



BAUWIRTSCHAFT
Baden-Württemberg e.V.

BBW-Bewertung der Studie Dietenbach

CO₂-Bilanz- und Kostenvergleichsrechnung eines mehrgeschossigen Typengebäudes in Freiburg Dietenbach in unterschiedlichen Bauweisen

Hilfestellung für Bauherren und Planende

Inhaltsübersicht

1. Wesentliche Erkenntnisse
2. Ausgangssituation
3. Aufgabenstellung und Zielsetzung für die Vergleichsrechnung
4. Grundlagen der Berechnung
 - 4.1 Beschreibung des Entwurfs (Mustergebäude)
 - 4.2 Varianten
 - 4.2.1 Konventioneller Massivbau
 - 4.2.2 Konventioneller Hybridbau
 - 4.2.3 Holzbau mit Mineralwolledämmung
 - 4.2.4 Holzbau mit Mineralwolledämmung und opt. UG
 - 4.2.5 Holzbau mit Zellulosedämmung in der Außenwand und opt. UG (opt. Holzbau)
 - 4.2.6 Optimierter Massivbau (KS CO₂-reduziert, Beton CO₂-reduziert)
 - 4.2.7 Optimierter Massivbau (UG nicht optimiert)
 - 4.2.8 Optimierter Massivbau mit HRB-Wänden außen (Zellulose)
 - 4.2.9 Ergänzende Angaben zur Auswahl der Decken im optimierten Massivbau
 - 4.2.10 Varianten des Untergeschosses
5. Datengrundlage und Untersuchungsmethode
6. Ergebnisse
 - 6.1 Vergleich auf Bauteilebene
 - 6.1.1 Vergleich der Treibhausgasemissionen (THG)
 - 6.1.2 Vergleich der nicht erneuerbaren Primärenergie (PEne)
 - 6.1.3 Vergleich der Kosten
 - 6.2 Vergleich auf Gebäudeebene
 - 6.2.1 Vergleich der Treibhausgasemissionen (THG)
 - 6.2.2 Vergleich der nicht erneuerbaren Primärenergie (PEne)
 - 6.2.3 Vergleich der Kosten

1. Wesentliche Erkenntnisse

Allgemein kann festgestellt werden, dass Planen und Bauen einen komplexen Prozess darstellt, bei dem unterschiedliche Anforderungen an das zu erstellende Gebäude kombiniert werden müssen, um das passende Gebäude zu erhalten. Das Gebäude soll ökologischen, sozialen und ökonomischen Anforderungen gleichermaßen gerecht werden und zudem seine Funktion über viele Jahre erfüllen. Verbesserungen zugunsten eines der vorgenannten Kriterien führen in der Regel zu einer Verschlechterung bei einem anderen. **Das Mustergebäude zur Erfüllung aller Anforderungen in optimaler Weise gibt es nicht. Pauschale Aussagen zu unterschiedlichen Bauweisen und deren Auswirkungen auf Klimaschutz und Kosten und damit verbundene grobe Bewertungsschemata greifen zu kurz.** Am Ende führen lediglich individuelle Betrachtungen zur Bauaufgabe auch unter Einbeziehung der vorgesehenen Nutzer zu guten Ergebnissen, wobei auch unterschiedliche Varianten abgewogen werden sollten. **Festzustellen ist ebenfalls, dass die unterschiedlichen Bauweisen in ihren Möglichkeiten zur Erfüllung maßgeblicher Anforderungen in Sachen Ökologie, Kosten, Funktionalität, Dauerhaftigkeit in der jüngeren Vergangenheit zusammengerückt sind.** Möglicherweise ist dies ein Grund dafür, dass die hybride Bauweise, die versucht, die zur Verfügung stehenden Baustoffe in der Weise einzusetzen, dass sie ihre jeweiligen Vorteile entfalten, immer häufiger erfolgreich eingesetzt wird.

Bei der Auswertung der Vergleichsrechnung über die unterschiedlichen Varianten des Musterhauses hinweg konnte festgestellt werden, dass Holzbau nicht gleich Holzbau ist und Massivbau nicht gleich Massivbau. Zu beachten ist dabei, dass die Ergebnisse grundsätzlich auf andere Bauaufgaben übertragbar sind, im Detail aber bei anderen Rahmenbedingungen z.B. bei einer anderen Gebäudeklasse oder bei einem freistehenden Gebäude anders ausfallen können.

Mehrschichtige Aufbauten sind aufwendig und auch beim tendenziell preiswerteren Massivbau beeinflussen sie die Kosten nach oben.

Der optimierte Hybridbau zeigt bei den ökologischen Kriterien das beste Ergebnis. Gleichzeitig weist der optimierte Massivbau, beim ausgewählten Mustergebäude in der Bilanz der Treibhausgase ($\text{CO}_2 \text{ Äq./m}^2 \text{ NRF} \times \text{a}$) über den Lebenszyklus von 50 Jahren gerechnet eine bessere Bilanz auf, als ein Standardgebäude im Holzrahmenbau.

Ein Vergleich der Kosten zeigt einen Vorteil der konventionellen Massivbauweise gegenüber dem Holzbau von ca. 12 %, der sich sowohl durch die Herstellung als auch durch aufwendigere Planungs- und Ingenieurleistungen ergibt.

2. Ausgangssituation

Im Freiburger Westen entsteht in rund 4 Kilometer Entfernung zur Innenstadt auf einer Fläche von knapp 110 ha ein komplett neuer Stadtteil – Dietenbach.

Die Stadt Freiburg möchte auf der Gemarkung Dietenbach einen nachhaltigen, grünen, bunten, klimafreundlichen und inklusiven Stadtteil schaffen und hat dazu einen

Rahmen gesetzt, der sowohl Aspekte des Städtebaus als auch der Erfüllung sozialer Anforderungen der Klimafreundlichkeit vereinen soll.

Die Voraussetzungen für einen klimaneutralen Betrieb hat die Stadt unter anderem durch ein entsprechendes Wärmeversorgungskonzept geschaffen.

Ein hohes Potenzial zum Klimaschutz liegt nach den Grundsatzdokumenten der Stadt Freiburg in der Baukonstruktion und der Auswahl der dazu geeigneten Baumaterialien im Hochbau.

Kapitel 5.8 des Gestaltungshandbuches der Stadt Freiburg enthält Vorgaben für das klimaschonende Bauen. Im Vordergrund steht dabei die Reduktion von Treibhausgasen. Übersetzt auf die Herstellung der Gebäude bedeutet dies die Vermeidung grauer Energie über den gesamten Lebenszyklus.

Die Vorgaben zur Ökobilanzierung finden sich in dem Dokument: „Bericht zum Grauen Energierechner“ der Stadt Freiburg. Dort heißt es (Zitat):

„2.1 Ökobilanzierung

*Mittels der Ökobilanzierung soll potenziellen Bauherr*innen bereits in den frühen Konzeptphasen aufgezeigt werden, welche Wirkungen auf die Umwelt sich durch die Auswahl der Baustoffe und Bauweisen ergeben. Mit Hilfe der Berechnung der grauen Emissionen können Optimierungspotenziale erkannt und ein Verständnis für die ökologischen Auswirkungen des Bauens geschaffen werden. Im Lebenszyklus eines Gebäudes gibt es mehrere Phasen, die für die Bewertung der Umweltauswirkungen durch eine Ökobilanz oder Life Cycle Assessment (LCA) berücksichtigt werden sollten:*

A 1-3 Herstellungsphase

In dieser Phase werden die Rohstoffe gewonnen, transportiert und zu den jeweiligen Materialien oder Produkten weiterverarbeitet.

B 1-7 Nutzungsphase

In dieser Phase wird der Betrieb des Gebäudes berücksichtigt; des Weiteren kommt hier die Instandhaltung dazu.

C 1-4 Entsorgungsphase

Hierbei wird der Rückbau, Transport, die Abfallbehandlung sowie die Beseitigung berücksichtigt.

Die Systemgrenze für die Ökobilanzierung bildet das Gebäude oder die Grundstücksgrenze. In diesem Rahmen werden alle verbauten Baustoffe, Konstruktionen und Anlagenkomponenten erfasst. Die Kostengruppe 300 (KG 300) beinhaltet die Bauteile für das Bauwerk und die Baukonstruktionen für den Hochbau und die Kostengruppe 400 (KG 400) sämtliche technische Anlagen.“

und weiter:

„2.2.2 Das eLCA – Tool

Die Umweltauswirkungen, die das Errichten und Nutzen eines Gebäudes verursachen, können mit dem eLCA-Tool (Ökobilanzierungstool für Gebäude) bilanziert werden. Es handelt sich hierbei um ein webbasiertes Tool in Form eines Bauteilekataloges, der durch das Bundesbauministerium entwickelt und zur Verfügung gestellt wird. Das Tool bietet die Möglichkeit, ein Bauvorhaben von der ersten Phase (Vorplanung) bis zum Projektabschluss zu erfassen und zu dokumentieren. Den ausgewählten integrierten oder selbst erstellten Bauteilen und Bauteilkomponenten werden die entsprechend verbauten Flächen bzw. Kubaturen zugeordnet. Die Bilanzierung erfolgt auf der Grundlage der Ökobaudat -Datensätze.“

Der städtebauliche Entwurf des neuen Stadtteils wird durch eine Blockrandbebauung bestimmt, in der sich Gebäudetypen wiederholen, die anhand von Typologien im Vorfeld definiert sind. Die einzelnen Typen sind im Gestaltungshandbuch dargestellt.

Die Aufgabenstellung für die vorliegende Vergleichsberechnung bestand darin, für ein Mustergebäude in verschiedenen Baustoffvarianten den Ausstoß an Treibhausgasen über die vorgegebenen Lebenszyklusphasen unter Berücksichtigung der Vorgabe einer klimaneutralen Energieversorgung des gesamten Quartiers zu berechnen und darzustellen. Gleichzeitig sollten auch Aussagen zu den Kosten der jeweiligen Varianten getroffen werden.

Das Mustergebäude sollte dabei dergestalt aufgebaut werden, dass der Entwurf mit seinen geometrischen Vorgaben in allen Varianten gebaut werden kann und die einzelnen Bauteilabmessungen von Variante zu Variante im Wesentlichen identisch sind.

Ziel war es, eine Grundlage für die grundsätzliche Beurteilung von Gebäuden mit unterschiedlichen Bauweisen im Hinblick auf ihre Klimafreundlichkeit und Kosten zu schaffen. „Bauen“ ist immer ein bivalentes Projekt. Kriterien wie Ökologie, Klimafreundlichkeit, Energieeinsparung, Ressourceneinsparung, Resilienz gegen Einflüsse von außen und von innen, Robustheit, Langlebigkeit, Kosten/Bezahlbarkeit und weitere spielen in der Nachhaltigkeitsbetrachtung jeweils eine Rolle und müssen oftmals in Kompromissen abgewogen werden. **Mit der vorliegenden Vergleichsberechnung möchten wir eine Grundlage schaffen, die dabei hilft, Abwägungen auf der Grundlage von beispielhaft ermittelten Daten zu treffen.**

3. Aufgabenstellung und Zielsetzung für die Vergleichsrechnung

Die Vergabe der Grundstücke erfolgt nach dem Prinzip der Konzeptvergabe, bei der die Bewerber ihre Konzepte für die Bebauung eines Grundstückes einreichen. Eine Jury der Stadt Freiburg wählt aus den eingegangenen Bewerbungen für ein Grundstück ein Konzept aus, welches die Anforderung an die städtebaulichen, sozialen und ökologischen Vorgaben am besten erfüllt und erteilt für dieses Projekt einen Zuschlag für das jeweilige Grundstück.

Um aufzuzeigen, wie sich unterschiedliche Bauweisen in Bezug auf Kriterien der Ökologie und Ökonomie verhalten, hat sich die Bauwirtschaft Baden-Württemberg dazu entschlossen, passend zum Bebauungsplan und Gestaltungshandbuch für diesen Stadtteil Musterhäuser gleicher Geometrie und Ausstattung in unterschiedlichen Bauweisen untersuchen zu lassen, um Daten zu erheben und dadurch Vergleiche anstellen zu können. Der Schwerpunkt lag in der Ermittlung von Treibhausgasemissionen und Kosten für die unterschiedlichen Musterhäuser.

Die Bauwirtschaft Baden-Württemberg hat für diese Aufgabe die Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH in Stuttgart beauftragt. Dieses Büro verfügt über langjährige Erfahrung in der Planung und Abwicklung von mehrgeschossigen Gebäuden im Wohn- und Objektbau sowohl im Massivbau als auch im Hybrid- und Holzbau. Die Aufgabenstellung für die vorliegende Vergleichsrechnung bestand dabei im Entwurf des Musterhauses, der Modellierung der Bauteile und der LCA-Berechnung für die einzelnen Varianten sowie der grafischen Darstellung der Ergebnisse, um im Anschluss eine Auswertung auf der Grundlage von beispielhaft ermittelten Daten zu treffen. Der Ergebnisbericht zur Studie wurde von der Bauwirtschaft Baden-Württemberg erstellt.

4. Grundlagen der Berechnung

Die Stadt Freiburg hat mit dem Bebauungsplan, dem Gestaltungsplan, dem Energieversorgungskonzept und den Vorgaben zur Ökobilanzierung einen definierten Rahmen geschaffen, der bereits bei der Vergabe der Grundstücke eine wichtige Rolle spielt.

Die Vorgabe des Gebäudetyps für die Studie erfolgte durch die Bauwirtschaft Baden-Württemberg. Es handelt sich dabei um den Gebäudetyp 7, der im ersten Bauabschnitt 8-mal vorkommt und sich laut Gestaltungshandbuch durch folgende Kriterien auszeichnet:

Bebauungsabschnitt „Am Fronholz“:

- WA – Allgemeines Wohngebiet
- Baufeld 1.4 mit Blaudach (65% PV-Anteil)
- Gebäudetyp 7 (20x13 m) mit 5 Geschossen (max. 18 m Traufhöhe) und Nicht-Wohnen im EG (mit 5 m Geschosshöhe)
- Geschosshöhen 3,00 m, li. Höhen 2,60 m
- Auskragungen zum Innenhof max. 2,50 m, zum Stichboulevard max. 1,50 m

4.1 Beschreibung des Entwurfs (Mustergebäude)

Länge des Baukörpers: 20,00 m

Breite des Baukörpers: 13,00 m

Höhe (OK Attika) 17,355 m

Bruttogrundfläche (BGF) ca. 1560 m²

Nettoraumfläche (NRF):

Variante Massivbau 1314,29 m², Holzbau: 1317,25 m², Hybridbau: 1325,992 m²

Wohnfläche (WoFl): Je nach Variante ca. 730 – 738 m²

Das oberste Geschoss wurde aus gestalterischen Gründen zurückgesetzt und zur Hofseite wurde Balkone angeordnet. Das Dach erhielt vollflächig eine PV-Anlage auf dem Gründach.

Das Gebäude liegt damit in der Gebäudeklasse 5. Das Erdgeschoss wird gewerblich genutzt. Die darüber liegenden Geschosse dienen Wohnzwecken. Durch das Konzept der Blockrandbebauung ist das Gebäude auf 2 Seiten von anderen Gebäuden eingefasst und liegt damit mit 2 Fassaden im Außenbereich.

Das Gebäude soll den Energiestandard nach EH 40 erfüllen.

Bei der Gestaltung musste berücksichtigt werden, dass alle gewünschte Varianten mit üblichen Bauweisen herstellbar sind. Eventuelle Unterschiede in den Wand- bzw. Deckenstärken wurden innerhalb des Gebäudes aufgefangen, so dass sich geringfügige Unterschiede in den Raumgrößen und Höhen ergeben. Konstruktiv wurde eine Schottenbauweise mit tragenden Innenwänden gewählt. Dadurch wurde sichergestellt, dass alle Varianten möglich sind und die Außenwände variabel gestaltet werden können.

Bei der Auswahl der Konstruktionen für den Holzbau wurde auf die „Planungshilfe mehrgeschossiger Wohnungsbau“ des Informationsdienstes Holz zurückgegriffen.

4.2 Varianten

In Ergänzung zur komprimierten Zusammenfassung der Ergebnisse durch die Werkgemeinschaft HHK, in dem es vor allem auf die ausführliche Darstellung der Untersuchungsmethode und Kernergebnisse ankam, werden in diesem Bericht über die Grundvarianten V01 bis V04 hinaus auch die Ergebnisse für die darüber hinaus untersuchten Untervarianten wiedergegeben.

An dieser Stelle werden als Überblick die Grundmaterialien der jeweiligen Variante dargestellt, um den Grundaufbau aufzuzeigen. Eine ausführliche Liste ist in den Anlagen enthalten. Materialien, die in allen Varianten identisch sind, werden dort in der Spalte „Hauptmodell“ abgebildet. Dies betrifft z.B. Gründungsbauteile, Abdichtung, Lichtschächte, Fenster, Türen, Geländer, Balkone u.s.w.).

4.2.1 Konventioneller Massivbau

Bezeichnung der Variante: v01

Außenwände: Ziegel, gefüllt, U-Wert 0,15 W/m²K

Fassade: Putzfassade

Innenwände: Kalksandstein verputzt, standard

Innenwände Treppenhaus: Stahlbeton, standard

Treppenläufe: Stahlbeton, standard

Wohnungstrennwand: Kalksandstein verputzt, standard

Decken: Stahlbeton, standard

Untergeschoss: standard

4.2.2 Konventioneller Hybridbau

Bezeichnung der Variante: v02

Außenwände: Holzrahmenbau mit Mineralwollgedämmung U-Wert 0,14 W/m²K

Fassade: Brettschalung senkrecht

Treppenläufe: Stahlbeton, standard

Innenwände: Kalksandstein verputzt, standard

Wohnungstrennwand: Kalksandstein verputzt, standard

Gebäudeabschlusswände: Stahlbeton, standard

Innenwände Treppenhaus: Stahlbeton, standard

Decken: Holz-Beton-Verbund, optimiert

Untergeschoss: standard

Der hybride Anteil bezieht sich lediglich auf die Außenwände und die Decken bzw. das Dach. Die massiven Anteile wurden im standard-Modus geplant.

4.2.3 Holzbau mit Mineralwollgedämmung

Bezeichnung der Variante: v03

Außenwände: Holzrahmenbau U-Wert 0,14 W/m²K

Fassade: Brettschalung senkrecht

Treppenläufe: Holz

Innenwände: Holzständerwand

Innenwand Treppenhaus: Holzständerwand mit Vorsatzschale,
genehmigungsbedürftig

Wohnungstrennwand: Holzrahmenbau mit Vorsatzschale

Gebäudeabschlusswand F90: Holzrahmenbau siehe „Planungshilfe
Mehrgeschossiger Wohnungsbau“ in Anlehnung an Musterwand HT-WT-3,
genehmigungsbedürftig

Decken: Brettsperrholz

Untergeschoss: standard

4.2.4 Holzbau mit Mineralwolledämmung und opt. UG

Bezeichnung der Variante: v03-01

Wie v03 aber mit optimiertem UG

4.2.5 Holzbau mit Zellulosedämmung in der Außenwand und opt. UG (opt. Holzbau)

Bezeichnung der Variante: v03-02

Wie v03 aber mit Dämmung aus Zellulose in den Außenwänden und optimiertem UG

4.2.6 Optimierter Massivbau (KS CO₂-reduziert, Beton CO₂-reduziert)

Bezeichnung der Variante: v04

Außenwände: Ziegel, gefüllt U-Wert 0,15 W/m²K

Fassade: Putzfassade

Innenwände: Kalksandstein verputzt, optimiert

Innenwände Treppenhaus: Stahlbeton optimiert

Wohnungstrennwände: Kalksandstein verputzt, optimiert

Gebäudeabschlusswände: Stahlbeton, optimiert

Treppenläufe: Stahlbeton, optimiert

Decken: Holz-Beton-Verbund, optimiert

Untergeschoss: optimiert

4.2.7 Optimierter Massivbau (UG nicht optimiert)

Bezeichnung der Variante: v04-01

Wie v04 aber ohne optimiertes UG

4.2.8 Optimierter Massivbau mit HRB-Wänden außen (Zellulose)

Bezeichnung der Variante: v04-02

Wie Variante v04 aber mit Außenwänden Holzrahmenbau (HRB-Z)

Diese Variante entspricht einem optimierten Hybridbau. Sie wurde aus Gründen der Modellierung aus der Variante des optimierten Massivbaus entwickelt, da dort bereits eine HBV-Decke und der Einsatz von optimierten massiven Bauteilen hinterlegt wurde. Durch die Hinzunahme von HRB-Z-Wänden in dieses Modell entstand ein Hybridbau mit optimierten Bauteilen sowohl im Holz- als auch im Massivbereich.

Außenwände: Holzrahmenbau, Zellulose U-Wert 0,14 W/m²K

Fassade: Brettschalung senkrecht

Innenwände: Kalksandstein verputzt, optimiert

Innenwände Treppenhaus: Beton optimiert

Wohnungstrennwände: Kalksandstein verputzt, optimiert

Gebäudeabschlusswände: Stahlbeton, optimiert

Treppenläufe: Stahlbeton, optimiert

Decken: Holzbeton-Verbund, optimiert

Untergeschoss: optimiert

4.2.9 Ergänzende Angaben zur Auswahl der Decken im optimierten Massivbau

In der Variante „optimierter Massivbau“ wurde an Stelle eines Standardbetons ein CO₂-reduzierter Beton eingesetzt. Ebenso kam ein CO₂-reduzierter Kalksandstein (Reduktion von 40% in der Herstellung) zum Einsatz.

Die Decke wurde exemplarisch als HBV-Decke gewählt. Dieser Ansatz widerspricht vordergründig dem Begriff „Optimierter Massivbau“. Mit diesem Ansatz soll jedoch gezeigt werden, dass insbesondere im Bereich von Decken ein großes Einsparpotenzial für die graue Energie besteht und im Sinne der CO₂-Optimierung abweichende Konstruktionen von der Flachdecke zielführend sind. Anstelle der gewählten Decke könnten auch andere Konstruktionen wie vorgespannte Hohldielen, Hohlkörperdecken oder auch neuerdings verfügbare Verbunddecken mit Holzbalken und Betonplatten zum Einsatz kommen. Alle diese Konstruktionen verfügen über ein vergleichbar niedriges CO₂-Potenzial.

Im „DBV-Heft 50 Nachhaltiges Bauen mit Beton Band 3 – Deckensysteme - Tragwerksentwurf für den Klimaschutz“ werden unterschiedliche Deckensysteme in Bezug auf ihr Treibhausgaspotenzial gegenübergestellt. Berücksichtigt wurden dabei in einer LCA-Berechnung die Phasen A1-A3 und C1-C4. Gleichzeitig wurden in Bezug auf die Materialien konservative und optimierte Annahmen getroffen (daher Werte von - bis).) Exemplarisch können folgende Werte für verschiedene Deckensysteme bei einer Spannweite von 6,0 m entnommen werden:

Stahlbetonelementdecke	40 – 82 (kg CO ₂ Äq./m ²)
HBV-Decke (Holz-Beton-Verbund)	27 – 39 (kg CO ₂ Äq./m ²)
Brettstapeldecke	16 – 84 (kg CO ₂ Äq./m ²)
Brettsperrholzdecke	24 – 36 (kg CO ₂ Äq./m ²)
Holzbalkendecke	19 – 48 (kg CO ₂ Äq./m ²)
Ziegelkappendecke	24 – 38 (kg CO ₂ Äq./m ²)
HBV- Balkendecke	31 – 65 (kg CO ₂ Äq./m ²)
Stahlbetonrippendecke	36 – 53 (kg CO ₂ Äq./m ²)
Spannbetonhohlplatten	27 – 43 (kg CO ₂ Äq./m ²)
Stahlbetonhohlplatten	33 – 56 (kg CO ₂ Äq./m ²)

In der Studie der Bauwirtschaft Baden-Württemberg wurde die Stahlbetondecke mit 73 (kg CO₂ Äq./m²) berechnet und die HVB-Verbund-Decke mit 41 (kg CO₂ Äq./m²). Die Brettsperrholzdecke kam auf 23 (kg CO₂ Äq./m²). Die Werte stimmen mit den Berechnungen des DBV im Mittel überein. Bei der HBV-Decke ist die Studie am oberen Wert.

Die Variante „Optimierter Massivbau“ wäre also auch mit unterschiedlichen Konstruktionen (auch rein massiv) realisierbar.

Bei der Auswahl der Außenwand für den konventionellen Massivbau hat die Modellierung der Ziegelwand im Vergleich einer herkömmlichen KS-Wand mit einem Wärmedämm-Verbundsystem (EPS und MiWo) ergeben, dass letztere mehr CO₂ freisetzt, ohne nennenswerte Kostenvorteile nach BKI-Bauteilkatalog zu generieren. Eine weitere Variante von optimiertem KS in Verbindung mit einem WDVS aus Mineralwolle zeigt, dass diese Bauweise sehr nahe an die THG-Werte der Ziegelwand heranreicht (73 gegenüber 69 kg CO₂ Äq./m²).

4.2.10 Varianten des Untergeschosses

Das Untergeschoss wurde in 2 Varianten berechnet. In der ersten Variante kam ein Standardbeton als Transportbeton C25/30 zum Einsatz. In der zweiten Variante wurde ein CO₂-reduzierter Beton eingesetzt. Das UG wurde nicht getrennt, sondern mit dem Gebäude integriert berechnet. Sowohl die Varianten des Holzbaus als auch die

Variante des Massivbaus und der Hybridbau wurde mit beiden Untergeschossen insgesamt berechnet und die Ergebnisse dargestellt.

5. Datengrundlage und Untersuchungsmethode

Für die Berechnung der Treibhausgasemissionen der verschiedenen Varianten wurden die Vorgaben der Stadt Freiburg wie folgt umgesetzt:

- Erstellung der Ökobilanz mit dem Berechnungsprogramm des Bundes eLCA
- Verwendung der Datensätze der ÖkobaDat 2024_I A2
- Gebäudenutzungsdauer 50 Jahre
- Abbildung der Lebenszyklusphasen
 - A 1-3 (Herstellungsphase)
 - B 1-B 5 sowie B 7 (Nutzungsphase)
 - B6.3 (nutzerbezogene Energie)
 - C 1-4 (Entsorgungsphase)

Die Verwendung des Programmes eLCA bedingt die Nutzung der vom Bund bereitgestellten Daten der ÖkobaDat. Die Datengrundlage für die Berechnungen liefert daher die ÖkobaDat 2024_I A2 des Bundes. Für die Standardbauweisen wurden die Branchendurchschnittswerte für die verwendeten Baustoffe herangezogen. Für die Maßnahmen der Optimierung bei den massiven Bauteilen wurden die Datensätze des „KS UNIKA ecoblau“ und des Holcims EcoPact C25/30 Rezept Nr. DA4234-DSFS Version 1 angewendet, da für diese Baustoffe Datensätze in der ÖkobaDat vorliegen. Der Wert für den GWP total beim Holcim EcoPact liegt im zugehörigen Datensatz der ÖkobaDat bei 153,4 kg CO₂ Äq./m³ Beton für die Lebenszyklusphasen A1 - A3 und bei 177,509 kg CO₂ Äq./m³ Beton über die Lebenszyklusphasen A1-A3, B1 sowie C1-C4. Gemäß dem CSC CO₂-Modul des Concrete Sustainability Council liegt der CO₂-Ausstoß dieses CO₂-reduzierten Betons mit einer Reduktion von 35% (A1-A3) gegenüber dem Branchenreferenzwert im Bereich „Level 1“. Regional sind auch Betone im Bereich „Level 2“ mit noch niedrigerem GWP in den Phasen A1-A3 zu erhalten (Reduktion um mind. 40 %), diese sind aber nicht in der ÖkobaDat hinterlegt, sondern verfügen über herstellerbezogene EPD's. Daher wurden sie nicht in die Berechnung einbezogen, würden aber das Ergebnis der Variante „optimierter Massivbau“ noch verbessern.

Für den Bewehrungsstahl wurde auf den Branchendurchschnittswert zurückgegriffen.

Der Ausbau wie z.B. Abdichtung, Estrich, Türen, Trennwände im Keller, abgehängte Decke im gewerblichen EG, Versorgungsleitungen wurden berücksichtigt und bei allen Varianten als identisch angenommen. Bei den mineralischen Bauteilen wurden bereits verputzte Varianten modelliert. Die Vergleichsberechnung soll insofern ein Vergleich für die Emission an THG und Kosten für die Herstellung der Bauwerke abbilden, wie sie bei der Betrachtung nach QNG gefordert wird.

Da die für den Betrieb des Gebäudes notwendige Energie klimaneutral seitens der Stadt Freiburg zur Verfügung gestellt wird, wurde in der Phase B lediglich der Anteil

aus den Phasen B1-B5 und B7 vollständig erfasst. Von der Phase B6 wurde lediglich der Anteil B6.3 (Nutzerbezogene Energie) erfasst. Auf diese Weise wird der klimaneutralen Energieversorgung für den Gebäudebetrieb durch die Stadt Freiburg Rechnung getragen.

Mit dieser Systematik lehnt sich die Berechnung an die Vorgaben des Benchmarksystems QNG an in Verknüpfung mit den Vorgaben der Stadt Freiburg.

Durch die Verwendung der Ökobaumat 2024_I A2 wurden bewusst nur solche Materialien zugelassen, die in Regelbauweisen eingesetzt werden können. Es sollten keine Konstruktionen oder Baustoffe verwendet werden, für die Zustimmungen im Einzelfall erforderlich würden. Eine Ausnahme bilden an dieser Stelle die Gebäudeabschlusswände in den Holzgebäuden. In der Gebäudeklasse 5 würden hier nichtbrennbare Materialien zum Einsatz kommen müssen, es wird hier davon ausgegangen, dass die eingesetzte Wand aufgrund ihrer Einstufung (F 90) eine Genehmigung seitens der Baubehörde erfahren würde.

Die Kosten für die Herstellung der Gebäude wurden auf Bauteilebene auf der Grundlage des Baukostenindex (BKI) ermittelt. Dabei wurden die dort ermittelten Werte im mittleren Bereich für die jeweiligen Bauteile angesetzt. Gleichzeitig wurden die Kosten für die Herstellung der Gebäude von erfahrenen Kalkulatoren ermittelt.

6. Ergebnisse

6.1 Vergleich auf Bauteilebene

6.1.1 Vergleich der Treibhausgasemissionen (THG)

Die für die THG-Emissionen maßgeblichen Bauteile sind mit Ihrem Aufbau und ihren physikalischen Werten in den Anlagen dargestellt. Das UG ist nicht Bestandteil der Betrachtung, da es in allen Varianten identisch ist.

	THG	PEne	Kosten	Anteil
	CO ₂ Äq./m ²	kWh/m ²	€/m ²	m ²
Außenwand Hochlochziegel verputzt	69	215	403	355
Außenwand Holzrahmen, Holzfassade MiWo	31	118	610	355
Außenwand Holzrahmen, Holzfassade Z	22	84	610	355
Gebäudeabschlusswand StB gedämmt verputzt	90	174	361	400
Gebäudeabschlusswand Holzr. ohne Inst.Ebene	53	245	302	400
Gebäudeabschlusswand StB gedämmt optimiert	71	180	416	400
Treppenhauswand innen StB verputzt	92	173	417	91
Treppenhauswand Holzrahmen Vorsatzschale	87	331	449	91
Treppenhauswand StB optimiert	73	179	441	91
Innenwand Kalksandstein verputzt	85	178	246	647

Innenwand Holzrahmen ohne Inst.-Ebene	40	191	281	647
Innenwand Kalksandstein verputzt optimiert	44	112	257	647
Wohnungstrennwand Kalksandstein verputzt	85	178	246	232
Wohnungstrennwand Holzr. mit Vorsatzschale	74	283	434	232
Wohnungstrennwand Kalksandstein opt. Verputzt	44	112	257	232
Decke über UG	75	141	269	240
Geschossdecke StB verputzt	75	141	269	1145
Geschossdecke Brettsperrholz	23	94	249	1145
Geschossdecke Holz-Beton-Verbund optimiert	41	126	285	1145
Dach StB verputzt	75	141	269	220
Dach Brettsperrholz	23	94	249	220
Dach Holz-Beton-Verbund optimiert	41	126	285	220
Dachaufbau (Gründach)	127	405	225	220

Auf Bauteilebene zeigt sich, dass der größte Abstand zwischen den einzelnen Bauweisen in Bezug auf die Treibhausgasemissionen in den Außenwänden liegt. Mit $69 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq./m}^2 \text{ NRF} \times a$ ist der Wert des gefüllten Ziegels ca. doppelt so hoch wie bei der mineralwolle gefüllten Holzrahmenbauwand und ca. dreimal so hoch wie bei einer Holzrahmenbauwand mit Zellulosefüllung. Deutlich wird an dieser Stelle der Einfluss der Mineralwolle auf die Treibhausgasemissionen, denn auch die Wand mit Mineralwolle schneidet gegenüber der Wand mit Zellulosefüllung um den Faktor 1,5 schlechter ab.

Bei den Wohnungstrennwänden zeigt sich ein umgekehrtes Bild. Auf Grund des Anteils an Mineralwolle in den Holzrahmenbauwänden und der Vorsatzschale hat die Holzkonstruktion mit $74 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq./m}^2 \text{ NRF/a}$ einen 1,5-fach höheren THG-Ausstoß gegenüber einer Wand aus optimiertem Kalksandstein. Hier zeigt sich auch ein deutlicher Vorsprung der CO_2 -reduzierten Steine gegenüber dem Standardstein mit einem Wert von 44 zu $85 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq./m}^2 \text{ NRF} \times a$. Dasselbe Bild zeigt auch der Vergleich der Treppenhauswände, wo der optimierte Stahlbeton mit $73 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq./m}^2 \text{ NRF/a}$ einen niedrigeren Wert aufweist als die Holzrahmenkonstruktion mit einem Wert von $87 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq./m}^2 \text{ NRF/a}$.

Bei den Innenwänden (Anteil tragend und nicht tragend addiert) zeigt sich erneut ein großer Unterschied innerhalb der mineralischen Bauweisen. Der optimierte Kalksandstein weist mit $44 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq./m}^2 \text{ NRF/a}$ nur ca. die Hälfte der grauen Energie auf, wie der Standardstein. Die KS-Wand mit optimierten Steinen liegt hier nahezu gleichauf mit der Holzrahmenwand mit $40 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq./m}^2 \text{ NRF/a}$.

Bei den Decken weist die Brettsperrholzdecke mit $23 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq./m}^2 \text{ NRF/a}$ den niedrigsten Wert auf. Die HBV-Decke liegt mit $41 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq./m}^2 \text{ NRF/a}$ signifikant

dahinter. Die Standarddecke zeigt hier den mit Abstand höchsten Wert mit 75 kg CO₂ Äq./m² NRF/a zu beiden vorgenannten Varianten.

