte: DPr. bis 100 % Bodenklasse: 3 - 5	1193	m²	.....	.....
07.6.01.0070	Verfüllung Arbeitsräume. Verfüllung Arbeitsräume. Lagenweise einbauen und verdichten mit zur Verfügung stehendem Recyclingmaterial. Das Material wird durch den Verarbeiter des Abbruchmaterials auf den LKW des AN geladen, das Material ist zu transportieren und auf der Baustelle anzuliefern und ggf. zwischenzulagern. Die Transportentfernung vom Zwischenlager des Verarbeiters zur Baustelle beträgt ca. 50 km (einfache Entfernung). Das Recyclingmaterial ist profulgerecht bis UK der Tragschichten				

Übertrag:

17IB_119RHK Rathaus Korbach
 KG 300_Rohbauarbeiten
 07 Rohbauarbeiten Hauptgebäude
 07.6 Sonstige Leistungen
 07.6.01 Erdarbeiten

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
----------	--------------	-------	------	----	----

Übertrag:

der Außenanlagen lagenweise einzubauen und zu verdichten. Das Grobplanum ist in diese Pos. einzurechnen.

925 m³

07.6.01.0080 STLB-Bau 10/2018 002
 Arbeitsraum verfüllen verdichten Kies-Sand-Gemisch 0/32 liefern
 Arbeitsraum profilgerecht verfüllen, einschl. Stoffe verdichten,
 Verformungsmodul mind. EV2 45 MPa, Verdichtungsgrad mind. DPr 0,95,
 Kies-Sand-Gemisch, Körnung 0/32, liefern.

675 m³

07.6.01 Erdarbeiten

07.6.02 Blitzschutz

07.6.02.0010 Ringerder rd10
 Ringerder rd10
 Rundedelstahl Rd10, hochlegiert, nicht rostend (V4A), Ausführung nach VDE und VDEW, inkl. Anschlussfahnen (150 cm), Abstandshalter und Verbinder. Die Verlegung ist vor dem Betonieren mittels Bildern und einer Zuordnung im Grundriss zu dokumentieren. Mit allem notwendigen Klein-, Verbindungs- und systemgebundenem Befestigungsmaterial, liefern und installationsfertig, in liegender und stehender Ortbetonschalung sowie im Erdreich, blitzstromfähig verlegen, einschließlich Ausbildung von notwendigen Anschlussübergangsstellen innerhalb Ortbeton bzw. Anschlussfahnen außerhalb Ortbeton.

400 m

07.6.02.0020 Verbinder rd/rd
 Verbinder rd/rd
 Verbinder Klasse N für normale Belastung, für Kreuzverbindungen, aus feuerverzinktem Stahl, für Rd 8 bis 10, mit Zwischenplatte.

15 St

07.6.02.0030 Fundamenterder feuerverzinkt 30x3,5 mm Flachbandstahl 30 x 3,5 mm St/tZn, stark feuerverzinkt,
 Fundamenterder feuerverzinkt 30x3,5 mm Flachbandstahl 30 x 3,5 mm St/tZn, stark feuerverzinkt,
 entsprechend DIN 48801, mit der Bewehrung des Fundaments verbinden, Ausführung nach VDE und VDEW, inkl. Anschlussfahnen (150 cm), Bewehrungsklemmen, Abstandshalter und Verbinder. Die Verlegung ist vor dem Betonieren mittels Bildern und einer Zuordnung im Grundriss zu dokumentieren. Mit allem notwendigen Klein-, Verbindungs- und systemgebundenem Befestigungsmaterial, liefern und installationsfertig, in liegender und stehender Ortbetonschalung, blitzstromfähig verlegen, einschließlich Ausbildung von

Übertrag:

