

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Tech-
nischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the main library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>



DIPLOMARBEIT

Optimierte Nachverdichtung durch BIM und LCA-Tools

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs / Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung**

Ass. Prof. Priv. Doz. Dr. Iva Kovacic

E234 - Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Industriebau und interdisziplinäre Bauplanung

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Meliha Honic

0926019

Wien, am 18.2.2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Meliha Honic'.

Danksagung

Ein herzliches Dankeschön geht an alle, die mich bei der Erstellung meiner Diplomarbeit unterstützt haben.

Danken möchte ich in erster Linie meiner Betreuerin, Ass. Prof. Priv. Doz. Dr. Iva Kovacic, für ihre ausgiebige Unterstützung. Durch ihr fachspezifisches Wissen und konstruktive Kritik verhalf sie mir zu einer durchdachten These.

Besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Jan Hübner und Herrn Martin Nußbaum von OneTools, welche sich intensiv mit der Ausarbeitung meiner Diplomarbeit beschäftigt haben und immer für Fragen zur Verfügung standen.

Sehr bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern und meiner Schwester, welche mich nicht nur finanziell, sondern auch moralisch unterstützten.

Kurzfassung

Im Jahr 2025 wird in Wien eine Bevölkerungszahl von knapp über 2 Millionen erwartet, daraus resultiert, dass jährlich etwa 10.000 neue Wohnungen benötigt werden. Das existierende Bauland wird jedoch immer knapper, wodurch neue Konzepte zur Unterstützung der Nachverdichtung benötigt werden. Die vielen Einkaufsmärkte wie zum Beispiel Hofer, LIDL, Billa und die dazugehörigen Parkplätze verbrauchen sehr viel Fläche und fördern dadurch die Zersiedelung.

Schwerpunkt dieser Arbeit ist einerseits die Entwicklung eines Konzepts für die Untersuchung der Nachverdichtungspotentiale auf den Grundstücken der Supermärkte in Wien und andererseits die Erstellung einer Ökobilanz für die Nachverdichtung, welche mit Anwendung eines herkömmlichen und eines innovativen LCA-Werkzeugs und BIM (Building Information Modeling) durchgeführt wird.

Als Fallstudie wird eine ökologische Wohnanlage in Holzbau auf dem Parkplatz eines bestehenden Einkaufsmarkts geplant, womit die Gesamtöko- und Flächeneffizienz des Grundstücks verbessert werden soll. Um die Ökobilanzierung durchführen zu können, werden detaillierte 3D-Modelle des Bestands und des Neubaus mit BIM erstellt. Mit der Anwendung von zwei unterschiedlichen LCA-Werkzeugen werden die BIM-Modelle manuell und automatisiert bilanziert, verglichen und schlussendlich bewertet.

Das Konzept der Nachverdichtung und die Anwendung neuer Bilanzierungswerkzeuge werden durch die Fallstudie veranschaulicht und können in Zukunft für andere Bauvorhaben angewendet werden.

Stichworte: Nachverdichtungspotentiale, Building Information Modeling, automatisierte Bilanzierungsmethode, LCA

Abstract

In the year 2025 a population of more than 2 million people is being expected in Vienna, which means that about 10.000 new apartments will be needed each year. As building land is getting less, new concepts for supporting urban densification are required. The many supermarkets like for example Hofer, Lidl, Billa and their related parking areas waste too much space and as a result they promote urban sprawl.

The main focus of this thesis is on the one hand the development of a new concept for the analysis of urban densification-potentials on the site of supermarkets in Vienna and on the other hand the creation of a life-cycle assessment for the densification, which is accomplished with the application of one conventional and one innovative LCA-tool and BIM (Building Information Modeling).

As a case study an ecological residential building in timber construction is being planned on the parking area of an existing supermarket (Lidl) in order to improve the overall eco- and area efficiency of the site. Therefore detailed 3D-modells of both, the existing building and the new building, are being generated with BIM. With the application of LCA-Tools the models are being accounted in two different ways-manually and automated- and finally compared and evaluated.

The concept of densification and the application of the new balancing methods are exemplified in the case study and can be used for other building projects in future.

Keywords: Urban densification-potentials, Building Information Modeling, automated balancing methods, LCA

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	7	4.4 3D-Darstellungen	69
1.1 Problemstellung	8	4.5 Brandschutz	72
1.2 Konzeptuelle Lösungsvorschläge	10	4.6 Tragwerkskonzept	74
1.3 Potential von freistehenden Supermärkten in Wien	11	4.6.1 Ergebnisse der statischen Berechnungen und Optimierung	74
1.4 "BIM für Ökobilanzierung" - Stand der Technik	14	4.6.2 Arbeitsablauf der statischen Berechnungen	74
1.5 Motivation	15	4.6.3 Optimierung des Arbeitsablaufs für die statischen Berechnungen	74
1.6 Forschungsfragen	16		
		5. Ökobilanz-Ergebnisse	79
2. Methodische Vorgehensweise	17	5.1 Berechnung des neuen Wohnbaus	80
2.1 Standortanalyse	18	5.1.1 Außenwand "01AW"	81
2.2 Datenquellen	18	5.1.2 Außenwand "01AW_Kern EG"	82
2.3 Ökobilanz	18	5.1.3 Flachdach "01Flachdach"	83
2.3.1 OI3-Index	19	5.1.4 Decke "01Decke gegen Außenluft"	84
2.3.2 GWP(100) pro Person	21	5.1.5 Geschoßdecke "01Geschoßdecke"	85
2.3.3 Berechnungswerkzeug "MS Excel"	22	5.1.6 Geschoßdecke "01Geschoßdecke_Büro"	86
2.3.4 Berechnungswerkzeug "BuildingOne"	24	5.1.7 Türen und Fenster	87
2.4 Modellierungsmethodik	27	5.2 OI3KON - Gesamtergebnis	88
		5.3 GWP(100) pro Person - Gesamtergebnis	90
3. Standort	29	5.4 Bewertung der Ergebnisse	92
3.1 Lage in Wien	30	5.5 Bewertung der Berechnungswerkzeuge	94
3.2 Fotodokumentation	32		
3.3 aktueller Bestandsplan	36	6. Schlussfolgerung	97
		6.1 Potential des gewählten Standorts	98
4. Entwurf	39	6.2 Potential für Wien	98
4.1 Lageplan	41	6.3 Potentiale von "BIM für Ökobilanzierung"	98
4.2 Geschoßpläne	45		
4.2.1 EG	45	7. Verzeichnisse	101
4.2.2 1.OG	49	7.1 Quellenverzeichnis	102
4.2.3 Regelgeschoß	53	7.2 Abbildungsverzeichnis	104
4.2.4 UG	57		
4.3 Schnitte	61	Anhang	106
4.3.1 Schnitt A_A	62		
4.3.2 Schnitt B_B	65		

1 EINLEITUNG

2 METHODISCHE VORGEHENSWEISE

3 STANDORT

4 ENTWURF

5 ÖKOBILANZ-ERGEBNISSE

6 SCHLUSSFOLGERUNG

7 VERZEICHNISSE

ANHANG

Im Jahr 2025 wird in Wien die 2-Millionen-Marke überschritten (Statistik Austria, 2015). Etwa 100.000 neue Wohnungen werden bis dahin benötigt. Das bedeutet etwa 10.000 neue Wohnungen pro Jahr. Die Grundstückspreise in Wien sind jedoch sehr hoch, besonders im Vergleich mit anderen Bundesländern (siehe Abb.1.1). In Österreich liegt der Durchschnitt von Baulandpreisen bei ca. 236€/m². Wien ist mit durchschnittlich 975 €/m² eindeutig Spitzenreiter (immopreisatlas, 2015). Hohe Grundstückspreise führen zu Abwanderung in günstigere Regionen, aber auch zu einer hohen Baudichte und guter Flächeneffizienz.

Baulandreserven werden knapper, abgesehen davon sind in Österreich nur 37% der Bundesfläche für dauerhafte Siedlungsnutzungen geeignet, da der Rest der Fläche von Wäldern, alpinem Grünland, Gewässern und Ödland besetzt sind. In Wien können 74% der Landesfläche als Dauersiedlungsraum genutzt werden, wovon 76% bereits baulich genutzt werden. Vergleichsweise sind in Burgenland nur etwa 12% der Dauersiedlungsräume ausgeschöpft (BMLF, 2009). In Österreich wächst der Bestand an brachliegenden Gewerbe- und Industrieflächen stetig an. Diese brachliegenden Flächen könnten rein rechnerisch etwa ein Drittel des jährlichen Flächenbedarfs abdecken. Flächeninanspruchnahme ist einerseits Landschaftsverbrauch und nagt andererseits auch an Österreichs Erholungsflächen. Daher ist die Reduktion der Flächeninanspruchnahme ein essentieller Beitrag zum Klimaschutz. Die Reduktion des Bodenverbrauchs ist ein wichtiger Bestandteil des österreichischen Raumordnungskonzepts.

2002 beschloss die Bundesregierung bis zum Jahr 2010 eine Trendumkehr bei der jährlichen Flächenversiegelung zu erreichen. Versiegelte Flächen sind Böden, die durch harte Beläge mit undurchlässigen Materialien (z.B.: Asphalt) oder durch Überbauung mit Gebäuden von der Atmosphäre getrennt sind. Straßen und Parkplätze sind beispielsweise auch versiegelte Flächen. Das angestrebte Ziel zur Reduktion des Zuwachses dauerhaft versiegelter Fläche soll unter anderem durch einen Abbau des Baulandüberhangs, Einfrieren von Baulandreserven, durch aktive Baulandpolitik der öffentlichen Hand, "Flächenrecycling" und Wiederverwertung von nicht genutzten Gewerbeflächen erreicht werden. Durch Verdichtung soll eine höhere Intensität und Effizienz der Flächennutzung ermöglicht werden. Des Weiteren soll die optimale Ausschöpfung der Nutzungspotentiale im bereits verbauten Bereich sichergestellt werden.

An diesem Punkt setzt auch der 1.Schwerpunkt der Arbeit an. Durch Verwertung von bereits teilweise verbauten Gewerbeflächen soll neues Bauland zur Verfügung gestellt werden. Freistehende Supermärkte wie z.B.: Hofer, Lidl und Billa nehmen mit ihren Parkplätzen große Flächen in Anspruch. In Wien gibt es allein in den Bezirken 10., 11., 21., 22., 23. rund 100 freistehende Supermärkte, welche sich als Nachverdichtungspotentiale eignen würden (siehe Kap.1.3).

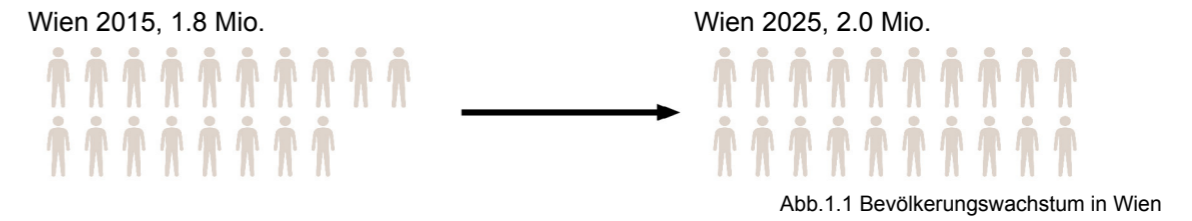


Abb.1.1 Bevölkerungswachstum in Wien

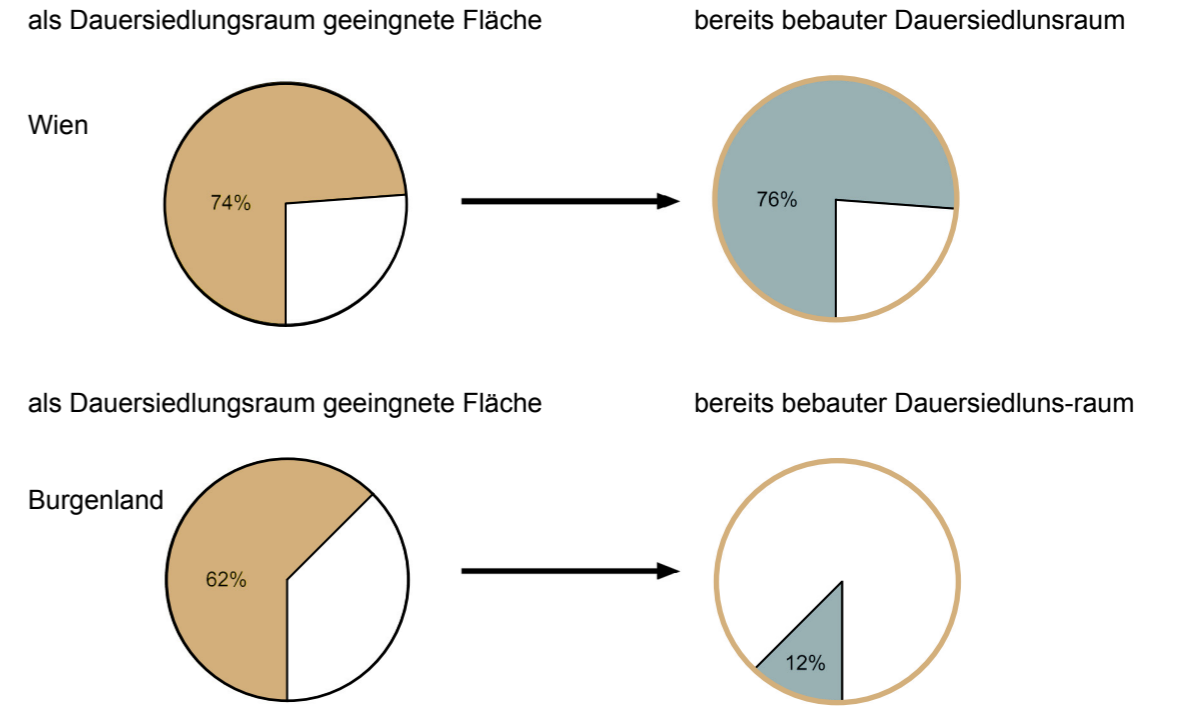


Abb.1.2 Dauersiedlungsraum in Wien verglichen mit Burgenland

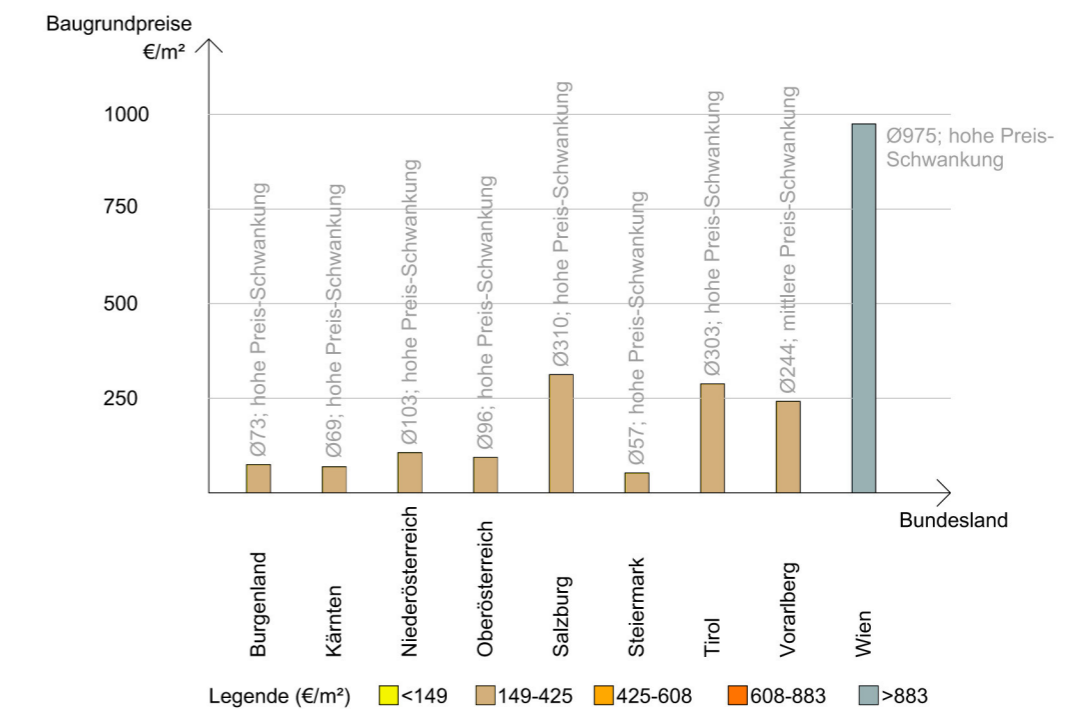


Abb.1.3 Baugrundpreise im Bundesländervergleich (immopreisatlas)

Idee der Arbeit ist die Planung eines ökologisch nachhaltigen Wohnbaus auf dem Grundstück eines bestehenden Supermarkts. Freistehende Einkaufsmärkte und ihre Parkplätze verbrauchen sehr große Flächen und unterstützen zudem die Zersiedelung. Die Parkfläche nimmt meist mehr als die Fläche des Supermarkts in Anspruch. Außerdem ist die Flächeneffizienz bezogen auf die Personenanzahl sehr gering. Um dem entgegenzuwirken wird an einem gewählten Standort eine mögliche Nachverdichtung geplant. Die Stellplätze werden auf die benötigte Anzahl reduziert und in Freiraum umgewandelt.

Neben dem Hauptgedanken der Flächenrückgewinnung ist der zweite Schwerpunkt der Arbeit die Verwendung neuester Technologien zur Erstellung einer Ökobilanz. Die neue Bebauung soll die Gesamtökobilanz des Standorts verbessern und somit einen positiven Beitrag für die Umwelt leisten. Dafür wird ein BIM (Building Information Modeling) - Modell erstellt, welches den Kern für alle nachfolgenden Berechnungen - Ökobilanzierung und statische Analysen - bildet. Fokus liegt auf den zwei Berechnungswerkzeugen (manuelle und automatisierte Werkzeuge) für die Ökobilanzierung, welche getestet und bewertet werden.

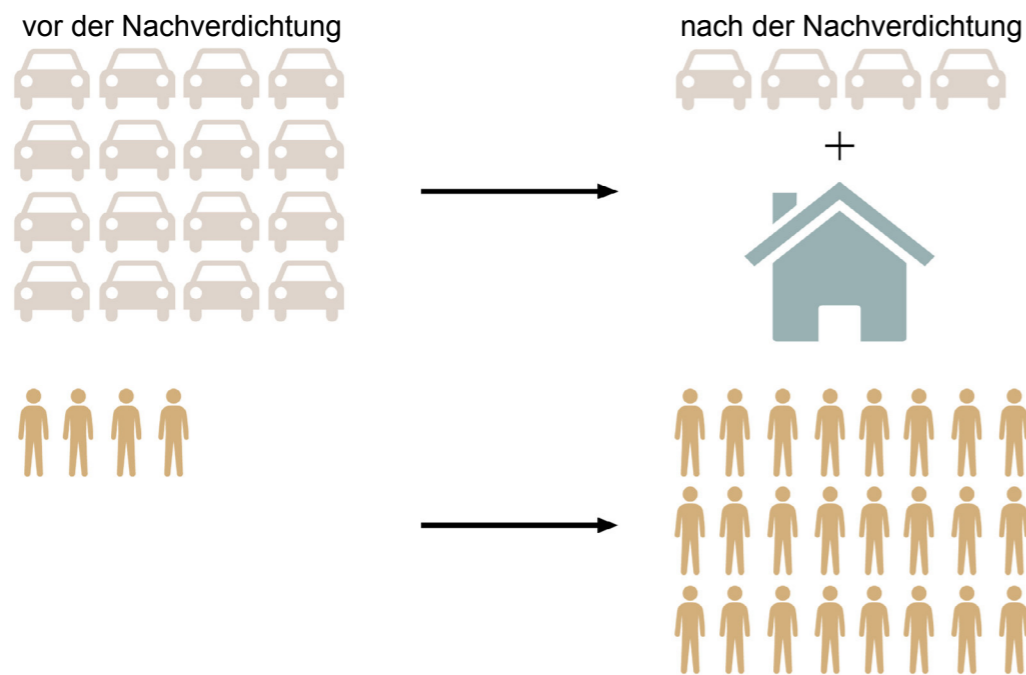


Abb.1.4 Flächeneffizienz- und Rückgewinnung

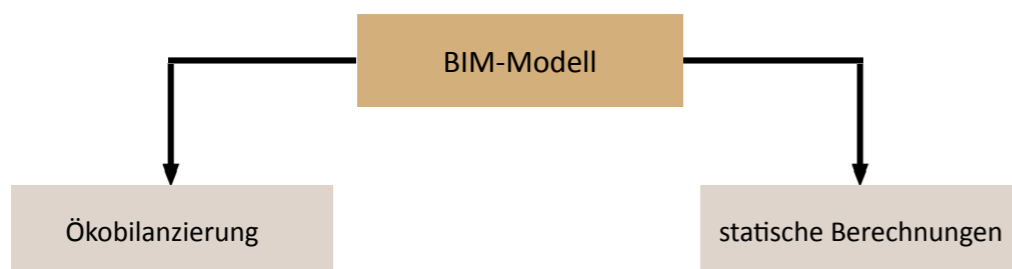
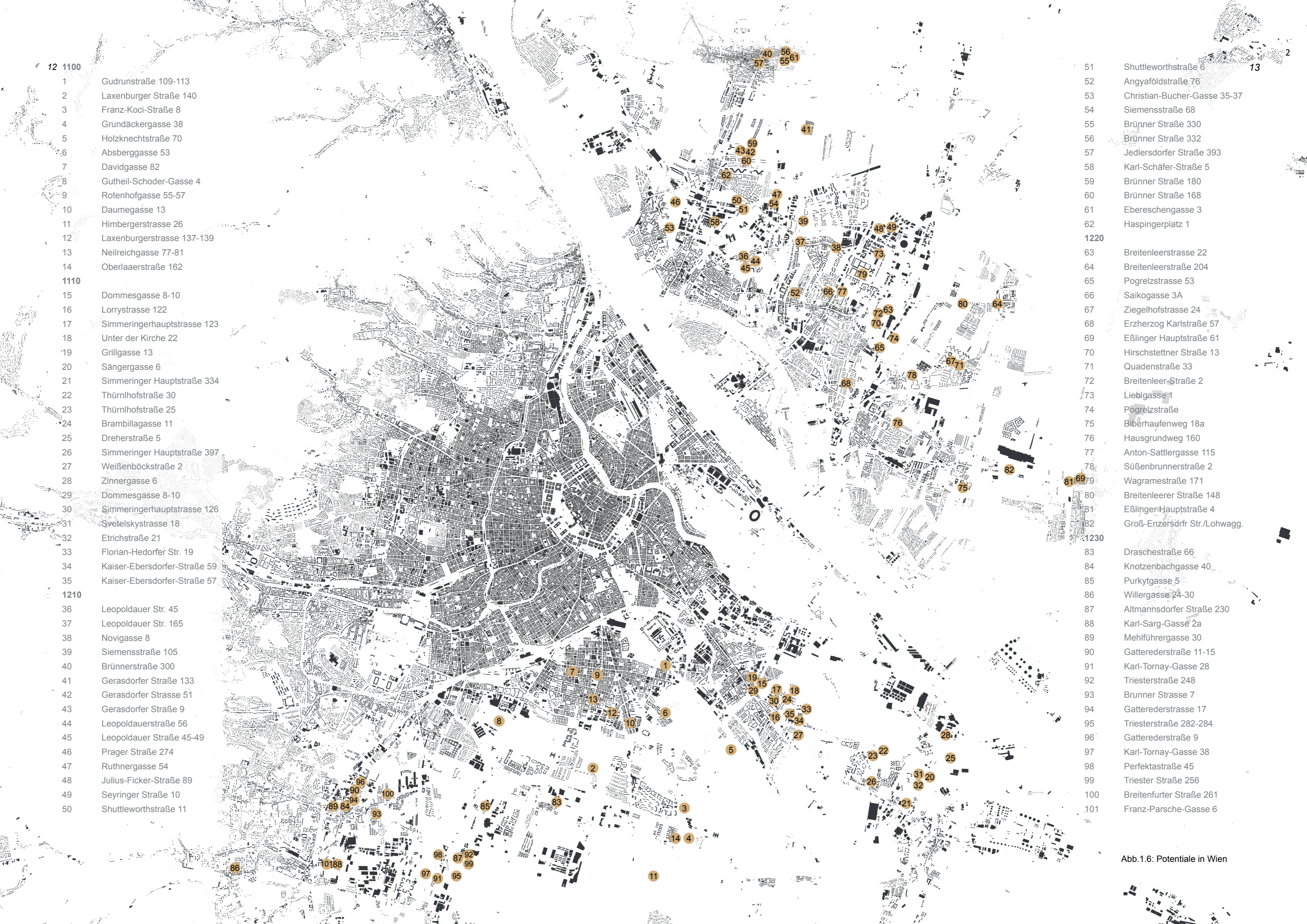


Abb.1.5 BIM-Modell als Kern der nachfolgenden Berechnungen

Im Rahmen einer Studie an der Technischen Universität Wien wurden freistehende Einkaufsmärkte wie zum Beispiel Hofer, Billa und dm in den Bezirken 10., 11., 21., 22. und 23. mittels Internet (googlemaps, Flächenwidmungsplan etc.) und Besichtigungen betrachtet. Anhand eines Steckbriefs wurden die Einkaufsmärkte, die der Flächenwidmung „Gemischte Bauweise“ zugeordnet sind, nach möglichem Potential kategorisiert und genauer dokumentiert. Flächen, die als Industriegebiet gewidmet sind, wurden nicht in Betracht gezogen, da auf diesem Grund nur Gebäude oder Anlagen für Betriebs- oder Geschäftszwecke errichtet werden dürfen. Supermärkte in geeigneter Lage, guter Erschließung und großem Parkplatz haben großes Potential. Supermärkte mit schlechter Lage, beispielweise direkt an der Autobahn, ungünstiger bis keiner Erschließung mit öffentlichen Verkehrsmitteln, oder keiner geeigneten Parkfläche, wurden ausgeschlossen. Schlussendlich haben die an der Studie beteiligten Studenten den Standorten Schulnoten von 1 - sehr großes Potential, bis 5 - kein Potential vergeben. Auf Abbildung 1 lassen sich die Einkaufsmärkte mit sehr großem bis durchschnittlichem Potential (Schulnote 1-3) herauslesen. Größtes Potential besteht mit 27 potentiellen Einkaufsmärkten im 21. Bezirk. (siehe Abb.1.6: Potentiale in Wien).



12 1100

- 1 Gudrunstraße 109-113
- 2 Laxenburger Straße 140
- 3 Franz-Koci-Straße 8
- 4 Grundäckergasse 38
- 5 Holzknechtstraße 70
- 6 Absberggasse 53
- 7 Davidgasse 82
- 8 Gutheil-Schoder-Gasse 4
- 9 Rotenhofgasse 55-57
- 10 Daumegasse 13
- 11 Humbergerstrasse 26
- 12 Laxenburgerstrasse 137-139
- 13 Neilreichgasse 77-81
- 14 Oberlaaerstraße 162

1110

- 15 Dommegasse 8-10
- 16 Lorrystrasse 122
- 17 Simmeringerhauptstrasse 123
- 18 Unter der Kirche 22
- 19 Grillgasse 13
- 20 Sängergasse 6
- 21 Simmeringer Hauptstraße 334
- 22 Thürnlohofstraße 30
- 23 Thürnlohofstraße 25
- 24 Brambillgasse 11
- 25 Dreherstraße 5
- 26 Simmeringer Hauptstraße 397
- 27 Weißenböckstraße 2
- 28 Zinnergasse 6
- 29 Dommegasse 8-10
- 30 Simmeringerhauptstrasse 126
- 31 Svetelskystrasse 18
- 32 Etrichstraße 21
- 33 Florian-Hedorfer Str. 19
- 34 Kaiser-Ebersdorfer-Straße 59
- 35 Kaiser-Ebersdorfer-Straße 57

1210

- 36 Leopoldauer Str. 45
- 37 Leopoldauer Str. 165
- 38 Novigasse 8
- 39 Siemensstraße 105
- 40 Brünnerstraße 300
- 41 Gerasdorfer Straße 133
- 42 Gerasdorfer Strasse 51
- 43 Gerasdorfer Straße 9
- 44 Leopoldauerstraße 56
- 45 Leopoldauer Straße 45-49
- 46 Prager Straße 274
- 47 Ruthnergasse 54
- 48 Julius-Ficker-Straße 89
- 49 Seyringer Straße 10
- 50 Shuttleworthstraße 11

- 51 Shuttleworthstraße 6
- 52 Angyaföldstraße 76
- 53 Christian-Bucher-Gasse 35-37
- 54 Siemensstraße 68
- 55 Brünner Straße 330
- 56 Brünner Straße 332
- 57 Jedlersdorfer Straße 393
- 58 Karl-Schäfer-Straße 5
- 59 Brünner Straße 180
- 60 Brünner Straße 168
- 61 Ebereschengasse 3
- 62 Haspingerplatz 1

1220

- 63 Breitenleerstrasse 22
- 64 Breitenleerstraße 204
- 65 Pogrelzstrasse 53
- 66 Saikogasse 3A
- 67 Ziegelhofstrasse 24
- 68 Erzherzog Karlstraße 57
- 69 Eßlinger Hauptstraße 61
- 70 Hirschstettner Straße 13
- 71 Quadenstraße 33
- 72 Breitenleer-Straße 2
- 73 Lieblgasse 1
- 74 Pogrelzstraße
- 75 Biberhaufenweg 18a
- 76 Hausgrundweg 160
- 77 Anton-Sattlergasse 115
- 78 Süßenbrunnerstraße 2
- 79 Wagramestraße 171
- 80 Breitenleerer Straße 148
- 81 Eßlinger Hauptstraße 4
- 82 Groß-Enzersdrfr Str./Lohwagg.

1230

- 83 Draschestraße 66
- 84 Knotzenbachgasse 40
- 85 Purkytgasse 5
- 86 Willergasse 24-30
- 87 Altmanndorfer Straße 230
- 88 Karl-Sarg-Gasse 2a
- 89 Mehlführergasse 30
- 90 Gatterederstraße 11-15
- 91 Karl-Tornay-Gasse 28
- 92 Triesterstraße 248
- 93 Brunner Strasse 7
- 94 Gatterederstrasse 17
- 95 Triesterstraße 282-284
- 96 Gatterederstraße 9
- 97 Karl-Tornay-Gasse 38
- 98 Perfektastraße 45
- 99 Triester Straße 256
- 100 Breitenfurter Straße 261
- 101 Franz-Parsche-Gasse 6

Abb.1.6: Potentiale in Wien

Building Information Modeling (BIM; deutsch Gebäudedatenmodellierung) ist ein intelligentes, digitales Gebäudemodell, welches allen Projektbeteiligten, vom Architekten über den Haushaltstechniker bis zum Facility Manager, das Arbeiten an einem gemeinsamen Modell ermöglicht. BIM ist derzeit eine der wichtigsten Entwicklungen in der AEC-Industrie (Architecture, engineering and construction-industry, deutsch: Architektur, Ingenieurwesen und Konstruktion – Industrie) und verspricht die Reduktion von Arbeits- und Koordinationsaufwand in der Bauplanung. Durch das Arbeiten an einer Datei, dem Modell, werden Änderungen umgehend übernommen und stehen allen Fachplanern zur Verfügung. Wichtige Parameter sind hierbei die Flächen und Konstruktionshöhen, welche durch BIM nicht mehr manuell übernommen werden müssen, sondern automatisch in das Datenmodell übertragen werden. Durch die hohe Qualität von Daten innerhalb von BIM wird ein optimaler Informationsaustausch ermöglicht, welcher die Produktivität des Planungsprozesses steigert. Softwarehersteller erlauben 3D-Modellen auch 4D Informationen (Zeitpläne) und 5D Informationen (Kostenschätzung) bereit zu stellen. Durch stufenweise Dateneingabe aller Projektteilnehmer entsteht eine Feedbackschleife, welche die Projektübergabe optimiert (buildipedia, 2016) (siehe Abb.1.7).

Die wichtigsten Softwarehersteller bieten Lösungen für Architektur und Bauplanung an: Architecture und Revit von Autodesk, ArchiCAD von Graphisoft, allplan von Nemetschek, speedikon Architectural von Bentley Systems (austrian-standards, 2015).

Das gängige Datenformat für den Austausch ist das IFC (Industry Foundation Classes) mit der Endung *.ifc*. IFC ist eine objektorientierte Beschreibung von Attributen und beinhaltet die Beziehungen der gebäudeinternen Objekte. IFC-Dateien beinhalten derzeit noch nicht die vollständige Information, welche für Simulationen und Ökobilanzierungen notwendig sind (Azhar S., 2011).

Derzeit bestehen mehrere Möglichkeiten zur Erstellung von Ökobilanzen. Eine häufig genutzte Software ist ArchiPHYSIK. ArchiPHYSIK ist ein Energieausweisprogramm, welches auch die Berechnung des OI3-Index anbietet. Durch das Add-On in ArchiCad lässt sich eine ArchiPHYSIK-Datei (*.aps*) exportieren, an welcher man in der Software weiterarbeiten kann. Nachteil dieser Art von Ökobilanzierung ist, dass man ein gewisses Niveau an Detaillierung erreicht haben muss, um Berechnungen durchführen zu können. Des Weiteren ist die manuelle Änderung der Berechnungen und somit die Berechnung des "GWP(100)_pro Person" nicht möglich. Änderungen am 3D-Modell können nur durch erneutes Erstellen einer ArchiPHYSIK-Datei und nicht mit direkter Synchronisierung übernommen werden.

Energy Plus - eine Energie Simulationssoftware - ermöglicht einen Datenaustausch aus BIM-Software. Das gängige Datenformat für Austausch im Bauwesen ist das *.ifc* (Industry Foundation Classes), welches von EnergyPlus nicht unterstützt wird. Dafür wird das Datenformat *.gbXML* benötigt, welches wiederum nicht von ArchiCad angeboten wird. Somit ist ein Datenaustausch über Autodesk Revit notwendig.

Weitere Bilanzierungswerkzeuge sind beispielsweise Autodesk Ecotect und LEGEP.

BIM für Ökobilanzierung ist dennoch nicht durchgeforscht und die vollständige Kompatibilität mit LCA (Life cycle assessment = Lebenszyklusanalyse) - Software noch nicht vorhanden.

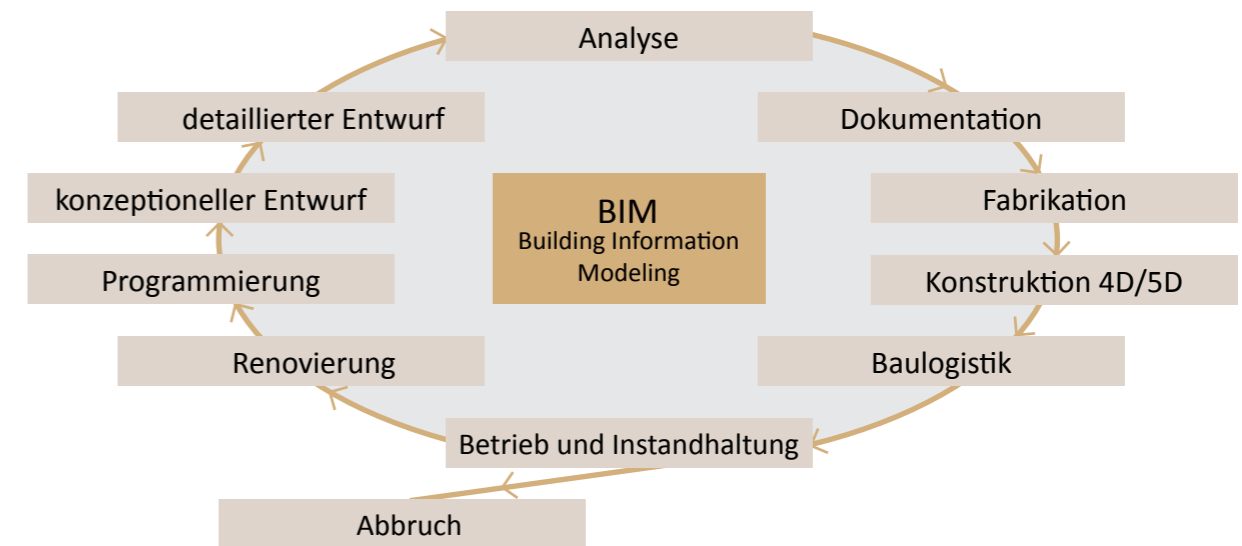


Abb.1.7 BIM, Feedbackschleife (buildipedia, 2016)

1.5.Motivation

Freistehende Supermärkte stellen ein wichtiges Nachverdichtungspotential dar. Die Verwertung von versiegelter Fläche ist eines der Hauptziele des Bundesministeriums für Land-und Forstwirtschaft. Derzeit gibt es nur wenige Beispiele welche sich auf das Flächenrecycling konzentrieren, ein Beispiel dafür ist die Wohnanlage auf dem Dach des Auhof Centers in Wien Hietzing. Die Nachverdichtung ökologisch optimiert zu planen ist wesentlicher Bestandteil der Arbeit und ein essenzielles Ziel für die Zukunft. Ökologische Optimierung ist die Minimierung der Materialflüsse und Emissionen beim Produktionsprozess des Gebäudes und der Baustoffe. Lebenszyklusanalysen werden derzeit auf mehrere Arten erstellt. Zukunftsweisend ist die mit Building Information Modeling (BIM) verknüpfte Methode, welche ein aktuelles Forschungsthema ist. Die vollständige Kompatibilität von BIM und LCA-Software ist noch nicht vorhanden und stellt einen Mangel in der Bauindustrie dar. Die Anwendung eines neuen Berechnungswerkzeugs soll die Schwierigkeiten und das Potential von BIM für Ökobilanzierung zeigen.

1.6 Forschungsfragen

1 Wie viel Fläche kann in Wien durch Nachverdichtung auf den Parkplätzen von bestehenden Supermärkten gewonnen werden? Wie viele neue Wohnungseinheiten könnte man mit diesem Nachverdichtungskonzept errichten?

2 Wie kann die Ökoeffizienz des Grundstücks gesteigert werden, welche als GWP/Person definiert wird? Welche Bauweise ist für eine Verbesserung geeignet?

3 Wie viel Potential hat "BIM für Ökobilanzierung"? Kann man durch die Verknüpfung von BIM und LCA-Tool automatisierte Berechnungen durchführen? Welche der beiden Berechnungsmethoden (automatisiert oder manuell) ist effizienter?



Abb.1.8 Ziele der Arbeit

1 EINLEITUNG

2 METHODISCHE VORGEHENSWEISE

3 STANDORT

4 ENTWURF

5 ÖKOBILANZ-ERGEBNISSE

6 SCHLUSSFOLGERUNG

7 VERZEICHNISSE

ANHANG

2.1 Standortanalyse

Am Standort in Wien Brigittenau (1200) wurden mehrmalige Besichtigungen durchgeführt, welche mit Fotos dokumentiert wurden (siehe Kap. 3.1). Der Supermarkt „Lidl“ am Friedrich-Engels-Platz 12 wurde von innen und außen genau betrachtet. Überzeugend für die Auswahl waren die Lage im Wohngebiet, die direkte Anbindung zu öffentlichen Verkehrsmitteln und die Nähe zum Freiraum an der Donau.