6.1.2 Vergleich der nicht erneuerbaren Primärenergie (PEne)

Bei der Betrachtung des Anteils an nichterneuerbaren Energien (PEne) als zweiter Schlüsselindikator für klimafreundliches und ressourcenschonendes Bauen ergibt sich ein differenziertes Bild gegenüber den Treibhausgasen.

Bei den Außenwänden weisen die Varianten des Holzrahmenbaus mit Werten von 84 und 118 kwh/m² gegenüber 215 kwh/m² bei den Ziegelwänden auf. Bei den Gebäudeabschlusswänden, Treppenhauswänden, Wohnungstrennwänden und auch den Innenwänden liegen die Werte für die nicht erneuerbare Energien bei den Holzkonstruktionen höher als bei den Konstruktionen aus massiven Baustoffen. Insbesondere bei Wänden mit Vorsatzschalen aus Mineralwolle zeigt sich dieser Effekt. Beispielsweise wurde für die Treppenhauswand im Holzrahmenbaueise mit Vorsatzschale ein Wert von 331 kwh/m² errechnet gegenüber 173 kwh/m² bei einer Wand aus Stahlbeton. Bei den Innenwänden, die als Fläche den größten Anteil der vertikalen Bauteile einnehmen, zeigt sich ein Vorteil der optimierten Kalksandsteinen auch gegenüber den Standardsteinen mit einem Wert von 112 kwh/m² gegenüber 178 kwh/m². Die Holzrahmenbauwand kommt hier auf 191 kwh/m².

Bei den Decken weist die Holzkonstruktion mit 94 kwh/m² den mit Abstand kleinsten Wert gegenüber den Konstruktionen aus Stahlbeton oder Holz-Beton-Verbund auf, die Werte von 141 bzw. 126 kwh/m² aufweisen.

6.1.3 Vergleich der Kosten

Die Kosten für die Herstellung auf Bauteilebene wurde auf der Grundlage des Baukostenindex des BKI-Verlages (BKI) ermittelt. Dabei wurden die dort ermittelten Werte im mittleren Bereich für die jeweiligen Bauteile angesetzt.

Bei den Wandkonstruktionen zeigen sich die größten Unterschiede bei den Außenwänden und den Wohnungstrennwänden, bei denen die massiven Konstruktionen deutlich preiswerter sind, als die Holzrahmenbauwände. In den Außenwänden sind es 403 €/m² zu 610 € und bei den Wohnungstrennwänden 246 €/m² (257 €/m² optimierte Variante) zu 434 €/m². Den umgekehrten Fall weisen die Gebäudeabschlusswände auf mit 302 €/m² beim Holzbau und 416 €/m² (361 €/m²) beim Massivbau aus. Der Grund liegt hier in den zusätzlichen Schichten, die bei den angesprochenen Bauteilen hergestellt werden müssen. Dies gilt sowohl für die Holzfassade der Holzbauaußenwände als auch für die anzubringende Dämmschicht bei den Gebäudeabschlusswänden im Massivbau bei den Gebäudeabschlusswänden.

Bei den übrigen Wänden (Treppenhauswände, Innenwände) sind die Holzrahmenbauwände grundsätzlich teurer als die massiven Bauteile. Insbesondere bei den Innenwänden, die den größten Anteil bei den Wänden einnehmen, ist die Kalksandsteinwand mit 246 – 257 €/m² ca. 10 – 15 % preiswerter als die Holzrahmenbauwand mit 281 €/m².

Bei den Geschossdecken und dem Dach ist die Brettspertholzdecke mit 249 €/m² die günstigste Variante, insbesondere gegenüber der HBV-Decke mit Kosten von 285 €/m². Die Standarddecke aus Stahlbeton ist 5 % teurer und liegt mit €/m² dazwischen, wobei diese unterseitig verputzt wurde. Bei den Brettspertholzdecken wurde eine unbehandelte Oberfläche angenommen. Bei einer unbehandelten Stahlbetondecke mit glatter Untersicht lägen die Kosten bei ca. 150 €/m² und damit deutlich unterhalb der Brettspertholzdecke und HBV-Decke. Da die Decken die größte Fläche im Gebäude einnehmen, liegt hier ein großer Hebel für die Reduzierung von Kosten.

Der Dachaufbau mit einem Gründach wurde bei allen Varianten identisch angenommen. Mit Kosten von 225 €/m² ist er nahezu genauso aufwendig wie die darunterliegende Dachkonstruktion.

6.2 Vergleich auf Gebäudeebene

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt als Gesamtbilanz über die vorbeschriebenen Lebenszyklusphasen bezogen auf die NRF (Netto Raumfläche gem. Vorgabe QNG).

Dabei werden Einzelwerte angegeben für:

- Die Herstellung des Bauwerks: Neubau nach Kostengruppe 300
- Großgeräte: KG 400 Anlagenteile der TGA *
- Bauwerksteile der KG 400: Kabel und Leitungen, Gebäudeinfrastruktur *
- Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien: PV-Anlage *
- Baulicher Teil und Nutzung: Gesamtbilanz

*Diese Anteile sind bei allen Varianten identisch

6.2.1 Vergleich der Treibhausgasemissionen (THG)

Der GWP ist auf die Nutzfläche in kg CO₂ Äq./m² NRF x a bezogen

Variante	Bauwerk	Anlagen	Betrieb	Gesamt
Konventioneller Massivbau	8,302	1,949	8,025	18,276
Hybridbau (standard)	7,204	1,944	8,032	17,180
Holzbau MiWo (UG standard)	6,890	1,948	8,047	16,885
Holzbau MiWo (UG optimiert)	6,604	1,948	8,047	16,598
Holzbau Zellulose (UG opt.)	6,525	1,948	8,047	16,520
Optimierter Massivbau	6,850	1,949	8,025	16,824
Opt. Massivbau (UG standard)	7,104	1,949	8,025	17,078
Opt. Hybridbau	6,521	1,949	8,0265	16,334

Den höchsten Wert an Treibhausgasemissionen (THG) weist die Variante „konventioneller Massivbau“ mit einem Wert von 18,276 kg CO₂ Äq./m² NRF x a aus. Dies ist keine Überraschung. Dahinter rangieren der Hybridbau mit Standardkeller und Holz-Beton-Verbunddecke mit einem Wert von 17,180 und ein massives Gebäude, bei dem die die Geschosse optimiert wurden, jedoch der Keller mit einem Standardbeton hergestellt wurde. An dieser Stelle sieht man den Einfluss des Kellers und das daraus resultierende Optimierungspotenzial. Derselbe Effekt kann auch beim Holzbau abgelesen werden.

Der mit Abstand niedrigste THG-Wert mit 16,334 kg CO₂ Äq./m² NRF x a wurde für das hybride Gebäude mit einem optimierten massiven Kern einschließlich massiver Innenwände und Holzrahmenbauwänden mit Zellulosedämmung in den Außenwänden bei gleichzeitigem Einsatz eines CO₂-optimierten Betons im UG errechnet.

Dahinter kommt mit einem THG-Wert von 16,520 kg CO₂ Äq./m² NRF x a das Gebäude aus Holz mit Zellulosedämmung in den Außenwänden bei gleichzeitigem Einsatz eines CO₂-optimierten Betons im UG. Dahinter kommt die Variante „Holzbau MiWo“, allerdings nur dann, wenn das UG ebenfalls optimiert wurde. Andernfalls sind die Werte in dieser Holzbauvariante leicht schlechter als bei der Gebäudevariante „Optimierter Massivbau“.

Das hybride Gebäude ohne Optimierungsmaßnahmen liegt wie erwartet zwischen dem konventionellen Massivbau und den Holzbauvarianten. Da in dieser Variante der hohe Anteil an mineralischen Baustoffen im Bereich von Innenwänden, Treppen und im Keller nicht optimiert wurde, sind die Werte deutlich höher als bei der optimierten massiven Variante.

Insgesamt zeigen die Werte, dass durch Optimierungsmaßnahmen beim Einsatz mineralischer Baustoffe erhebliche CO₂-Einsparpotenziale ermöglicht werden. Dies gilt in Bezug auf das Untergeschoss auch für die Holzbauvarianten.

Im direkten Vergleich der Holzbauvarianten zu den mineralischen Bauweisen zeigt sich, dass es in Bezug auf ein möglichst niedriges THG-Potenzial auf die Bauweise im Detail ankommt. Nicht jede Bauweise in Holz ist hier einer massiven Bauweise überlegen und umgekehrt. Die Kombination der Baustoffe dort, wo sie ihre Vorteile ausspielen können, bringt die besten Ergebnisse.

Einen großen Einfluss auf die Ergebnisse haben die Decken und die Innenwände der Gebäude, die die größten Flächen im Gebäude einnehmen. Infolge des niedrigen THG-Wertes der Brettsperrholzdecke hat die Holzkonstruktion bei den Decken einen Vorteil, der allerdings bei den Innenwänden zum Teil wieder aufgebraucht wird.

Auf das Bauteil bezogen haben die Außenwände aus Holzrahmenbau mit Zellulosefüllung den mit Abstand geringsten THG-Wert und dort einen großen Vorteil gegenüber der massiven Variante. Der Einfluss dieses Vorsprungs auf das Gesamtgebäude ist aber nur gering, da der Flächenanteil der Außenwand nur einen sehr geringen Anteil des Gebäudes einnimmt. Insgesamt hat das Gebäude ca. 565 m² Außenwandfläche. Ca. 210 m² davon sind jedoch Fenster und Fenstertüren, so dass der Anteil an Ziegelwand bzw. der Holzrahmenbauwand nur ca. 355 m² einnimmt.

Gegenüber ca. 400 m² Gebäudeabschlusswänden oder ca. 647 m² Innenwänden spielt die Außenwand nur eine untergeordnete Rolle bei den Wänden in der Gesamtbetrachtung.

Einen weiteren Einfluss hat der Einsatz von Mineralwolle in den Holzrahmenbauwänden, wie er im Geschosswohnungsbau bei Wohnungstrennwänden oder im Bereich von Treppenhäusern oftmals aus Gründen des Schall- und Brandschutzes notwendig ist. Dies führt dazu, dass an dieser Stelle eine massive Wand mit optimierten Baustoffen Vorteile hat.

6.2.2 Vergleich der nicht erneuerbaren Primärenergie (PEne)

Der Wert für den PEne ist auf die Nutzfläche in kwhPEne/m² NRF x a bezogen

Variante	Bauwerk	Anlagen	Betrieb	Gesamt
Konventioneller Massivbau	20,284	6,675	28,081	55,039
Hybridbau (standard)	18,879	6,656	28,108	53,643
Holzbau MiWo (UG standard)	21,567	6,670	28,158	56,395
Holzbau MiWo (UG optimiert)	21,657	6,670	28,158	56,485
Holzbau Zellulose (UG opt.)	21,405	6,670	28,158	56,233
Optimierter Massivbau	19,777	6,675	28,081	54,532
Opt. Massivbau (UG standard)	19,633	6,675	28,081	54,388
Opt. Hybridbau	19,027	6,675	28,081	53,221

Bei der Betrachtung des Anteils an nichterneuerbaren Energien (PEne) als zweiter Schlüsselindikator für klimafreundliches und ressourcenschonendes Bauen ergibt sich erneut ein differenziertes Bild gegenüber den Treibhausgasen. Bei diesem Kriterium liefern die hybriden Varianten mit Abstand die niedrigsten Werte mit 53,221 bzw. 53,643 kwhPEne/m² NRF x a. Dahinter folgt die Variante „Optimierter Massivbau“. Die Holzbauvarianten haben den größten Bedarf an nichterneuerbarer Energie. Den höchsten Wert ergaben die Berechnungen für die Holzbauvarianten mit Mineralwolle und dort insbesondere die Variante mit Standard-UG mit einem Wert von 56,395 kwhPEne/m² NRF x a.

Insgesamt zeigen die Werte, dass in Bezug auf einen möglichst niedrigen Einsatz nichterneuerbarer Energie die hybride Bauweise deutliche Vorteile hat und alle massiven Varianten besser abschneiden wie die Holzbauvarianten.

6.2.3 Vergleich der Kosten

Auf Bauteilebene wurden die Kosten mit den Durchschnittskosten des BKI-Bauteilkataloges ermittelt (BKI-Verlag).

Eine Multiplikation der Fläche der einzelnen Bauteile mit den Bauteilkosten nach BKI nach Tabelle in Abschnitt 6 führt zu nachfolgenden Ergebnissen. Diese Angabe erfasst nur die in den vorigen Kapiteln betrachteten Außen und Innenwände sowie die Decken und das Dach (Ohne Dachaufbau) und stellt keine Kostenermittlung für ein Gebäude dar.

Konventioneller Massivbau:	908.831,00 €
Holzbau mit Mineralwolle:	1.000.589,00 €
Optimierter Massivbau:	964.524,00 €
Holzbau, UG optimiert, Zellulose	1.000.589,00 €
Konventioneller Hybridbau	1.004.156,00 €
Optimierter Hybridbau	1.038.009,00 €

Der Wert für den Standardmassivbau liegt hier ca. 10 % niedriger als der Standardholzbau. Auch ein optimierter Massivbau liegt noch darunter. Je vielschichtiger die Bauteile werden, desto höher die Kosten. Dies betrifft am Ende auch den Hybridbau.

In Abschnitt 6.3 zeigte sich, dass die Decke durch die große Fläche einen großen Einfluss hat sowohl auf die Kosten als auch auf die graue Energie. Ein Verzicht auf den unterseitigen Putz bei der Betondecke im Massivbau (z.B. Spachtelung und Anstrich) führt entsprechend zu einer weiteren Senkung der Kosten. Würde man bei der Variante „optimierter Hybridbau“ (mit CO₂-reduzierten Betonbauteilen und KS-Wänden) die Holz-Beton-Verbunddecke durch eine Brettstapeldecke tauschen, läge der Wert an dieser Stelle bei 996.789,00 €.

Diese Zahlen können als Indiz für die Auswirkung der unterschiedlichen Bauweisen auf die Kosten des Gebäudes gesehen werden.

Für einen Vergleich von tatsächlichen Kosten musste eine Kalkulation erarbeitet werden. Die Fa. Goldbeck hatte sich bereit erklärt, auf den vorbeschriebenen Grundlagen der Studie ein funktionsfähiges Gebäude zu kalkulieren, so dass in dieser Studie auch realitätsnahe Kosten aus der Sicht eines Unternehmens abgebildet werden können (Abweichungen im Bereich von $\pm 10\%$ sind möglich). Darin wurden auch über die Herstellung hinausgehende Leistungen für die Planung sowie Ingenieurleistungen berücksichtigt.

Im Ergebnis wurden folgende Werte ermittelt:

Variante v01 konventioneller Massivbau:	3.946.813 €
Variante v02 konventioneller Hybridbau:	3.993.621 €
Variante v03 Holzbau:	4.446.037 €
Variante v04 optimierter Massivbau:	3.815.765 €

Deckungsgleich mit den Indizien aus der Betrachtung nach BKI-Bauteilwerten ist der Kostenvorteil vom konventionellen Massivbau zum Holzbau, der hier insgesamt 12 % beträgt. Dabei spielen sowohl höhere Kosten bei der Herstellung als auch bei den Planungs- und Ingenieurleistungen eine Rolle. Überraschend ist der geringe Unterschied bei der hybriden Variante und ein Kostenvorteil für die Variante v04 optimierter Massivbau. An dieser Stelle konnte die Fa. Goldbeck auf ihre eigenen Bausysteme zurückgreifen, so dass eine Optimierung der Bauprozesse innerhalb des systemischen Bauens angesetzt werden konnte.

Die Bauwirtschaft Baden-Württemberg bedankt sich bei den Erstellern, Beratern und Unterstützern der Studie. Wir hoffen, dass wir mit unseren Ergebnissen eine Hilfestellung für Bauherren und Planende zur Diskussion um die beste Lösung für die anstehende Bauaufgabe und für die Fortentwicklung des nachhaltigen Bauens geben können.

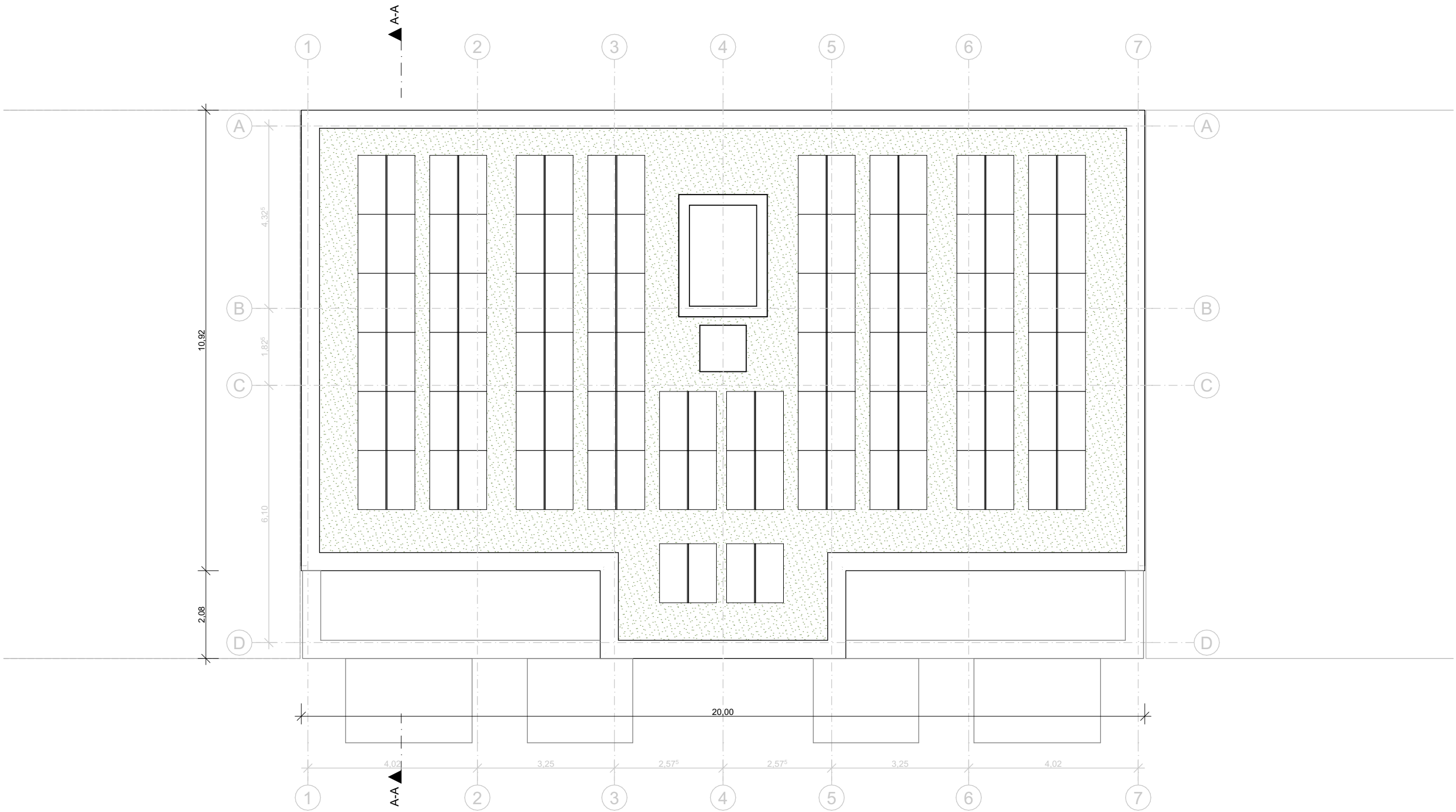
Pläne



Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Isometrie Straße /Stichboulevard		Ausrichtung
			Plan-Nr. 00.01	Maßstab	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)



Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Isometrie Innenhof			Ausrichtung 
			Plan-Nr. 00.02	Maßstab	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)	Datum /Stand 11.12.2025



Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Dachaufsicht_v00			Ausrichtung 
			Plan-Nr. 01.04	Maßstab 1:100	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)	Datum /Stand 11.12.2025



Projekt

"Studie Dietenbach"

LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus

Auftraggeber

Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V.

Holbeinstr. 16
79100 Freiburg

Verfasser

Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH

Fuchseckstr. 7
70188 Stuttgart

Planinhalt

Grundriss Untergeschoss_v00

Plan-Nr.

01.05

Maßstab

1:100

Blattgröße

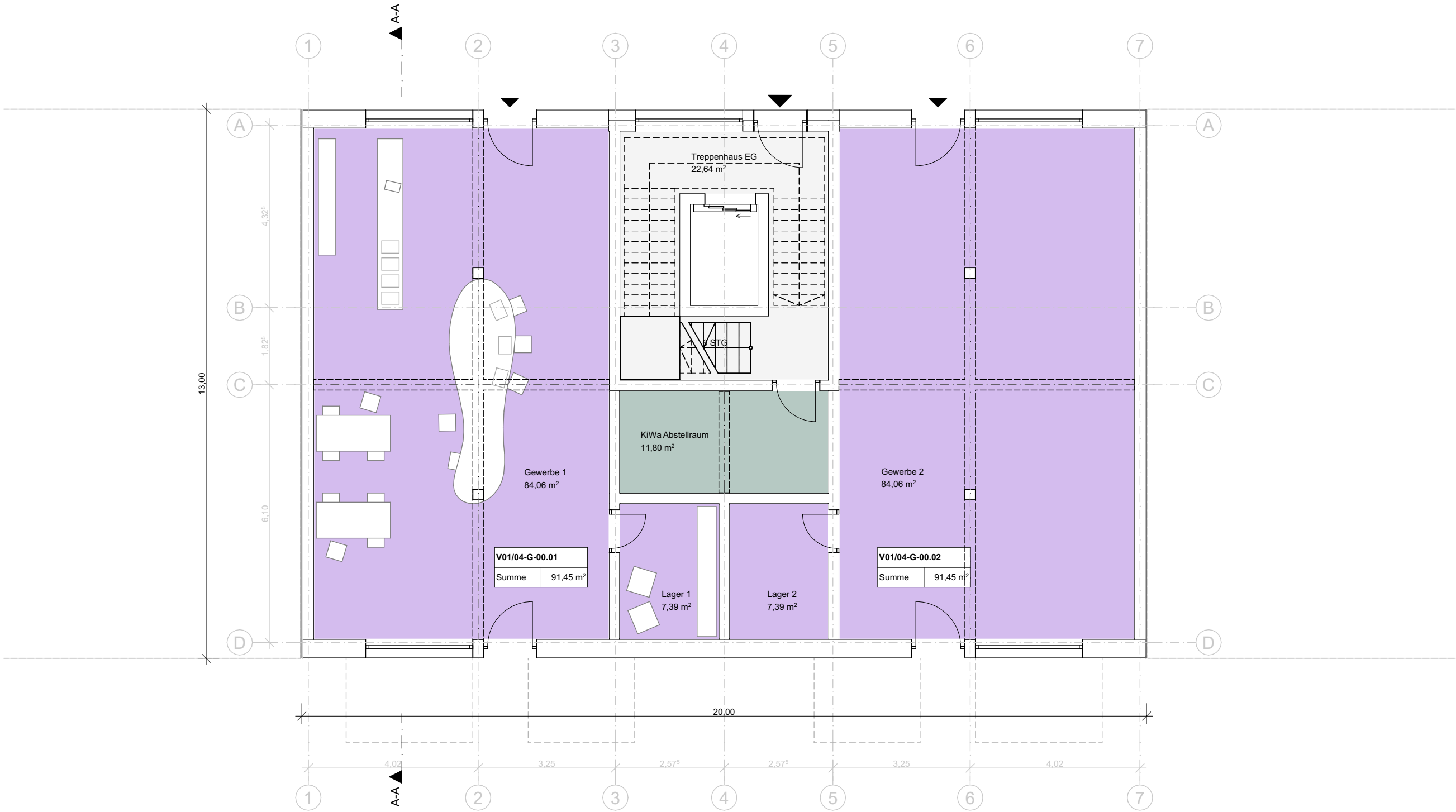
DIN A3 (420 x 297 mm)

Ausrichtung

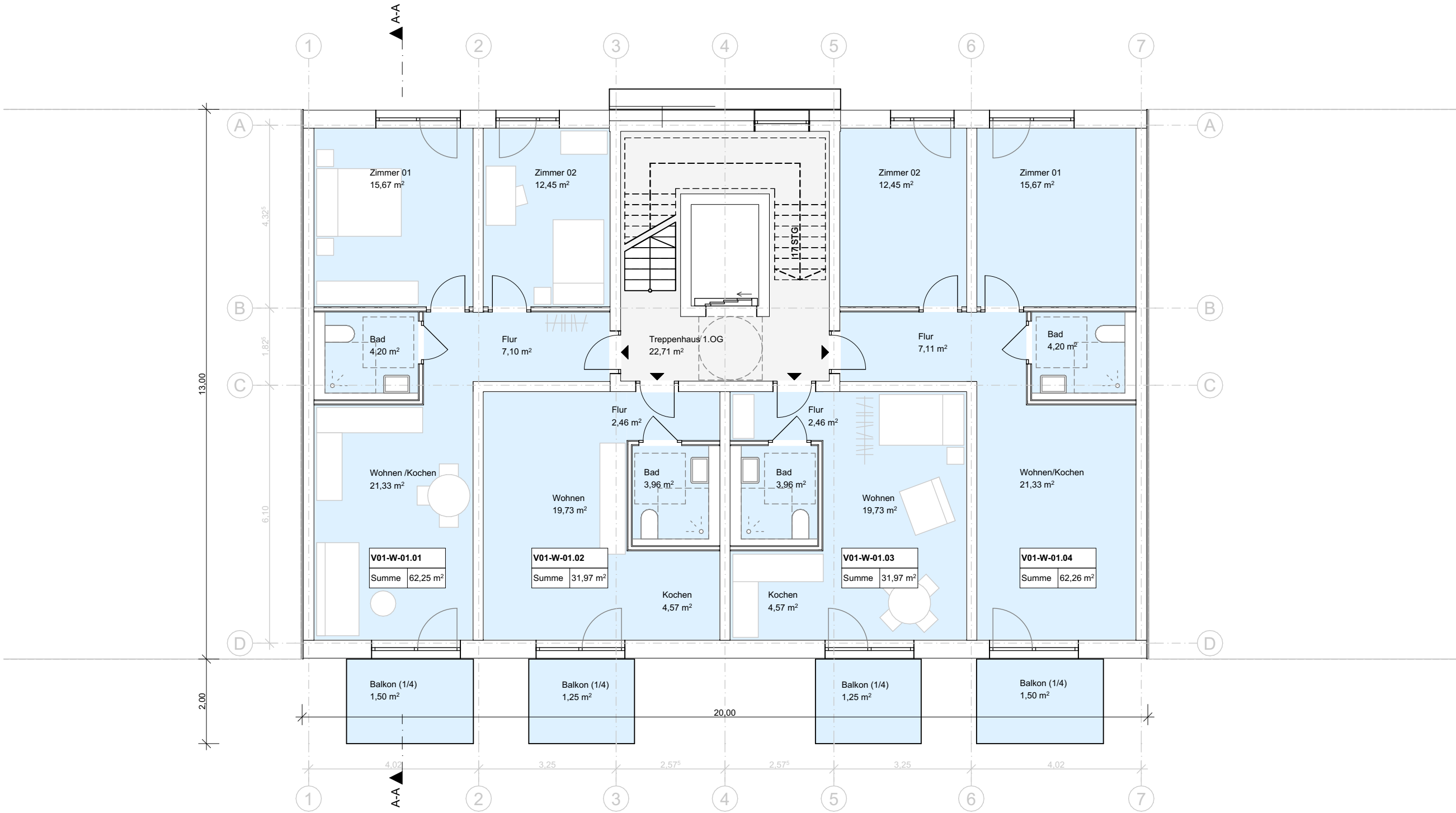


Datum /Stand

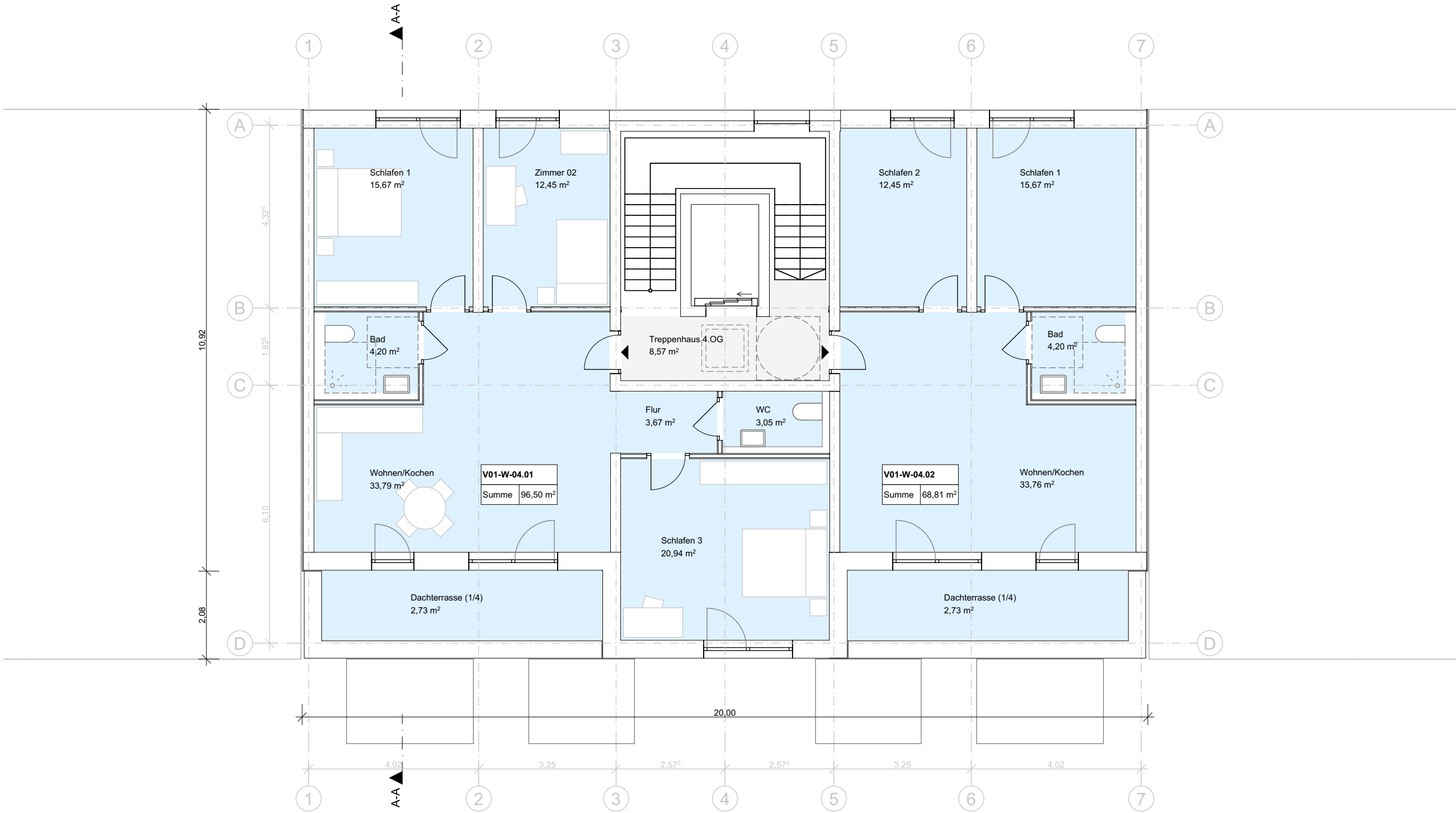
11.12.2025



Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Grundriss Erdgeschoss_v01/04			Ausrichtung
			Plan-Nr. 01.01	Maßstab 1:100	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)	Datum /Stand 11.12.2025



Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Grundriss Regelgeschoss (1.-3.OG)_v01/04			Ausrichtung 
			Plan-Nr. 01.02	Maßstab 1:100	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)	Datum /Stand 11.12.2025



Projekt

"Studie Dietenbach"

LCA-Vergleichsberechnungen eines
mehrgeschossigen Wohnungsbaus

Auftraggeber

Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V.

Holbeinstr. 16
79100 Freiburg

Verfasser

Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH

Fuchseckstr. 7
70188 Stuttgart

Planinhalt

Grundriss Dachgeschoss_v01/04

Plan-Nr.