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Abfallbilanz 2019 Quelle: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2021	4
Abb. 2: Abfallmengenbilanz Hessen 2019, Quelle: HMKLV, Wiesbaden 2020	4
Abb. 3: Urban Mining Konzept Rathaus Korbach	6
Abb. 4: Historisches Rathaus (rechts) und Anbau von 1970 (links)	7
Abb. 5: Luftbild mit Lage der Bestandsgebäude vor dem Rückbau (Quelle: Geoportal Hessen; 09.07.2018)	8
Abb. 6: Neubau mit historischem Rathaus, Foto: Caspar Sessler	9
Abb. 7: Blick auf das Hauptgebäude (rechts) und das Nebengebäude (links) von Nord-Osten, Foto Caspar Sessler	10
Abb. 8: Lageplan	10
Abb. 9: Abfallhierarchie nach KrWG mit Erläuterung_Quelle: A. Rosen	12
Abb. 10: Etablierte End-of-Life Szenarien in Anlehnung an die Abfallhierarchie gemäß KrWG für verschiedene Abfallfraktionen	13
Abb. 11: geschätzte Massen der Wertstoffe in den Bestandsgebäuden des Rathauses Korbach mit möglichen Entsorgungs- und Verwertungsszenarien vor dem Rückbau	14
Abb. 12: Höchstwerte der Eluat- und Feststoffparameter in RC-Gesteinskörnung	17
Abb. 13: Zusammensetzung rezyklierter Gesteinskörnungen Typ 1 und Typ 2 nach DIN 4226-101	18
Abb. 14: Regelanforderungen nach DIN EN 12620 für die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen in Beton	19
Abb. 15: Beispiel der Anforderungen in einer Leistungserklärung für eine rezyklierte Gesteinskörnung des Typs 1	21
Abb. 16: Tabellarische Zusammenfassung der untersuchten Bauteile durch das Hessische Institut für Baustoffprüfung	23
Abb. 17: Sichtbetonfassade mit Ziegelrezyklat, Oberfläche sandgestrahlt	24
Abb. 18: Verwertungswege der mineralischen Abbruchabfälle	25
Abb. 19: Mengen des für die Betonherstellung verwertbaren Betonbruchs	25
Abb. 20: Mengen des für die Betonherstellung verwertbaren Ziegelbruchs	25
Abb. 21: Logistikkonzept Rathaus Korbach	27
Abb. 22: zulässige Anteile rezyklierter Gesteinskörnungen in Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 gemäß DASTb.-Richtlinie	28
Abb. 23: Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalikieselsäurereaktion in Beton bei Alkaliempfindlichkeitsklassen E I-S und E III-S nach Alkali richtlinie	29
Abb. 24: Einsatzmöglichkeiten für Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen	29
Abb. 25: Klassifizierung der Betonbauteile beim Modellprojekt Rathaus Korbach, Quelle: EFG Beratende Ingenieure	30
Abb. 26: Prognostiziertes Angebot an Rezyklat aus den zu verwertenden mineralischen Abbruchabfällen	31
Abb. 27: Statisches Konzept für den Neubau Rathaus Korbach_Quelle: EFG Beratende Ingenieure, Plangrundlage: ARGE agn - heimspielarchitekten	32
Abb. 28: Bedarf an RC-Gesteinskörnung nach Festigkeits-, Feuchtigkeits- und Expositionsclassen	33
Abb. 29: Deckungsgrad Bedarf/Angebot für die Herstellung von Beton	34
Abb. 30: Kurzbeschreibung Urban Mining Konzept für die Preisabfrage	37
Abb. 32: Metalle	46
Abb. 31: EPS-Dämmstoffe auf dem Flachdach	46
Abb. 34: Ausbau Ziegelmauerwerk vor dem Rückbau	46
Abb. 33: Gussasphaltestrich und Porenbeton	46
Abb. 35: Abbruch des Stahlbeton-Tragwerks	46
Abb. 36: Herausforderung der getrennten Erfassung: Verlorene Schalung aus Holz mit Styroporresten in der Betonkonstruktion (Rippendecke des Ratssaals), Foto: Dilan Glanz, Universität Kassel	47
Abb. 37: mobile Recyclinganlage bei Fa. Funke in Volkmarshausen	48
Abb. 38: Massenströme und Verwertungswege der geplanten und realisierten mineralischen Materialien	49
Abb. 39: Betonzusammensetzung im Recycling (RC)- und Business as Usual (BAU)-Szenario	50
Abb. 40: Varianten und Volumen der Betone für den Neubau des Rathausanbaus	50
Abb. 41: Herstellung des R-Betons im Frischbetonwerk Korbach	51
Abb. 42: Einbau des R-Betons für die Sockelgeschossdecke, Foto: Antje Paul	51
Abb. 43: Material- und Klimafußabdruck des R-Betons im Vergleich zum konventionellen Beton für den trockenen und den feuchten Bereich, Quelle: Universität Kassel	52
Abb. 44: Wertstoffe und ihre End-of-Life Szenarien zur Bewertung des Kreislaufpotenzials	54
Abb. 45: Ökobilanzmodule nach DIN EN 15978 mit Kennzeichnung der in Kapitel 8.4 für jedes wesentliche Bauteil berechneten Module	56
Abb. 46: Systematik im Urban Mining Index (Rosen, 2021)	57
Abb. 47: Durchschnittliche Verwertungserlöse und Entsorgungskosten, Erhebungen bei 56 Entsorgungs- und Recyclingunternehmen deutschlandweit, Stand 01/2019 (Rosen, 2021)	58
Abb. 48: Detail Gründung/Bodenplatte_ursprüngliche Planung	60