2.2 Datenquellen

Die Bestandspläne wurden aus der Baupolizei-Magistratsabteilung (MA) 37-Gebietsgruppe Ost (-für die Bezirke 1., 2., 8., 9., 20., 21. und 22.) erhoben. Nach der Errichtung des Lidl wurden zwei neue Baukörper zugebaut. 2009 wurde das Lager erweitert. Der zweite Zubau beinhaltete eine Backstube, welche nicht in den Plänen der MA37 vorhanden ist. Dieser Baukörper wird basierend auf Luftbildern aus www.wien.gv.at und Besichtigungen vor Ort nachmodelliert, wofür die Aufbauten vom ersten Zubau übernommen werden.

Für die Ökobilanzierung wird die IBO Richtwerte-Tabelle für Baumaterialien von der IBO (Österreichisches Institut für Baubiologie- und ökologie)-Homepage herangezogen. Bauteilaufbauten wurden dem Bauteilkatalog auf www.dataholz.at entnommen und an den Entwurf angepasst. Die Aufbauten sind ökologisch optimierte Bauteile.

Das Basiswissen zu BuildingOne wurde bei einem 1-tätigen Seminar an der TU Wien erworben. Für Fragen standen Herr Hübner und Herr Nußbaum von OneTools zur Verfügung, welche die Datenbank weiterbearbeitet haben und die Formeln für die Berechnungen implementiert haben. Kontaktiert wurde per e-mail und per Telefon mit Hilfe von TeamViewer.

2.3 Ökobilanz

„Die Ökobilanz bezieht sich auf die Umweltaspekte und potenziellen Umweltwirkungen (z.B. Nutzung von Ressourcen und Umweltauswirkungen von Emissionen) im Verlauf des Lebensweges eines Produkts von der Rohstoffgewinnung über Produktion, Anwendung, Abfallbehandlung, Recycling bis zur endgültigen Beseitigung (d.h. ‚von der Wiege bis zur Bahre‘).“ (DIN EN ISO 14040)

Die Ökobilanzierung (=life cycle assessment, LCA) basiert auf folgenden Grundgedanken:

- Einbeziehung des gesamten Lebenszyklus, sprich von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Entsorgung.
- Die in den Lebenszyklus enthaltenen Umwelteinwirkungen wie Emissionen in Luft, Wasser und Boden, Ressourcenverbrauch sowie Naturinanspruchnahme werden erfasst.
- Die Umweltbelastungen werden hinsichtlich potentieller Wirkungen dargestellt (König, H., 2009).

In dieser Arbeit wird nur die Wirkung der Konstruktion, welche als graue Energie definiert wird, berechnet. Die rote Energie, welche die Energie für den Betrieb (Heizung, Kühlung, Lüftung und Strom) darstellt, wird nicht miteinbezogen.

Der ökologische Herstellungsaufwand für ein Gebäude ist ca. gleich hoch wie der ökologische Aufwand für die Beheizung eines Passivhauses für 100 Jahre. Aus diesem Grund ist die Optimierung des Herstellungsaufwands ein wichtiger Bestandteil des ökologischen Bauens. Bei der ökologischen Optimierung handelt es sich um die Minimierung der Materialeinflüsse und Emissionen beim Produktionsprozess des Gebäudes und der Baustoffe. Mit dem OI3-Index lässt sich der Optimierungsprozess vereinfacht durchführen und darstellen. Der OI3-Index beinhaltet drei wichtige Umweltkategorien - das Treibhauspotential (GWP), das Versäuerungspotential (AP) und den Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PEI ne).

In dieser Masterarbeit werden 2 Berechnungswerkzeuge für die Ökobilanzierung angewendet bzw. getestet: Die manuelle Variante mit MS Excel und die automatisierte Variante mit Building One. Dabei wird der OI3-Index und der absolute Wert für GWP(100) [kgCO₂] (Global warming potential: Beitrag der Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung) und daraus resultierend der GWP(100) pro Person berechnet. Die Ergebnisse der OI3-Berechnungen sollen den Unterschied zwischen dem Bestand, welcher hauptsächlich aus Stahlbeton besteht, und dem neuen Wohnbau, dessen Konstruktionen hauptsächlich aus Holz bestehen, zeigen. Erwartet wird ein deutlich besseres Ergebnis für den neuen Wohnbau, da er aus Holz besteht. Mit der Planung eines ökologisch positiv bewerteten Wohnbaus soll die Gesamtökoeffizienz des Grundstücks verbessert werden.

2.3.1 OI3-Index

Der OI3-Index ist eine vereinfachte ökologische Bewertungsmethode für Gebäude, mit welchem sich der Optimierungsprozess veranschaulichen bzw. durchführen lässt. Bei der Berechnung des OI3-Index können verschiedene Bilanzgrenzen (BG0-BG6) berücksichtigt werden. Beispielsweise beinhaltet die Bilanzgrenze BG0 nur die thermische Außenhülle inklusive Zwischendecken, wobei die Bilanzgrenze BG6 das gesamte Gebäude inklusive Haustechnik und Nebengebäude einbezieht. In dieser Arbeit wird der OI3-Index für die Bilanzgrenze BG1 berechnet, welche die thermische Gebäudehülle und die Zwischendecken inkludiert. Im Gegensatz zur BG0 werden bei der BG1 auch Feuchtigkeitsabdichtungen, hinterlüftete Fassaden und Dacheindeckungen berücksichtigt.

Die Zahlenwerte der Ökokennzahlen des OI3-Index liegen ca. im selben Bereich wie die Zahlenwerte für den Heizwärmebedarf und sind somit sehr einfach vergleichbar. Bei der Bilanzgrenze 0 (BG0) liegt der Zahlenwert des OI3-Index im selben Bereich wie der Wert des Heizwärmebedarfs, wobei die Zahlenwerte der Bilanzgrenze 1 (BG1) um 10 erhöht sind. Ein Heizwärmebedarf von 15 kWh/m²a wird als ausgezeichnet angesehen (Energieeffizienzklasse A+= Niedrigstenergiehaus), genauso haben Gebäude und Konstruktionen mit weniger als 15 BG0-Punkten oder 25 BG1-Punkten eine ausgezeichnete Ökobilanz. 100 Punkte bedeuten für die Umwelt eine sehr belastende Gebäudehüllenqualität, wobei 0 Punkte ökologische Spitzenreiter sind, welche nur durch besonders optimierte Konstruktionen zu erreichen sind. Eine Außenwand mit 70 OI3KON-Punkten ist eine Standardwand ohne ökologische Optimierungsmaßnahmen (IBO, 2006).

Der OI3-Index arbeitet mit einer wirkungsorientierten Klassifizierung. Jedes der verwendeten Baustoffe hat Auswirkungen auf den Treibhauseffekt (GWP=global warming potential), trägt zur Versäuerung der Böden bei (AP=acidification potential) und benötigt Energie (PEI_{ne}= Primärenergieinhalt an nicht-erneuerbaren Ressourcen) für die Herstellung. Die Kennzahlen werden in der IBO-Tabelle in folgenden Einheiten angegeben: GWP in [kg CO₂äqui./kg], AP in [kg SO₂/kg] und PEI_{ne} in [MJ/kg].

Um den OI3-Index eines Gebäudes zu erhalten, wird im ersten Schritt der OI3KON berechnet. Der OI3KON bildet den Ausgangsindikator für die Bewertung von Gebäuden und wird auf 1m² Konstruktionsfläche bezogen. In den Ökoindikator OI3KON fließen der OIGWP, der OIAP und der OIPEI_{ne}, jeweils zu einem Drittel ein. Er berechnet sich wie folgt:

$$OI3KON = 1/3 OIGWP + 1/3 OIAP + 1/3 OIPEI_{ne}$$

Der Zahlenwert jedes Indikators liegt für gängige Konstruktionen in einem Bereich von 0 -100 Punkten.

Um die Berechnung übersichtlich zu gestalten wird ein Datenblatt mit folgenden Informationen erstellt:

- Bauteilschichten einer Konstruktion
- Rohdichte der Bauteilschichten
- Dicke der Bauteilschichten
- Prozentanteil (bei inhomogenen Schichten)
- Baustoffkennwerte aus der IBO-Baustoffrichtwerte-Datenbank (GWP, AP und PEI_{ne})

Bevor der OI3KON berechnet werden kann, müssen die Teilkennzahlen OIGWP, OIAP und OIPEI_{ne} ermittelt werden.

Dafür werden die jeweiligen Kennwerte aller Bauteilschichten, welche nach flächenbezogener Masse gewichtet sind und pro m² angegeben werden, aufsummiert. Durch folgende Funktionen werden die Teilindikatoren auf einen Wertebereich von typischerweise 0 - 100 Punkte skaliert.

- OIGWP

Umrechnung von kg CO₂ äqui./m² Konstruktionsfläche in OIGWP –Punkte:

$$f(x) = 1/2*(x+50)$$

- OIAP

Umrechnung von kg SO₂ äqui./m² Konstruktionsfläche in OIAP –Punkte:

$$f(x) = 100/(0,25)*(x-0,21)$$

- OIPEI_{ne}

Umrechnung von MJ/ m² Konstruktionsfläche in OIPEI_{ne} – Punkte:

$$f(x) = 1/10*(x-500)$$

Nach Berechnung der OI3KON-Werte aller in die Bilanzgrenze zugehörigen Bauteile und Ermittlung der Konstruktionsflächen wird der OI3BG₁ berechnet, welcher der flächengewichtete Mittelwert der OI3KON-Punkte ist und wie folgt beschrieben wird (IBO, 2013):

$$OI3_{BGX} = \frac{\sum_{i=1}^N A_i \cdot OI3_{KONi}}{\sum_{i=1}^N A_i}$$

A_i ... Flächen der Konstruktionen in m²
 $OI3_{KONi}$... $OI3_{KON}$ der i - ten Konstruktion
 $\sum_{i=1}^N A_i$... Konstruktionsfläche (KOF)

Abb.2.1: OI3BGX
(IBO 2013)

2.3.2 GWP(100) pro Person

Während der OI3-Index alle drei Teilindikatoren (GWP, AP und PEI_{ne}) beinhaltet, konzentriert sich das GWP(100) nur auf den Indikator GWP und liefert im Gegensatz zum OI3-Index absolute Werte. Das GWP(100) pro Person ist keine standardisierte Berechnung wie der OI3-Index und wurde gewählt, um die Steigerung der Ökoeffizienz/Person des Grundstücks darzustellen. In Österreich haben Wohnungen einen 25%igen Anteil an den CO₂-Emissionen (=25 Mio.t im Jahr 2010). Das Treibhauspotenzial GWP beschreibt den Beitrag eines Treibhausgases zur globalen Erwärmung relativ zu Kohlendioxid und wird für einen Zeithorizont von 100 Jahren angegeben. Beispielsweise ist 1kg Methan (CH₄) -Emission äquivalent zu 21 kg (König, H., 2009) Kohlendioxid (CO₂) - Emission. Für Brettsperholz beträgt das GWP(100) laut IBO-Richtwerte-Tabelle -1,103 [kg CO₂ äq./kg]. Durch den Vorgang der Photosynthese entzieht Holz der Atmosphäre Kohlendioxid. Das Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂) wird chemisch umgewandelt, dabei wird Kohlenstoff (C) in Form von Zucker im Holz gespeichert und es entsteht Sauerstoff (O₂). Holz hat somit einen positiven Beitrag zum Treibhauseffekt (klima-holz-mensch, 2015).

In dieser Arbeit wird das GWP(100) auf die Personenanzahl, welche in den Gebäuden leben bzw. arbeiten, bezogen und in [t CO₂/Person] angegeben. Zunächst wird das „GWP(100)_vorher pro Person“ berechnet, welches nur den Bestand – also den Supermarkt Lidl - beinhaltet. Für den Lidl geht man von ca. 10 Personen aus. Die Formel für die Berechnung lautet folgendermaßen:

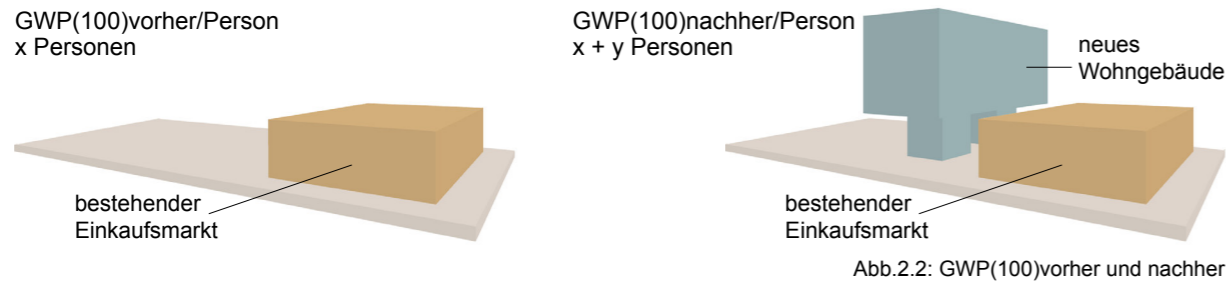
$$\frac{GWP(100)_{\text{vorher/Person}}}{[t \text{ CO}_2 \text{ äq./Person}]} = \frac{GWP(100) \text{ LIDL } [t \text{ CO}_2 \text{ äq.}]}{\text{Personenanzahl (LIDL)}}$$

Beim „GWP(100)vorher/Person“ wird ein großes GWP(100) erwartet, da die Konstruktion des Bestands hauptsächlich aus Stahlbeton besteht, welches eine hohe Dichte und Konstruktionsdicke hat. Das GWP(100) von Stahlbeton beträgt 0,139 [kg CO₂ äq./kg] (Quelle: IBO-Richtwerte-Tabelle).

Durch die Errichtung eines Wohnbaus aus Holz soll das gesamte GWP(100)-„GWP(100)nachher/Person“-des Grundstücks verbessert werden. „GWP(100)nachher pro Person“ lässt sich wie folgt berechnen:

$$\frac{GWP(100)_{\text{nachher/Person}}}{[t \text{ CO}_2 \text{ äq./Person}]} = \frac{GWP(100) \text{ LIDL} + GWP(100) \text{ Wohnbau } [t \text{ CO}_2 \text{ äq.}]}{\text{Personenanzahl (LIDL+Wohnbau)}}$$

22 Die Berechnung des Teilindicators GWP(100) erfolgt wie bei der OI3KON –Berechnung. Die nach flächenbezogener Masse gewichteten Kennwerte der Bauteilschichten eines Bauteils werden aufsummiert und man erhält den GWP(100) des Bauteils in [kg CO2 äq./m²]. Der GWP(100) wird für dieselben Bauteile berechnet wie beim OI3KON. Um den GWP(100) in [kg CO2 äq.] zu erhalten, werden die GWP(100) aller in die Bilanzgrenze einbezogenen Bauteile, welche dieselben wie beim OI3KON sind, mit den jeweiligen Flächen [m²] multipliziert und schlussendlich aufsummiert.



2.3.3 Berechnungswerkzeug "MS Excel"

Das Berechnungswerkzeug MS Excel wird manuell gesteuert. Für die in Kapitel 2.3.1 und 2.3.2 erwähnten Berechnungen werden in MS Excel für alle relevanten Bauteile Datenblätter mit den benötigten Informationen erstellt (siehe Abb.2.3 und Anhang). Die meisten Bauteilaufbauten werden der Datenbank auf www.dataholz.at entnommen und an das Projekt angepasst. Um die Baustoffkennwerte (GWP, AP und PEI) der einzelnen Schichten dokumentieren zu können, werden äquivalente Baustoffe aus der IBO-Richtwerte-Tabelle zugeordnet. Darüber hinaus benötigt man für die Berechnungen die Dichte der Materialien, die Dicke und den Prozentanteil der einzelnen Bauteilschichten, wobei die Dichte in der IBO-Tabelle angegeben wird. Die Flächen der jeweiligen Bauteile werden manuell aus dem 3D-Modell abgelesen und in Excel übertragen. Nachdem man alle Excel-Sheets erstellt hat, lassen sich die Berechnungen durch Ausdruck der in Kapitel 2.3.1 und 2.3.2 erwähnten Formeln erstellen. Nachteil dieses Berechnungswerkzeugs ist die manuelle Aufzeichnung von Modellinformationen. Jede kleine Veränderung muss in Excel übernommen werden und führt bei großen Veränderungen zu erheblichem Aufwand und Verlust des Überblicks. Vorteilhaft ist die einfache Bedienbarkeit und die Tatsache, dass Excel ein gängiges Werkzeug ist.

Bauteilaufbau (dataholz-bearbeitete)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht (mm)	Dichte dataholz (kg/m³)	Dichte IBO (kg/m³)	GWP(100) (kg CO2 äq./kg)	AP (kg CO2 äq./kg)	PEIw (MJ/m²)	Flächenbezogene Masse (kg/m²)	Flächenbezogene Masse (kg/m²)
1 Außenverkleidung	Brettspertholz	0,024	470	440	-1,103	0,0023	6,02	10,54	10,54
2 Holz-Fichte Lattung (40/50) 10%	Schnittholz F1 raup, Lufttrocken (10%)Lattung	0,04	500	540	-1,401	0,0006	1,88	21,47	2,14
3 Isolierdämmplatte	Woolfaserplatte, positiv 250 kg/m³	0,022	260	250	-0,184	0,0112	24,01	5,5	3,3
4 Isolierdämmplatte	Woolfaser-Dämmplatte 160 kg/m³	0,2	123	160	-0,804	0,004	13,53	32	32
5 Brettspertholz	Brettspertholz	0,099	470	440	-1,103	0,0023	6,02	41,8	41,8
6 Holz-Fichte Lattung (60/50) 10%	Schnittholz F1 raup, Lufttrocken (10%)Lattung	0,05	500	540	-1,401	0,0006	1,88	32,4	3,24
7 Mineralwolle 90%	Steinwolle MW-W (90%)	0,08	18	33	1,931	0,0341	23,19	1,88	1,782
8 Rigips Feuerschutzplatte	Gipsfaserplatte (Feuerschutz)	0,025	900	850	0,102	0,0007	4,88	21,23	21,23
9	Dicke des Bauteils	0,468							
17	GWP(100) (kg CO2 äq./m²)	AP (kg CO2/m²)	PEIw (MJ/m²)						
18	1	-11,05	0,02	81,69					
19	2	-4,03	0,06	4,03					
20	3	-0,85	0,06	77,06					
21	4	-20,72	0,13	487,60					
22	5	-48,11	0,10	330,24					
23	6	-4,93	0,00	6,03					
24	7	3,45	0,01	6,32					
25	8	-4,08	0,02	6,42					
26	Summe	-86,39	0,33	1145,48					
27	OI3KON	-17,19	OI3KON	64,54					
31	Summe GWP(100)			34,88					
32	Summe AP			-84,39					
33	Summe PEIw			1145,48					

Abb.2.3: Berechnungsblatt in MS Excel

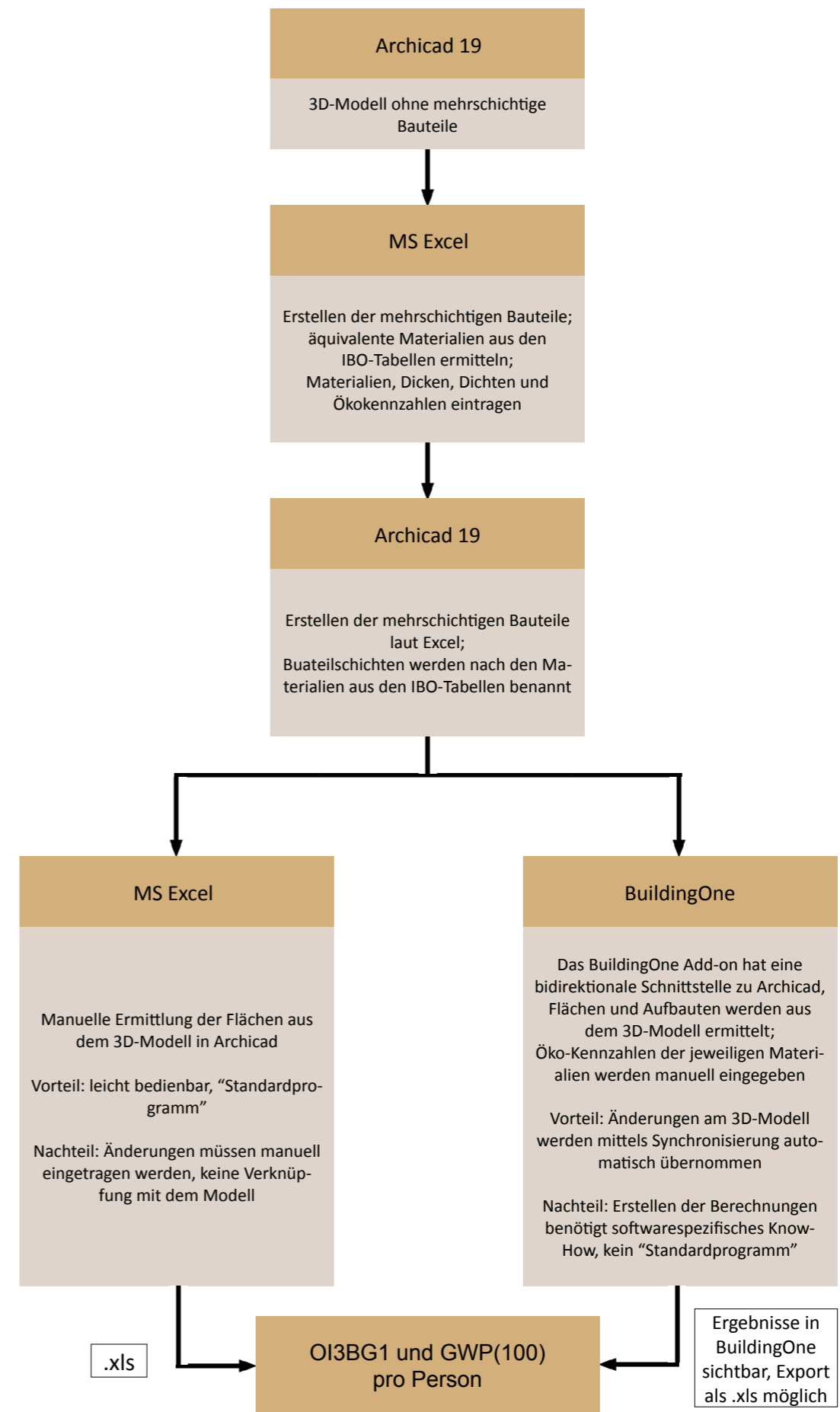


Abb.2.4: Arbeitsablauf der beiden Berechnungswerkzeuge

Im Gegensatz zum manuellen Berechnungswerkzeug Excel, handelt es sich bei BuildingOne um ein automatisiertes Berechnungswerkzeug.

BuildingOne ist ein Raum- und Gebäudebuch mit direktem Zugriff auf das BIM - Modell und wurde für die Anforderungen von Projektentwicklern, Architekten und Fachplanern, Ingenieurbau sowie der Immobilien- und Facility Management Branche entwickelt. Das Tool ist kompatibel mit den Architektensoftwares Graphisoft Archicad und Autodesk Revit. Über die Toolbar der Architektensoftware, in diesem Fall Archicad, gelangt man direkt zum Add-On BuildingOne (siehe Abb. 2.7). Durch das Add-On besteht eine bidirektionale (=in beide Richtungen) Verbindung zum BIM - Modell, wobei man sehr einfach zwischen der graphischen Darstellung (Archicad) und der alphanumerischen Darstellung (BuildingOne) des Gebäude-modells wechseln kann. Das Raum-und Gebäudemodell enthält Informationen wie zum Beispiel Raumflächen, Rauminhalt, Bodenbeläge etc. (onetools, 2016). Je nach Bedarf können eigene Eigenschaften hinzugefügt werden. Die Darstellung in BuildingOne beinhaltet auch die Anzahl von Geschossen mit den dazugehörigen Räumen und die einzelnen Bauteile wie zum Beispiel Wände, Decken und Fenster. Durch die bidirektionale Verbindung zum BIM - Modell, können die Informationen des Modells sowohl nach BuildingOne "exportiert" werden als auch Information aus dem Tool zurück übertragen werden. Dies ist ein großer Vorteil von Building One, da man die für die Berechnung notwendigen Daten nicht manuell erfassen muss, sondern dies automatisch durch das Synchronisieren vom BIM - Modell zu BuildingOne geschieht. Kurz gefasst, jede Änderung am BIM - Modell wird durch das Synchronisieren automatisch in BuildingOne übernommen. Weiters kann man die erstellte Konfiguration auch für andere Projekte verwenden und somit sehr viel Zeit sparen. Ein erwähnenswerter Nachteil ist das fehlende Know-How für die Anwendung des Tools. Da BuildingOne kein „Standardprogramm“ ist, muss das Know-How entweder selbst oder durch Seminare erworben werden, was wiederum zu einem Zeitaufwand führt.

Um die OI3- und GWP(100)-Berechnung durchführen zu können, werden die benötigten Eigenschaften im Tool erstellt. Diese sind zum Beispiel „Schicht 'x' Material“ und „Schicht 'x' Dicke“ (siehe Abb.2.8). Die Materialien ("Baustoffe") aus Archicad werden automatisch übernommen (siehe Abb. 2.9). Die Eigenschaften „GWP“, „AP“, „PEI“ und „Dichte“ werden im Nachhinein zugewiesen. Nachdem alle Eigenschaften hinzugefügt wurden, werden die für die Berechnungen relevanten Formeln erstellt. Die Formeln beinhalten die Verknüpfungen zwischen den Inputdaten aus der IBO-Richtwerte-Tabelle und den Gebäudedaten aus dem BIM-Modell. Anschließend werden mit dem Befehl "Daten abrufen" und "Eigenschaften neu berechnen" die Gebäudeinformationen geladen und die Ergebnisse erstellt.

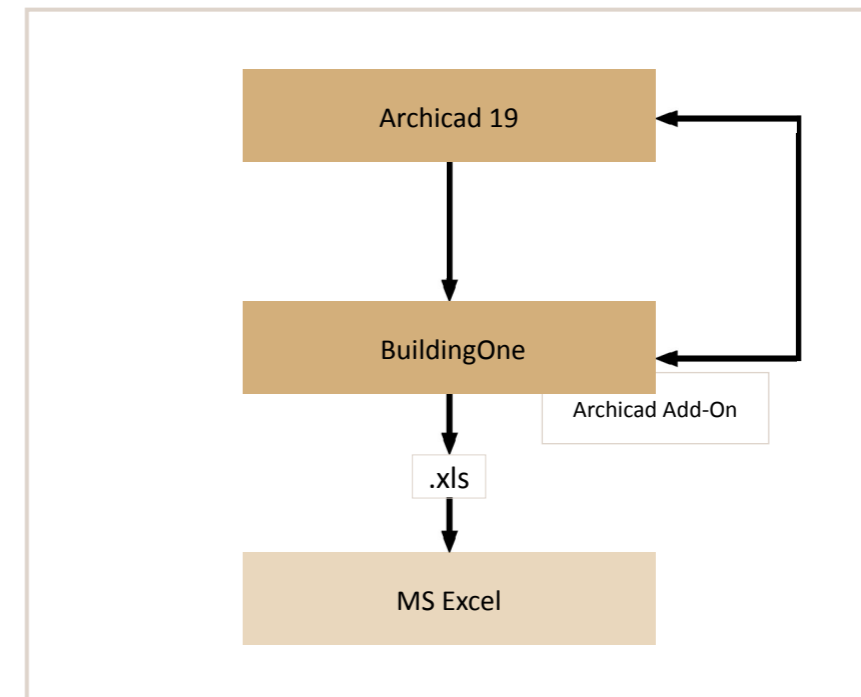


Abb.2.5: Arbeitsablauf Archicad19-BuildingOne

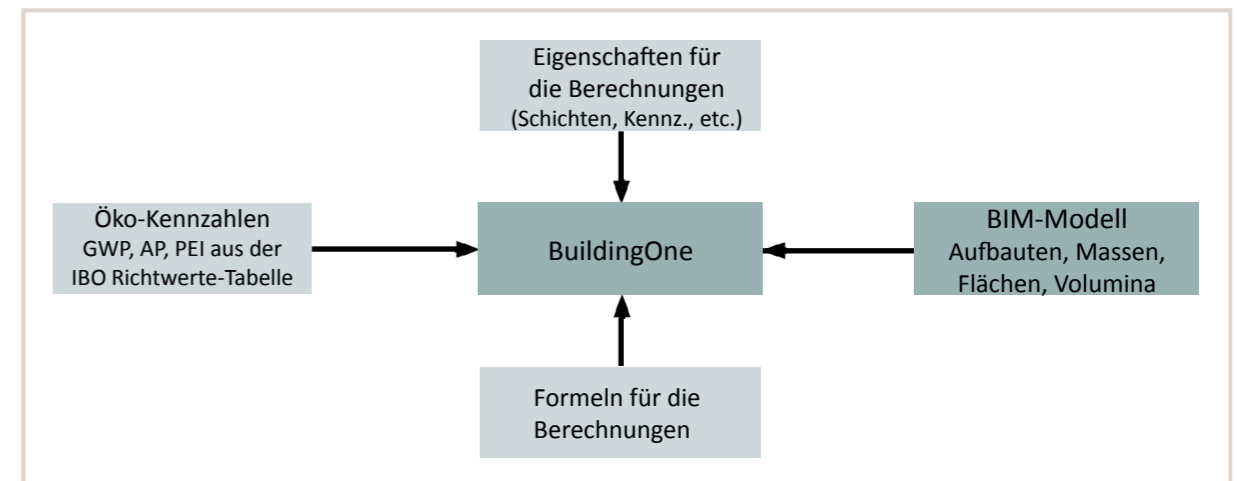


Abb.2.6: Verknüpfung zwischen Inputdaten und BIM-Modell

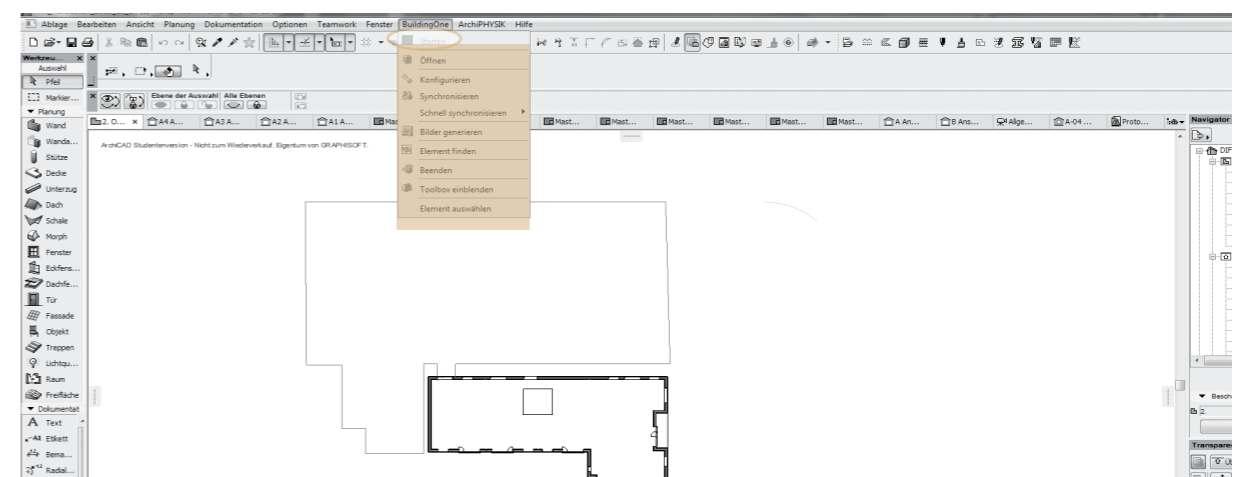


Abb.2.7: Direkte Verbindung aus Archicad zu BuildingOne

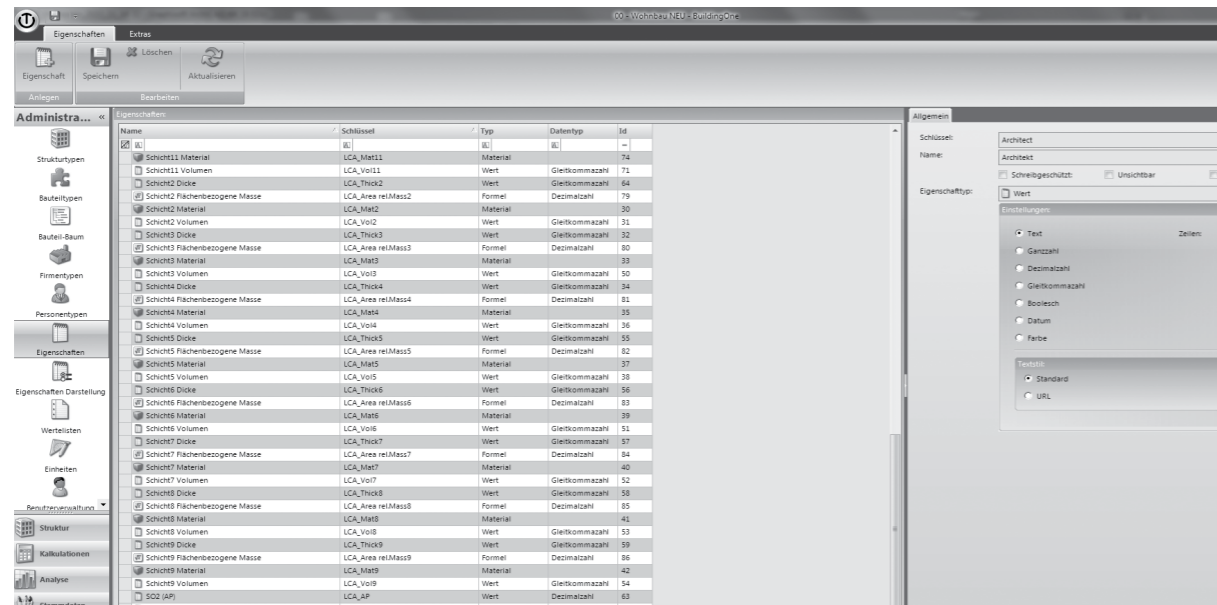


Abb.2.8: Neue Eigenschaften in BuildingOne hinzufügen

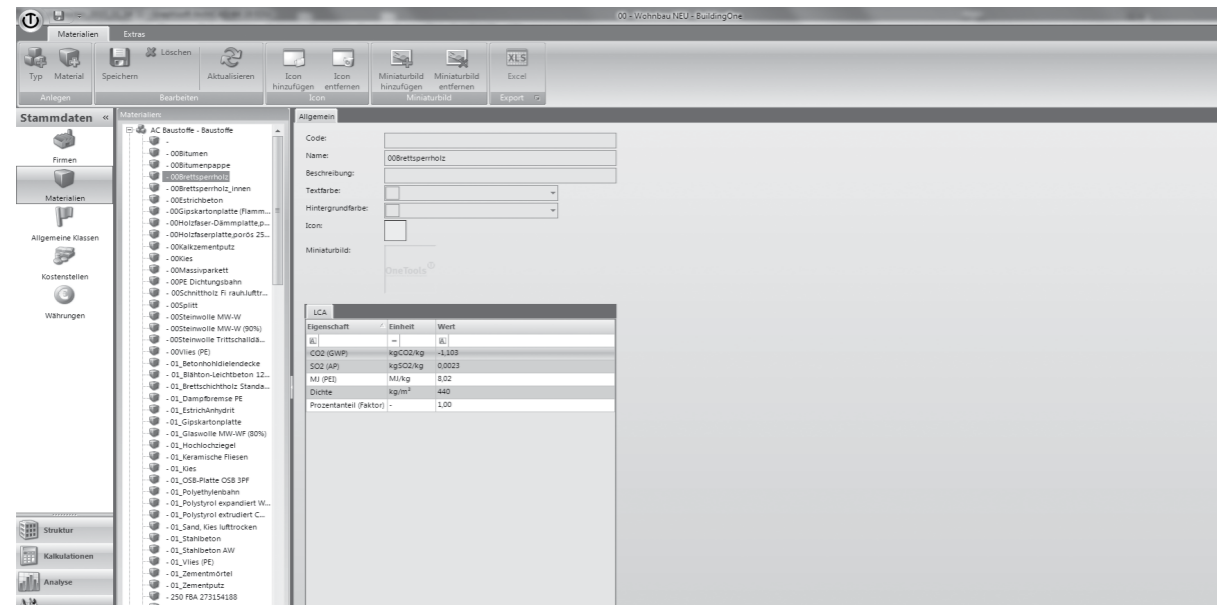


Abb.2.9: Zuordnen von Öko-Kennzahlen in BuildingOne

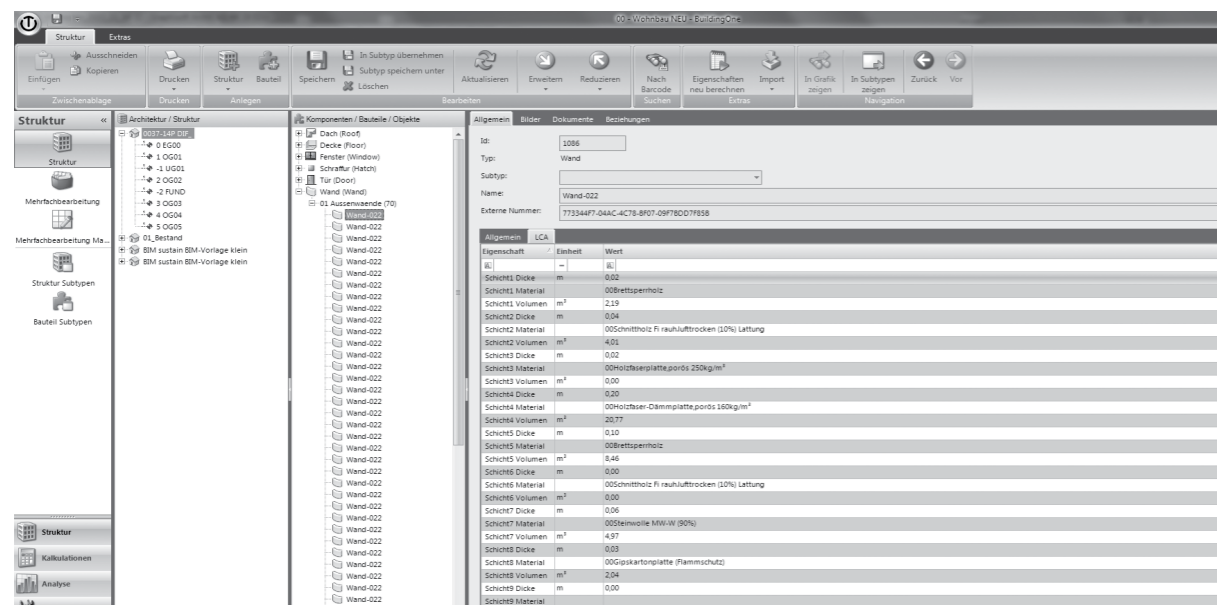


Abb.2.10: Bauteil "Wand" mit den jeweiligen Schichten und Eigenschaften

Graphisoft Archicad 19 wird sowohl für den Bestand, als auch für den Entwurf als Modellierungssoftware verwendet. Zu Beginn hat das 3D-Modell einen geringen Detaillierungsgrad und wird schrittweise immer genauer modelliert. Vereinfacht wird zunächst mit einschichtigen Bauteilen gearbeitet, welchen im nächsten Schritt mehrschichtige Bauteile zugewiesen werden. Die detaillierten Bauteilaufbauten für den Entwurf werden zuerst in Excel fixiert und darauf folgend in Archicad übertragen. Dafür werden neue Baustoffe in Archicad erstellt, welche laut IBO-Tabelle und mit vorangestelltem „00“ benannt werden, um sie in BuildingOne von den in Archicad schon vorhandenen Baustoffen leicht unterscheiden zu können. Dasselbe gilt auch für den Bestand, bei diesem werden die Baustoffe mit vorangestelltem „01“ benannt. Im nächsten Schritt werden die mehrschichtigen Bauteile erstellt und wie in der Excel Tabelle bezeichnet. Die Bauteile und Bauteilschichten werden in Archicad als tragend oder nichttragend eingestuft, wodurch das statische Modell für den Export zu Dlubal RFEM ohne Aufwand erstellt werden kann. Für inhomogene Bauteilschichten werden zusätzliche Baustoffe erstellt, welche mit dem Prozentanteil besetzt sind.