01.03

Maßstab

1:100

Blattgröße

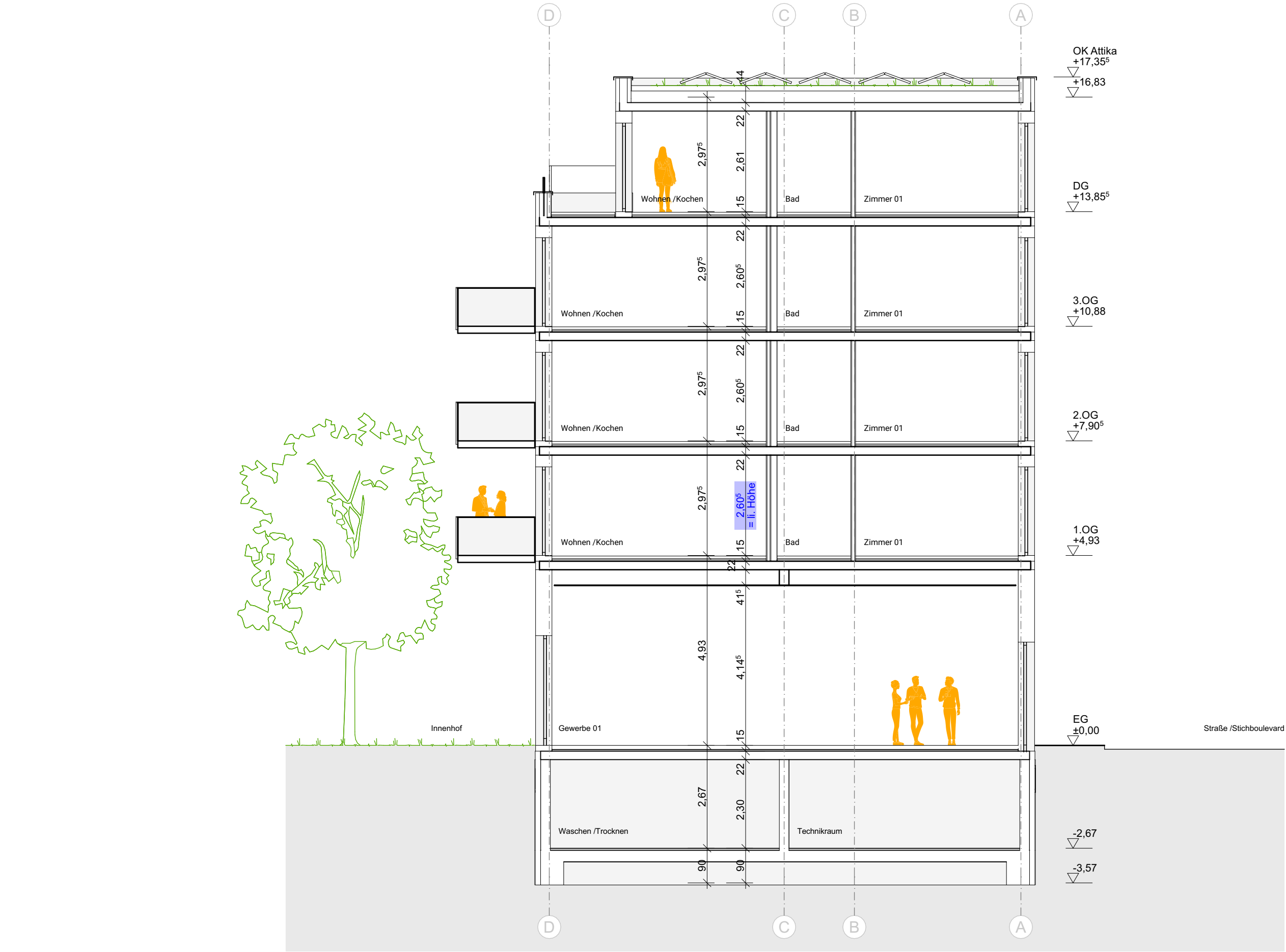
DIN A3 (420 x 297 mm)

Ausrichtung

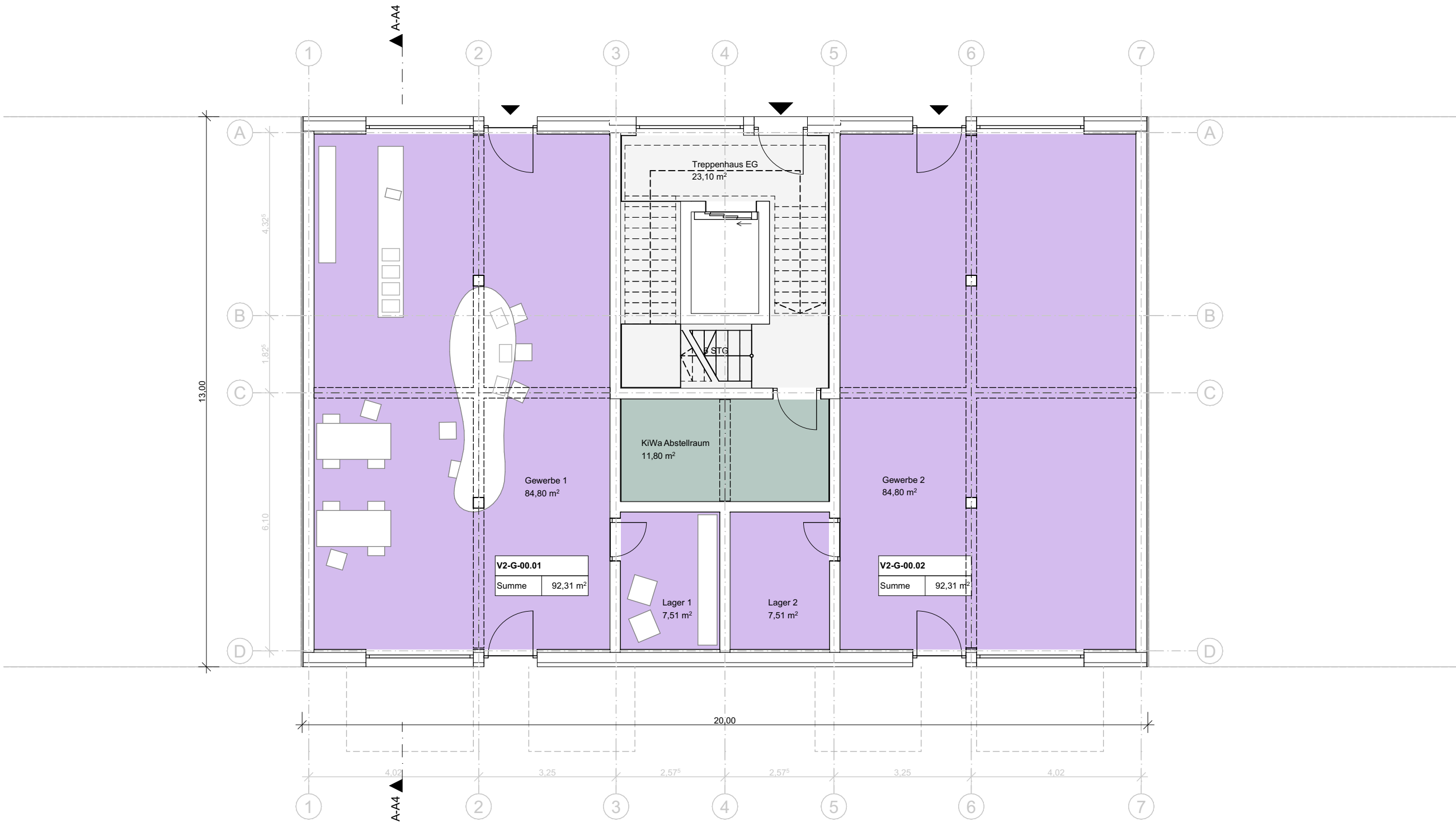


Datum /Stand

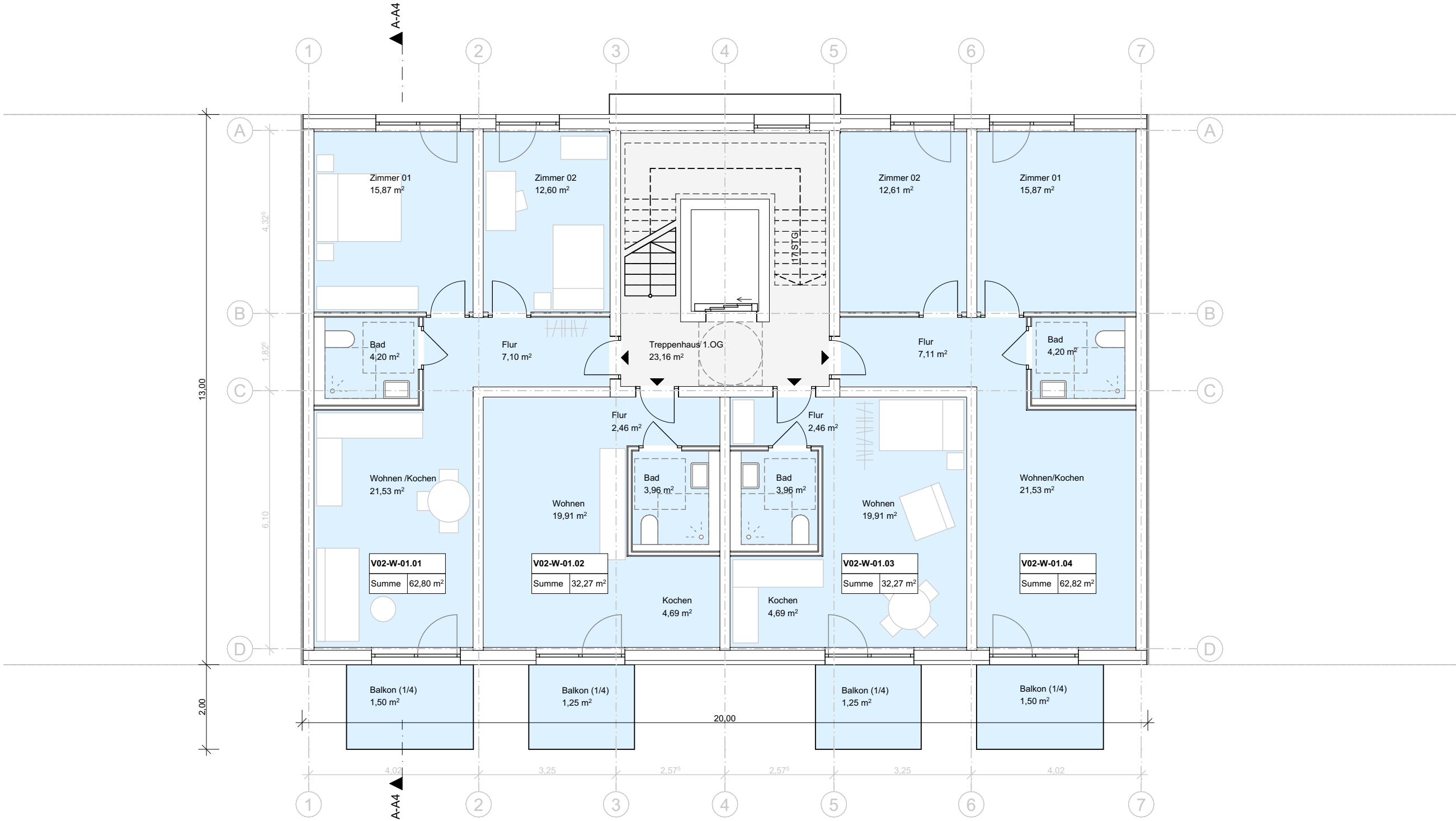
11.12.2025



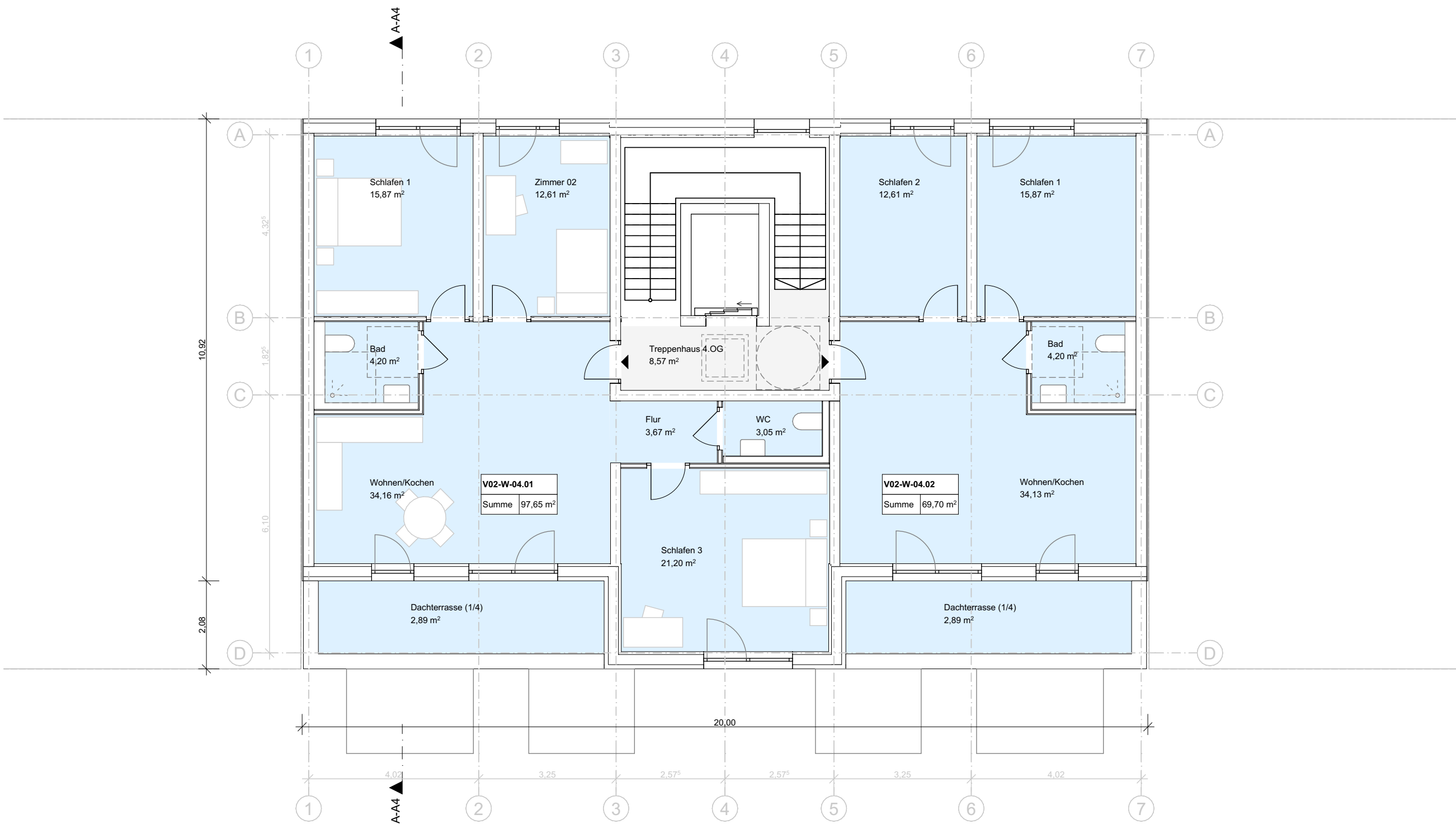
Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Schnitt A-A_v01/04			Ausrichtung
			Plan-Nr. 01.06	Maßstab 1:100	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)	Datum /Stand 11.12.2025



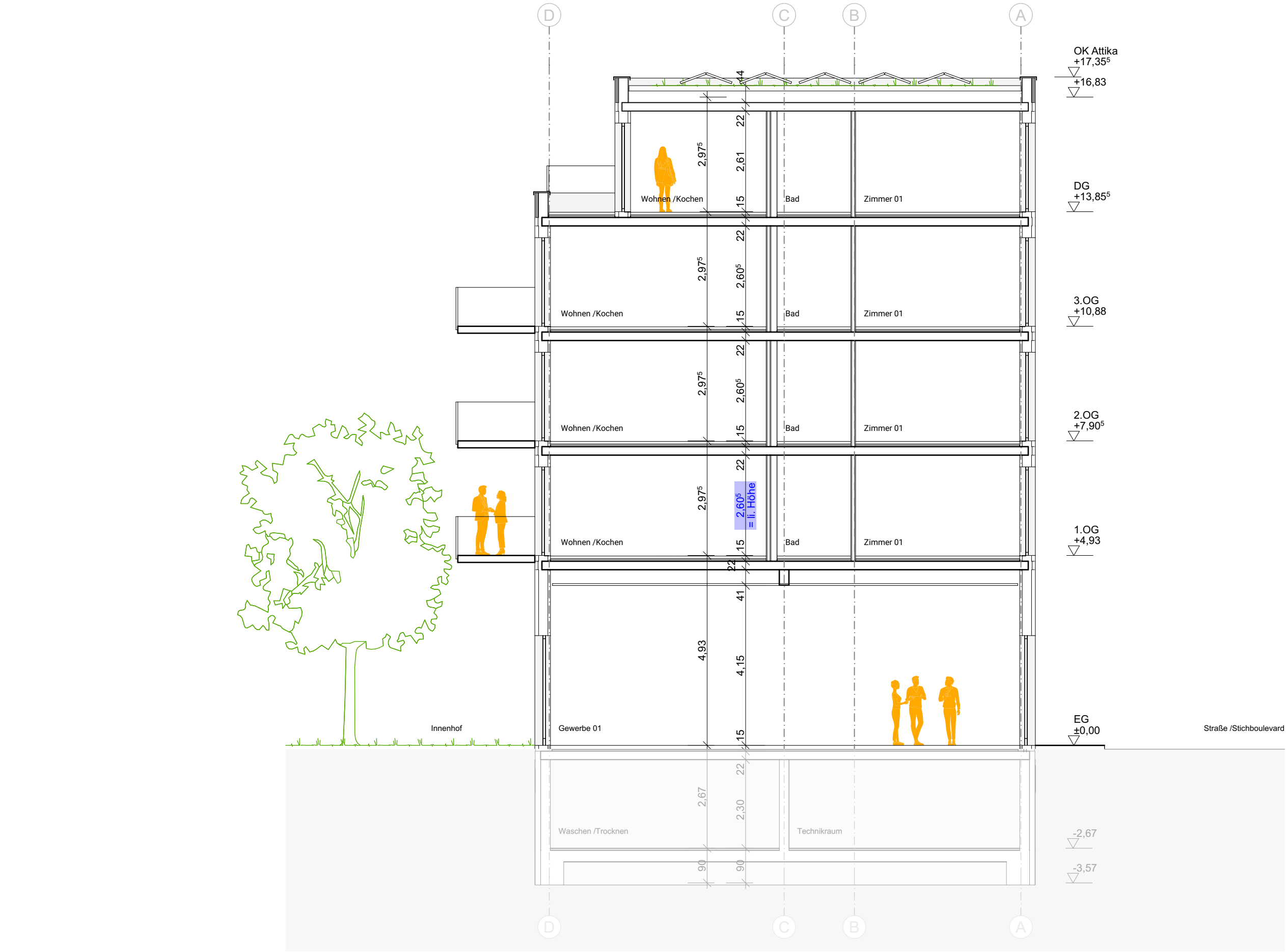
Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Grundriss Erdgeschoss_v02		Ausrichtung
			Plan-Nr. 02.01	Maßstab 1:100	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)



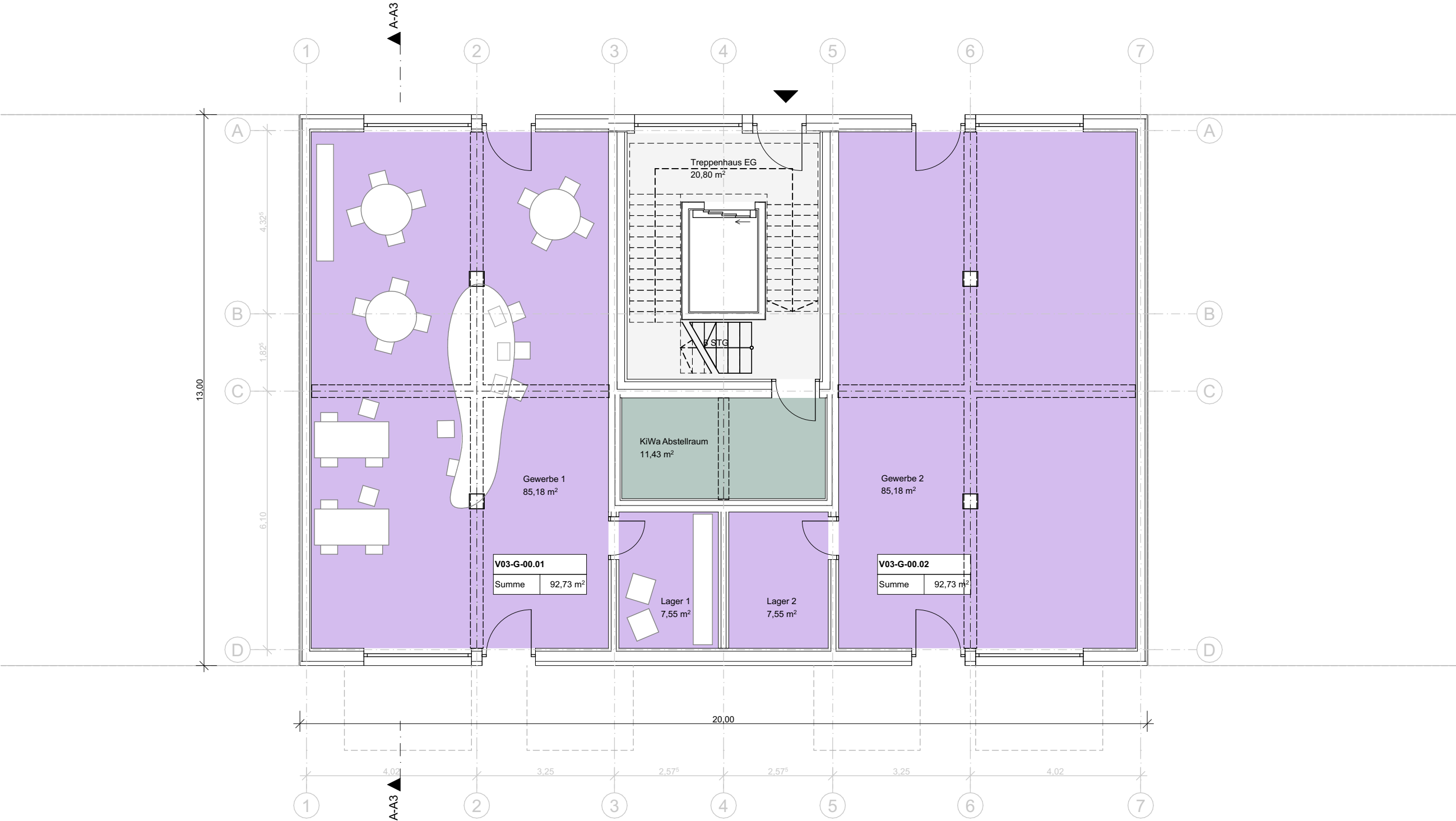
Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Grundriss Regelgeschoss (1.-3.OG)_v02		Ausrichtung
			Plan-Nr. 02.02	Maßstab 1:100	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)



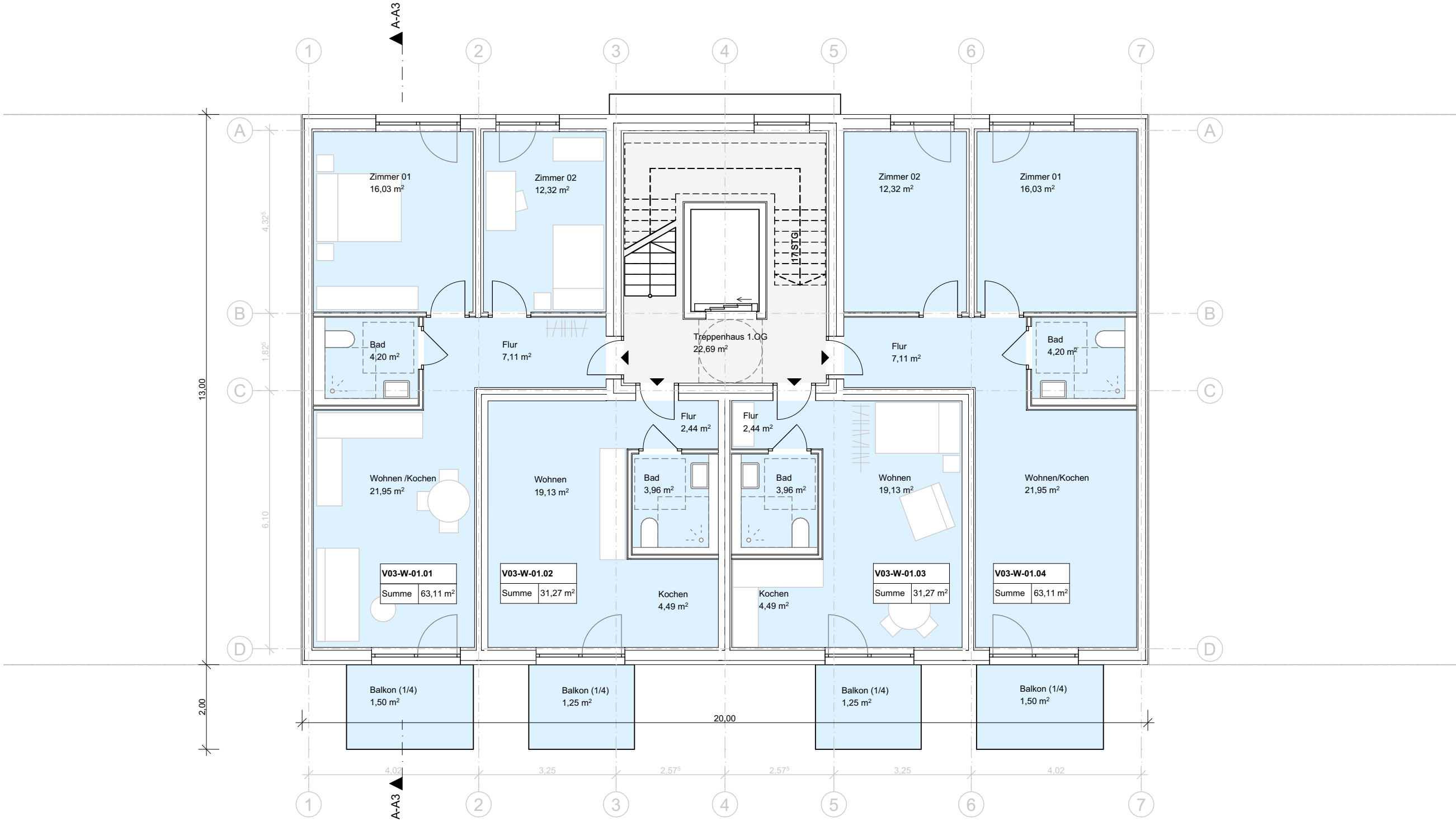
Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Grundriss Dachgeschoss_v02			Ausrichtung 
			Plan-Nr. 02.03	Maßstab 1:100	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)	Datum /Stand 11.12.2025



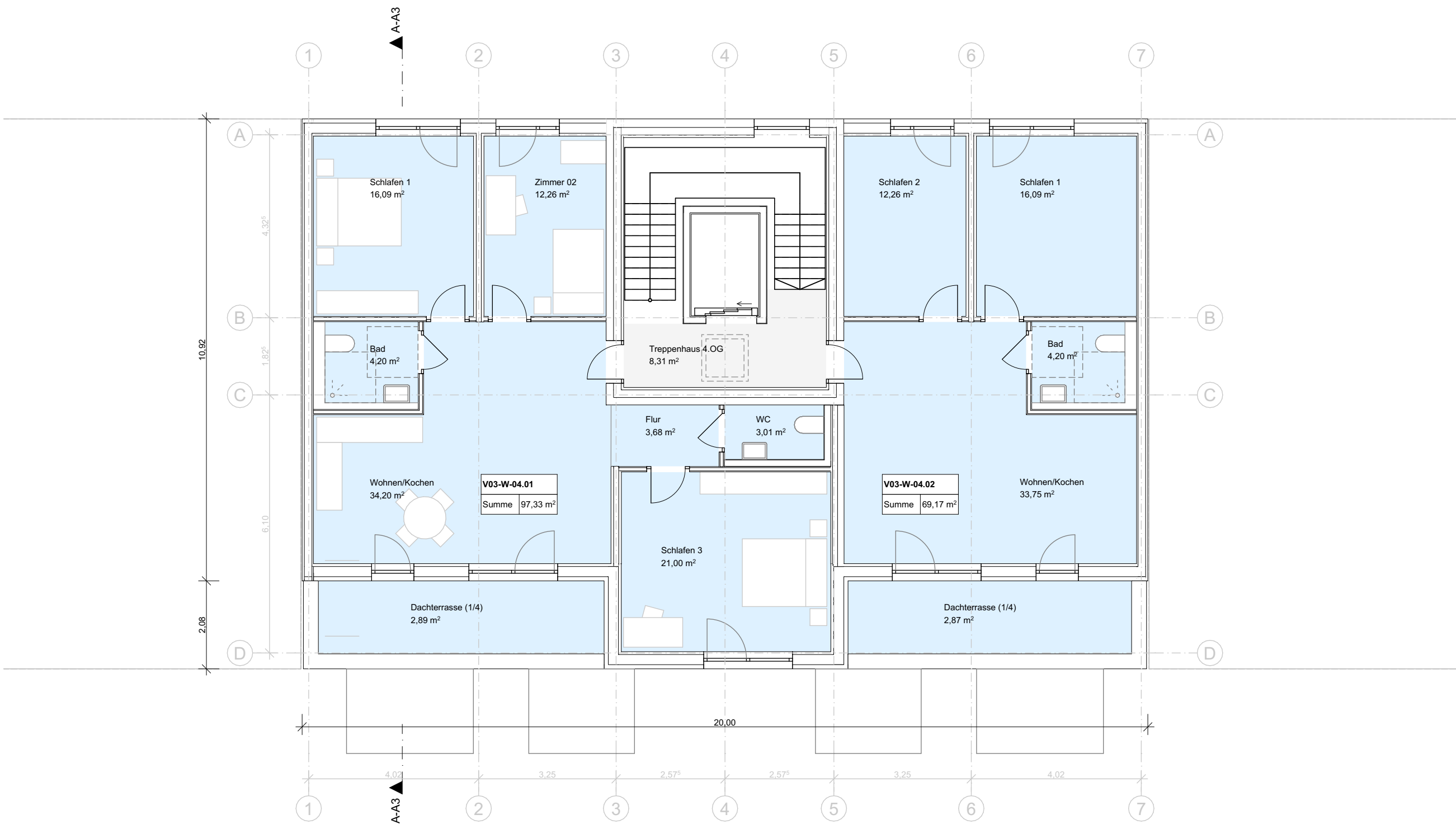
Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Schnitt A-A_v02			Ausrichtung
			Plan-Nr. 02.04	Maßstab 1:100	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)	Datum /Stand 11.12.2025



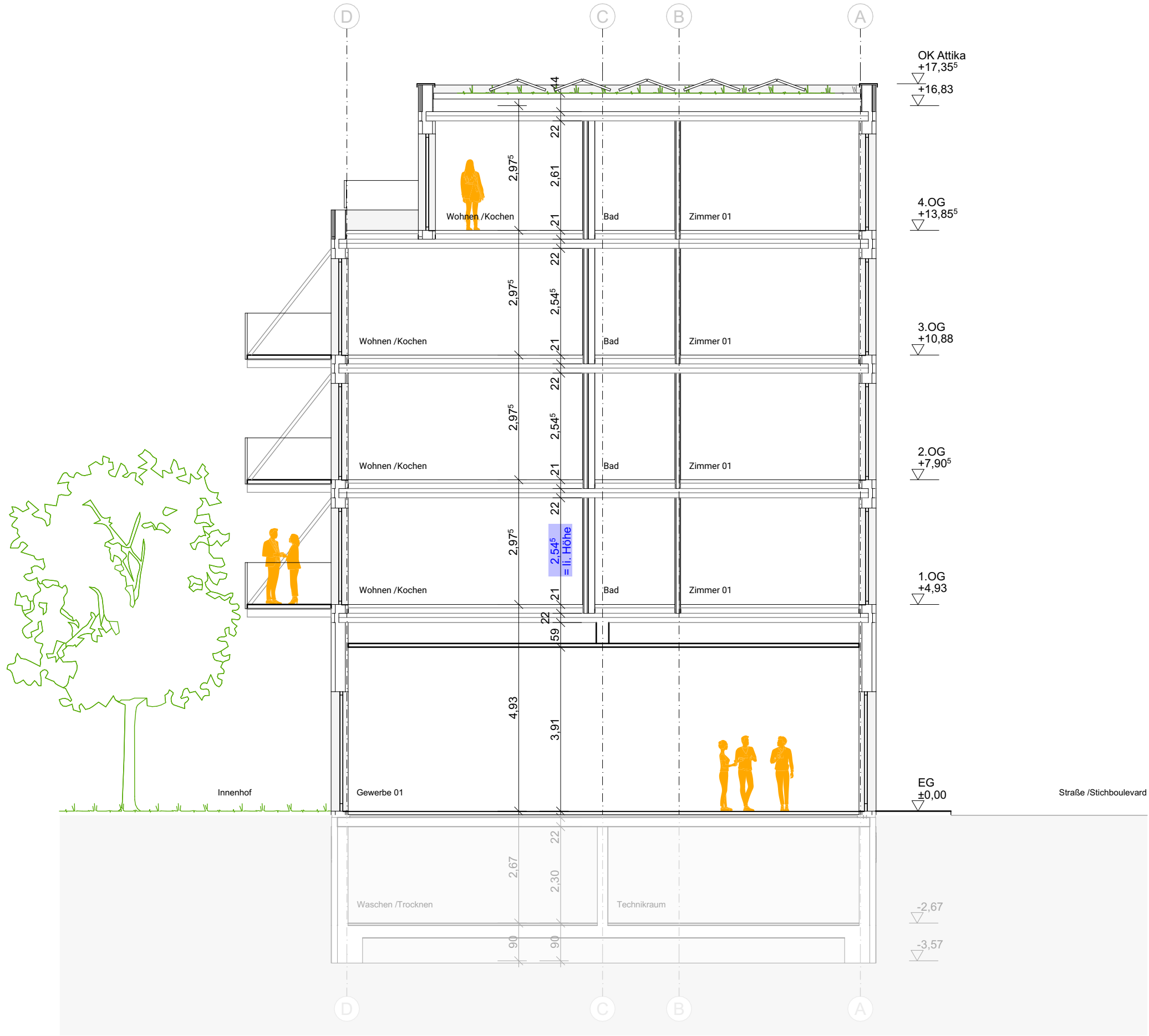
Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Grundriss Erdgeschoss_v03		Ausrichtung
			Plan-Nr. 03.01	Maßstab 1:100	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)



Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Grundriss Regelgeschoss (1.-3.OG)_v03 Plan-Nr. 03.02 Maßstab 1:100 Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)	Ausrichtung Datum /Stand 11.12.2025
---	--	--	--	--



Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Grundriss Dachgeschoss_v03		Ausrichtung 
			Plan-Nr. 03.03	Maßstab 1:100	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)



Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Schnitt A-A_v03			Ausrichtung
			Plan-Nr. 03.04	Maßstab 1:100	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)	Datum /Stand 11.12.2025

Nutzfläche

(Beispielhaft für V01 Massivbau)

00-02 Räume - NRF v01/04						
Geschoss Nummer	Geschoss Name	Code	Raumname	Berechnete Fläche	UK zu 0,00	Höhe
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	3,171 ⁵	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,111 ⁵	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,122	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,122	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,122	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,123	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,147	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,208 ⁵	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,297 ⁵	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,309	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,309	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,309	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,309	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,309	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Abstellr.	4,432	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Fahrräder	41,964	-2,670	2,20
-1	UG	07 NUF	Waschen	22,291 ⁵	-2,670	2,20

126,657⁵ m²

-1	UG	08 TF	Technik	41,950 ⁵	-2,670	2,20
----	----	-------	---------	---------------------	--------	------

41,950⁵ m²

-1	UG	09 VF	Aufzug	3,840	-2,670	2,20
-1	UG	09 VF	Flur	27,924	-2,670	2,20
-1	UG	09 VF	Treppenhaus UG	23,280 ⁵	-2,670	2,20

55,044⁵ m²

0	EG	04 NUF	Gewerbe 1	84,057	0,000	4,46
0	EG	04 NUF	Gewerbe 2	84,057	0,000	4,46
0	EG	04 NUF	Lager 1	7,390 ⁵	0,000	4,46
0	EG	04 NUF	Lager 2	7,390 ⁵	0,000	4,46

