

# Bildungscamp *P(L)US* Horn

Adaptierung innerstädtischer Bauten und Schaffung eines öffentlichen Rückzugortes





Diplomarbeit

**Bildungscamp(I)us Horn:**  
**Adaptierung innerstädtischer Bauten und Schaffung eines öffentlichen Rückzugortes**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung  
des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs  
unter der Leitung von

Ao. Univ. Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr. techn. Bob Martens  
E253  
Institut für Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Pascal Höbinger  
01325778

Wien, am 18.12.2023



Die Bezirkshauptstadt Horn ist ein wichtiger Knotenpunkt im Waldviertel. Trotz Zentrenbildung (Einkaufszentrum, Gesundheitszentrum, Schulzentrum und mehrerer Wohnviertel) ist die Stadt nicht vom ländlichen Ortskernsterben betroffen. Im Zentrum ist ein bunter Branchenmix zu finden, der für eine hohe Frequentierung sorgt. Die Innenstadt ist geprägt von schmalen Gassen, Einbahnen und Parkplatzmangel. Die sich ergebenden Plätze werden zur Schaffung von Parkplätzen genutzt und laden kaum zum Verbleib ein. Am Rande dieses Zentrums, am Rathausplatz, befinden sich die Musik- und Volkshochschule, welche sich ein Gebäude teilen. Kürzlich wurde die benachbarte Immobilie von der Stadt Horn erworben.

Die Entwurfsaufgabe der vorliegenden Diplomarbeit hat ihren Ursprung in der notwendigen Erweiterung und dem Anspruch an die Barrierefreiheit der beiden Schulen. Durch den Ankauf des benachbarten Gebäudes, und eines weiteren Gebäudes hinterhalb, welches sich ebenfalls im Besitz der Stadt befindet, wurde bereits Platz im dicht bebauten Stadtgebiet geschaffen. Weiters wurde seitens der Gemeinde der Wunsch nach Schaffung und Attraktivierung von öffentlichem Raum ausgesprochen.

Als Einstieg in die Thematik erfolgte eine Analyse der Bestandsgebäude und deren Umgebung, sowie die Auseinandersetzung mit den Themen Raumakustik, Schwammstadt und Fassadenbegrünung. Auf Basis der erlangten Erkenntnisse und der seitens der Schulen gewünschten Raumprogramme wurde ein Vorschlag zur Umstrukturierung der vorhandenen Gebäude erarbeitet. Die Planung der raumakustisch relevanten Räumlichkeiten wurde während des gesamten Entwurfsprozesses rechnerisch überprüft. Die städtebauliche Einbindung und Attraktivierung des öffentlichen Raumes wurde durch dessen Umgestaltung angestrebt.

*The district capital Horn is a crucial hub in the Waldviertel. Despite the development of centers such as shopping malls, health centers, school complexes, and several residential areas, the town remains unaffected by the rural core decay. The city center boasts a diverse mix of industries, ensuring high footfall. The downtown area is characterized by narrow alleys, one-way streets, and a shortage of parking spaces. The resulting public spaces are used for parking and hardly invite people to stay.*

*On the outskirts of this center, at the City Hall Square, are the music and adult education schools, which share a building. Recently, the adjacent building was acquired by the city of Horn.*

*The design task of this diploma thesis arises from the necessary expansion and the requirement for accessibility for both schools. The acquisition of the neighboring building and another building behind it, also owned by the city, has already created space in the densely built-up urban area. Additionally, the municipality expressed the desire to create and enhance public spaces.*

*As an introduction to the topic, an analysis of the existing buildings and their surroundings was carried out, as well as an examination of the topics of room acoustics, sponge cities, and façade greening. Based on the findings and the space programs requested by the schools, a proposal for restructuring the existing buildings was developed. The planning of the rooms relevant to room acoustics was checked mathematically during the entire design process. The urban integration and enhancement of public space were sought through its transformation.*

1.

HORN	1
LAGE	3
GEOGRAFIE	5
DIE GEMEINDE IN ZAHLEN	7
ZEITSTRAHL	9
STADTGESCHICHTE	11
STADTENTWICKLUNG	13

2.

ANALYSE	15
ÜBERSICHT HORN	17
ÖFFENTLICHE EINRICHTUNGEN	19
PROJEKTGEBIET	23
INFRASTRUKTUR	25
STANDORT	27
VERKEHR	29
PARKPLATZSITUATION	31
MUSIK- UND VOLKSHOCHSCHULE	33
UNIQA-GEBÄUDE	39
EVN-GEBÄUDE	45

3.

KONZEPT	51
BARRIEREFREIHEIT	53
EVN-GEBÄUDE	55
ÖFFENTLICHE FREIFLÄCHEN	57
RAUMPROGRAMM	59
MASSNAHMEN MUSIK-/VOLKSHOCHSCHULE	61
RAUMAUFTEILUNG	63
ERSCHLIESSUNG	65
MASSNAHMEN ÖFFENTLICHER RAUM	67
FREIRAUMGESTALTUNG	69
GRÜNRAUMGESTALTUNG	71
MATERIALKONZEPT	73

4.

ENTWURF	75
MUSIK-/VOLKSHOCHSCHULE	77
EVN-GEBÄUDE	97
RAUMAKUSTIKBERECHNUNGEN	143

ANHANG	147
DAS SCHWAMMSTADT-PRINZIP . . . . .	149 . . . . .
FASSADENBEGRÜNUNG . . . . .	151 . . . . .
RAUMAKUSTIK . . . . .	153 . . . . .
QUELLEN	161
LITERATURVERZEICHNIS . . . . .	163 . . . . .
ABBILDUNGSVERZEICHNIS . . . . .	165 . . . . .
TABELLENVERZEICHNIS . . . . .	169 . . . . .



*Horn*

## Lage der Stadtgemeinde Horn

Im nördlichen Niederösterreich, angrenzend an die Tschechische Republik im Norden, sowie die Bezirke Waidhofen/Thaya und Zwettl im Westen, Krems-Land im Süden und Hollabrunn im Osten liegt der Bezirk Horn. Er ist keinem der vier Viertel Niederösterreichs eindeutig zuordenbar, vielmehr erstreckt sich sein Gebiet, das größtenteils im östlichen Waldviertel liegt, bis ins westliche Weinviertel. Die Gemeinde Horn liegt innerhalb des Bezirkes zentral in der südlichen Hälfte.



Übersichtskarte Österreich mit Bundesländern

Abb. 01: Lage der Stadtgemeinde Horn - Teil 1



Übersichtskarte Niederösterreich mit Bezirken



Übersichtskarte Bezirk mit Gemeinden

Abb. 02: Lage der Stadtgemeinde Horn - Teil 2

Abb.03 - Gemeinde Horn



ST. BERNHARD

ROSS-BURGSTALL

STRÖGEN

ALTENBURG

BURGERWIESEN

FRAUENHOFEN

MÖDRING

MÜHLFELD

ROSENBERG

HORN

DOBERNDORF

BREITENEICH

MOLD

WALKENSTEIN

KAINREITH

BRUGG

RODINGERSDORF

SIGMUNDSHERBERG

MAIGEN

MEISELDORF

STOCKERN

MARIA DREIEICHEN

Das Gemeindegebiet Horns umfasst fünf Ortschaften: Doberndorf (39 Einwohner), Mühlfeld (130 EW), Breiteneich (385 EW), Mödring (460 EW) und Horn (5395 EW), welche die gleichnamigen Katastralgemeinden darstellen, und erstreckt sich auf eine Fläche von 3.924,53ha.<sup>1</sup> Die Bezirkshauptstadt Horn hat, nach Krems, die meisten Einwohner im Waldviertel. Im Norden wird die Gemeinde von den Ausläufern des Galgenberges begrenzt, die Stadt Horn selbst liegt inmitten des klimatisch begünstigten Horner Beckens auf 311m Seehöhe an der Einmündung des Mödringbachs in die Taffa.<sup>2,3</sup>

Durch die verkehrstechnisch günstige Lage an den Landesstraßen B2, B4, B34 und B38 sind die angrenzenden Bezirkshauptstädte Hollabrunn, Krems, Waidhofen/Thaya und Zwettl in unter 40min zu erreichen. Die B4 mündet zudem bei Stockerau in die Donauufer Autobahn A22, wodurch man das Wiener Zentrum in ca. 65min erreicht. Vom Bahnhof Horn können Krems und St. Pölten ohne Umstieg erreicht werden. Mit Umstieg in Sigmundsherberg sind durch die Franz-Josefs-Bahn Gmünd und Wien erreichbar. Auch an das Busnetzwerk ist Horn sehr gut angeschlossen, so sind unter anderem Eggenburg, Retz, Hollabrunn, Waidhofen/Thaya, Gmünd, Krems, St. Pölten und Wien gut erreichbar.

Als zweitgrößte Stadt im Waldviertel hat Horn ein enormes Einzugsgebiet, beheimatet viele Arbeitsstätten und gilt als regionales schulisches und medizinisches Zentrum. Folgende Schulen sind in Horn beheimatet: Volksschule, Neue NÖ Mittelschule, Polytechnische Schule, Allgemeine Sonderschule, Bundes-/Bundesreal-/Bundesaufbaugymnasium, HLW, Bundeshandelsakademie & Bundeshandelschule, Schule für Sozialbetreuungsberufe, Schule für Gesundheits- und Krankenpflege, W. A. Mozart-Musikschule und die Volkshochschule Horn. Zudem gibt es vier Kindergärten. Durch das vielseitige Ausbildungsangebot verzeichnete Horn im Jahr 2019 1002 ein-

pendelnde Schülerinnen und Schüler, das ist gleichbedeutend mit zwei Drittel der Gesamtanzahl am Standort Horn. Bei den Erwerbstätigen ist der Prozentsatz sogar noch höher, 4414 Einpendlern standen 2019 insgesamt 5924 Erwerbstätige gegenüber.<sup>4</sup>

1  
4  
2020

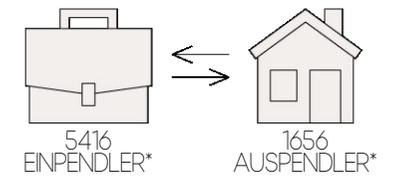
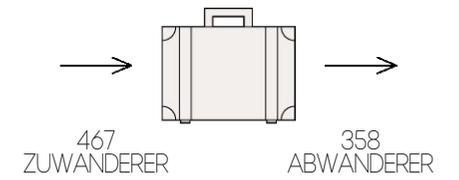
vgl: Statistik Austria (112021) *Bevölkerungsstand und -struktur* [Datensatz] <https://www.statistik.at/blickgem/gemDetaildo?gemnr=31109>

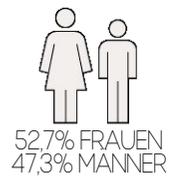
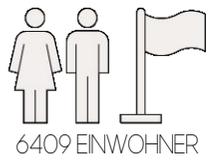
vgl: HornGVat, (oD) *Daten und Fakten* <https://horn.gvat.de/ueber-horn/daten-und-fakten/>

vgl: Hajsó, G. und Benesch, E. (1990) *Denk-Handbuch - Die Kunstdenkmäler Österreichs: Niederösterreich nördlich der Donau*

vgl: Statistik Austria (11102021) *Abgestimmte Erwerbsstatistik 2019 - Erwerbs- und Schulpendler/-innen nach Entfernungskategorie* [Datensatz] <https://www.statistik.at/blickgem/gemDetaildo?gemnr=31109>

Abb. 04: Gemeinde Horn in Zahlen - Teil 1





ALTERSVERTEILUNG

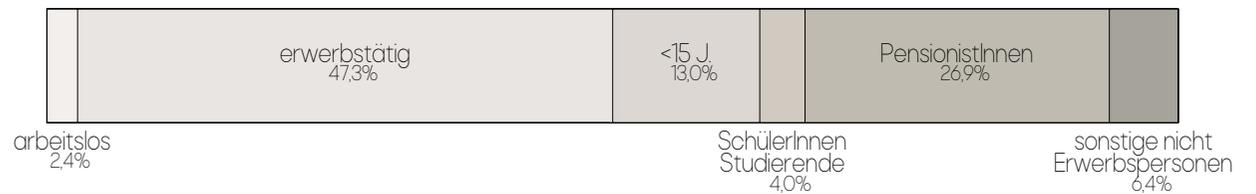
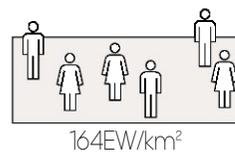


Abb. 05: Gemeinde Horn in Zahlen - Teil 2

1000-1300

1300-1400

1400-1500

**um 1050**  
**Erste urkundliche Erwähnung**  
Graf Gerold errichtet auf seinem Gut Hornarun die Stephanskirche. Am Fuße der Kirche entsteht, südlich der Taffa, die erste Siedlung.

**zwischen 1250 und 1290**  
**Errichtung der Stadtmauer**  
Ummauerung der gesamten heutigen Altstadt in einem Zug

**14. Jhd**  
**innerer Ausbau der Stadt**  
Kapelle, Schule und Bürgerhospital werden errichtet

**15. Jhd**  
**kriegerische Auseinandersetzungen**  
v. d. Hussiten verwüstet (1426/27),  
v. d. Ungarn besetzt (1473-1482),  
v. d. kaiserlichen Truppen erobert (1486)

**15. Jhd**  
**Verstärkung der Stadtmauer**  
durch den Anbau von Türmen und Zwingermauer

**um 1200**  
**Verlegung der Siedlung**  
nach Norden, zwischen Taffa und Mödringbach. Die Stadt erlangt Bedeutung durch seinen Handelsplatz mit Maut- und Zollstätte.

**um 1312**  
**Errichtung der Burg**  
unter der Herrschaft der Maissauer

**1366**  
**Horn wird Marktstadt**  
jährlicher Martinimarkt, ab 1463 weiterer Markt zu Georgi

**ab 1440**  
**Evangelische Herrschaft**  
Horn entwickelt sich zu einem Zentrum der Reformation

1500-1600

1600-1800

1800-heute

**16. Jhdt**  
**Renaissancehäuser entstehen**  
Burg wird zum Schloss umgebaut (1539/40), Sgraffitohaus (1583) und ehemaliges Landesgerichtsgebäude (1591) werden erbaut.

**1608**  
**Horner Bund**  
Bündnis evangelischer Stände gegen Erzherzog Matthias

**1656/57**  
**Tuchmachersiedlung**  
wird im Norden, außerhalb der Stadtmauer errichtet

**1889**  
**Eröffnung der Kamptalbahn**  
Anschluss an das Eisenbahnnetz

**1995**  
**EKZ Horn**  
erste Ausbaustufe wird eröffnet (2010 bisher letzte Ausbaustufe)

**1593-1598**  
**Errichtung der Stadtpfarrkirche**  
St. Georg als protestantische Kirche

**ab 1622**  
**Rekatholisierung**  
unter neuer Herrschaft, nach der Eroberung durch kaiserliche Truppen (1619)

**18. und 19. Jhdt**  
**Ansiedlung kleiner Industriebetriebe**

**2. Hälfte des 19. Jhdt**  
**Abbruch der 3 Stadtmauertore**  
(1863, 1867, 1895)



# Horn.



Ridenburg.

Meyerhoff.

Schloß.

St Michael

Spital kirch.  
Grosß haufs.

Thurnhoff

Now

Vorfalt

Praunkofen

Tsich.

Dem Hoch und  
Wolgebornen Herrn Herrn  
Ferdinande Sigmundt Graf Khurtze  
Freyherrn von Senftenau Herrn zu Horn

Caspar Merian. Fecit.

Abb. 08 Kupferstich 1656 von Merian

Ur- und frühgeschichtliche Spuren im Horner Becken Unweit der Stadt Horn, am Nordhang des Galgenberges, konnten, durch den Fund eines über 100.000 Jahre alten Faustkeils, urzeitliche Spuren der Menschen in der Horner Gegend nachgewiesen werden. Im jetzigen, nördlichen Siedlungsgebiet, ließen sich vor 30.000 Jahren die eiszeitlichen Rentierjäger zum Rasten nieder, und am Galgenberg wurde eine Steinschlägerwerkstätte, die dem Beginn der Mittelsteinzeit zugeordnet werden konnte, gefunden. Weiters konnten Spuren von jungsteinzeitlichen Hütten (an mehreren Stellen im Stadtgebiet), Niederlassungen aus der Bronze- und Hallstattzeit sowie Siedlungsreste der Kelten, Germanen und Slawen (nördlich der Stadt) nachgewiesen werden.<sup>5</sup>

### Mittelalter

Die erste urkundliche Erwähnung stammt aus der Mitte des 11. Jahrhunderts. In einer Traditionsnotiz wurde die Schenkung einer Kirche von Graf Gerold, die er in seinem Gut Hornarun errichtet hatte, an Bischof Egilbert von Passau dokumentiert. Über das Gut selbst gibt es keine Überlieferungen, nach übereinstimmender Meinung aller Forscher, handelt es sich bei der geschenkten Kirche allerdings um die südlich der Taffa gelegene Stephanskirche, wo auch die Siedlung vermutet wird.<sup>6</sup>

Um 1200 kam es durch das Aussterben etlicher Familien zu Umwälzungen in den Besitz- und Eigentumsverhältnissen. In Folge dieser wurde die Siedlung auf das gegenüberliegende, nördliche Ufer der Taffa verlegt. Die ursprüngliche Siedlung und die Kirche blieben bestehen. Über Rechte der Stadt (z.B. Marktrecht) oder ihrer Einwohner, sowie über die Herrschaft zu dieser Zeit gibt es keine Überlieferungen. Wichtig für die gute Entwicklung dürfte allerdings die, zwischen Taffa und Mödringbach gelegene, Mautstation gewesen sein.<sup>6</sup>

Schenkt man der Stifterchronik des nahe gelegenen Klosters St. Bernhard Glauben, so hat Otto II. von Maissau 1265 Horn erworben. In diese Zeit (zwischen

1250 und 1290) fällt auch die Befestigung der Siedlung durch die Errichtung einer Stadtmauer. Die gesamte heutige Altstadt wurde in einem Zug, wenn auch über mehrere Jahrzehnte andauernd, ummauert. Die Ummauerung war für den damaligen Platzbedarf der Stadt großzügig und ließ genügend Raum zur Erweiterung. Spätestens für 1312 sind Arbeiten an der Burg nachgewiesen, wobei es auch bereits davor eine angemessene Wohnmöglichkeit für die Herren der Stadt gegeben haben dürfte.<sup>6</sup> Im späteren 14. Jahrhundert erfolgte der Ausbau der inneren Stadt. Auf dem Platz wurde eine Kapelle errichtet, eine Schule wurde gemeinsam von Stadt und Pfarre eingerichtet und ein Spital für 12 Patienten von Bürgern der Stadt gestiftet.<sup>7</sup> 1366 erlangte Horn durch die Abhaltung des Martinimarktes den Status einer Marktstadt. Knapp 100 Jahre später, 1463, folgte ein weiterer Jahrmarkt zu Georgi.<sup>6</sup>

### Kriegerische Auseinandersetzungen und Evangelische Herrschaft

Im 15. Jahrhundert wurde die Stadt mehrmals Schauplatz kriegerischer Auseinandersetzungen. So wurde sie 1426/27 von den Hussiten verwüstet, 1473-1482 von den Ungarn unter König Matthias Corvinus besetzt und 1486 von den kaiserlichen Truppen belagert und erobert.<sup>8</sup>

Durch das Aussterben der Maissauer fiel die Herrschaft 1440 an die evangelischen Herren von Puchheim. Unter ihnen wurde die Stadtmauer bedeutend verstärkt. Türme auf allen Seiten wurden angebracht, sowie eine Zwingermauer im Norden errichtet.<sup>6,8</sup> Im 16. Jahrhundert erhielt die Stadt ihre Renaissance-Prägung. Die Burg wurde zum Schloss umgebaut (1539/40) und zahlreiche Renaissancehäuser, unter anderem das Sgraffitohaus (1583) und das ehemalige Landesgerichtsgebäude (1591), errichtet.<sup>8</sup> Ebenfalls in diese Zeit fällt die Errichtung der heute katholischen Stadtpfarrkirche St. Georg, damals als protestantische Kirche.<sup>5</sup>

Der Untergang der evangelischen Herrschaft wurde

1608 durch ein Bündnis der evangelischen Stände gegen Erzherzog Matthias, genannt „Horner Bund“, eingeleitet. Durch die Beteiligung Reicharts von Puchheim an der Ständeopposition gegen den Kaiser und der Unterstützung der aufständischen Stände in Böhmen, ließ Kaiser Ferdinand der II. die Stadt von seinen Truppen einnehmen. Drei Jahre später wurden Stadt und Herrschaft an Vinzenz Muschinger verkauft, welcher die Rekatholisierung einleitete.<sup>8</sup> Das 1657 erbaute Piaristengymnasium beherbergte Schule und Kloster und galt als Schule der Gegenreformation.<sup>5</sup>

### Die Stadt wächst

Mitte des 17. Jahrhunderts brachte Graf Kurz das Textilgewerbe nach Horn und siedelte Tuchmacher und Färber aus ganz Europa in 30 Reihenhäusern nördlich der Stadtmauer an - der sogenannten Tuchmachersiedlung.<sup>6,8</sup> In den folgenden beiden Jahrhunderten entstanden kleine Industriebetriebe, unter anderem eine Essigsiederei, eine Pulvermühle, Ziegeleien, eine Dampfsäge und eine große Bierbrauerei.<sup>8</sup> Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Fläche innerhalb der Mauern zu klein, und die Stadtteile außerhalb selbiger wuchsen immer weiter an. Durch die Abtragung der drei Stadtmauertore (1863, 1867, 1895) wuchsen die Altstadt und die neuen Siedlungen zusammen.<sup>6</sup>

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts entstanden schließlich einige der heute noch prägenden öffentlichen Einrichtungen: Musik- und Volkshochschule (1956), Einkaufs- Betriebs- und Industriegebiet (1960), Hallenbad (1975), Krankenhaus Neubau (1993), erste Ausbaustufe des EKZ (1995). 2010 wurde die bisher letzte Ausbaustufe des EKZ Horn eröffnet.<sup>5,6,7</sup>

vgl. Prihoda, I. (1975) *Festschrift zur Eröffnung des Waldland-Hallenbades Horn 1975*. Stadtgemeinde Horn

vgl. Reingraber, G. (2011) *Horn, die Stadt und ihre Mauer*. Stadtgemeinde Horn

vgl. Rabl, E. (1995) *600 Jahre Bürgerspital in Horn Historische Streiflichter zur jüngeren Entwicklung*. In Stiftung Bürgerspital zu Horn (Hrsg.), *600 Jahre Stiftung „Bürgerspital zu Horn“*.

vgl. Gedächtnis des Landes. (o.D). *Ort Horn* <https://www.gedaechtnisdeslandes.at/orte/action/show/controller/Ort/ort/horn.html>

Abb.09: Stadtentwicklung



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

- Mitte 11. Jahrhundert
- 13. Jahrhundert
- Ende 13./14. Jahrhundert
- 16./17. Jahrhundert
- 18. Jahrhundert
- 19. Jahrhundert
- 20./21. Jahrhundert