Um fehlerhafte Synchronisierungen zu BuildingOne zu vermeiden wird eine Ebenenkombination namens „OI3_I“ erstellt, wodurch nur für die Bilanzierung relevante Ebenen eingeblendet werden (siehe. Abb. 2.11)

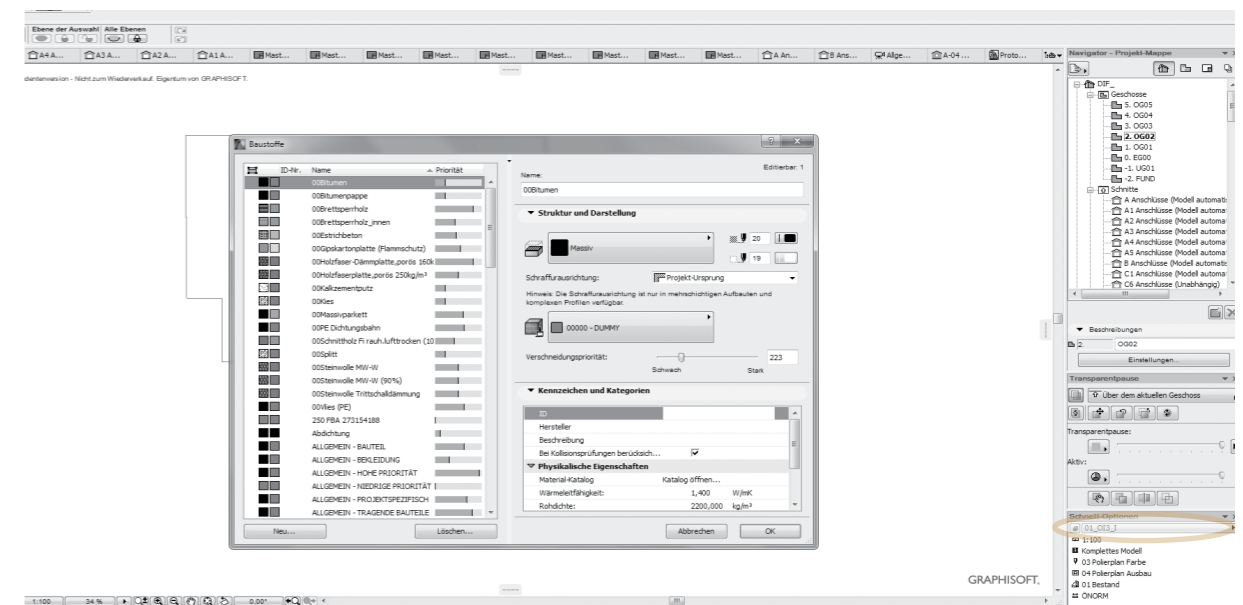


Abb.2.11: Benennung der Baustoffe in Archicad 19 und Ebenenkombination OI3_I

1 EINLEITUNG

2 METHODISCHE VORGEHENSWEISE

3 STANDORT

4 ENTWURF

5 ÖKOBILANZ-ERGEBNISSE

6 SCHLUSSFOLGERUNG

7 VERZEICHNISSE

ANHANG

Als Standort für den Entwurf wurde ein Lidl im 20. Wiener Gemeindebezirk am Friedrich-Engels-Platz 12 gewählt. Ausschlaggebend für die Auswahl war die Lage im Wohngebiet und die Nähe zum Freiraum an der Donau. Weiters sprechen die Anbindung zum öffentlichen Verkehr und zu Freizeitaktivitäten für diesen Standort. Mit der Auswahl dieses Lidl soll gezeigt werden, dass es außer den in der Studie angeführten Standorten in Außenbezirken auch weitere potentielle Grundstücke in innerstädtischer Lage gibt.

Das Grundstück wird mit der Buslinie 5A, 11A und 11B sehr gut erschlossen. Die U6- und Schnellbahnstation am Handelskai liegen etwa 14 Gehminuten entfernt (siehe Abb.3.3). Durch die direkte Lage am Handelskai ist die künftige Wohnanlage auch mit dem Auto sehr leicht erreichbar.

Der Lidl hat eine Fläche von ca. 1460 m², wobei das gesamte Grundstück ca. 3630 m² groß ist. Die Parkfläche ist somit etwa 2170 m² groß, was etwa 1,5 Mal der Fläche des Supermarkts entspricht. Zur Zeit gibt es 48 Parkplätze auf dem Grundstück des Lidl. Nebenan gibt es zusätzlich 12 Parkplätze, die zur öffentlichen Nutzung dienen.

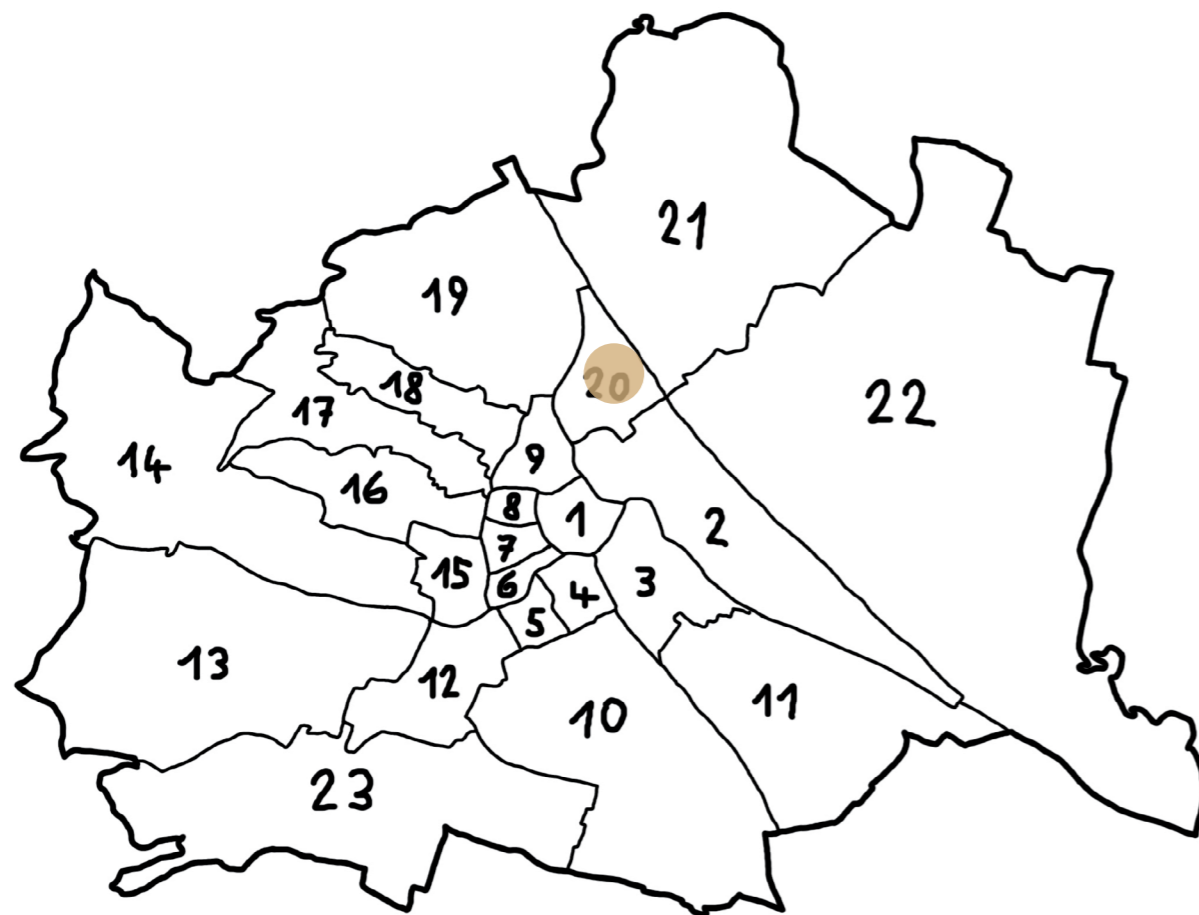


Abb.3.1: Lage in Wien



Abb.3.2:Luftbild 1



Abb.3.3:Erschließung



Abb.3.4:Luftbild 2 (wien.gv., 2015)



Abb.3.5: Südostfassade des Lidl



Abb.3.7: Südostfassade; Eingang des Lidl



Abb.3.6: Südwestfassade; öffentliche Parkplätze



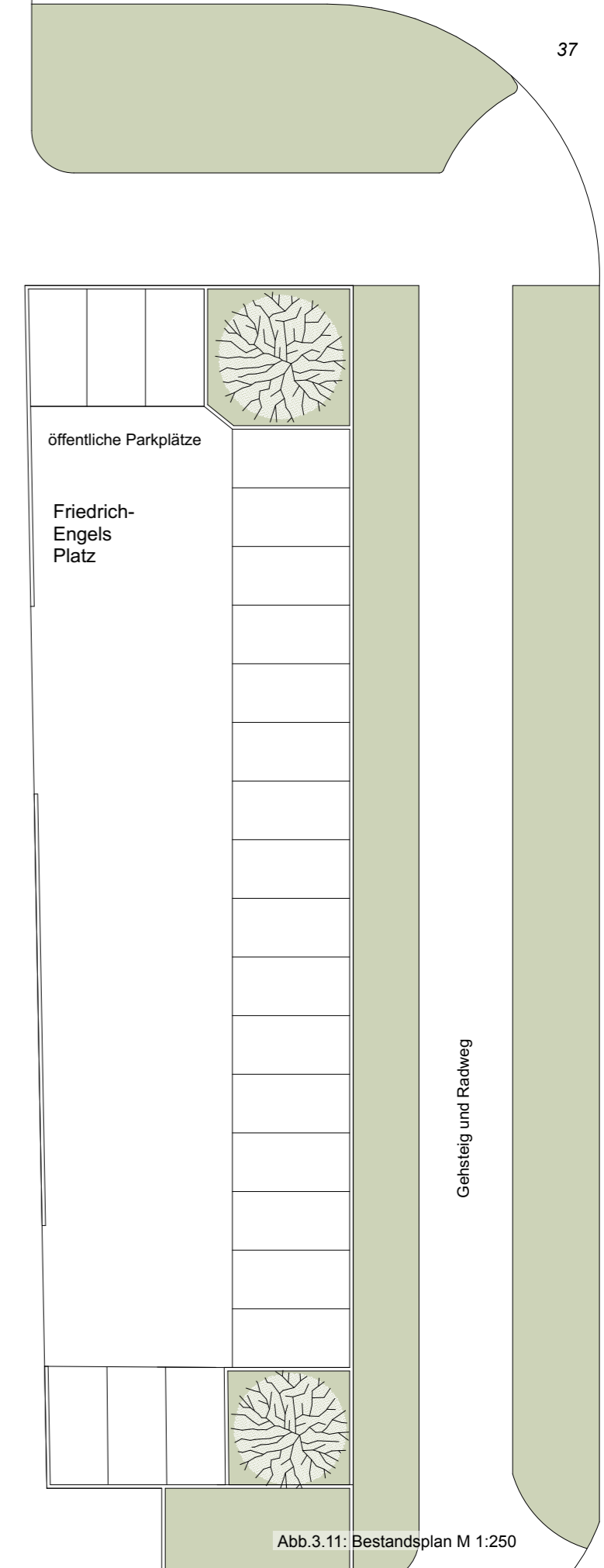
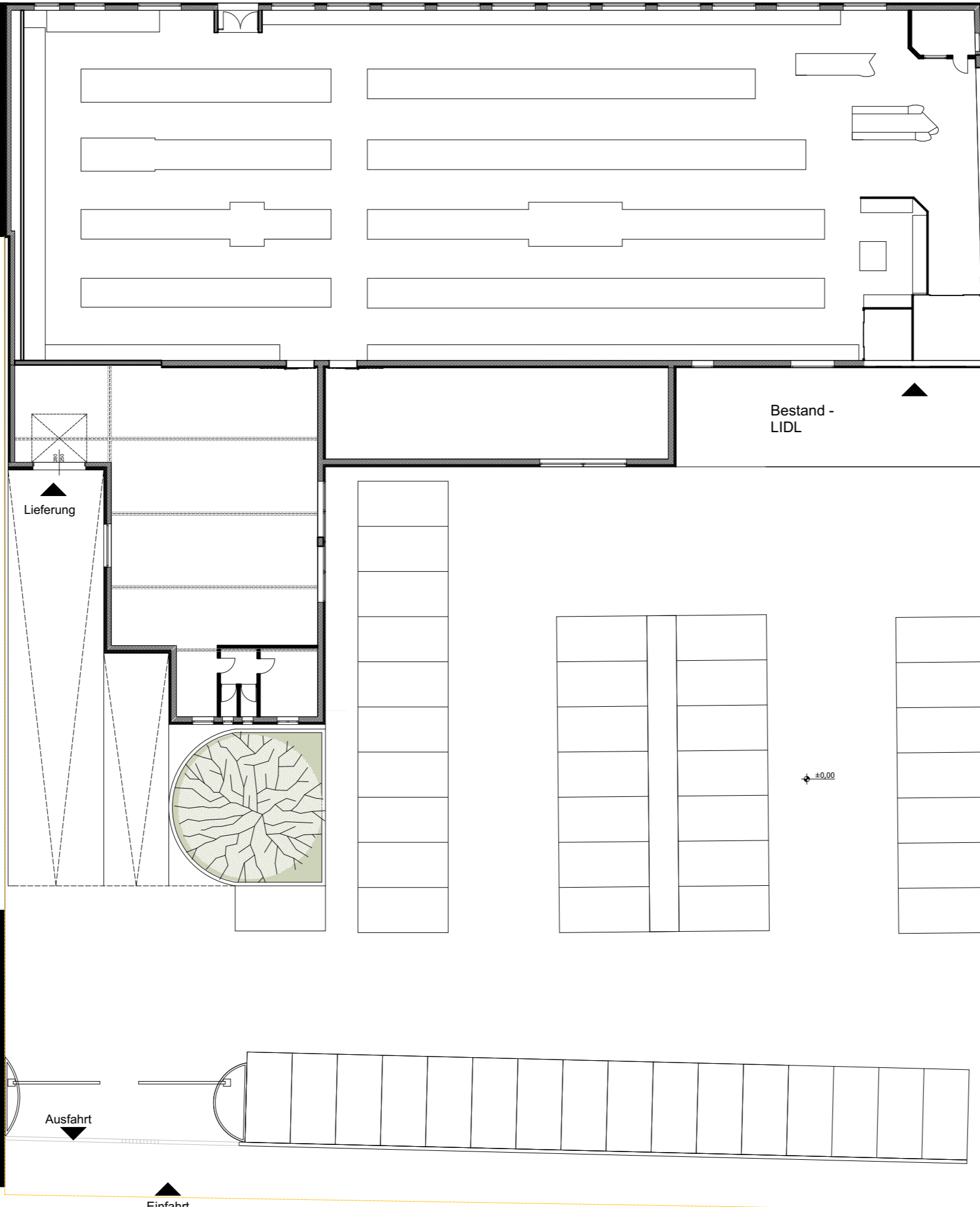
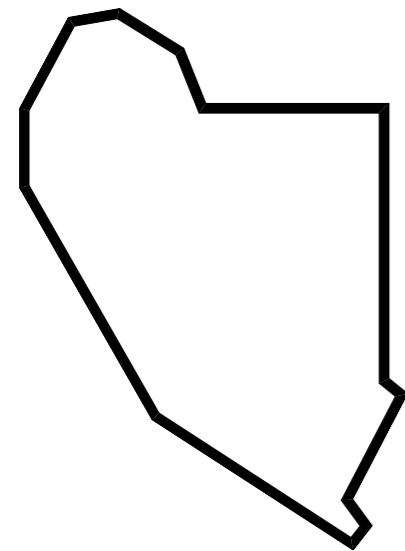
Abb.3.8: Nordostfassade; Handelskai



Abb.3.9: Lage des neuen Wohnbaus



Abb.3.10: Lage des neuen Wohnbaus 2



Lieferung

Bestand -
LIDL

Ausfahrt

Einfahrt

Gehsteig

Grundstücksgrenze

Wehlistraße

öffentliche Parkplätze

Friedrich-Engels
Platz

Gehsteig und Radweg

Abb.3.11: Bestandsplan M 1:250

1 EINLEITUNG

2 METHODISCHE VORGEHENSWEISE

3 STANDORT

4 ENTWURF

5 ÖKOBILANZ-ERGEBNISSE

6 SCHLUSSFOLGERUNG

7 VERZEICHNISSE

ANHANG

An dem gewählten Standort wurden mehrere Typologien ausprobiert und schlussendlich die L-Forn ausgewählt. Durch die gewählte Typologie ist eine Öffnung des Baukörpers in die ruhig gelegene Mittelzone und die bestmögliche Belichtung ermöglicht. Der L-förmige Baukörper ist auf zwei Kerne aufgeständert, wodurch der Eingang zum Lidl nicht gestört wird. Die Idee ist einen kleinen Teil des Dachs vom Lidl den Bewohnern zur Verfügung zu stellen, deshalb liegt ein Teil des Baukörpers parallel zum Lidl. Durch die neue Bebauung wird der sonst nur temporär genutzte und halbleer-stehende Parkplatz in Freiraum umgewandelt. Die bestehenden Parkplätze wurden auf die benötigte Anzahl reduziert - von 48 auf 14. Die benötigte Anzahl von Parkplätzen für Gewerbeflächen beträgt laut der Stellplatznovelle 2014 1 Stellplatz pro 100 m² Fläche. Für den Lidl mit einer Fläche von ca. 1100 m² werden 11 Stellplätze benötigt. Die bestehenden Parkplätze erstrecken sich parallel zur Wehlistraße, welche Richtung Grundstücksgrenze verschoben wurden, um so wenig Fläche wie möglich für die Parkplätze und deren Erschließungsfläche zu verschwenden.

Handelskai

Lieferung

Zufahrt
Tiefgarage

Ausfahrt

Einfahrt

Grundstücksgrenze

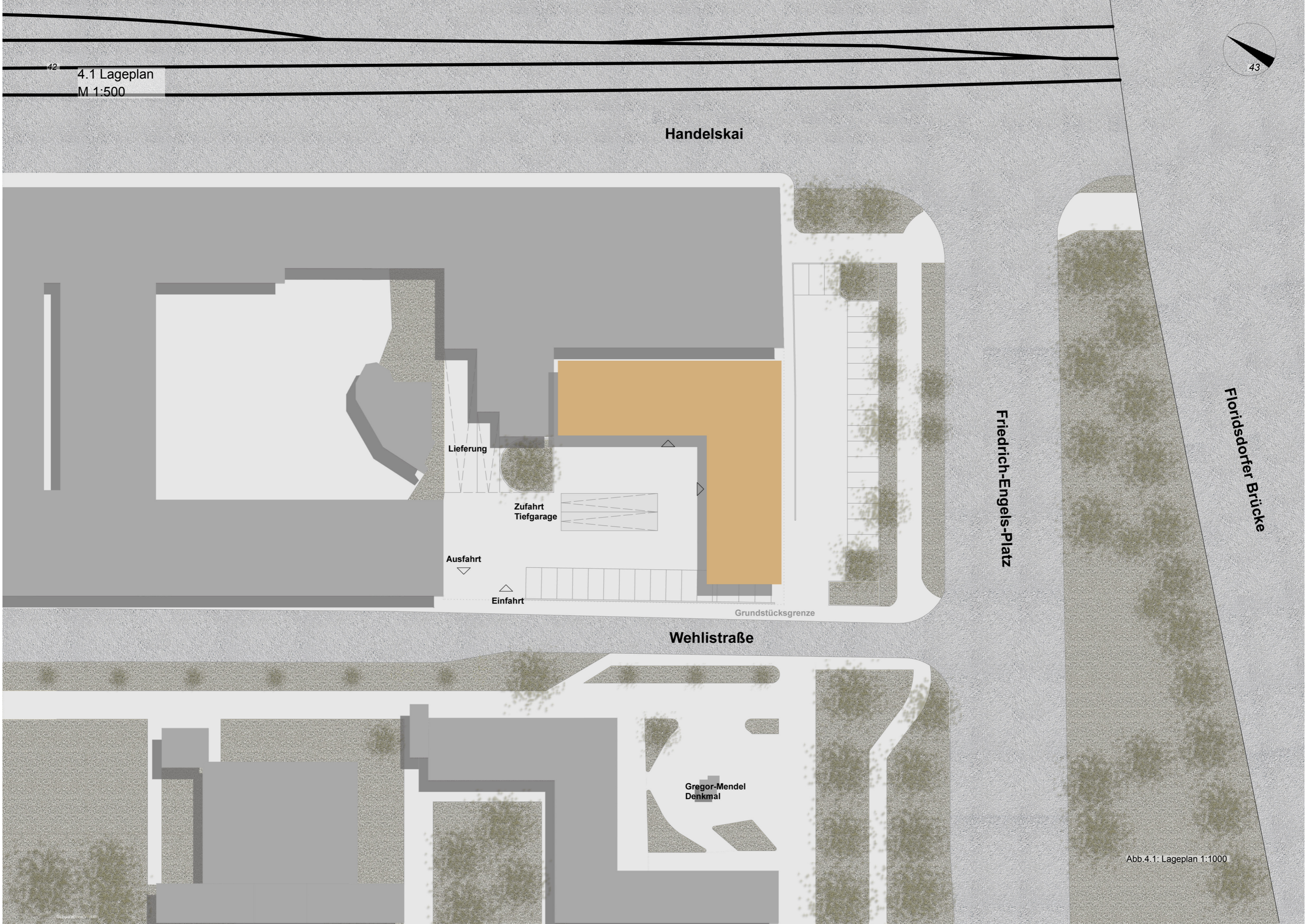
Wehlistraße

Gregor-Mendel
Denkmal

Friedrich-Engels-Platz

Floridsdorfer Brücke

Abb.4.1: Lageplan 1:1000



4.2.1 EG

In der Erdgeschoßzone befinden sich die Zufahrten zur Tiefgarage und zum Lager des Lidl. Die Rampen für die Tiefgarage des Wohngebäudes wurden so positioniert, dass sie eine Abgrenzung zwischen der autofreien Zone und dem Parkbereich bilden. Im Freiraum gibt es einen Kleinkinderspielplatz, welcher in einem geschützten Bereich liegt und von den Balkonen aus sichtbar ist. Der gesamte EG-Bereich wurde neu gegliedert und in Fußgänger- und PKW-Zone gegliedert. Der sonst undefinierte Weg zum Eingang vom Lidl wurde durch die Neugestaltung zum Vorschein gebracht und neue Sitzmöglichkeiten im Freiraum geschaffen. Die Erschließungskerne wurden so positioniert, dass der Eingang zum Lidl nicht eingeschränkt wurde. Neben den zwei Kernen befindet sich ein Fahrradabstellraum und ein Müllraum.



Abb.4.2.: Erdgeschoßplan 1:200

Das 1. Obergeschoß beinhaltet hauptsächlich Räume für die Gemeinschaftsnutzung. Der Gemeinschaftsraum hat eine große Küche, einen Sitz- und Spielbereich und ermöglicht den Zugang auf das Dach. Auf dieser Etage befindet sich auch eine Waschküche und eine Bürozone. Der Bürobereich hat 2 Teile, ein Teil ist nur für die Bewohner der Wohnanlage gedacht, der andere Teil mit zwei Zimmern (im Eck) ist privat mietbar. Die WCs zwischen den beiden Bürobereichen sind von beiden Seiten nutzbar. Beide Bürozononen sind absperrbar, sodass sie nur von Personen mit Zugang betretbar sind. Das 1.OG stellt die Verbindung zwischen den 2 Teilen des L-förmigen Baukörpers dar, da man nur in diesem Geschoß von einem Teil in den anderen Teil des Wohnhauses gelangt.

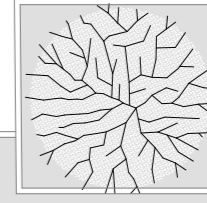
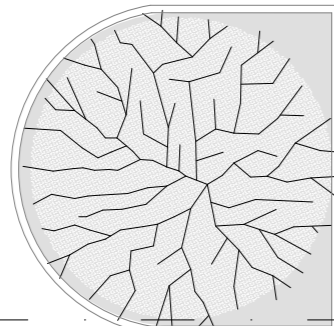
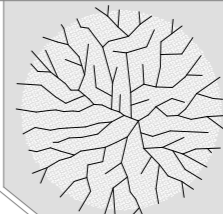
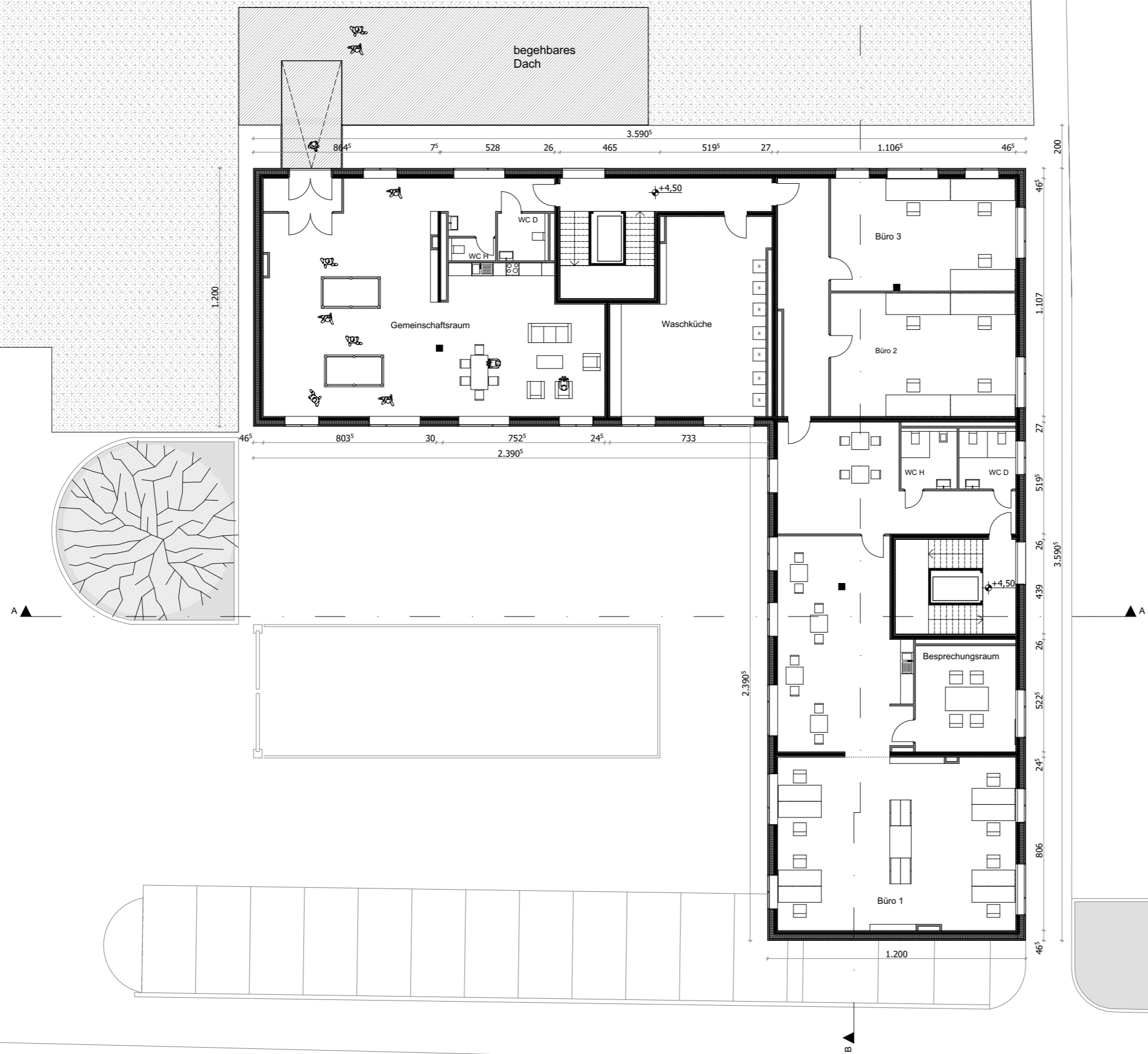


Abb.4.3: 1.OG-Plan 1:200

Je Geschoß gibt es 7 Wohneinheiten, welche sich auf den 4 Etagen wiederholen. Insgesamt sind es 28 Wohneinheiten. Je Geschoß gibt es 3 Wohnungen mit 61 m², eine Wohnung mit 65 m², 2 Wohnungen mit 90 m² und eine Wohnung mit 112 m². Pro Geschoß sind etwa 18 Personen und insgesamt etwa 72 Personen zu erwarten. Jede Wohnung hat einen Balkon mit einer Größe von 6 m² bis 14 m² (112 m² Wohnung) und einen ausreichend großen Abstellraum. Die Schlafräume sind Richtung Nordost und Südost, und die Wohnräume Richtung Südwest und Nordwest orientiert.



Abb.4.4: Regelgeschoßplan 1:200

Im UG befinden sich die PKW-Stellplätze und Abstellräume. 21 PKW-Stellplätze stehen den Bewohnern zur Verfügung. Laut der Stellplatznovelle 2014 ist nicht mehr für jede Wohneinheit ein Stellplatz notwendig. Für je 100 m² Wohnnutzfläche wird ein Stellplatz benötigt, wodurch 21 Stellplätze genau ausreichend sind. Für jede Wohneinheit steht im Untergeschoß ein Abstellraum mit 6 m² Größe zur Verfügung.

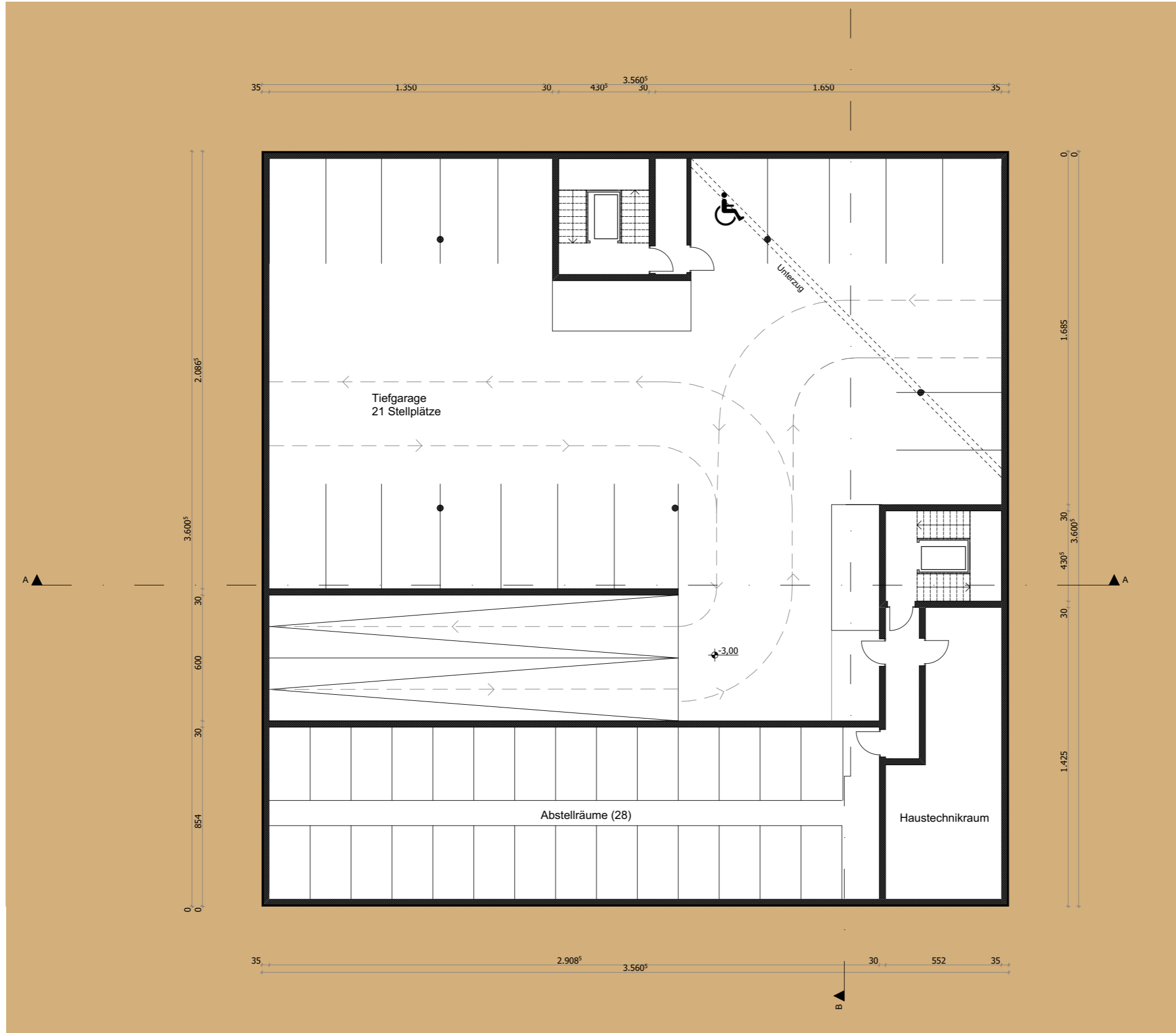


Abb.4.5: Untergeschoßplan 1:200

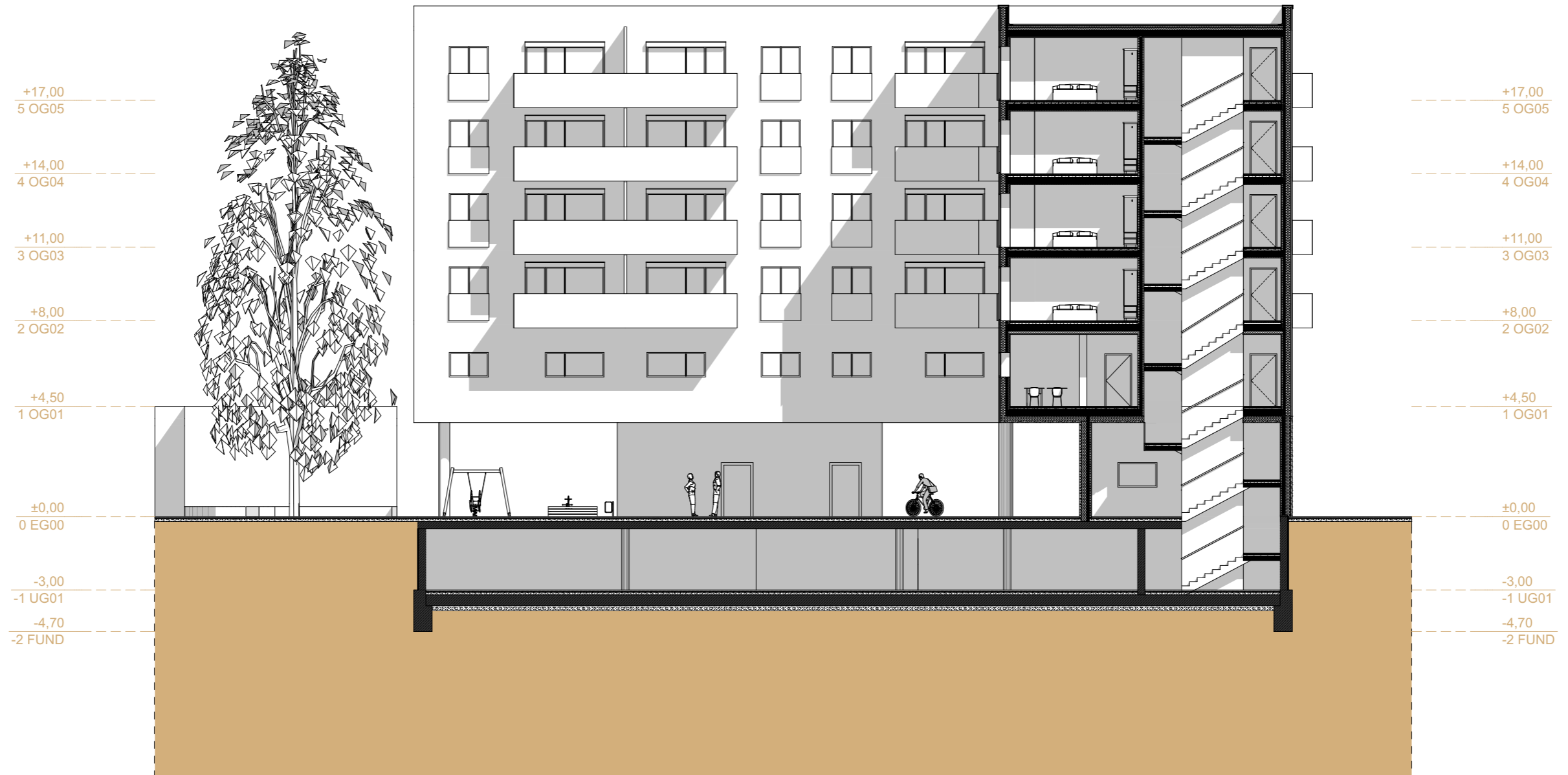


Abb.4.6: Schnitt A - A 1:200



Abb.4.7: Schnitt B - B 1:200



Abb.4.8: Rendering, Blick aus Westen



Abb.4.9: Rendering, Blick aus Osten

Die Anforderungen an den Brandschutz wurden der OIB-Richtlinie 2 entnommen, in welcher die Anforderungen an den Feuerwiderstand von Bauteilen sowie auch Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen festgelegt sind. Der Feuerwiderstand beschreibt wie gut ein Bauelement für eine festgelegte Zeit Feuer zurückhalten und das Ausbreiten des Feuers verhindern kann. Die Basiskriterien zur Klassifizierung des Feuerwiderstands lauten folgendermaßen: R (Resistance) = Tragfähigkeit: Diese Eigenschaft beschreibt die Stärke des Bauteils für die Unterstützung des Gebäudes - kein Verlust der Tragfähigkeit. E (Etancheite) = Raumabschluss: Schützt den Raumabschluss gegenüber Feuer. I (Isolation) = Wärmedämmung: Übertragung von Feuer bzw. Wärme auf der feuerabgewandten Seite begrenzen. Entzündbarkeit, Brennbarkeit, Flammenausbreitung und Rauchentwicklung stellen die wesentlichen Eigenschaften zur Beurteilung vom Brandverhalten von Baustoffen dar und sind nach Euroklassen klassifiziert. Die Baustoffe der Euroklasse A1 und A2 sind nicht brennbar, B sind schwer entflammbar und können nicht zu einem Feuerüberschlag führen. Bauprodukte der Klassen C bis E sind normal entflammbar und F sind leicht entflammbare Baustoffe (rockwool, 2016). In der OIB-Richtlinie werden bestimmte Anforderungen nach Gebäudeklassen (GK) definiert. Insgesamt gibt es 6 Gebäudeklassen (1-6), wobei die GK 6 einem Hochhaus entspricht. Der Entwurf ist mit seinen 6 oberirdischen Geschossen und einer Fußbodenoberkante im obersten Geschoss unter 22m laut Richtlinie in die GK 5 einzuordnen (zusätzlich Fußbodenoberkante max. 22m). In der GK 5 müssen alle oberirdischen Geschosse außer dem obersten Geschoss mit einer Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten ausgeführt werden, wobei beim obersten Geschoss die Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten auch erlaubt ist. Die maximale Längenausbreitung für Wohngebäude beträgt laut OIB-Richtlinie 60 m. Dementsprechend gibt es beim Entwurf 2 Brandabschnitte (siehe Abb.4.10), wobei diese mit brandabschnittsbildenden Wänden und Türen der Klassen REI 90 und A2 voneinander getrennt werden müssen. Mit einer beidseitigen Beplankung (Gipskartonplatte) der brandabschnittsbildenden Wände entsprechen die Wände den Anforderungen. Der Abstand des L-förmigen Baukörpers zum bestehenden Lidl beträgt weniger als 2 m, daher sind die Außenwände ebenfalls als brandabschnittsbildende Wände auszuführen. Da die äußerste Schicht der Fassade aus Holz besteht, sind besondere Maßnahmen erforderlich. Um die Ausbreitung des Brands in andere Geschosse zu vermeiden, müssen Brandsperren an der Fassade angebracht werden. Durch die Hinterlüftung der Fassade kann sich der Brand sehr schnell nach oben ausbreiten (Kaminwirkung), daher muss die Hinterlüftung durch z.B.: Schürzen unterbrochen werden (siehe Abb.4.15). Öffnungen in brandabschnittsbildenden Wänden müssen selbstschließende Abschlüsse haben und in derselben Widerstandsklasse wie die Wände ausgeführt werden. Wände von Treppenhäusern müssen ebenfalls den Klassen REI 90 und A2 entsprechen, diese sind im Entwurf ebenfalls beidseitig beplankt. Tragende Bauteile in oberirdischen Geschossen, ausgenommen Decken und brandabschnittsbildende Wände, müssen der Feuerwiderstandsklasse R 90, im 5.OG der Klasse R 60 entsprechen. Diese sind ebenfalls mit beidseitiger Beplankung ausgeführt. In unterirdischen Geschossen müssen tragende Bauteile R 90 und A2 und Trennwände REI 90 und A2 erfüllen. Brandabschnittsbildende Decken und Trenndecken über oberirdischen Geschossen müssen der Feuerwiderstandsklasse REI 90 entsprechen. Decken über unterirdischen Geschossen müssen die Anforderungen für die Klassen REI 90 und A2 erfüllen (OIB, 2015) (proholz, 2016).