182,895 m²

0	EG	07 NUF	KiWa Abstellraum	11,800 ⁵	0,000	4,46
---	----	--------	---------------------	---------------------	-------	------

11,800⁵ m²

0	EG	09 VF	Treppenhaus EG	22,638 ⁵	0,000	4,46
---	----	-------	-------------------	---------------------	-------	------

00-02 Räume - NRF v01/04						
Geschoss Nummer	Geschoss Name	Code	Raumname	Berechnete Fläche	UK zu 0,00	Höhe

22,638⁵ m²

1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Bad	3,960	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Bad	3,960	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Bad	4,202	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Bad	4,202	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Balkon (1/4)	5,000	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Balkon (1/4)	5,000	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Balkon (1/4)	6,000	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Balkon (1/4)	6,000	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Flur	2,464 ⁵	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Flur	2,464 ⁵	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Flur	7,103 ⁵	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Flur	7,107	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Kochen	4,568 ⁵	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Kochen	4,568 ⁵	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Wohnen	19,729 ⁵	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Wohnen	19,729 ⁵	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Wohnen / Kochen	21,330	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Wohnen/ Kochen	21,330	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Zimmer 01	15,666 ⁵	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Zimmer 01	15,666 ⁵	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Zimmer 02	12,446	4,830	2,60 ⁵
1	OG (Regelgeschoss)	01 NUF	Zimmer 02	12,454	4,830	2,60 ⁵

204,952⁵ m²

1	OG (Regelgeschoss)	09 VF	Treppenhaus 1.OG	22,711	4,830	2,60 ⁵
---	-----------------------	-------	---------------------	--------	-------	-------------------

22,711 m²

2	OG	01 NUF	Bad	3,960	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Bad	3,960	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Bad	4,202	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Bad	4,202	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Balkon (1/4)	5,000	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Balkon (1/4)	5,000	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Balkon (1/4)	6,000	7,805	2,60 ⁵

00-02 Räume - NRF v01/04						
Geschoss Nummer	Geschoss Name	Code	Raumname	Berechnete Fläche	UK zu 0,00	Höhe
2	OG	01 NUF	Balkon (1/4)	6,000	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Flur	2,464 ⁵	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Flur	2,464 ⁵	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Flur	7,107	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Flur	7,107	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Kochen	4,568 ⁵	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Kochen	4,568 ⁵	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Wohnen	19,729 ⁵	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Wohnen	19,729 ⁵	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Wohnen / Kochen	21,330	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Wohnen/ Kochen	21,330	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Zimmer 01	15,666 ⁵	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Zimmer 01	15,666 ⁵	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Zimmer 02	12,454	7,805	2,60 ⁵
2	OG	01 NUF	Zimmer 02	12,454	7,805	2,60 ⁵

204,964 m²

2	OG	09 VF	Treppenhaus 2.OG	22,711	7,805	2,60 ⁵
---	----	-------	---------------------	--------	-------	-------------------

22,711 m²

3	OG	01 NUF	Bad	3,960	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Bad	3,960	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Bad	4,202	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Bad	4,202	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Balkon (1/4)	5,000	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Balkon (1/4)	5,000	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Balkon (1/4)	6,000	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Balkon (1/4)	6,000	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Flur	2,464 ⁵	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Flur	2,464 ⁵	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Flur	7,107	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Flur	7,107	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Kochen	4,568 ⁵	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Kochen	4,568 ⁵	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Wohnen	19,729 ⁵	10,780	2,60 ⁵

00-02 Räume - NRF v01/04						
Geschoss Nummer	Geschoss Name	Code	Raumname	Berechnete Fläche	UK zu 0,00	Höhe
3	OG	01 NUF	Wohnen	19,729 ⁵	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Wohnen / Kochen	21,330	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Wohnen/ Kochen	21,330	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Zimmer 01	15,666 ⁵	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Zimmer 01	15,666 ⁵	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Zimmer 02	12,454	10,780	2,60 ⁵
3	OG	01 NUF	Zimmer 02	12,454	10,780	2,60 ⁵

204,964 m²

3	OG	09 VF	Treppenhaus 1.OG	22,711	10,780	2,60 ⁵
---	----	-------	------------------	--------	--------	-------------------

22,711 m²

4	DG	01 NUF	Bad	4,202	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	Bad	4,202	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	Dachterrasse (1/4)	10,936	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	Dachterrasse (1/4)	10,936	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	Flur	3,673	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	Schlafen 1	15,666 ⁵	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	Schlafen 1	15,666 ⁵	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	Schlafen 2	12,454	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	Schlafen 3	20,940	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	WC	3,045 ⁵	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	Wohnen/ Kochen	33,759 ⁵	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	Wohnen/ Kochen	33,790	13,755	2,60 ⁵
4	DG	01 NUF	Zimmer 02	12,454	13,755	2,60 ⁵

181,725 m²

4	DG	09 VF	Treppenhaus 4.OG	8,566 ⁵	13,755	2,60 ⁵
---	----	-------	------------------	--------------------	--------	-------------------

8,566⁵ m²

1.314,291⁵ m²

Bauteilliste

Alle Gebäude

Bauteilliste - Übersicht

Gebäudetypologie:Wohnungsbau, mehrgeschossig

Gebäudeklasse:GK 5

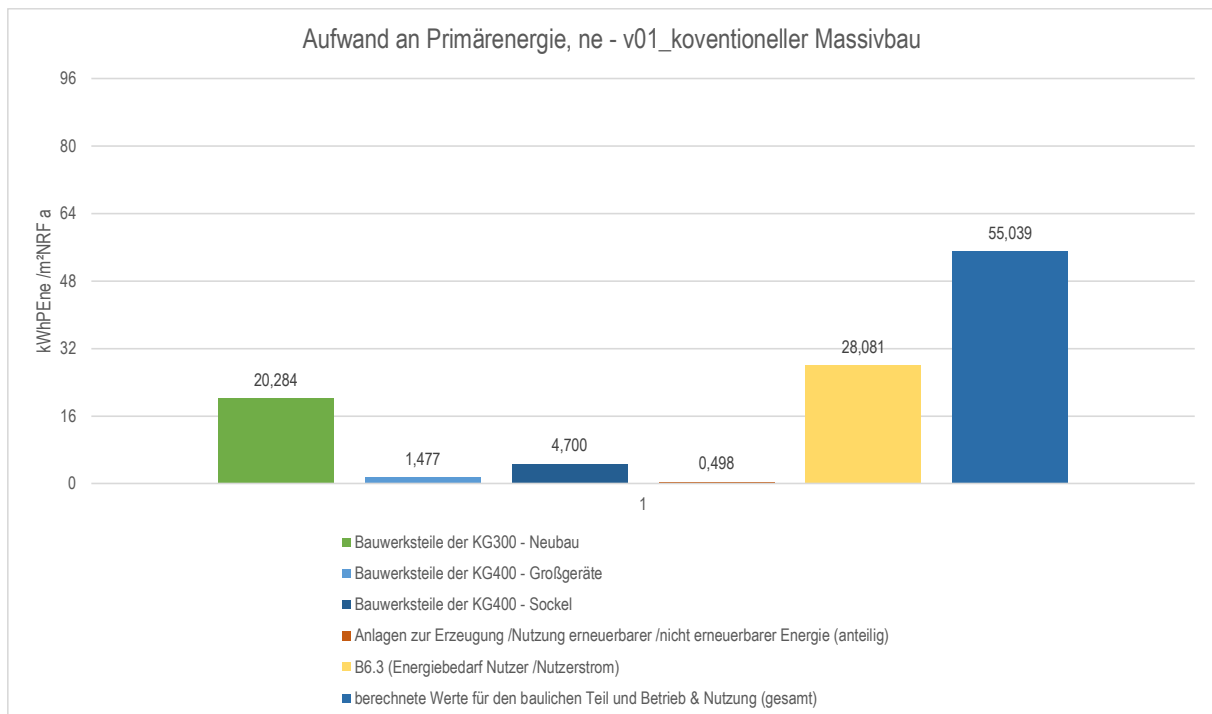
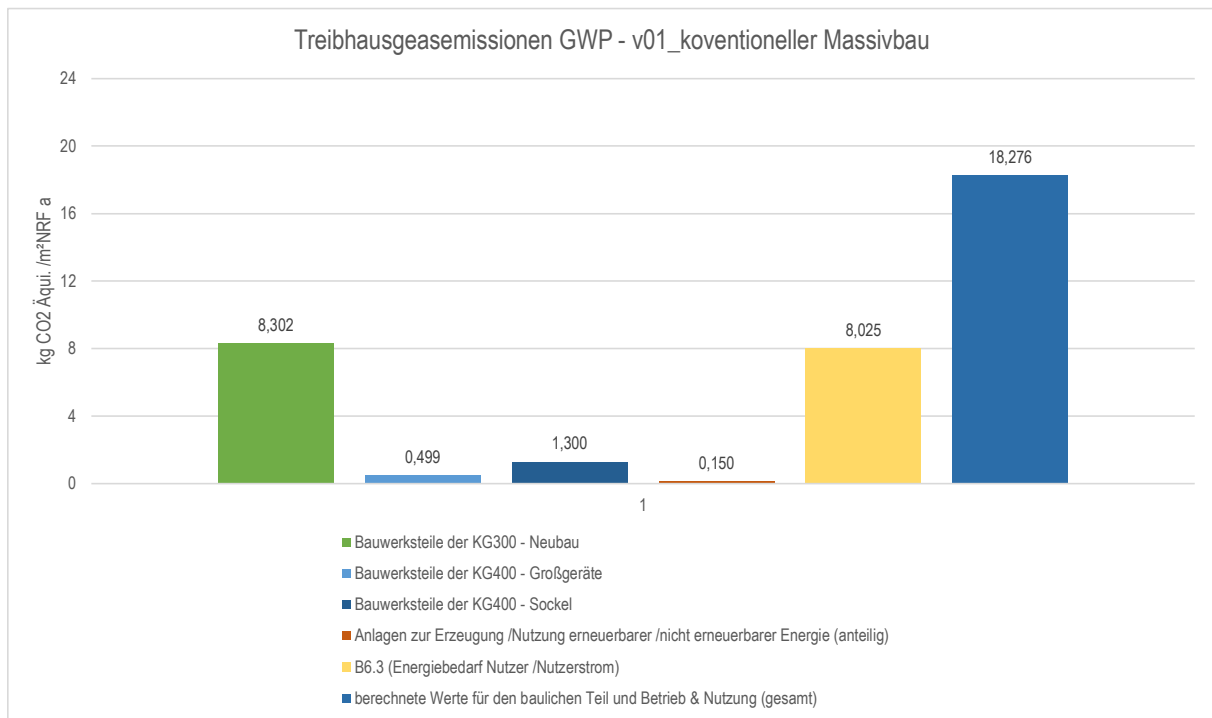
Bundesland:Baden-Württemberg

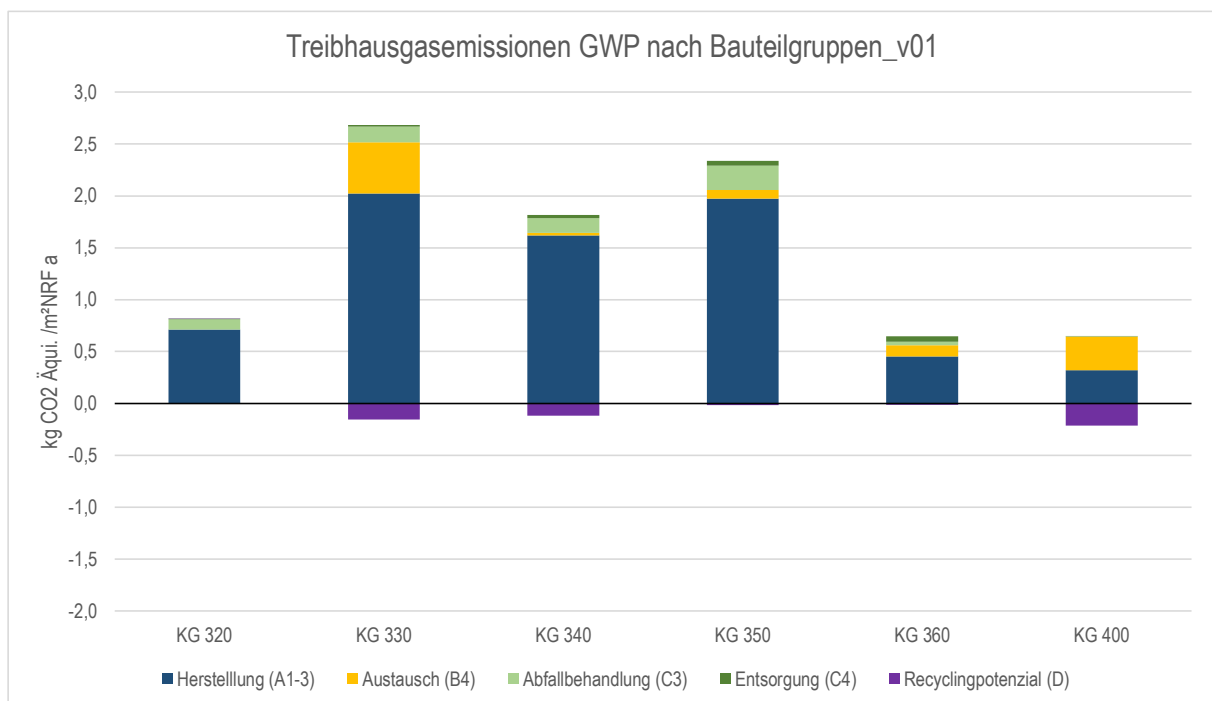
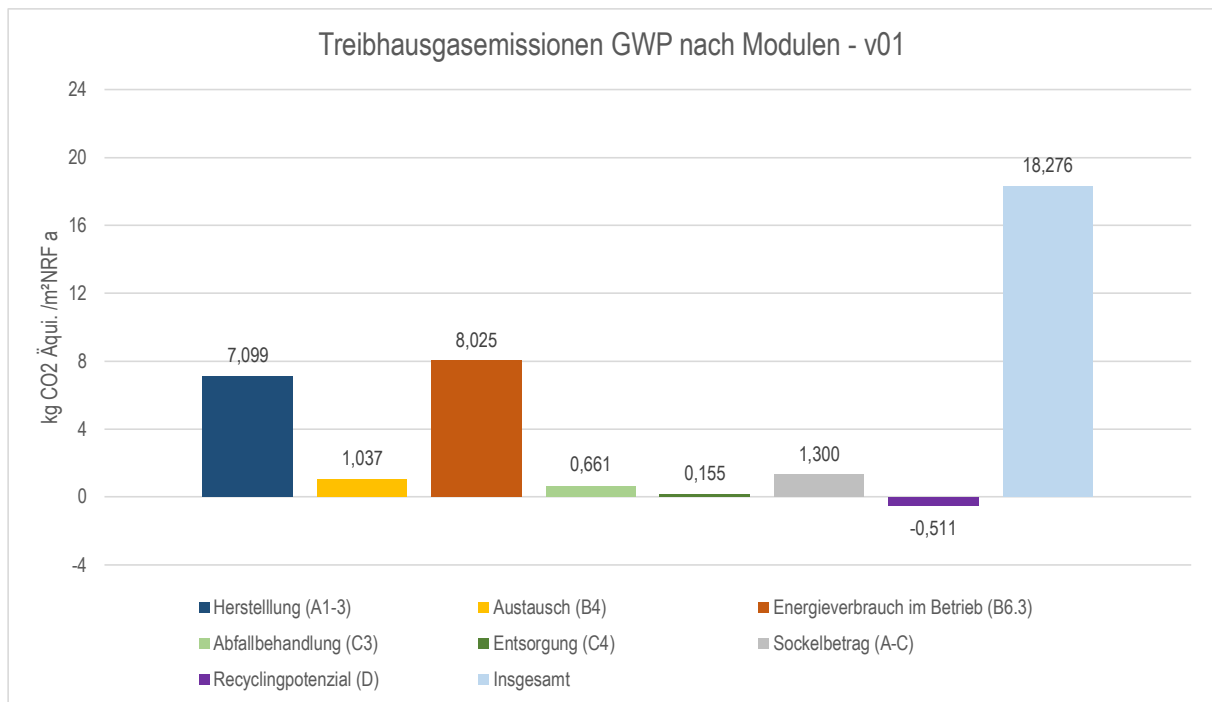
Verortung /Geschoss	Bauteil (Beschreibung)	Hauptmodell Bezeichnung	Variante 01 Massivbau konventionell Bezeichnung	Variante 02 Hybridbau (Massivbau konventionell + HRB-AW) Bezeichnung	Variante 03 (reiner) Holzbau Bezeichnung	Variante 04 Massivbau optimiert Bezeichnung	
UG	Fundamente		Stahlbeton (600 x 600)	<-- siehe Variante 01	<-- siehe Variante 01	CO2-optimierter Stahlbeton (600 x600)	
UG	Bodenplatte		Stahlbeton	<-- siehe Variante 01	<-- siehe Variante 01	CO2-optimierter Stahlbeton	
UG	Außenwand - tragend		Stahlbeton, gedämmt	<-- siehe Variante 01	<-- siehe Variante 01	CO2-optimierter Stahlbeton, gedämmt	
UG	Innenwand - tragend		Stahlbeton	<-- siehe Variante 01	<-- siehe Variante 01	CO2-optimierter Stahlbeton	
UG	Kellertrennwände	Keller-Systemtrennwand (Holz)					
UG	Decke ü. UG		Stahlbeton	<-- siehe Variante 01	<-- siehe Variante 01	CO2-optimierter Stahlbeton	
UG	Türen - Keller	Stahltüre, T30-RS					
UG	Fenster - Keller	Kellerfenster-System (Kunststofffenster)					
UG	Lichtschächte	Lichtschacht-System (Stb.-Fertigteile)					
TRH	Treppenraumwand - außen		Stahlbeton, verputzt	<-- siehe Variante 01	Holzrahmenbau, beiseitig beplankt	CO2-optimierter Stahlbeton, verputzt	
TRH	Treppenraumwand - innen		Stahlbeton, verputzt	<-- siehe Variante 01	Holzrahmenbau, beidseitig beplankt + Vorsatzschale	CO2-optimierter Stahlbeton, verputzt	
TRH	Fassade		WDVS, verputzt	siehe Variante 03 -->	VHF, Holzverkleidung vertikal	<-- siehe Variante 01	
TRH	Schachtwände		Stahlbeton, verputzt	<-- siehe Variante 01	Brettsperrholz (CLT), beiseitig beplankt	CO2-optimierter Stahlbeton, verputzt	
TRH	Aufzug	6 Stationen					
TRH - UG	Treppenlauf + Podeste	StB.-Fertigteile + Betonwerkstein /Fliese					
TRH	Treppenlauf + Podeste		StB.-Fertigteile + Betonwerkstein /Fliese	<-- siehe Variante 01	Brettsperrholz, allseitig beplankt + Betonwerkstein /Fliese	<-- siehe Variante 01	
TRH	Handlauf	Edelstahlrohr, geschliffen					
TRH	Fenster		Kunststoff-Fenster, 3-fach Vgl.	Kunststoff-Fenster, 3-fach Vgl.	Kunststoff-Fenster, 3-fach Vgl.	Kunststoff-Fenster, 3-fach Vgl.	
TRH	RWA	LAMILUX Lichtkuppel (120 x 120 cm)					
TRH	Türen UG	Stahltüre, T30-RS					
TRH	Hauseingang	Stahl-Alu-Tür mit Glaseinsatz und Seitenteil					
TRH	Wohnungseingangstüren	Holztür, dichtschießend					
alle Geschosse	Gebäudeabschlusswand Nachbargebäude		Stahlbeton, verputzt	<-- siehe Variante 01	Holzrahmenbau, beidseitig beplankt	CO2-optimierter Stahlbeton, verputzt	
EG	Stützen		Stahlbeton, SB2	<-- siehe Variante 01	Brettschichtholz	CO2-optimierter Stahlbeton, SB2	
EG	Unterzüge		Stahlbeton	<-- siehe Variante 01	Brettschichtholz	CO2-optimierter Stahlbeton	
EG	Abhangdecke	Metall-Unterkonstruktion mit Akustikplatten					
alle Geschosse	Außenwand - nicht tragend		gefüllter Ziegelstein (z.B. Poroton), verputzt	siehe Variante 03 -->	Holzrahmenbau, beiseitig beplankt + VHF, Holzverkleidung vertikal	gefüllter Ziegelstein (z.B. Poroton), verputzt	
alle Geschosse	Innenwand - tragend		Kalksandstein, verputzt	<-- siehe Variante 01	Holzrahmenbau, beiseitig beplankt, gespachtelt	Kalksandstein UNIKA ecoblau, verputzt	
alle Geschosse	Innenwand - nicht tragend	Metallständerwand, beplankt u. gespachtelt					
alle Geschosse	Wohnungstrennwand		Kalksandstein, verputzt	<-- siehe Variante 01	Holzrahmenbau, beidseitig beplankt + Vorsatzschale	Kalksandstein UNIKA ecoblau, verputzt	
alle Geschosse	Geschossdecke		Stahlbeton	siehe Variante 04 -->	Brettsperrholz (CLT), ggf. Sichtanspruch	Holz-Beton-Verbunddecke mit Brettsperrholz, ggf. Sichtanspruch	
alle Geschosse	Fußbodenaufbau		Ausgleichsdämmung, schwimmender Heizestrich, Bodenbelag	<-- siehe Variante 01	Schüttung, schwimmender Heizestrich, Bodenbelag	<-- siehe Variante 01	
alle Geschosse	Dach		Stahlbeton	siehe Variante 04 -->	Brettsperrholz (CLT), mit Sichtanspruch	Holz-Beton-Verbunddecke mit Brettschichtholz, ggf. Sichtanspruch	
alle Geschosse	Dachaufbau	Wärmedämmung, Abdichtung + "Blaudachaufbau"					
alle Geschosse	Balkone		StB.-Fertigteile	<-- siehe Variante 01	Stahträgerrost mit Stb.-Fertigteil	<-- siehe Variante 01	
alle Geschosse	Absturzsicherung Balkone	Stabgeländer, Stahl verzinkt					
alle Geschosse	Fenster		Kunststoff-Fenster, 3-fach Vgl.	Kunststoff-Fenster, 3-fach Vgl.	Kunststoff-Fenster, 3-fach Vgl.	Kunststoff-Fenster, 3-fach Vgl.	
alle Geschosse	Absturzsicherung Fenster	Stabgeländer, Stahl verzinkt					
alle Geschosse	Zimmertüren	Holztür, Umfassungszarge					
alle Geschosse	Vorwandinstallationen	GIS-Wand-System (Metall UK + Beplankung)					

Gebäude

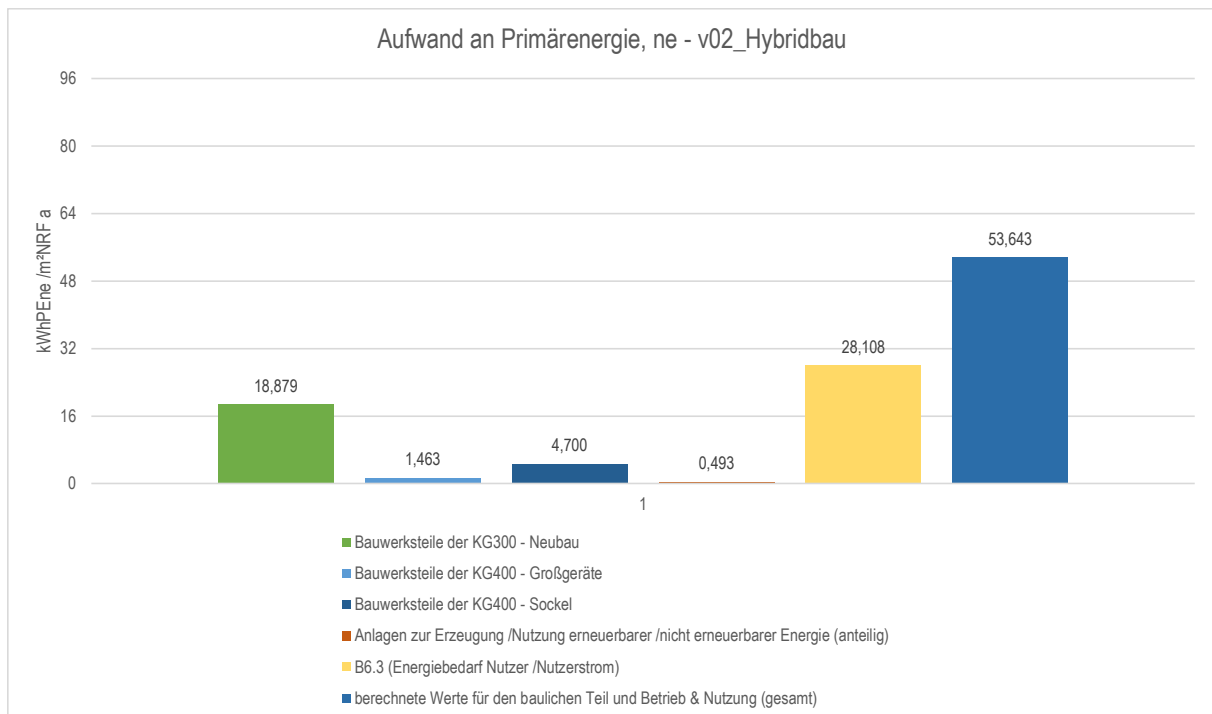
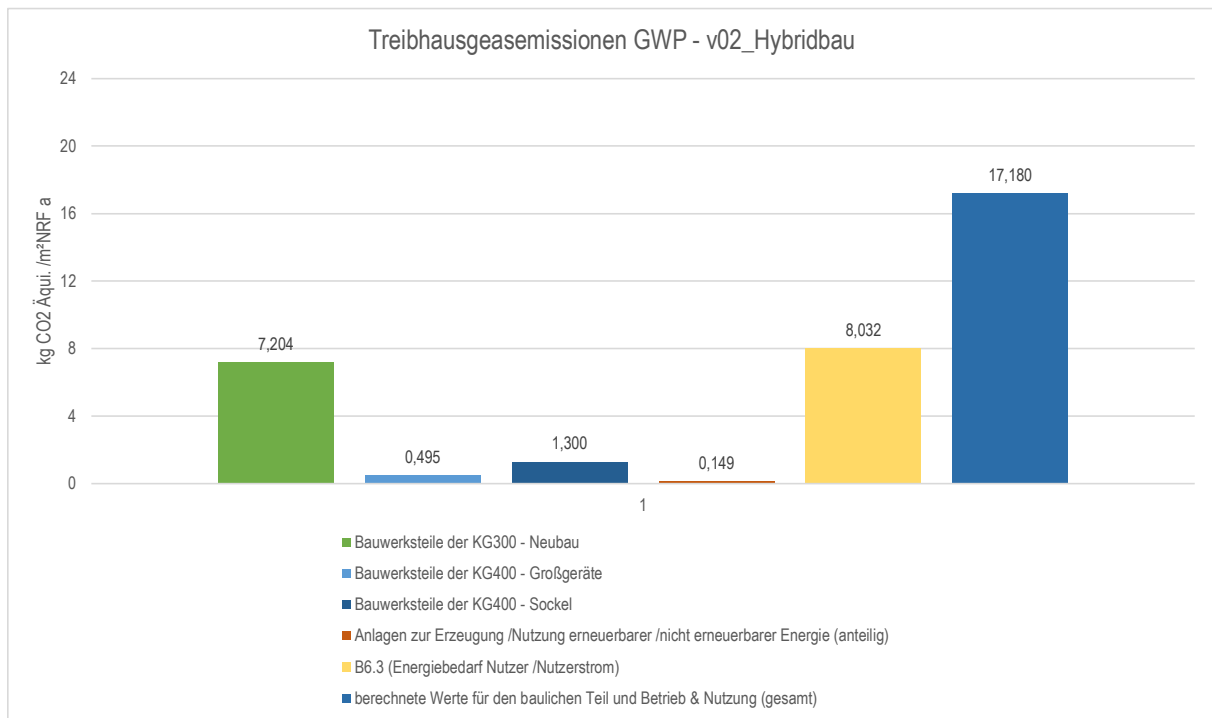
THG

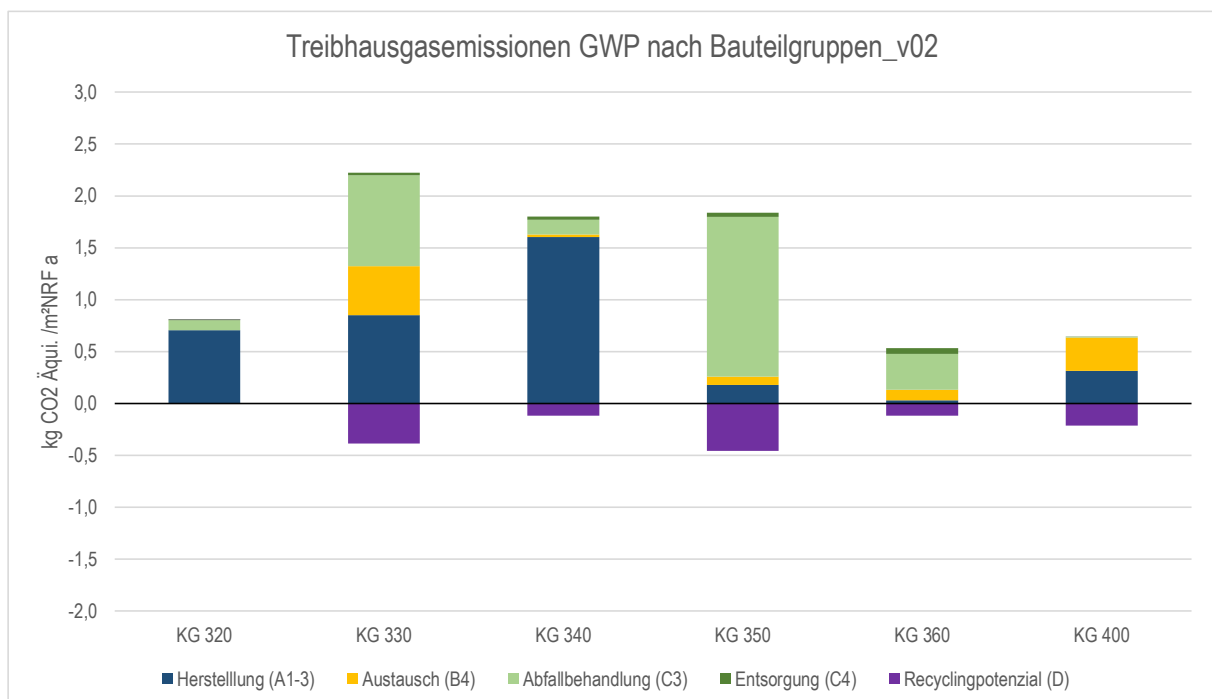
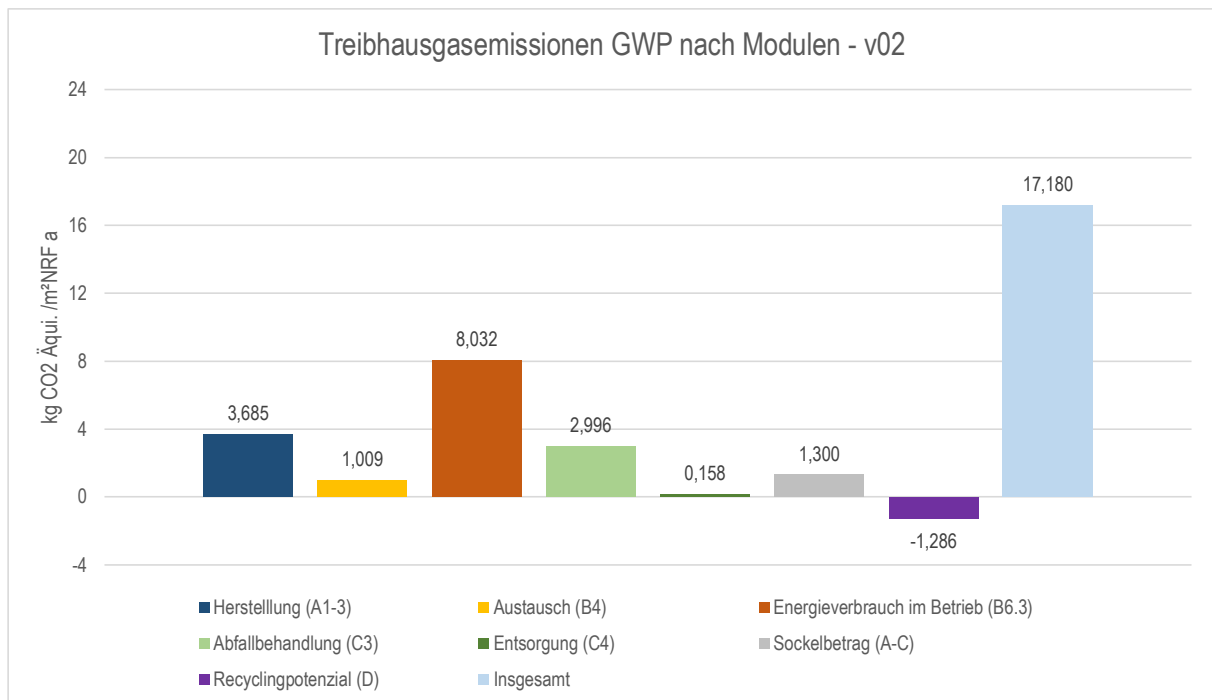
PEne

v01_konventioneller Massivbau

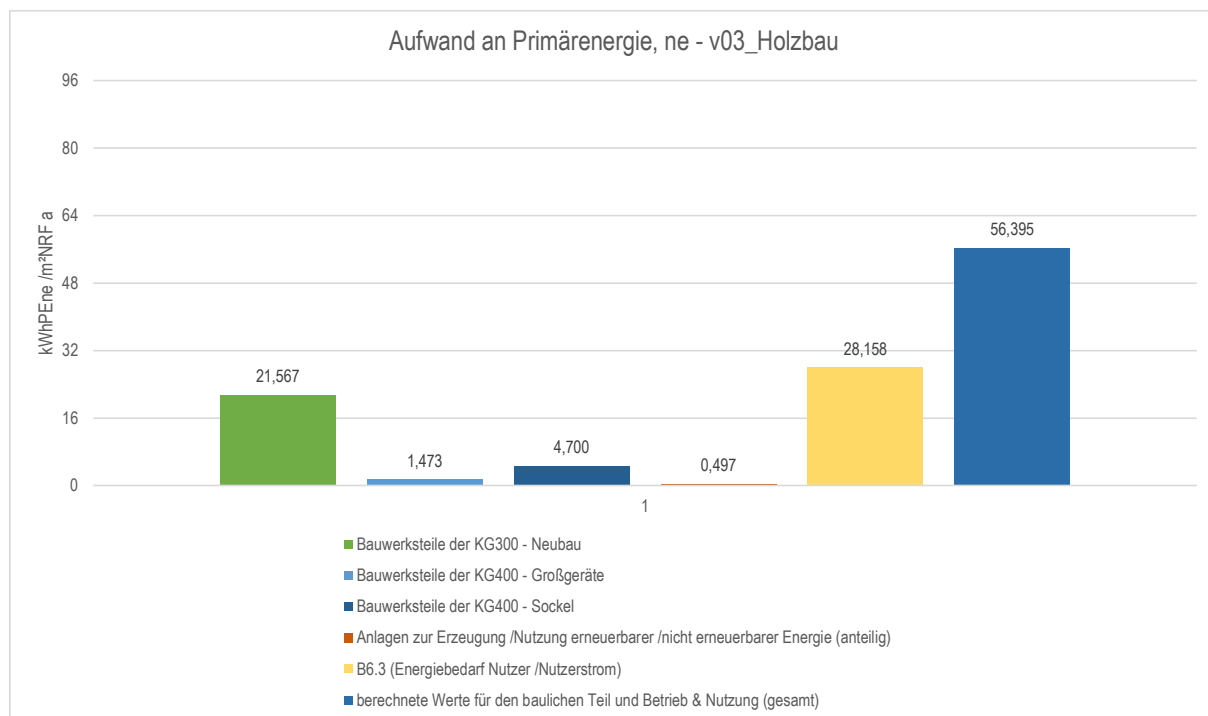
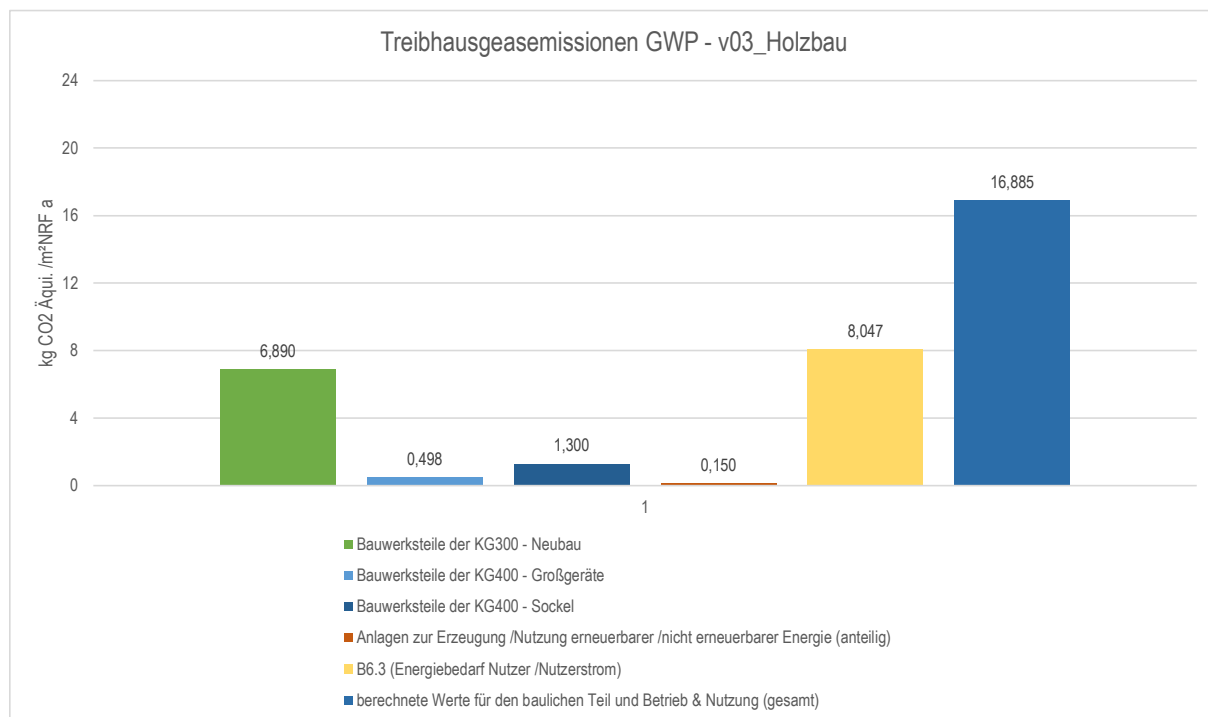