# Analyse

Abb. 10: Übersicht Horn



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Norderweiterung

Frauenhofen

Schulzentrum  
Mödlingbach

Krankenhaus

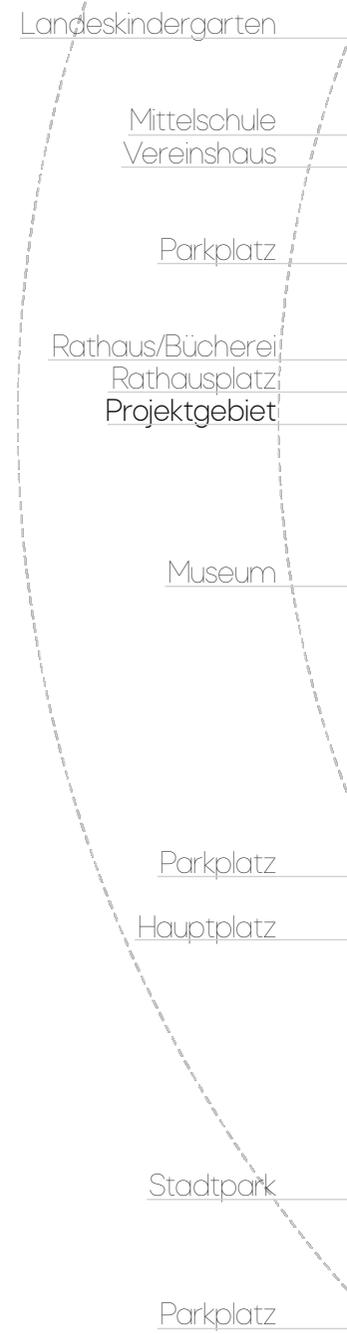
Bahnhof

Einkaufszentrum  
Projektgebiet

Altstadt

Taffa

Süderweiterung



Die abgebildete gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

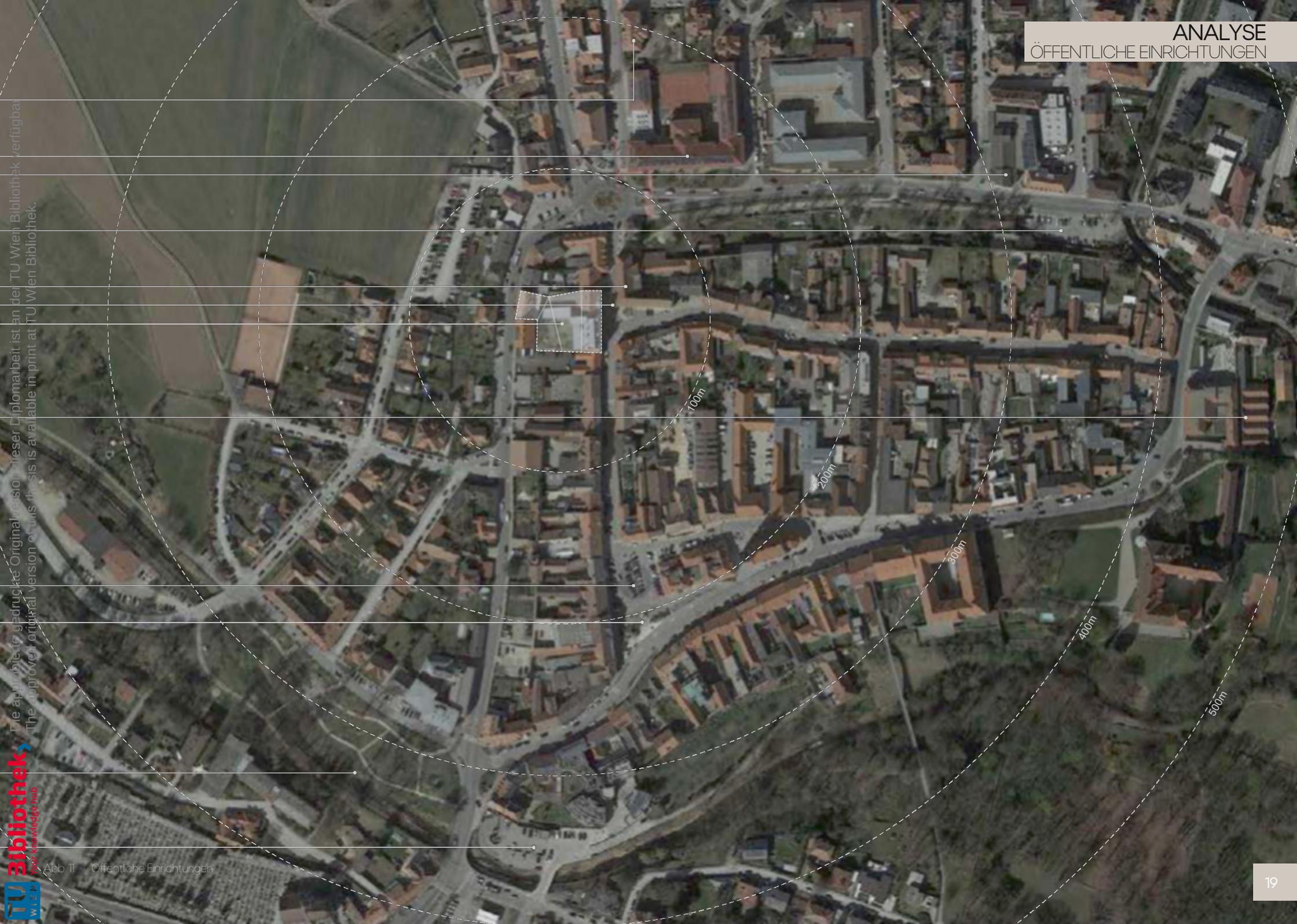


Abb. 11: Öffentliche Einrichtungen

Schloss - Privatzimmer  
Kunsthau - Privatzimmer

Cafe - Konditorei

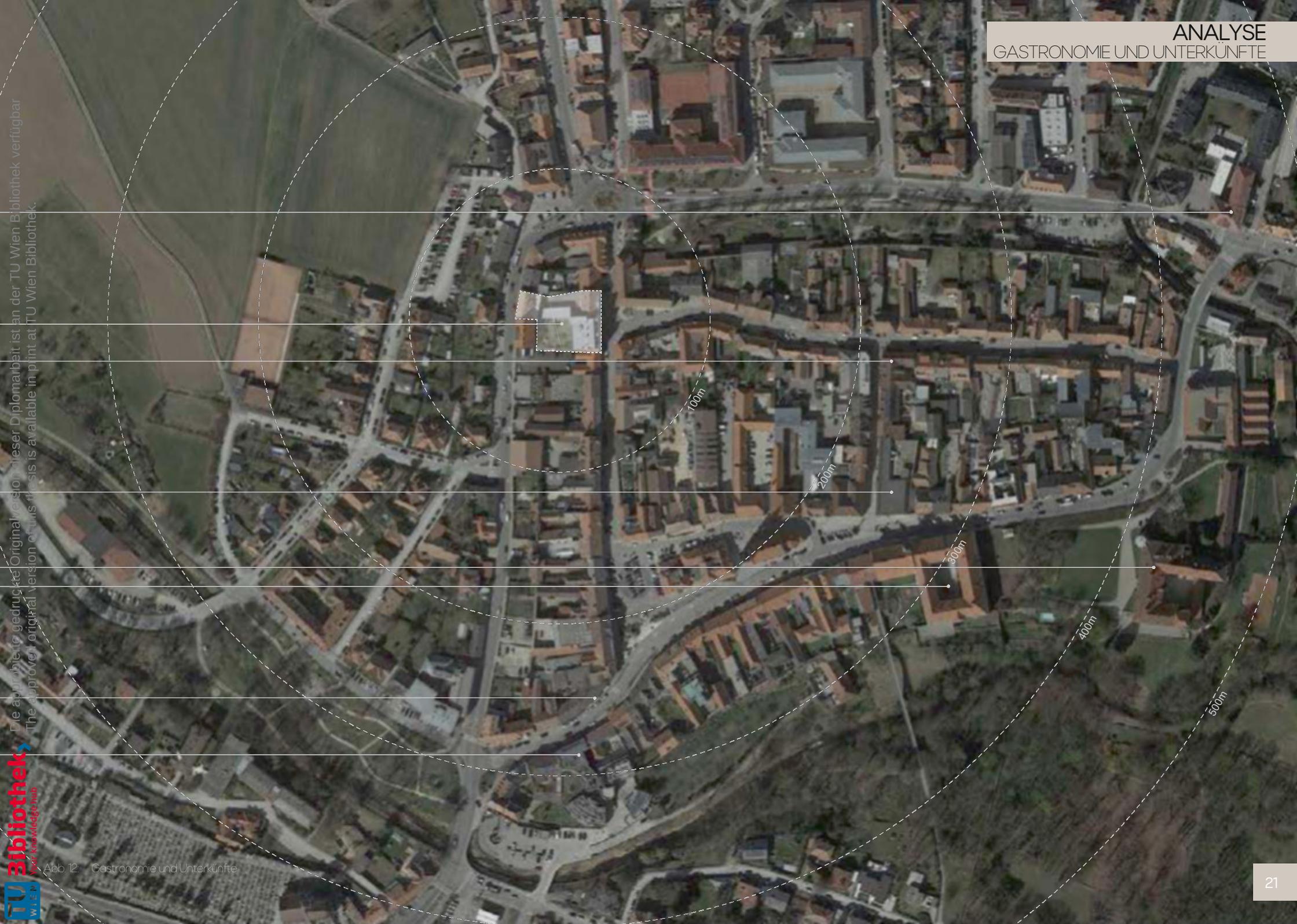
Hotel - Restaurant

Supermarkt

Cafe - Konditorei

Projektgebiet

Hotel - Restaurant



Die abgebildete gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abb. 12: Gastronomie und Unterkünfte

Abb 13 Projektgebiet 11000 - Teil 1



Wilhelm Miklas-Platz

Christian-Weinmann-Gasse

Christian-Weinmann-Gasse

Stadlgraben

EVN-Gebäude

Uniga-Gebäude

Musik- und Volkshochschule

Rathausplatz

Rathausplatz

Stadlgraben

Floriangasse

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abb. 14: Projektgebiet 11000 - Teil 2

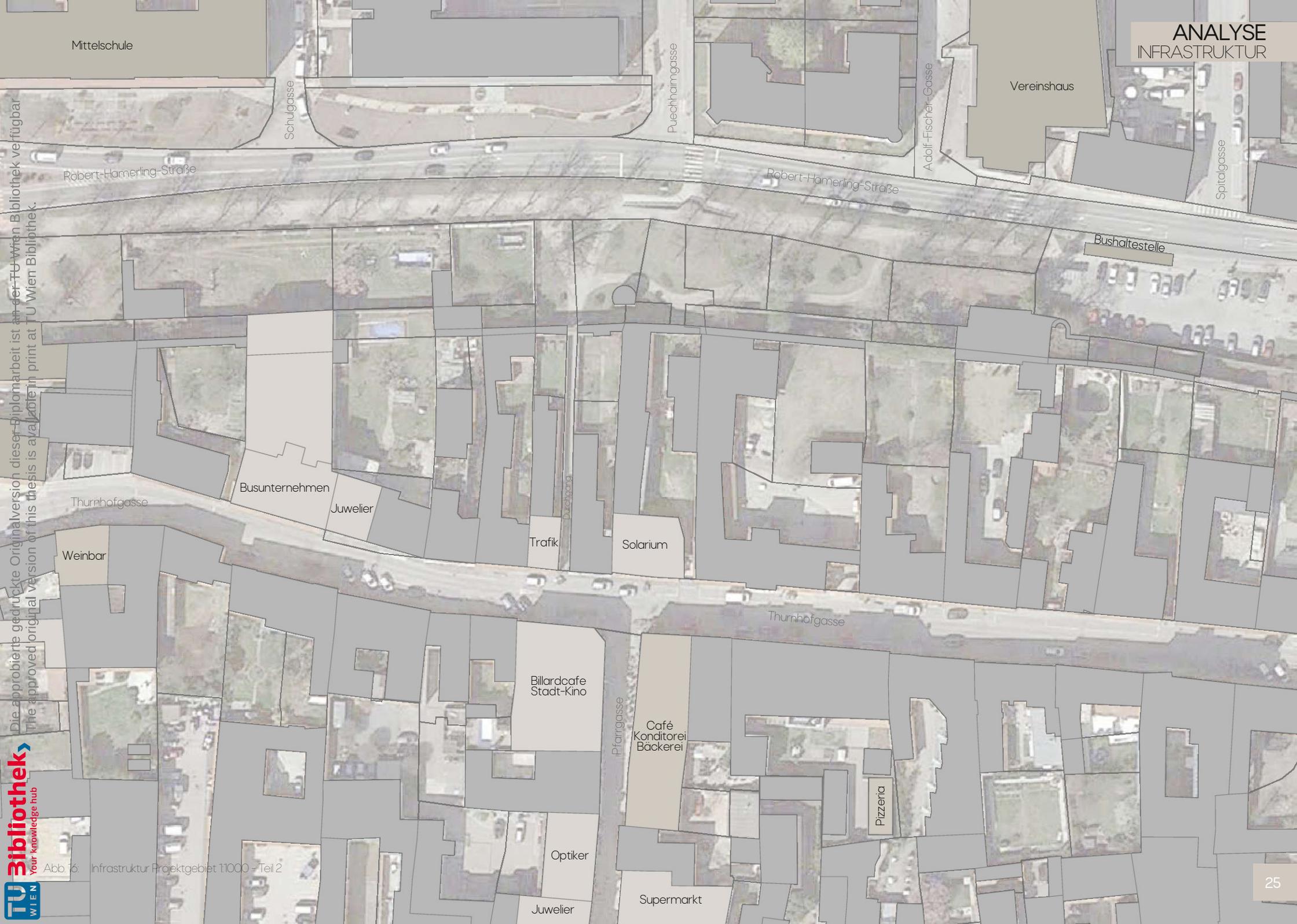


- öffentliche Gebäude
- Gastronomie
- Geschäfte und Dienstleister

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abb. 15: Infrastruktur Projektgebiet 11000 - Teil 1





Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Abb. 17: Rathausplatz (1205.2022)

Das Projektgebiet liegt an der nordwestlichen Ecke der Altstadt, zum überwiegenden Teil innerhalb der ehemaligen Stadtmauer. Es umfasst ein auffälliges Wohngebäude, das ehemalige Uniqa-Gebäude, sowie die Musik- und Fachhochschule mit den zugehörigen Innenhöfen und liegt zwischen dem Rathausplatz und der B34, dem sogenannten Stadtgraben, welcher als Umfahrung der Altstadt dient. Im unmittelbaren Umfeld sind neben dem Rathaus, mitsamt Standesamt und Bücherei, vielfältigste Geschäfte und Dienstleister beheimatet. So gibt es unter anderem zwei Bars, eine Weinbar, einen Heurigen und ein Café, welche vor allem abends für das leibliche Wohl sorgen. Neben einem Fahrradgeschäft, inkl. Werkstätte und Fahrradverleih, gibt es noch einen Altwarenhandel und ein Geschäft für Bürobedarf. Zu den Dienstleistern am Standort zählen zwei Friseure, ein Tattoostudio, ein Fotograf und eine Fahrschule. Fußläufig sind zudem neben der Mittelschule mit zugehöriger Bushaltestelle, welche von beinahe allen lokalen und überregionalen Buslinien angefahren wird, ein Nagelstudio, eine Schneiderei, ein Solarium und ein Busunternehmen erreichbar. Zwei Juweliere, ein Optiker und eine Trafik sind ebenso in Gehweite wie eine Konditorei und Bäckerei und ein Supermarkt, welche die Nahversorgung abdecken. Für größere Einkäufe verfügt Horn über das am westlichen Stadtrand gelegene Einkaufszentrum. Etwa fünf Fußminuten vom Projektgebiet entfernt finden sich zwei Hotels mit Restaurants sowie zwei Unterkünfte, welche Privatzimmer anbieten. Abgesehen von dem am Stadtgraben gelegenen benachbarten Wohngebäude der Sparkasse, welches über 6 Wohnungen verfügt, findet sich lediglich ein weiteres Wohnhaus in der Altstadt, welches im Besitz einer gemeinnützigen Wohnbaugesellschaft ist. Die restlichen umliegenden Gebäude sind Einfamilienhäuser oder beherbergen, teils neben den bereits erwähnten Geschäften und Dienstleistern, 1-2 Wohnungen.



- ..... reine Gehwege
- überörtliche Radwege
- Verkehrsaufkommen
- ← Einbahn

Abb. 18: Verkehr Altstadt 12500

Horn ist als ländliches Zentrum stark durch den Individualverkehr geprägt. Der Durchzugsverkehr wird durch die beiden viel befahrenen Bundesstraßen B34 im Westen und B4 im Norden an der Altstadt vorbeigeführt. Drei „Zufahrten“ führen von ihnen in die Altstadt, deren innerer „Ring“ eine Einbahn ist. Zu den Stoßzeiten in der Früh und am frühen Nachmittag sind vor allem die Ost-West-Verbindung, vorbei am Hauptplatz, sowie die Süd-Nord-Verbindung, vorbei am Rathausplatz, stark befahren. Die weiteren Straßen, welche von den Landesstraßen nach „außen“ führen, sind weniger stark befahren und dienen hauptsächlich dem Siedlungsverkehr.

Zwei überregionale Radwege führen an der B34 entlang der Altstadt vorbei. Ein weiterer startet im Westen am Museum.

Parallel zur B34 verläuft die Florianigasse, die beiden Straßen sind durch einen Durchgang im Bereich des Heurigen für Fußgänger verbunden. Ebenfalls mehrfach verbunden durch Passagen und Fußgängerzonen sind die drei Ost-West orientierten Straßen. Ein Fußweg führt dabei von der B4 bis ins südliche Siedlungsgebiet.



Abb. 19: Parkplatzsituation Altstadt 12500

Durch den hohen Anteil an Individualverkehr ist ein Großteil der öffentlichen Flächen dem Parken gewidmet. Die gesamte Altstadt ist hierbei als Kurzparkzone ausgewiesen, was längere Aufenthalte erschwert. Entlang sämtlicher Straßen sind, so es die Fahrbahnbreite und Hauszufahrten zulassen, Stellplätze angeordnet. Am Hauptplatz gibt es einen größeren Parkplatz mit ca. 45 Stellplätzen. Außerhalb der Altstadt sind am Stadtgraben vereinzelt private Parkplätze, die teils zu Firmen gehören und teils angemietet werden können (unter anderem am südlichen Nachbargrundstück des Projektgebietes) zu finden. In diesem Bereich gibt es ebenso noch einige wenige Kurzparkzonen, wie vor dem Landeskindergarten im Norden. Die restlichen Parkflächen außerhalb der Altstadt sind Dauerparkplätze. Auch hier werden sämtliche Flächen genutzt, um Stellplätze zu schaffen. Im Westen, getrennt durch eine Häuserzeile vom Stadtgraben, befindet sich ein großer Parkplatz, auf welchem hauptsächlich Personen mit Arbeitsplatz in der Altstadt parken. Ein weiterer Parkplatz befindet sich im Nord-Osten der Altstadt, an der Bushaltestelle in der Nähe des Vereinshauses.

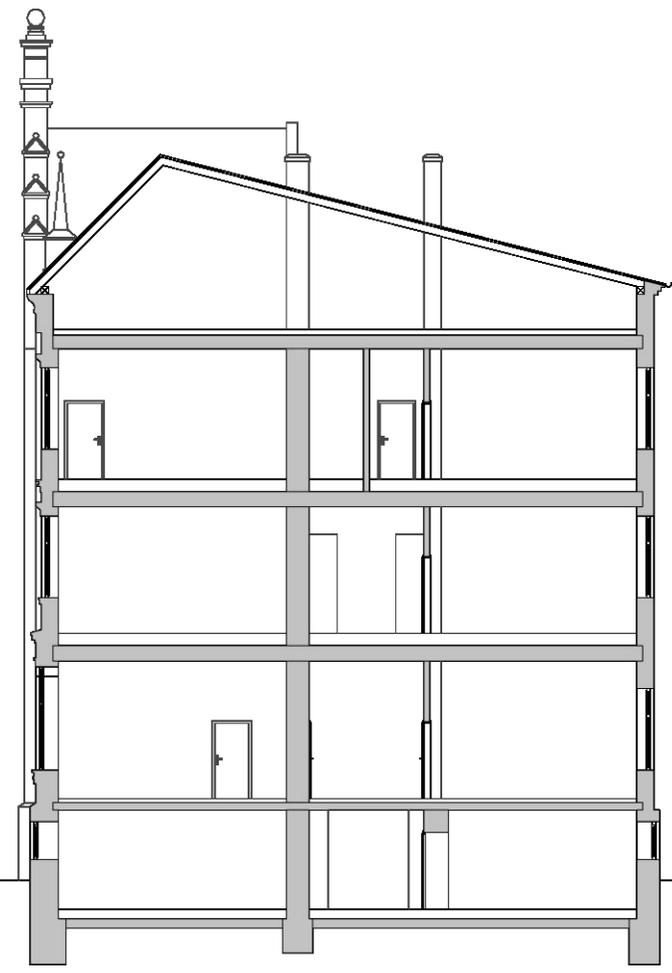


Abb. 20: Musik- und Volkshochschule (12.05.2022)