Alle Bauteile, welche den Kapiteln 5.1.1-5.1.6 zu entnehmen sind, wurden an die Anforderungen angepasst und erfüllen diese. Für die Ausführung wäre ein Brandversuch vor allem für die Außenfassade notwendig.

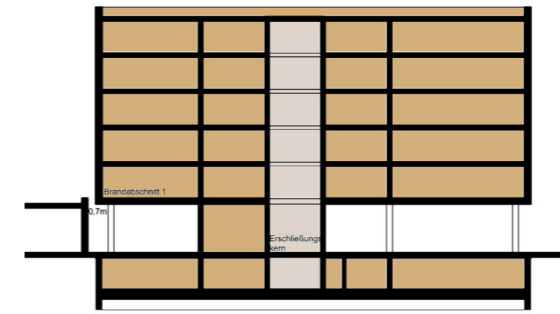


Abb.: 4.10: Brandabschnitte, Schnitt A-A

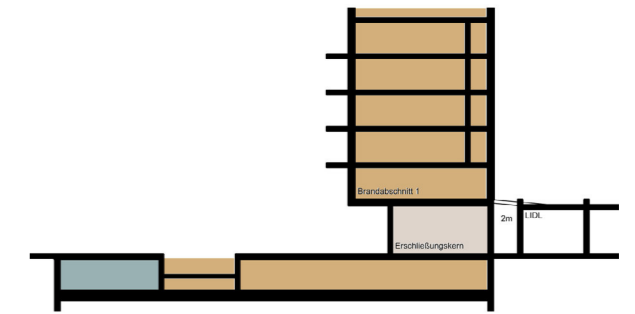


Abb.: 4.11: Brandabschnitte, Schnitt B-B

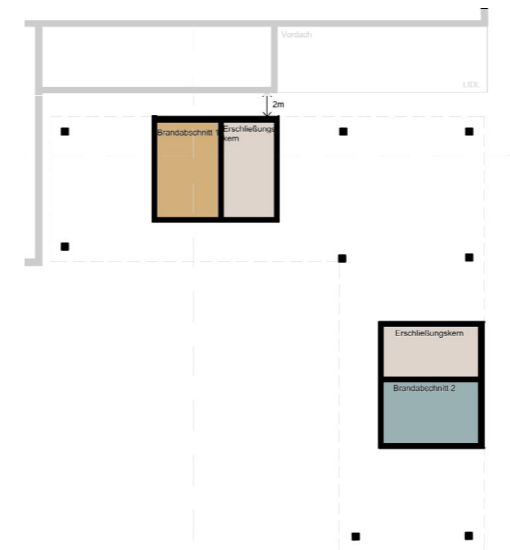


Abb.: 4.12: Brandabschnitte, EG



Abb.: 4.13: Brandabschnitte, 1.OG

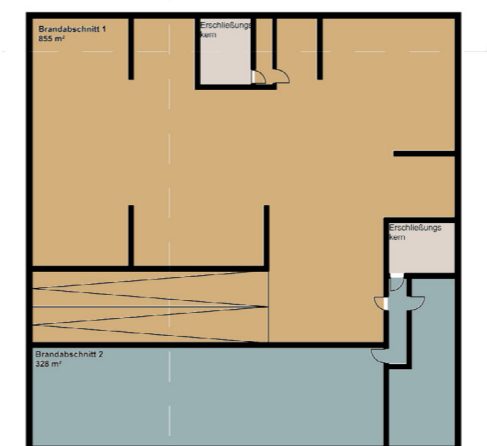


Abb.: 4.14: Brandabschnitte, UG

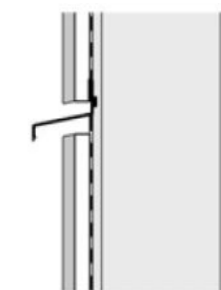


Abb.: 4.15: Unterbrechung der Hinterlüftung durch eine Blechschränke (Kotthoff, I., 2004)

Um die Ökologie des Standorts zu optimieren wurde Holz als Haupttragkonstruktion gewählt. Der gesamte L-förmige oberirdische Baukörper wurde auf zwei Kerne und 8 Stützen aufgeständert. Der gesamte oberirdische Teil des Tragwerks, außer den Stützen, besteht aus Brettsperrholz (BSH). Da Autos durch einen Teil der EG-Zone fahren, wurden die Stützen in der EG Zone, um den Schaden nach einem möglichen Aufprall zu minimieren, in Stahlbeton ausgeführt. Alle Außenwände, Decken, Wohnungstrennwände, Kernwände und das Dach sind tragende Elemente. Die gesamte Tiefgarage besteht aus Stahlbeton. Problemstelle sind die in der Achse versetzten Stützen in der EG-Zone, welche aus ästhetischen Gründen nicht in einer Linie mit den Außenwänden abschließen (siehe Abb. 4.16).

4.6.1 Ergebnisse der statischen Berechnungen und Optimierung

Im Rahmen einer Lehrveranstaltung an der TU Wien wurde der Entwurf statisch berechnet. Die vorher angenommenen Dicken der tragenden Bauteile haben sich nach der Vordimensionierung geändert. Die ursprünglich mit 10 cm angenommenen Außenwände haben nach der Vordimensionierung eine Dicke von 9,5 cm. Die Dicken der restlichen Bauteile haben sich wie folgt geändert: Die Kernaußenwände von 10 cm auf 12,8 cm, das Flachdach von 14 cm auf 26 cm, die Decke gegen Außenluft von 15 cm auf 26 cm, die Geschoßdecken (inkl. Geschoßdecke Büro) von 14 cm auf 26 cm. Die Stützen im EG haben eine Dicke von 45 cm. Die Tiefgarage wurde im Rahmen der Lehrveranstaltung aus zeitlichen Gründen nicht berechnet. Weitere Optimierungsvorschläge beinhalten das Einführen von Lastauswechslungen aus Stahl. Dadurch dass die Außenwände nicht durchgehend bis zum Boden geführt werden, würde man man oberhalb der Stützen im EG Stahlauswechslungen benötigen. Diese Stahlauswechslungen wurden bei der Ökobilanzierungen nicht berücksichtigt.

4.6.2 Arbeitsablauf der statischen Berechnungen

Um den Datenaustausch zum Statikprogramm Dlubal RFEM zu ermöglichen, wurde das 3D-Modell als .ifc-Datei abgespeichert. Die Dicken der tragenden Schichten wurden im Vorhinein beliebig angenommen. Die Bauteile wurden in Archicad als tragende und nicht tragende Bauteile gekennzeichnet und beim Abspeichern nur die tragenden Bauteile eingebledet. Die in RFEM importierte .ifc-Datei enthielt durch die Achsenverschiebung viele Fehler, welche alle manuell korrigiert werden mussten (siehe Abb. 4.17 - 4.19). Die Verschiebungen entstanden dadurch, dass bei den Wänden die Mittelachse und bei den Decken die Unterkante aus Archicad übernommen wurden. Diese Fehler können durch einen Zwischenschritt in von Autodesk Revit vermieden werden. Nach den statischen Berechnungen wurden die Ergebnisse manuell in Archicad übernommen.

4.6.3 Optimierung des Arbeitsablaufs für die statischen Berechnungen

Der erwünschte Workflow Archicad-Dlubal RFEM-Archicad hat nicht wie geplant funktioniert.

Das Zurückspielen der veränderten .ifc-Datei führte zu einem unbrauchbaren Modell. Aus diesem Grund wurden die Dicken manuell in das Modell in Archicad eingetragen. Den Arbeitsablauf könnte man mit einem Zwischenschritt in Autodesk Revit verbessern, indem man die Datei in Revit als .ifc abspeichert, in Dlubal RFEM bearbeitet und dann wieder über Revit ins Archicad überträgt (siehe Abb.4.21). Autodesk Revit hat eine bidirektionale Verbindung zu Dlubal RFEM wodurch das Modell nahezu fehlerfrei für Dlubal RFEM vorbereitet werden kann. Diese bidirektionale bietet Archicad nicht an, wodurch zeitaufwendige Veränderungen in Dlubal RFEM vorgenommen werden müssen.

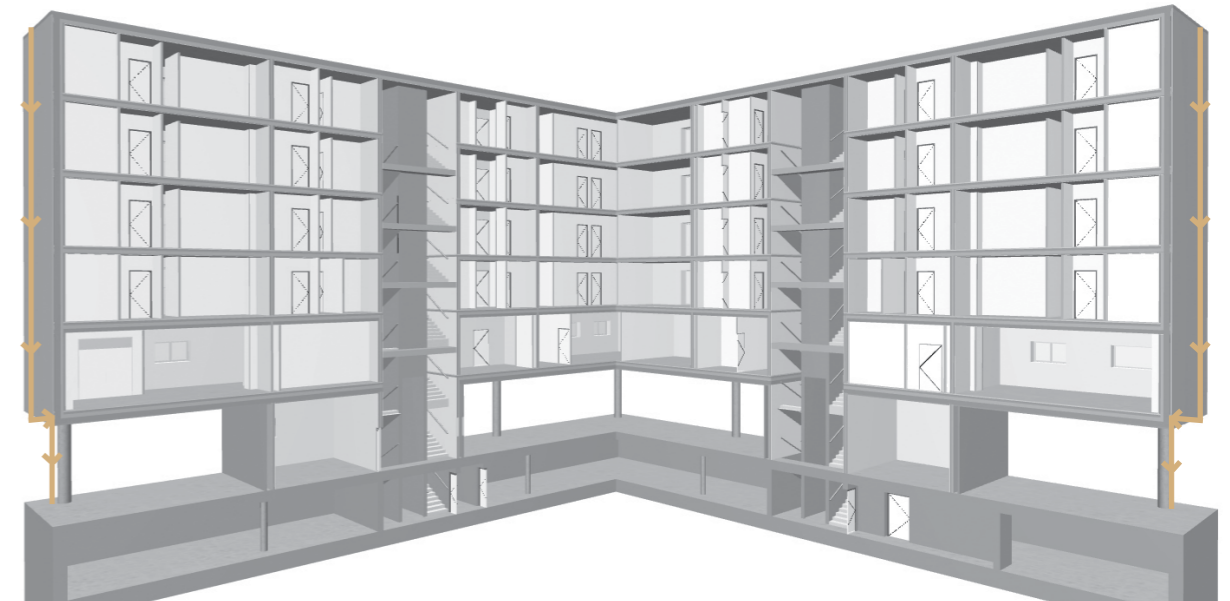


Abb.4.16: detailliertes 3D-Modell in Archicad

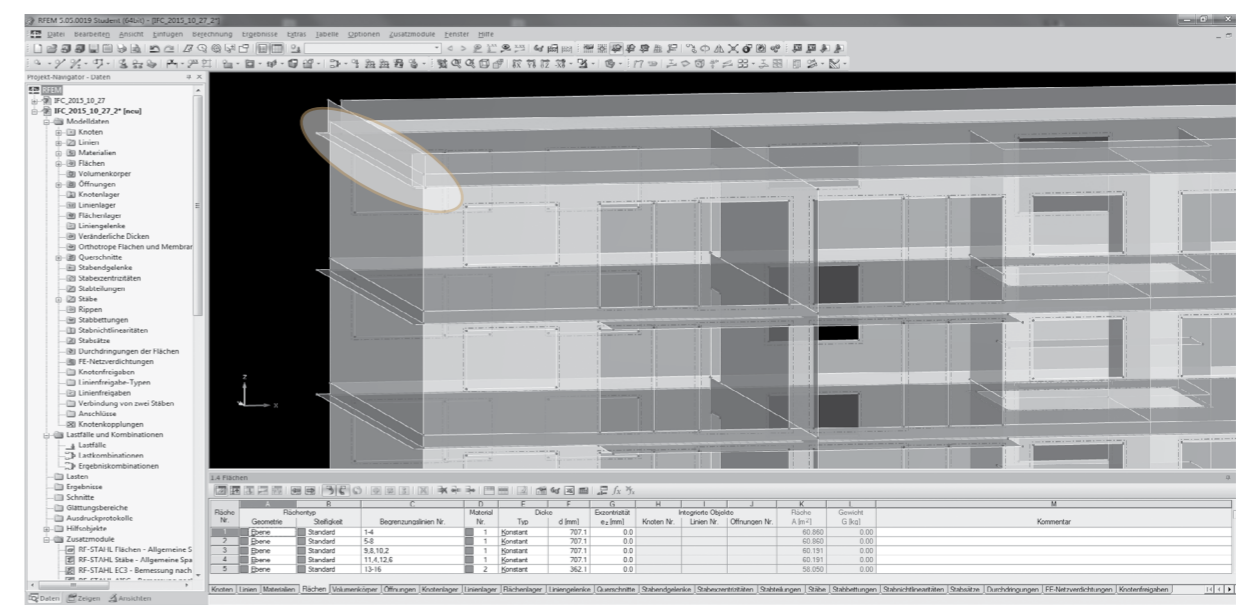


Abb.4.17: 3D-Modell (.ifc-Datei) vor der Überarbeitung in Dlubal RFEM

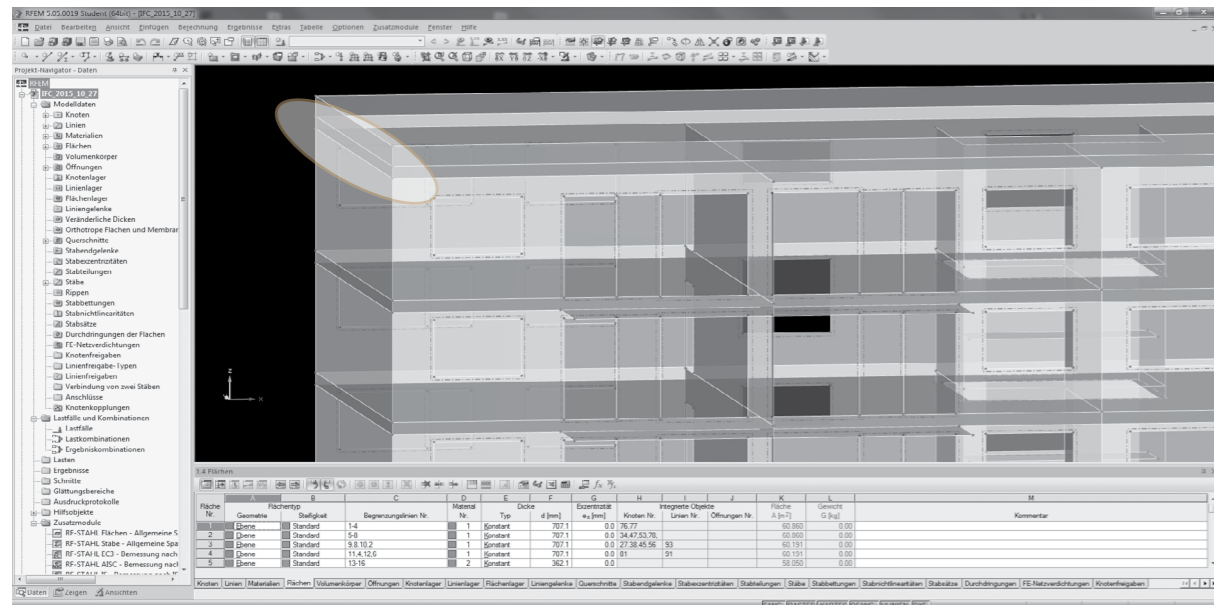


Abb.4.18: Überarbeitetes 3D-Modell in Dlubal RFEM

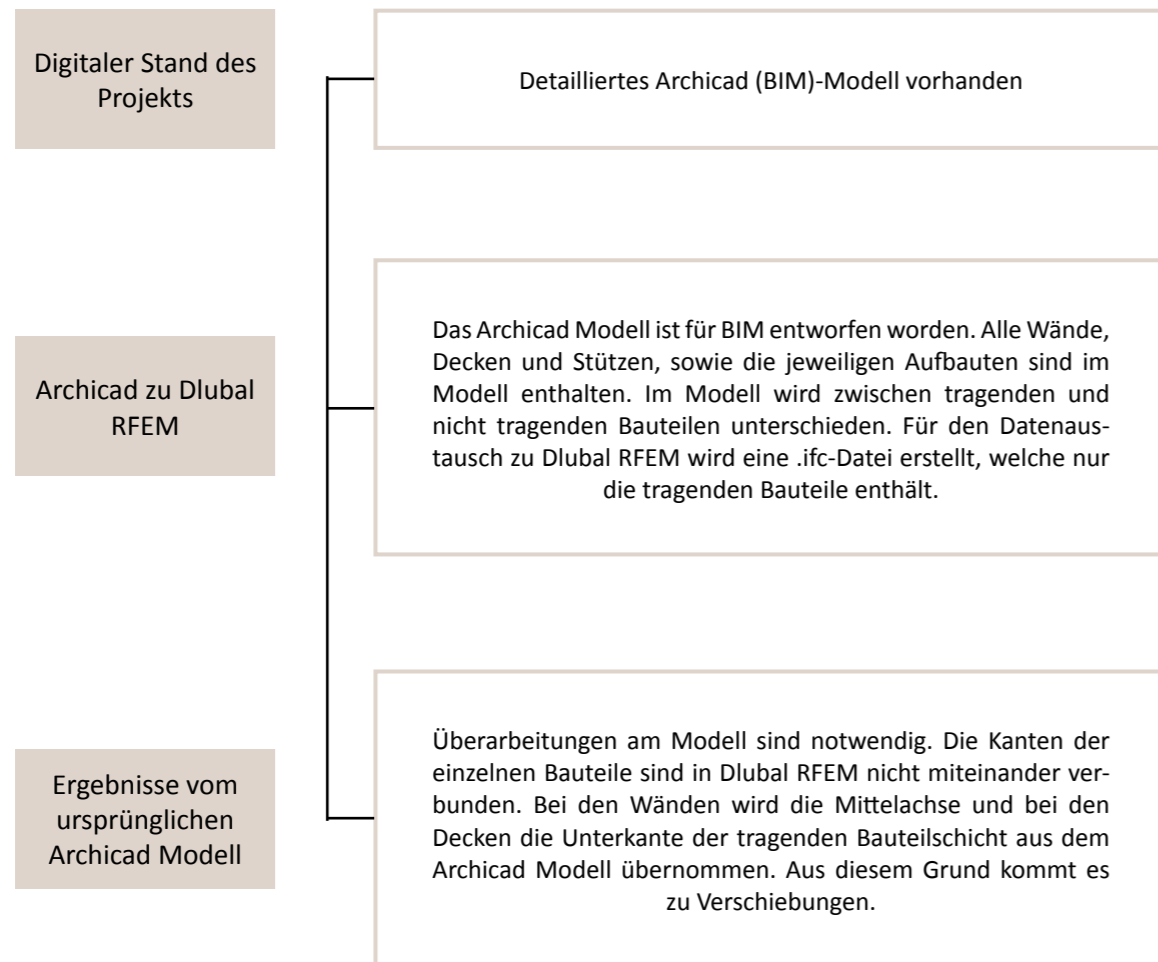


Abb.4.19: Fehlerbaum: Archicad 19 - RFEM

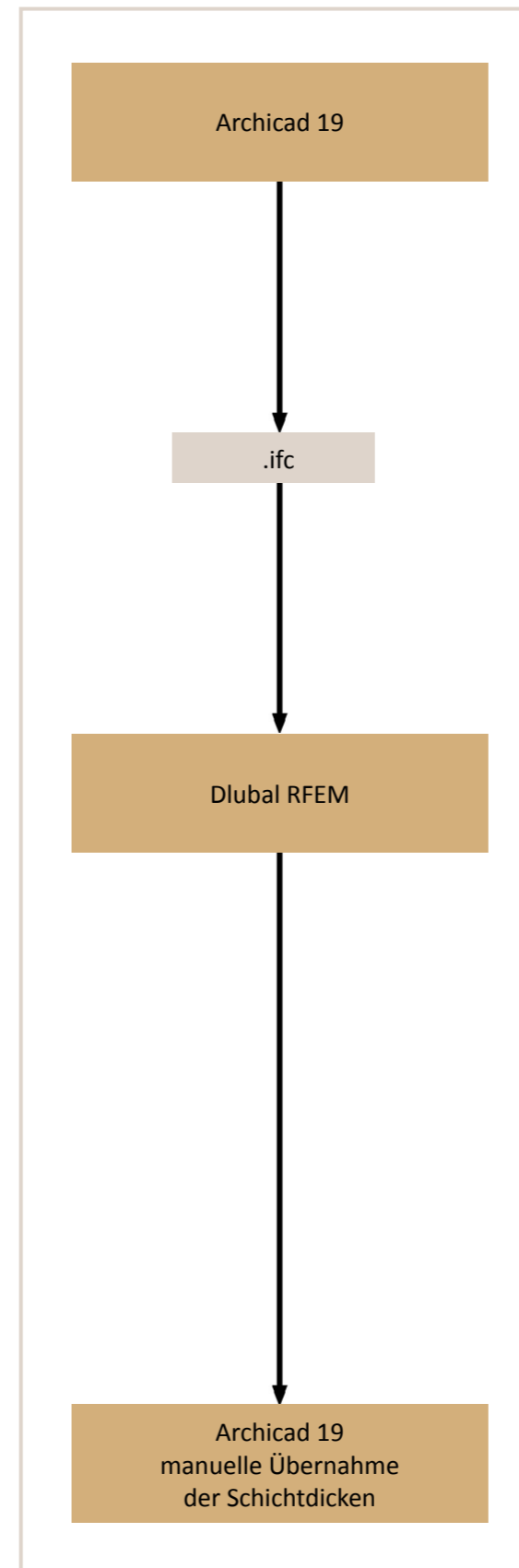


Abb.4.20: Arbeitsablauf Archicad 19 - RFEM

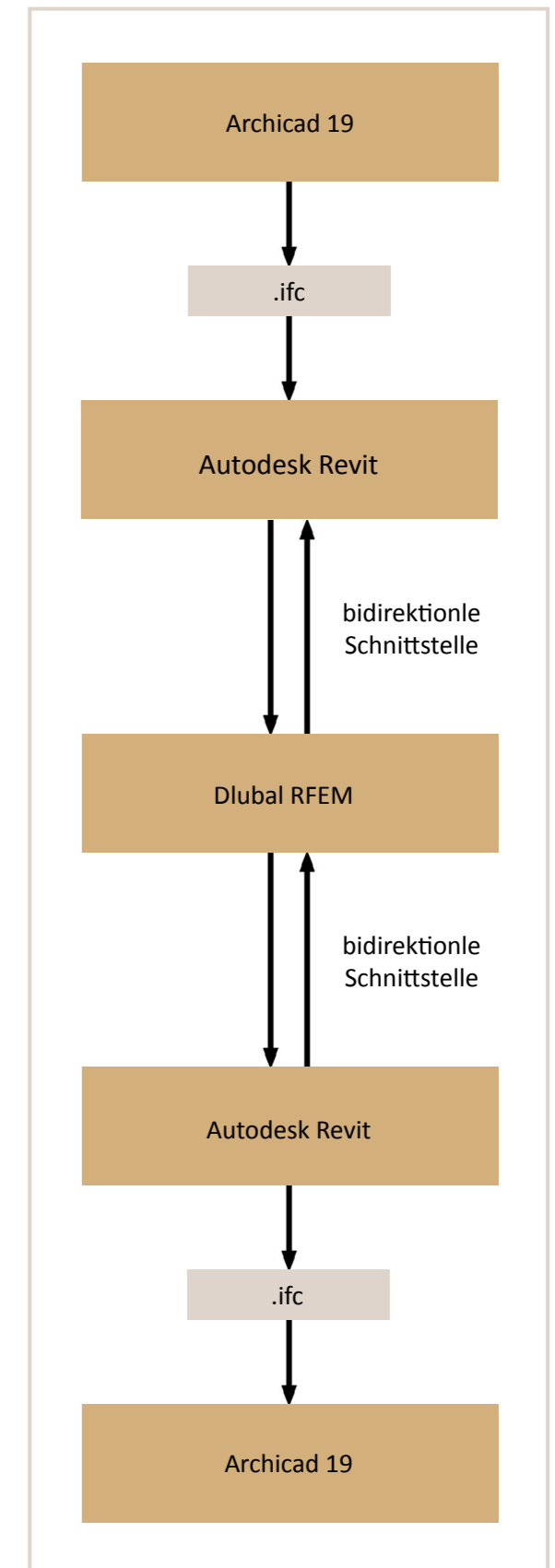


Abb.4.21: optimierter Arbeitsablauf Archicad 19 - RFEM

1 EINLEITUNG

2 METHODISCHE VORGEHENSWEISE

3 STANDORT

4 ENTWURF

5 ÖKOBILANZ-ERGEBNISSE

6 SCHLUSSFOLGERUNG

7 VERZEICHNISSE

ANHANG

5.1 Berechnung des neuen Wohnbaus

In folgendem Kapitel werden die Ergebnisse der mit MS Excel manuell berechneten Bauteile dargestellt. Insgesamt gibt es 6 unterschiedliche Bauteilaufbauten. In Kapitel 5.1.7 sind die Ergebnisse der Türen und Fenster aufzufinden. Der OI3-Index und das GWP_absolut wird für die Bilanzgrenze BG1 berechnet, welche die thermische Gebäudehülle und die Zwischendecken inkludiert (siehe Abb.5.1). Im Gegensatz zur BG0 werden bei BG1 auch Feuchtigkeitsabdichtungen, hinterlüftete Fassaden und Dacheindeckungen berücksichtigt. Die Tiefgarage und Zwischenwände gehören nicht zur Bilanzgrenze 1.

Pro Bauteilaufbau gibt es 2 verschiedene Ergebnisse, jeweils vor und nach der statischen Optimierung, wobei sich immer nur die Dicke der tragenden Schicht ändert. In den ersten beiden Diagrammen werden die absoluten Werte für GWP, AP und PEI pro m² Bauteil vor und nach den statischen Berechnungen dargestellt. Die zwei weiteren Diagramme zeigen die OI3KON-Ergebnisse, deren Bezug 1m² Bauteil ist. Die genauen Berechnungen mit den Inputwerten der jeweiligen Materialien, den Formeln und den Flächenberechnungen sind den Berechnungsblättern im Anhang zu entnehmen.

Für die Fenster wird ein Standard-Wert für ein Holzrahmenfenster in der Größe von 1.23 m x 1.48m verwendet, wessen Kennzahlen auch für die Glastüren übernommen werden (alufenster, 2008). Beim Bestand wird die Kunststofftür (im Nordosten) und das Sektionaltor nicht in die Berechnungen miteinbezogen.

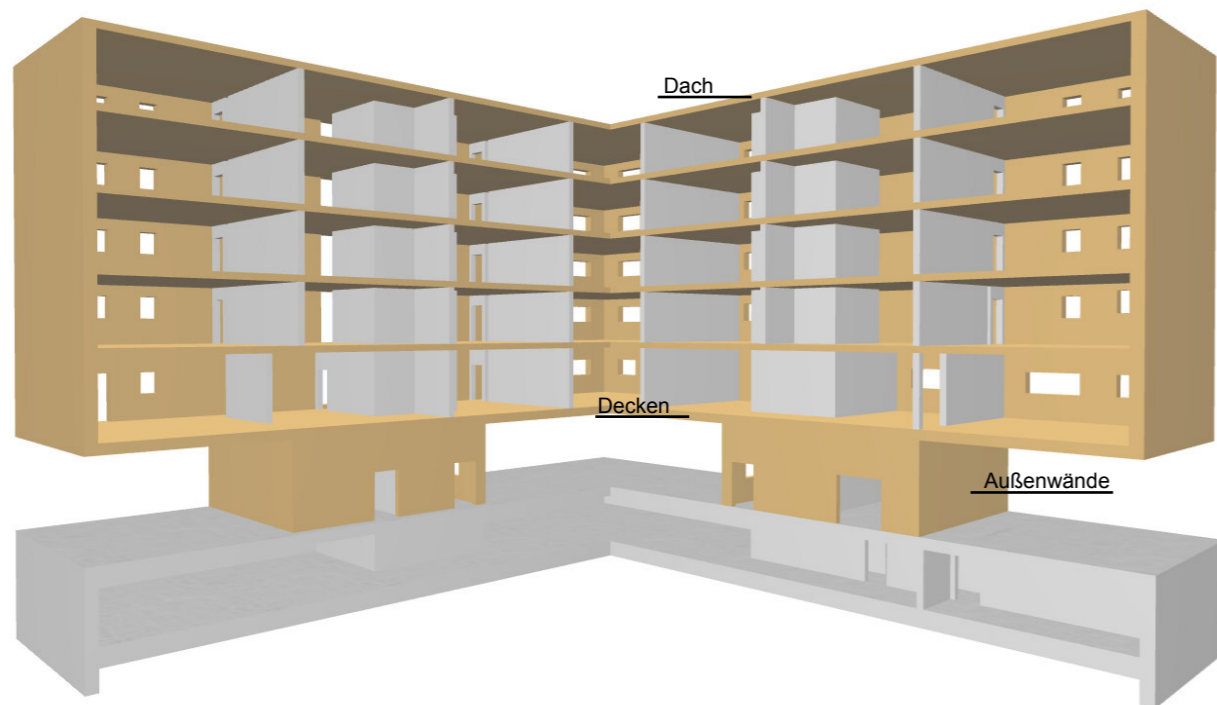
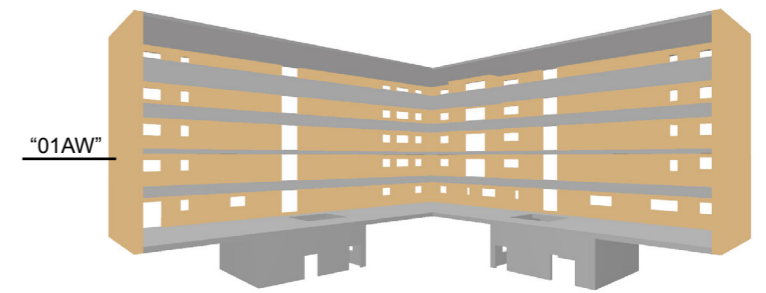
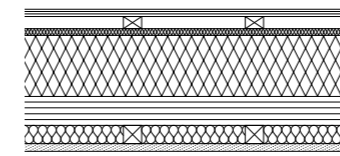


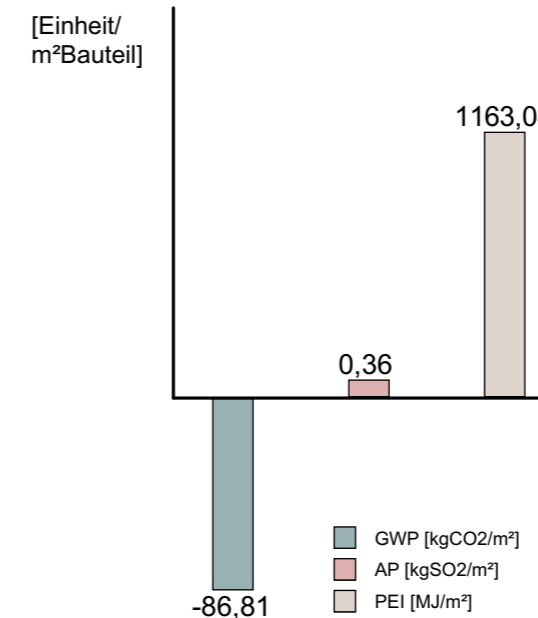
Abb.5.1: Bilanzgrenze 1

5.1.1 Außenwand "01AW"

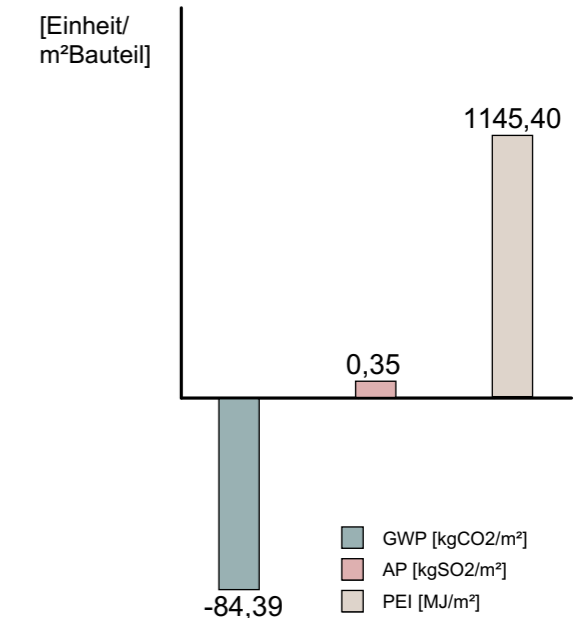


Dicke [m]	Bauteilaufbau	entsprechende Bauteilschichten in der IBO-Tabelle
1 0,024	Außenverkleidung	Brettsper Holz
2 0,04	Holz Fichte Lattung (40/60) (10%)	Schnit Holz Fi rau. luft trocken
3 0,022	Holzfaserdämmplatte	Holz faserplatte, porös 250 kg/m ³
4 0,2	Holzfaserdämmung	Holz faser-Dämmplatte 160 kg/m ³
5 0,1/0,095	Brettsper Holz	Brettsper Holz
6 0,06	Holz Fichte Lattung (60/60) (10%)	Schnit Holz Fi rau. luft trocken (10%)
7 0,06	Mineralwolle (90%)	Steinwolle MW-W (90%)
8 0,025	Rigips Feuerschutzplatte	Gipskartonplatte (Flammschutz)
0,471/0,466		

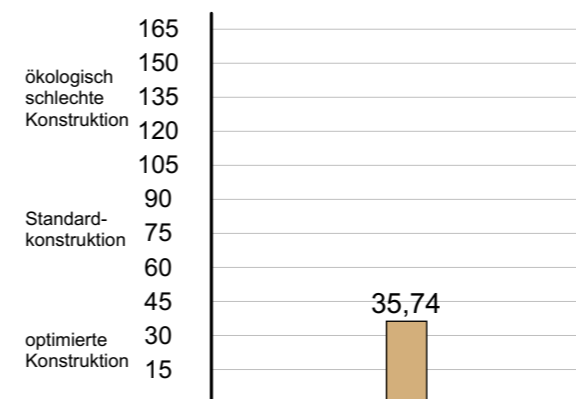
vor der statischen Optimierung
Brettsper Holz 0,1 [m]



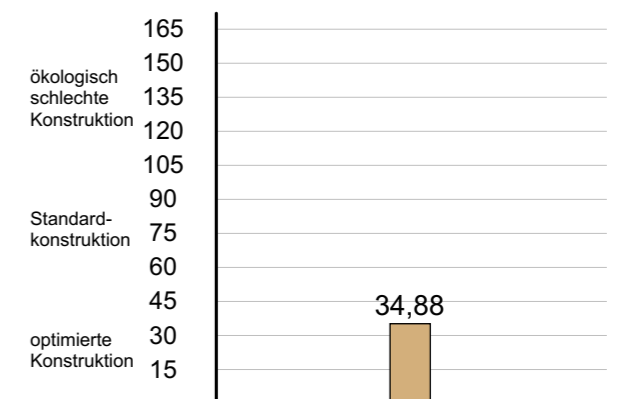
nach der statischen Optimierung
Brettsper Holz 0,095 [m]



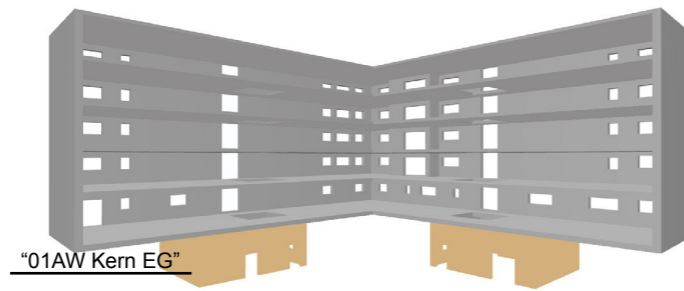
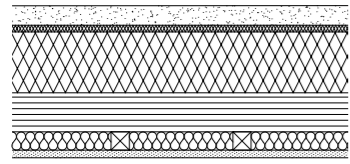
OI3KON