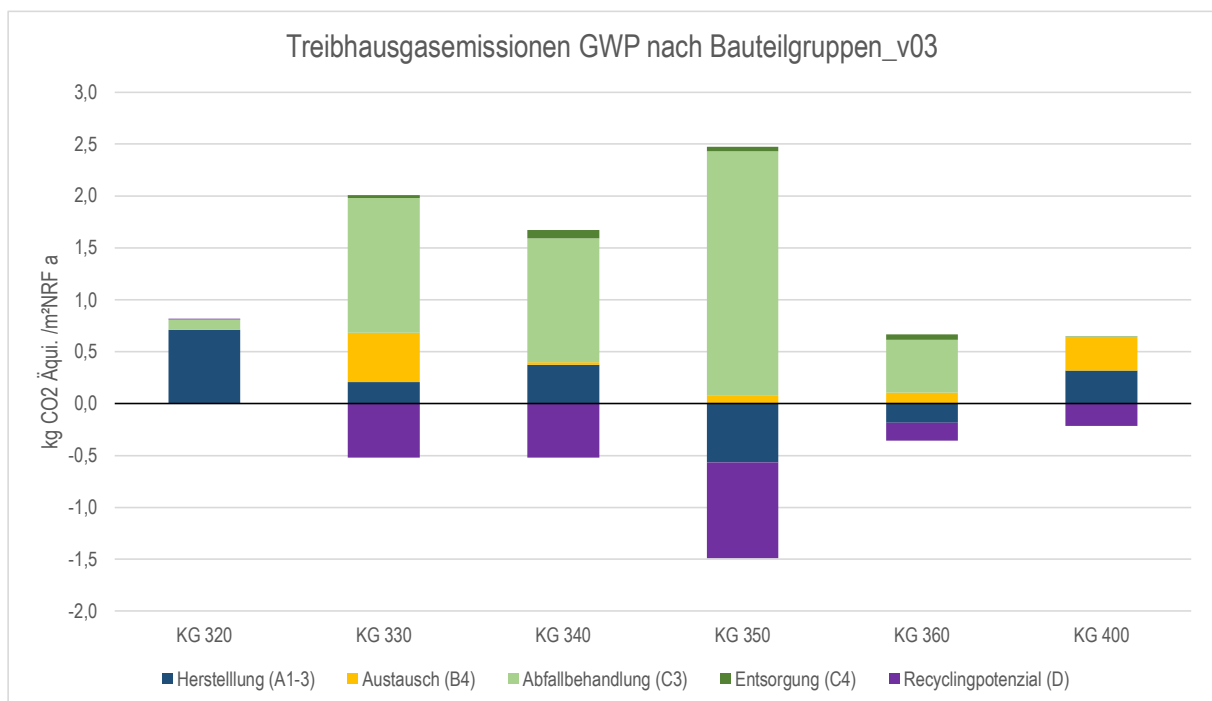
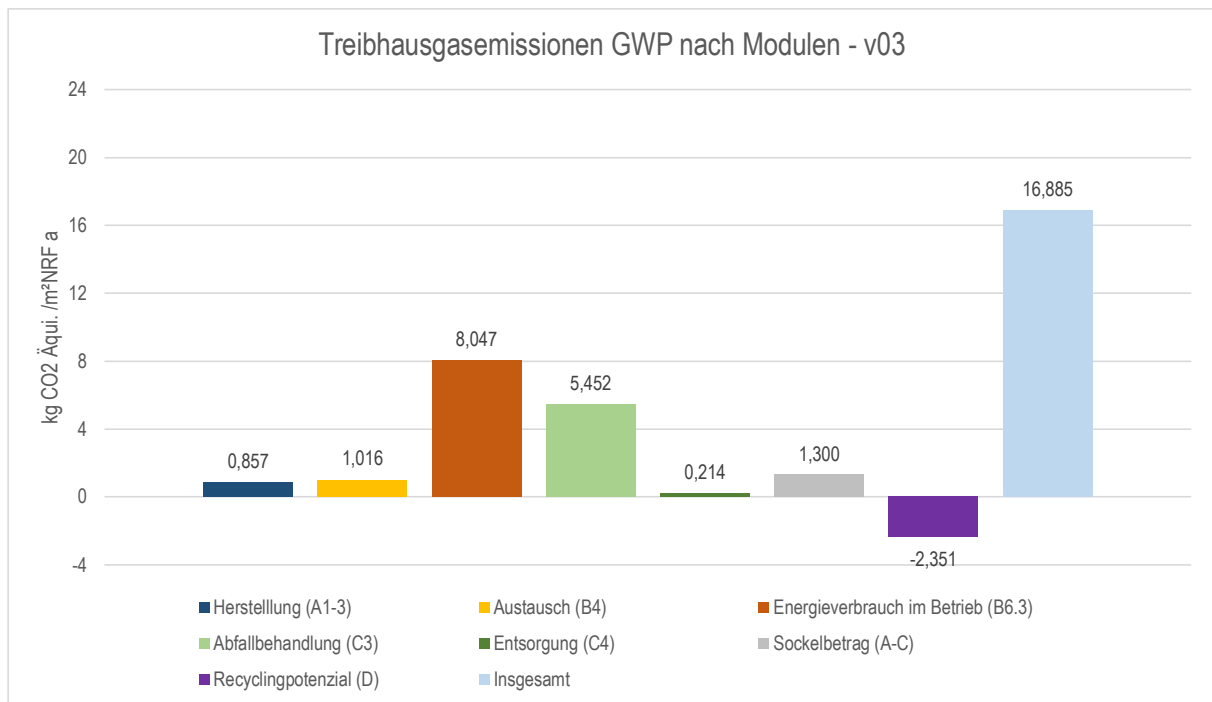
v02_Hybridbau

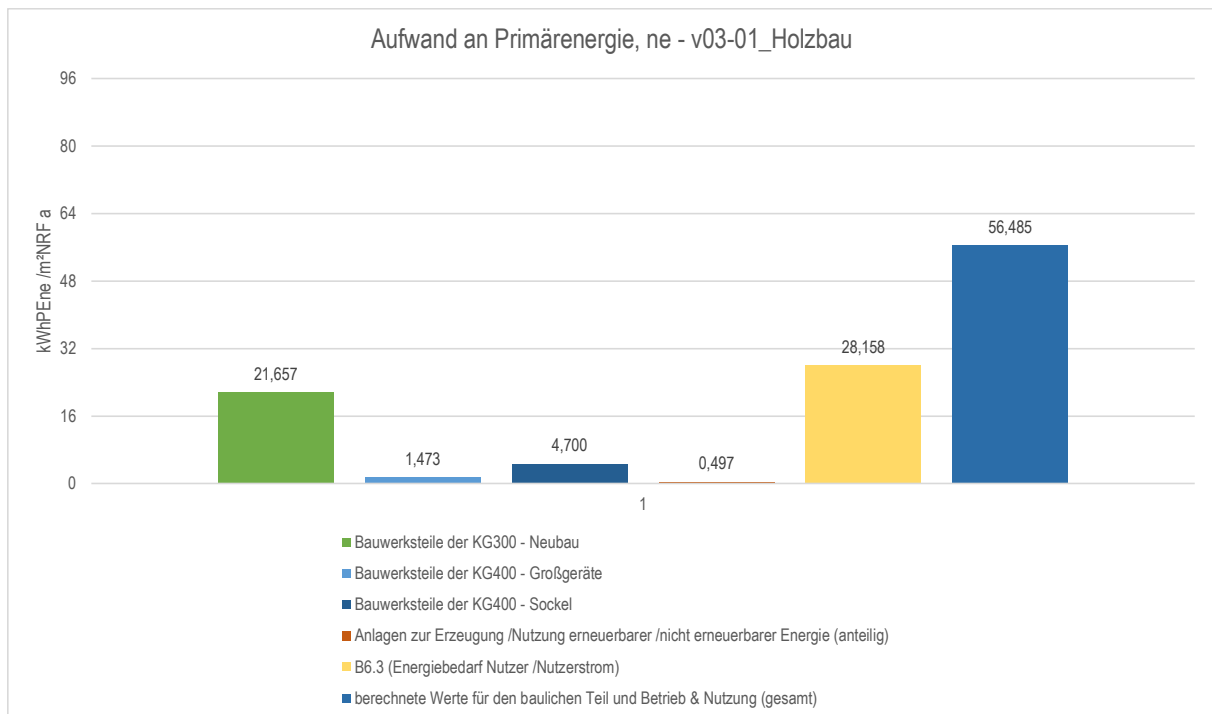
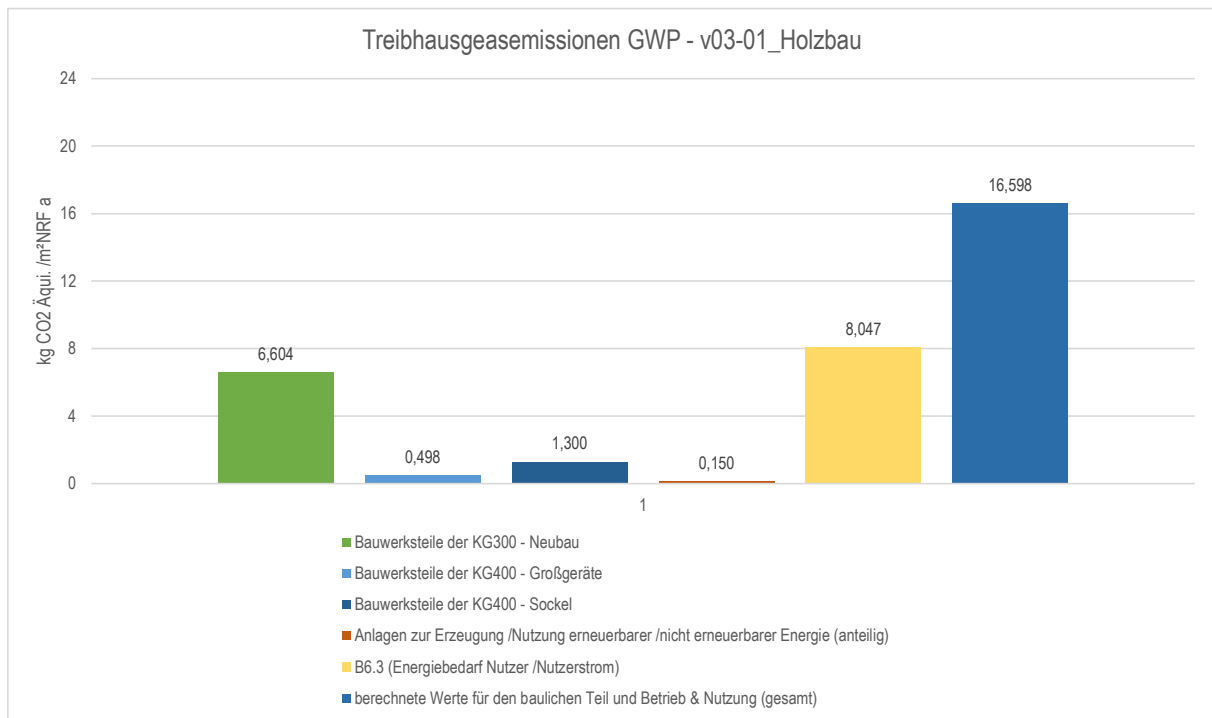


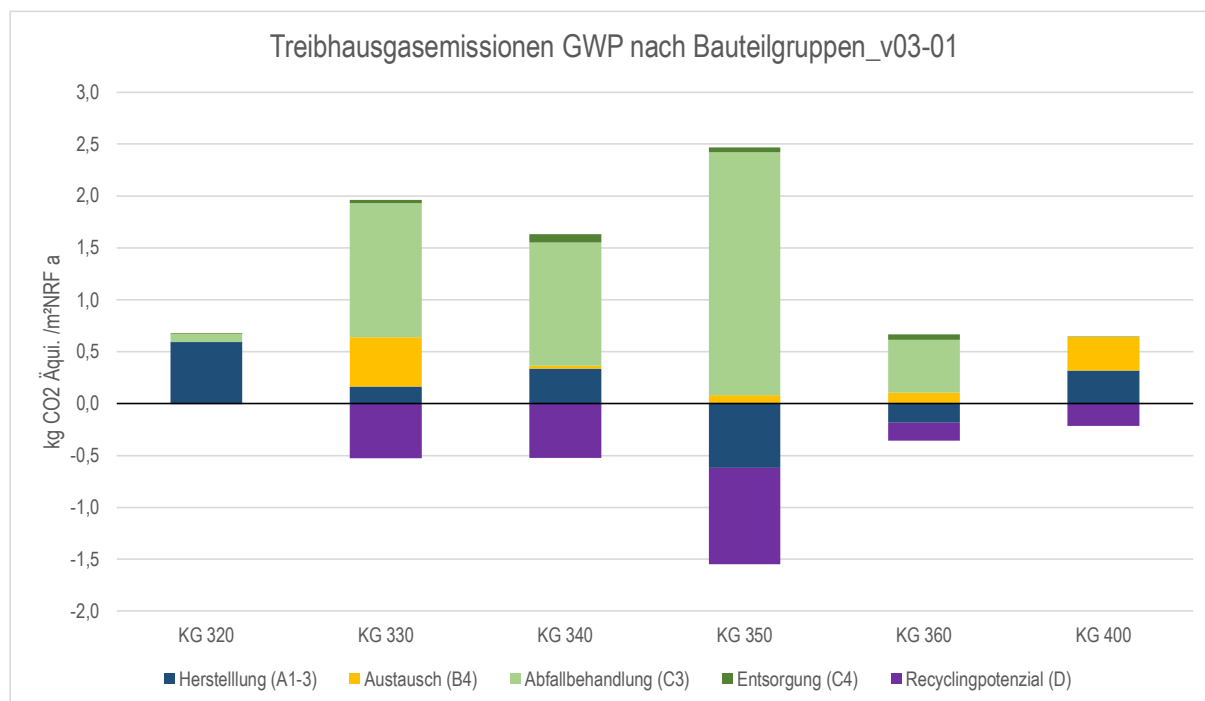
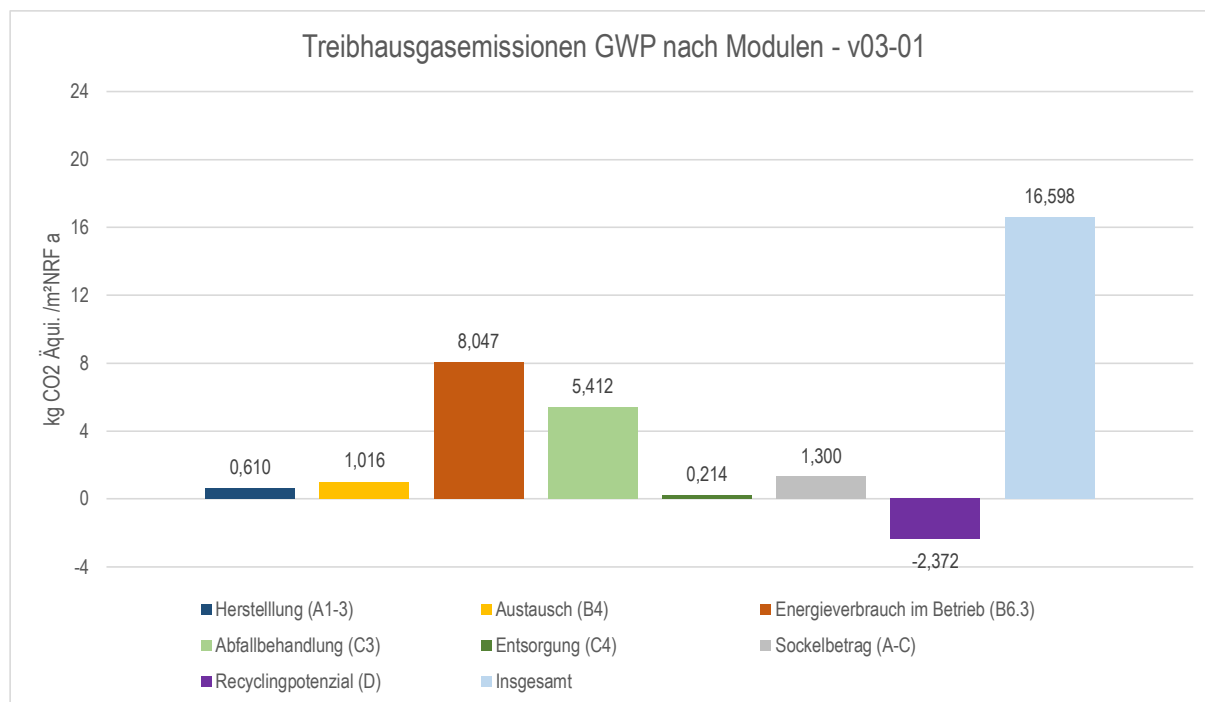


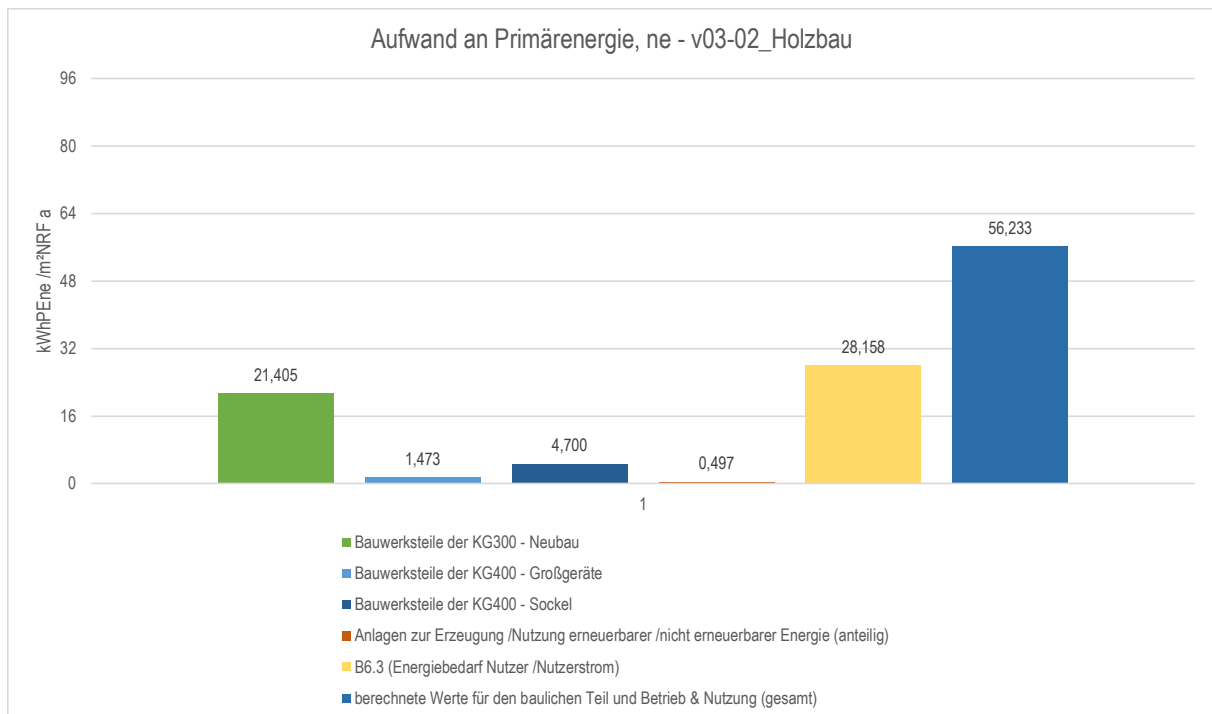
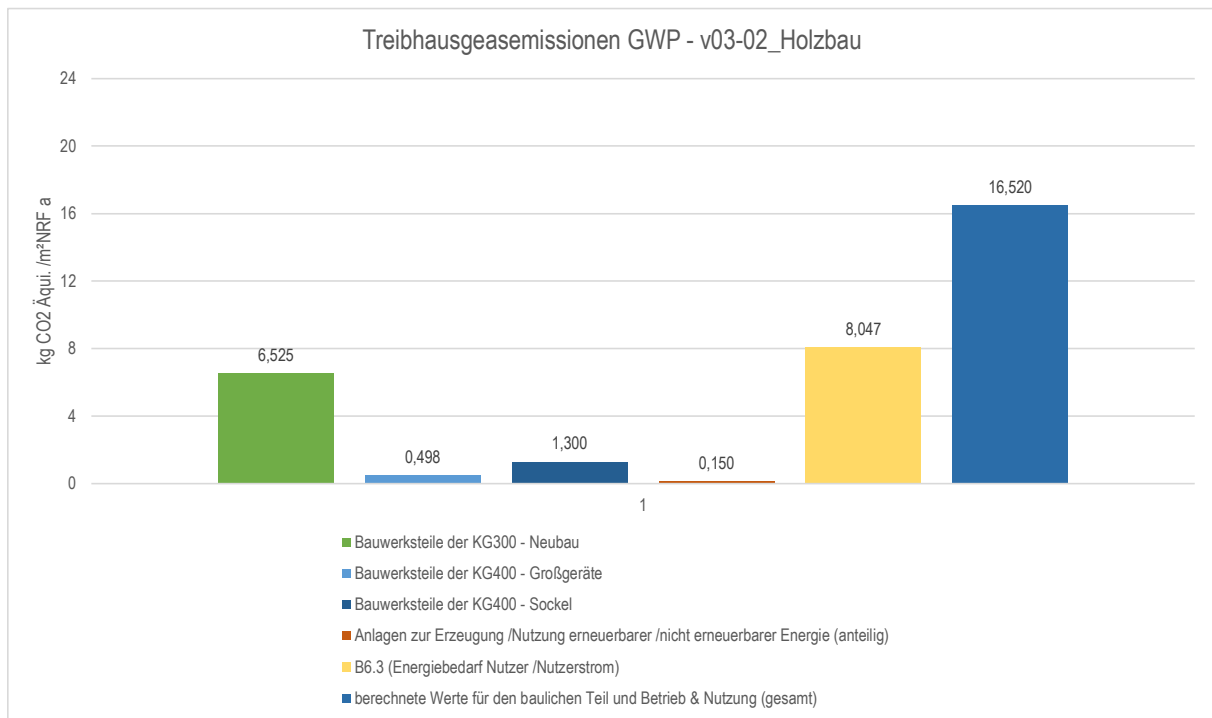
v03_Holzbau

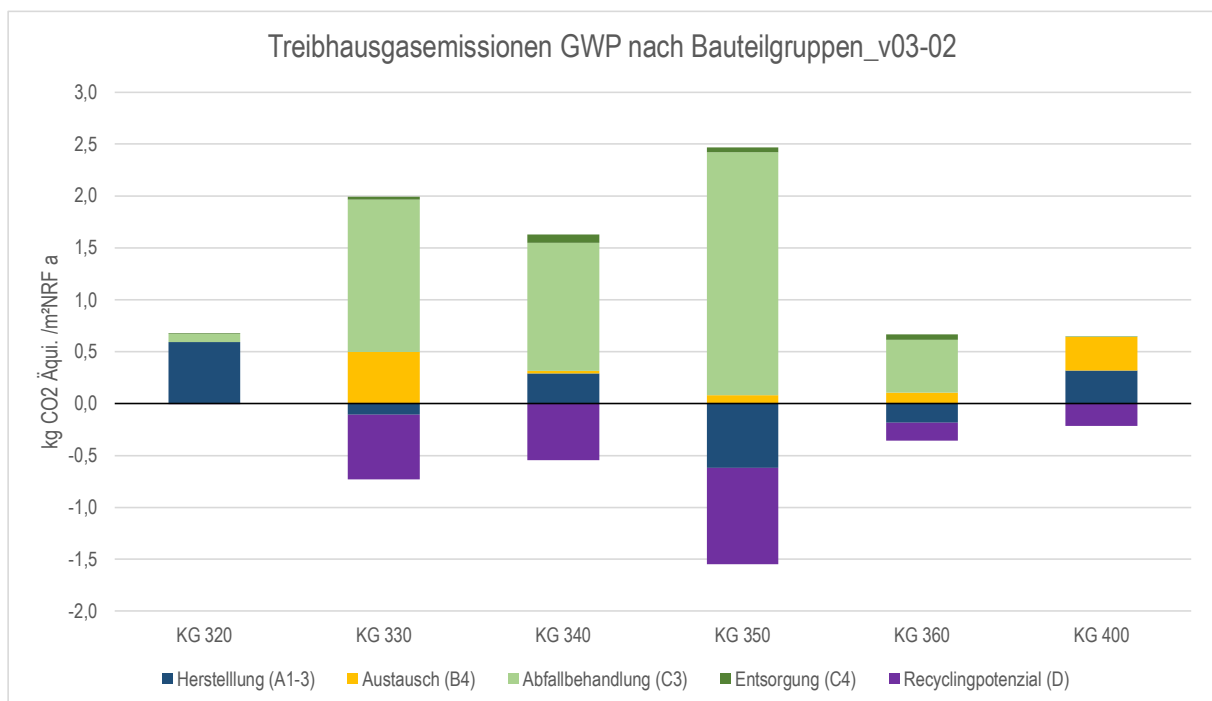
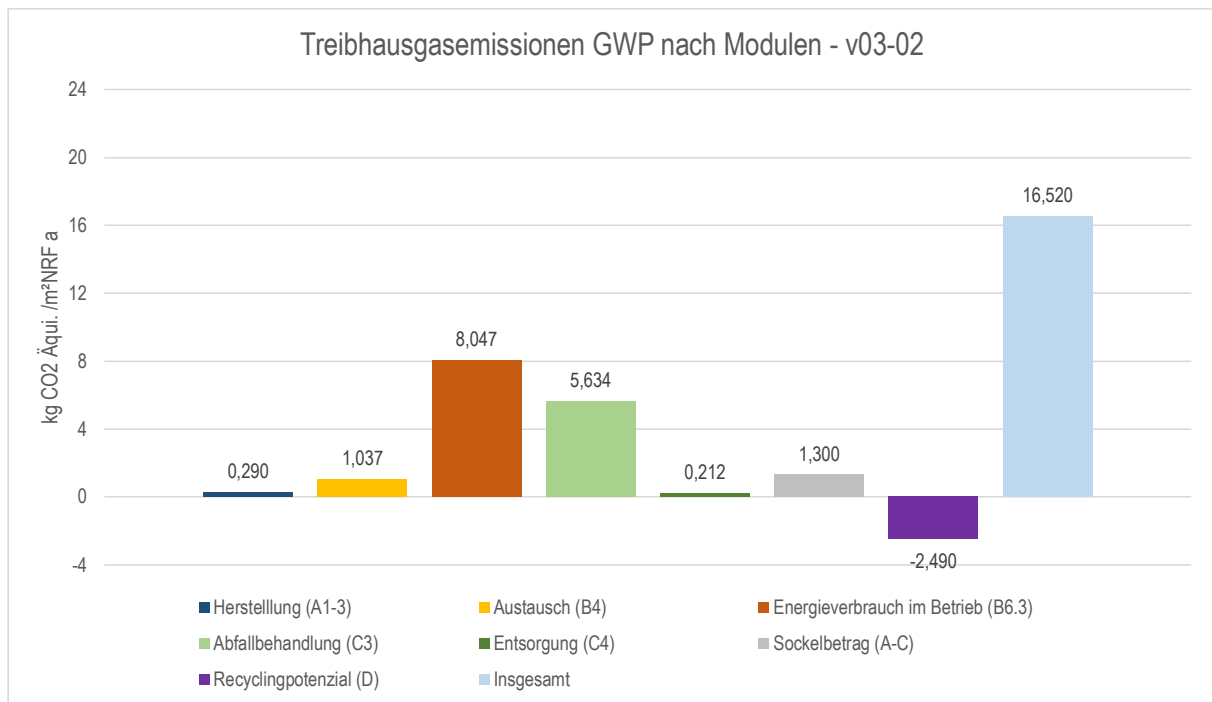