Abb. 21: Lage Musik- und Volkshochschule 1:1000

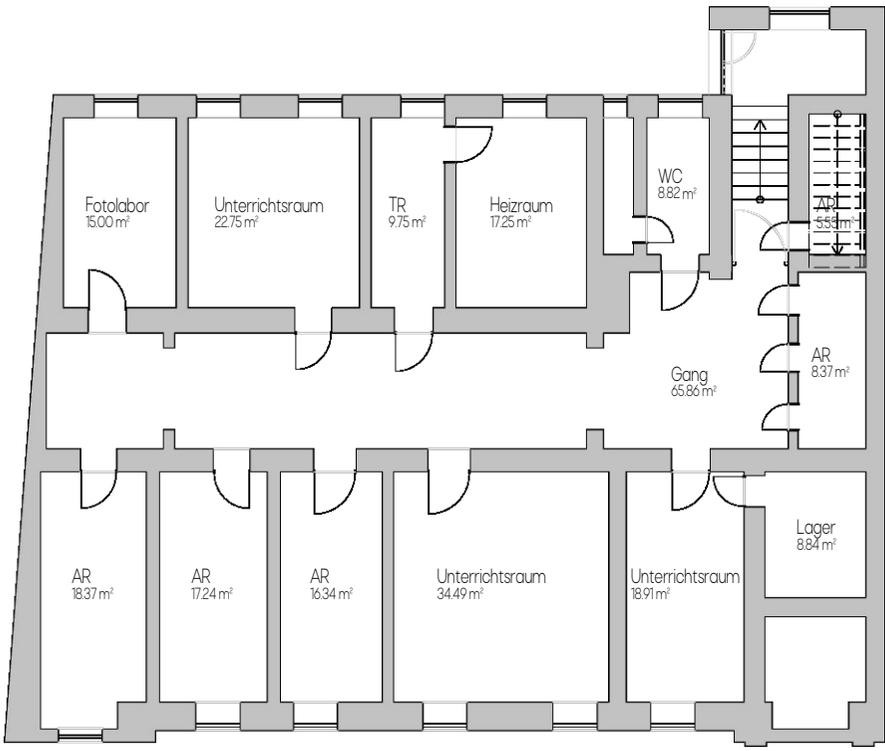
Schnitt Bestand 1:200



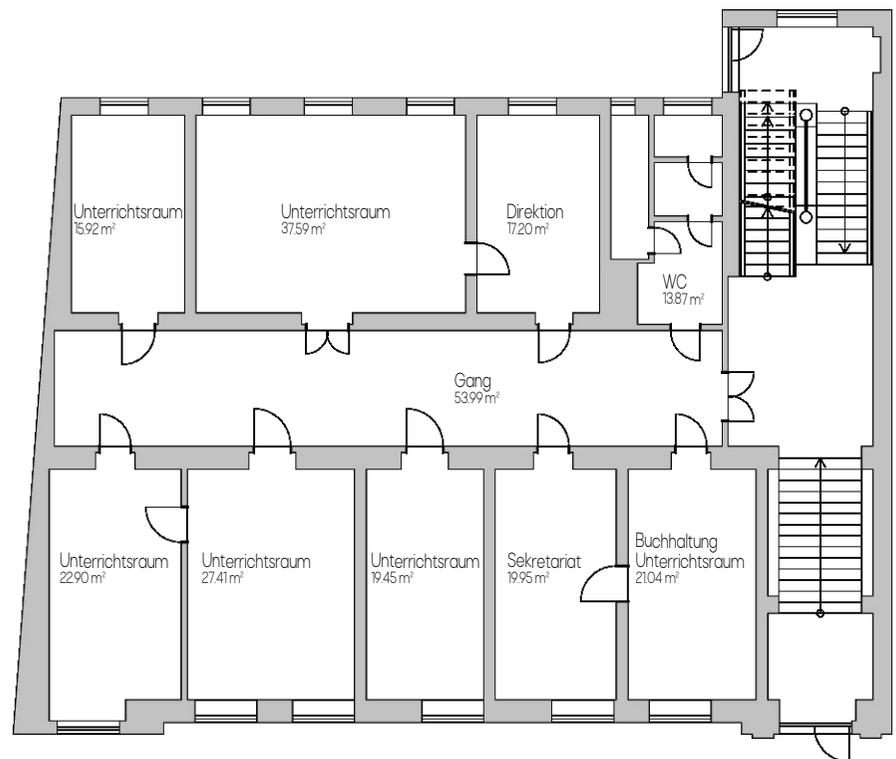


Ansicht Ost Bestand 1:200

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Grundriss KG Bestand 1:200

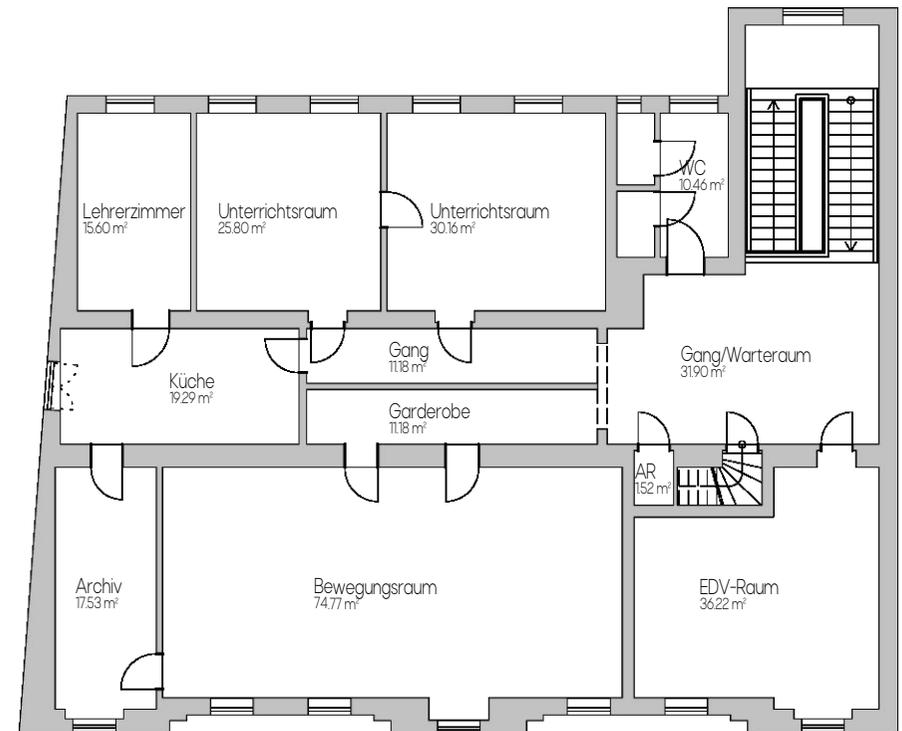


Grundriss EG Bestand 1:200

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Grundriss 1OG Bestand 1:200



Grundriss 2OG Bestand 1:200



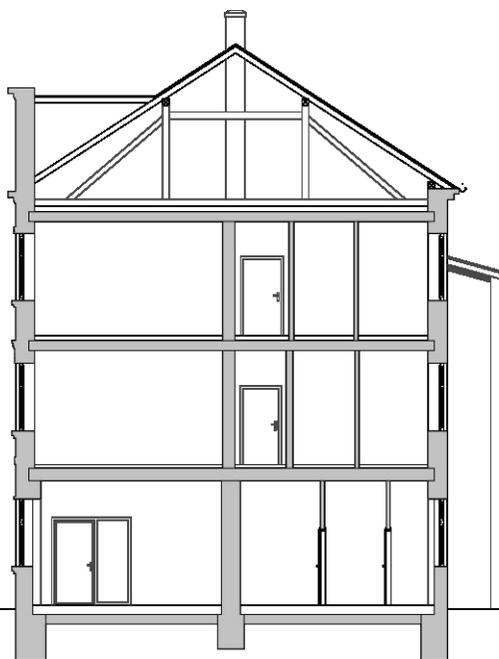
Abb. 22: Uniqa-Gebäude (12.05.2022)



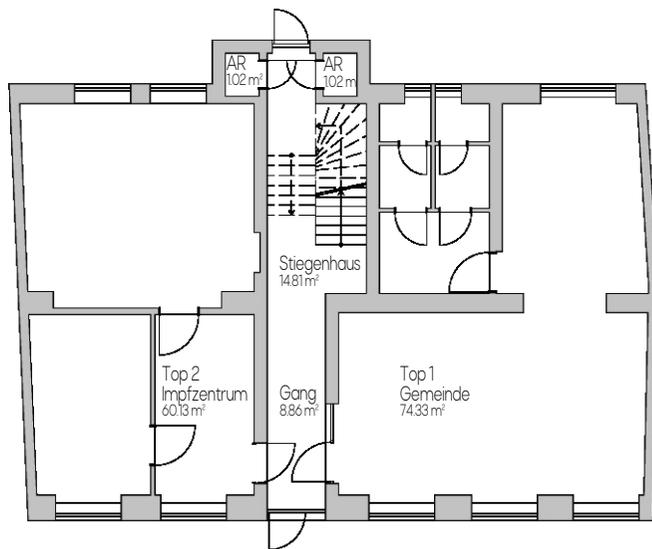
Abb. 23: Lage Uniqa-Gebäude 1:1000



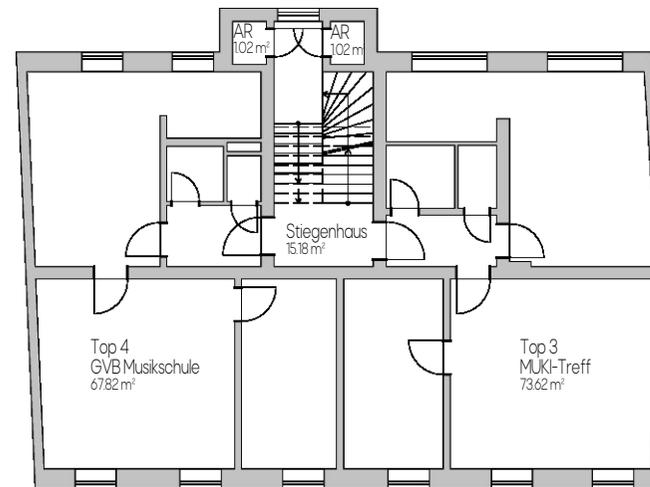
Ansicht Ost Bestand 1:200



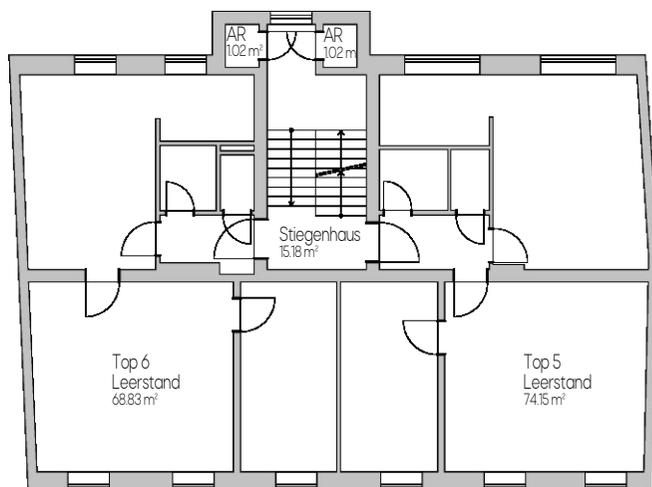
Schnitt Bestand 1:200



Grundriss EG Bestand 1:200



Grundriss 1OG Bestand 1:200



Grundriss 2OG Bestand 1:200

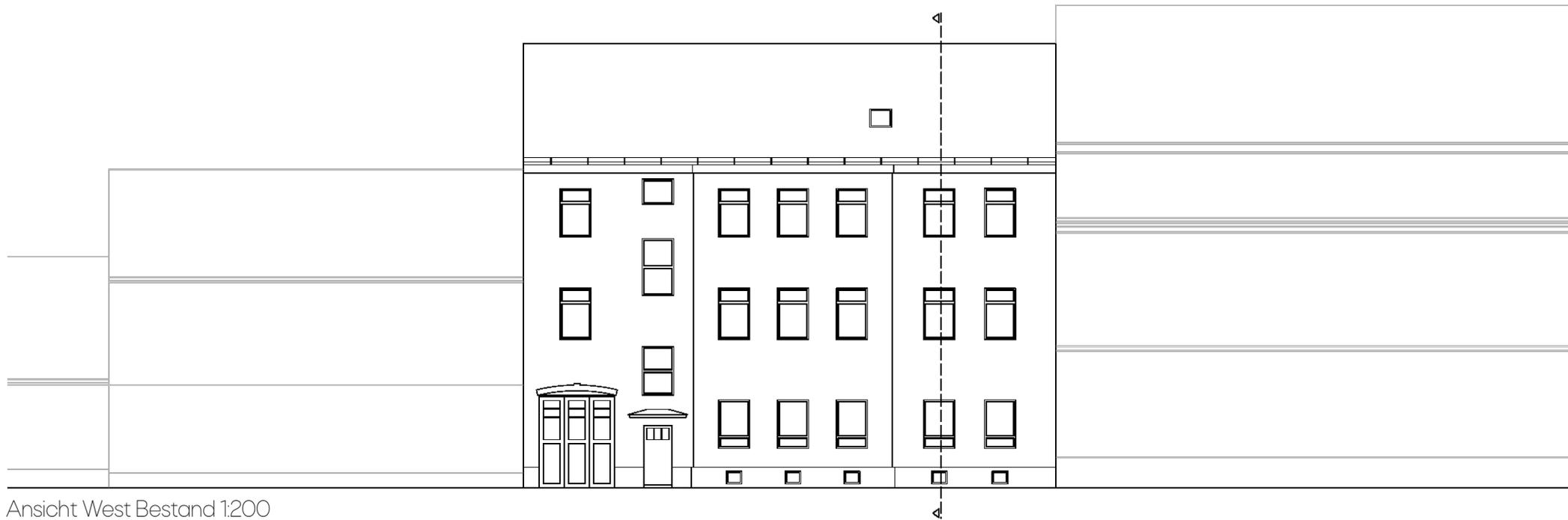


Abb. 24: Wohnbau Bestand (12.05.2022)