OI3KON

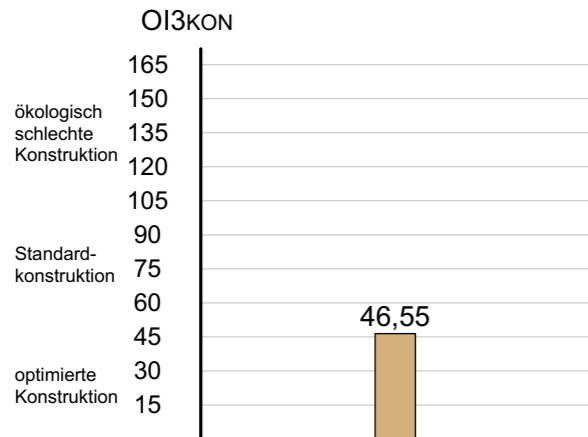
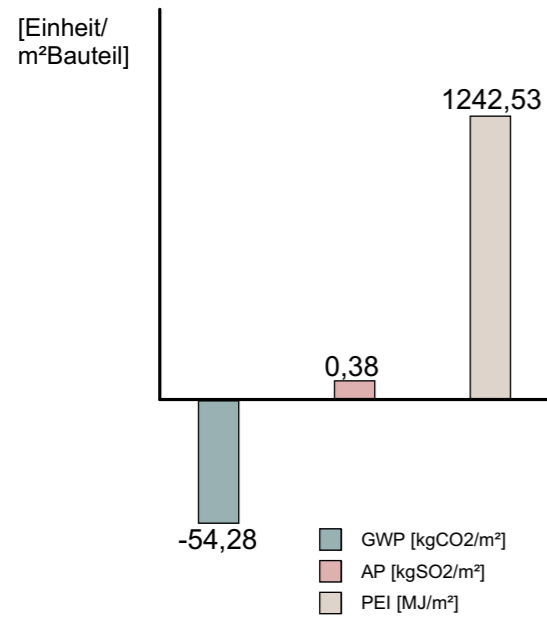


5.1.2 Außenwand
"01AW_Kern EG"

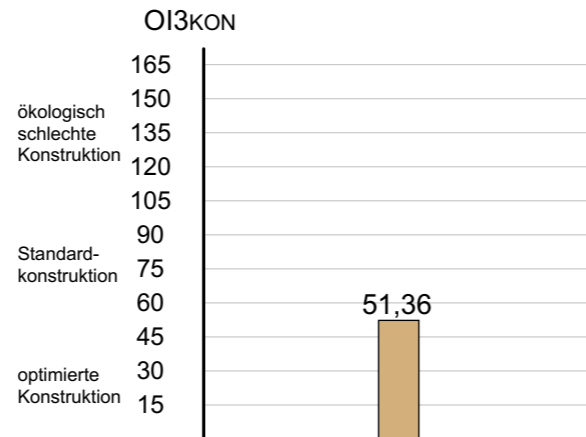
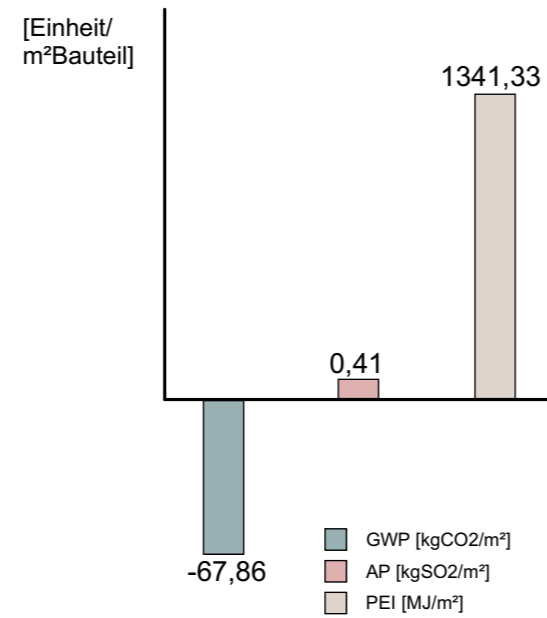


Dicke [m]	Bauteilaufbau	entsprechende Bauteilschichten in der IBO -Tabelle
1 0,064	Putz	Kalkzementputz
2 0,022	Holzfaserdämmplatte	Holzfaserverplatte, porös 250 kg/m ³
3 0,2	Holzfaserdämmung	Holzfaserverplatte 160 kg/m ³
4 0,1/0,128	Brettsper Holz	Brettsper Holz
5 0,06	Holz Fichte Lattung (60/60) (10%)	Schnittholz Fi. lufttrocken (Lattung)(10%)
6 0,06	Mineralwolle (90%)	Steinwolle MW-W (90%)
7 0,025	Rigips Feuerschutzplatte	Gipskartonplatte (Flammschutz)
0,471/0,499		

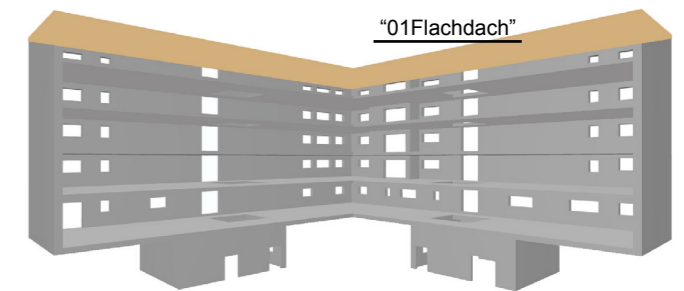
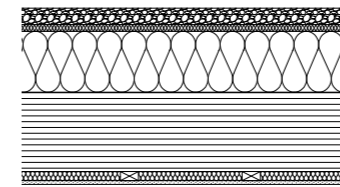
vor der statischen Optimierung
Brettsper Holz 0,1 [m]



nach der statischen Optimierung
Brettsper Holz 0,128 [m]

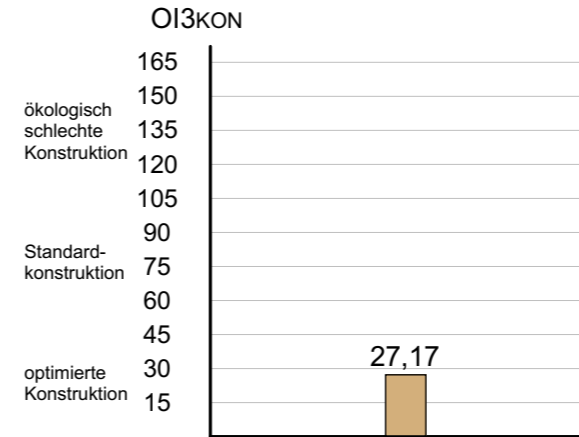
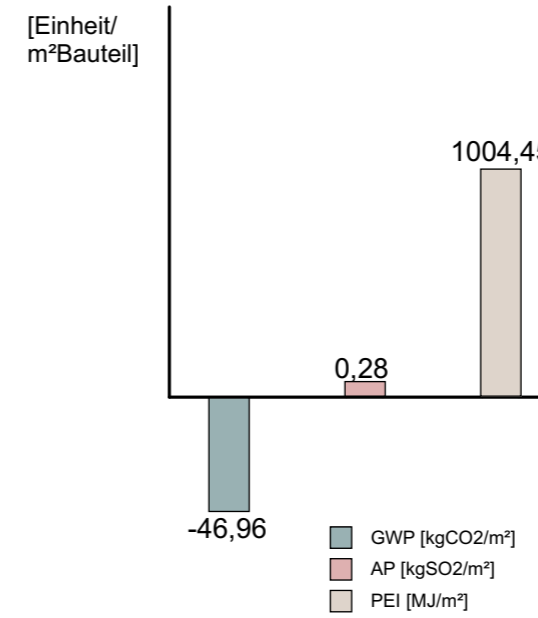


5.1.3 Flachdach
"01Flachdach"

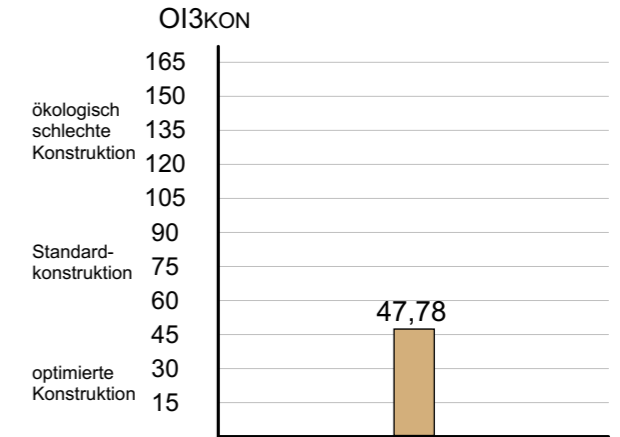
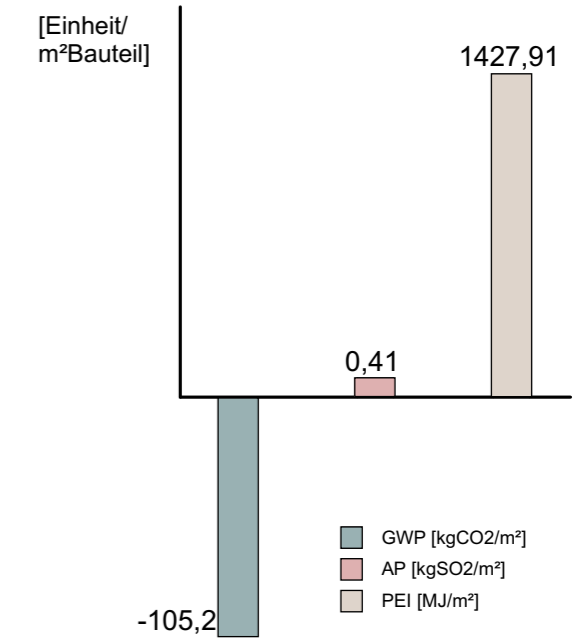


Dicke [m]	Bauteilaufbau	entsprechende Bauteilschichten in der IBO -Tabelle
1 0,05	Schüttung Kies	Kies
2 0,0015	Trennvlies	Vlies (PE)
3 0,0015	Dachabdichtungsbahn	Bitumen
4 0,2	Dämmung (Mineralwolle)	Steinwolle MW-W
5 0,0015	Abdichtungsbahn	PE Dichtungsbahn
6 0,14/0,26	Brettsper Holz	Brettsper Holz
7 0,03	Lattung 10%	Schnittholz Fi. rauh. Lufttrocken (10%)
8 0,03	Mineralwolle 90%	Steinwolle MW-W (90%)
9 0,0125	Gipskartonplatte	Gipskartonplatte (Flammschutz)
0,437/0,557		

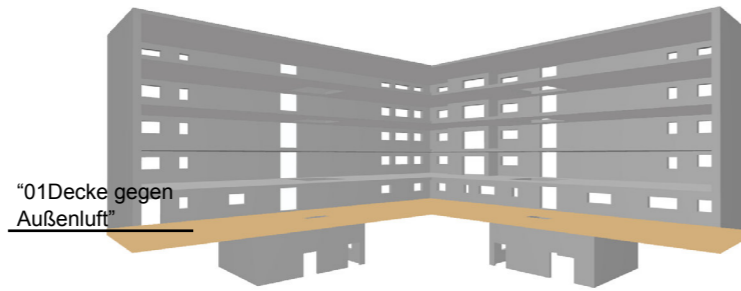
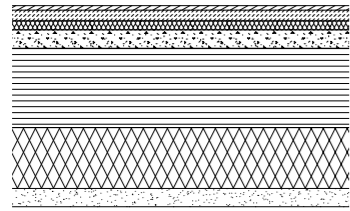
vor der statischen Optimierung
Brettsper Holz 0,14 [m]



nach der statischen Optimierung
Brettsper Holz 0,26 [m]



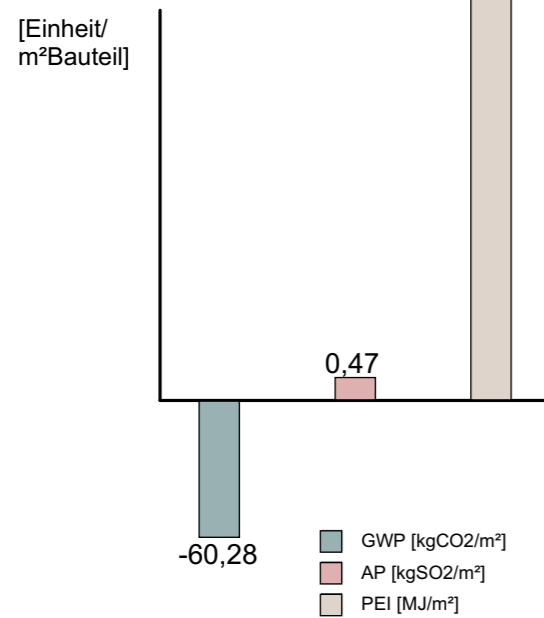
5.1.4 Decke
"01Decke gegen Außenluft"



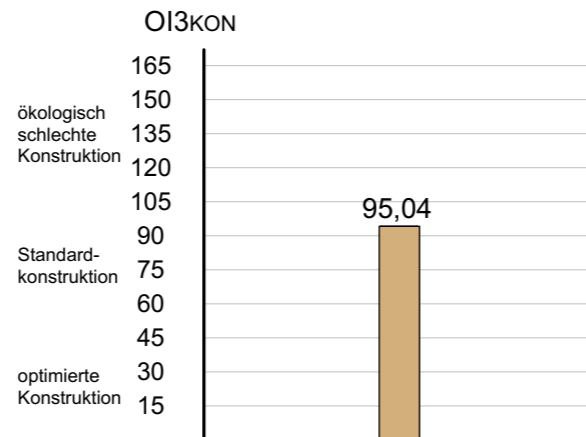
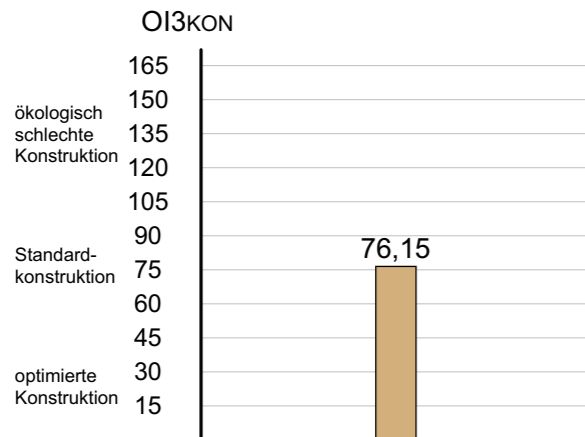
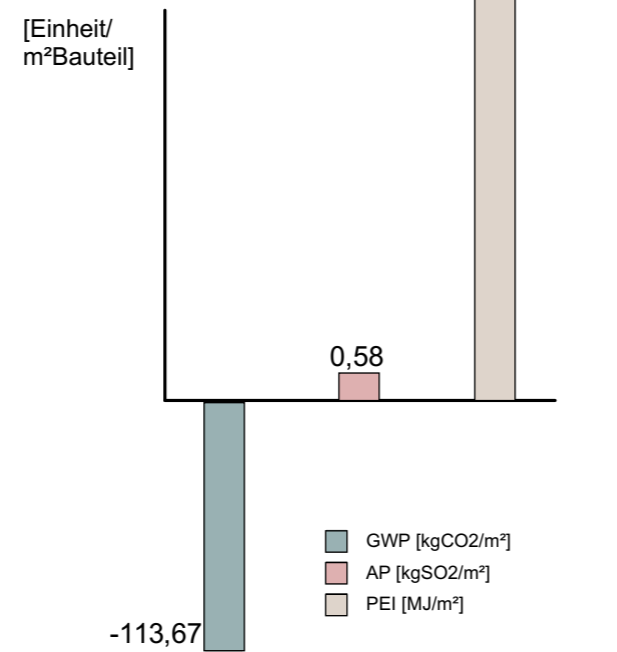
"01Decke gegen Außenluft"

Dicke [m]	Bauteilaufbau	entsprechende Bauteilschichten in der IBO -Tabelle
1 0,015	Belag (Parkett)	Massivparkett
2 0,035	Zementestrich	Estrichbeton
3 0,001	Trennschicht	Bitumenpappe
4 0,03	Trittschalldämmung	Steinwolle Trittschalldämmung
5 0,06	Splittschüttung	Splitt
6 0,0015	Rieselschutz	Vlies (PE)
7 0,15/0,26	Brettsperrholz	Brettsperrholz
8 0,0015	Abdichtung	PE Dichtungsbahn
9 0,2	Wärmedämmung	Holzfasern-Dämmplatte 160kg/m ³
10 0,06	Putz	Kalkzementputz
0,554/0,664		

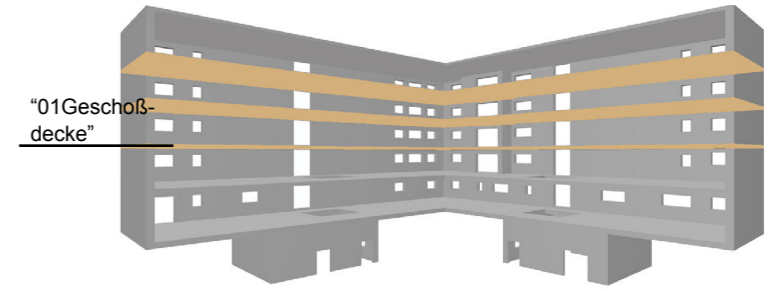
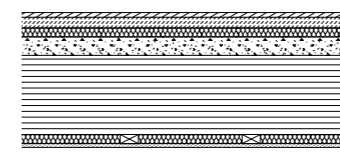
vor der statischen Optimierung
Brettsperrholz 0,15 [m]



nach der statischen Optimierung
Brettsperrholz 0,26 [m]



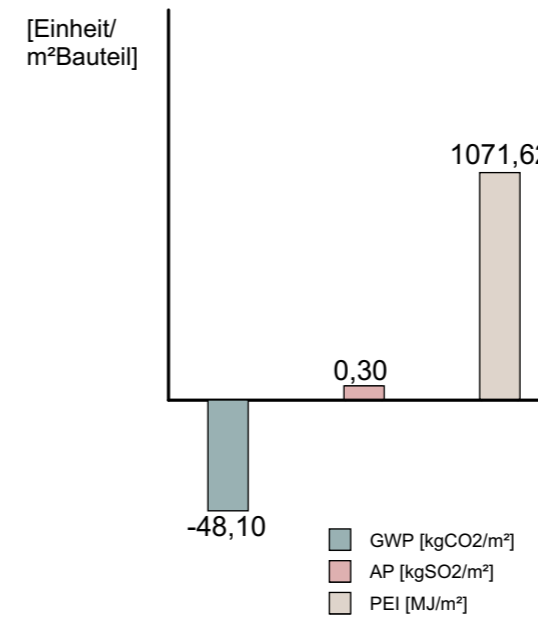
5.1.5 Geschoßdecke
"01Geschoßdecke"



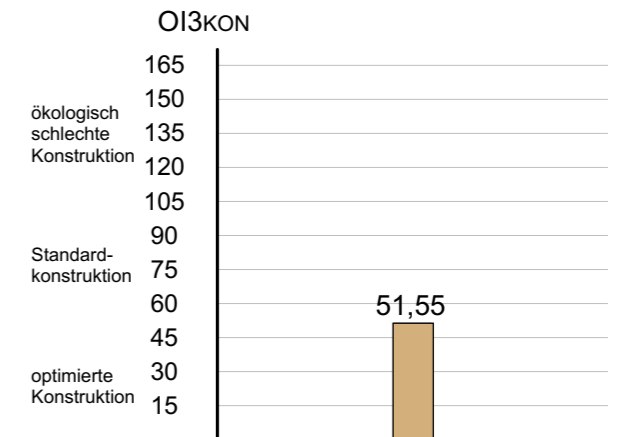
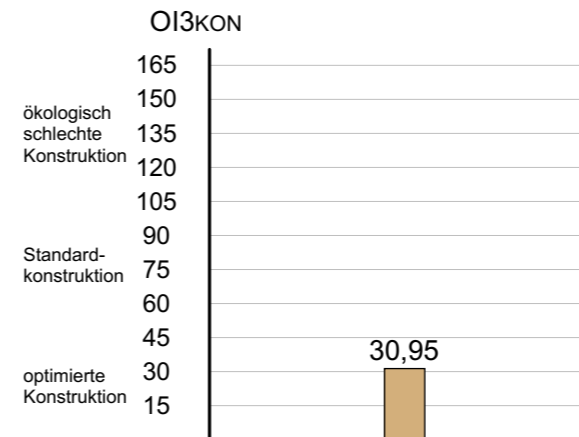
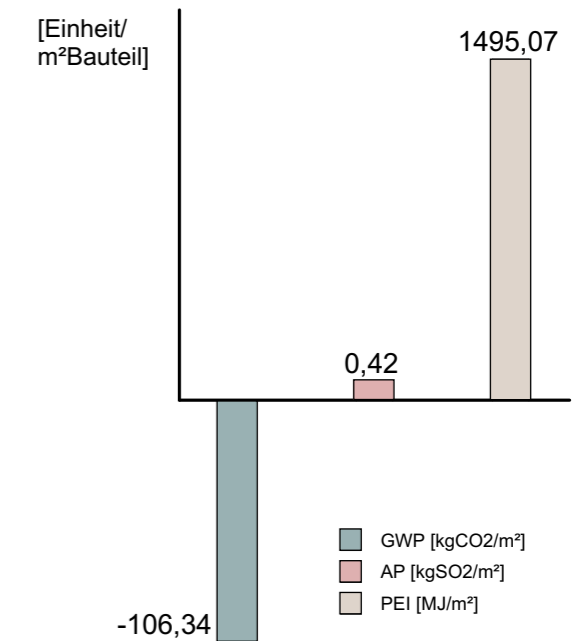
"01Geschoßdecke"

Dicke [m]	Bauteilaufbau	entsprechende Bauteilschichten in der IBO -Tabelle
1 0,015	Belag (Parkett)	Massivparkett
2 0,035	Zementestrich	Estrichbeton
3 0,001	Trennschicht	Bitumenpappe
4 0,03	Trittschalldämmung	Steinwolle Trittschalldämmung
5 0,06	Splittschüttung	Splitt
6 0,0015	Rieselschutz	Vlies (PE)
7 0,14/0,26	Brettsperrholz (5-lagig)	Brettsperrholz
8 0,03	Lattung	Schnittholz Fi rauh. Lufttrocken (10%)
9 0,03	Mineralwolle 90%	Steinwolle MW-W (90%)
10 0,0125	Gipskartonplatte	Gipskartonplatte (Flammschutz)
0,325/0,445		

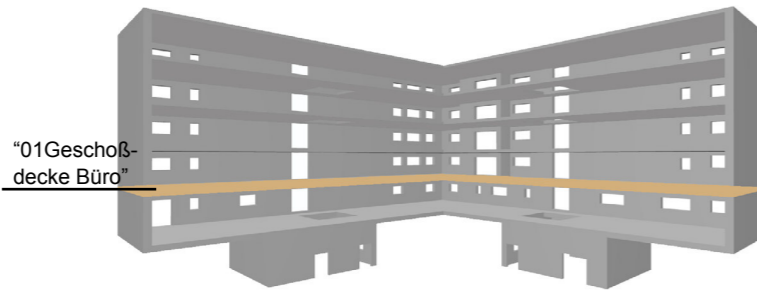
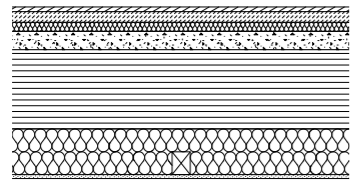
vor der statischen Optimierung
Brettsperrholz 0,14 [m]



nach der statischen Optimierung
Brettsperrholz 0,26 [m]



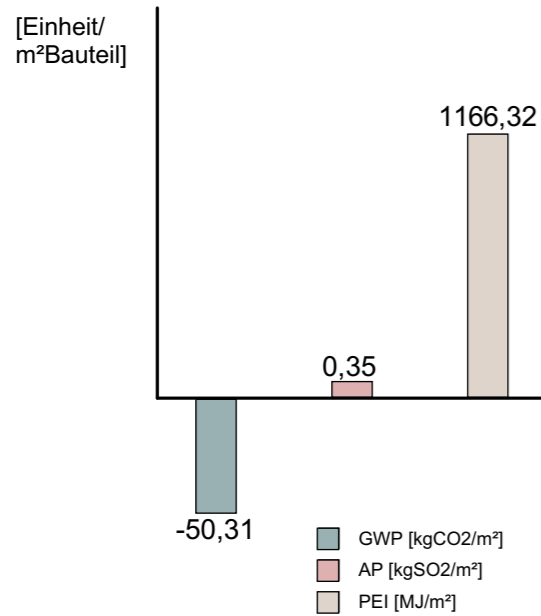
5.1.6 Geschoßdecke
"01Geschoßdecke_Büro"



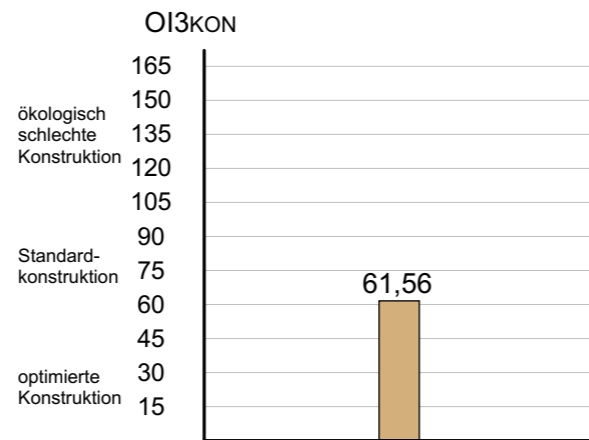
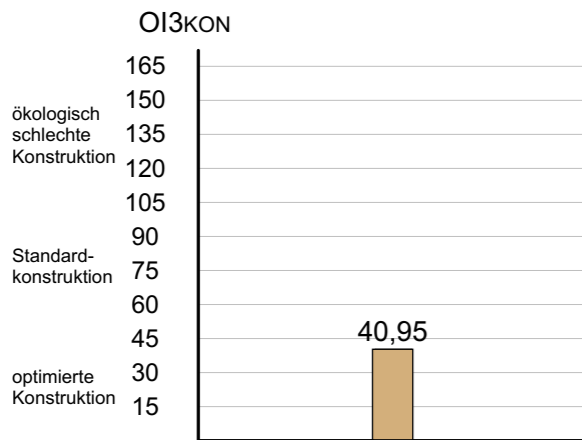
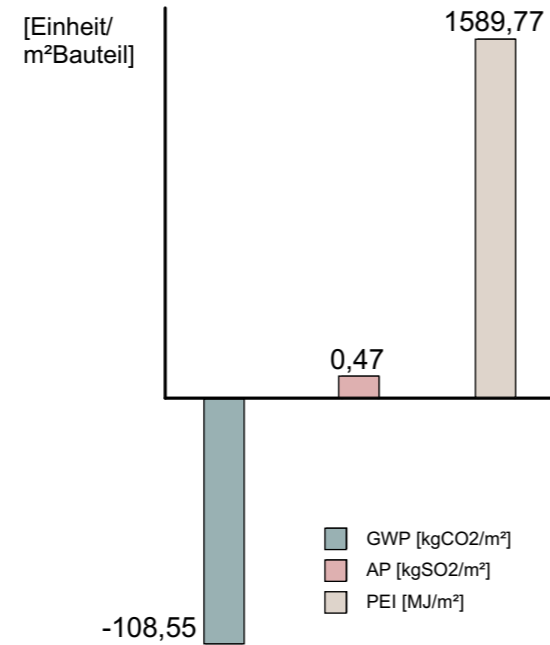
"01Geschoßdecke Büro"

Dicke [m]	Bauteilaufbau	entsprechende Bauteilschichten in der IBO -Tabelle
1 0,015	Belag (Parkett)	Massivparkett
2 0,035	Zementestrich	Estrichbeton
3 0,001	Trennschicht	Bitumenpappe
4 0,03	Trittschalldämmung	Steinwolle Trittschalldämmung
5 0,06	Splittschüttung	Splitt
6 0,0015	Rieselschutz	Vlies (PE)
7 0,14/0,26	Brettsper Holz (5-lagig)	Brettsper Holz
8 0,15	Lattung	Schnittholz Fi rauh. Lufttrocken (10%)
9 0,15	Mineralwolle 90%	Steinwolle MW-W (90%)
10 0,0125	Gipskartonplatte	Gipskartonplatte (Flammschutz)
0,445/0,565		

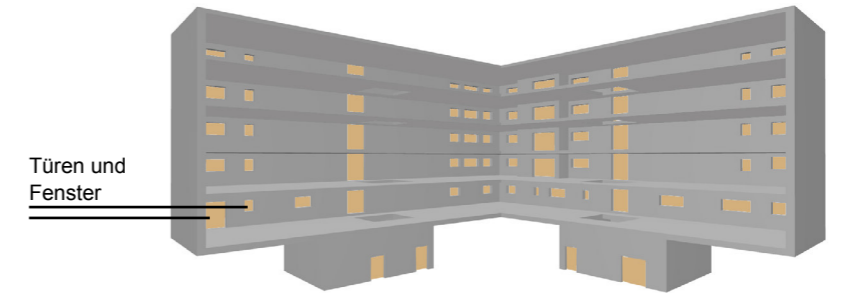
vor der statischen Optimierung
Brettsper Holz 0,14 [m]



nach der statischen Optimierung
Brettsper Holz 0,26 [m]

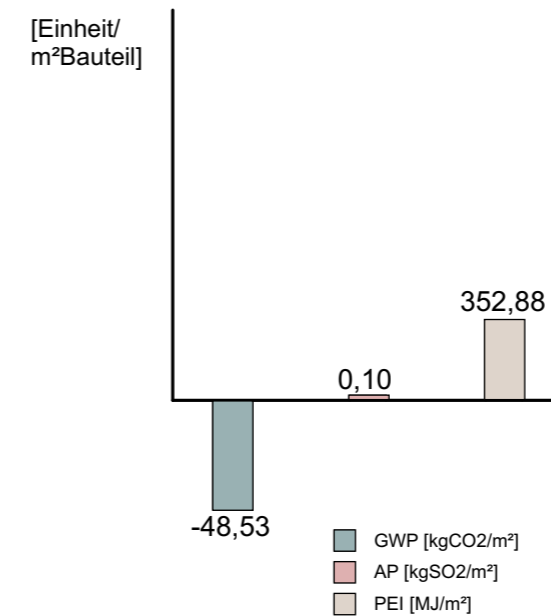


5.1.7 Türen und Fenster

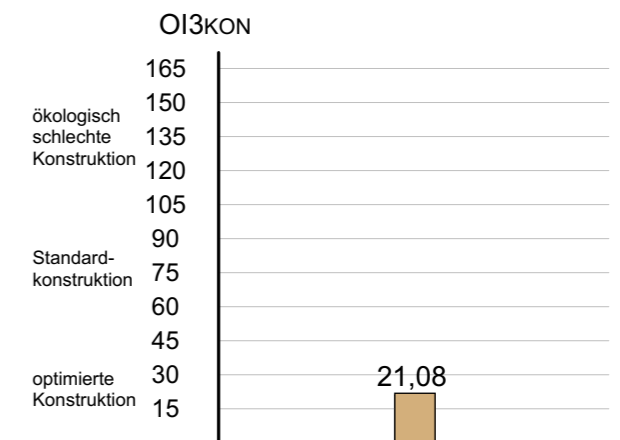
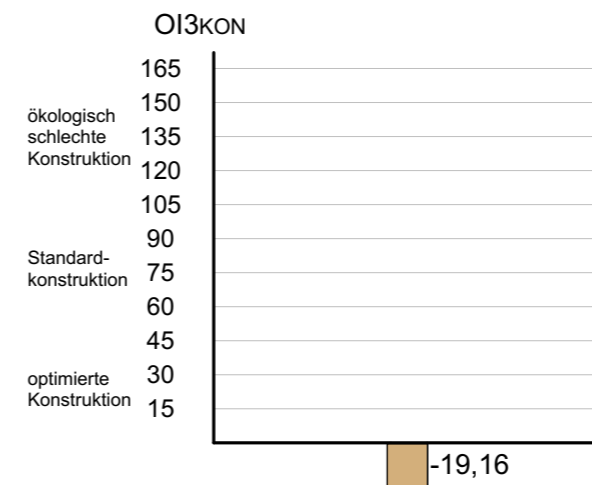
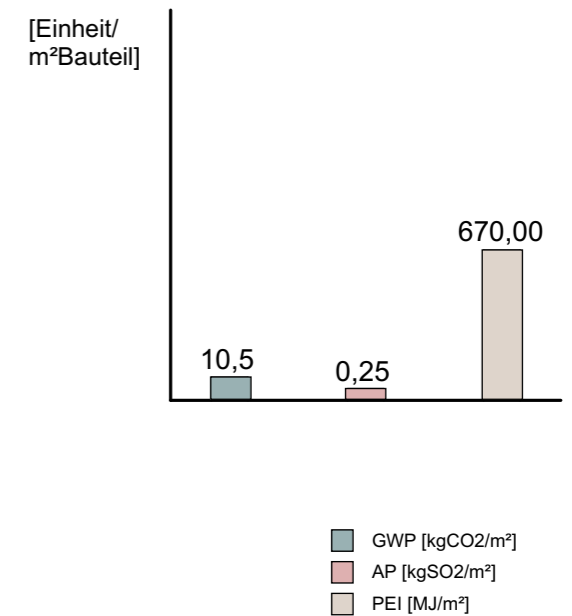


Türen und Fenster

Türen (aus Brettsper Holz)



Fenster (Holzrahmenfenster)



Der Entwurf wurde statisch optimiert, wodurch es beim neuen Wohnbau Ergebnisse mit und ohne statischer Optimierung gibt. Der OI3BG1 des neuen Wohnbaus ohne statischer Optimierung beträgt 37,29 und liegt unter dem Wert des neuen Wohnbaus nach den statischen Optimierungen, welcher 49,50 beträgt (siehe Abb. 5.2). Dementsprechend hätte der OI3BG1 ohne statischer Optimierung besser abgeschnitten. Die Verschlechterung des OI3BG1 liegt daran, dass nach der statischen Optimierung die tragenden Schichten (in diesem Fall Brettsperrholz) bei jedem Bauteil außer der Außenwand "01AW" (siehe Kap.5.1.1) dicker geworden sind. Daraus resultiert, dass die flächenbezogene Masse und somit der Einfluss dieser Bauteilschicht auf die einzelnen Indikatoren (GWP, AP und PEI) erhöht wird. Holz hat einen positiven Einfluss auf die Umwelt, was sich durch die negative GWP-Zahl widerspiegelt (Brettsperrholz = -1,103 [kg CO₂ eq./kg]). Der Treibhauseffekt wird mit den dickeren tragenden Schichten noch mehr reduziert, wohingegen das Versauerungspotential AP und die enthaltene Energie erhöht, was dazu führt, dass die statisch optimierten Bauteile einen schlechteren OI3KON - Wert haben. Den größten Einfluss auf den OI3BG1 haben Bauteile mit hohem OI3KON und großer Fläche. Den schlechtesten OI3KON vor und nach den statischen Änderungen hat das Bauteil "01Decke gegen Außenluft" (76,15 und 95,04), wobei die Schicht 7 "Brettsperrholz" den größten Einfluss hat (siehe Berechnungsblätter im Anhang). Die größte Fläche haben die Geschoßdecken "01Geschoßdecke" (siehe Abb.5.3).

Die Werte des OI3-Index lassen sich mit dem Heizwärmedarf vergleichen. Der OI3BG1 des Wohnbaus ohne Statik beträgt 37,29, dies entspricht etwa 27 kWh/m²a. Der OI3BG1 des Wohnbaus mit optimierten tragenden Schichten beträgt 49,50 was etwa auf 40 kWh/m²a kommt. Somit kann man den neuen Wohnbau mit und ohne statischer Optimierung in die Energieklasse B - Niedrigenergiehaus einstufen, wobei der Entwurf ohne statischer Optimierung sehr knapp an der Grenze zum Niedrigstenergiehaus (Klasse A) liegt. Um den OI3BG1 zu verbessern, müsste man noch einen Optimierungsvorgang durchführen und speziell auf die Bauteile mit großem OI3KON und großer Fläche eingehen. Des Weiteren könnte man sich auch auf das Holz konzentrieren, da dieses, wie man in den OI3BG1 Werten mit und ohne statischer Optimierung herauslesen kann, einen großen Einfluss auf die Ergebnisse hat. Das AP von Holz ist relativ gering (Brettsperrholz: 0,0023 [kg SO₂ eq./kg]), verglichen mit Mineralwolle: 0,0141 [kg SO₂ eq./kg]), erhöht sich jedoch stark durch die sehr große flächenbezogene Masse der Bauteilschicht Brettsperrholz. Das Holz hat zwar sehr gute GWP - Werte, das PEI_{ne} ist jedoch sehr hoch, woraus höhere OI3KON resultieren, als im Vorhinein erwartet. Bauholz mit niedrigerem PEI_{ne} würde eine bemerkenswerte Verbesserung im OI3BG1 darstellen.

Der Bestand hat wie erwartet einen schlechten OI3BG1 - Wert (129,11). Das Bauteil mit dem größten OI3KON ist mit 260,27 Punkten das Flachdach "Flachdach1", wobei dieses Bauteil gleichzeitig die größte Fläche hat. Den größten Einfluss auf den OI3KON des Flachdachs haben die Schichten 2 "Dämmung XPS" und 4 "Hohldielendecke aus Beton" (siehe Berechnungsblätter im Anhang). Der Bestand kann mit ca 119 kWh/m²a mit der Energieklasse D verglichen werden.