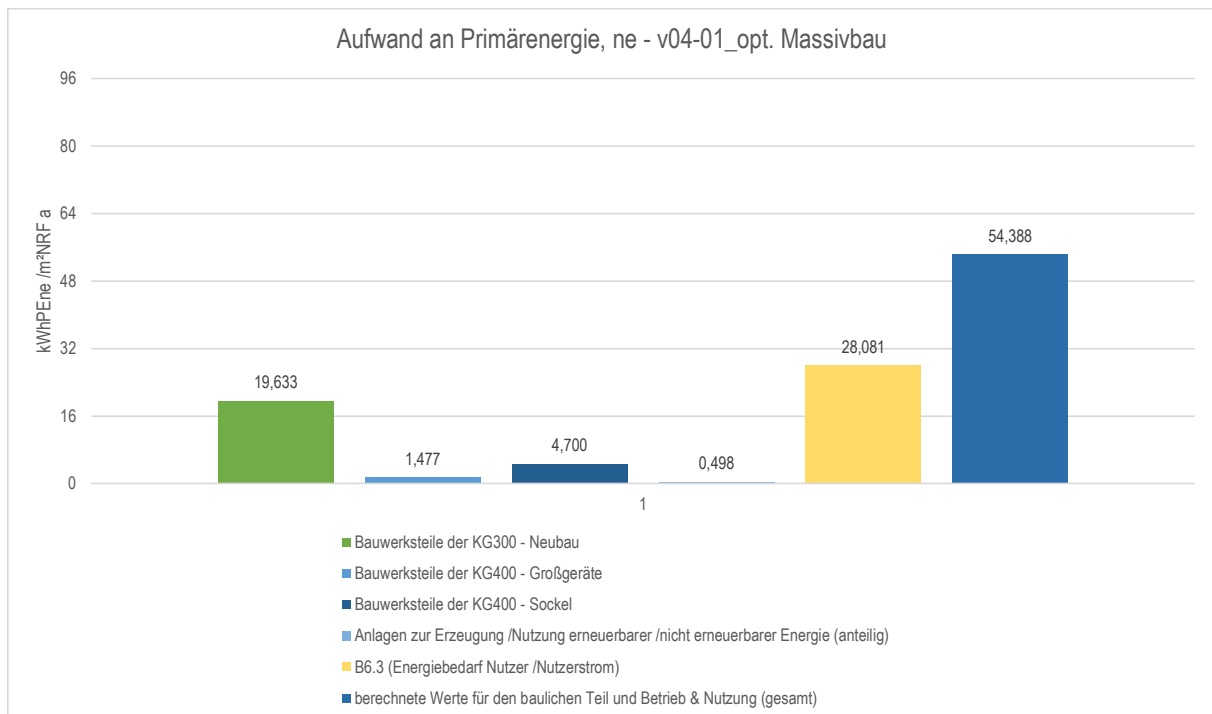
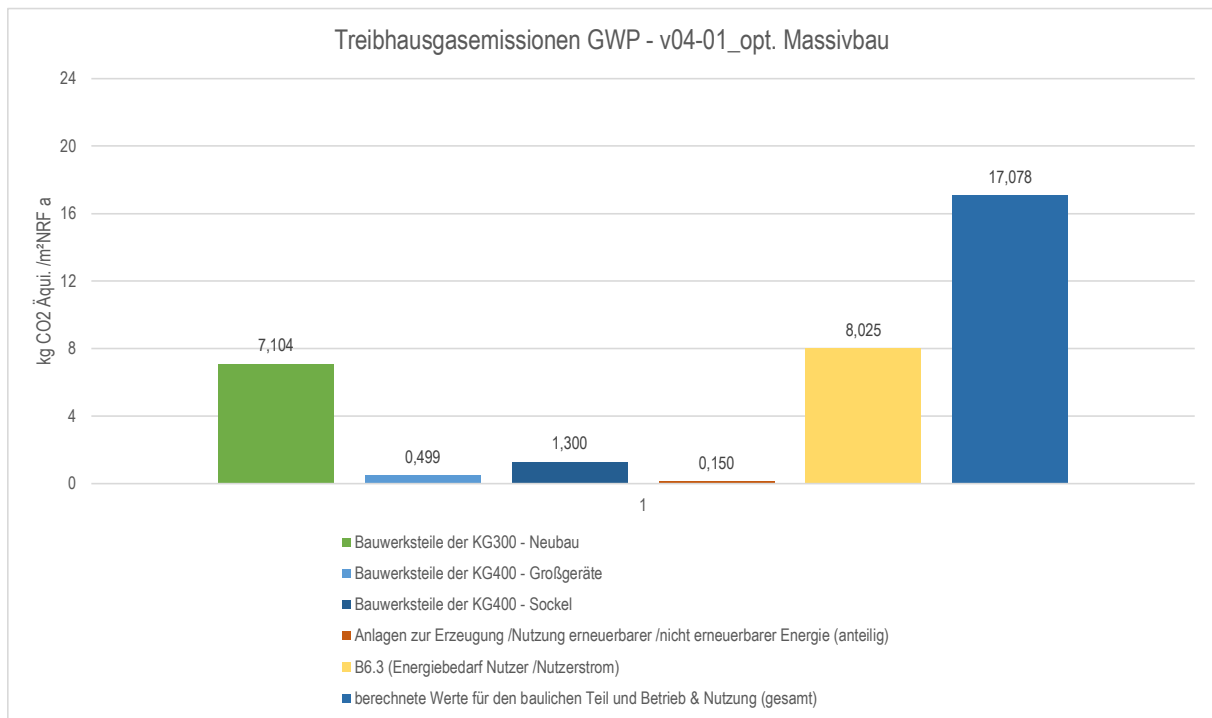


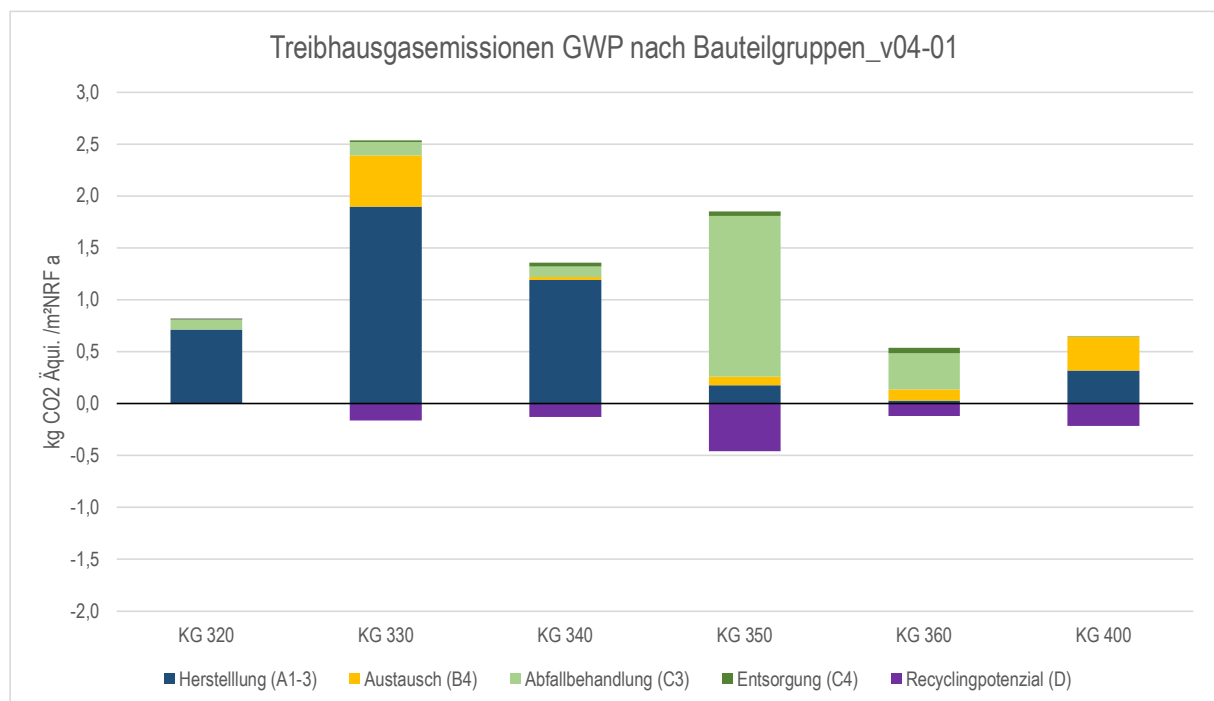
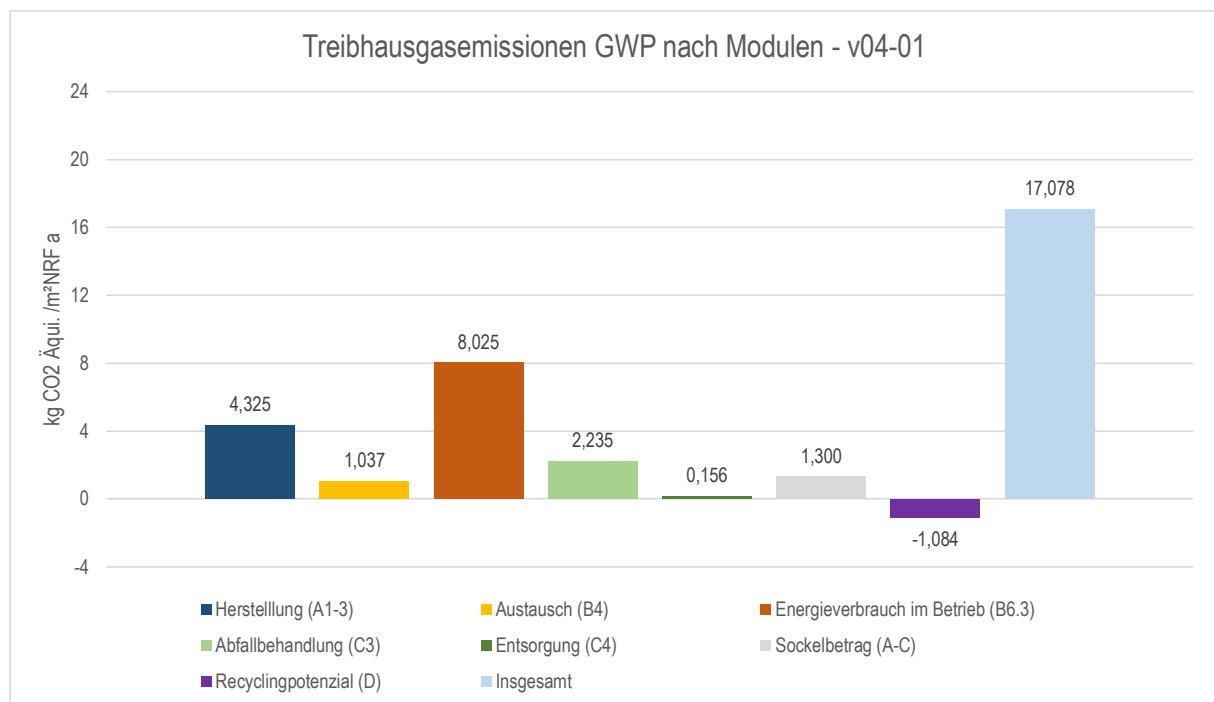
v03-01_Holzbau (UG mit CO2-opt. Beton)

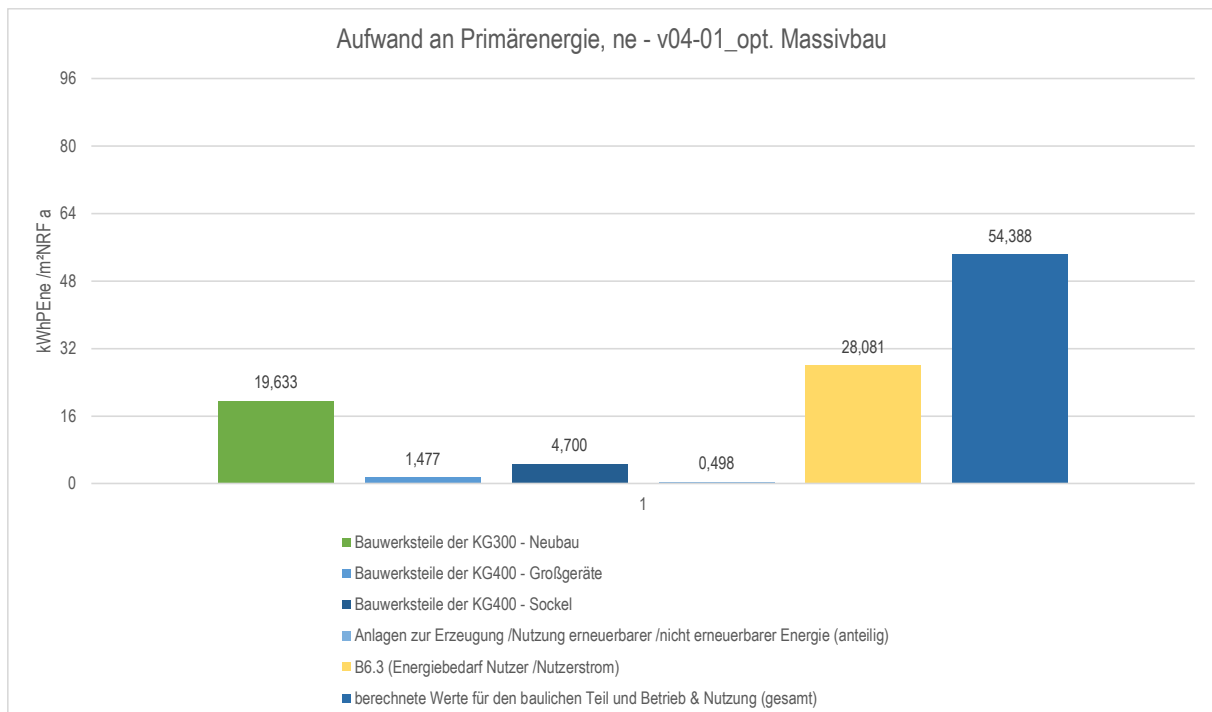
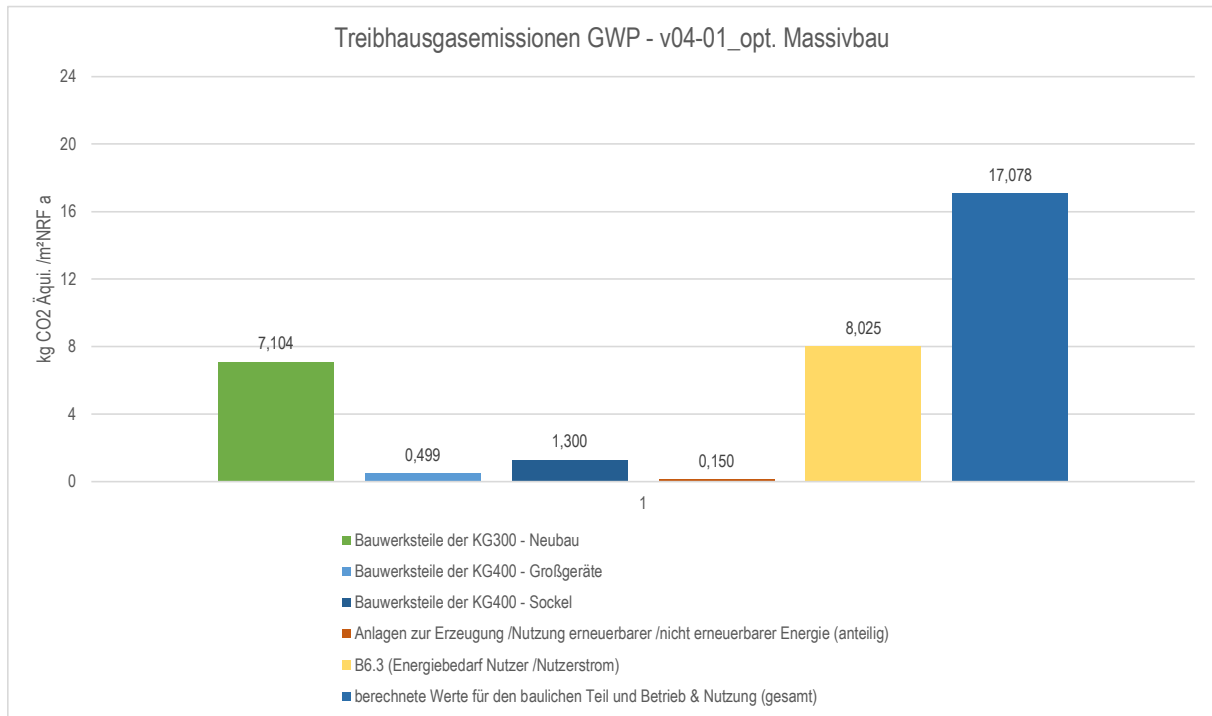


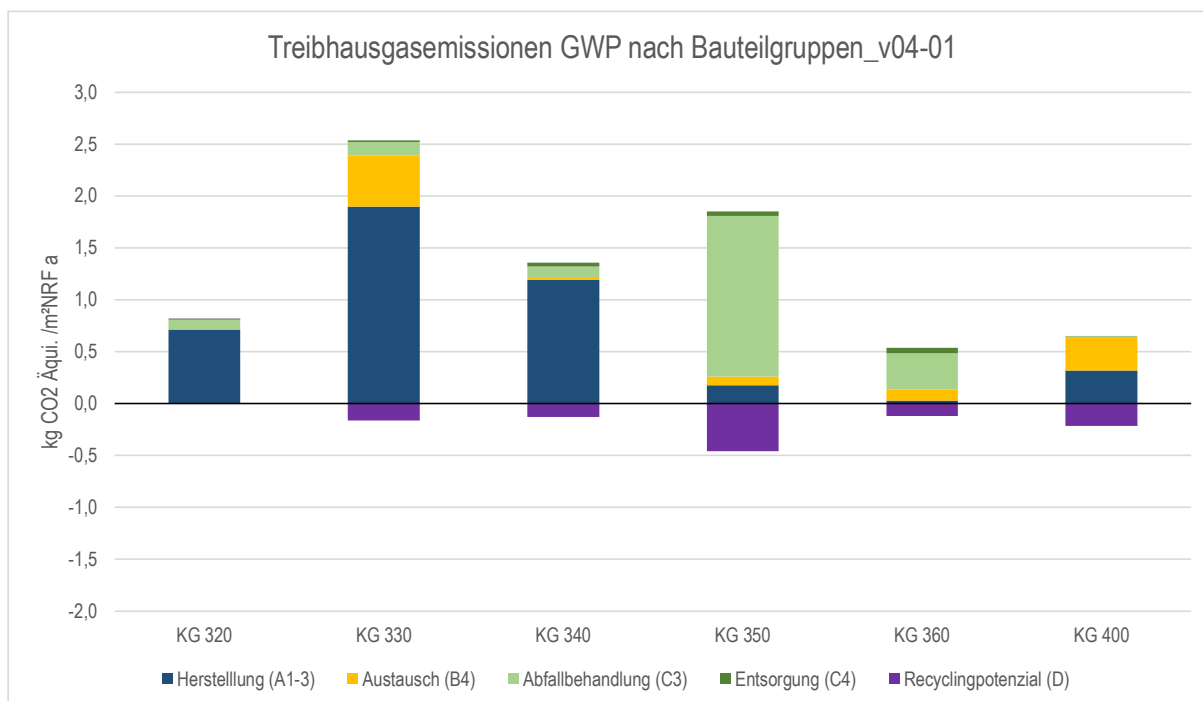
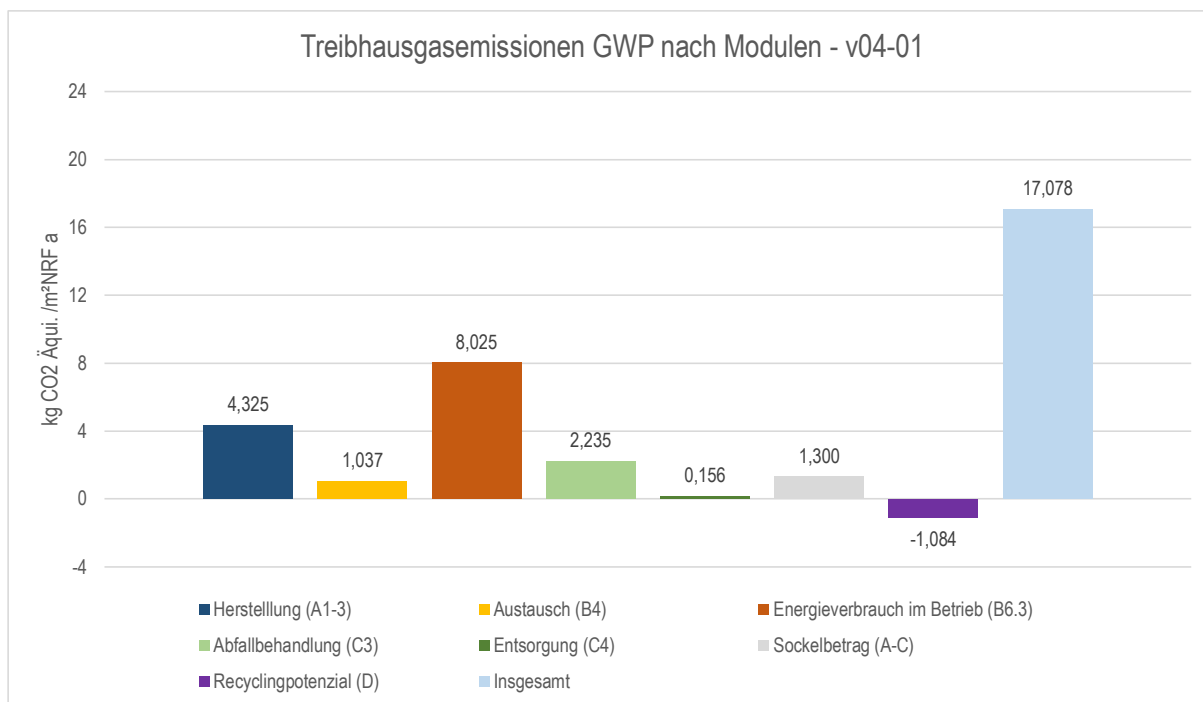
v03-02_Holzbau (UG mit CO2-opt. Beton + AW-DÄ mit Zellulose)

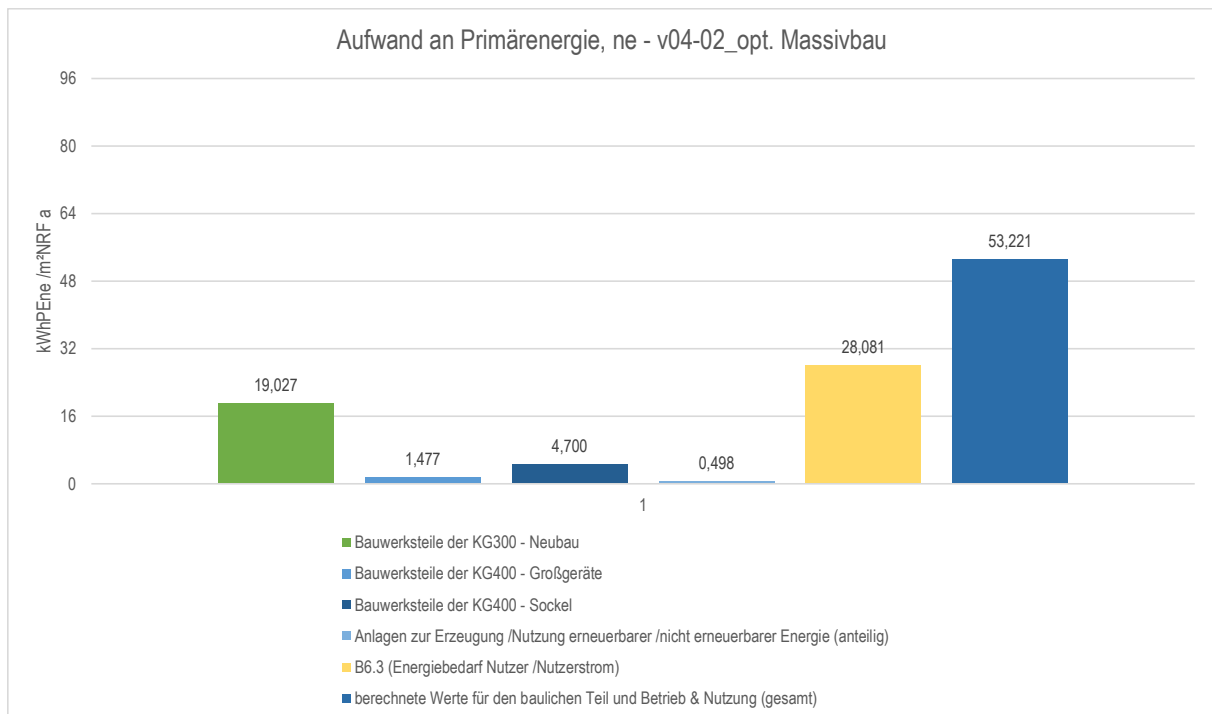
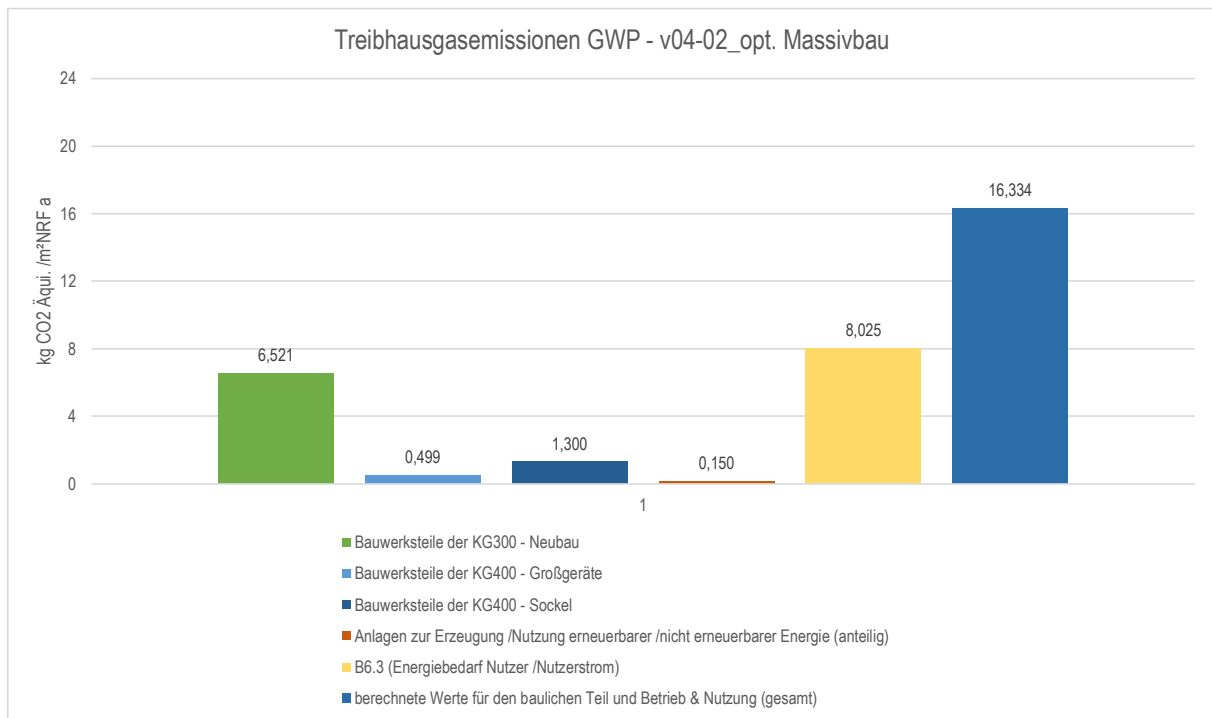


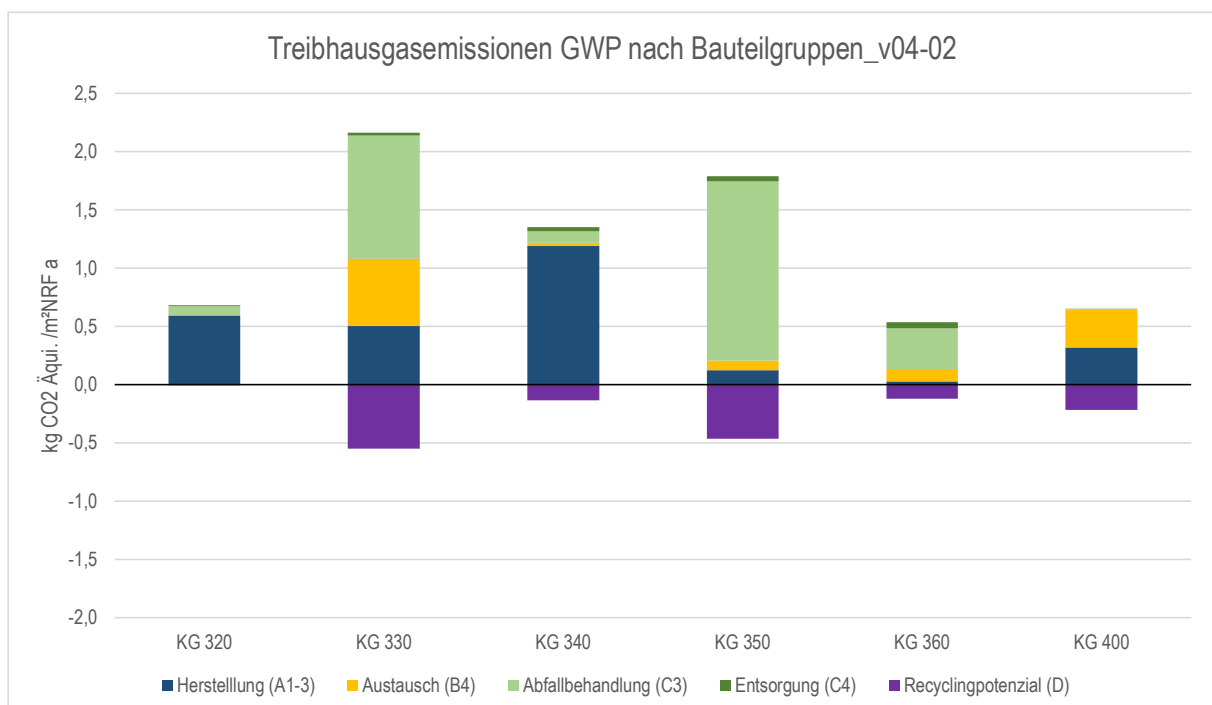
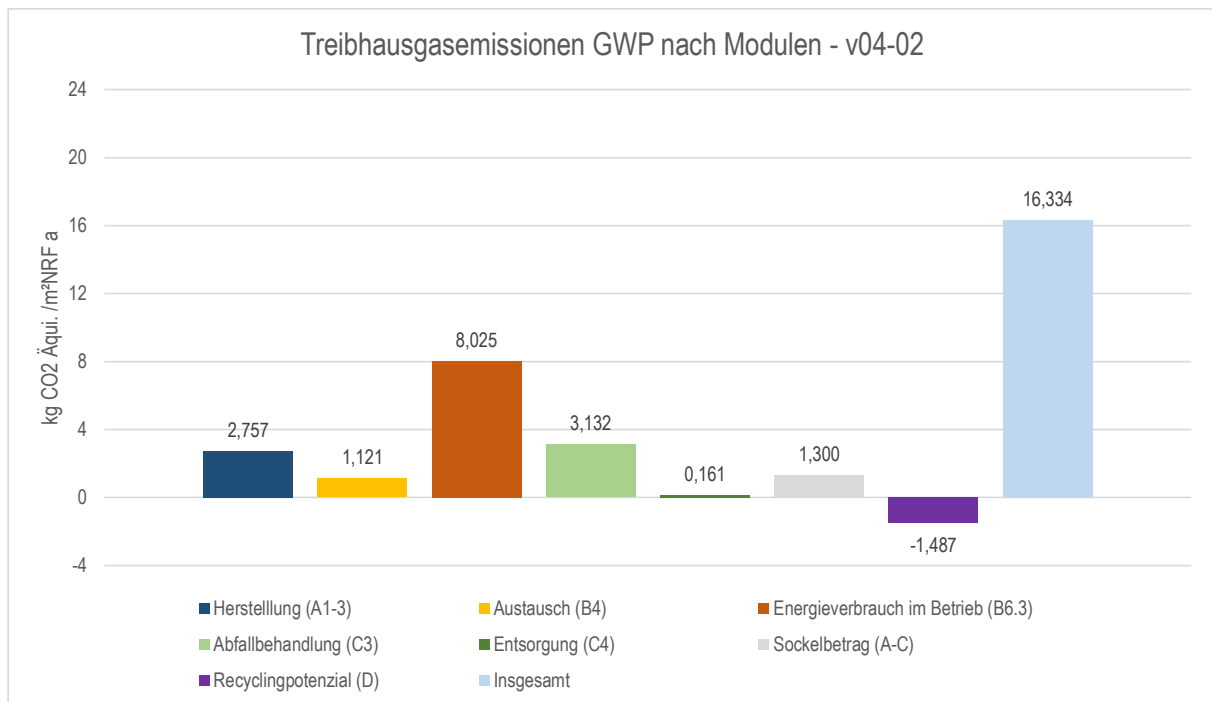
v04-01_optimierter Massivbau (UG kein CO2-opt. Beton)



v04-01_optimierter Massivbau (UG kein CO2-opt. Beton)



v04-02_optimierter Massivbau (mit AW HRB)



Bauteile

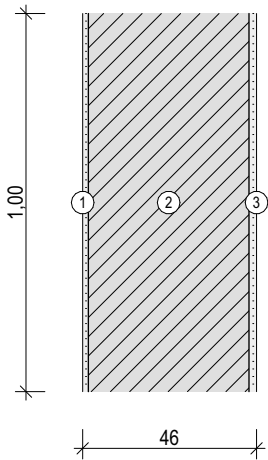
Aufbau

THG

Kosten

v01_konv. Massivbau + v04_opt. Massivbau

KG 330 - Außenwand _ Hochlochziegel, verputzt
F90-A, U-Wert = ~0,15 W/m²K



Bauteilbezeichnung

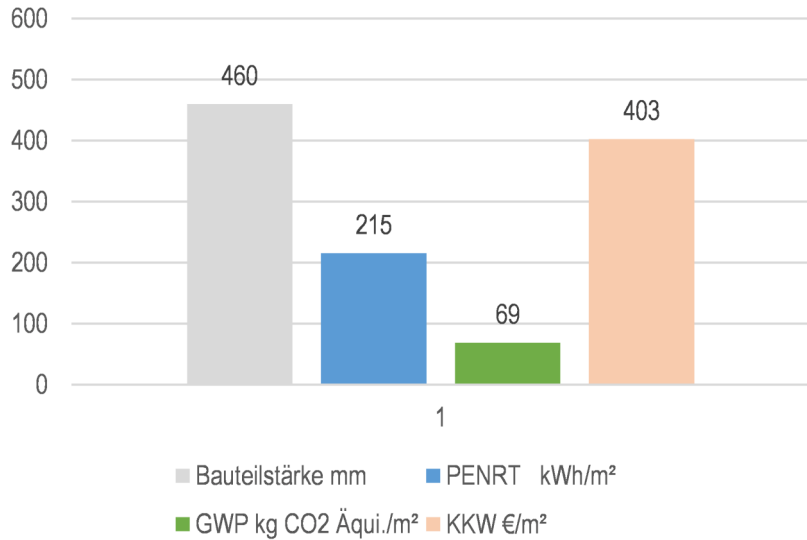
- (1) Innenputz
- (2) Hochlochziegel
- (3) Außenputz

Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)

Kalk-Gips-Innenputz
Mauerziegel (mit Dämmstoff gefüllt)
Kalkzement Putzmörtel

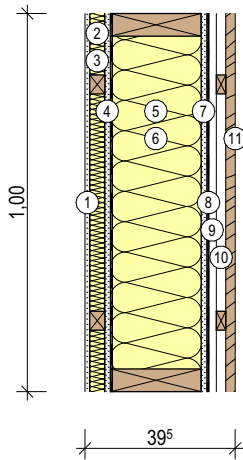
Bauteilstärke

15 mm
425 mm
20 mm



v02_Hybridbau + v03_Holzbau

KG 330 - Außenwand (nicht tragend) _ Holzrahmen, hinterlüftete Holzfassade, mit Installationsebene
F30-B, U = 0,14 W/m²K