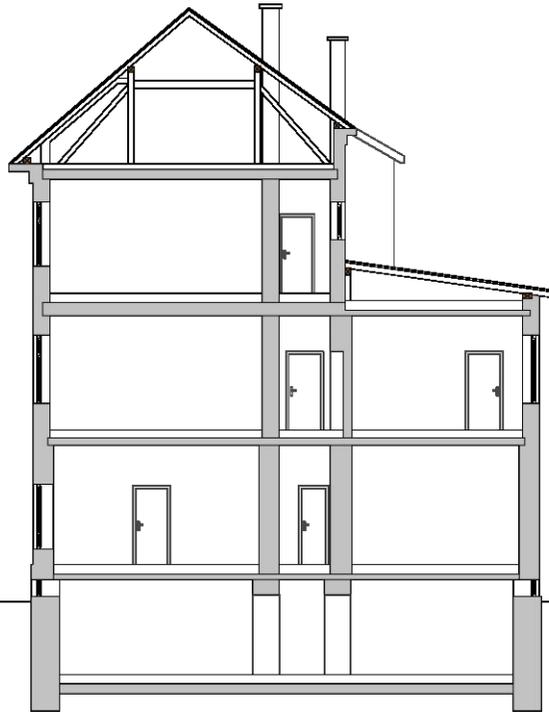


Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

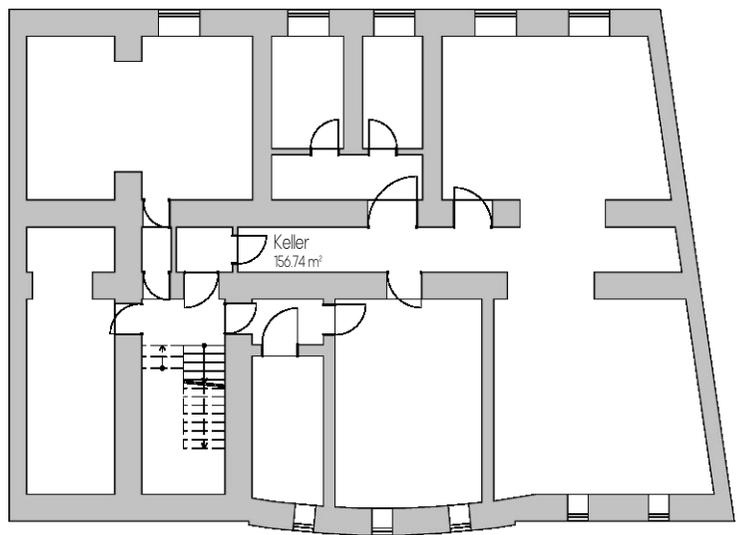
Abb. 25: Lage EVN-Gebäude 1:1000



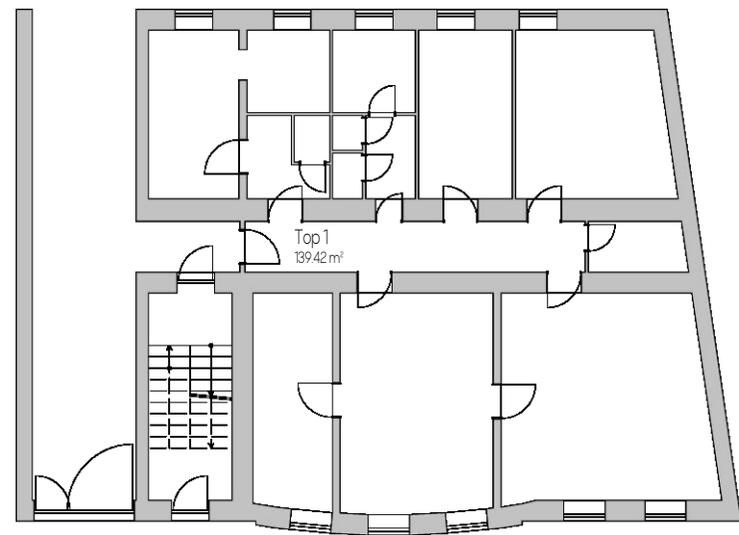
Ansicht West Bestand 1:200



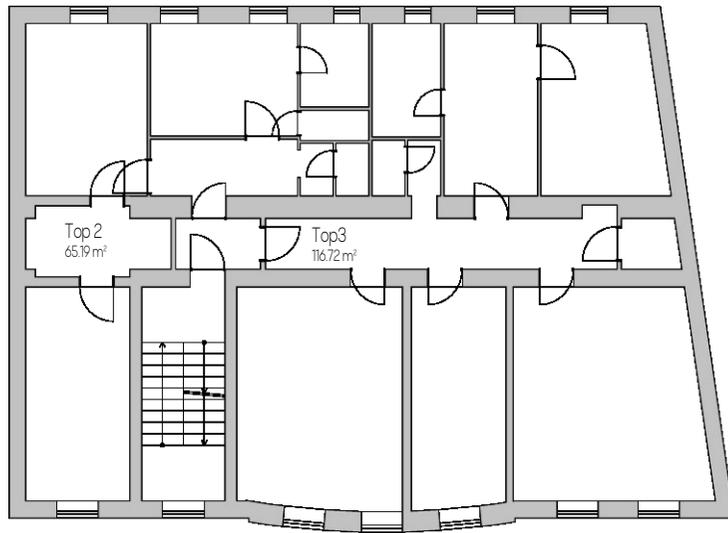
Schnitt Bestand 1:200



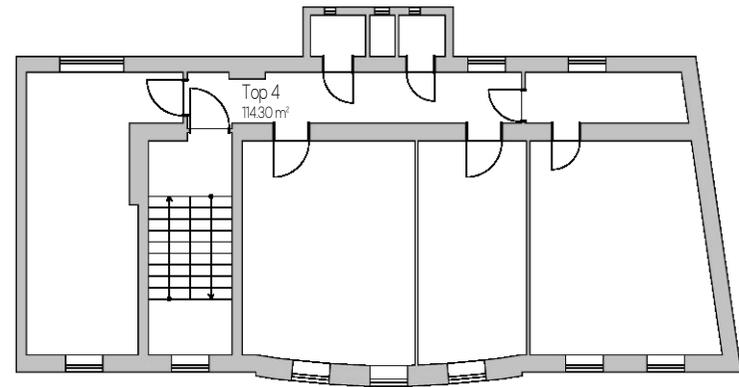
Grundriss KG Bestand 1:200



Grundriss EG Bestand 1:200



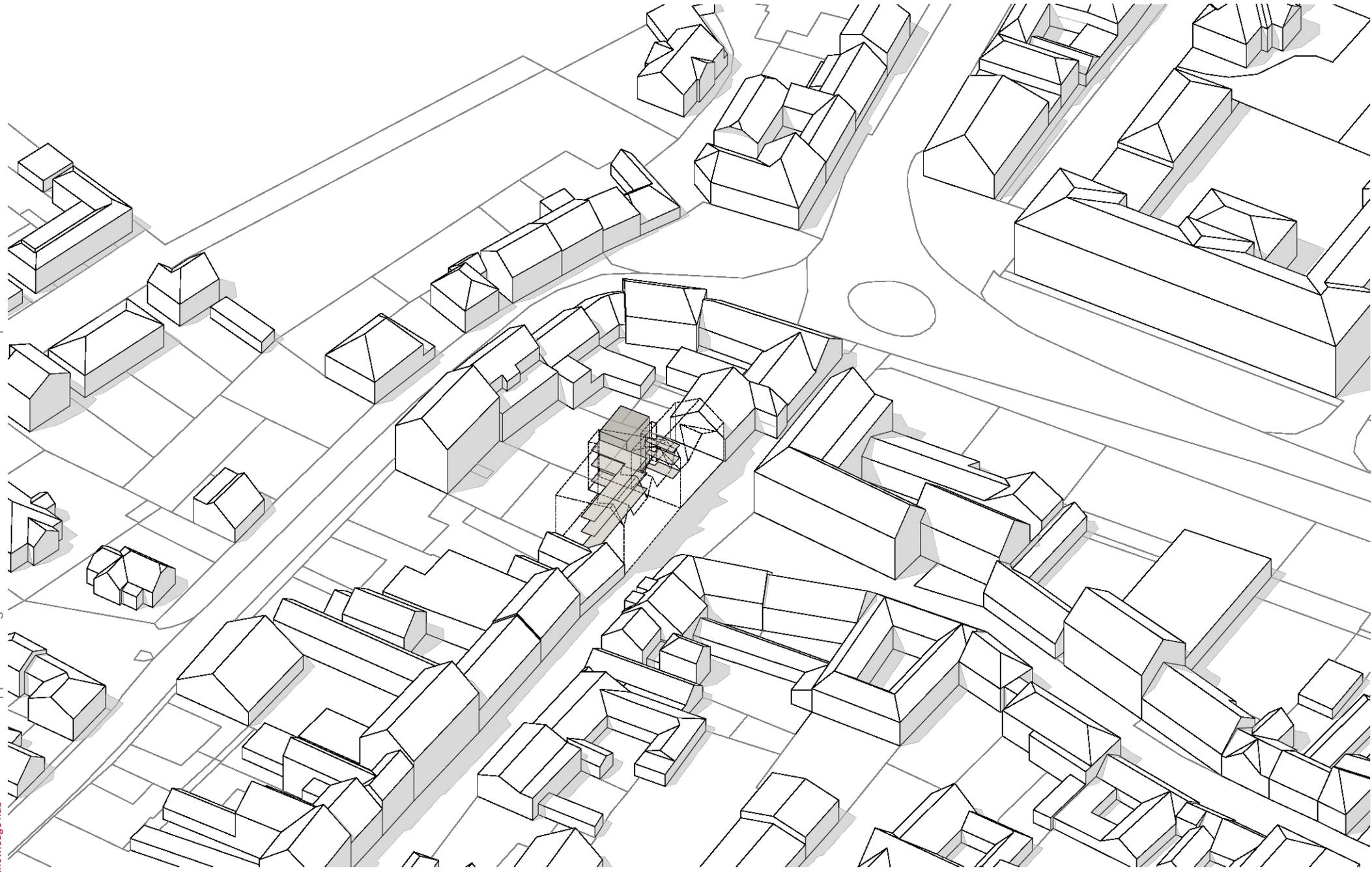
Grundriss 1OG Bestand 1:200



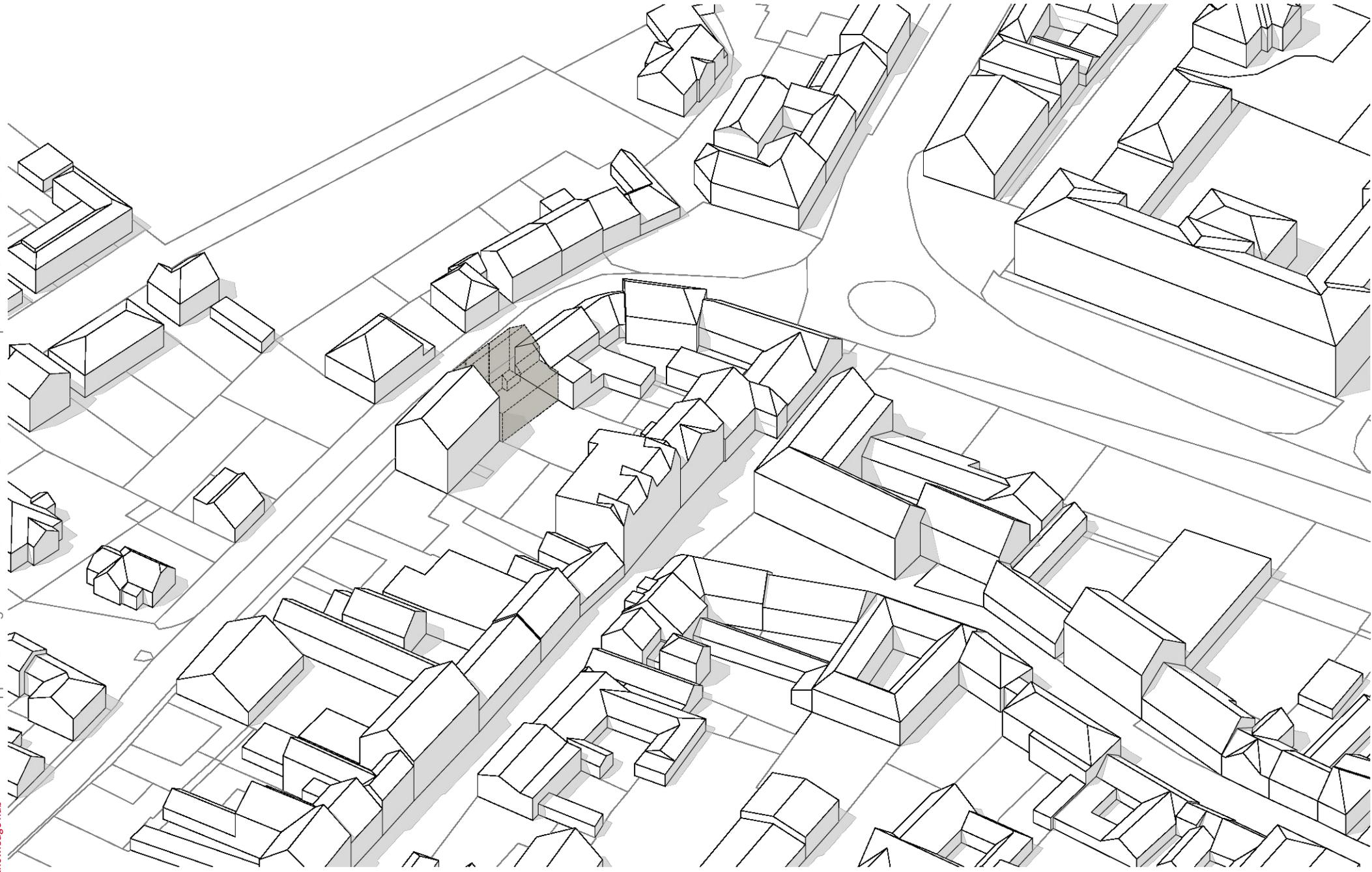
Grundriss 2OG Bestand 1:200



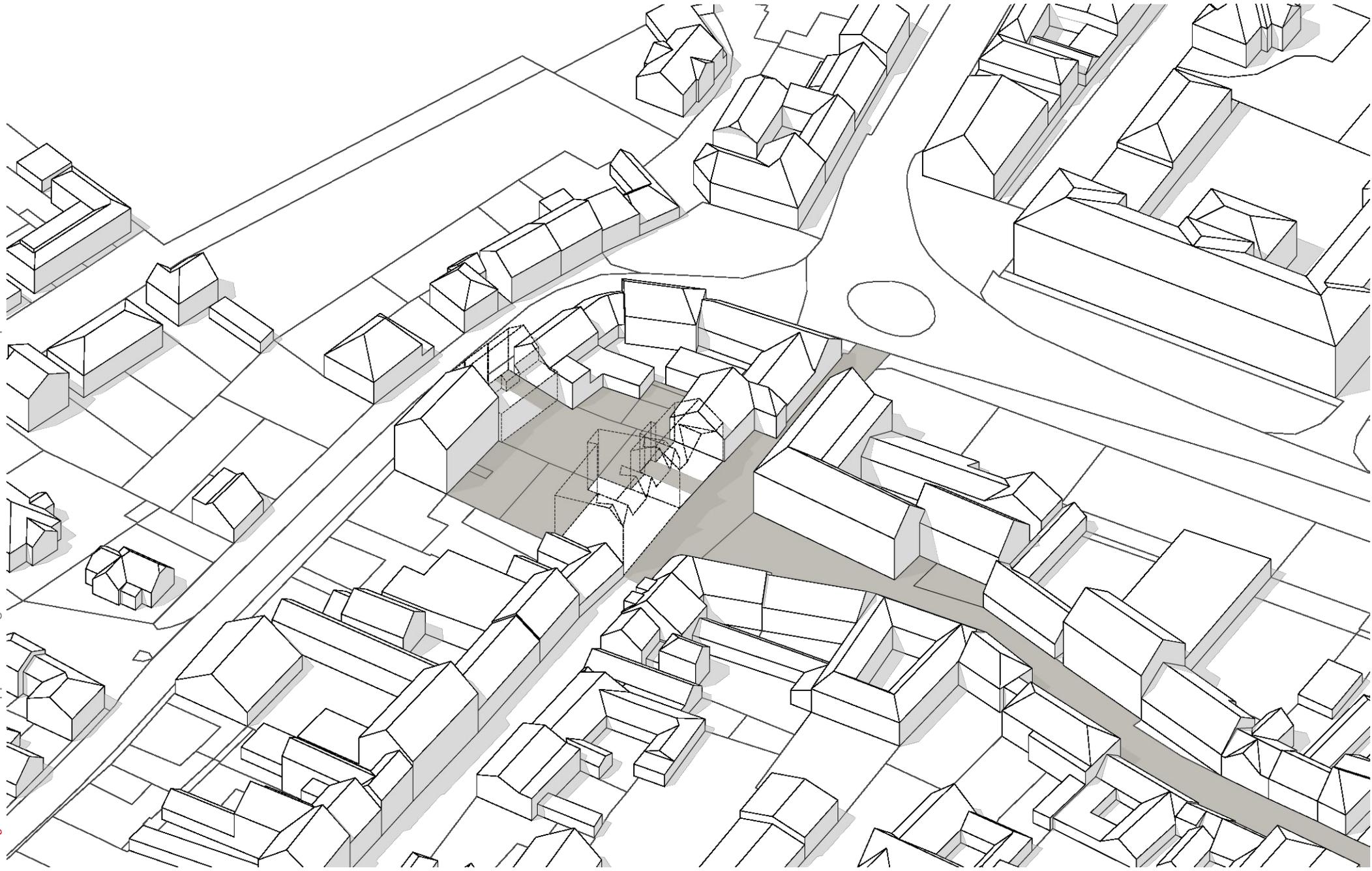
# Konzept



Zentraler Bestandteil des Entwurfs ist es, die Musikschule mit dem benachbarten Uniqa-Gebäude zu verbinden und beiden Häusern eine neue, barrierefreie Erschließung zu ermöglichen. Dadurch werden neue Räumlichkeiten für Musik- und Volkshochschule erschlossen.



Das baufällige Gebäude wird abgerissen und durch einen Neubau ersetzt. Dieser enthält Räumlichkeiten der beiden Bildungseinrichtungen Musik- und Volkshochschule und komplettiert somit den Bildungscampus. Auf den übrigen Flächen werden Wohnungen und ein Büro untergebracht.



Die derzeit kleinteiligen, privaten Innenhöfe werden zusammgelegt und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Es entsteht ein innerstädtischer Rückzugsort mit Anbindungen an den Stadtgraben sowie den Rathausplatz, welcher ebenfalls neu gestaltet wird.



## Musikschule

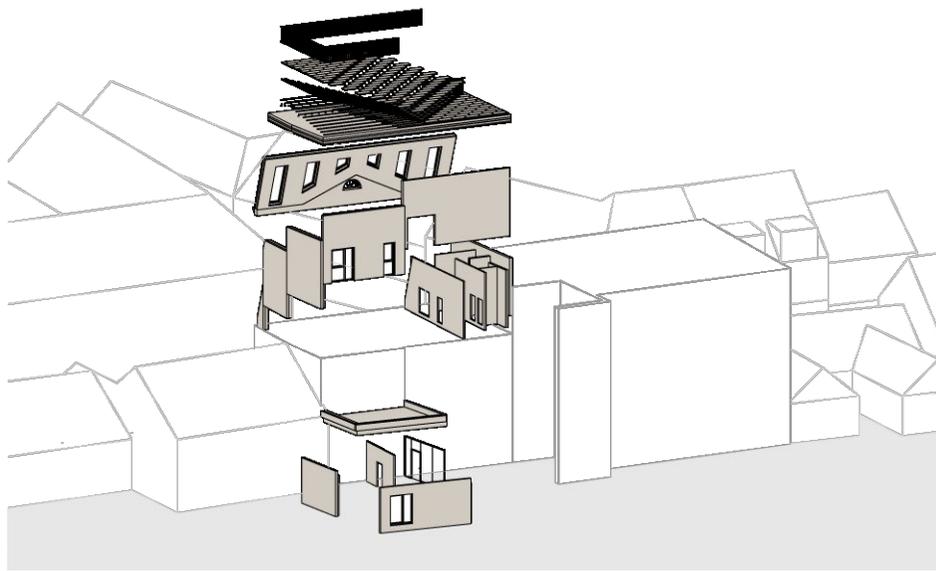
Sekretariat	~20m <sup>2</sup>
Leiterzimmer	~20m <sup>2</sup>
Lehrerzimmer	~20m <sup>2</sup>
Instrumenten-/Notenarchiv	~20m <sup>2</sup>
9x Einzelunterricht	~15m <sup>2</sup>
3x Gruppenunterricht	~25m <sup>2</sup>
Unterrichtsraum Theorie	60-80m <sup>2</sup>
Unterrichtsraum Populärmusik	50-70m <sup>2</sup>
Unterrichtsraum Schlagwerk	40-60m <sup>2</sup>
Musikalische Früherziehung	60-80m <sup>2</sup>
Musikgarten	60-80m <sup>2</sup>
Tanzsaal	80-100m <sup>2</sup>
kleiner Saal	~120m <sup>2</sup>
großer Saal	~150m <sup>2</sup>

## Volkshochschule

Direktion und Sekretariat	~35m <sup>2</sup>
3-4x Unterrichtsraum	~25m <sup>2</sup>
Unterrichtsraum	~70m <sup>2</sup>
Bewegungsraum	~100m <sup>2</sup>

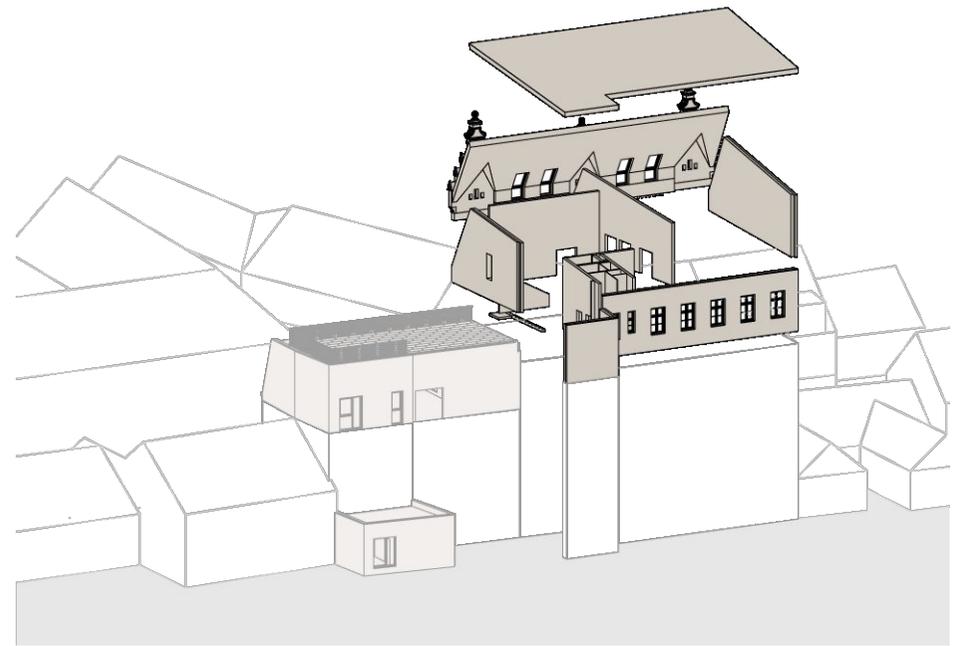
## Allgemein

Garderoben	
WC-Anlagen	
Abstellräume	
Aufenthalts-/Warteraum	



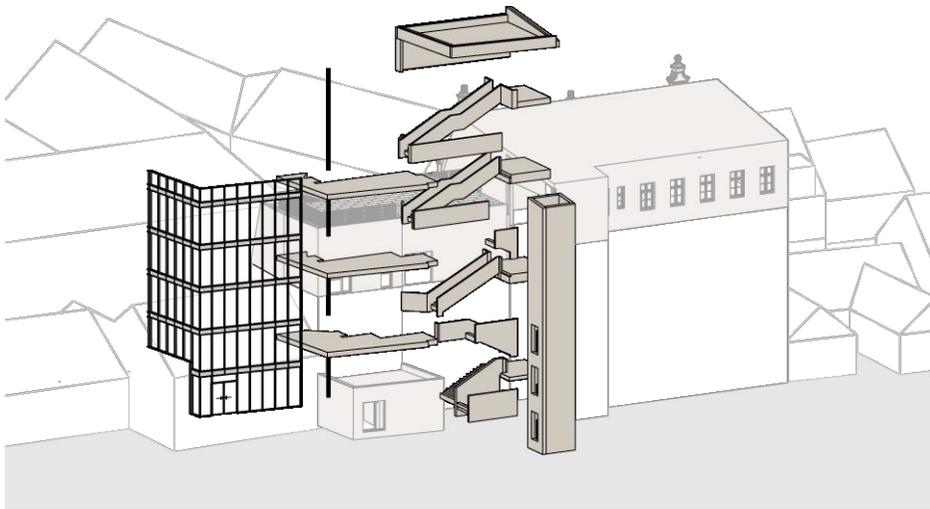
### 1 UNIQA-Gebäude

Das ehemalige Uniqa-Gebäude wird im Erdgeschoß durch einen Zubau und im Dachgeschoß durch einen Dachgeschoßausbau erweitert. In den drei bestehenden Geschossen, werden die nichttragenden Wände umstrukturiert. Im EG wird der Verwaltungsapparat der Musikschule untergebracht. Die übrigen Räumlichkeiten beherbergen großzügige Unterrichtsräume und einen Probesaal. Das Dach wird als frei zugängliche Dachterrasse genutzt, die Einblicke in den Innenhof und den Rathausplatz gewährt.



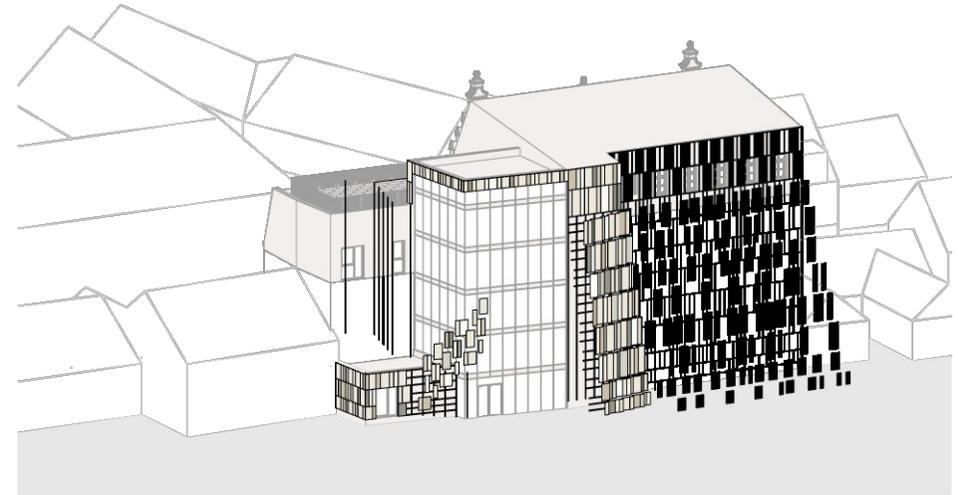
### 2 Musikschule

Auch im bestehenden Musikschulgebäude wird das Dachgeschoß ausgebaut. Der Wunsch nach einem Orchestersaal mit benachbartem Schlagwerkraum macht die Schaffung neuer Flächen notwendig. Die bestehenden Räumlichkeiten werden ebenfalls rund um das tragende Gerüst den veränderten Raumerfordernissen angepasst. Die Volkshochschule wird zentraler als bisher, im EG situiert.



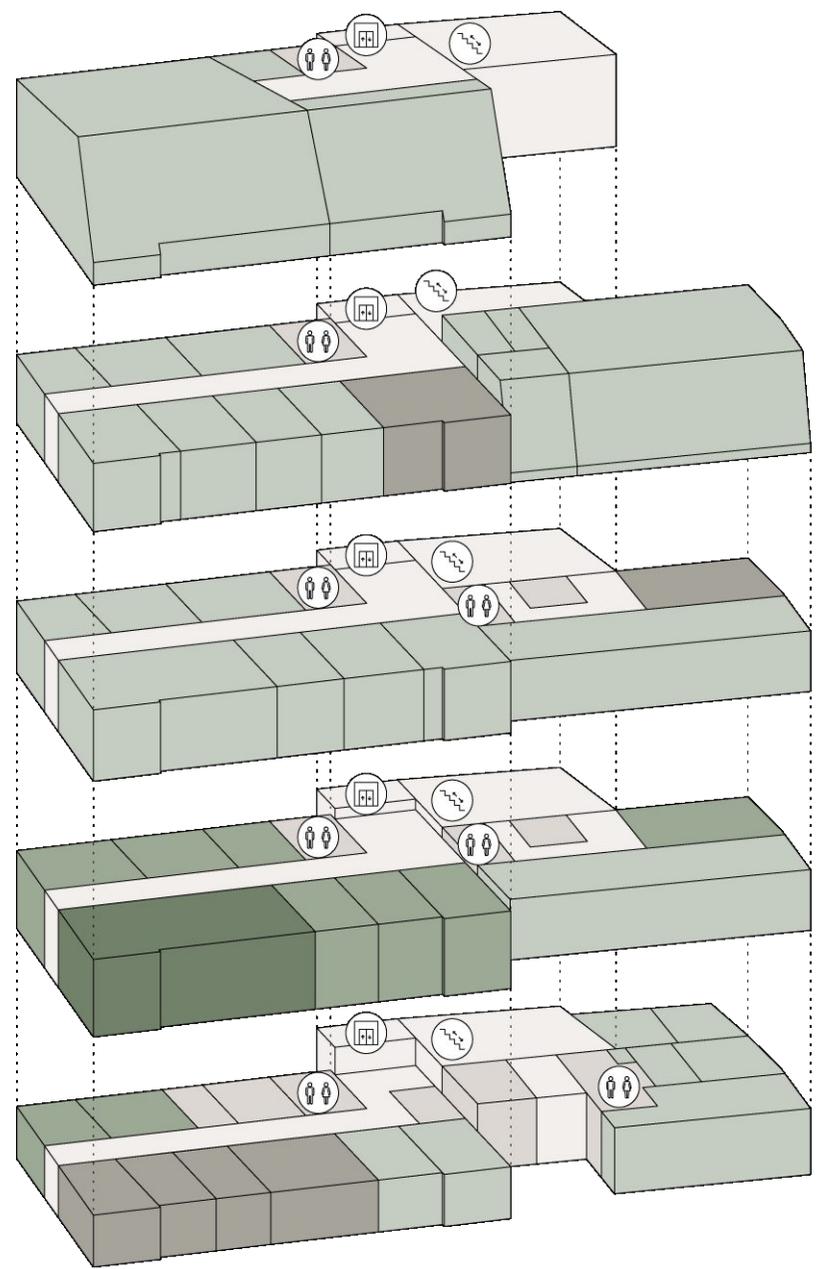
### 3 Neuer Erschließungskern

Hofseitig wird der neue Erschließungskern an die beiden bestehenden Stiegenhäuser angebaut. Durch einen Lifteinbau wird die Barrierefreiheit gewährleistet. Ein neu geschaffener Durchgang im Erdgeschoß des Uniqa-Gebäudes verbindet den Rathausplatz mit dem Innenhof. Die Pfosten-Riegel-Fassade des Stiegenhauses ermöglicht die Belichtung der angrenzenden Räumlichkeiten und gewährt einen Einblick in den Innenhof bereits vom Rathausplatz aus.