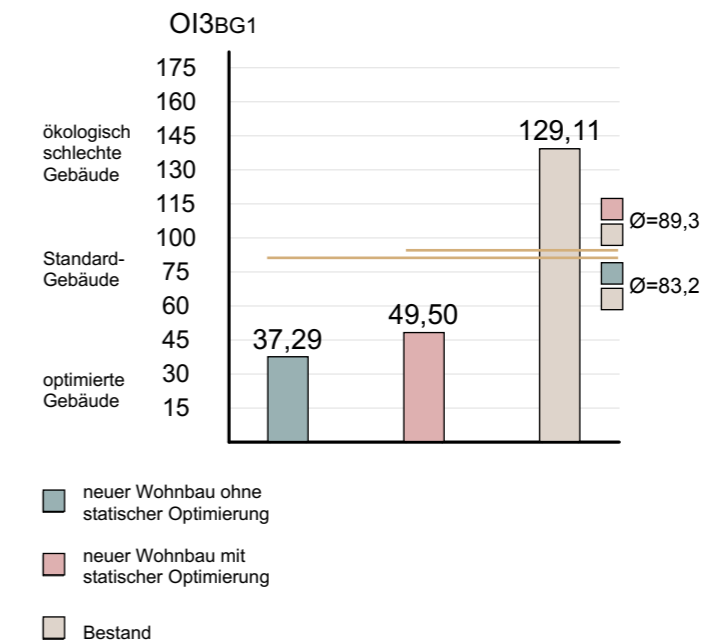


Abb.5.2: OI3BG1 im Vergleich

OI3KON mit den jeweiligen Flächen nach der statischen Optimierung

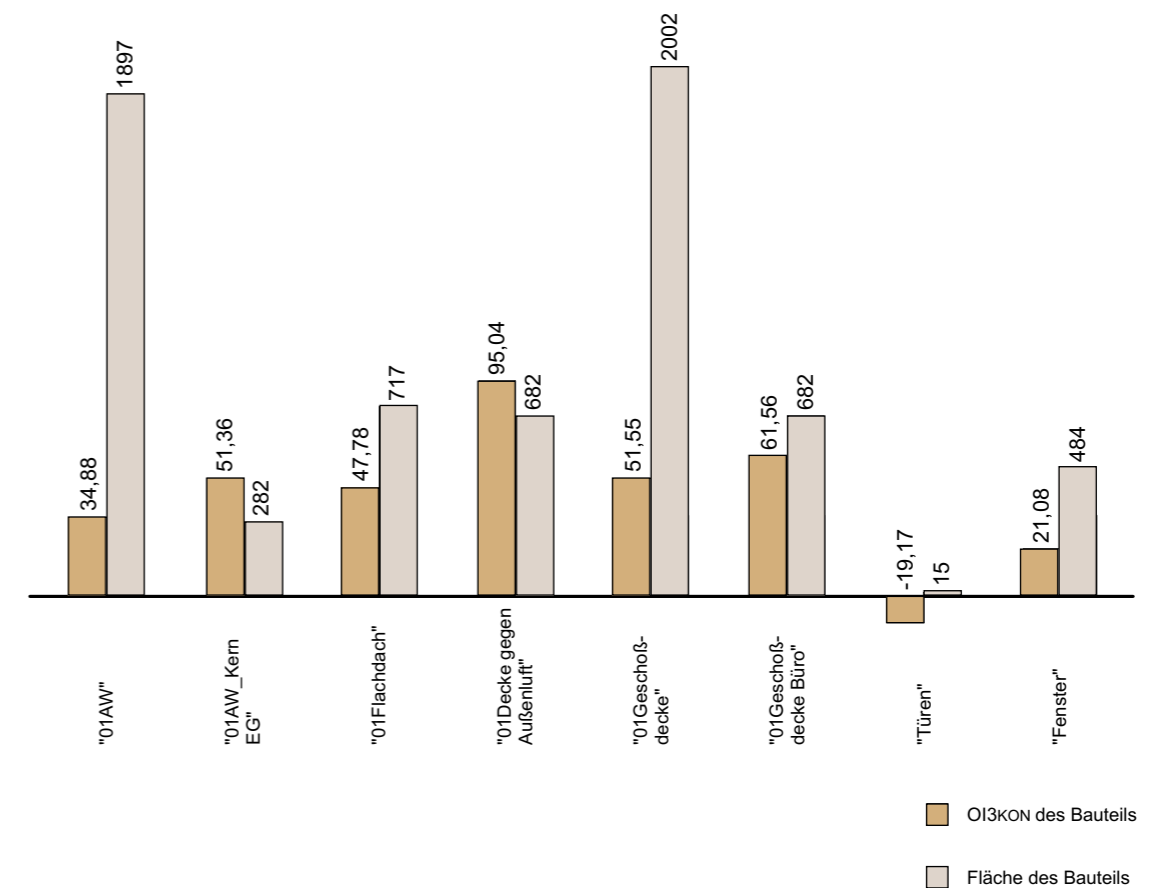


Abb.5.3: OI3KON und die jeweiligen Bauteilflächen

5.3 GWP(100) pro Person - Gesamtergebnis

Das GWP(100) ist ein absoluter Wert, welcher die Summe aller Bauteilflächen multipliziert mit den jeweiligen GWP-Werten darstellt. Das GWP(100) beträgt beim neuen Wohnbau vor der statischen Optimierung -381 [t CO₂] und nach der Optimierung -615 [t CO₂]. Wie im Kap. 5.2 erwähnt, liegt der große Unterschied zwischen den zwei GWP_absolut Ergebnissen an der Bauteilschicht Brettsper Holz. Das GWP steigt durch die erhöhte Menge an Holz. Der Bestand hingegen hat wie erwartet relativ hohe GWP-Werte, nämlich 440 [t CO₂]). Bildet man den nicht personenbezogenen Durchschnitt von dem Wohngebäude und dem Bestand, erhält man einen Wert von -29,5 [t CO₂] ohne statischer Optimierung und -87,5 [t CO₂] mit statischer Optimierung. Positiven Einfluss auf die Ergebnisse haben die Bauteile mit größtem GWP und größter Fläche. Das größte GWP pro m² Bauteil hat vor der statischen Optimierung mit -86,81 [kg CO₂/m²] das Bauteil "01AW" und nach der statischen Optimierung mit -113,67 [kg CO₂/m²] das Bauteil "Decke gegen Außenluft". Den größten Einfluss (mit statischer Optimierung) hat dennoch das Bauteil "01 Geschoßdecke", da dieses das größte flächenbezogene GWP(100) hat (ca. -213 [t CO₂]). Bezieht man die Ergebnisse auf die Personenanzahl, welche auf dem Grundstück arbeitet bzw. lebt, erhält man folgende Werte: Für den Bestand, in welchem ca. 10 Personen arbeiten, liegt das GWP bei 44 [t CO₂] pro Person. Summiert man die absoluten GWP-Werte des Bestands und des Holzbaus, erhält man -175 [t CO₂]. Teilt man diesen Wert durch die Personenanzahl auf dem gesamten Grundstück (82) ergibt dies ein GWP von -2 [t CO₂] pro Person (ohne statischer Optimierung würde das GWP pro Person 0,7 [t CO₂] betragen).

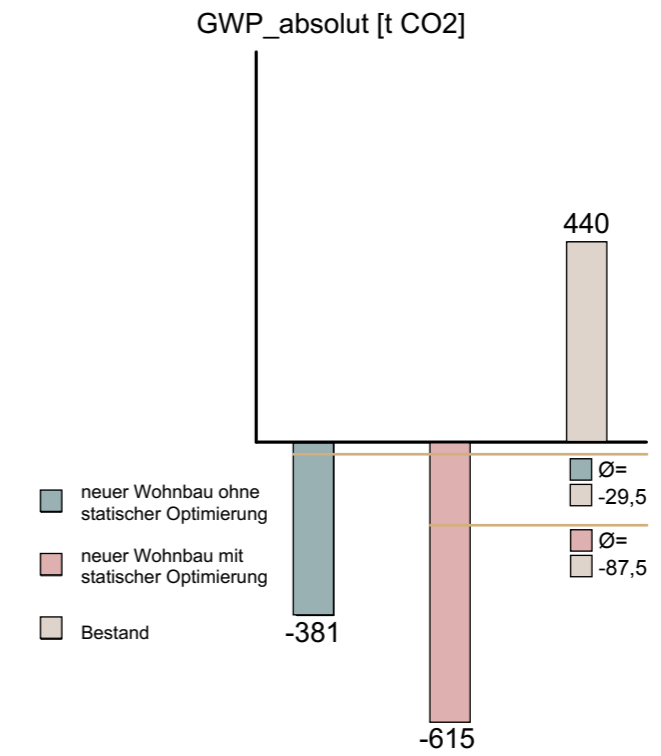
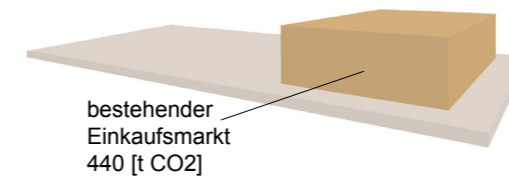


Abb.5.4: GWP_absolut im Vergleich

GWPvorher/Person
10 Personen



GWPnachher/Person
10 + 72 Personen

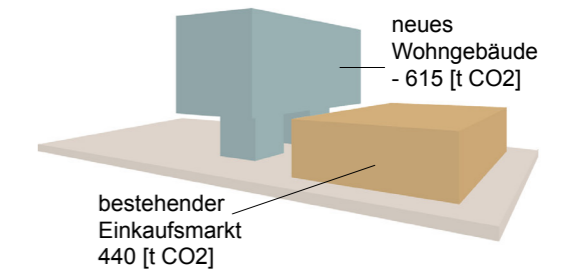
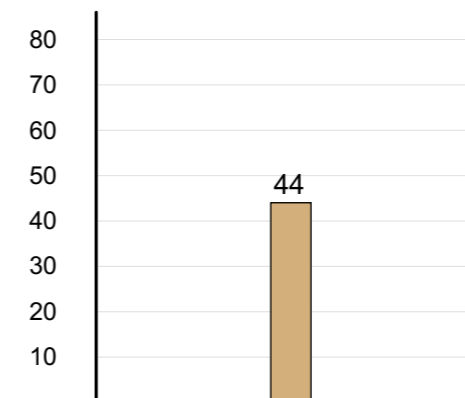


Abb.5.5: GWPvorher/Person und GWPnachher/Person

GWPvorher/Person [t CO₂/Person]
10 Personen



GWPnachher/Person [t CO₂/Person]
10+72 Personen, mit statischer Optimierung

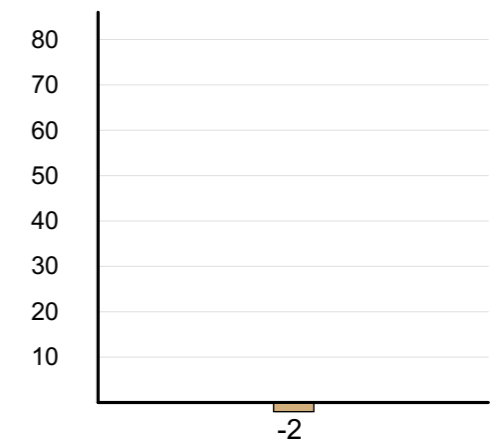


Abb.5.6: Ergebnisse GWPvorher/Person und GWPnachher/Person

In Abb.5.7 ist ein Gesamtvergleich der Öko-Kennzahlen des Bestands und des Entwurfs vor und nach der statischen Optimierung zu sehen. Der Unterschied im GWP liegt wie in Kap.5.3 erwähnt an den unterschiedlichen Konstruktionen (GWP Stahlbeton= 0,13 [kg CO2 eq./kg], GWP Holz = -1,103 kg CO2 eq./kg]). Die AP-Ergebnisse liegen etwa im gleichen Bereich. Das PEI_absolut des Bestands ist besser als jenes des Entwurfs, da das PEI von Stahlbeton mit 0,89 [MJ/kg] sehr viel geringer als das PEI von Holz (8,02 [MJ/kg]) ist.

In weiterer Folge werden die Ergebnisse des statisch optimierten Entwurfs bewertet. Im Vergleich der beiden Gebäude stellt sich heraus, dass man mit ökologisch optimierten Bauteilen einen wesentlich besseren Einfluss auf die Umwelt hat, als mit herkömmlichen Bauteilen. Der Unterschied im OI3BG1 zwischen dem Bestand und dem neuen Wohngebäude ist jedoch nicht so groß, wie ursprünglich erwartet. Dennoch ist der OI3BG1 des Wohnbaus nicht als schlecht zu bewerten. Er liegt etwa im Bereich zwischen ökologisch optimierten Bauteilen und Standardbauteilen und könnte mit einem weiteren Optimierungsschritt noch mehr gesenkt werden. Das GWPnachher liefert mit -2 [t CO2] pro Person ein sehr gutes Ergebnis, wodurch es eine Verbesserung von mehr als 100% gibt. Eine Optimierung des GWP ist nur durch eine Holzbauweise möglich, da das GWP des Holzes sehr gute Werte liefert. Diese Ergebnisse sprechen dafür, in Zukunft Nachverdichtungen in Holzbauweise durchzuführen, um auf der einen Seite die CO2-Emissionen zu reduzieren und auf der anderen Seite durch die Nachverdichtung neue Nutzfläche auf versiegelter Fläche zur Verfügung zu stellen. Das GWPnachher pro Person ist der Beweis dafür, dass man mit ökologisch optimierter Nachverdichtung den Bestand aufwerten und die Ökoeffizienz verbessern kann. Die Nutzfläche vor der Nachverdichtung betrug 1252 m² (inkl.Lager und Backstube des Lidl). Mit dem neuen Wohngebäude beträgt die gesamte Nutzfläche auf dem Grundstück 3762 m². Durch die Nachverdichtung wird die Nutzfläche um 67% erhöht (Nutzfläche des Wohngebäudes = 2510 m², ohne Tiefgarage und Erschließungsfläche). Die nur temporär genutzten Stellplätze wurden von 48 auf 14 reduziert und die somit entstandene Fläche in Freiraum umgewandelt. Die benötigte Anzahl an Stellplätzen für die Bewohner wurde in der Tiefgarage geschaffen. Durch die Nachverdichtung gibt es um 70 % weniger Autos auf dem Grundstück. 28 neue Wohneinheiten wurden auf dem Grundstück geplant, welche Platz für 72 Personen bieten. Die Personenanzahl wurde von 10 auf 82 Personen erhöht, was eine Steigerung um 88% bedeutet.

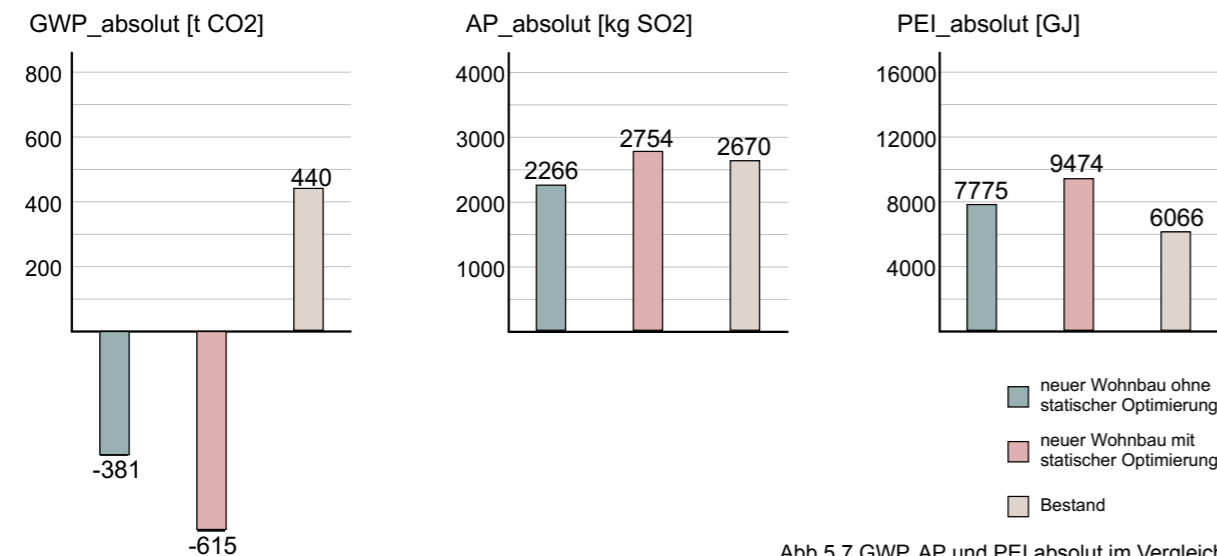


Abb.5.7 GWP, AP und PEI absolut im Vergleich



Abb.5.8 Optimierungen durch die Nachverdichtung

In dieser Arbeit wurden 2 Berechnungswerkzeuge für die Ökobilanzierung verwendet. Auf der einen Seite wurden die Berechnungen mit MS Excel und auf der anderen mit Building One durchgeführt. In MS Excel wurden alle Inputdaten wie zum Beispiel die Öko-Kennzahlen GWP, AP und PEI, die jeweiligen Dichten und Flächen manuell eingegeben und haben keine Verknüpfung zum BIM-Modell. BuildingOne hat eine bidirektionale Verbindung zu Archicad, wodurch die Flächen - und Massenermittlung automatisch erfolgt und laufend übernommen werden kann. In BuildingOne wurde nur der Entwurf nach der statischen Optimierung berechnet.

Die Endergebnisse der Berechnungen aus den 2 Werkzeugen stimmen nicht exakt überein, da die Datenerhebung unterschiedlich erfolgt. Excel bezieht die Dicken und BuildingOne bezieht die Volumina der Bauteilschichten in die Berechnungen ein. In Excel wird für jede Bauteilschicht die Dicke und Dichte mit der jeweiligen Öko-Kennzahl multipliziert, wohingegen in BuildingOne mit Volumen*Dichte*Öko-Kennzahl gerechnet wird (siehe Abb.5.9). In Excel hat man somit die jeweiligen Kennzahlen pro m² und in BuildingOne die absoluten GWP, AP, und PEI-Werte, welche man nach Aufsummieren aller Bauteilschichten durch die Bauteilfläche dividiert um den flächenbezogenen Anteil zu ermitteln, welcher für die OI3KON-Berechnung benötigt wird. Die einzelnen Schichten von mehrschichtigen Bauteilen sind durch die Verschneidung mit anderen Bauteilschichten leicht versetzt, wodurch jede Schicht ein anderes Volumen hat. Diese Verschneidung wird in Excel nicht berücksichtigt, da hier das Außenmaß der Bauteile bei der manuellen Flächenberechnung einbezogen wird. BuildingOne hat den Vorteil, dass die Volumina der einzelnen Schichten exakt aus dem 3D-Modell übernommen werden, woraus genauere Ergebnisse resultieren. Dementsprechend ist das Ergebnis des OI3KON in BuildingOne besser (42,2), als in Excel - (49,11), wohingegen das GWP(100) in BuildingOne schlechter (-587 [kg CO₂]) als in Excel (-614 [kg CO₂]) ist (siehe Abb. 5.10). In BuildingOne werden die Bauteile nicht den Ebenen in Archicad entsprechend, sondern nach Bauteilart, gegliedert. Die Bauteilarten sind unter "Struktur" - "Komponenten/Bauteile/Objekte" zu finden und beinhalten unter anderem folgende Komponenten: Dach, Decke, Fenster, Tür und Wand (siehe Abb. 5.11). Unter den Komponenten befinden sich alle zugehörigen Bauteile mit den zugewiesenen Eigenschaften. In der "Mehrfachbearbeitung Matrix" lassen sich die Bauteile z.B. nach Schichten filtern (siehe Abb. 5.12, S.96). Möchte man den OI3KON der Außenwand "01AW" (siehe S.81) mit den Ergebnissen in Excel vergleichen, wählt man als Schicht 1 "Brettsperrholz", wodurch nur die Ergebnisse der "01AW" angezeigt werden, da die Außenwand "01AW Kern_EG" als Außenschicht das Material Kalkzementputz hat. Auf diese Art und Weise lassen sich auch die anderen Bauteile filtern. Die OI3KON Ergebnisse in BuildingOne sind mit der jeweiligen Bauteilfläche multipliziert, was den Folgeschritt für die OI3BG1 Berechnung verkürzt. Um die Werte mit Excel vergleichen zu können, muss das OI3KON Ergebnis durch die jeweilige Bauteilfläche geteilt werden, welche auch in der "Mehrfachbearbeitung Matrix" zu finden ist.

In Archicad lassen sich keine inhomogenen Schichten erstellen, daher müssen 2 separate Schichten erstellt werden. Beispielsweise hat die Außenwand "01AW" bei einer Gesamtdicke von 6 cm eine inhomogene Schicht mit 10% Lattung (Schnittholz Fi rauh.) und 90% Steinwolle

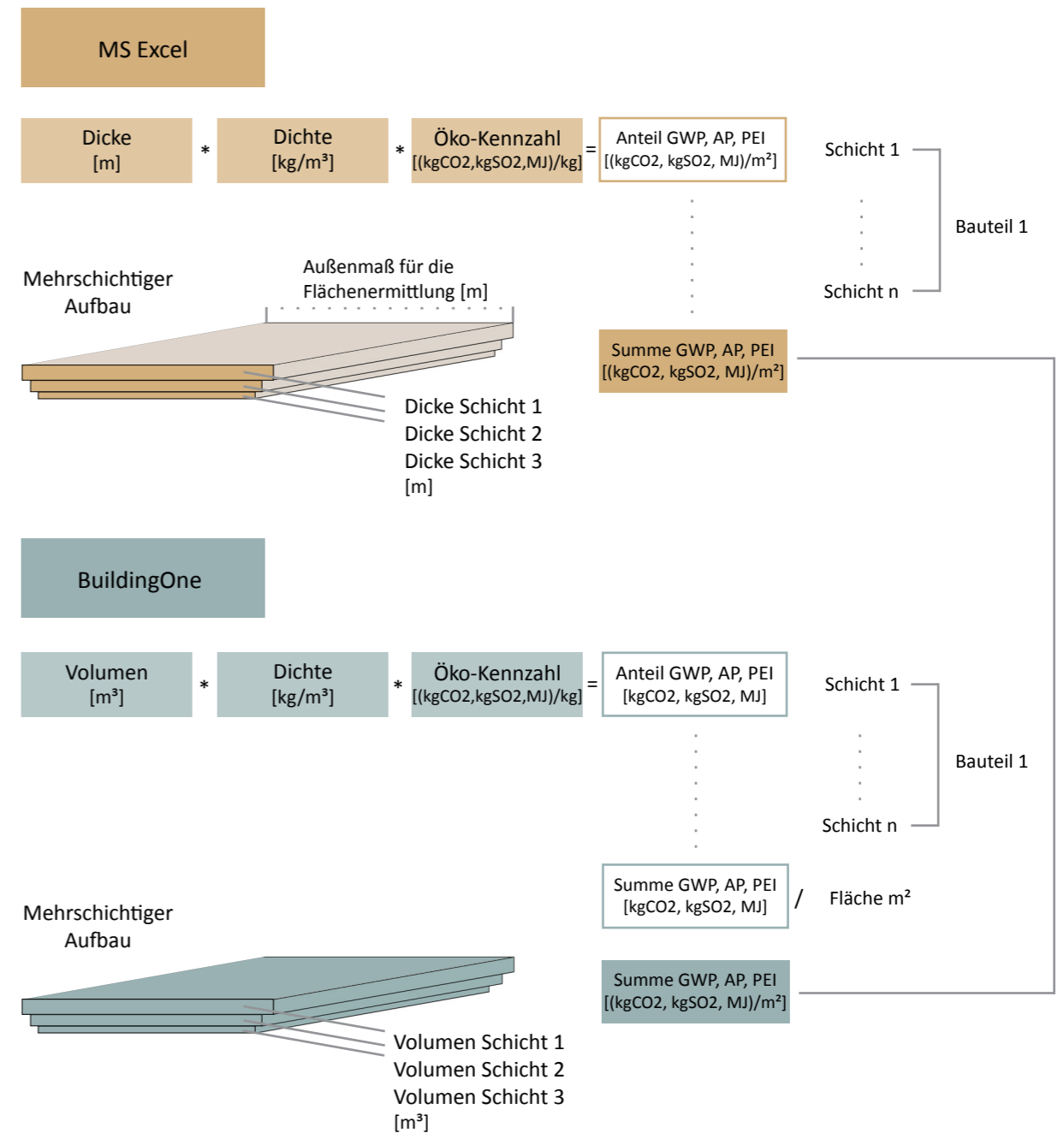


Abb.5.9 Vergleich der Berechnungswerkzeuge

	OI3KON	GWP(100) [kg CO ₂]
MS Excel	49,11	-614
BuildingOne	42,2	-587

Abb.5.10 Vergleich der Ergebnisse

MW-W. Um das korrekte Volumen nach BuildingOne exportieren zu können, werden die 6 cm auf 10% und 90% aufgeteilt, sodass man für die Lattung eine Dicke von 0,6 cm und für die Steinwolle 5,4 cm angibt. In Excel hat man dieses Problem nicht, hier wird der prozentuelle Anteil der flächenbezogenen Masse ermittelt.

Beide Berechnungswerkzeuge habe ihre Vor- und Nachteile. MS Excel hat den Nachteil, dass die Ermittlung der Flächen manuell erfolgt und somit bei jeder Veränderung wieder aus dem 3D-Modell übernommen werden muss. Bei vielen unterschiedlichen Aufbauten verliert man schnell den Überblick ansonsten ist es ein einfach bedienbares Werkzeug. Im Vergleich zu Excel ist BuildingOne ein komplexeres Werkzeug, welches ein gewisses Know-How für die Bedienung erfordert. Darüber hinaus benötigt es auch allgemeines Wissen über Datenbanken und mehr Zeit zum Erlernen der Software. Trotz Schwierigkeiten hat BuildingOne durch die direkte Verbindung zum BIM-Modell großes Potential für Ökobilanzierungen.

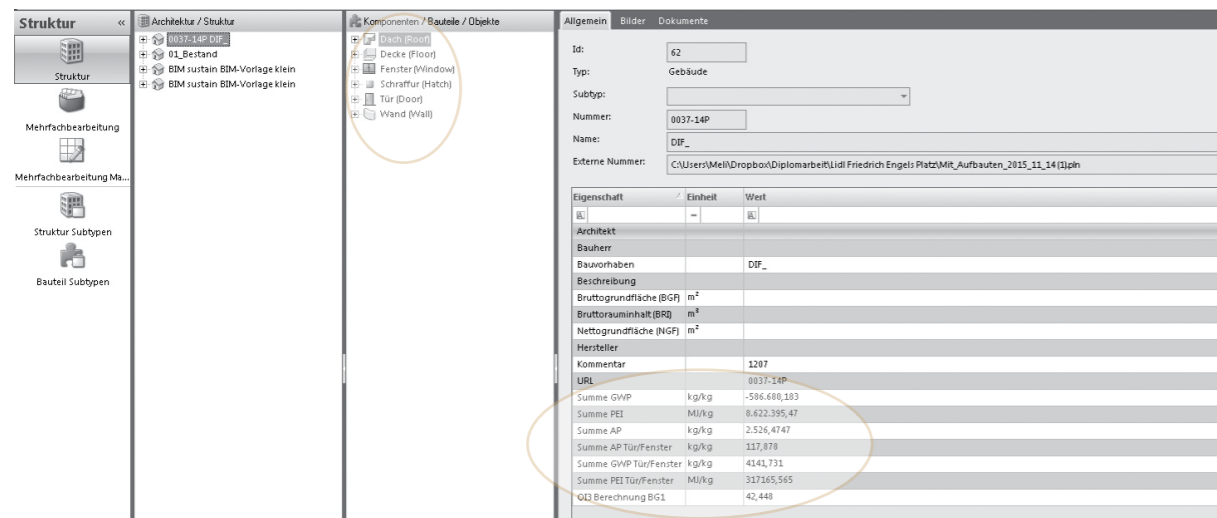


Abb.5.11 Gesamtergebnis in BuildingOne

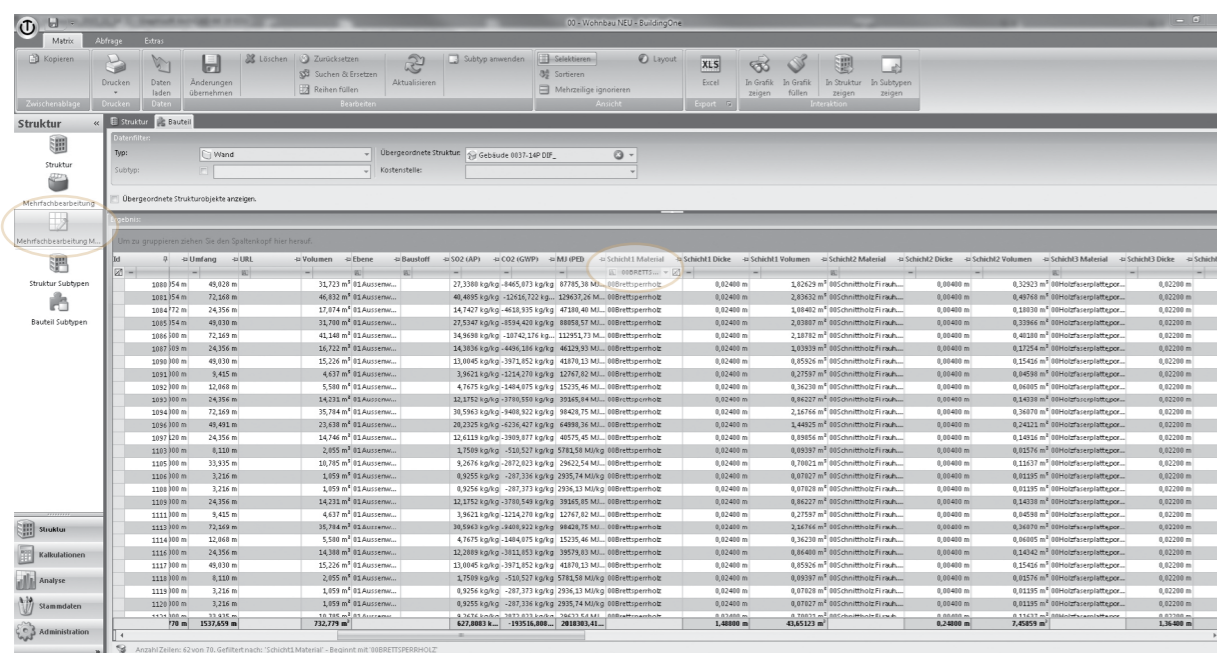


Abb.5.12 Mehrfachbearbeitung in BuildingOne

1 EINLEITUNG

2 METHODISCHE VORGEHENSWEISE

3 STANDORT

4 ENTWURF

5 ÖKOBILANZ-ERGEBNISSE

6 SCHLUSSFOLGERUNG

7 VERZEICHNISSE

ANHANG

6.1 Potential des gewählten Standorts

Auf dem Parkplatz des Lidl am Friedrich-Engels-Platz wurden 28 neue Wohneinheiten, eine neue Tiefgarage und eine Büroebene geplant. Durch die neue Bebauung wurde dem sonst nur temporär genutzten und halbleer-stehenden Parkplatz eine neue Nutzung gegeben. Die Parkplätze wurden von ursprünglich 48 auf 14 Stück reduziert. Der somit entstehende Freiraum wurde mit neuen Grün- und Erschließungsflächen und einem neuen Kleinkinderspielplatz bespielt. Mit dem neuen Wohngebäude beträgt die gesamte Nutzfläche auf dem Grundstück 3762 m², wodurch die Nutzfläche um 67% erhöht wird. Flächenrecycling ist eines der Hauptziele des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft und wurde anhand dieser Fallstudie getestet und veranschaulicht. Durch die Reduktion von CO₂ wird die Ökoeffizienz des Grundstücks um 105% gesteigert. Die Bebauung auf diesem Standort soll ein Vorreiter für zukünftige ökologisch optimierte Nachverdichtungsprojekte sein.

6.2 Potential für Wien

Wenn man von den 100 potentiellen Standorten in den Bezirken 10., 11., 21., 22. und 23. ausgeht, könnte man in Wien mit derselben Typologie und in der selben Gebäudeklasse wie in dieser Fallstudie etwa 2800 neue Wohneinheiten errichten. Dies würde 2,8% des Bedarfs bis 2025 (100.000 Wohnungen) und 28% des jährlichen Bedarfs (10.000 Wohnungen) an neuen Wohnungen abdecken. Auf den ersten Blick klingt dies nicht nach sehr großem Potential, jedoch muss man bedenken, dass es außer in den oben genannten auch in anderen Bezirken potentielle Supermärkte gibt. Zusätzlich muss man sagen, dass auf vielen Grundstücken größere Flächen vorhanden sind, wodurch andere Typologien als in dem Beispiel auf dem Friedrich-Engels-Platz möglich sind. Durch die Erhöhung von Bauklassen auf Grundstücken könnten Projekte mit höherer Geschoßanzahl möglich sein, was jedoch nur in Verbindung mit einer Änderung in der Bauordnung möglich ist. Zusammenfassend kann man sagen, dass die Bebauung von versiegelten und temporär genutzten Flächen von Supermärkten ein wichtiges Potential darstellt, welches in Zukunft angewendet werden sollte.

6.3 Potentiale von "BIM für Ökobilanzierung"

Die BIM-Nutzung in der AEC-Industrie steigt an und ist auch für die Erstellung von Ökobilanzen sehr gefragt. Durch das Berechnungswerkzeug BuildingOne kann eine automatisierte Berechnung mit direkter Verbindung zum BIM-Modell erstellt werden. Vorteile sind die automatische Übernahme der erforderlichen Daten aus dem BIM-Modell wie z.B. die Massen und Flächen. Das Berechnungswerkzeug BuildingOne zu erlernen nimmt in der ersten Phase viel Zeit in Anspruch und benötigt fachspezifisches Wissen. Herkömmliche Werkzeuge erfordern für die Bedienung in der Anfangsphase nicht sehr viel Zeit, sind aber dafür in weiteren Phasen (manuelle Flächenübertragung und Verknüpfung der Zellen) aufwendiger. Auf Dauer zahlt es sich auf jeden Fall aus, das BIM-Modell mit dem Werkzeug zu verknüpfen, vor allem, weil man die Berechnungen ohne großem Aufwand für andere Projekte übernehmen kann.

Durch BuildingOne sind schon in der Anfangsphase eines Projekts erste Ergebnisse der Ökobilanz ersichtlich. Änderungen von Inputdaten können sehr leicht durchgeführt werden und erfordern keinen Zeitaufwand.

MS Excel und BuildingOne arbeiten mit zwei unterschiedlichen Berechnungsmethodiken, wodurch die Ergebnisse nicht 100%ig vergleichbar sind. MS Excel rechnet mit "Dicke*Dichte*Kennzahl" und BuildingOne mit "Volumen*Dichte*Kennzahl". Um die Daten vergleichen zu können, müsste man sich für eine Methodik entscheiden. Die manuelle Erfassung der Schichtvolumina, welche für das Werkzeug Excel notwendig ist, wäre sehr zeitaufwendig und mühsam. Die Berechnungsmethodik aus Excel in BuildingOne zu übernehmen, wäre einfacher, würde jedoch zu ungenaueren Ergebnissen führen, da die variierenden Volumina der einzelnen Schichten nicht berücksichtigt werden würden. Das exaktere Ergebnis liefert Building One, da das Add-on die genauen Daten direkt aus dem BIM-Modell ermittelt und mit dem Volumen rechnet.

BuildingOne ermöglicht eine bidirektionale Verbindung zum 3D-Modell, welche in dieser Arbeit nicht in beide Richtungen verwendet wurde, da nur die Synchronisation von Archicad zu BuildingOne benötigt wurde. Durch die bidirektionale Verbindung lassen sich auch Eigenschaften aus BuildingOne ins BIM-Modell übertragen. In Zukunft könnte man auch die Richtung BuildingOne zu Archicad verwenden, um die Ergebnisse der Berechnungen den jeweiligen Objekten zuzuweisen.

Abschließend lässt sich sagen, dass trotz mancher Schwierigkeiten die Erstellung von Ökobilanzen mithilfe von BIM großes Potential hat und in Zukunft weiter erforscht werden sollte.

1 EINLEITUNG

2 METHODISCHE VORGEHENSWEISE

3 STANDORT

4 ENTWURF

5 ÖKOBILANZ-ERGEBNISSE

6 SCHLUSSFOLGERUNG

7 VERZEICHNISSE

ANHANG

7. Verzeichnisse Quellenverzeichnis

Austrian-Standards

<https://www.austrian-standards.at/de/infopedia-themencenter/infopedia-artikel/building-information-modeling-bim/>
Zugriff 01/2016

alufenster (2008)

www.alufenster.at/rte/upload/pdf/infoblatt_oi3_ibo_080129.pdf
OI3 Ökologische und quantitative Bewertung von Fenstern,
Zugriff 12/2015

Azhar, S. (2011)

Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. Leadership and Management in Engineering, 11(3), 241-252.

Antón, L. Á., & Díaz, J. (2014)

Integration of life cycle assessment in a BIM environment. Procedia Engineering, 85, 26-32.

Basbagill, J.; Flager, F.; Lepech, M.; & Fischer, M. (2013)

Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts. Building and Environment, 60, 81-92.

buildipedia

<http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim>
Zugriff: 01/2016

BMLF (2009)

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft;
"Grund genug? Flächenmanagement in Österreich - Fortschritte und Perspektiven", Online-Publikation, Zugriff: 12/2015

dataholz

Bauteilaufbauten; <http://www.dataholz.at/de/>
Zugriff: 09/2015

IBO (2006)

Lipp, B.; OI3-Index; www.ibo.at/documents/OI3index.pdf; Zugriff 12/2015

IBO (2013)

OI3-Leitfaden, www.ibo.at/de/documents/20131016_OI3_Berechnungsleitfaden_V3.pdf,
Zugriff 12/2015

immopreisatlas

<http://www.immopreisatlas.at>
Zugriff: 12/2015

Jocher, T.; Loch, S. (2014)

Raumpilot. Grundlagen; Wüstenrot Stiftung Stuttgart [u.a.] : Krämer

klima-holz-mensch

<http://www.klima-holz-mensch.de/holz-reduziert-co2>
Zugriff 12/2015

Kogler, G. (2008)

Wohnbau, Holz-Passivhaus : mehrgeschossiger geförderter Wohnbau für 70 Wohneinheiten ; Wien : Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie 2008

Kotthoff, I. (2004)

Brandsichere Anwendung von Holz an der Fassade Wiederkehr, R., HTL, D. H. I., & Büro, S. M. H. I.

König, H. (2009)

Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung : Grundlagen, Berechnung, Planungswerkzeuge München : Inst. f. Internat. Architektur-Dokumentation 2009

MA 37 (2014)

Stellplatznovelle 2014; Magistrat der Stadt Wien Magistratsabteilung 37; Baupolizei

OIB (2015)

OIB-Richtlinie 2, Brandschutz; Österreichisches Institut für Bautechnik

OneTools

www.onetools.de
Zugriff: 12/2015

proholz

<http://www.proholz.at/zuschnitt/42/brandschutz/>
Zugriff: 10/2015

rockwool

Brandschutz; Klassifizierungssysteme
<http://www.rockwool.at/>
Zugriff 01/2016

Stamm-Teske, W. (2014)

Raumpilot. Wohnen; Wüstenrot Stiftung Stuttgart [u.a.] : Krämer

statistik-austria

Bevölkerungsprognose
www.statistik-austria.at
Zugriff: 11/2015

wien-gv

www.wien.gv.at/stadtplan
Zugriff: 05/2015

Wenn nicht anders angegeben, stammen die Abbildungen von der Verfasserin.