Bauteilbezeichnung

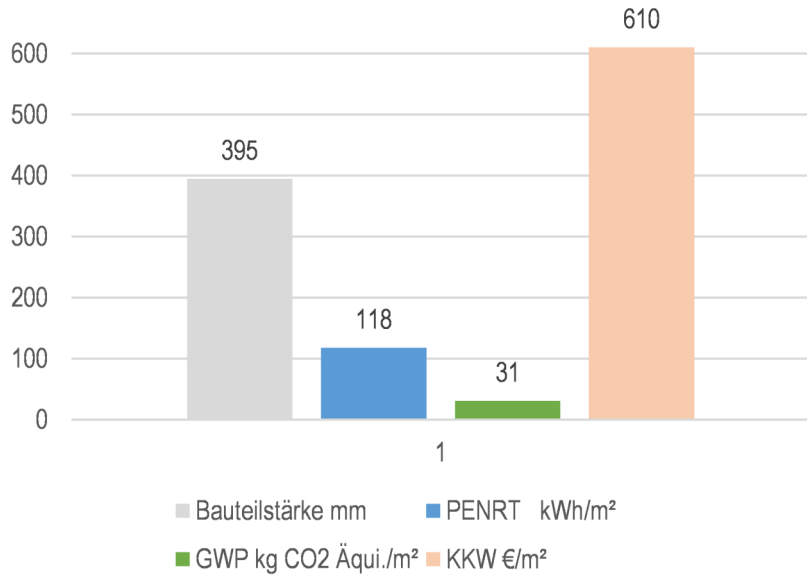
- (1) Gipskartonplatte
- (2) Holz Lattung
- (3) Dämmung
- (4) Gipskartonplatte Typ F
- (-) Dampfbremse
- (5) Holzständer
- (6) Dämmung WLG035
- (7) Gipsfaserplatte
- (8) Windbremse
- (9) Konterlattung
- (10) Traglattung
- (11) Holz Bekleidung

Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)

Gipsbauplatte (Feuerschutz; 12,5mm)
Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE), 15%
Holzfaserdämmstoff flexible Matte (Durschnitt DE), 85%
Gipsbauplatte (Feuerschutz; 12,5mm)
-
Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE), 15%
Mineralwolle (Fassaden-Dämmung), 85%
Gipsfaserplatte (10mm)
-
Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE), 15%
Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE), 15%
Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE)

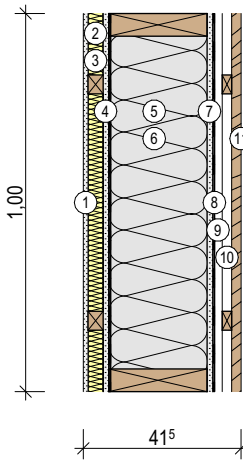
Bauteilstärke

15 mm
40 mm
40 mm
12,5 mm
-
240 mm
240 mm
15 mm
-
25 mm
25 mm
25 mm



v03.02_optimierter Holzbau

KG 330 - Außenwand (nicht tragend) _ Holzrahmen, hinterlüftete Holzfassade, mit Installationsebene
F30-B, U = 0,14 W/m²K



Bauteilbezeichnung

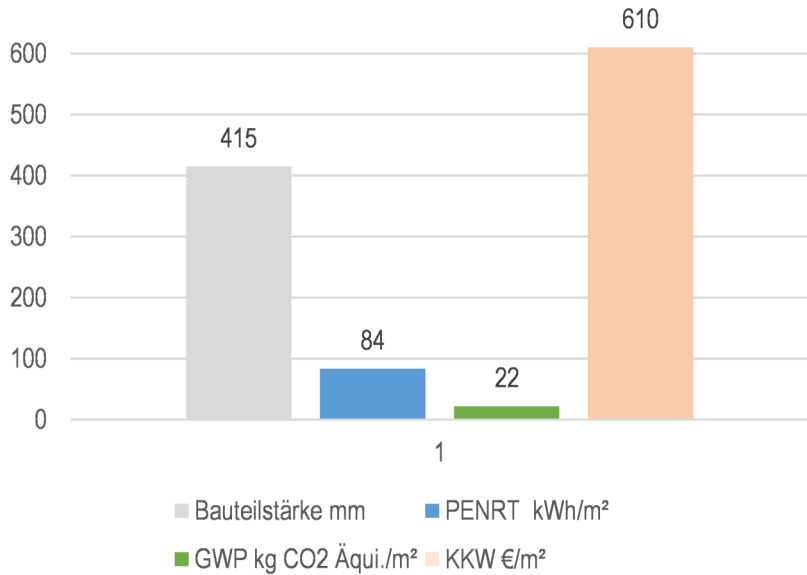
- (1) Gipskartonplatte
- (2) Holz Lattung
- (3) Dämmung
- (4) Gipskartonplatte Typ F
- (-) Dampfbremse
- (5) Holzständer
- (6) Dämmung WLG035
- (7) Gipsfaserplatte
- (8) Windbremse
- (9) Konterlattung
- (10) Traglattung
- (11) Holz Bekleidung

Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)

Gipsbauplatte (Feuerschutz; 12,5mm)
Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE), 15%
Holzfaserdämmstoff flexible Matte (Durschnitt DE), 85%
Gipsbauplatte (Feuerschutz; 12,5mm)
-
Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE), 15%
Zellulosefaser Einblas-Dämmstoff, 85%
Gipsfaserplatte (10mm)
-
Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE), 15%
Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE), 15%
Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE)

Bauteilstärke

15 mm
40 mm
40 mm
12,5 mm
-
260 mm
260 mm
15 mm
-
25 mm
25 mm
25 mm

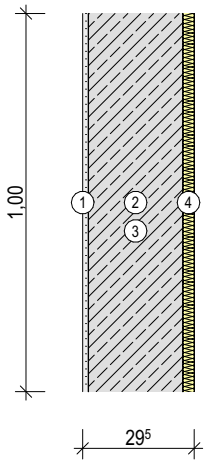


Hinweise: Grundlage Auswahl Holzbauteile: spezial - Planungshilfe mehrgeschossiger Wohnungsbau, Hrsg. VdW Bayern, Informationsdienst Holz e.V. (September 2024); Grundlage zur Ermittlung der Kostenkennwerte: BKI Konstruktionsatlas KA1 (2023); Grundlage zur Ermittlung Kostensteigerung u. Regionalfaktor (Freiburg i.B., Stadtkreis): Baupreisindex vom Statistischen Bundesamt bzw. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI)

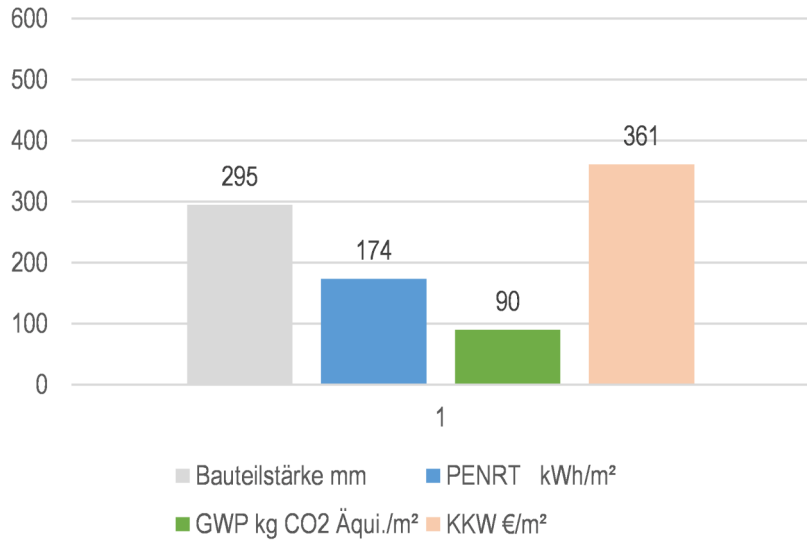
Projekt	Auftraggeber	Verfasser	Planinhalt		Ausrichtung
"Studie Dietenbach"	Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V.	Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH	Bauteilvergleich - Außenwände		
LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Plan-Nr.	Maßstab	Blattgröße
			04.01	1:20	DIN A3 (420 x 297 mm)
					Datum /Stand
					20.01.2026

v01_konv. Massivbau + v02_Hybridbau

KG 330 - Gebäudeabschlusswand _ Stahlbeton, verputzt
F90-A (-M)

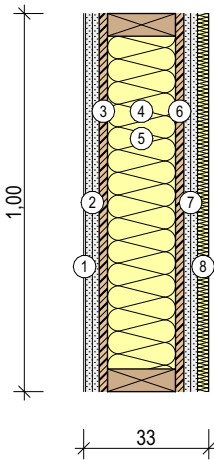


Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Innenputz	Kalk-Gips-Innenputz	15 mm
(2) Stahlbeton	Transportbeton C25/30, 98%	250 mm
(3) Bewehrungsstahl	Bewehrungsstahl, 2%	-
(4) Dämmung	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoffe	30 mm

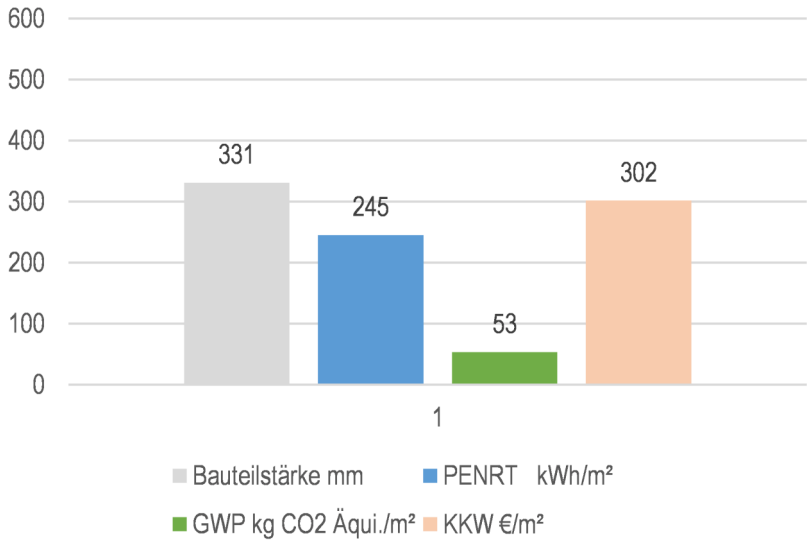


v03_Holzbau

KG 330 - Gebäudeabschlusswand _ Holzrahmen, ohne Installationsebene
F90-B (-M) (materielle Abweichung, genehmigungspflichtig)

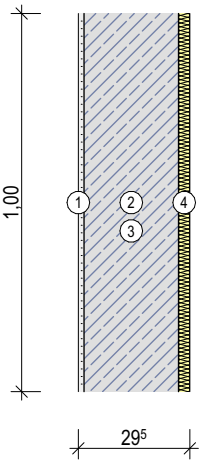


Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Spachtelung /Innenputz	Kalk-Gips-Innenputz	5 mm
(2) Gipsfaserplatte (2x)	Gipsfaserplatte (10mm)	36 mm
(3) OSB	Oriented Strand Board (Durchschnitt DE)	22 mm
(4) Holzständer	Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE), 15%	180 mm
(5) Dämmung	Mineralwolle (Fassaden-Dämmung), 85%	180 mm
(6) OSB	Oriented Strand Board (Durchschnitt DE)	22 mm
(7) Gipsfaserplatte (2x)	Gipsfaserplatte (10mm)	36 mm
(8) Dämmung	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoffe	30 mm

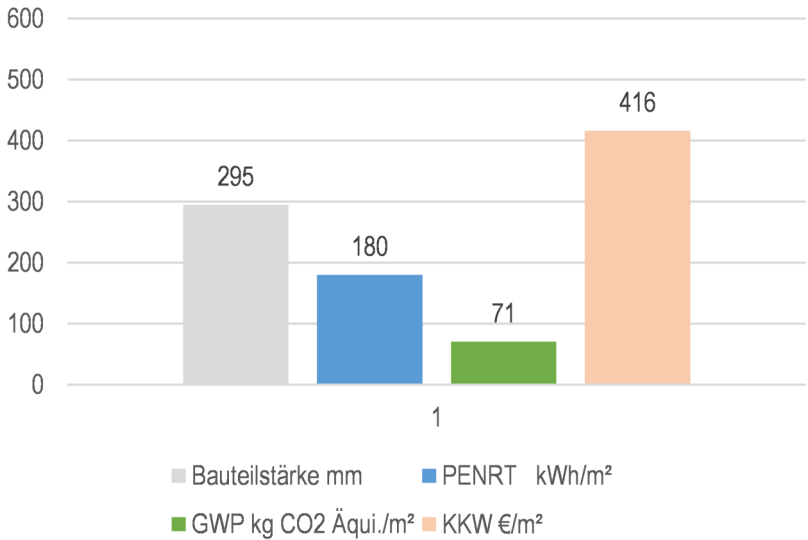


v04_opt. Massivbau

KG 330 - Gebäudeabschlusswand _ Stahlbeton (CO₂ optimiert), verputzt
F90-A (-M)



Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Innenputz	Kalk-Gips-Innenputz	15 mm
(2) Stahlbeton (CO ₂ opti.)	Beton C25/30 XC4 XF1 XA1 F3 16 M ECOPact (Transportwerk Mainz), 98%	250 mm
(3) Bewehrungsstahl	Bewehrungsstahl, 2%	-
(4) Dämmung	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoffe	30 mm

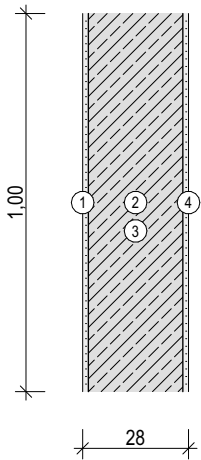


Hinweise: Grundlage Auswahl Holzbauteile: spezial - Planungshilfe mehrgeschossiger Wohnungsbau, Hrsg. VdW Bayern, Informationsdienst Holz e.V. (September 2024); Grundlage zur Ermittlung der Kostenkennwerte: BKI Konstruktionsatlas KA1 (2023); Grundlage zur Ermittlung Kostensteigerung u. Regionalfaktor (Freiburg i.B., Stadtkreis): Baupreisindex vom Statistischen Bundesamt bzw.Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKl)

Projekt	Auftraggeber	Verfasser	Planinhalt		Ausrichtung
"Studie Dietenbach"	Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V.	Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH	Bauteilvergleich - Gebäudeabschlusswand		
LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Plan-Nr.	Maßstab	Blattgröße
			04.02	1:20	DIN A3 (420 x 297 mm)
					Datum /Stand
					20.01.2026

v01_konv. Massivbau + v02_Hybridbau

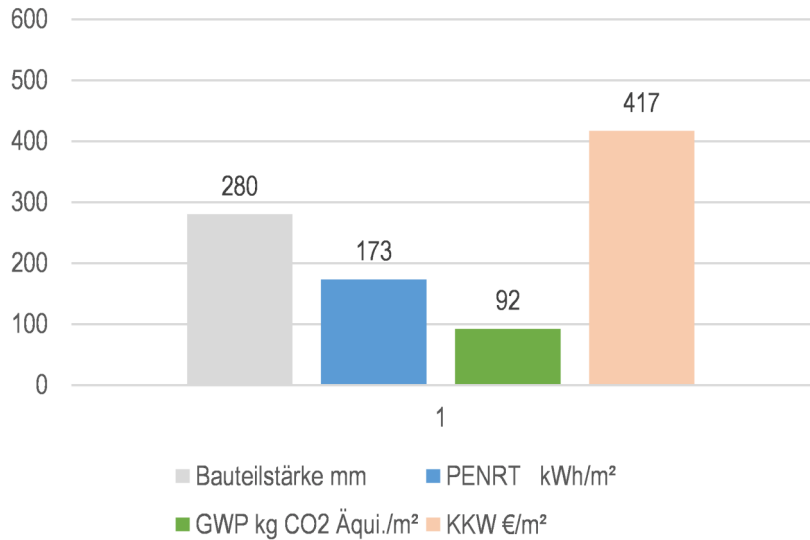
KG 340 - Treppenraumwand innen _ Stahlbeton, verputzt
F90-A (-M)



Bauteilbezeichnung
(1) Innenputz
(2) Stahlbeton
(3) Bewehrungsstahl
(4) Innenputz (TRH)

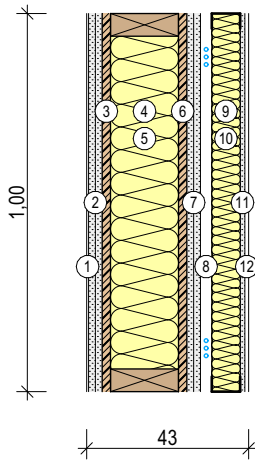
Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)
Kalk-Gips-Innenputz
Transportbeton C25/30, 98%
Bewehrungsstahl, 2%
Kalkzement Putzmörtel

Bauteilstärke
15 mm
250 mm
-
15 mm



v03_Holzbau

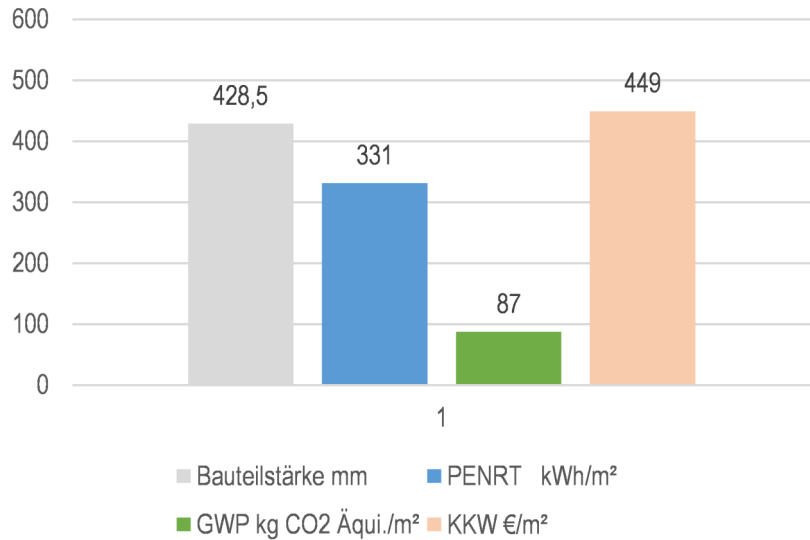
KG 340 - Treppenraumwand _ Holzrahmen, mit Vorsatzschale
F90-B (-M) (materielle Abweichung, genehmigungspflichtig)



Bauteilbezeichnung
(1) Spachtelung /Innenputz
(2) Gipsfaserplatte (2x)
(3) OSB
(4) Holzständer
(5) Dämmung
(6) OSB
(7) Gipsfaserplatte (2x)
(8) Luftschicht
(9) CW-Profil
(10) Dämmung
(11) Gipskartonplatte
(12) Spachtelung /Innenputz

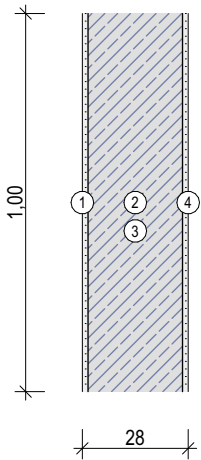
Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)
Kalk-Gips-Innenputz
Gipsfaserplatte (10mm)
Oriented Strand Board (Durchschnitt DE), 15%
Mineralwolle (Fassaden-Dämmung), 85%
Oriented Strand Board (Durchschnitt DE)
Gipsfaserplatte (10mm)
eLCA Luftschicht (gemäß EN 15840+A2)
Stahl Feinblech (0,3 - 3,0mm), 2%
Mineralwolle (Innenausbau-Dämmung), 98%
Gipsbauplatte (Feuerschutz; 12,5mm)
Kalkzement Putzmörtel

Bauteilstärke
5 mm
36 mm
22 mm
180 mm
180 mm
22 mm
36 mm
30 mm
75 mm
75 mm
12,5 mm
10 mm



v04_opt. Massivbau

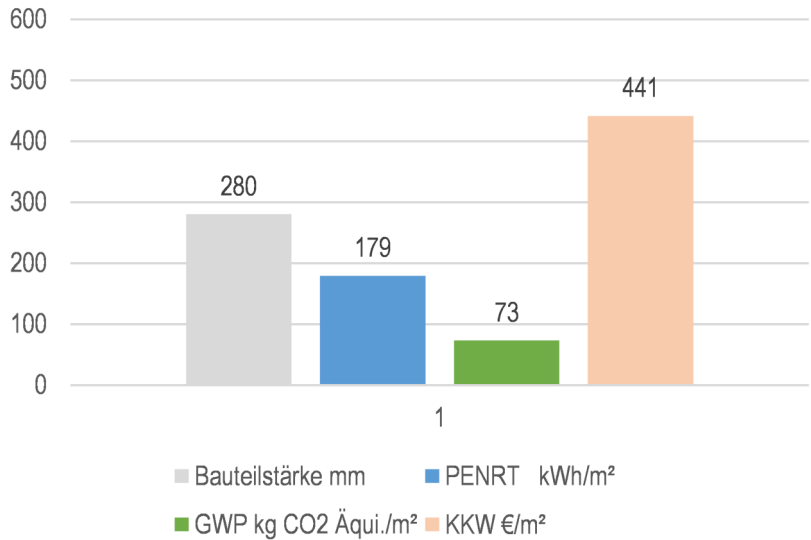
KG 340 - Treppenraumwand _ Stahlbeton (CO₂ optimiert), verputzt
F90-A (-M)



Bauteilbezeichnung
(1) Innenputz
(2) Stahlbeton (CO₂ opti.)
(3) Bewehrungsstahl
(4) Innenputz (TRH)

Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)
Kalk-Gips-Innenputz
Beton C25/30 XC4 XF1 XA1 F3 16 M ECOPact
(Transportwerk Mainz), 98%
Bewehrungsstahl, 2%
Kalkzement Putzmörtel

Bauteilstärke
15 mm
250 mm
-
15 mm

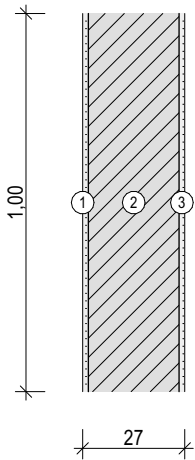


Hinweise: Grundlage Auswahl Holzbauteile: spezial - Planungshilfe mehrgeschossiger Wohnungsbau, Hrsg. VdW Bayern, Informationsdienst Holz e.V. (September 2024); Grundlage zur Ermittlung der Kostenkennwerte: BKI Konstruktionsatlas KA1 (2023); Grundlage zur Ermittlung Kostensteigerung u. Regionalfaktor (Freiburg i.B., Stadtkreis): Baupreisindex vom Statistischen Bundesamt bzw. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKl)

Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Bauteilvergleich - Treppenraumwand innen			Ausrichtung 
			Plan-Nr. 04.03	Maßstab 1:20	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)	Datum /Stand 20.01.2026

v01_konv. Massivbau + v02_Hybridbau

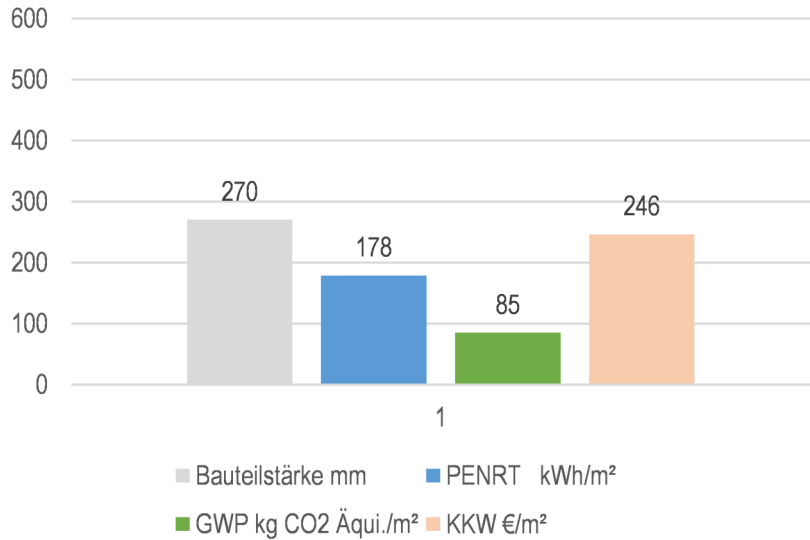
KG 340 - Innenwand _ Kalksandstein, beiseitig verputzt
F90-A



Bauteilbezeichnung
(1) Innenputz
(2) Kalksandstein
(3) Innenputz

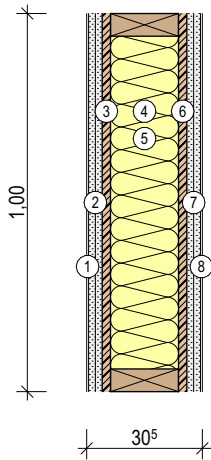
Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)
Kalk-Gips-Innenputz
Kalksandstein
Kalk-Gips-Innenputz

Bauteilstärke
15 mm
240 mm
15 mm



v03_Holzbau

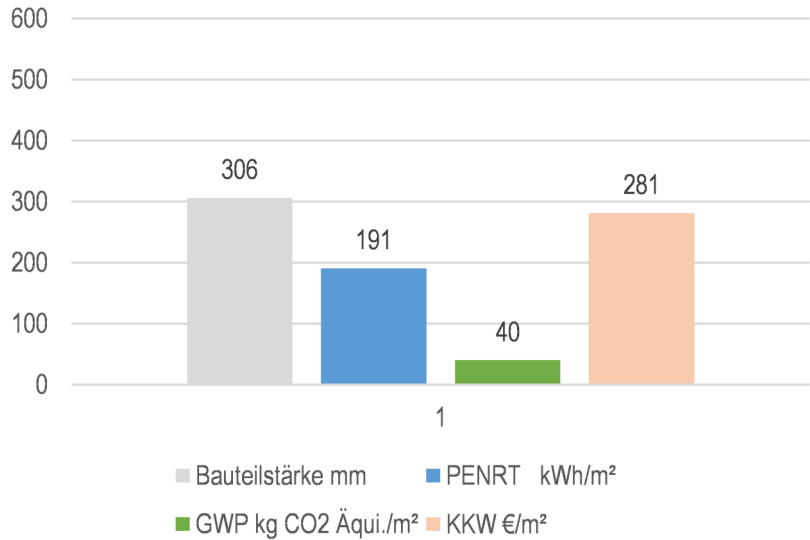
KG 340 - Innenwand _ Holzrahmen, ohne Installationsebene
F90-B



Bauteilbezeichnung
(1) Spachtelung /Innenputz
(2) Gipskartonplatte Typ F (2x)
(3) OSB
(4) Holzständer
(5) Dämmung
(6) OSB
(7) Gipskartonplatte Typ F (2x)
(8) Spachtelung /Innenputz

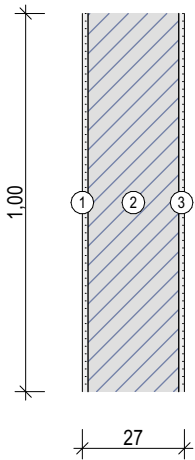
Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)
Kalk-Gips-Innenputz
Gipsbauplatte (Feuerschutz; 12,5mm)
Oriented Strand Board (Durchschnitt DE)
Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE), 15%
Mineralwolle (Fassaden-Dämmung), 85%
Oriented Strand Board (Durchschnitt DE)
Gipsbauplatte (Feuerschutz; 12,5mm)
Kalk-Gips-Innenputz

Bauteilstärke
5 mm
36 mm
22 mm
180 mm
180 mm
22 mm
36 mm
5 mm



v04_opt. Massivbau

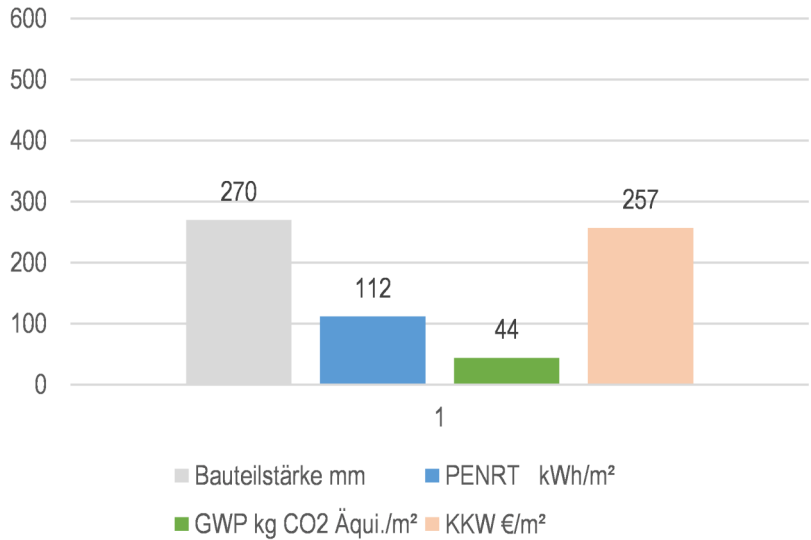
KG 340 - Innenwand _ Kalksandstein (CO₂ optimiert), beiseitig verputzt
F90-A



Bauteilbezeichnung
(1) Innenputz
(2) Kalksandstein (CO₂ opti.)
(3) Innenputz

Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)
Kalk-Gips-Innenputz
Dampfgehärteter Baustoff - UNIKA GmbH - UNIKA ecoblau
Kalk-Gips-Innenputz

Bauteilstärke
15 mm
240 mm
15 mm

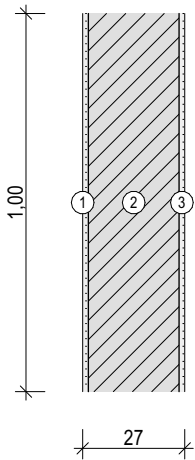


Hinweise: Grundlage Auswahl Holzbauteile: spezial - Planungshilfe mehrgeschossiger Wohnungsbau, Hrsg. VdW Bayern, Informationsdienst Holz e.V. (September 2024); Grundlage zur Ermittlung der Kostenkennwerte: BKI Konstruktionsatlas KA1 (2023); Grundlage zur Ermittlung Kostensteigerung u. Regionalfaktor (Freiburg i.B., Stadtkreis): Baupreisindex vom Statistischen Bundesamt bzw. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKl)

Projekt	Auftraggeber	Verfasser	Planinhalt		Ausrichtung
"Studie Dietenbach"	Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V.	Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH	Bauteilvergleich - Innenwände tragend		
LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Plan-Nr.	Maßstab	Blattgröße
			04.04	1:20	DIN A3 (420 x 297 mm)
					Datum /Stand
					20.01.2026

v01_konv. Massivbau + v02_Hybridbau

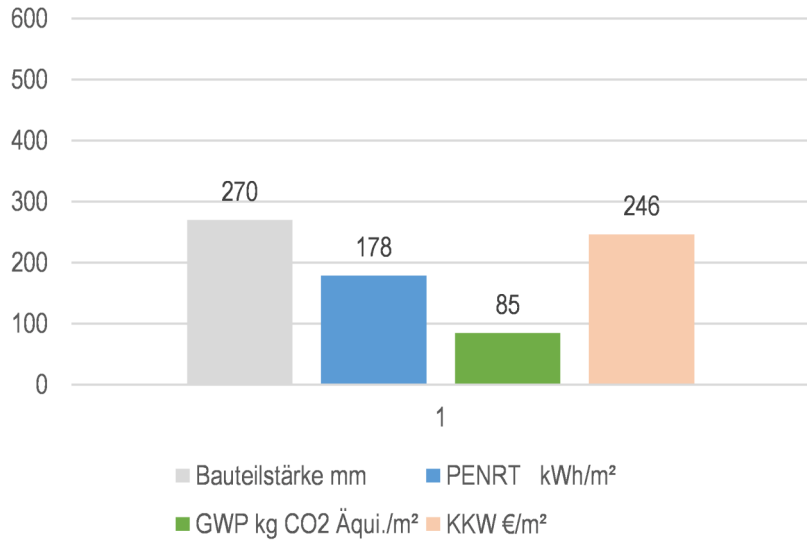
KG 340 - Wohnungstrennwand _ Kalksandstein, verputzt
F90-A



Bauteilbezeichnung
(1) Innenputz
(2) Kalksandstein
(3) Innenputz

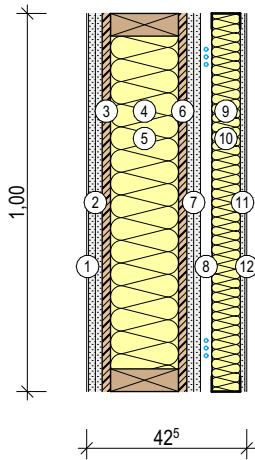
Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)
Kalk-Gips-Innenputz
Kalksandstein
Kalk-Gips-Innenputz

Bauteilstärke
15 mm
240 mm
15 mm



v03_Holzbau

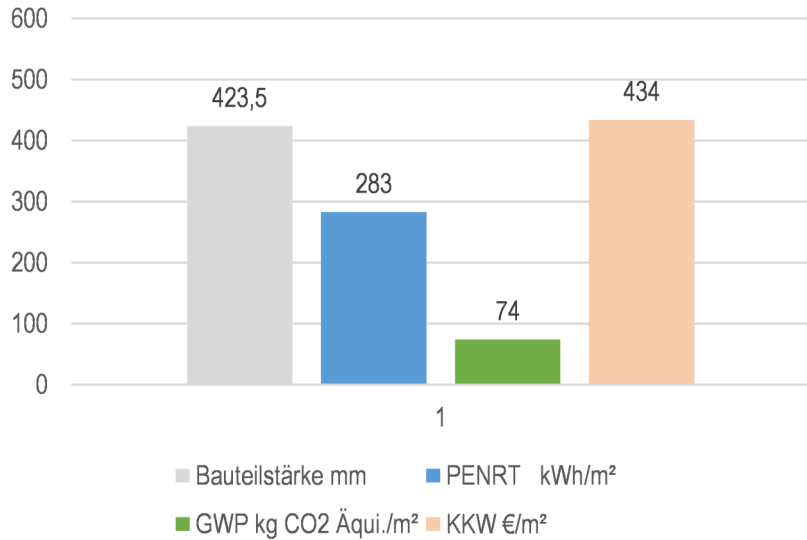
KG 340 - Wohnungstrennwand _ Holzrahmen, mit Vorsatzschale
F90-B



Bauteilbezeichnung
(1) Spachtelung /Innenputz
(2) Gipskartonplatte Typ F (2x)
(3) OSB
(4) Holzständer
(5) Dämmung
(6) OSB
(7) Gipskartonplatte Typ F (2x)
(8) Luftschicht
(9) CW-Profil
(10) Dämmung
(11) Gipskartonplatte
(12) Spachtelung /Innenputz