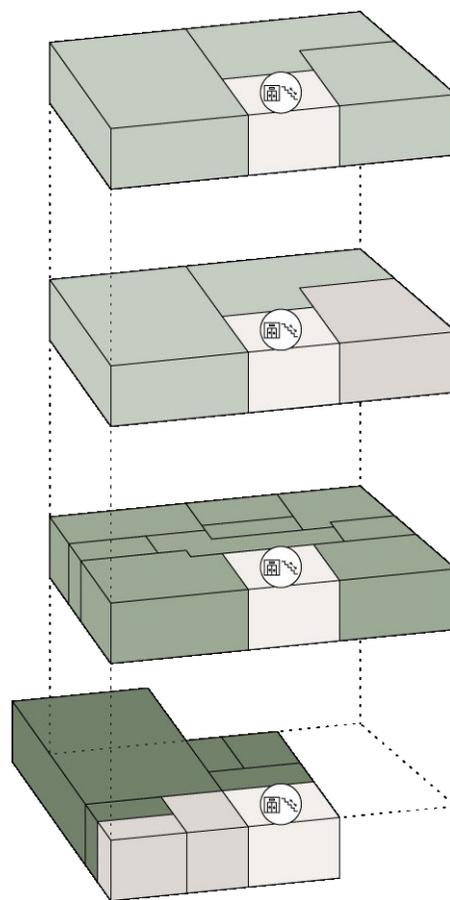


### 4 Fassadengestaltung

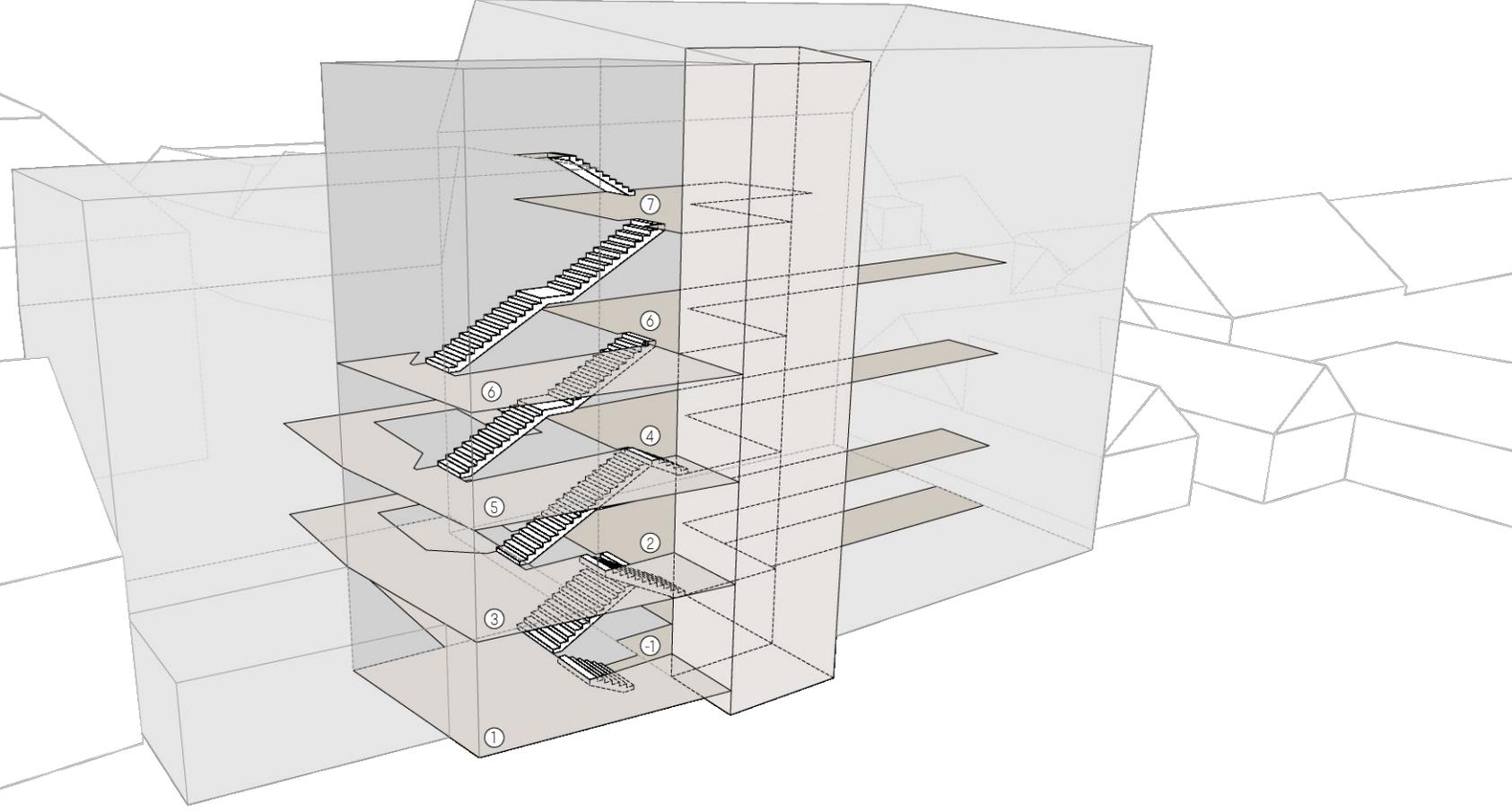
Die historischen Gründerzeit-Fassaden an der Straßenfront werden erhalten. Die Dachgeschoßausbauten fügen sich in den bestehenden Raster ein und behalten den Charakter der Gebäude bei. Helle Farben, Pfosten-Riegel-, Platten- und begrünte Fassaden sollen dem Innenhof einen modernen und dennoch gemütlichen Touch geben. Der Musikschule wird ein Rankgerüst vorgestellt und die UNIQA-Fassade bekommt lineare Kletterhilfen. Die Schlingpflanzen, welche die Fassaden begrünen sollen, sitzen im Mutterboden beziehungsweise im Gründach des EG-Zubaus.



- Erschließung
- Allgemeinbereiche
- Diverse Organisationen/Vereine
- Musikschule
- Volkshochschule
- Gemeinsame Nutzung MS und VHS



-  Erschließung
-  Allgemeinbereiche
-  Wohnungen
-  Büro
-  Gemeinsame Nutzung MS und VHS

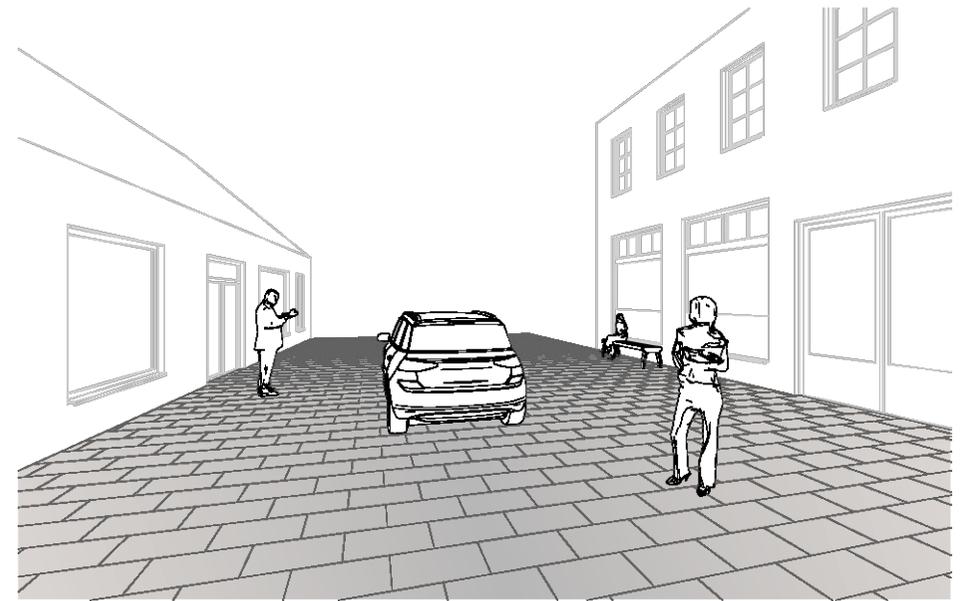


Durch die unterschiedlichen Raumhöhen der beiden Gebäude ergibt sich beim Zusammenlegen eine Splitlevel-Erschließung, welche mit den bestehenden Stiegenhäusern nicht vereinbar ist. Der neue Erschließungskern wird zentral zwischen den beiden Gebäuden angebaut. Das Stiegenhaus der Musikschule wird entkernt und ein Lift eingebaut. Dadurch bleibt die Erschließung der Räume grundsätzlich erhalten, anstelle der beiden einzelnen Stiegenhäuser rückt ein gemeinsames barrierefreies mit Raum zur Begegnung.



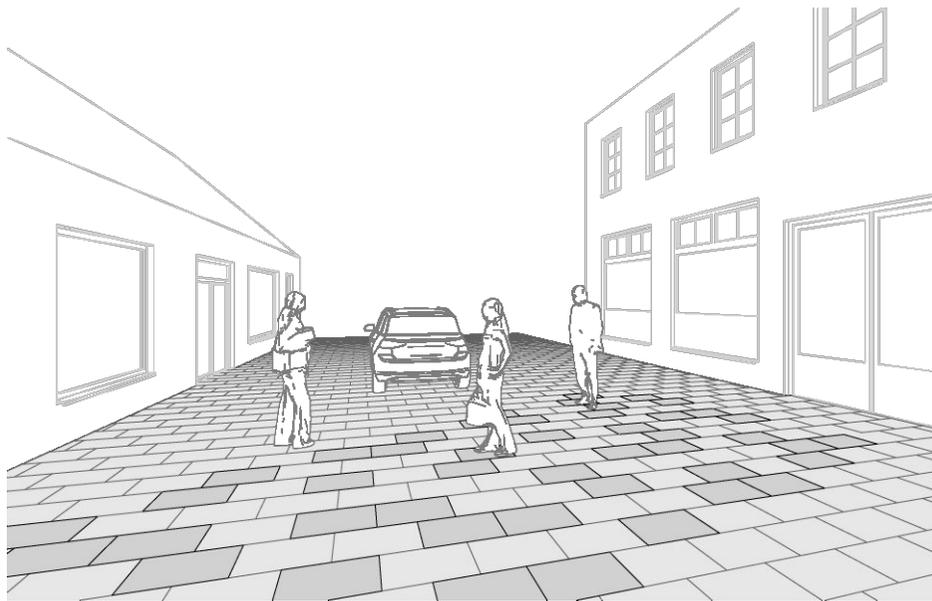
### 1 Ausgangslage

Durch den Niveauunterschied (Gehsteig - Straße - Gehsteig) entstehen klar abgegrenzte Bereiche der einzelnen Funktionen (Gehen - Fahren - Gehen). Durch die geringe Breite der Gehsteige ist ein attraktives Verweilen kaum möglich. Eine unaufmerksame, geradlinige und zügige Bewegung ist die Folge. Das Queren der jeweiligen Zonen stellt dadurch ein gewisses Risiko und Kollisionspotenzial dar.



### 2 Niveau angleichen

Durch das Angleichen der Niveaus und einen einheitlichen Bodenbelag wird die Trennung der Funktionen aufgehoben. Es entsteht ein gemeinsam genutzter Bereich, welcher die Aufmerksamkeit aller Verkehrsteilnehmer voraussetzt. Gedrosselte Geschwindigkeiten und größere Rücksichtnahme sind die Folge.



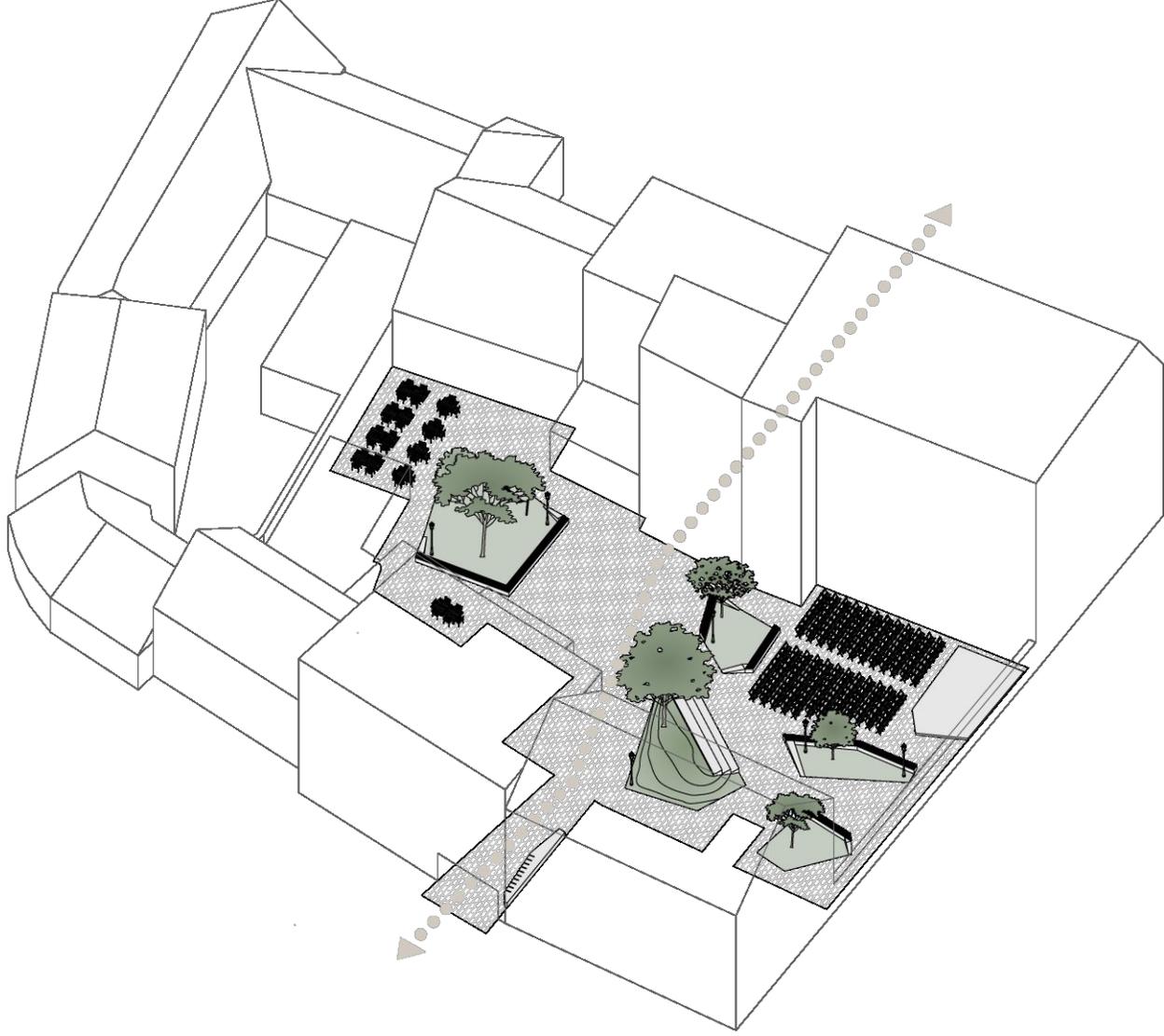
### 3 Kennzeichnung besonders frequentierter Zonen

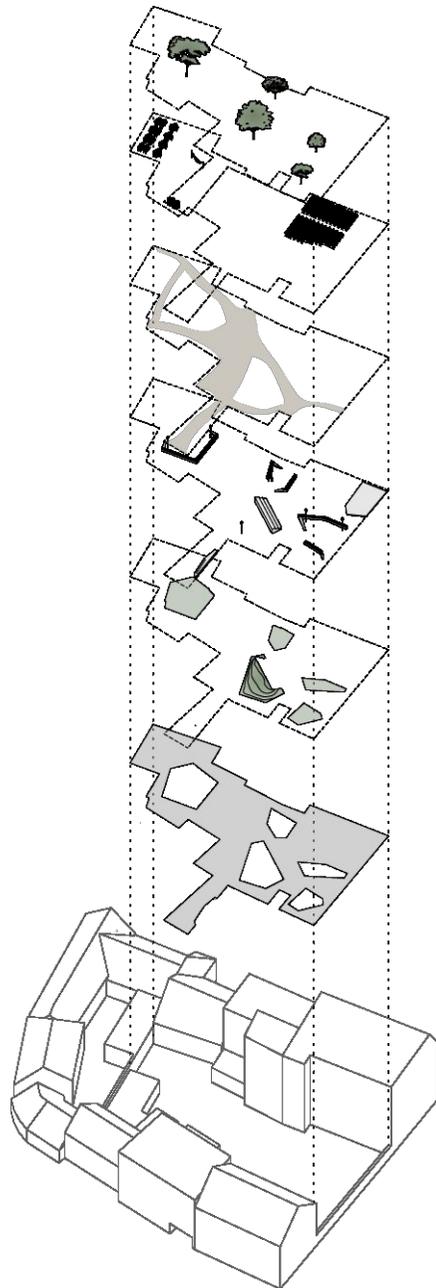
Zonen, in denen mit überdurchschnittlich viel Querverkehr gerechnet werden kann, werden durch unterschiedliche Farbgebung hervorgehoben. Die Fußgänger werden dadurch geleitet und die Aufmerksamkeit beim motorisierten Verkehr nochmals geschärft.



### 4 Wegeführung durch Objekte

Durch die bewusste Platzierung von Straßenmobiliar, Grünflächen, Bäumen und Beleuchtung werden alle Verkehrsteilnehmer durch die Straßen gelenkt. Es werden Zonen zum Bewegen und Zonen zum Verweilen geschaffen. Durch die unregelmäßige Platzierung ist ein ständiges Wechseln der Fahrspur notwendig. Reduziertes Tempo und erhöhte Aufmerksamkeit sind die Folge.





### 6 Vegetation

Bäume sorgen für Beschattung und werfen den Hof optisch auf.

### 5 flexible Einrichtungen

Die geschaffenen Plätze, in unterschiedlichen Größen, können von den ansässigen Institutionen individuell bespielt werden. Bis zu 200 Sitzplätze finden vor der Bühne Platz.

### 4 Frequentierung

Durch die Abschottung gewisser Bereiche entstehen Orte der Begegnung und Orte der Ruhe.

### 3 Straßenmobiliar

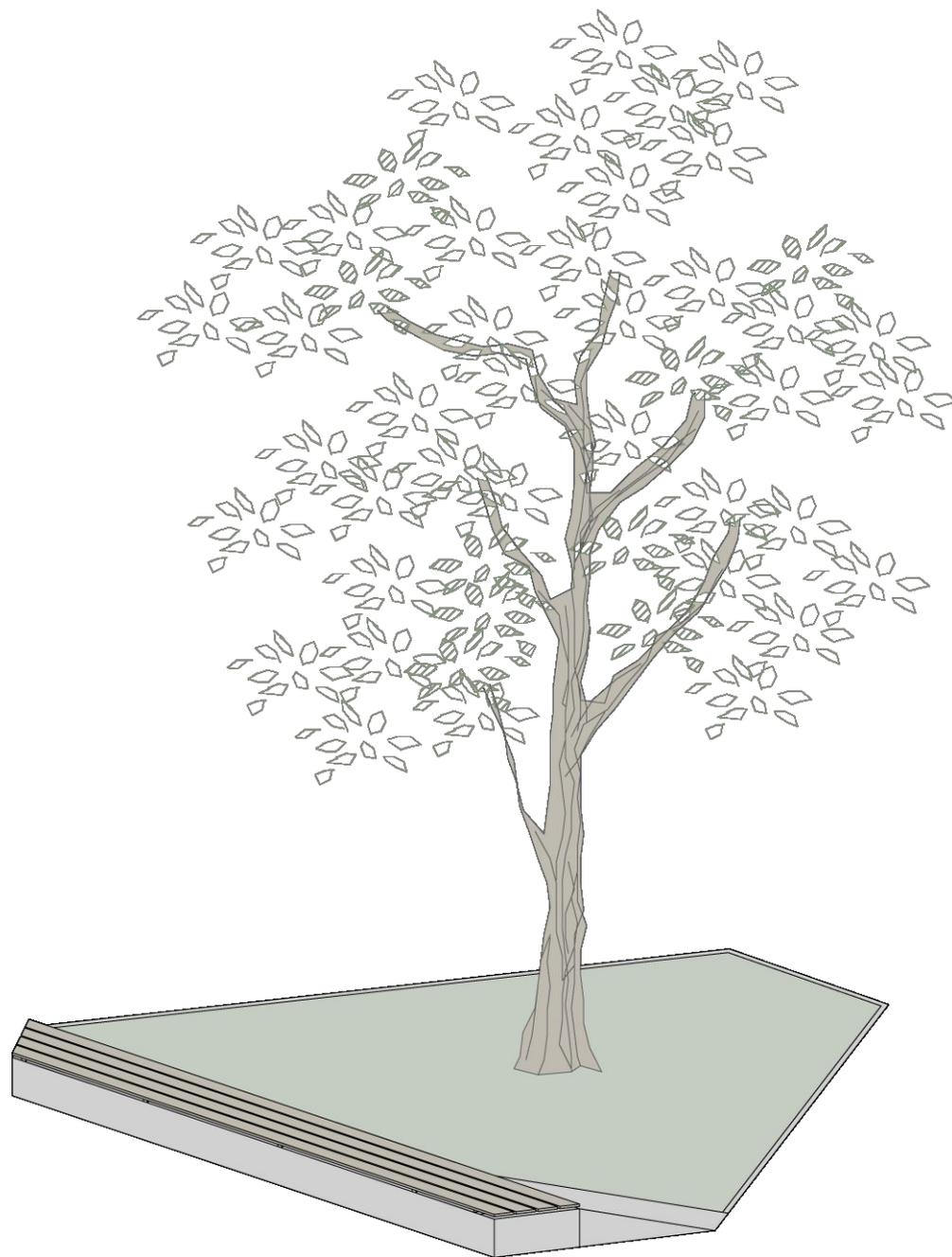
Entlang der Grüninseln werden Sitzmöglichkeiten errichtet. Eine fixe Bühne ermöglicht Aufführungen im Freien.

### 2 Grünflächen

Grüninseln werden zur Wegeleitung eingesetzt und schaffen Zonen/Plätze zum Verweilen und Zonen/Wege zur Durchquerung.

### 1 Pflaster

Ein einheitlicher Bodenbelag löst die vorherrschende Kleinteiligkeit auf.

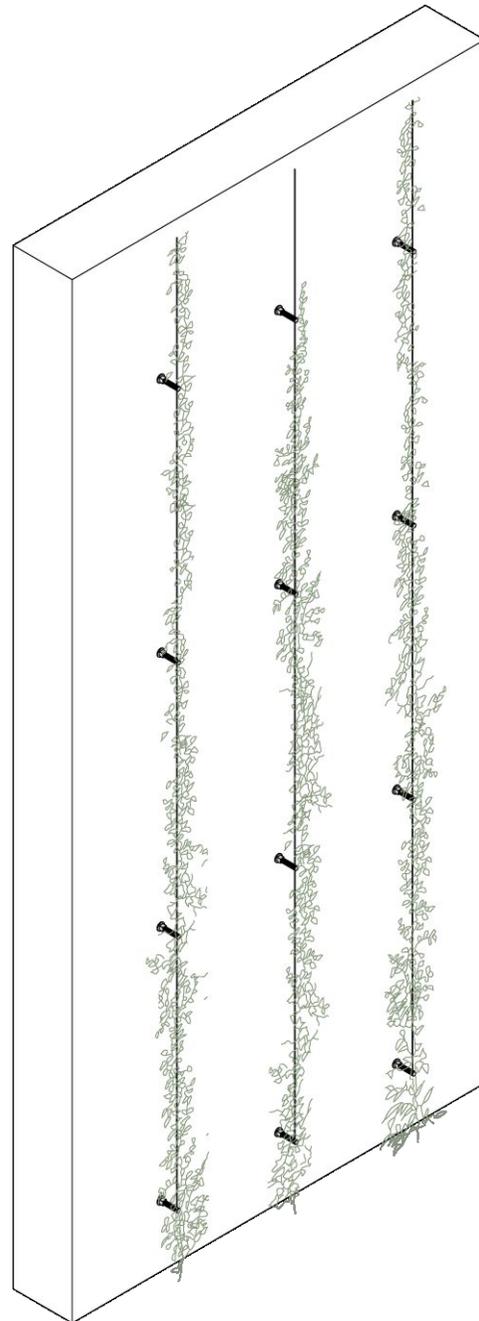


## Grüninseln

Grüninseln sind viel mehr als nur Pufferzonen zwischen Fußgänger und Fließverkehr. Sie stellen grüne Oasen dar, welche zum Verweilen einladen. Unter Berücksichtigung der bestehenden Einbauten wurden sie so platziert, dass die Pflanzung von großkronigen Bäumen möglich ist und der Verkehr dennoch wie gewünscht geleitet wird. Die Grünflächen werden unterschiedlich bespielt. Uppig blühende Stauden-Gräser-Bänder bilden eine Art Sichtschutz für abgeschottete Bereiche. Grasflächen bieten Platz zum Spielen sowie nutzungs offene Bereiche. Bäume sorgen mit ihrer Schattenwirkung für ausreichend Kühlung in den Sommermonaten, bieten aber auch genügend Sonnenplätzchen in der Übergangszeit. Das Konzept der Schwammstadt (siehe Anhang) wird angewandt, wodurch die anfallenden Regenmassen lokal gespeichert und mittels Verdunstung durch die Bepflanzung wieder dem Regenkreislauf zugeführt werden. Bei der Auswahl der Bäume wurde unter anderem auf „Stadttauglichkeit“ und die Fähigkeit, längere Trockenphasen zu überstehen, Wert gelegt. Großkronige Bäume schaffen interessante Raumsituationen und bieten Schutz vor Sonne und Regen.<sup>9,10</sup>

Auf Grund der genannten Kriterien werden folgende Bäume eingesetzt:

- Spitzahorn  
(*Acer platanoides*)
- Felsenbirne  
(*Amelanchier arborea*, 'Robin Hill')
- Dornenlose Gleditschie  
(*Gleditsia triacanthos*, 'Skyline')
- Kegelakazie  
(*Robinia pseudoacacia*, 'Bessoniana')
- Scheinakazie  
(*Robinia pseudoacacia*, 'Sandraudiga')



### Fassadenbegrünung Uniqa-Gebäude (l.)

Die schmal anmutende Hoffassade des Uniqa-Gebäudes wird durch eine lineare Fassadenbegrünung akzentuiert. Um Schäden an der Fassade zu vermeiden, wird von Selbstklimmern Abstand genommen. Vertikale Stahlseile stellen optimale Rankhilfen für Schlingpflanzen dar.<sup>11</sup> Die Pflanzen werden in den extensiven Gründachaufbau des EG gepflanzt. Der Einsatz folgender Schlinger ist vorgesehen:

- Pfeifenwinde  
(*Aristolochia Macrophylla*)
- Blauregen  
(*Wisteria floribunda*)
- Knöterich  
(*Fallopia baldschuanica*)
- Baumwürger  
(*Celastrus orbiculatus*)

### Fassadenbegrünung Musikschule (r.)

Der durch ihre Ausmaße erdrückend wirkenden Hofassade wird ein Rankgerüst vorgestellt. Durch die spielerische Abwechslung von schmalen und breiten Feldern, welchen mit und welchen ohne Gitterfüllung, und die zusätzliche Begrünung wird der monströse Eindruck aufgelockert und ein freundliches Bild geschaffen. Die Gitterstruktur, aus dünnen Streben, bietet Rankpflanzen einen guten Halt.<sup>11</sup> Die Pflanzen werden in den Mutterboden gepflanzt und erklimmen von dort die gesamte Fassade. Auf Grund der gewählten Rankhilfe und der geforderten Wuchshöhe ist der Einsatz folgender Ranker vorgesehen:

- Rankende Jungfernebe  
(*Parthenocissus quinquefolia*)
- Waldrebe  
(*Clematis vitalba*)
- Uferrebe  
(*Vitis riparia*)

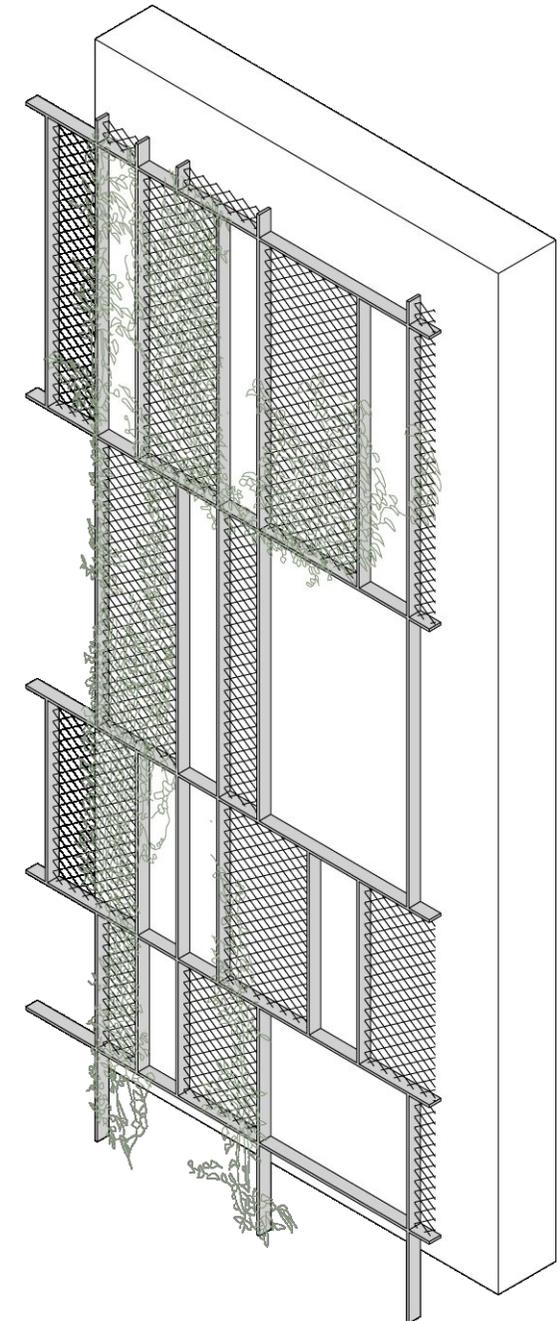
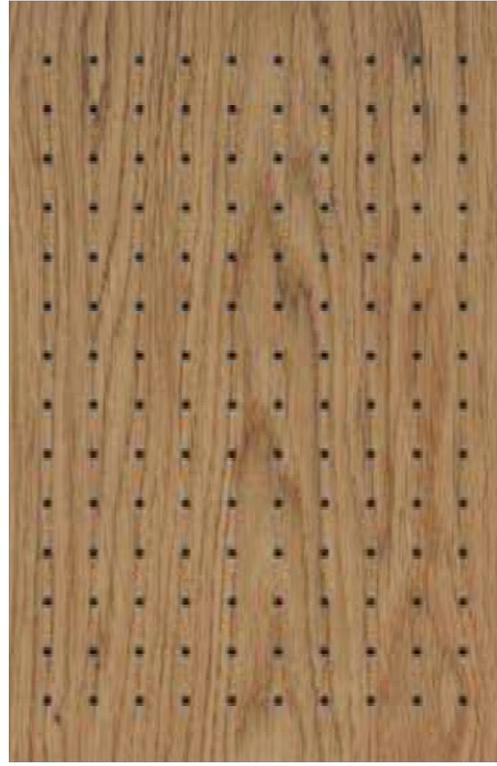
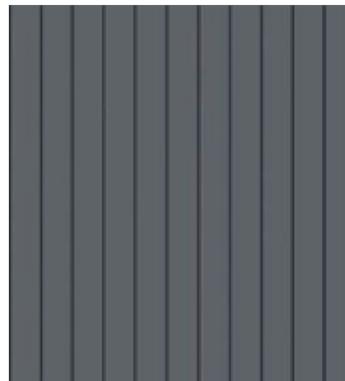
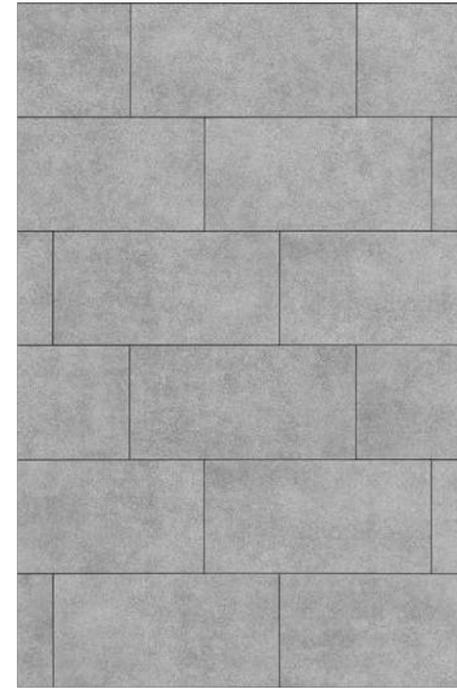


Abb. 26 Materialkonzept - Teil 1

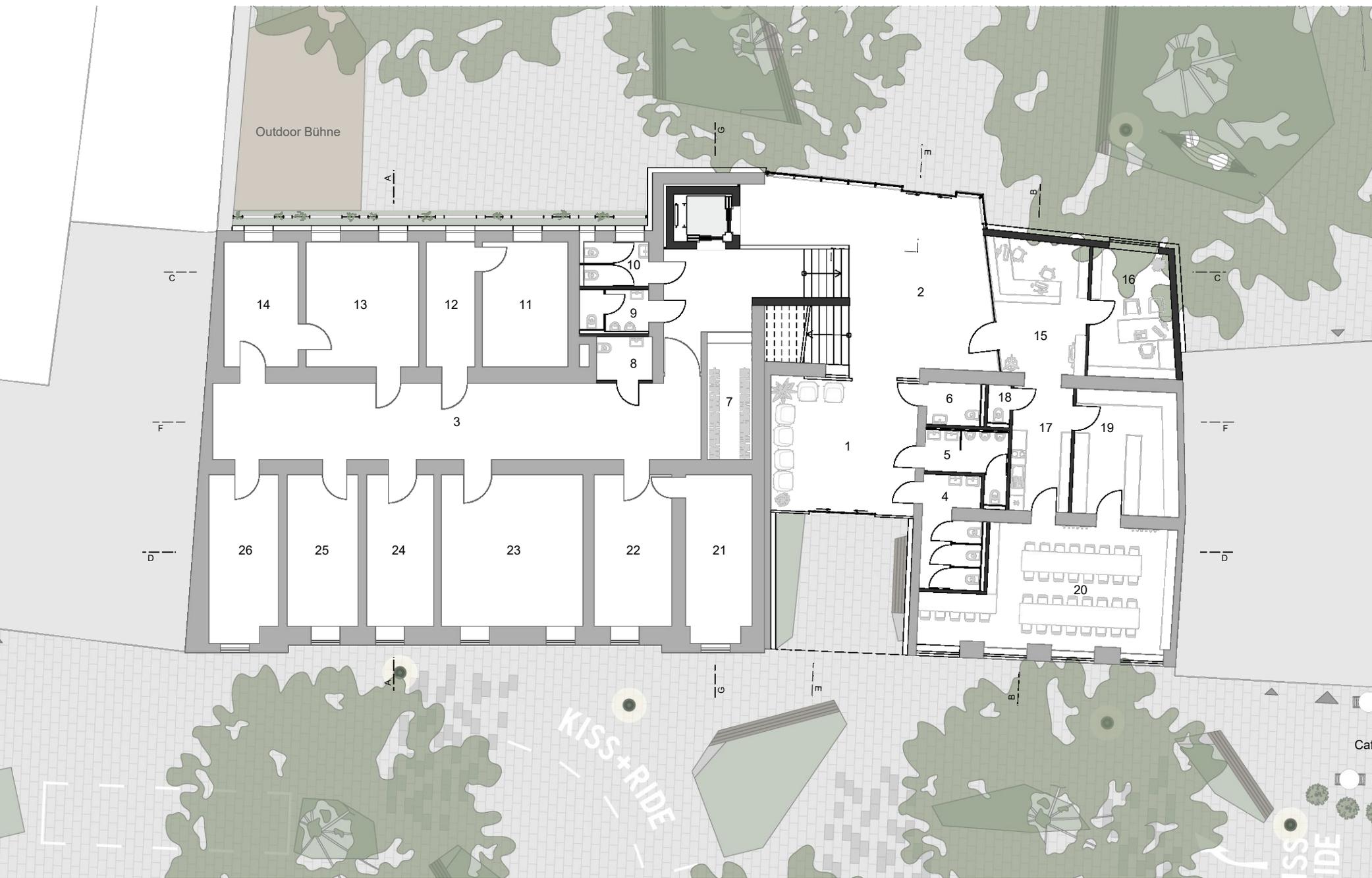


Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien in Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



4

# Entwurf



Grundriss KG-EG 1200

Allgemein

229,58 m<sup>2</sup>

1	Foyer	31,70 m <sup>2</sup>
2	Stiegenhaus	69,37 m <sup>2</sup>
3	Gang	59,73 m <sup>2</sup>
4	WC Damen	10,41 m <sup>2</sup>
5	WC Herren	6,68 m <sup>2</sup>
6	WC barrierefrei	3,66 m <sup>2</sup>
7	Garderobe	8,37 m <sup>2</sup>
8	WC barrierefrei	3,91 m <sup>2</sup>
9	WC Herren	4,60 m <sup>2</sup>
10	WC Damen	4,65 m <sup>2</sup>
11	Heizraum	17,25 m <sup>2</sup>
12	Technikraum	9,25 m <sup>2</sup>

Volkshochschule

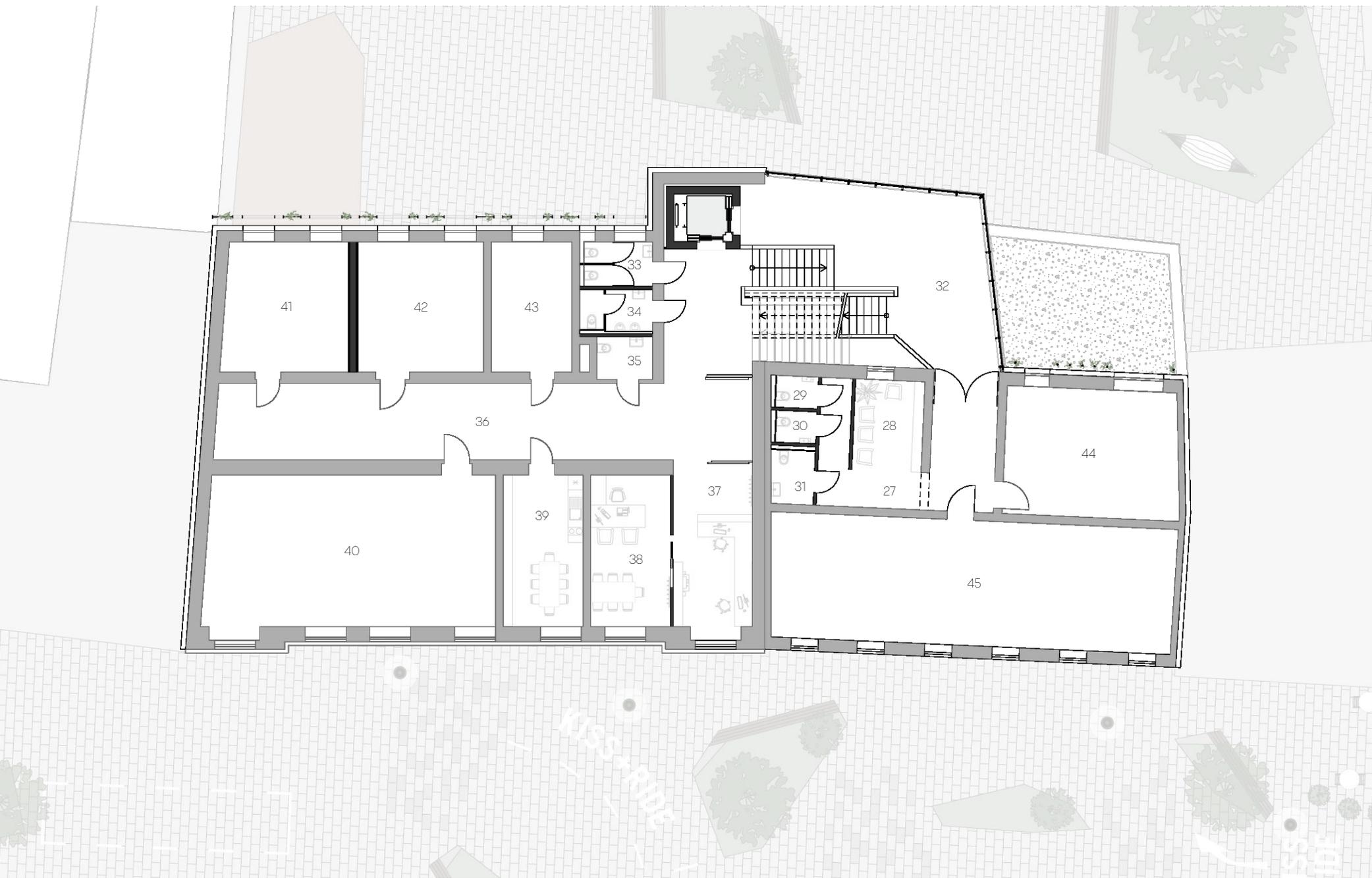
37,75 m<sup>2</sup>

13	Fotoclub	22,75 m <sup>2</sup>
14	Fotoclub	15,00 m <sup>2</sup>

Musikschule

236,59 m<sup>2</sup>

15	Sekretariat	19,82 m <sup>2</sup>
16	Direktion	16,81 m <sup>2</sup>
17	Teeküche	11,96 m <sup>2</sup>
18	WC	1,37 m <sup>2</sup>
19	Noten-/Instrumentenarchiv	20,88 m <sup>2</sup>
20	Lehrerzimmer	42,79 m <sup>2</sup>
21	AR Musikschule	17,61 m <sup>2</sup>
22	AR Musikschule	18,91 m <sup>2</sup>
23	AR Stadtkapelle	34,49 m <sup>2</sup>
24	AR Gemeindeverband der MS Horn	16,34 m <sup>2</sup>
25	AR Gesang- und Musikverein	17,24 m <sup>2</sup>
26	AR Bigband	18,37 m <sup>2</sup>



Allgemein

185,63 m<sup>2</sup>

27	Gang	22,52 m <sup>2</sup>
28	Lounge	10,13 m <sup>2</sup>
29	WC Herren	2,15 m <sup>2</sup>
30	WC Damen	2,08 m <sup>2</sup>
31	WC barrierefrei	3,76 m <sup>2</sup>
32	Stiegenhaus	64,14 m <sup>2</sup>
33	WC Damen	4,92 m <sup>2</sup>
34	WC Herren	4,85 m <sup>2</sup>
35	WC barrierefrei	3,85 m <sup>2</sup>
36	Gang	67,23 m <sup>2</sup>

Volkshochschule

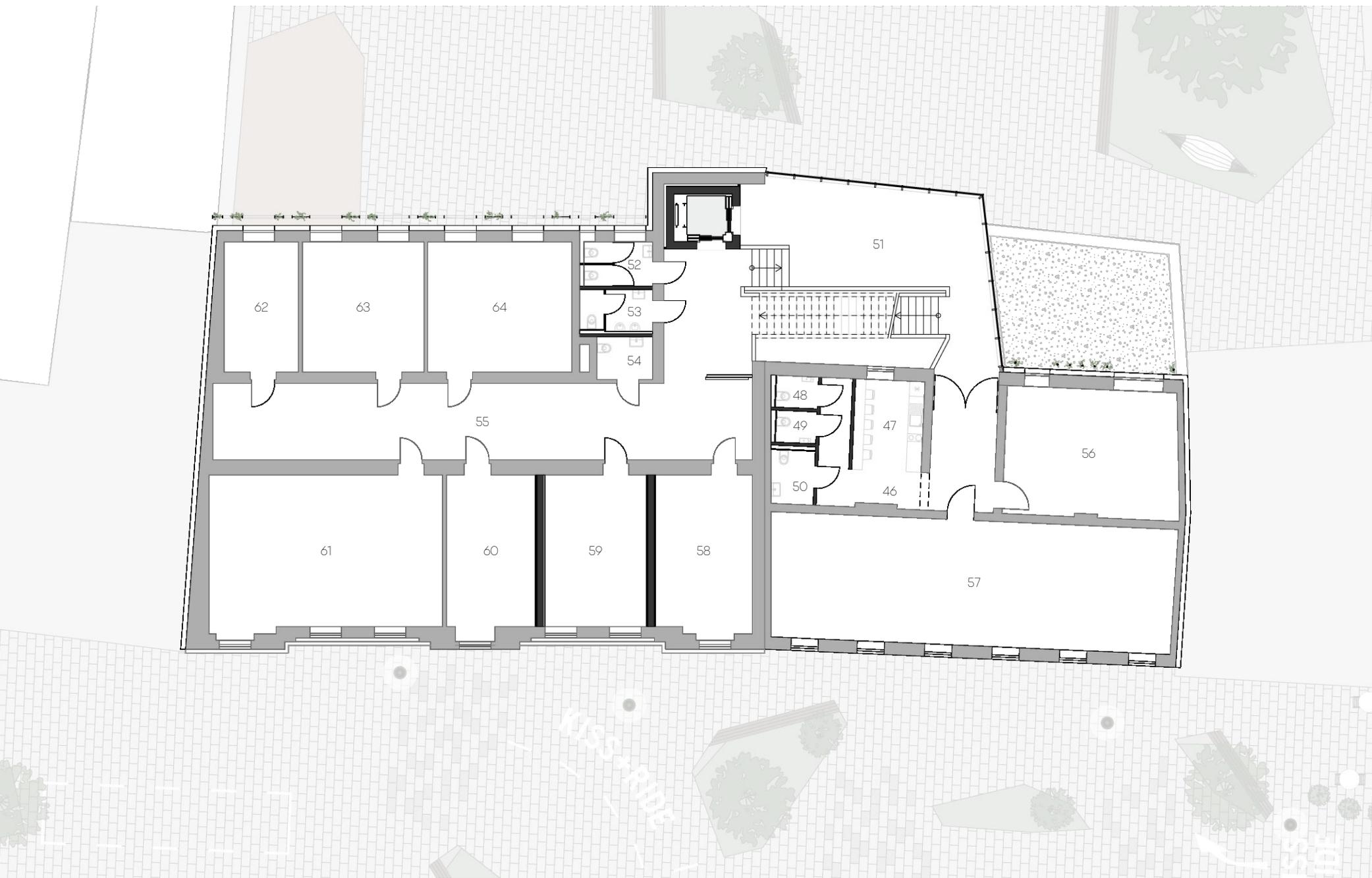
238,03 m<sup>2</sup>

37	Sekretariat	21,65 m <sup>2</sup>
38	Direktion	19,34 m <sup>2</sup>
39	Lehrerzimmer	19,48 m <sup>2</sup>
40	Unterrichtsraum	71,44 m <sup>2</sup>
41	Unterrichtsraum	26,33 m <sup>2</sup>
42	Unterrichtsraum	26,76 m <sup>2</sup>
43	Abstellraum	17,20 m <sup>2</sup>
44	Unterrichtsraum	35,83 m <sup>2</sup>