Abb.1.1	Bevölkerungswachstum in Wien	9
Abb.1.2	Dauersiedlungsraum in Wien verglichen mit Burgenland	9
Abb.1.3	Baugrundpreise im Bundesländervergleich, (immopreisatlas, 2015, Anpassung)	9
Abb.1.4	Flächeneffizienz- und Rückgewinnung	10
Abb.1.5	BIM-Modell als Kern der nachfolgenden Berechnungen	10
Abb.1.6	Potentiale in Wien	12
Abb.1.7	BIM, Feedbackschleife (buildipedia 2016, Anpassung)	15
Abb.1.8	Ziele der Arbeit	16
Abb.2.1	OI3BGX (OI3, 2013)	21
Abb.2.2	GWP(100)vorher und nachher	22
Abb.2.3	Berechnungsblatt in MS Excel	22
Abb.2.4	Arbeitsablauf der beiden Berechnungswerkzeuge	23
Abb.2.5	Arbeitsablauf Archicad19-BuildingOne	25
Abb.2.6	Verknüpfung zwischen Inputdaten und BIM-Modell	25
Abb.2.7	Direkte Verbindung aus Archicad zu BuildingOne	25
Abb.2.8	Neue Eigenschaften in BuildingOne hinzufügen	26
Abb.2.9	Zuordnen von Öko-Kennzahlen in BuildingOne	26
Abb.2.10	Bauteil "Wand" mit den jeweiligen Schichten und Eigenschaften	26
Abb.2.11	Benennung der Baustoffe in Archicad 19 und Ebenenkombination OI3_1	27
Abb.3.1	Lage in Wien (neteschal, 2015)	30
Abb.3.2	Luftbild 1 (wien.gv, 2015)	31
Abb.3.3	Erschließung (wien.gv, 2015)	31
Abb.3.4	Luftbild 2 (wien.gv, 2015)	31
Abb.3.5	Südostfassade des Lidl	32
Abb.3.6	Südwestfassade; öffentliche Parkplätze	32
Abb.3.7	Südostfassade; Eingang des Lidl	33
Abb.3.8	Nordostfassade; Handelskai	33
Abb.3.9	Lage des neuen Wohnbaus	34
Abb.3.10	Lage des neuen Wohnbaus 2	34
Abb.3.11	Bestandsplan 1:250	36
Abb.4.1	Lageplan 1:1000	42
Abb.4.2	Erdgeschoßplan 1:200	46
Abb.4.3	1.OG-Plan 1:200	50
Abb.4.4	Regelgeschoßplan 1:200	54
Abb.4.5	Untergeschoßplan 1:200	58
Abb.4.6	Schnitt A - A 1:200	62
Abb.4.7	Schnitt B - B 1:200	66
Abb.4.8	Rendering, Blick aus Westen	70

Abb.4.9	Rendering, Blick aus Osten	71	105
Abb.4.10	Brandabschnitte, Schnitt A-A	73	
Abb.4.11	Brandabschnitte, Schnitt B-B	73	
Abb.4.12	Brandabschnitte, EG	73	
Abb.4.13	Brandabschnitte, 1.OG	73	
Abb.4.14	Brandabschnitte, UG	73	
Abb.4.15	Unterbrechung der Hinterlüftung durch eine Blechschürze (Kotthoff, I.,2004)	73	
Abb.4.16	detailliertes 3D-Modell in Archicad	75	
Abb.4.17	3D-Modell (.ifc-Datei) vor der Überarbeitung in Dlubal RFEM	75	
Abb.4.18	Überarbeitetes 3D-Modell in Dlubal RFEM	76	
Abb.4.19	Fehlerbaum: Archicad 19 - RFEM	76	
Abb.4.20	Arbeitsablauf Archicad 19 - RFEM	77	
Abb.4.21	optimierter Arbeitsablauf Archicad 19 - RFEM	77	
Abb.5.1	Bilanzgrenze 1	80	
Abb.5.2	OI3BG1 im Vergleich	89	
Abb.5.3	OI3KON und die jeweiligen Bauteilflächen	89	
Abb.5.4	GWP_absolut im Vergleich	91	
Abb.5.5	GWPvorher/Person und GWPnachher/Person	91	
Abb.5.6	Ergebnisse GWPvorher/Person und GWPnachher/Person	91	
Abb.5.7	GWP, AP und PEI absolut im Vergleich	92	
Abb.5.8	Optimierungen durch die Nachverdichtung	93	
Abb.5.9	Vergleich der Berechnungswerkzeuge	95	
Abb.5.10	Vergleich der Ergebnisse	95	
Abb.5.11	Gesamtergebnis in BuildingOne	96	
Abb.5.12	Mehrfachbearbeitung in BuildingOne	96	

ANHANG

Anhang 1

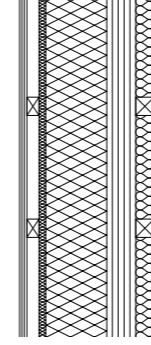
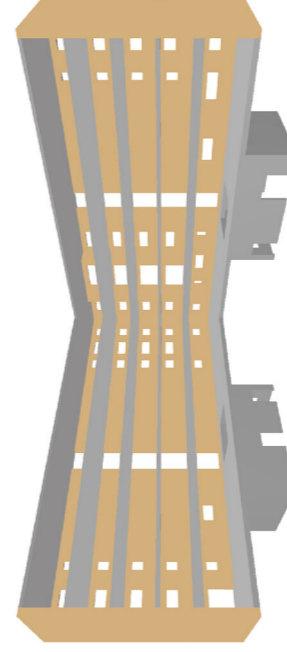
Berechnungsblätter (von der Verfasserin in MS Excel erstellt)

Wohnbau - vor der statischen Optimierung	107-117
Wohnbau - nach der statischen Optimierung	118-126
Bestand	127-140

Anhang 2

Bestandspläne von der MA 37	141-143
-----------------------------	---------

Berechnungsblätter, Wohnbau
 vor der statischen Optimierung
 für die Berechnungen wurde immer
 die "Dichte IBO" herangezogen



A-W-Holzmassivbau aus dataholz.com (bearbeitet)

OBKON - und GWPI(100) - Berechnung

	Bauteilaufbau (dataholz-bearbeitet)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWPI(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Außenverkleidung	Brettspertholz	0,024	470	440	-1,103	0,0023	8,02	10,56	10,56
2	Holz Fichte Lattung (40/60) 10%	Schnittholz F1 _{rauh} Lufttrocken (10%)(Lattung)	0,04	500	540	-1,405	0,0006	1,86	21,6	21,6
3	Holzfaserdämmplatte	Holzfaserplatte, porös 250 kg/m³	0,022	240	250	-0,154	0,0112	14,01	5,5	5,5
4	Holzfaserdämmung	Holzfaser-Dämmplatte 160 kg/m³	0,2	125	160	-0,804	0,004	15,55	32	32
5	Brettspertholz	Brettspertholz	0,1	470	440	-1,103	0,0023	8,02	44	44
6	Holz Fichte Lattung (60/60) 10%	Schnittholz F1 _{rauh} Lufttrocken (10%)(Lattung)	0,06	500	540	-1,405	0,0006	1,86	32,4	32,4
7	Minerwolle 20%	Steinwolle MW-W (20%)	0,05	18	33	1,935	0,0141	23,19	1,98	1,782
8	Platzpfl. Feuerschutzplatte	Gipskartonplatte (Feuerschutz)	0,025	900	850	0,192	0,0007	4,68	21,25	21,25
		Dicke des Bauteils	0,271							
		AP [kg SO2/m²]	PE _{line} [MJ/m²]							
1	-11,65	0,02	84,69							
2	-3,03	0,00	4,02							
3	-0,85	0,06	77,06							
4	-25,73	0,13	497,60							
5	-46,53	0,10	352,88							
6	-4,55	0,00	6,03							
7	3,45	0,03	41,32							
8	4,08	0,01	99,45							
Summe	-86,81	0,36	1163,04							
	O _{lewp}	O _{lewp}	O _{lewp}							
	-18,41	59,33	66,30							

OBKON - und GWPI(100) - Berechnung

1	11,65	0,02	84,69							
2	3,03	0,00	4,02							
3	0,85	0,06	77,06							
4	25,73	0,13	497,60							
5	46,53	0,10	352,88							
6	4,55	0,00	6,03							
7	-3,45	0,03	-41,32							
8	-4,08	0,01	-99,45							
Summe	86,81	0,36	1163,04							
	O _{lewp}	O _{lewp}	O _{lewp}							
	18,41	59,33	66,30							

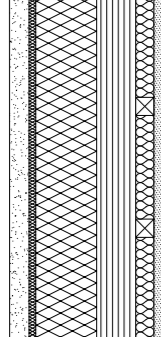
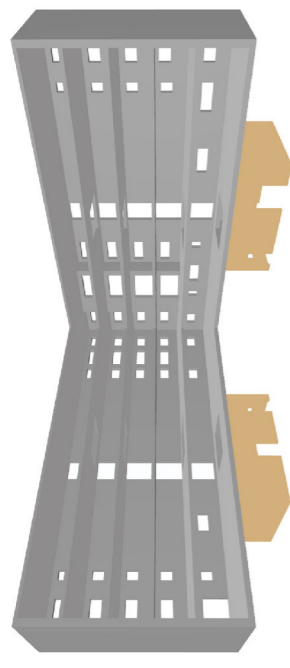
$O_{lewp} = 1/2 \cdot (x+50)$
 $O_{lewp} = 100/0,25 \cdot (x-0,21)$
 $O_{lewp} = 1/10 \cdot (x-500)$

$O_{lewp} = 1/3 \cdot O_{lewp} + 1/3 \cdot O_{lewp} + 1/3 \cdot O_{lewp}$

OBKON [Punkte]	35,74
----------------	-------

Summe GWPI(100) [kg CO2 eq./m²]	-86,81
---------------------------------	--------

Berechnungsblätter, Wohnbau
vor der statischen Optimierung



AW-Holzmassivbau_kern_EG

OBKON - und GWPI(100) - Berechnung

A	Bauteilaufbau (dataholz-bearbeitet)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWPI(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Putz	Kalkzementputz	0,064	-	1800	0,155	0,0004	1,46	115,2	115,2
2	Holzfaserdämmplatte	Holzfaserplatte, porös 250kg/m³	0,022	240	250	-0,154	0,0112	14,01	5,5	5,5
3	Holzfaserdämmung	Holzfaser-Dämmplatte 160 kg/m³	0,1	125	160	-0,804	0,004	15,55	32	32
4	Brettspertholz	Brettspertholz	0,1	470	440	-1,103	0,0033	8,02	44	44
5	Holz Fichte Lattung 60/60 10%	Schnittholz Ff rauh, Lufttrocken (10%)[Lattung]	0,06	500	540	-1,405	0,0066	1,86	32,4	3,24
6	Minerwolle 90%	Steinwolle MW-SW (90%)	0,06	18	33	1,935	0,0141	23,19	1,98	1,782
7	Rigips-Feuerschutzplatte	Gipskartonplatte (Flammenschutz)	0,025	900	850	0,192	0,0007	4,68	21,25	21,25
		Dicke des Bauteils	0,471							

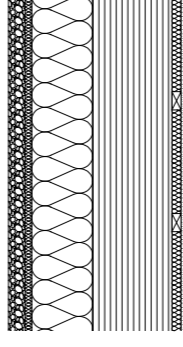
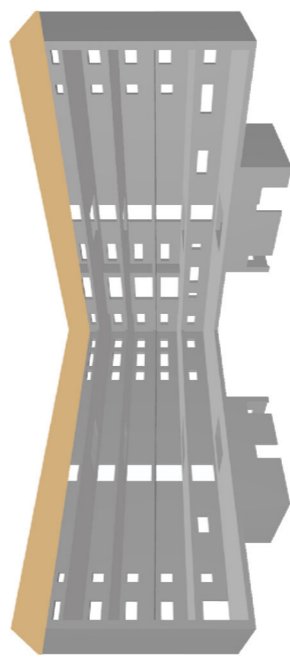
	GWPI(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2/m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	17,86	0,05	168,19
2	-0,85	0,06	77,06
3	-25,73	0,13	497,60
4	-48,53	0,10	352,88
5	-4,55	0,00	6,03
6	3,45	0,03	41,32
7	4,08	0,01	99,45
Summe	-54,28	0,38	1242,53
O _{leWP}			O _{lePE}
	-2,14	67,53	74,25

O_{leWP} = 1/2 * (κ+50)
 O_{leP} = 100/0,25 * (κ-0,21)
 O_{lePE} = 1/10 * (κ-500)

O_{IBKon} = 1/3 O_{leWP} + 1/3 O_{leP} + 1/3 O_{lePE}

O _{IBKon} [Punkte]	46,55
Summe GWPI(100) [kg CO2 eq./m²]	-54,28

Berechnungsblätter, Wohnbau
vor der statischen Optimierung



Flächdeich-Holzmassivbau aus dataholz.com (bearbeitet)

OBKON-Berechnung

A	Bauteilaufbau (dataholz-bearbeitet)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWPI(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Schüttung Kies	Mies	0,05	1800	1800	0,004	0	0,08	90	90
2	Trennlvlies	Vlies (PE)	0,0015	-	600	2,833	0,0087	9,17	0,9	0,9
3	Dachabdeckungsbahn	Bitumen	0,0015	-	1050	0,427	0,0054	5,193	1,575	1,575
4	Dämmung (Minerwolle)	Steinwolle MW-W	0,2	500	33	1,935	0,0141	23,19	6,6	6,6
5	Abdichtungsbahn	PE Dichtungsbahn	0,0015	-	1000	2,079	0,0079	74,08	1,5	1,5
6	Brettspertholz	Brettspertholz	0,14	500	440	-1,103	0,0023	8,02	61,6	61,6
7	Lattung 10%	Schnittholz Ff rauh, Lufttrocken (10%)	0,03	500	540	-1,405	0,0066	1,86	16,2	1,62
8	Minerwolle 90%	Steinwolle MW-W (90%)	0,03	18	33	1,935	0,0141	23,19	0,99	0,891
9	Gipskartonplatte	Gipskartonplatte (Flammenschutz)	0,0125	900	850	0,192	0,0007	4,68	10,625	10,625
		Dicke des Bauteils	0,437							

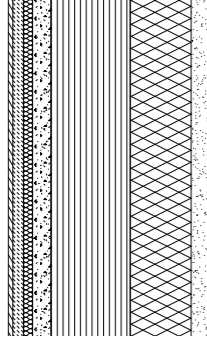
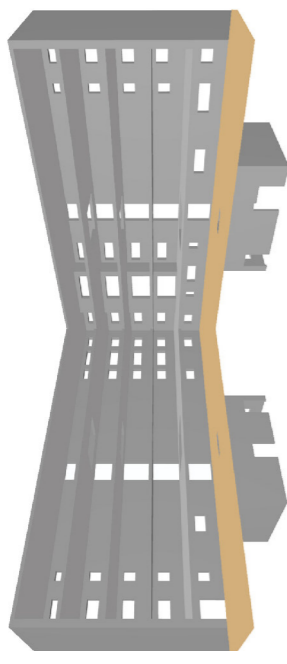
	GWPI(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2/m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	0,36	0,00	7,20
2	2,55	0,01	83,85
3	0,67	0,01	81,79
4	12,77	0,09	153,05
5	3,15	0,01	111,12
6	-67,84	0,14	-494,03
7	-2,28	0,00	-3,01
8	1,72	0,01	20,66
9	2,04	0,01	49,73
Summe	-46,96	0,28	1004,45
O _{leWP}			O _{lePE}
	1,52	29,56	50,44

O_{leWP} = 1/2 * (κ+50)
 O_{leP} = 100/0,25 * (κ-0,21)
 O_{lePE} = 1/10 * (κ-500)

O_{IBKon} = 1/3 O_{leWP} + 1/3 O_{leP} + 1/3 O_{lePE}

O _{IBKon}	27,17
Summe GWPI(100) [kg CO2 eq./m²]	-46,96

Berechnungsblätter, Wohnbau
vor der statischen Optimierung



Dicke gegen Außenluft

OBKON-Berechnung

	Bauteilaufbau (eigener Aufbau)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWP100 [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Belag (Parkett)	Massivparkett	0,015	/	745	0,065	0,0051	19,07	11,175	11,175
2	Zementestrich	Estrichbeton	0,035	/	2000	0,12	0,0003	1,1	70	70
3	Trittschicht	Bitumenpappe	0,001	/	1100	0,185	0,0005	45,54	1,1	1,1
4	Trittschalldämmung	Steinwolle Trittschalldämmung	0,03	/	100	1,935	0,0141	23,19	3	3
5	Spitterschüttung	Spillt	0,06	1700	1600	0,007	0	0,11	96	96
6	Rieseschutz	Vlies (PE)	0,0015	/	600	2,833	0,0087	93,17	0,9	0,9
7	Brettspertholz	Brettspertholz	0,15	/	440	-1,103	0,0033	8,02	66	66
8	Abdichtung	PE Dichtungsbahn	0,0015	/	1000	2,097	0,0079	74,08	1,5	1,5
9	Wärmedämmung	Holzfaser-Dämmplatte 160kg/m³	0,2	/	160	-0,804	0,004	15,55	32	32
10	Putz	Kalkzementputz	0,06	/	1800	0,155	0,0004	1,46	108	108
A		Dicke des Bauteils	0,5540							

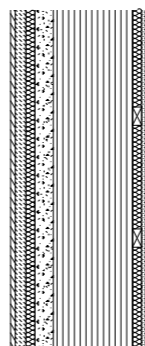
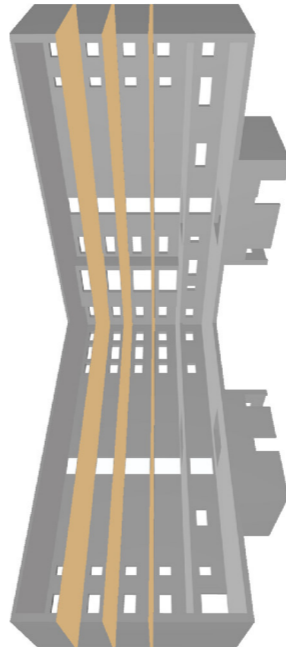
	GWP100 [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2 eq./m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	0,73	0,06	213,11
2	8,40	0,02	77,00
3	0,20	0,01	50,09
4	5,81	0,04	69,57
5	0,67	0,00	10,56
6	2,55	0,01	83,85
7	-72,80	0,15	529,32
8	3,15	0,01	111,12
9	-25,73	0,13	497,60
10	16,74	0,04	157,88
Summe	-60,28	0,87	1799,90
O _{lWP}		O _{lAP}	O _{lPE_{line}}
	-5,14	103,61	129,99

OB_{KON} **76,15**

Summe GWP100 **-60,28**
[kg CO2 eq./m²]

O_{lWP} = 1/2 * (k+50)
 O_{lAP} = 100/0,25 * (k-0,21)
 O_{lPE_{line}} = 1/10 * (k-500)
 O_{B_{KON}} = 1/3 O_{lWP} + 1/3 O_{lAP} + 1/3 O_{lPE_{line}}

Berechnungsblätter, Wohnbau
vor der statischen Optimierung



Geschärfte Holmassivbau aus dataholz.com [bearbeitet]

OBKON-Berechnung

	Bauteilaufbau (dataholz-bearbeitet)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWP100 [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Belag (Parkett)	Massivparkett	0,015	/	745	0,065	0,0051	19,07	11,175	11,175
2	Zementestrich	Estrichbeton	0,035	2000	2000	0,12	0,0003	1,1	70	70
3	Trittschicht	Bitumenpappe	0,001	/	1100	0,185	0,0005	45,54	1,1	1,1
4	Trittschalldämmung	Steinwolle Trittschalldämmung	0,03	120	1100	1,935	0,0141	23,19	3	3
5	Spitterschüttung	Spillt	0,06	1700	1600	0,007	0	0,11	96	96
6	Rieseschutz	Vlies (PE)	0,0015	/	600	2,833	0,0087	93,17	0,9	0,9
7	Brettspertholz (5-lagig)	Schmittholz F1 rauh, Lufttrocken (10%)	0,14	500	440	-1,103	0,0023	8,02	61,6	61,6
8	Latung	Latung	0,03	/	540	-1,405	0,0006	1,86	16,2	16,2
9	Mineralwolle 90%	Steinwolle MW-W (90%)	0,03	18	33	1,935	0,0141	23,19	0,99	0,99
10	Gipskartonplatte	Gipskartonplatte (Flammschutz)	0,0125	900	850	0,192	0,0007	4,68	10,625	10,625
U		Dicke des Bauteils	0,325							

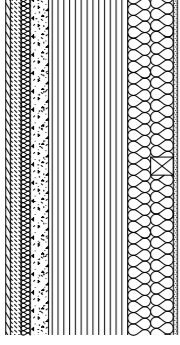
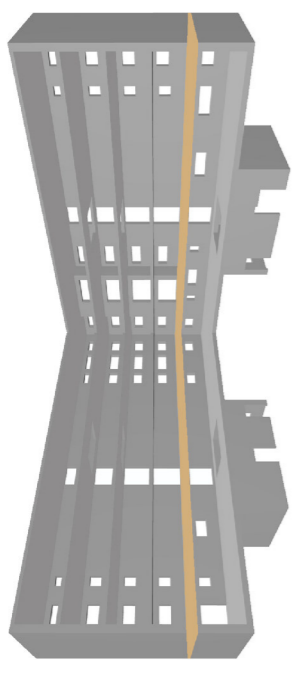
	GWP100 [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2 eq./m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	0,73	0,06	213,11
2	8,40	0,02	77,00
3	0,20	0,01	50,09
4	5,81	0,04	69,57
5	0,67	0,00	10,56
6	2,55	0,01	83,85
7	-67,94	0,14	494,03
8	-2,28	0,00	3,01
9	1,72	0,01	20,66
10	2,04	0,01	49,73
Summe	-48,10	0,30	1071,62
O _{lWP}		O _{lAP}	O _{lPE_{line}}
	0,95	34,73	57,16

OB_{KON} **30,95**

Summe GWP100 **-48,10**
[kg CO2 eq./m²]

O_{lWP} = 1/2 * (k+50)
 O_{lAP} = 100/0,25 * (k-0,21)
 O_{lPE_{line}} = 1/10 * (k-500)
 O_{B_{KON}} = 1/3 O_{lWP} + 1/3 O_{lAP} + 1/3 O_{lPE_{line}}

Berechnungsblätter, Wohnbau
vor der statischen Optimierung



Geschäftsdruck: Büro Holzmischbau aus dat@holz.com | bearbeitet

OIBKON-Berechnung

O	Bauteilbau (dataholz-bearbeitet)	entsprechende Bauteilschichten- IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWP(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PEI _{re} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Beleg (Parkett)	Massivparkett	0,015	/	745	0,065	0,0051	19,07	11,175	11,175
2	Zementestrich	estrichbeton	0,035	2000	2000	0,12	0,0003	1,1	70	70
3	Trennschicht	Blumenpappe	0,001	/	1100	0,185	0,0055	45,54	1,1	1,1
4	Trittschalldämmung	Sternwolle Trittschalldämmung	0,03	120	100	1,935	0,0141	23,19	3	3
5	Splittschüttung	Splitt	0,06	1700	1600	0,007	0	0,11	96	96
6	Rieseschutz	Vlies (PE)	0,0015	/	600	2,833	0,0087	93,17	0,9	0,9
7	Brettsper Holz (5-lagig)	Brettsperholz	0,14	500	440	-1,103	0,0023	8,02	61,6	61,6
8	Laibung	Schnittholz F. rauh, Lufttrocken (10%)	0,15	540	540	-1,405	0,0006	1,86	81	8,1
9	Mineralfolle 90%	Steinwolle MW-W (90%)	0,15	18	33	1,935	0,0141	23,19	4,95	4,455
10	Gipskartonplatte	Gipskartonplatte (flammgeschützt)	0,0125	900	850	0,124	0,0007	4,68	10,625	10,625
U	Dicke des Bauteils		0,445							

	AP [kg SO2/m²]	PEI _{re} [MJ/m²]
1	0,73	213,11
2	8,40	77,00
3	0,01	50,09
4	5,81	69,57
5	0,67	10,56
6	2,55	85,85
7	-47,94	-494,03
8	-11,38	15,07
9	8,62	103,31
10	2,04	49,73
Summe	-50,31	1166,32
O _{lwp}		
O _{lwp}	-0,15	56,39

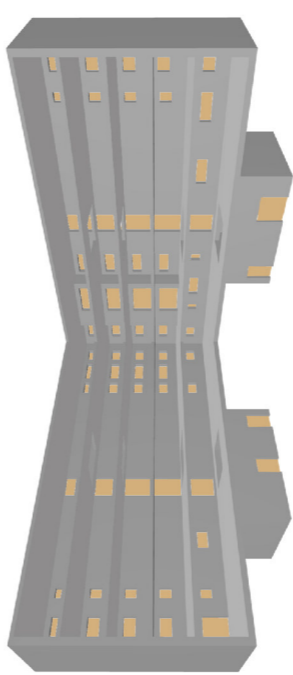
OIBKON **40,95**

Summe GWP(100) [kg CO2 eq./m²] **-50,31**

O_{lwp} = 1/2 * (x+50)
 O_{lwp} = 100/0,25 * (x-0,21)
 O_{lwp} = 1/10 * (x-500)

O_{lBkon} = 1/3 O_{lwp} + 1/3 O_{lwp} + 1/3 O_{lwp}

Berechnungsblätter, Wohnbau
Türen und Fenster



Türen

OIBKON-Berechnung

Material	IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte IBO [kg/m³]	GWP [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PEI _{re} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]
1 Massivholz	Brettsperholz	0,1	440	-1,103	0,0023	8,02	44

GWP(100) [kg CO2/m²]	AP [kg SO2/m²]	PEI _{re} [MJ/m²]
-48,532	0,1012	352,88
O _{lwp}	O _{lwp}	O _{lwp}
0,734	-43,52	-14,712

O_{lwp} = 1/2 * (x+50)
 O_{lwp} = 100/0,25 * (x-0,21)
 O_{lwp} = 1/10 * (x-500)

O_{lBkon} **-19,166**

O_{lBkon} = 1/3 O_{lwp} + 1/3 O_{lwp} + 1/3 O_{lwp}

Summe GWP(100) [kg CO2 eq./m²] **-48,53**

Fenster komplett (Holz) [l/m²]
(für Standardgröße 1,23x1,48)

OIBKON-Berechnung

GWP(100) [kg CO2 /m²]	AP [kg SO2/m²]	PEI _{re} [MJ/m²]
10,5	0,25	670
O _{lwp}	O _{lwp}	O _{lwp}
30,25	16	17

O_{lBkon} **21,08**

Summe GWP(100) [kg CO2 eq./m²] **10,50**

Berechnungsblätter, Wohnbau Flächenermittlung

Flächenberechnungen

alle in O1AW_Kern EG				2 in O1AW_Kern EG	
Fenster	3flg-Fenster*3,2 x 2,2	3flg-Fenster*2,4 x 2,2	2flg-Fenster*1,6 x 2,2	1flg-Fenster*1,6 x 1	2flg-Fenster*2,4 x 1
Fläche [m²]	7,04	5,28	1,6	2,4	0,8
Anzahl	24	4	20	3	4
Fläche gesamt [m²]	168,96	21,12	100	51,2	48,2
					3,2
					43,2
					19,2

Fensterflächen [m²] 483,68

alle in O1AW_Kern EG		1 in O1AW_Kern EG	
Türen	Tür 1,1 x 2,1	Tür 2,0 x 2,1	
Fläche [m²]	2,31	4,2	
Anzahl	3	2	
Fläche gesamt [m²]	6,93	8,4	
		15,33	

*Terrasentür ist bei den Fensterflächen inkludiert, da sie wie die Fenster aus Glas und Rahmen besteht

Türen und Fenster in O1AW_Kern EG [m²]	25,53
Türen und Fenster in O1AW [m²]	473,48

O1 AW		2.-5.OG		Gesamte Flächen		seitl. Wände der Balkone	
Länge [m]	143,625	143,625	1,7	143,625	1,7		
Höhe [m]	4,054	12	12	12	12		
Anzahl	1	1	1	1	2		
Fläche [m²]	582,26	1723,5	40,8	1723,5	40,8		
				O1AW inkl. Tür- und Fensterflächen [m²]	2370,56		
				O1AW ohne Tür- und Fensterflächen [m²]	1897,08		

O1AW_Kern EG	
Länge [m]	78,028
Höhe [m]	3,946
Anzahl	1
Fläche [m²]	307,90

O1AW_Kern EG inkl. Tür- und Fensterflächen [m²]	307,90
O1AW_Kern EG ohne Tür- und Fensterflächen [m²]	282,37

O1 Flachdach	
Fläche [m²]	717,47
Anzahl	1
Fläche gesamt [m²]	717,47

O1 Decke gegen Außenluft	
Fläche [m²]	681,79
Anzahl	1
Fläche gesamt [m²]	681,79

O1 Geschosßdecke	
Fläche [m²]	667,32
Anzahl	3
Fläche gesamt [m²]	2001,96

O1 Geschosßdecke_Büro	
Fläche [m²]	681,79
Anzahl	1
Fläche gesamt [m²]	681,79

Berechnungsblätter, Wohnbau vor der statischen Optimierung

O13B61_Wohnbau

	O1AW	O1AW_Kern EG	O1 Flachdach	O1 Decke geg. Außenluft	O1 Geschosßdecke	O1 Geschosßdecke_Büro	Türen	Fenster
O13kon	35,74	46,55	27,17	76,15	30,95	40,95	-19,166	21,08
Fläche [m²]	1897,08	282,37	717,47	681,79	2001,96	681,79	15,33	483,68
O13kon * Fläche	67807,43	13143,82	19497,23	51920,00	61955,05	27922,46	-293,81	10197,59

Fläche gesamt [m²] 6761,46

∑(O13kon * Fläche) 252149,77

O13B61 = ∑(O13KON * Fläche)
Fläche gesamt

O13B61_Wohnbau = 37,29

Berechnungsblätter, Wohnbau vor der statischen Optimierung

GWP(100)_Wohnbau

	01AW	01AW_Kern EG	01Flachdach	01Decke geg. Außenluft	01Geschoßdecke	Büro	Türen	Fenster
GWP(100) pro m ² [kg CO ₂ eq./m ²]	-86,81	-54,28	-46,96	-60,28	-48,10	-50,31	-48,53	10,50
Fläche [m ²]	1897,07575	282,37	717,47	681,79	2001,96	681,79	15,33	483,68
GWP(100) [kg CO ₂ eq.]	-164691,80	-15325,56	-33691,02	-41100,98	-96294,76	-34299,70	-744,00	5078,64

GWP(100)_Wohnbau = Summe GWP(100) aller Bauteile

GWP(100)_Wohnbau = -381069,17 [kg CO₂ eq.]

AP_Wohnbau

	01AW	01AW_Kern EG	01Flachdach	01Decke geg. Außenluft	01Geschoßdecke	Büro	Türen	Fenster
AP pro m ² [kg SO ₂ eq./m ²]	0,36	0,38	0,28	0,47	0,30	0,35	0,1012	0,25
Fläche [m ²]	1897,08	282,37	717,47	681,79	2001,96	681,79	15,33	483,68
AP [kg SO ₂ eq.]	679,78	106,97	203,69	319,77	594,23	239,28	1,55	120,92

AP_Wohnbau = Summe AP aller Bauteile

AP_Wohnbau = 2266,20 [kg SO₂ eq.]

PEine_Wohnbau

	01AW	01AW_Kern EG	01Flachdach	01Decke geg. Außenluft	01Geschoßdecke	Büro	Türen	Fenster
MJ pro m ² [MJ/m ²]	1163,04	1242,53	1004,45	1799,90	1071,62	1166,32	352,88	670
Fläche [m ²]	1897,08	282,37	717,47	681,79	2001,96	681,79	15,33	483,68
MJ [MJ]	2206384,05	350850,75	720662,20	1227156,72	2145333,85	795184,43	5409,65	324065,60

PEI_Wohnbau = Summe PEI aller Bauteile

PEI_Wohnbau = 7775047,24 [MJ]

Berechnungsblätter, Wohnbau vor der statischen Optimierung

GWP(100)_gesamt pro Person

Personenanzahl	Wohnbau	LIDL
	72	10
Summe Personenanzahl		82

LIDL
GWP(100)_LIDL [kg CO ₂ eq.]
GWP(100)_LIDL [t CO ₂ eq.]
440094,42
440,09

Wohnbau

GWP(100)_Wohnbau [kg CO ₂ eq.]
GWP(100)_Wohnbau [t CO ₂ eq.]
-381069,17
-381,07

GWP(100)vorher/Person = _____ GWP(100) LIDL [t CO₂ eq.]

[t CO₂ eq./Person] Personenanzahl (LIDL)

GWP(100)vorher/Person = _____ 440,09

[t CO₂ eq./Person] 10

GWP(100)nachher/Person = _____ GWP(100) LIDL + GWP(100) Wohnbau [t CO₂ eq.]

[t CO₂ eq./Person] Personenanzahl (LIDL+Wohnbau)

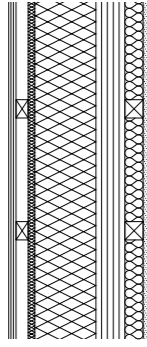
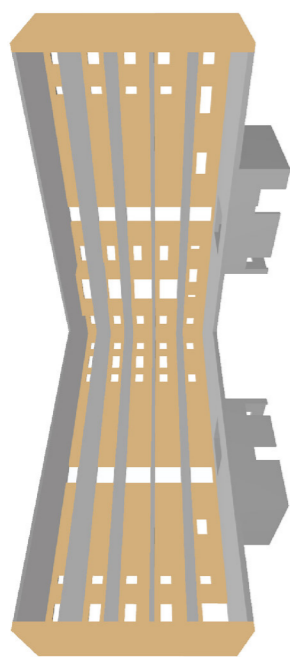
GWP(100)nachher/Person = _____ 59,03

[t CO₂ eq./Person] 82

GWP(100)vorher pro Person = 44,01 [t CO₂/Person]

GWP(100)nachher pro Person = 0,72 [t CO₂/Person]

Berechnungsblätter, Wohnbau
nach der statischen Optimierung



AW-Holzmassivbau aus dataholz.com (bearbeitet)

OBKON - und GWPL(100) - Berechnung

A	Bauteil Aufbau (dataholz-bearbeitet)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWPL(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PEI _{hw} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Außenverkleidung	Brettspernholz	0,024	470	440	-1,103	0,0023	8,02	10,56	10,56
2	Holz Fichte Lattung 40/60 10%	Schnittholz Frauh. Lufttrocken (10%) [Lattung]	0,04	500	540	-1,405	0,0006	1,86	21,6	21,6
3	Holzfaserdämmung	Holzfaserplatte, porös 250 kg/m³	0,022	240	250	-0,154	0,0112	14,01	5,5	5,5
4	Holzfaserdämmung	Holzfaser-Dämmplatte 150 kg/m³	0,2	125	160	-0,804	0,004	15,55	32	32
5	Brettspernholz	Brettspernholz	0,095	470	440	-1,103	0,0023	8,02	41,8	41,8
6	Holz Fichte Lattung 60/60 10%	Schnittholz Frauh. Lufttrocken (10%) [Lattung]	0,06	500	540	-1,405	0,0006	1,86	32,4	32,4
7	Minerwolle 90%	Steinwolle MW-W (90%)	0,06	18	33	1,935	0,0141	23,19	1,98	1,782
8	Rigips Feuerschutzplatte	Gipskartonplatte (Flammschutz)	0,025	900	850	0,132	0,0007	4,68	21,25	21,25
		Dicke des Bauteils	0,466							

	GWPL(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2/m²]	PEI _{hw} [MJ/m²]
1	-11,65	0,02	84,69
2	-3,03	0,00	4,02
3	-0,85	0,06	77,06
4	-25,73	0,13	497,60
5	-46,11	0,10	335,24
6	-4,55	0,00	6,03
7	3,45	0,03	41,32
8	4,08	0,01	99,45
Summe	-84,39	0,35	1145,40
	O _{lewp}	O _{lhw}	
	-17,19	57,31	64,54

$O_{lewp} = 1/2 * (k+50)$

$O_{lhw} = 100/0,25 * (k-0,21)$

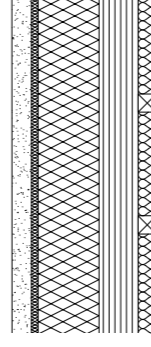
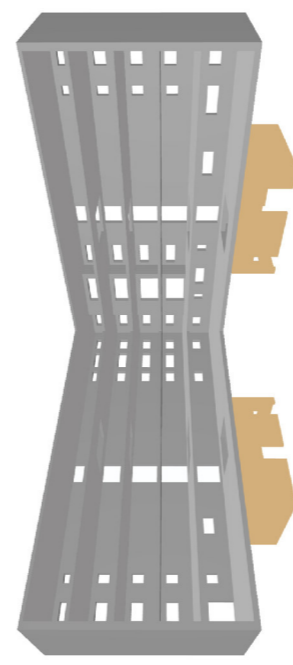
$O_{lhw} = 1/10 * (k-500)$

$O_{lhw} = 1/3 * O_{lewp} + 1/3 * O_{lhw} + 1/3 * O_{lhw}$

OB_{kon} [Punkte] **34,86**

Summe GWPL(100) [kg CO2 eq./m²] **-84,39**

Berechnungsblätter, Wohnbau
nach der statischen Optimierung



AW-Holzmassivbau_Kern_EG

OBKON - und GWPL(100) - Berechnung

A	Bauteil Aufbau (dataholz-bearbeitet)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWPL(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PEI _{hw} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Putz	Kalkemertputz	0,064	240	1800	0,155	0,0004	1,46	115,2	115,2
2	Holzfaserdämmung	Holzfaserplatte, porös 250kg/m³	0,022	125	160	-0,154	0,0112	14,01	5,5	5,5
3	Holzfaserdämmung	Holzfaser-Dämmplatte 150 kg/m³	0,2	470	440	-0,804	0,004	15,55	32	32
4	Brettspernholz	Brettspernholz	0,128	470	440	-1,103	0,0023	8,02	56,32	56,32
5	Holz fichte Lattung 60/60 10%	Schnittholz Frauh. Lufttrocken (10%) [Lattung]	0,06	500	540	-1,405	0,0006	1,86	32,4	32,4
6	Minerwolle 90%	Steinwolle MW-W (90%)	0,06	18	33	1,935	0,0141	23,19	1,98	1,782
7	Rigips Feuerschutzplatte	Gipskartonplatte (Flammschutz)	0,025	900	850	0,132	0,0007	4,68	21,25	21,25
		Dicke des Bauteils	0,499							

	GWPL(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2/m²]	PEI _{hw} [MJ/m²]
1	17,86	0,05	168,19
2	-0,85	0,06	77,06
3	-25,73	0,13	497,60
4	-46,12	0,10	451,69
5	-4,55	0,00	6,03
6	3,45	0,03	41,32
7	4,08	0,01	99,45
Summe	-67,86	0,41	1341,33
	O _{lewp}	O _{lhw}	
	-8,93	78,86	84,13