Abb. 49: Detail Gründung/Bodenplatte_optimierte Planung (ohne Unterbau)	61
Abb. 50: Detail Gründung/Bodenplatte_umgesetzte Konstruktion	62
Abb. 51: Einbringung des Schaumglasschotters auf dem Plenum zur Dämmung der Bodenplatte	64
Abb. 52: Entsorgungskosten und Verwertungserlöse der Varianten Gründung/Bodenplatte in €/m ²	66
Abb. 53: Treibhauspotenzial der Gründung_ursprüngliche Planung	67
Abb. 54: Treibhauspotenzial der Gründung_optimierte Planung	68
Abb. 55: Treibhauspotenzial der Gründung_umgesetzte Konstruktion	69
Abb. 56: Kreislaufpotenzial Gründung_ursprüngliche Planung	70
Abb. 57: Kreislaufpotenzial Gründung, optimierte Planung	70
Abb. 58: Kreislaufpotenzial Gründung, umgesetzte Konstruktion	70
Abb. 59: Leitdetail Sockelanschluss / erdberührte Außenwand_ursprüngliche Planung	71
Abb. 60: Detail Sockelanschluss / erdberührte Außenwand_optimierte Planung	72
Abb. 61: Detail Sockelanschluss / erdberührte Außenwand_umgesetzte Konstruktion	73
Abb. 62: Entsorgungskosten und Verwertungserlöse der Varianten erdberührte Außenwand	75
Abb. 63: Treibhauspotenzial der erdberührten Außenwand_ursprüngliche Planung	76
Abb. 64: Treibhauspotenzial der erdberührten Außenwand_optimierte Planung	76
Abb. 65: Treibhauspotenzial der erdberührten Außenwand_umgesetzte Konstruktion	77
Abb. 66: Kreislaufpotenziale der erdberührten Außenwand_ursprüngliche Planung	78
Abb. 67: Kreislaufpotenziale der erdberührten Außenwand_optimierte Planung	78
Abb. 68: Kreislaufpotenziale der erdberührten Außenwand_umgesetzte Konstruktion	78
Abb. 69: Leitdetail Geschossdecke/Fassade_ursprüngliche Planung	79
Abb. 70: Leitdetail Geschossdecke/Fassade_optimierte Planung	80
Abb. 71: Entsorgungskosten und Verwertungserlöse der Decken-Varianten	82
Abb. 72: Treibhauspotenziale der Decke_ursprüngliche Planung	83
Abb. 73: Treibhauspotenziale der Decke_optimierte Planung	84
Abb. 74: Treibhauspotenziale der Decke_umgesetzte Konstruktion	84
Abb. 75: Kreislaufpotenzial der Decke_ursprüngliche Planung	85
Abb. 77: Kreislaufpotenziale der Decke_optimierte Planung	85
Abb. 76: Kreislaufpotenziale der Decke	85
Abb. 78: Leitdetail Fassade/Traufanschluss	86
Abb. 79: Fassaden von Neubau (links) und historischem Rathaus (rechts), Foto: Caspar Sessler	87
Abb. 80: Entsorgungskosten und Verwertungserlöse_Bauteil Außenwand	88
Abb. 81: Treibhauspotenzial des Bauteils Außenwand	89
Abb. 82: Kreislaufpotenzial des Bauteils Außenwand	89
Abb. 83: Leitdetail Dachfirst	90
Abb. 85: Dach mit Zink-Stehfalzdeckung, Foto: Ali Moshiri	91
Abb. 84: Ratssaal mit Dachtragwerk aus Baubuche, Foto: Caspar Sessler	91
Abb. 86: Entsorgungskosten und Verwertungserlöse des Bauteils Dach	92
Abb. 87: Treibhauspotenzial des Bauteils Dach	93
Abb. 88: Kreislaufpotenziale des Bauteils Dach	94
Abb. 89: Gewichtung der Kreislaufpotenziale auf Gebäudeebene für die ursprüngliche Variante	95
Abb. 90: Gewichtung der Kreislaufpotenziale auf Gebäudeebene für die optimierte Variante	95
Abb. 91: Gewichtung der Kreislaufpotenziale auf Gebäudeebene für die umgesetzte Konstruktion	95
Abb. 92: Auszug aus dem Preisspiegel für den Transport und die Verwertung des Betons zu rezykliertem Gesteinskörnung für Beton	98
Abb. 93: Holzpreisentwicklung zwischen November 2018 und November 2021	99