Musikschule

152,65 m<sup>2</sup>

40	Musikkundeunterricht	71,44 m <sup>2</sup>
45	Musikalischefrüherziehung	81,21 m <sup>2</sup>



Allgemein 183,69 m<sup>2</sup>

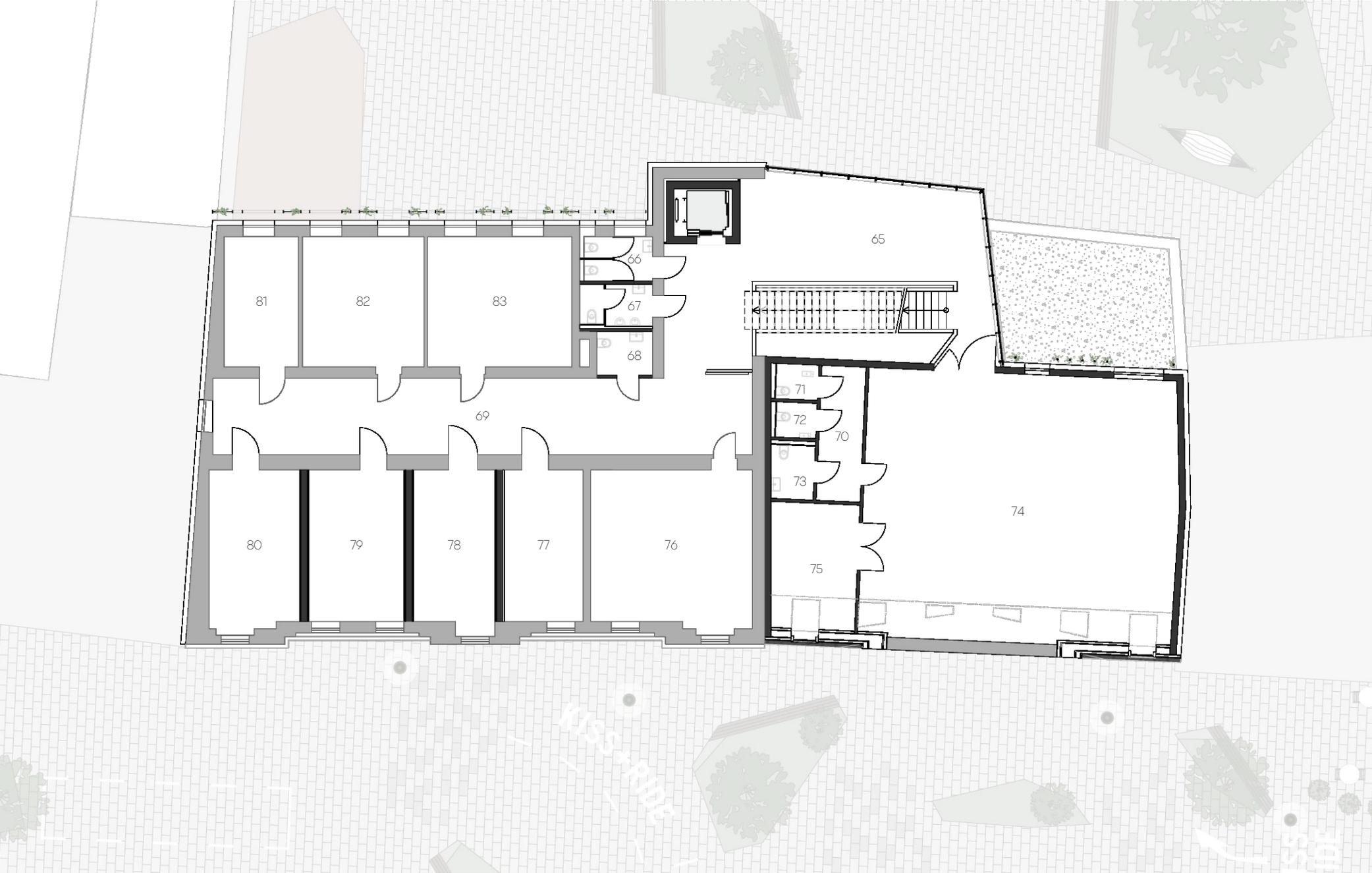
46	Gang	22,52 m <sup>2</sup>
47	Teeküche	10,13 m <sup>2</sup>
48	WC Herren	2,15 m <sup>2</sup>
49	WC Damen	2,08 m <sup>2</sup>
50	WC barrierefrei	3,76 m <sup>2</sup>
51	Stiegenhaus	62,20 m <sup>2</sup>
52	WC Damen	4,92 m <sup>2</sup>
53	WC Herren	4,85 m <sup>2</sup>
54	WC barrierefrei	3,85 m <sup>2</sup>
55	Gang	67,23 m <sup>2</sup>

Sonstiges 35,83 m<sup>2</sup>

56	Mutter-Kind-Treff	35,83 m <sup>2</sup>
----	-------------------	----------------------

Musikschule 285,39 m<sup>2</sup>

57	Musikgarten	81,21 m <sup>2</sup>
58	Einzelunterrichtsraum	25,17 m <sup>2</sup>
59	Einzelunterrichtsraum	25,14 m <sup>2</sup>
60	Einzelunterrichtsraum	23,13 m <sup>2</sup>
61	Populärmusik	58,54 m <sup>2</sup>
62	Einzelunterrichtsraum	15,92 m <sup>2</sup>
63	Ensembleunterrichtsraum	25,80 m <sup>2</sup>
64	Ensembleunterrichtsraum	30,48 m <sup>2</sup>



Grundriss OG2-OG3 1200

Allgemein

140,45 m<sup>2</sup>

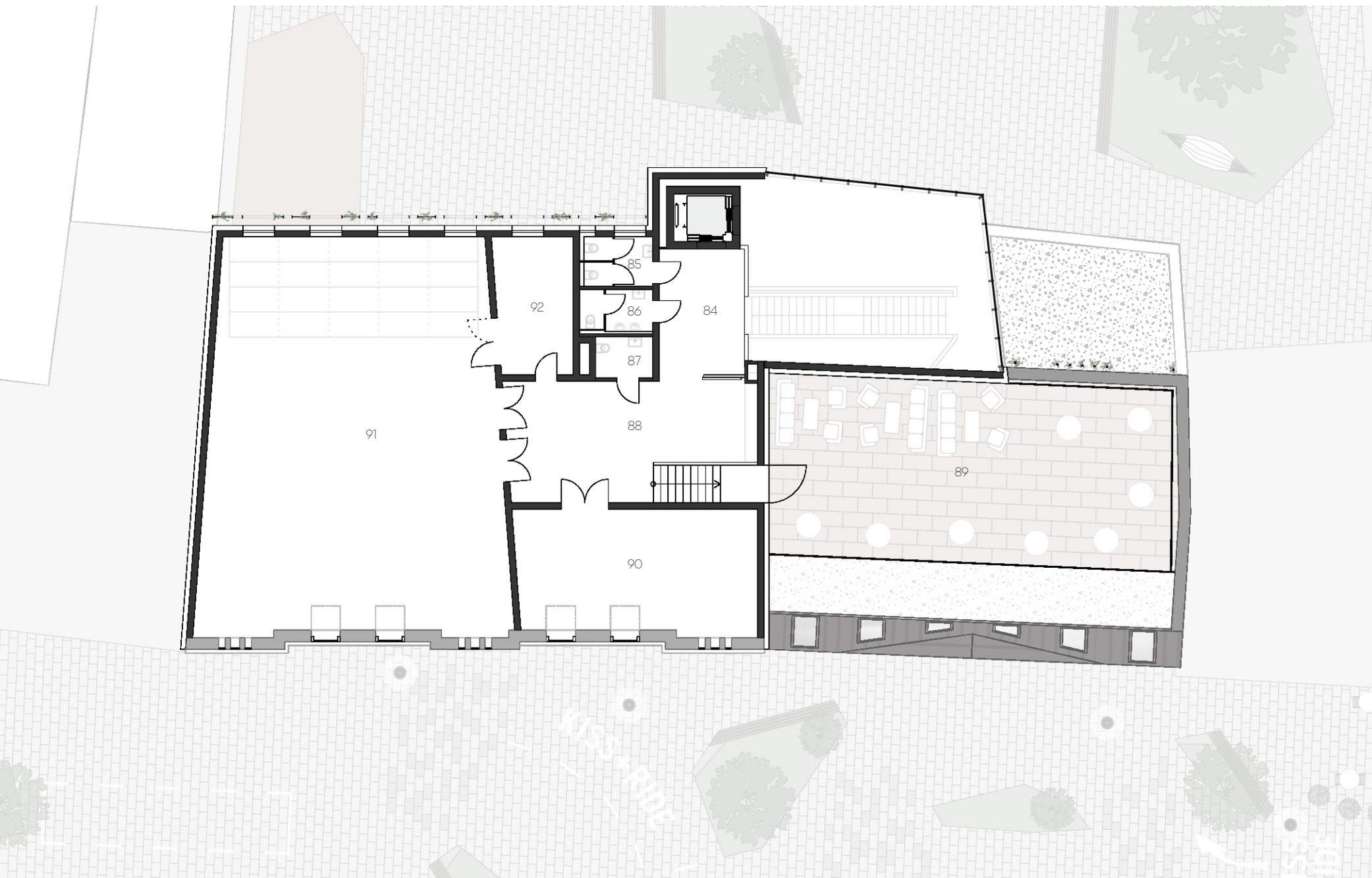
65	Stiegenhaus	59,54 m <sup>2</sup>
66	WC Damen	4,92 m <sup>2</sup>
67	WC Herren	4,85 m <sup>2</sup>
68	WC barrierefrei	3,91 m <sup>2</sup>
69	Gang	67,23 m <sup>2</sup>

Musikschule

367,67 m<sup>2</sup>

70	Gang	9,82 m <sup>2</sup>
71	WC Herren	2,27 m <sup>2</sup>
72	WC Damen	2,08 m <sup>2</sup>
73	WC barrierefrei	3,76 m <sup>2</sup>
74	Probesaal	132,00 m <sup>2</sup>
75	Lager	18,85 m <sup>2</sup>
77	Einzelunterrichtsraum	19,14 m <sup>2</sup>
78	Einzelunterrichtsraum	20,76 m <sup>2</sup>
79	Einzelunterrichtsraum	23,21 m <sup>2</sup>
80	Einzelunterrichtsraum	23,20 m <sup>2</sup>
81	Einzelunterrichtsraum	15,60 m <sup>2</sup>
82	Ensembleunterrichtsraum	25,80 m <sup>2</sup>
83	Ensembleunterrichtsraum	30,16 m <sup>2</sup>

76	Gemeindeverband der MS Horn	41,02 m <sup>2</sup>
----	-----------------------------	----------------------



Grundriss OG3-DDRS 1200

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Allgemein 83,33 m<sup>2</sup>

- 84 Stiegenhaus 18,03 m<sup>2</sup>
- 85 WC Damen 5,47 m<sup>2</sup>
- 86 WC Herren 4,85 m<sup>2</sup>
- 87 WC barrierefrei 3,80 m<sup>2</sup>
- 88 Foyer 51,18 m<sup>2</sup>
- 89 Terrasse 116,65 m<sup>2</sup>

Musikschule 250,95 m<sup>2</sup>

- 90 Schlagwerkraum 47,92 m<sup>2</sup>
- 91 Orchestersaal 186,00 m<sup>2</sup>
- 92 Lager 17,03 m<sup>2</sup>



Schnitt A-A 1:200



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Ansicht Ost 1200



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Ansicht West 1200





Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Schnitt D-D 1200



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



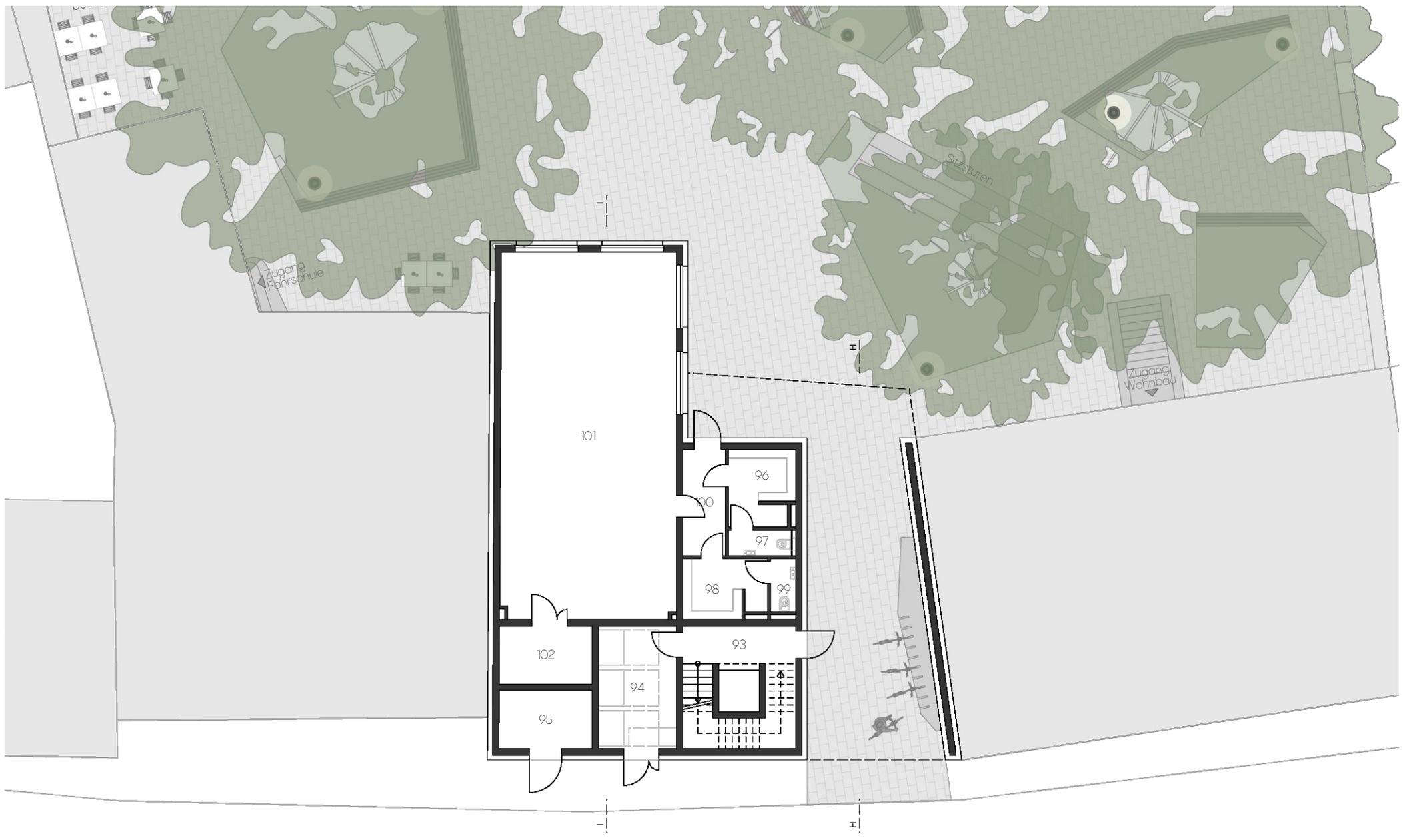
Schnitt E-E 1200



Schnitt F-F 1200

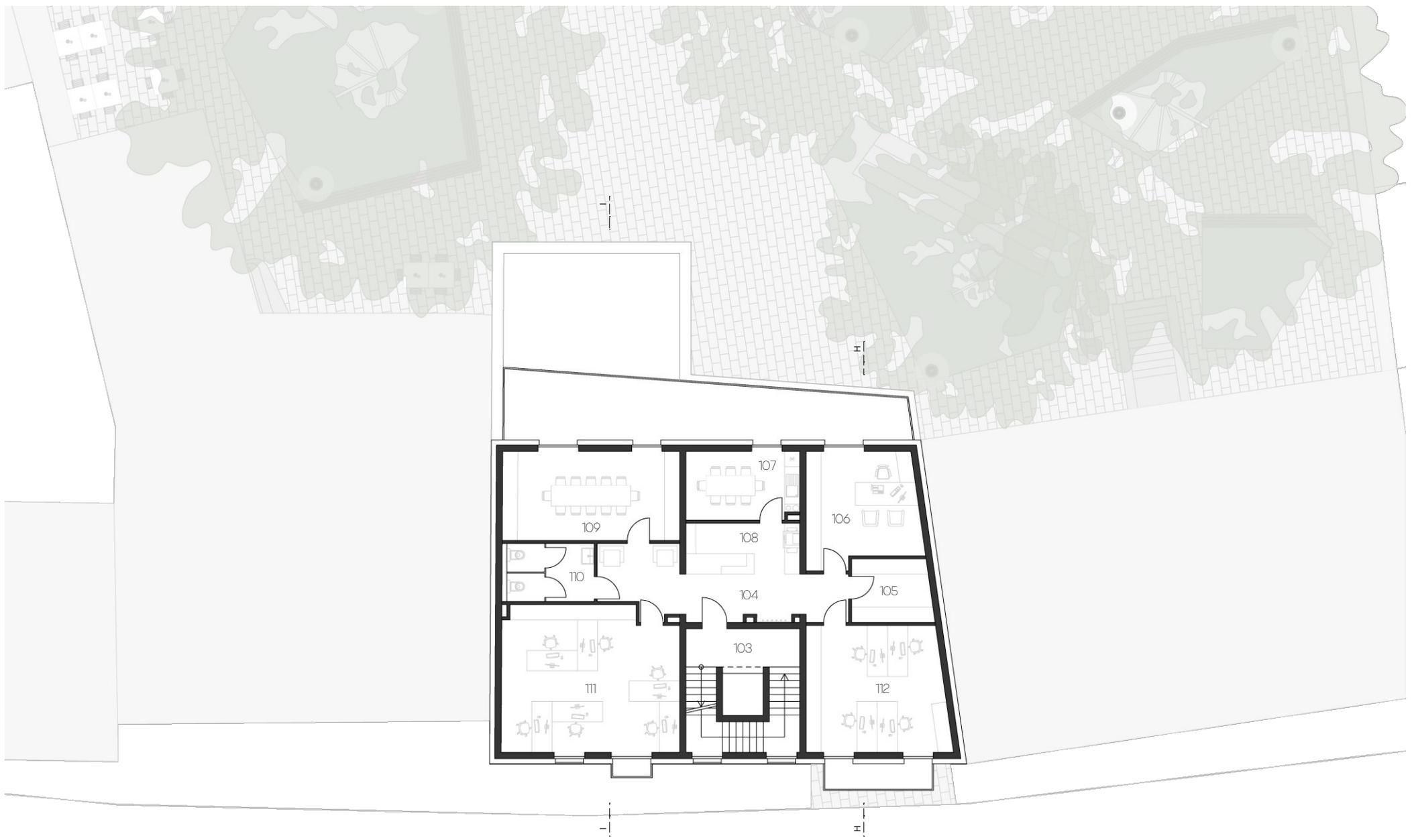


Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

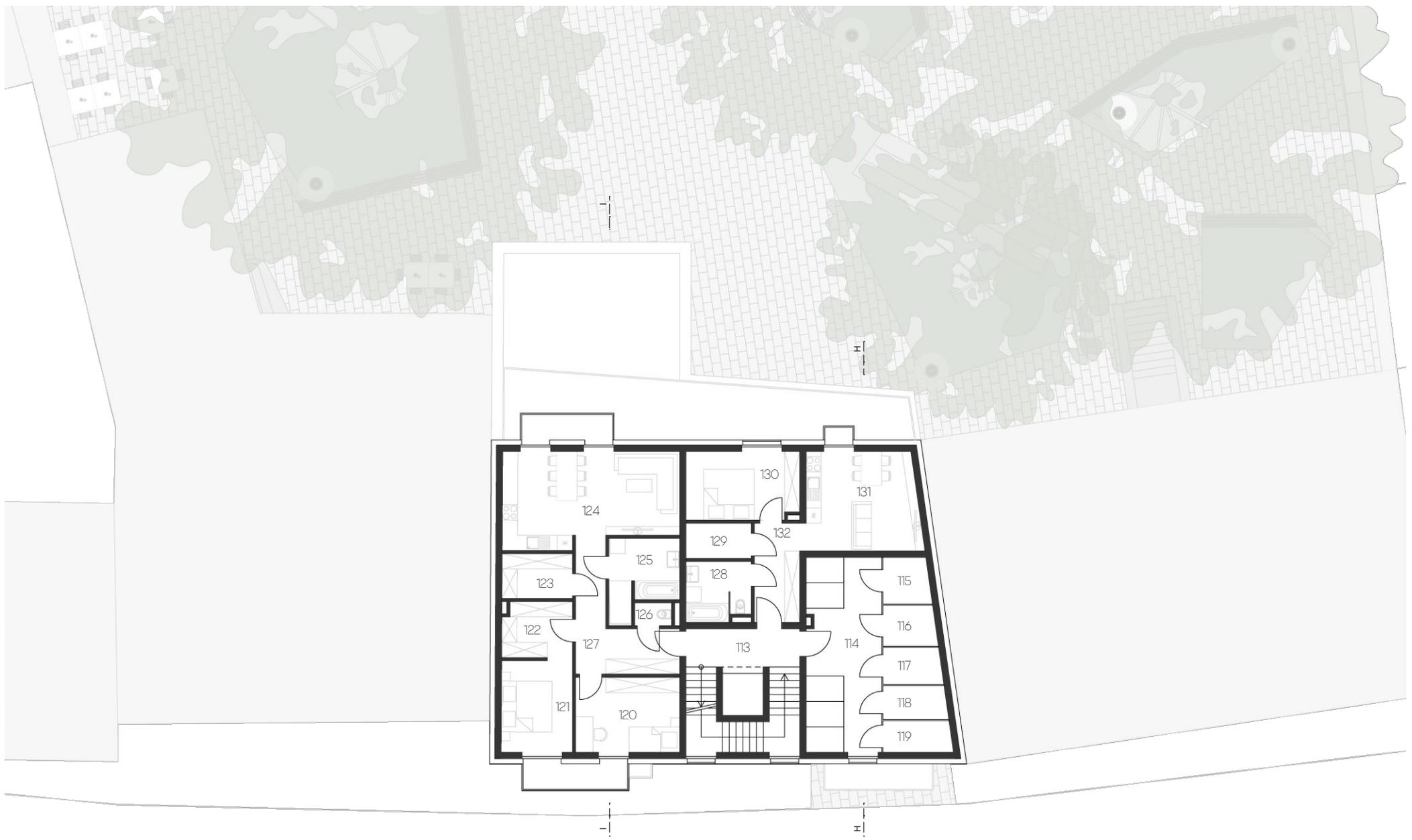


Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

	Allgemein	30,32 m <sup>2</sup>
93	Stiegenhaus	6,75 m <sup>2</sup>
94	Müllraum	15,04 m <sup>2</sup>
95	Technikraum	8,53 m <sup>2</sup>
	Musik- und Volkshochschule	136,76m <sup>2</sup>
96	Umkleide Herren	7,77 m <sup>2</sup>
97	WC Herren	2,36 m <sup>2</sup>
98	Umkleide Damen	7,71 m <sup>2</sup>
99	WC Damen	2,09 m <sup>2</sup>
100	Gang	7,13 m <sup>2</sup>
101	Bewegungsraum	101,20 m <sup>2</sup>
102	Geräteraum	8,50 m <sup>2</sup>



Allgemein	6,75 m <sup>2</sup>
103 Stiegenhaus	6,75 m <sup>2</sup>
<b>Büro</b>	<b>167,56 m<sup>2</sup></b>
104 Gang	20,83 m <sup>2</sup>
105 Archiv	7,83 m <sup>2</sup>
106 Chefbüro	19,21 m <sup>2</sup>
107 Aufenthaltsraum	11,96 m <sup>2</sup>
108 Sekretariat	9,00 m <sup>2</sup>
109 Besprechungsraum	24,54 m <sup>2</sup>
110 WC	7,61 m <sup>2</sup>
111 Büro 1	39,29 m <sup>2</sup>
112 Büro 2	27,29 m <sup>2</sup>



Allgemein

46,40 m<sup>2</sup>

113	Stiegenhaus	6,75 m <sup>2</sup>
114	Kinderwagenabstellraum	22,80 m <sup>2</sup>
115	AR Top 1	3,37 m <sup>2</sup>
116	AR Top 2	3,37 m <sup>2</sup>
117	AR Top 3	3,37 m <sup>2</sup>
118	AR Top 4	3,37 m <sup>2</sup>
119	AR Top 5	3,37 m <sup>2</sup>