$O_{lewp} = 1/2 * (k+50)$

$O_{lhw} = 100/0,25 * (k-0,21)$

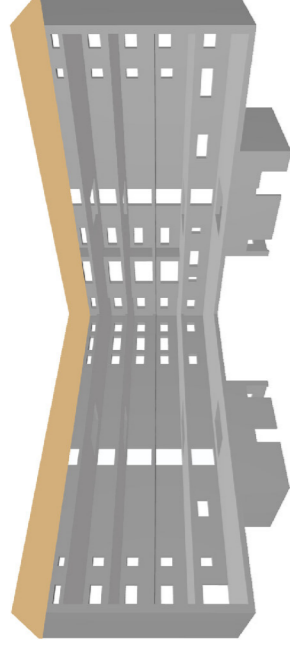
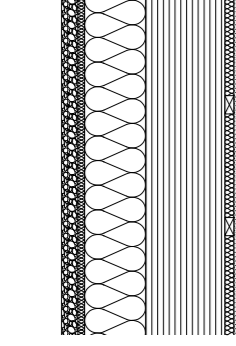
$O_{lhw} = 1/10 * (k-500)$

$O_{lhw} = 1/3 * O_{lewp} + 1/3 * O_{lhw} + 1/3 * O_{lhw}$

OB_{kon} [Punkte] **51,36**

Summe GWPL(100) [kg CO2 eq./m²] **-67,86**

Berechnungsblätter, Wohnbau
nach der statischen Optimierung



Flächholz-Holzmassivbau aus dataholz.com (bearbeitet)

OIBKON-Berechnung

A	Bauteilaufbau (dataholz-bearbeitet)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWP(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{flw} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Schüttung Kies	Kies	0,05	1800	1800	0,004	0	0,08	90	90
2	Trennvlies	Vlies (PE)	0,0015	-	600	2,833	0,0087	93,17	0,9	0,9
3	Dachabdichtungsbahn	Blumen	0,0015	-	1050	0,427	0,0054	51,93	1,575	1,575
4	Dämmung (Mineralfolle)	Steinwolle MV-W	0,2	-	33	1,935	0,0141	23,19	6,6	6,6
5	Abdichtungsbahn	PE Dichtungsbahn	0,0015	-	1000	2,097	0,0079	74,08	1,5	1,5
6	Brettspertholz	Brettspertholz	0,26	500	440	-1,103	0,0023	8,02	114,4	114,4
7	Lattung 10%	Schnittholz F1 rauh, Lufttrocken (10%)	0,03	-	540	-1,405	0,0006	1,86	16,2	16,2
8	Mineralfolle 90%	Steinwolle MV-W (90%)	0,03	-	18	1,935	0,0141	23,19	0,99	0,99
9	Gipskartonplatte	Gipskartonplatte (Flammenschutz)	0,0125	900	850	0,132	0,0007	4,68	10,625	10,625
	Dicke des Bauteils		0,357							

	GWP(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2/m²]	PE _{flw} [MJ/m²]
1	0,36	0,00	7,20
2	2,55	0,01	83,85
3	0,67	0,01	81,79
4	12,77	0,09	153,05
5	3,15	0,01	111,12
6	-126,18	0,26	917,49
7	-2,28	0,00	3,01
8	1,72	0,01	20,66
9	2,04	0,01	49,73
Summe	-105,20	0,41	1427,91
O _{flwP}			
	-27,60	78,14	92,79

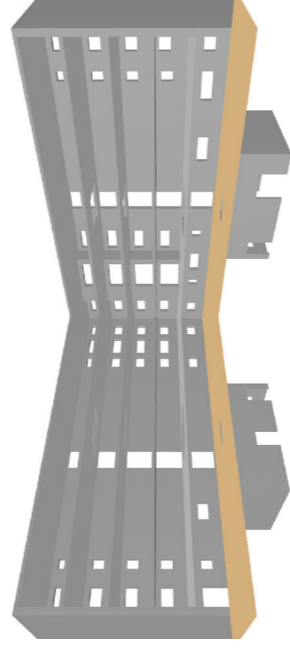
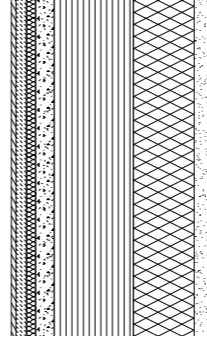
O_{flwP} = 1/2 * (x+50)
 O_{flw} = 100/0,25 * (x-0,21)
 O_{flwE} = 1/10 * (x-500)

O_{3kon} = 1/3 O_{flwP} + 1/3 O_{flw} + 1/30 O_{flwE}

O_{3kon} 47,78

Summe GWP(100) [kg CO2 eq./m²] -105,20

Berechnungsblätter, Wohnbau
nach der statischen Optimierung



Dicke gegen Außenluft

OIBKON-Berechnung

A	Bauteilaufbau (eigener Aufbau)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWP 100 [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{flw} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Belag (Parkett)	Massivparkett	0,015	-	745	0,065	0,0051	19,07	11,175	11,175
2	Zementestrich	Estrichbeton	0,035	-	2000	0,12	0,0003	1,1	70	70
3	Trennschicht	Blumenpappe	0,001	-	1100	0,185	0,0055	45,54	1,1	1,1
4	Trittschalldämmung	Steinwolle Trittschalldämmung	0,03	-	100	1,935	0,0141	23,19	3	3
5	Spaltschüttung	Spillt	0,06	1700	1600	0,007	0	0,11	96	96
6	Rieseschutz	Vlies (PE)	0,0015	-	600	2,833	0,0087	93,17	0,9	0,9
7	Brettspertholz	Brettspertholz	0,26	500	440	-1,103	0,0023	8,02	114,4	114,4
8	Abdichtung	PE Dichtungsbahn	0,0015	-	1000	2,097	0,0079	74,08	1,5	1,5
9	Wärmedämmung	Holzraster-Dämmplatte 160kg/m³	0,2	-	100	-0,894	0,004	15,35	32	32
10	Putz	Kalkemertputz	0,06	-	1800	0,155	0,0004	1,46	108	108
	Dicke des Bauteils		0,6640							

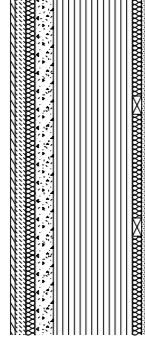
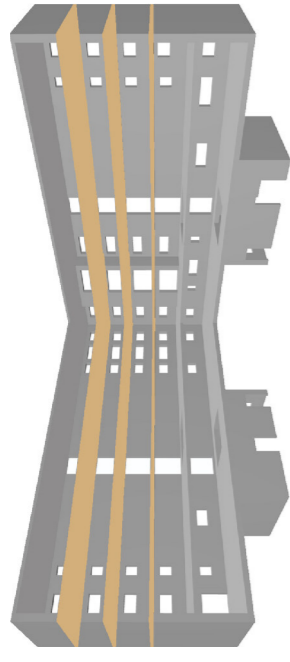
O_{flwP} = 1/2 * (x+50)
 O_{flw} = 100/0,25 * (x-0,21)
 O_{flwE} = 1/10 * (x-500)

O_{3kon} = 1/3 O_{flwP} + 1/3 O_{flw} + 1/30 O_{flwE}

O_{3kon} 95,04

Summe GWP(100) [kg CO2 eq./m²] -113,67

Berechnungsblätter, Wohnbau nach der statischen Optimierung



Geschoßdecke-Holzmassivbau aus dataholz.com [bearbeitet]

OBKON-Berechnung

O	Bauteilaufbau (dataholz-bearbeitet)	entsprechende Bauteilschichten- IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWPI(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{fl,w} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Belag (Parkett)	Massivparkett	0,015	/	745	0,065	0,0051	19,07	11,175	11,175
2	Zementestrich	Estrichbeton	0,035	2000	2000	0,12	0,0003	1,1	70	70
3	Trennschicht	Blumenpappe	0,001	/	1100	0,185	0,0055	45,54	1,1	1,1
4	Trittschalldämmung	Steinwolle Trittschalldämmung	0,03	120	1000	1,935	0,0141	23,19	3	3
5	Spaltschüttung	Spillt	0,06	1700	1600	0,007	0	0,11	96	96
6	Rieselschutz	Vlies (PE)	0,0015	/	600	2,833	0,0087	93,17	0,9	0,9
7	Brettsper Holz (5-lagig)	Brettsperholz	0,26	500	440	-1,103	0,0023	8,02	114,4	114,4
8	Latung	Schmittholz F1 rauh, Lufttrocken (10%)	0,03	/	540	-1,405	0,0006	1,86	16,2	16,2
9	Minerwolle 90%	Steinwolle MW-W (90%)	0,03	18	33	1,935	0,0141	23,19	0,99	0,99
10	Gipskartonplatte	Gipskartonplatte (Flammschutz)	0,0125	900	850	0,192	0,0007	4,68	10,625	10,625
U	Dicke des Bauteils		0,445							

GWPI(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2 eq./m²]	PE _{fl,w} [MJ/m²]
1	0,73	213,11
2	8,40	77,00
3	0,20	50,09
4	5,81	69,57
5	0,67	10,56
6	2,55	83,85
7	-126,18	917,49
8	-2,28	3,01
9	1,72	20,66
10	2,04	49,73
Summe	-106,34	1495,07
O _{lewp}		
O _{fl,w}	83,31	99,51

O_{lewp} = 1/2 * (k+s0)

O_{fl,w} = 100/0,25 * (k-0,21)

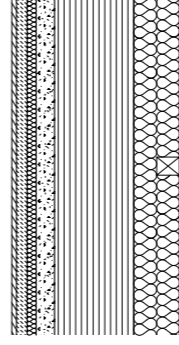
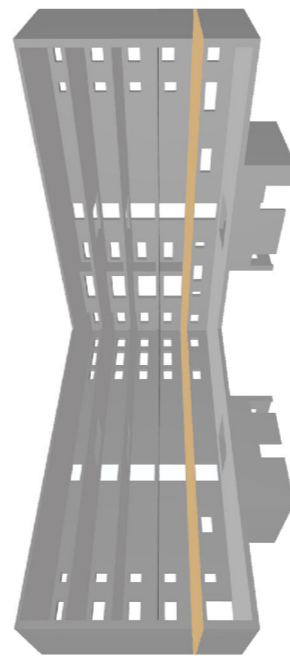
O_{fl,w} = 1/10 * (k-500)

O_{fl,w} = 1/3 O_{lewp} + 1/3 O_{fl,w} + 1/3 O_{fl,w}

OBKON 51,56

Summe GWPI(100) [kg CO2 eq./m²] -106,34

Berechnungsblätter, Wohnbau nach der statischen Optimierung



Geschoßdecke-Büro-Holzmassivbau aus dataholz.com [bearbeitet]

OBKON-Berechnung

O	Bauteilaufbau (dataholz-bearbeitet)	entsprechende Bauteilschichten- IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte dataholz [kg/m³]	Dichte IBO [kg/m³]	GWPI(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{fl,w} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Belag (Parkett)	Massivparkett	0,015	/	745	0,065	0,0051	19,07	11,175	11,175
2	Zementestrich	Estrichbeton	0,035	2000	2000	0,12	0,0003	1,1	70	70
3	Trennschicht	Blumenpappe	0,001	/	1100	0,185	0,0055	45,54	1,1	1,1
4	Trittschalldämmung	Steinwolle Trittschalldämmung	0,03	120	1000	1,935	0,0141	23,19	3	3
5	Spaltschüttung	Spillt	0,06	1700	1600	0,007	0	0,11	96	96
6	Rieselschutz	Vlies (PE)	0,0015	/	600	2,833	0,0087	93,17	0,9	0,9
7	Brettsper Holz (5-lagig)	Brettsperholz	0,26	500	440	-1,103	0,0023	8,02	114,4	114,4
8	Latung	Schmittholz F1 rauh, Lufttrocken (10%)	0,15	/	540	-1,405	0,0006	1,86	81	81
9	Minerwolle 90%	Steinwolle MW-W (90%)	0,15	18	33	1,935	0,0141	23,19	4,95	4,95
10	Gipskartonplatte	Gipskartonplatte (Flammschutz)	0,0125	900	850	0,192	0,0007	4,68	10,625	10,625
U	Dicke des Bauteils		0,565							

GWPI(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2 eq./m²]	PE _{fl,w} [MJ/m²]
1	0,73	213,11
2	8,40	77,00
3	0,20	50,09
4	5,81	69,57
5	0,67	10,56
6	2,55	83,85
7	-126,18	917,49
8	-11,38	15,07
9	8,62	103,31
10	2,04	49,73
Summe	-108,55	1589,77
O _{lewp}		
O _{fl,w}	104,96	108,98

O_{lewp} = 1/2 * (k+s0)

O_{fl,w} = 100/0,25 * (k-0,21)

O_{fl,w} = 1/10 * (k-500)

O_{fl,w} = 1/3 O_{lewp} + 1/3 O_{fl,w} + 1/3 O_{fl,w}

OBKON 61,56

Summe GWPI(100) [kg CO2 eq./m²] -108,55

Berechnungsblätter, Wohnbau nach der statischen Optimierung

O138G1_Wohnbau

	O1AW	O1AW_Kern EG	O1Flachdach	O1Decke geg. Außenluft	O1Geschofdecke	O1Geschofdecke_Büro	Türen	Fenster
O13kon	34,88	51,36	47,78	95,04	51,55	61,56	-19,166	21,08
Fläche [m²]	1897,08	282,37	717,47	681,79	2001,96	681,79	15,33	483,68
O13kon * Fläche	66179,05	14501,12	34277,68	64794,97	103197,03	41967,88	-293,81	10197,59

Fläche gesamt [m²] 6761,46

$\sum(O13kon * Fläche)$ 334821,51

$O138G1 = \sum(O13KON * Fläche)$
Fläche gesamt

O138G1_Wohnbau = 49,52

Berechnungsblätter, Wohnbau nach der statischen Optimierung

GWP(100)_Wohnbau

	O1AW	O1AW_Kern EG	O1Flachdach	O1Decke geg. Außenluft	O1Geschofdecke	O1Geschofdecke_Büro	Türen	Fenster
GWP(100) pro m² [kg CO2 eq./m²]	-84,39	-67,86	-105,20	-113,67	-106,34	-108,55	-48,53	10,50
Fläche [m²]	1897,07575	282,37	717,47	681,79	2001,96	681,79	15,33	483,68
GWP(100) [kg CO2 eq.]	-160088,36	-19162,65	-75475,33	-77498,47	-212885,70	-74006,05	-744,00	5078,64

GWP(100)_Wohnbau = Summe GWP(100) aller Bauteile

GWP(100)_Wohnbau = -614781,93 [kg CO2 eq.]

AP_Wohnbau

	O1AW	O1AW_Kern EG	O1Flachdach	O1Decke geg. Außenluft	O1Geschofdecke	O1Geschofdecke_Büro	Türen	Fenster
AP pro m² [kg SO2 eq./m²]	0,35	0,41	0,41	0,58	0,42	0,47	0,1012	0,25
Fläche [m²]	1897,08	282,37	717,47	681,79	2001,96	681,79	15,33	483,68
AP [kg SO2 eq.]	670,18	114,97	290,82	395,67	837,35	322,08	-1,55	120,92

AP_Wohnbau = Summe AP aller Bauteile

AP_Wohnbau = 2753,54 [kg SO2 eq.]

PEI_Wohnbau

	O1AW	O1AW_Kern EG	O1Flachdach	O1Decke geg. Außenluft	O1Geschofdecke	O1Geschofdecke_Büro	Türen	Fenster
MJ pro m² [MJ/m²]	1145,40	1341,33	1427,91	2188,07	1495,07	1589,77	352,88	670
Fläche [m²]	1897,08	282,37	717,47	681,79	2001,96	681,79	15,33	483,68
MJ [MJ]	2172912,04	378750,56	1024479,17	1491805,78	2993075,82	1088892,49	5409,65	324065,60

PEI_Wohnbau = Summe PEI aller Bauteile

PEI_Wohnbau = 9474391,12 [MJ]

Berechnungsblätter, Wohnbau nach der statischen Optimierung

GWP(100)_gesamt pro Person

Personenanzahl	Wohnbau	LIDL
	72	10

Summe Personenanzahl 82

LIDL
GWP(100)_LIDL [kg CO2 eq.] 440094,42
GWP(100)_LIDL [t CO2 eq.] 440,09

Wohnbau
GWP(100)_Wohnbau [kg CO2 eq.] -614781,93
GWP(100)_Wohnbau [t CO2 eq.] -614,78

GWP(100)vorher/Person = _____ GWP(100) LIDL [t CO2 eq.]
[t CO2 eq./Person] Personenanzahl (LIDL)

GWP(100)vorher/Person = 440,09
[t CO2 eq./Person] 10

GWP(100)nachher/Person = _____ GWP(100) LIDL + GWP(100) Wohnbau [t CO2 eq.]
[t CO2 eq./Person] Personenanzahl (LIDL+Wohnbau)

GWP(100)nachher/Person = -174,69
[t CO2 eq./Person] 82

GWP(100)vorher pro Person = 44,01 [t CO2 eq./Person]

GWP(100)nachher pro Person = -2,13 [t CO2 eq./Person]

Berechnungsblätter, Bestand

AW 1 (Stahlbeton) aus Bestandsplänen

OIBKON-Berechnung

A	Bauteilaufbau (Bestandspläne)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte IBO [kg/m³]	GWP(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Putz	Zementputz	0,02	1470	0,186	0,0004	1,91	29,4	29,4
2	Dämmung XPS	Polystyrol extrudiert CO2-geschäumt (XPS)	0,08	38	4,205	0,0155	99,45	3,04	3,04
3	Stahlbeton	Stahlbeton AW	0,3	2342	0,13	0,0003	0,89	702,6	702,6
I		Dicke des Bauteils	0,4						

	GWP(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2/m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	5,47	0,01	56,15
2	12,78	0,05	302,33
3	91,34	0,21	625,31
Summe	109,59	0,27	983,80
O _{lewp}	79,79	O _{lfehw} 23,86	48,38

$$O_{lewp} = 1/2 * (x+50)$$

$$O_{lfehw} = 100/0,25 * (x-0,21)$$

$$O_{lfehw} = 1/10 * (x-500)$$

$$O_{lkon} = 1/3 O_{lewp} + 1/3 O_{lfehw} + 1/3 O_{lfehw}$$

O_{lkon} 50,68

Summe GWP(100) [kg CO2 eq./m²] 109,59

Berechnungsblätter, Bestand

AW 2 (Stahlbeton) aus Bestandsplänen

O13KON-Berechnung

A	Bauteilaufbau (Bestandspläne)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte IBO [kg/m³]	GWPI(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Putz	Zementputz	0,02	1470	0,186	0,0004	1,91	29,4	29,4
2	Dämmung XPS	Polystyrol extrudiert CO2-geschäumt (XPS)	0,1	38	4,205	0,0155	99,45	3,8	3,8
3	Stahlbeton	Stahlbeton AW	0,3	2342	0,13	0,0003	0,89	702,6	702,6
		Dicke des Bauteils	0,42						

	GWPI(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2/m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	5,47	0,01	56,15
2	15,98	0,06	377,91
3	91,34	0,21	625,31
Summe	112,79	0,28	1059,38
O _{13GWP}			
	81,39	28,58	55,94

$$O_{13GWP} = 1/2 * (x+50)$$

$$O_{13AP} = 100/0,25 * (x-0,21)$$

$$O_{13PE_{line}} = 1/10 * (x-500)$$

$$O_{13KON} = 1/3 O_{13GWP} + 1/3 O_{13AP} + 1/3 O_{13PE_{line}}$$

O13KON 55,30

Summe GWPI(100) [kg CO2 eq./m²] 112,79

Berechnungsblätter, Bestand

AW 3 (Hochlochziegel) aus Bestandsplänen

O13KON-Berechnung

A	Bauteilaufbau (Bestandspläne)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte IBO [kg/m³]	GWPI(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Putz	Zementputz	0,02	1470	0,186	0,0004	1,91	29,4	29,4
2	Dämmung XPS	Polystyrol extrudiert CO2-geschäumt (XPS)	0,1	38	4,205	0,0155	99,45	3,8	3,8
3	MW Hochlochziegel	Hochlochziegel	0,25	800	0,182	0,0005	2,45	200	200
		Dicke des Bauteils	0,37						

	GWPI(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2/m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	5,47	0,01	56,15
2	15,98	0,06	377,91
3	36,40	0,10	490,00
Summe	57,85	0,17	924,06
O _{13GWP}			
	53,92	-15,74	42,41

$$O_{13GWP} = 1/2 * (x+50)$$

$$O_{13AP} = 100/0,25 * (x-0,21)$$

$$O_{13PE_{line}} = 1/10 * (x-500)$$

$$O_{13KON} = 1/3 O_{13GWP} + 1/3 O_{13AP} + 1/3 O_{13PE_{line}}$$

O13KON 26,86

Summe GWPI(100) [kg CO2 eq./m²] 57,85

Berechnungsblätter, Bestand

AW 4 (Stahlbeton) aus Bestandsplänen

OIBKON-Berechnung

A	Bauteilaufbau (Bestandspläne)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte IBO [kg/m ³]	GWP(100) [kg CO ₂ eq./kg]	AP [kg SO ₂ eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m ²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m ²]
1	Putz	Zementputz	0,02	1470	0,186	0,0004	1,91	29,4	29,4
2	Dämmung XPS	Polystyrol extrudiert CO ₂ -geschäumt (XPS)	0,1	38	4,205	0,0155	99,45	3,8	3,8
3	Stahlbeton	Stahlbeton AW	0,25	2342	0,13	0,0003	0,89	585,5	585,5
		Dicke des Bauteils	0,37						

	GWP(100) [kg CO ₂ eq./m ²]	AP [kg SO ₂ /m ²]	PE _{line} [MJ/m ²]
1	5,47	0,01	56,15
2	15,98	0,06	377,91
3	76,12	0,18	521,10
Summe	97,56	0,25	955,16
O _{IGWP}		O _{IPAP}	O _{IPe_{line}}
	73,78	14,52	45,52

$$O_{IGWP} = 1/2 \cdot (x \cdot 50)$$

$$O_{IPAP} = 100/0,25 \cdot (x \cdot 0,21)$$

$$O_{IPe_{line}} = 1/10 \cdot (x \cdot 500)$$

$$O_{IBKON} = 1/3 O_{IGWP} + 1/3 O_{IPAP} + 1/3 O_{IPe_{line}}$$

OIBKON **44,61**Summe GWP(50)_L
[kg CO₂ eq./m²] **97,56**

Berechnungsblätter, Bestand

AW 5 (Stahlbeton) aus Bestandsplänen

OIBKON-Berechnung

A	Bauteilaufbau (Bestandspläne)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte IBO [kg/m ³]	GWP(100) [kg CO ₂ eq./kg]	AP [kg SO ₂ eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m ²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m ²]
1	Putz	Zementputz	0,02	1470	0,186	0,0004	1,91	29,4	29,4
2	Dämmung XPS	Polystyrol extrudiert CO ₂ -geschäumt (XPS)	0,15	38	4,205	0,0155	99,45	5,7	5,7
3	Stahlbeton	Stahlbeton AW	0,25	2342	0,13	0,0003	0,89	585,5	585,5
		Dicke des Bauteils	0,42						

	GWP(100) [kg CO ₂ eq./m ²]	AP [kg SO ₂ /m ²]	PE _{line} [MJ/m ²]
1	5,47	0,01	56,15
2	25,97	0,09	566,87
3	76,12	0,18	521,10
Summe	105,55	0,28	1144,11
O _{IGWP}		O _{IPAP}	O _{IPe_{line}}
	77,78	26,30	64,41

$$O_{IGWP} = 1/2 \cdot (x \cdot 50)$$

$$O_{IPAP} = 100/0,25 \cdot (x \cdot 0,21)$$

$$O_{IPe_{line}} = 1/10 \cdot (x \cdot 500)$$

$$O_{IBKON} = 1/3 O_{IGWP} + 1/3 O_{IPAP} + 1/3 O_{IPe_{line}}$$

OIBKON **56,16**Summe GWP(100)
[kg CO₂ eq./m²] **105,55**

Berechnungsblätter, Bestand

AW 6 (Ziegel) aus Bestandsplänen

OIBKON-Berechnung

A	Bauteilaufbau (Bestandspläne)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte IBO [kg/m³]	GWPI(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Putz	Zementputz	0,02	1470	0,186	0,0004	1,91	29,4	29,4
2	MW Hochlochziegel	Hochlochziegel	0,2	38	4,205	0,0155	99,45	7,6	7,6
1		Dicke des Bauteils	0,22	800	0,182	0,0005	2,45	176	176

	GWPI(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2 eq./m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	5,47	0,01	56,15
2	31,96	0,12	75,82
Summe	37,43	0,13	81,97
O _{lewp}			
	43,71	-32,18	31,20

$$O_{lewp} = 1/2 * (x+50)$$

$$O_{lap} = 100/0,25 * (x-0,21)$$

$$O_{PEline} = 1/10 * (x-500)$$

$$O_{IBkon} = 1/3 O_{lewp} + 1/3 O_{lap} + 1/3 O_{PEline}$$

OIBkon 14,24

Summe GWPI(100) [kg CO2 eq./m²] 37,43

Berechnungsblätter, Bestand

Flachdach 1 aus Bestandsplänen

OIBKON-Berechnung

A	Bauteilaufbau (Bestandspläne)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte IBO [kg/m³]	GWPI(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Rohglasvlies	Vlies (PE)	0,005	600	2,833	0,0087	93,17	3	3
2	Dämmung XPS	Polystyrol extrudiert CO2-geschäumt (XPS)	0,18	38	4,205	0,0155	99,45	6,84	6,84
3	Dampfsperre	Dampfbremse	0,005	980	2,634	0,0103	90,02	4,9	4,9
4	Hohlblele Beton	Betonhohlblelendecke	0,5	1400	0,095	0,002	0,88	700	700
5	Luftschicht (abhängige D.)	Luftschicht	0,485						
6	Gipskartonplatte	Gipskartonplatte	0,015	850	0,192	0,0007	4,68	12,75	12,75
1		Dicke des Bauteils	1,19						

	GWPI(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2 eq./m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	8,50	0,03	279,51
2	28,76	0,11	680,24
3	12,91	0,05	441,10
4	66,50	1,40	476,00
5	0,00	0,00	0,00
6	2,45	0,01	59,67
Summe	119,12	1,59	1936,52
O _{lewp}			
	84,56	552,61	143,65

$$O_{lewp} = 1/2 * (x+50)$$

$$O_{lap} = 100/0,25 * (x-0,21)$$

$$O_{PEline} = 1/10 * (x-500)$$

OIBkon 260,27

Summe GWPI(100) [kg CO2 eq./m²] 119,12

Berechnungsblätter, Bestand

Flachdach 2 aus Bestandsplänen

O13KON-Berechnung

A	Bauteilaufbau (Bestandspläne)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte IBO [kg/m³]	GWP(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Kies		0,05	1800	0,004	0	0,08	90	90
2	Folie	Vlies (PE)	0,005	600	2,833	0,0087	93,17	3	3
3	OSB	OSB-Platte OSB 3PF	0,022	660	-0,051	0,0022	12,55	14,52	14,52
4	Rahmenkonstruktion: Brettschichtholz (20%)	Brettschichtholz Standard (20%)	0,2	495	-1,235	0,0024	7,95	99	19,8
5	Rahmenkonstruktion: Dämmung (80%)	Glaswolle MW-WF (80%)	0,2	20	2,454	0,0153	49,83	4	3,2
6	Dampfbremse	Dampfbremse PE	0,005	980	2,634	0,0103	90,02	4,9	4,9
7	OSB	OSB-Platte OSB 3PF	0,018	660	-0,051	0,0022	12,55	11,88	11,88
l		Dicke des Bauteils	0,3						

	GWP(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2/m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	0,36	0,00	7,20
2	8,50	0,03	279,51
3	-0,74	0,03	182,23
4	-24,45	0,05	157,41
5	7,85	0,05	159,46
6	12,91	0,05	441,10
7	-0,61	0,03	149,09
Summe	3,82	0,23	1375,99
O _{lGWP}		O _{lAP}	O _{lPE_{line}}
	26,91	8,45	87,60

$$O_{lGWP} = 1/2 \cdot (x+50)$$

$$O_{lAP} = 100/0,25 \cdot (x-0,21)$$

$$O_{lPE_{line}} = 1/10 \cdot (x-500)$$

$$O_{l3kon} = 1/3 \cdot O_{lGWP} + 1/3 \cdot O_{lAP} + 1/3 \cdot O_{lPE_{line}}$$

O13kon **40,99**

Summe GWP(100) [kg CO2 eq./m²] **3,82**

Berechnungsblätter, Bestand

Böden 1 aus Bestandsplänen

O13KON-Berechnung

l	Bauteilaufbau (Bestandspläne)	entsprechende Bauteilschichten- IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte IBO [kg/m³]	GWP(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Fliesen (im Mörtelbett)	Keramische Fliesen	0,015	2000	0,779	0,0028	14,11	30	30
2	Verlegemörtel	Zementmörtel	0,025	2000	0,186	0,0004	1,91	50	50
3	Estrich	Estrichanhydrit	0,02	2400	0,083	0,0004	1,39	40	40
4	Stahlbeton	Polystyrol expandiert W20 Dämmplatte	0,25	2400	0,139	0,0003	1,05	600	600
5	Dämmung EPS	Blähton-Leichtbeton 1200 kg/m³	0,06	20	4,169	0,0149	105,08	1,2	1,2
6	Sauberkeitsschicht	Sand, Kies lufttrocken	0,05	1200	0,251	0,0005	1,79	60	60
7	Böden Schüttung	Sand, Kies lufttrocken	0,05	1800	0,022	0,0001	0,33	540	540
A		Dicke des Bauteils	0,7200						

	GWP(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2/m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	23,37	0,08	423,30
2	9,30	0,02	95,50
3	3,32	0,02	55,60
4	83,40	0,18	630,00
5	5,00	0,02	126,10
6	15,06	0,03	107,40
7	11,88	0,05	178,20
Summe	151,33	0,40	1616,10
O _{lGWP}		O _{lAP}	O _{lPE_{line}}
	100,67	76,75	111,61

$$O_{lGWP} = 1/2 \cdot (x+50)$$

$$O_{lAP} = 100/0,25 \cdot (x-0,21)$$

$$O_{lPE_{line}} = 1/10 \cdot (x-500)$$

$$O_{l3kon} = 1/3 \cdot O_{lGWP} + 1/3 \cdot O_{lAP} + 1/3 \cdot O_{lPE_{line}}$$

O13kon **96,34**

Summe GWP(100) [kg CO2 eq./m²] **151,33**

Berechnungsblätter, Bestand

Boden 2 aus Bestandsplänen

O13KON-Berechnung

J	Bauteilurfbau (Bestandspläne)	entsprechende Bauteilschichten - IBO Tabelle	Dicke der Schicht [m]	Dichte IBO [kg/m³]	GWP(100) [kg CO2 eq./kg]	AP [kg SO2 eq./kg]	PE _{line} [MJ/kg]	Flächenbezogene Masse [kg/m²]	Flächenbezogene Masse (Anteil) [kg/m²]
1	Fliesen (im Mörtelbett)	Keramische Fliesen	0,015	2000	0,779	0,0028	14,11	30	30
2	Verlegemörtel	Zementmörtel	0,025	2000	0,186	0,0004	1,91	50	50
3	Estrich	EsrichAnhydrit	0,02	2000	0,083	0,0004	1,39	40	40
4	Stahlbeton	Stahlbeton	0,2	2400	0,139	0,0003	1,05	480	480
5	PE-Folie	Polyethylenbahn	0,005	980	3,299	0,0084	110,94	4,9	4,9
6	Dämmung EPS	Polystyrol expandiert W20 Dämmplatte	0,07	20	4,169	0,0149	105,08	1,4	1,4
7	Schüttung-Frostschutz	Sand, Kies lufttrocken	0,3	1800	0,022	0,0001	0,33	540	540
A		Dicke des Bauteils	0,6350						

	GWP(100) [kg CO2 eq./m²]	AP [kg SO2/m²]	PE _{line} [MJ/m²]
1	23,37	0,08	423,30
2	9,30	0,02	95,50
3	3,32	0,02	55,60
4	66,72	0,14	504,00
5	16,17	0,04	543,61
6	5,84	0,02	147,11
7	11,88	0,05	178,20
Summe	136,59	0,38	1947,32
O _{IGWP}			
	93,30	68,01	144,73

$O_{IGWP} = 1/2 * (x+50)$
 $O_{AP} = 100/0,25 * (x-0,21)$
 $O_{PE_{line}} = 1/10 * (x-500)$

$O_{13KON} = 1/3 O_{IGWP} + 1/3 O_{AP} + 1/3 O_{PE_{line}}$

O13kon	102,01
Summe GWP(100) [kg CO2 eq./m²]	136,59

Berechnungsblätter, Bestand

Türen

Das Sektionaltor und die Tür des Nebenausgangs wurden bei den Berechnungen ignoriert. Die Ladentüren sind aus Glas und werden deshalb den Fenstern zugeordnet.

Fenster komplett (Alu) [/m²] (für Standardgröße 1,23x1,48)

O13KON-Berechnung

GWP(100) [kg CO2/m²]	AP [kg SO2/m²]	PE _{line} [MJ/m²]
88,4	0,52	1516
O _{IGWP}	O _{AP}	O _{PE_{line}}
69,2	124	101,6

$O_{IGWP} = 1/2 * (x+50)$
 $O_{AP} = 100/0,25 * (x-0,21)$
 $O_{PE_{line}} = 1/10 * (x-500)$

$O_{13KON} = 1/3 O_{IGWP} + 1/3 O_{AP} + 1/3 O_{PE_{line}}$

O13kon	98,27
---------------	-------

Berechnungsblätter, Bestand

Flächenberechnungen

Tür- und Fensterflächen

AW1

	Fenster 1,4 x 1,4	Fenster 1,7 x 0,7	Fenster 2,4 x 0,7	Fenster 1 x 1,4	Fenster 3,15 x 2,2	Fenster 2,7 x 0,7	Fenster 1,2 x 0,7	Glastür 2,7 x 2,25	Glastür 3,9 x 2,25
Fläche [m ²]	1,96	1,19	1,68	1,4	6,93	2,73	0,84	6,075	8,775
Anzahl	1	1	13	1	5	1	1	1	1
Fläche gesamt [m ²]	1,96	1,19	21,84	1,4	34,65	2,73	0,84	6,075	8,775

Fensterflächen in AW1 [m²]

84,804

AW2

	Fenster 2,4 x 0,7	Fenster 1,675 x 0,7	Fenster 1,2 x 1,2	Fenster 0,6 x 0,6	Fenster 1,2 x 0,7
Fläche [m ²]	1,68	1,1725	1,44	0,36	0,84
Anzahl	2	4	1	2	1
Fläche gesamt [m ²]	3,36	4,69	1,44	0,72	0,84

Fensterflächen in AW2 [m²]

11,05

AW5

	Fenster 2,4 x 0,7
Fläche [m ²]	1,68
Anzahl	1
Fläche gesamt [m ²]	1,68

Fensterfläche in AW5 [m²]

1,68

Summe der Fensterflächen

97,534

*Glastüren sind bei den Fensterflächen inkludiert.

Außenwandflächen

	AW1	AW2	AW3	AW4	AW5	AW6
Länge [m]	89,48	51,81	5,81	20,24	19,05	5,18
Höhe [m]	4,8	4,5	4,5	4,8	4,5	3,45
Anzahl	1	1	1	1	1	1
Fläche [m ²]	429,49	233,16	26,14	97,16	85,73	17,85
Fläche der Fenster und Türen in der entsprechenden Wand [m ²]	84,80	11,05	0	0	1,68	0
Fläche der Wände ohne Fenster und Türen [m ²]	344,69	222,11	26,14	97,16	84,05	17,85

Flachdachflächen

	Flachdach 1	Flachdach 2
Fläche [m ²]	1096,22	367,82
Anzahl	1	1
Fläche gesamt [m ²]	1096,22	367,82

Bodenflächen

	Boden 1	Boden 2
Fläche [m ²]	1096,22	367,82
Anzahl	1	1
Fläche gesamt [m ²]	1096,22	367,82

Berechnungsblätter, Bestand

OI3BG1 -Berechnung

	AW1	AW2	AW3	AW4	AW5	AW6
OI3kon	50,68	55,30	26,86	44,61	56,16	14,24
Fläche [m ²]	344,69	222,11	26,14	97,16	84,05	17,85
OI3kon * Fläche	17468,48	12283,33	702,26	4333,88	4720,29	254,32

OI3kon

	Flachdach 1	Flachdach 2	Boden 1	Boden 2	Fenster
OI3kon	260,27	40,99	96,34	102,01	98,27
Fläche [m ²]	1096,22	367,82	1096,22	367,82	97,53
OI3kon * Fläche	285315,19	15075,83	105612,76	37522,01	9584,34

Fläche gesamt [m²]

3817,61

 $\sum(\text{OI3kon} * \text{Fläche})$

492872,68

OI3BG1 = $\sum(\text{OI3kon} * \text{Fläche})$

Fläche gesamt

OI3BG1_LIDL = 129,11

Berechnungsblätter, Bestand

GWP_(100)_LIDL						
	AW1	AW2	AW3	AW4	AW5	AW6
GWP(100) [kg CO2 eq./m ²]	109,59	112,79	57,85	97,56	105,55	37,43
Fläche [m ²]	344,69	222,11	26,14	97,16	84,05	17,85
GWP(100) [kg CO2 eq.]	37773,96	25051,10	1512,16	9478,85	8871,11	668,20

Flachdach 1		Flachdach 2		Boden 1		Boden 2		Fenster	
GWP(100) [kg CO2 eq./m ²]	119,12	3,82	151,33	136,59					88,40
Fläche [m ²]	1096,22	367,82	1096,22	367,82					97,53
GWP(100) [kg CO2 eq.]	130577,12	1404,70	165894,04	50241,16					8622,01

GWP(100)_LIDL = Summe GWP(100) aller Bauteile

GWP(100)_LIDL = 440094,42 [kg CO2eq.]

AP_LIDL						
	AW1	AW2	AW3	AW4	AW5	AW6
AP [kg SO2 eq./m ²]	0,27	0,28	0,17	0,25	0,28	0,13
Fläche [m ²]	344,69	222,11	26,14	97,16	84,05	17,85
AP [kg SO2 eq.]	92,95	62,51	4,46	23,93	23,18	2,31

Flachdach 1		Flachdach 2		Boden 1		Boden 2		Fenster	
AP [kg SO2 eq./m ²]	1,59	0,23	0,40	0,38					0,52
Fläche [m ²]	1096,22	367,82	1096,22	367,82					97,534
AP [kg SO2 eq.]	1744,65	85,01	440,55	139,78					50,72

AP_LIDL = Summe AP aller Bauteile

AP_LIDL = 2670,05 [kg SO2eq.]

PEline_LIDL						
	AW1	AW2	AW3	AW4	AW5	AW6
PEine [MJ/m ²]	983,80	1059,38	924,06	955,16	1144,11	811,97
Fläche [m ²]	344,69	222,11	26,14	97,16	84,05	17,85
PEine [MJ]	339100,31	235301,63	24155,49	92800,19	96157,06	14496,78

Flachdach 1		Flachdach 2		Boden 1		Boden 2		Fenster	
PEine [MJ/m ²]	1936,52	1375,99	1616,10	1947,32					1516,00
Fläche [m ²]	1096,22	367,82	1096,22	367,82					97,534
PEine [MJ]	2122847,57	506118,11	1771596,76	716262,51					147861,54

PEI_LIDL = Summe AP aller Bauteile

PEI_LIDL = 6066697,96 [MJ]