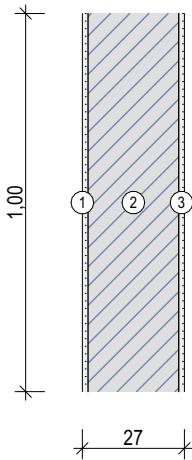
Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)
Kalk-Gips-Innenputz
Gipsbauplatte (Feuerschutz; 12,5mm)
Oriented Strand Board (Durchschnitt DE)
Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE), 15%
Mineralwolle (Fassaden-Dämmung), 85%
Oriented Strand Board (Durchschnitt DE)
Gipsbauplatte (Feuerschutz; 12,5mm)
eLCA Luftschicht (gemäß EN 15840+A2)
Stahl Feinblech (0,3 - 3,0mm), 2%
Mineralwolle (Innenausbau-Dämmung), 98%
Gipsbauplatte (Feuerschutz; 12,5mm)
Kalk-Gips-Innenputz

Bauteilstärke
5 mm
36 mm
22 mm
180 mm
180 mm
22 mm
36 mm
30 mm
75 mm
75 mm
12,5 mm
5 mm



v04_opt. Massivbau

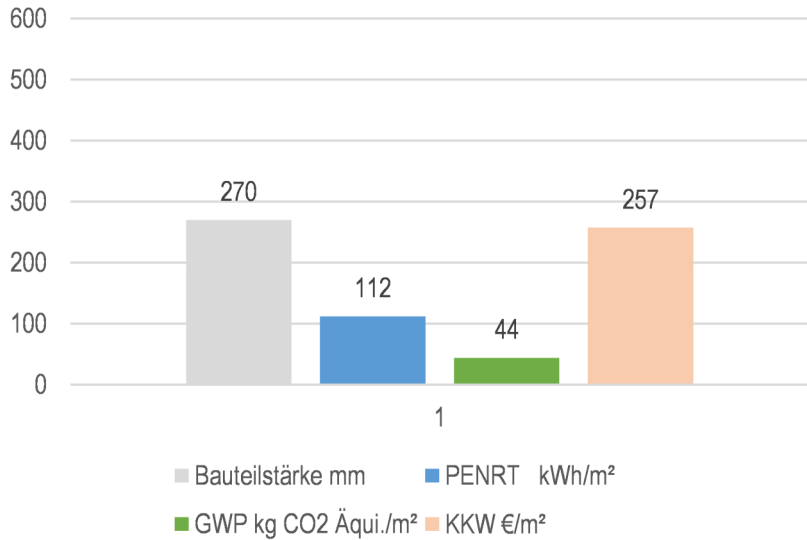
KG 340 - Wohnungstrennwand _ Kalksandstein (CO₂ optimiert), beiseitig verputzt
F90-A



Bauteilbezeichnung
(1) Innenputz
(2) Kalksandstein (CO₂ opti.)
(3) Innenputz

Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)
Kalk-Gips-Innenputz
Dampfgehärteter Baustoff - UNIKA GmbH - UNIKA ecoblue
Kalk-Gips-Innenputz

Bauteilstärke
15 mm
240 mm
15 mm

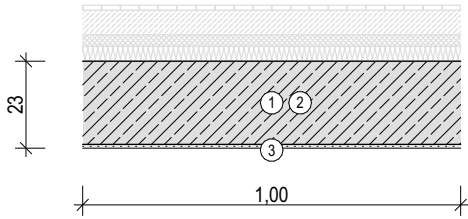


Hinweise: Grundlage Auswahl Holzbauteile: spezial - Planungshilfe mehrgeschossiger Wohnungsbau, Hrsg. VdW Bayern, Informationsdienst Holz e.V. (September 2024); Grundlage zur Ermittlung der Kostenkennwerte: BKI Konstruktionsatlas KA1 (2023); Grundlage zur Ermittlung Kostensteigerung u. Regionalfaktor (Freiburg i.B., Stadtkreis): Baupreisindex vom Statistischen Bundesamt bzw. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKl)

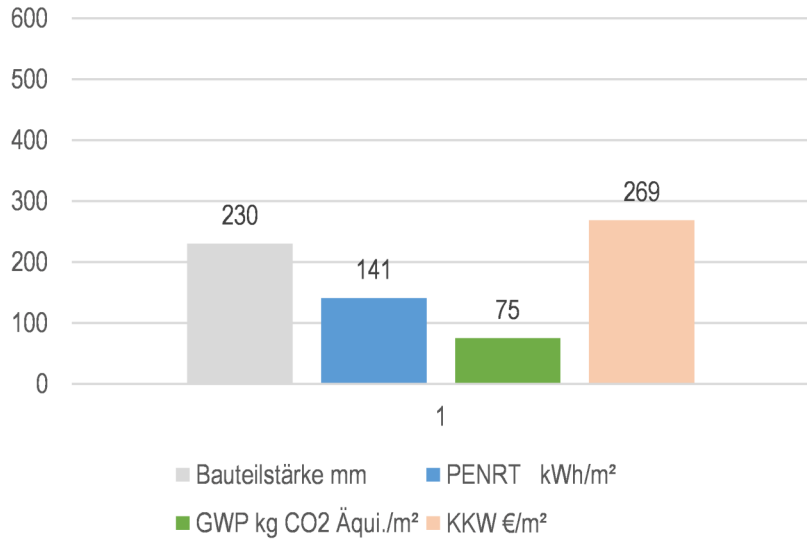
Projekt	Auftraggeber	Verfasser	Planinhalt		Ausrichtung
"Studie Dietenbach"	Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V.	Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH	Bauteilvergleich - Wohnungstrennwand		
LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Plan-Nr.	Maßstab	Blattgröße
			04.05	1:20	DIN A3 (420 x 297 mm)
					Datum /Stand
					20.01.2026

v01_konv. Massivbau

KG 351 - Geschossdecke _ Stahlbeton, verputzt
F90-A

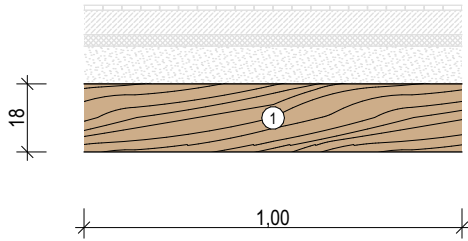


Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Stahlbeton	Transportbeton C25/30, 98%	220 mm
(2) Bewehrungsstahl	Bewehrungsstahl, 2%	-
(3) Innenputz	Kalk-Gips-Innenputz	10 mm

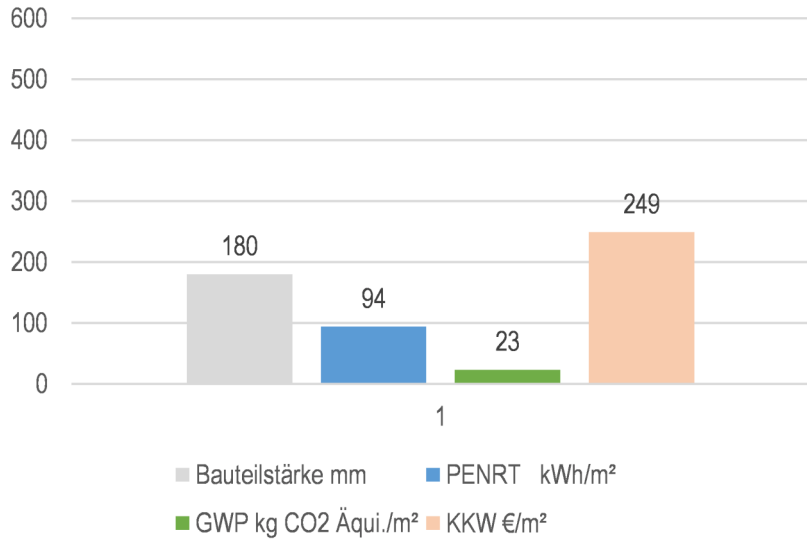


v03_Holzbau

KG 351 - Geschossdecke _ Brettsper Holz
F90-B

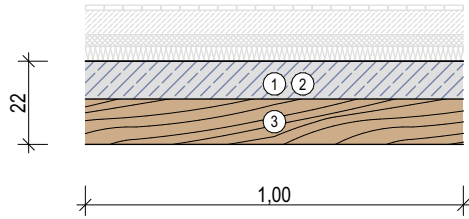


Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Brettsper Holz	Brettsper Holz (Durchschnitt DE)	180 mm

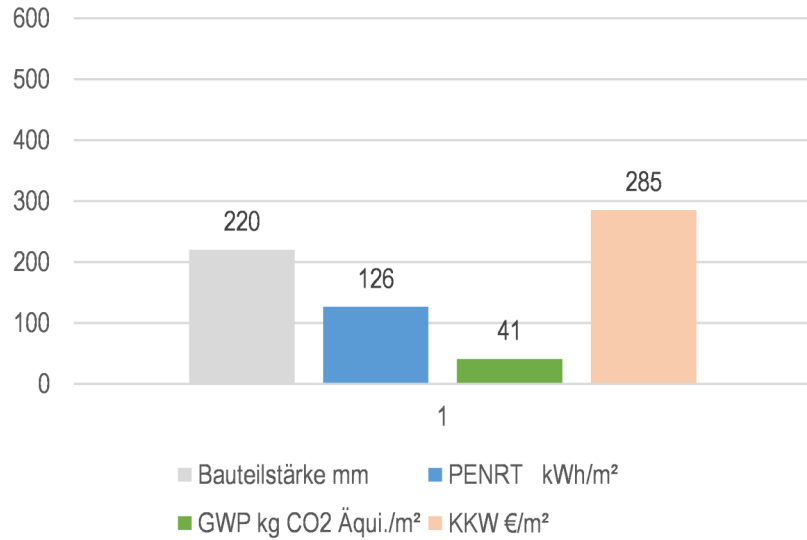


v02_Hybridbau + v04_opt. Massivbau

KG 351 - Geschossdecke _ Stahlbeton (CO2 optimiert) + Brettsper Holz
F90-B



Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Stahlbeton	Transportbeton C25/30, 98%	100 mm
(2) Bewehrungsstahl	Bewehrungsstahl, 2%	-
(3) Brettsper Holz	Brettsper Holz (Durchschnitt DE)	120 mm

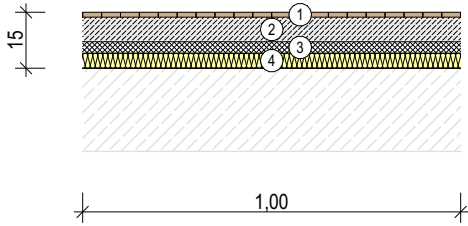


Hinweise: Grundlage Auswahl Holzbauteile: spezial - Planungshilfe mehrgeschossiger Wohnungsbau, Hrsg. VdW Bayern, Informationsdienst Holz e.V. (September 2024); Grundlage zur Ermittlung der Kostenkennwerte: BKI Konstruktionsatlas KA1 (2023); Grundlage zur Ermittlung Kostensteigerung u. Regionalfaktor (Freiburg i.B., Stadtkreis): Baupreisindex vom Statistischen Bundesamt bzw.Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI)

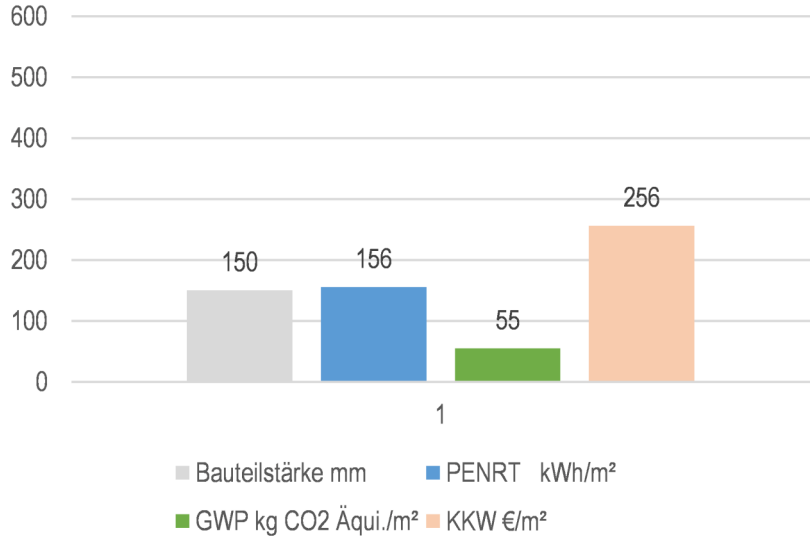
Projekt	Auftraggeber	Verfasser	Planinhalt		Ausrichtung
"Studie Dietenbach"	Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V.	Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH	Bauteilvergleich - Geschossdecke		
LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Plan-Nr.	Maßstab	Blattgröße
			04.06	1:20	DIN A3 (420 x 297 mm)
					Datum /Stand
					09.02.2026

v01_konv. Massivbau + v02_Hybridbau + v04_opt. Massivbau

KG 352 - Fußbodenaufbau

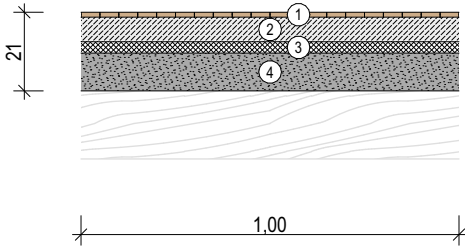


Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaumat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Mehrschichtparkett	Mehrschichtparkett (generisch)	13 mm
(2) Estrich	Zementestrich	65 mm
(3) Trittschalldämmung	EPS-Hartschaum (grau, Rohdichte 20 bis 25 kg/m³)	30 mm
(4) Ausgleichsdämmung	Mineralwolle (Boden-Dämmung)	40 mm

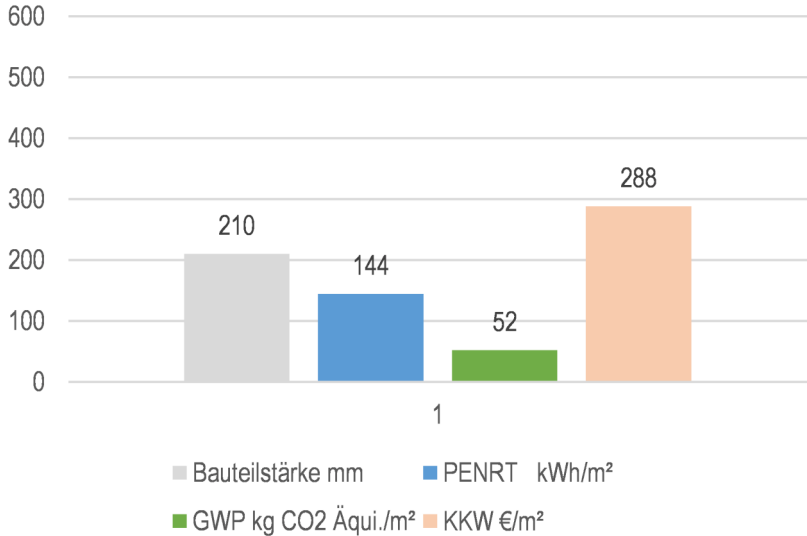


v03_Holzbau

KG 352 - Fußbodenaufbau, mit Schüttung



Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaumat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Mehrschichtparkett	Mehrschichtparkett (generisch)	13 mm
(2) Estrich	Zementestrich	65 mm
(3) Trittschalldämmung	EPS-Hartschaum (grau, Rohdichte 20 bis 25 kg/m³)	30 mm
(4) Schüttung	Split 2/15	100 mm

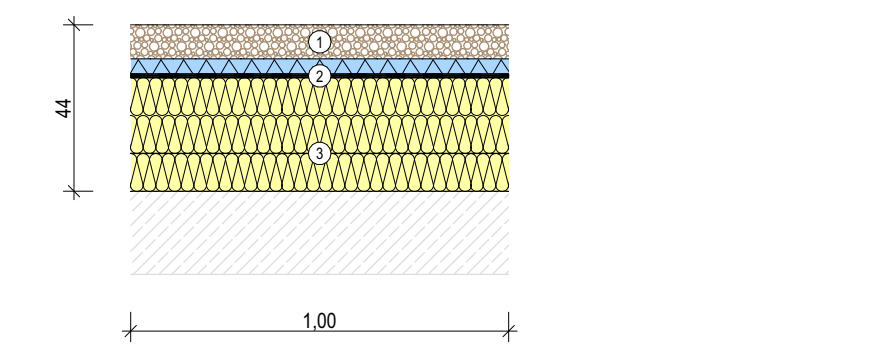


Hinweise: Grundlage Auswahl Holzbauteile: spezial - Planungshilfe mehrgeschossiger Wohnungsbau, Hrsg. VdW Bayern, Informationsdienst Holz e.V. (September 2024); Grundlage zur Ermittlung der Kostenkennwerte: BKI Konstruktionsatlas KA1 (2023); Grundlage zur Ermittlung Kostensteigerung u. Regionalfaktor (Freiburg i.B., Stadtkreis): Baupreisindex vom Statistischen Bundesamt bzw.Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKl)

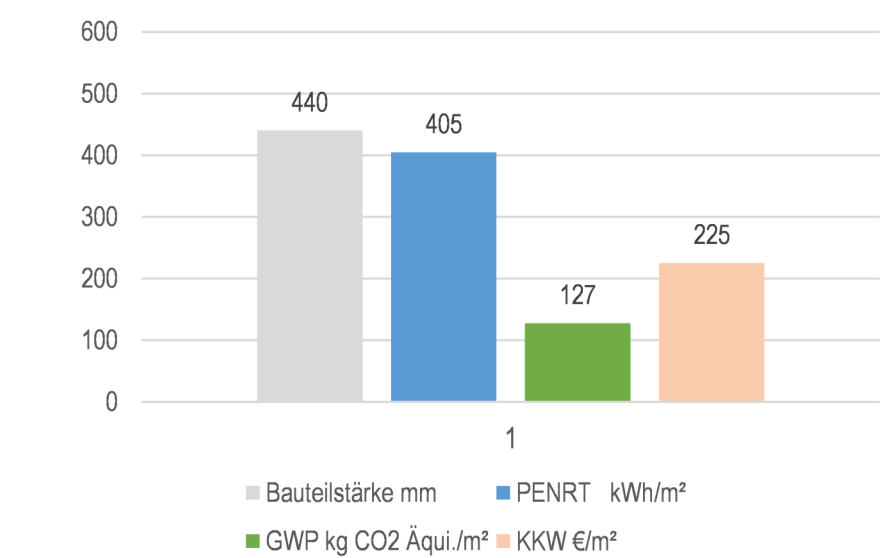
Projekt	Auftraggeber	Verfasser	Planinhalt			Ausrichtung
			Bauteilvergleich - Fußbodenaufbau			
"Studie Dietenbach"	Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V.	Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH	Plan-Nr.	Maßstab	Blattgröße	Datum /Stand
			04.07	1:20	DIN A3 (420 x 297 mm)	20.01.2026

v01_konv. Massivbau + v02_Hybridbau + v03_Holzbau + v04_opt. Massivbau

KG 363 - Dachaufbau _ Gründach extensiv



Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Gründachaufbau	Gründach extensiv (ohne Geländer)	130 mm
(2) Abdichtung (2-lagig)	Bitumenbahnen G 200 S4	8 mm
(3) Dämmung	Mineralwolle (Flachdach-Dämmung)	300 mm

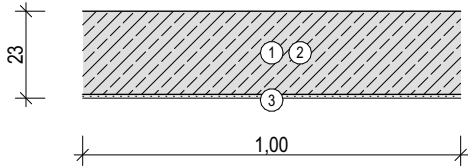


Hinweise: Grundlage Auswahl Holzbauteile: spezial - Planungshilfe mehrgeschossiger Wohnungsbau, Hrsg. VdW Bayern, Informationsdienst Holz e.V. (September 2024); Grundlage zur Ermittlung der Kostenkennwerte: BKI Konstruktionsatlas KA1 (2023); Grundlage zur Ermittlung Kostensteigerung u. Regionalfaktor (Freiburg i.B., Stadtkreis): Baupreisindex vom Statistischen Bundesamt bzw. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI)

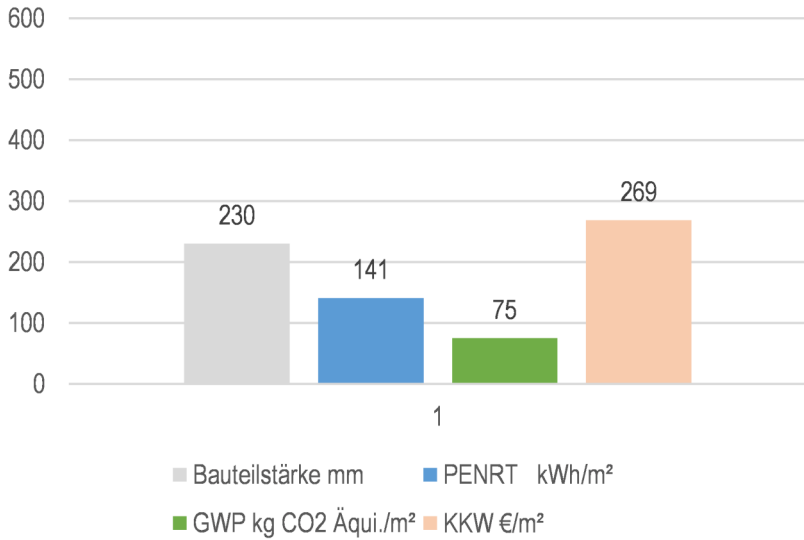
Projekt "Studie Dietenbach" LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Auftraggeber Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Verfasser Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Planinhalt Bauteilvergleich - Dachaufbau		Ausrichtung
			Plan-Nr. 04.09	Maßstab 1:20	Blattgröße DIN A3 (420 x 297 mm)

v01_konv. Massivbau

KG 361 - Dach _ Stahlbeton, verputzt
F90-A

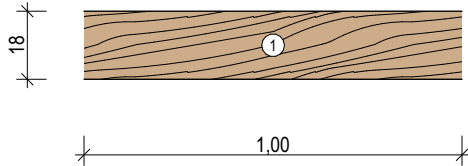


Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Stahlbeton	Transportbeton C25/30, 98%	220 mm
(2) Bewehrungsstahl	Bewehrungsstahl, 2%	-
(3) Innenputz	Kalk-Gips-Innenputz	10 mm

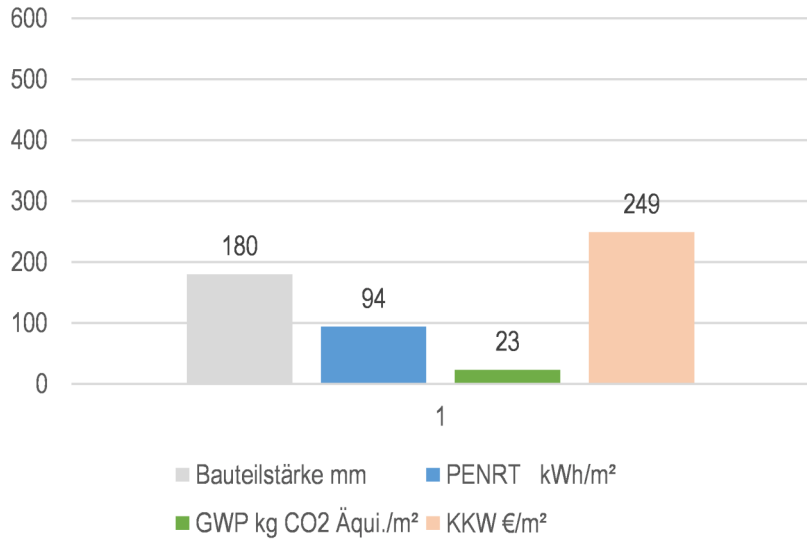


v03_Holzbau

KG 361 - Dach _ Brettsperrholz
F90-B

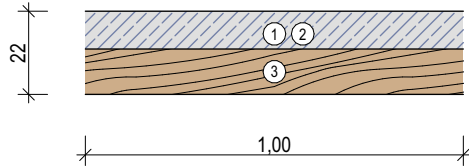


Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Brettsperrholz	Brettsperrholz (Durchschnitt DE)	180 mm

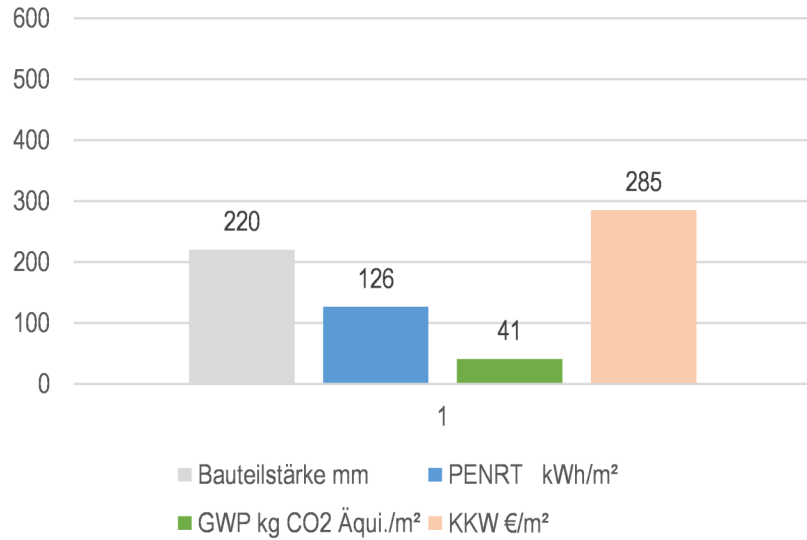


v02_Hybridbau + v04_opt. Massivbau

KG 361 - Dach _ Stahlbeton (CO₂ optimiert) + Brettsperrholz
F90-B



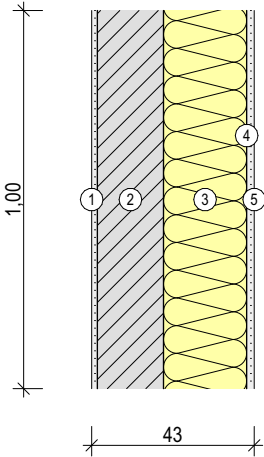
Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Stahlbeton	Transportbeton C25/30, 98%	100 mm
(2) Bewehrungsstahl	Bewehrungsstahl, 2%	-
(3) Brettsperrholz	Brettsperrholz (Durchschnitt DE)	120 mm



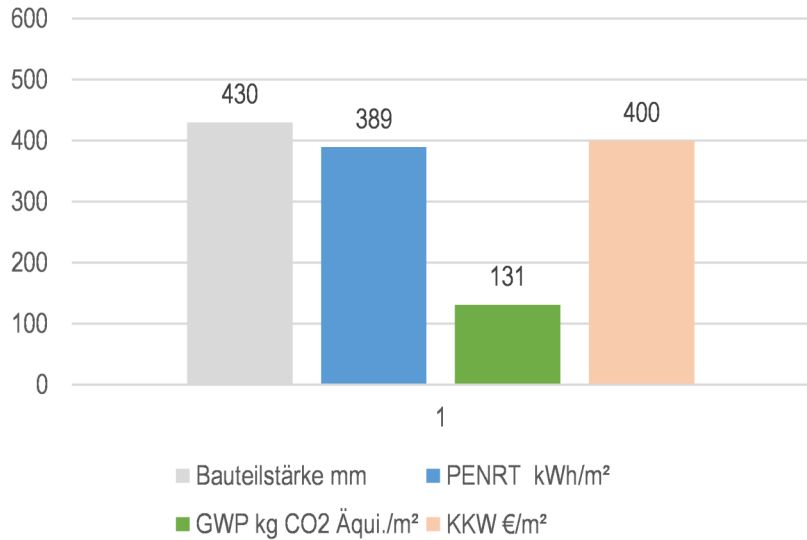
Hinweise: Grundlage Auswahl Holzbauteile: spezial - Planungshilfe mehrgeschossiger Wohnungsbau, Hrsg. VdW Bayern, Informationsdienst Holz e.V. (September 2024); Grundlage zur Ermittlung der Kostenkennwerte: BKI Konstruktionsatlas KA1 (2023); Grundlage zur Ermittlung Kostensteigerung u. Regionalfaktor (Freiburg i.B., Stadtkreis): Baupreisindex vom Statistischen Bundesamt bzw. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKl)

Projekt	Auftraggeber	Verfasser	Planinhalt		Ausrichtung
"Studie Dietenbach"	Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V.	Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH	Bauteilvergleich - Dach		
LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Plan-Nr.	Maßstab	Blattgröße
			04.08	1:20	DIN A3 (420 x 297 mm)
					Datum /Stand
					09.02.2026

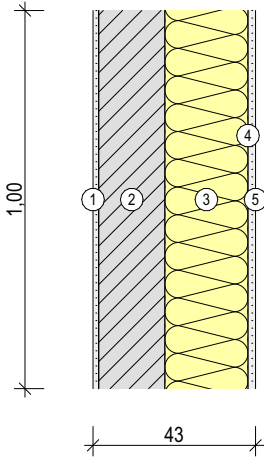
KG 330 - Außenwand _ Kalksandstein mit WDVS (EPS), verputzt
U-Wert = 0,15 W/m²K



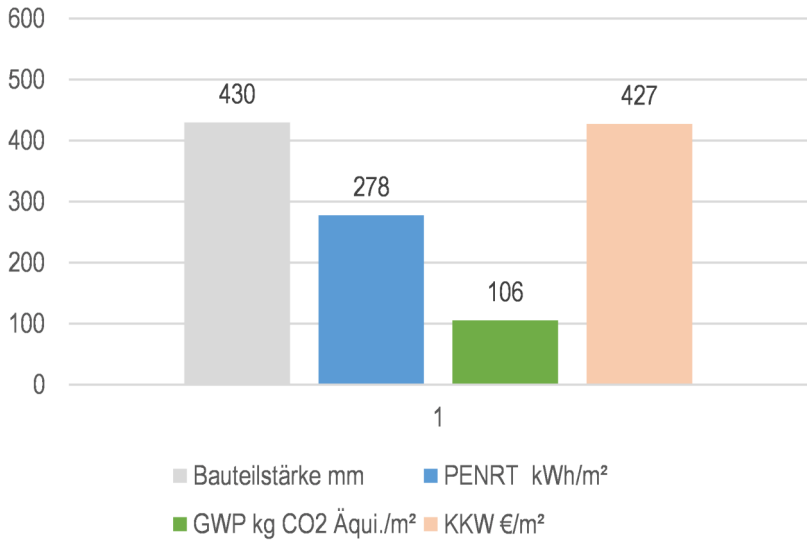
Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Innenputz	Kalk-Gips-Innenputz	15 mm
(2) Kalksandstein	Kalksandstein	175 mm
(3) Dämmung WLG035	EPS-Hartschaum (Rohdichte 20 kg/m³)	220 mm
(4) Armierung	Armierung (Kunstharzspachtel), 85% Glasarmierungsgitter, 15%	4mm
(5) Außenputz	Kalkzement Putzmörtel	20 mm



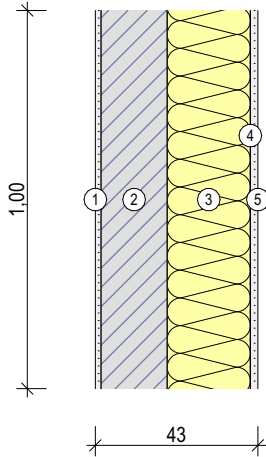
KG 330 - Außenwand _ Kalksandstein mit WDVS (Mineralwolle), verputzt
U-Wert = 0,15 W/m²K



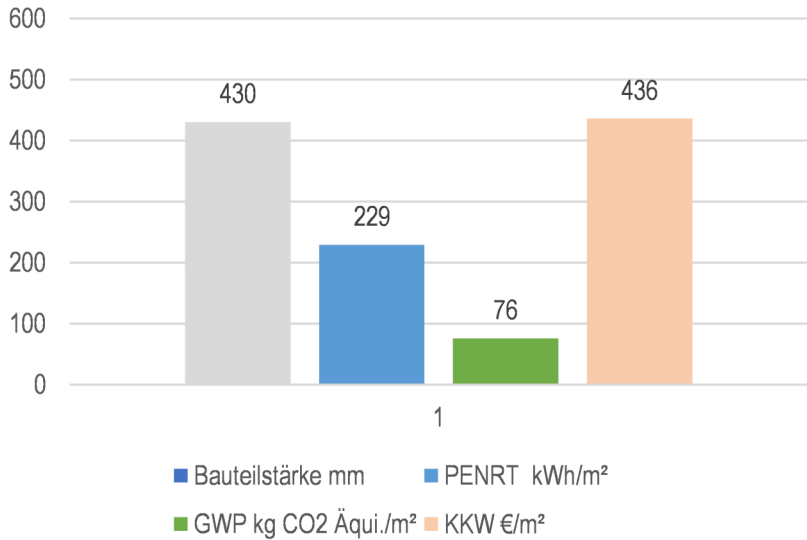
Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Innenputz	Kalk-Gips-Innenputz	15 mm
(2) Kalksandstein	Kalksandstein	175 mm
(3) Dämmung WLG035	Mineralwolle (Fassaden-Dämmung)	220 mm
(4) Armierung	Armierung (Kunstharzspachtel), 85% Glasarmierungsgitter, 15%	4mm
(5) Außenputz	Kalkzement Putzmörtel	20 mm



KG 330 - Außenwand _ Kalksandstein (CO₂ optimiert) mit WDVS
(Mineralwolle), verputzt
U-Wert = 0,15 W/m²K



Bauteilbezeichnung	Datensatz Ökobaudat (OBD_2024_I_A2)	Bauteilstärke
(1) Innenputz	Kalk-Gips-Innenputz	15 mm
(2) Kalksandstein (CO₂ opti.)	Dampfgehärteter Baustoff - UNIKA GmbH - UNIKA ecoblau	175 mm
(3) Dämmung WLG035	Mineralwolle (Fassaden-Dämmung)	220 mm
(4) Armierung	Armierung (Kunstharzspachtel), 85% Glasarmierungsgitter, 15%	4mm
(5) Außenputz	Kalkzement Putzmörtel	20 mm



Hinweise: Grundlage Auswahl Holzbauteile: spezial - Planungshilfe mehrgeschossiger Wohnungsbau, Hrsg. VdW Bayern, Informationsdienst Holz e.V. (September 2024); Grundlage zur Ermittlung der Kostenkennwerte: BKI Konstruktionsatlas KA1 (2023); Grundlage zur Ermittlung Kostensteigerung u. Regionalfaktor (Freiburg i.B., Stadtkreis): Baupreisindex vom Statistischen Bundesamt bzw. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKl)

Projekt	Auftraggeber	Verfasser	Planinhalt		Ausrichtung
"Studie Dietenbach"	Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V.	Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH	Bauteilvergleich - Außenwände (KS)		
LCA-Vergleichsberechnungen eines mehrgeschossigen Wohnungsbaus	Holbeinstr. 16 79100 Freiburg	Fuchseckstr. 7 70188 Stuttgart	Plan-Nr.	Maßstab	Blattgröße
			04.01a	1:20	DIN A3 (420 x 297 mm)
					Datum /Stand
					09.02.2026