Top 1

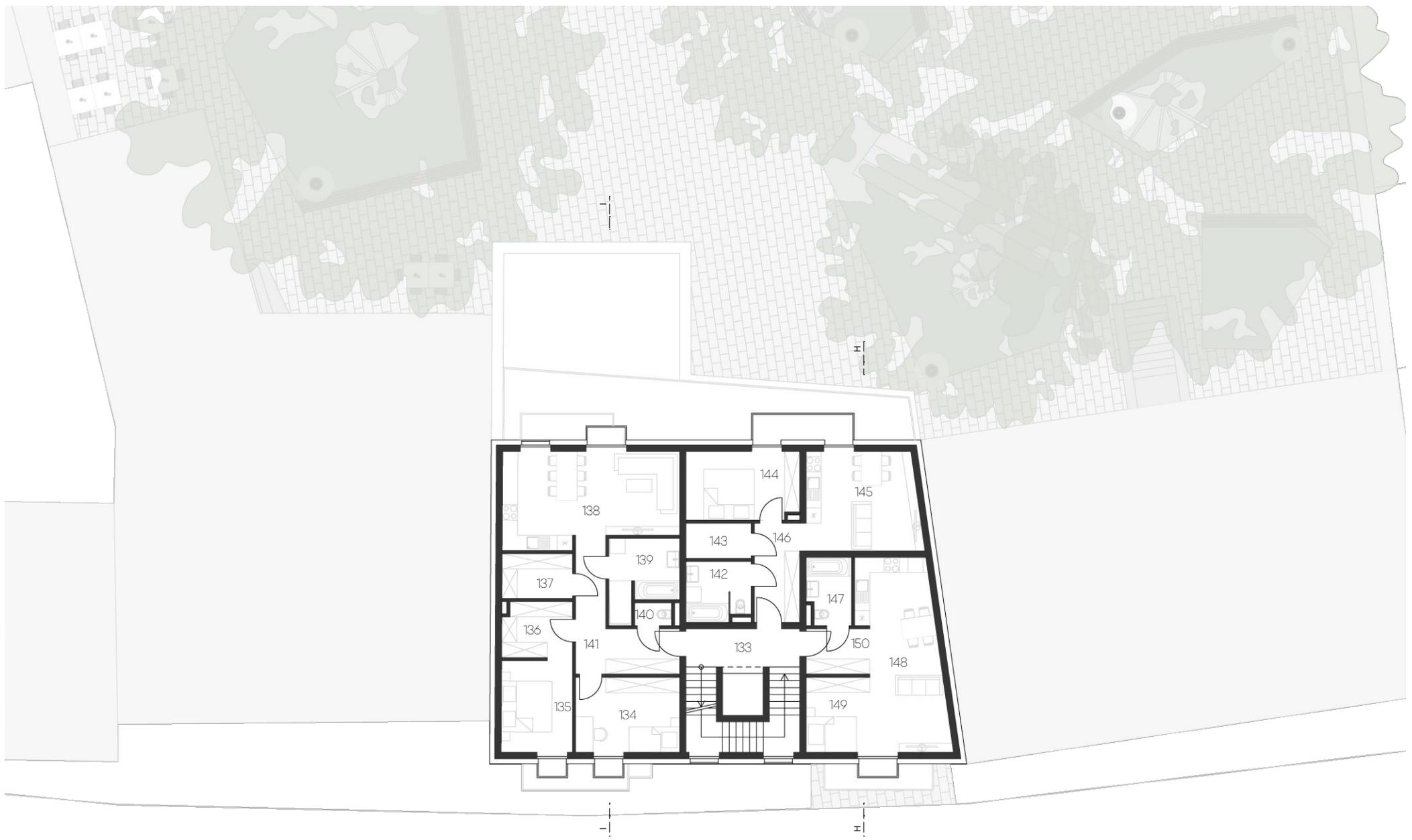
79,20 m<sup>2</sup>

120	Zimmer	12,15 m <sup>2</sup>
121	Schlafzimmer	10,14 m <sup>2</sup>
122	Schrankraum	6,28 m <sup>2</sup>
123	AR	4,91 m <sup>2</sup>
124	Wohnküche	24,80 m <sup>2</sup>
125	Bad	7,58 m <sup>2</sup>
126	WC	1,60 m <sup>2</sup>
127	Vorraum/Gang	11,74 m <sup>2</sup>

Top 2

46,53 m<sup>2</sup>

128	Bad/WC	6,19 m <sup>2</sup>
129	AR	3,57 m <sup>2</sup>
130	Schlafzimmer	12,15 m <sup>2</sup>
131	Wohnküche	17,32 m <sup>2</sup>
132	Vorraum	7,30 m <sup>2</sup>



Allgemein	6,75 m <sup>2</sup>
133 Stiegenhaus	6,75 m <sup>2</sup>
<b>Top 3</b>	<b>79,20 m<sup>2</sup></b>
134 Zimmer	12,15 m <sup>2</sup>
135 Schlafzimmer	10,14 m <sup>2</sup>
136 Schrankraum	6,28 m <sup>2</sup>
137 AR	4,91 m <sup>2</sup>
138 Wohnküche	24,80 m <sup>2</sup>
139 Bad	7,58 m <sup>2</sup>
140 WC	1,60 m <sup>2</sup>
141 Vorraum/Gang	11,74 m <sup>2</sup>
<b>Top 4</b>	<b>46,53 m<sup>2</sup></b>
142 Bad	6,19 m <sup>2</sup>
143 AR	3,57 m <sup>2</sup>
144 Schlafzimmer	12,15 m <sup>2</sup>
145 Wohnküche	17,32 m <sup>2</sup>
146 Vorraum	7,30 m <sup>2</sup>
<b>Top 5</b>	<b>39,58 m<sup>2</sup></b>
147 Bad	4,84 m <sup>2</sup>
148 Wohnküche	22,82 m <sup>2</sup>
149 Schlafnische	7,43 m <sup>2</sup>
150 Vorraum	4,49 m <sup>2</sup>



Ansicht West 1200

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Schnitt H-H 1:200





Ansicht Ost 1200

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Schnitt H 1200





Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

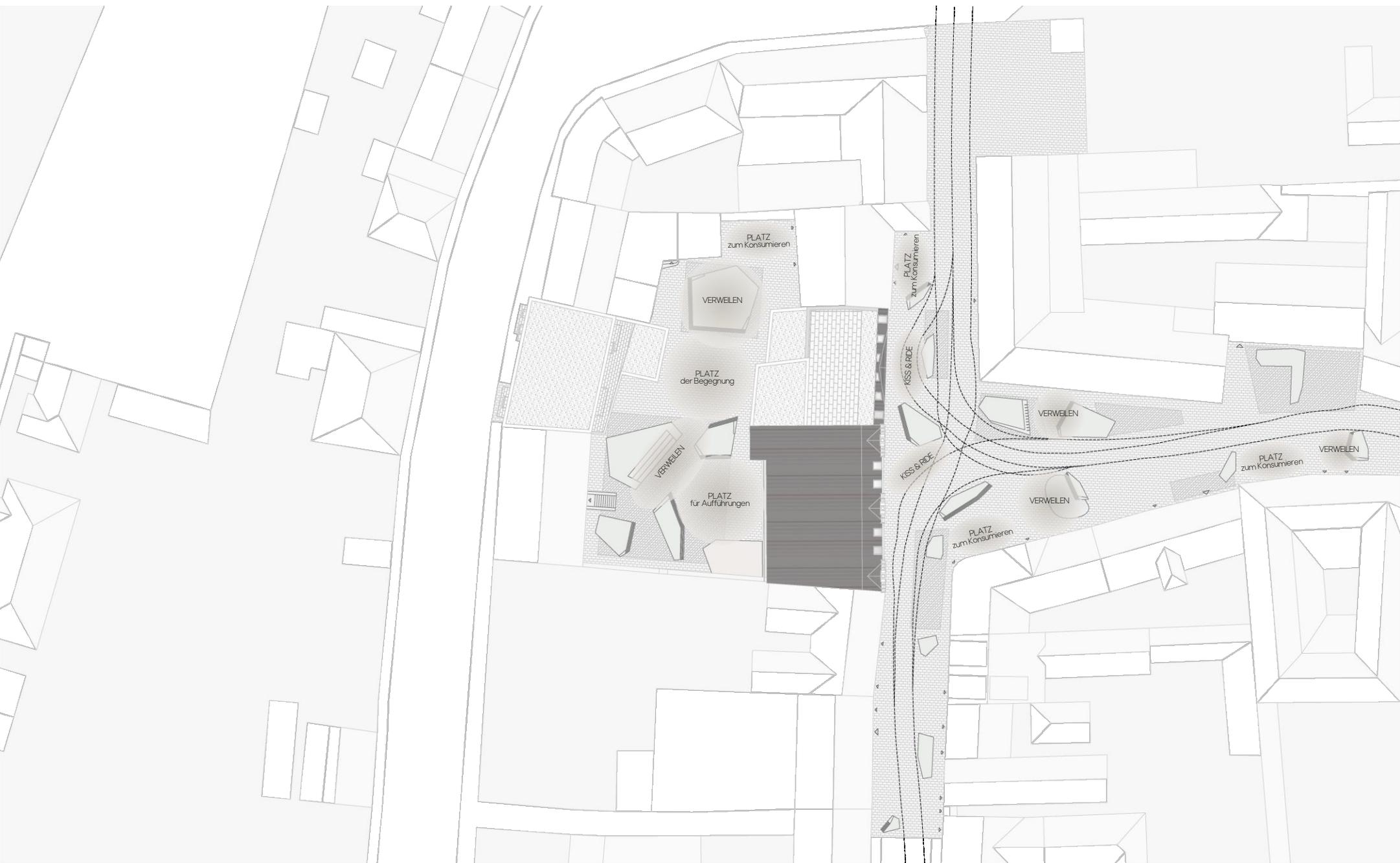


- Gas
- Wasser
- Strom
- LWL
- Fernwärme
- Kanal





Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

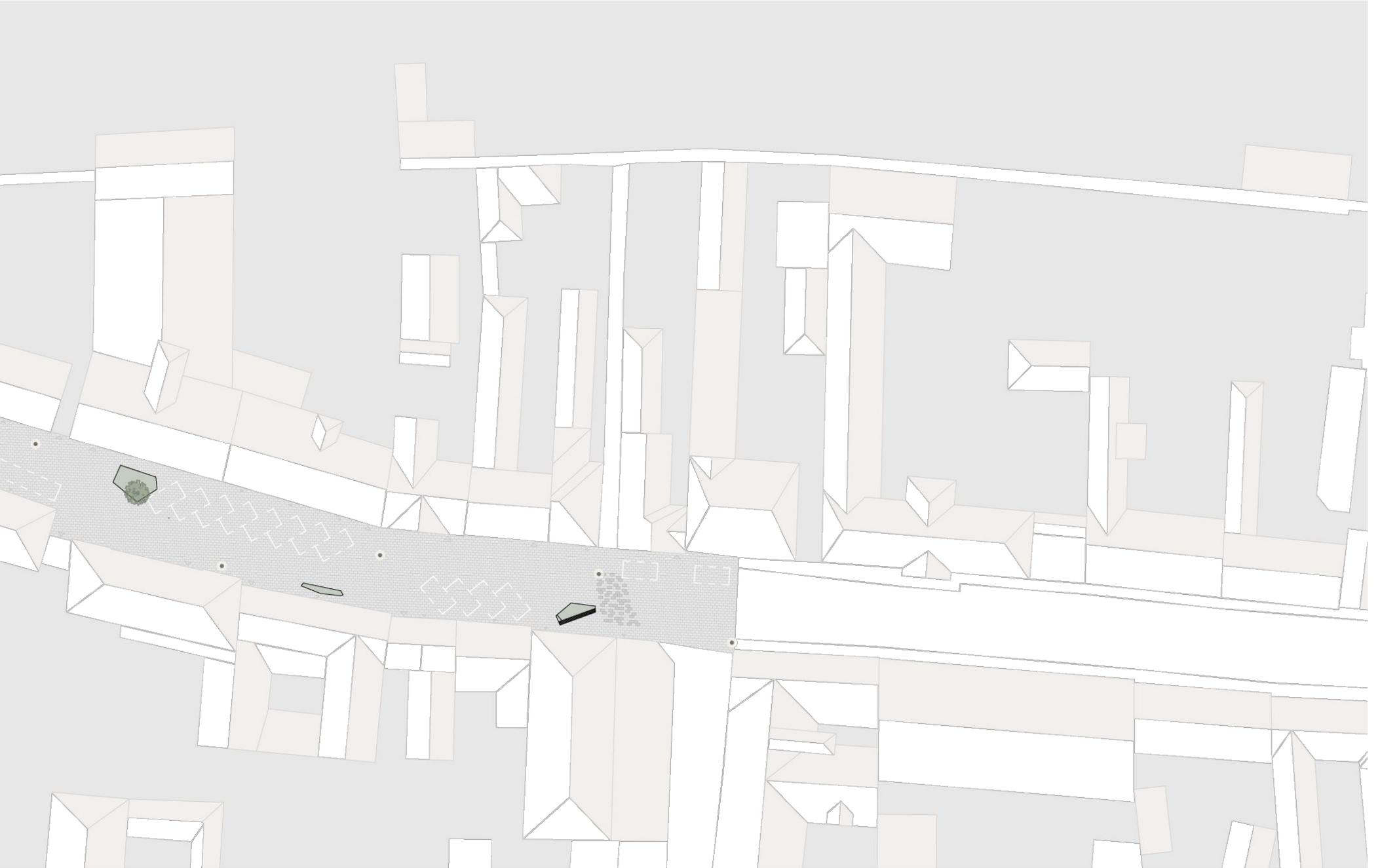


Lageplan 1700





Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





BIOD  
BIOD



plomari... an der TU Wien...  
... an der TU Wien...

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser  
The approved original version of this thesis is a





Die approbierte gedruckte Originalversion dieses Dokuments ist verbindlich. This version is the approved original version of this project. Available on: <http://www.tu-wien.at/bibliothek>





Die approbierte redaktionelle Originalausgabe ist über [www.tuwien.at/bibliothek](http://www.tuwien.at/bibliothek) oder [info@bibliothek.tuwien.ac.at](mailto:info@bibliothek.tuwien.ac.at) erhältlich. Die approbierte Originalausgabe ist über [www.tuwien.at/bibliothek](http://www.tuwien.at/bibliothek) oder [info@bibliothek.tuwien.ac.at](mailto:info@bibliothek.tuwien.ac.at) erhältlich.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.







Die abgebildete gedruckte Originalversion des 3D-Modells ist an der TU Wien Bibliothek, Messuar  
The approved original version of this design is available in print at the TU Wien Bibliothek





Die in dieser gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist als PDF-Datei verfügbar. Die autorisierte Originalversion ist als PDF-Datei verfügbar.  
The authorized original version of this is available in PDF format as a PDF file.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Die hier abgebildete Schaubild ist eine gedruckte Version der Originalarbeit. Diese Originalarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The image shown here is a printed version of the original work. This original work is available at TU Wien Bibliothek.









Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

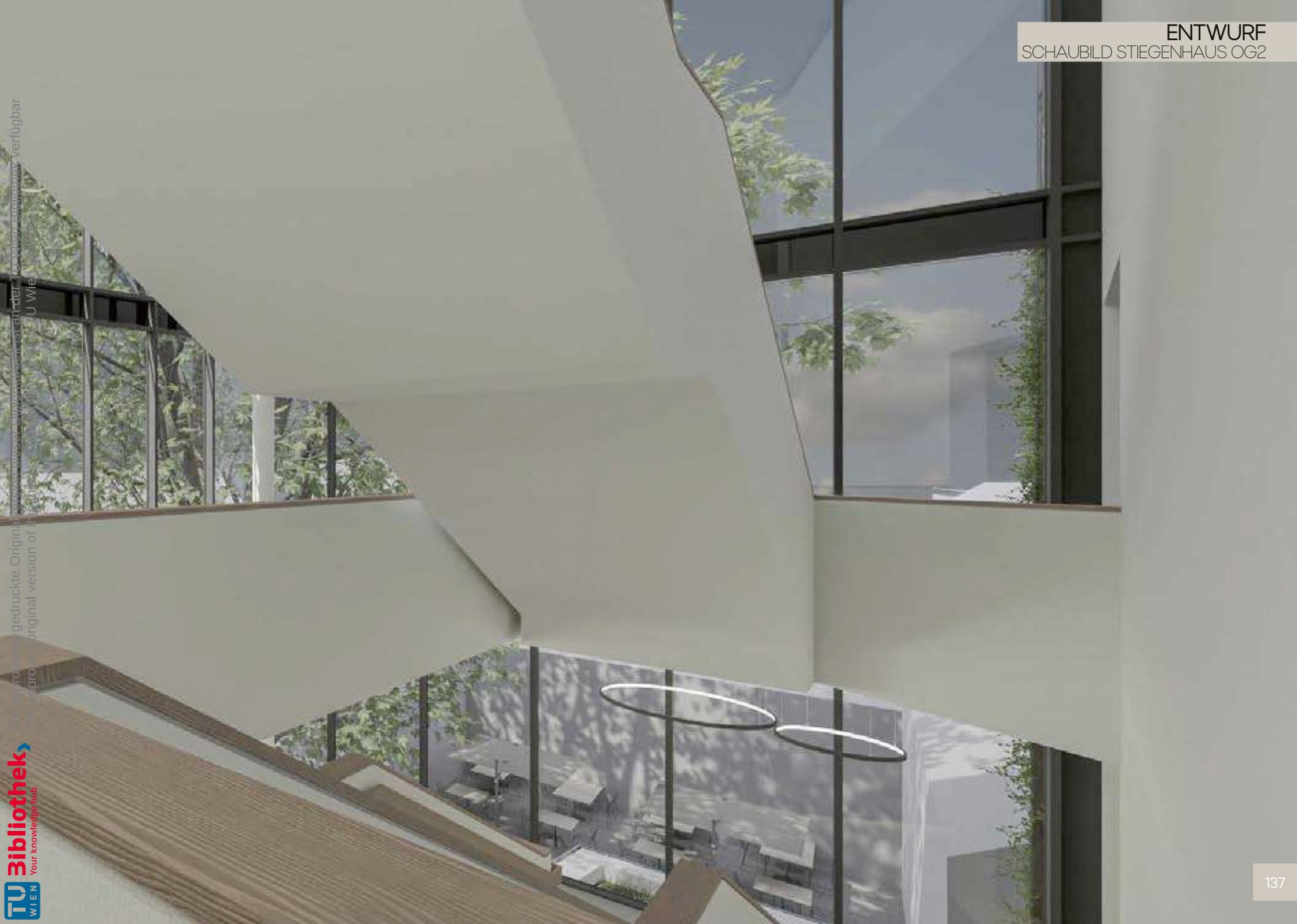








gedruckte Originalversion dieser Dokumentation ist an der TU Wien kostenfrei verfügbar  
The printed original version of this document is available at TU Wien free of charge





robierete gedruckte Originalversion des Lesers  
TU WIEN  
Bibliothek  
Your knowledge hub  
Diplomarbeit ist auch für die TU Wien  
original version of this thesis is available in print at TU Wien  
Bibliothek







Um bereits bei der Planung auf die Raumakustik eingehen zu können, wurden die neu errichteten, akustisch relevanten Räumlichkeiten (Probesaal, Orchestersaal, Bewegungsraum) begleitend überprüft. Bei der Form der Räume wurde dabei auf das im Anhang befindliche Kapitel der Raumakustik Rücksicht genommen. Die aus dem Bestand vorgegebenen, schräg gestellten Außenwände, sind für die Nutzung als Probe- und Aufführungsräume ideal, da sie Flatterechos verhindern.<sup>12</sup>

Die Berechnung der beiden Musikräume und des Bewegungsraumes erfolgte auf Grund der unterschiedlichen Anforderungen auf zwei verschiedene Arten. Für Aufführungs- und Proberäume sind in der ÖNORM B 8115-3:2005 die gewünschten Nachhallzeiten bzw. Toleranzgrenzen festgelegt. Für Räume mit Anforderungen an die Lärminderung (Pausenräume, Gänge, Turnsäle, Sporthallen, etc.) werden ebenfalls in der ÖNORM B 8115-3:2005 Mindestwerte für den mittleren Schallabsorptionsgrad der Begrenzungsflächen gefordert.<sup>13</sup>

Mit Hilfe des Programms Odeon (in der Version 11.23 Combined) wurde die zu erwartende Nachhallzeit der beiden Musikräume unter der Annahme von Basismaterialien für Wand, Decke und Fußboden berechnet. Schritt für Schritt wurden verschiedene Materialien und Aufbauten getestet, um die gewünschten Nachhallzeiten je Oktavband zu erreichen. Da es für Probe- und Aufführungsräume unterschiedliche Anforderungen an die Nachhallzeit gibt und der Orchestersaal für beides genutzt werden soll, musste hier ein Mittelweg gewählt werden. Auch eine mobile Lösung, welche in leerem Zustand ab- und in vollem Zustand aufgebaut werden kann, wäre denkbar gewesen. Die Toleranzgrenzen für Probe- und Aufführungsräume überschneiden sich jedoch in den meisten Oktavbändern ein wenig, so dass in diesem Falle ein guter Mittelweg gefunden werden konnte.

Die Berechnung des Bewegungsraumes wurde auf Basis der in der ÖNORM B 8115-1:2011 angegebenen Formeln händisch durchgeführt. Die m<sup>2</sup> der mit unter-

schiedlichen Materialien belegbaren Flächen wurden ermittelt und in einem ersten Schritt erneut Basismaterialien angenommen. Aufgrund dieser Annahmen konnte der zu erwartende mittlere Schallabsorptionsgrad aller Oberflächen je Oktavband ermittelt werden. Schritt für Schritt wurden abermals unterschiedliche Materialien und Aufbauten getestet, bis der gewünschte mittlere Schallabsorptionsgrad übertroffen werden konnte.<sup>14</sup>

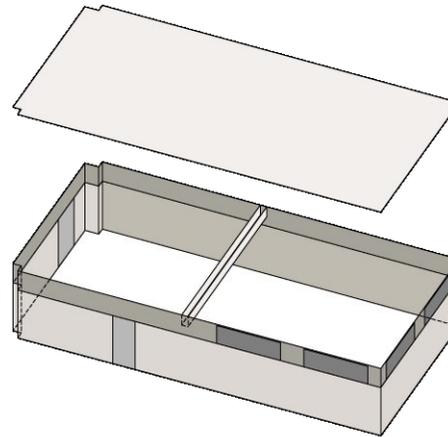
Für all diese Berechnungen wurden folgende Schallabsorptionsgrade der zugehörigen Materialien verwendet:

Oktavband-Mittenfrequenz	125	250	500	1k	2k	4k
Kalkzementputz	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05	0,05
Akustikputz	0,13	0,17	0,30	0,45	0,62	0,66
GKP-Decke ungedämmt	0,11	0,13	0,05	0,02	0,02	0,03
GKP-Decke gedämmt	0,28	0,14	0,09	0,06	0,05	0,10
4mm Sperrholzpl. gedämmt	0,20	0,40	0,20	0,10	0,08	0,10
Akustikdecke ungedämmt	0,46	0,91	0,97	0,71	0,57	0,58
Spiegel vor Wand	0,12	0,10	0,05	0,04	0,02	0,02
Nadelfilz	0,05	0,05	0,10	0,18	0,42	0,69
Akustik-Wandelement	0,30	0,95	0,85	0,45	0,25	0,15
Holztüren (lackiert)	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05
Fenster mit Isolationsglas	0,20	0,15	0,10	0,05	0,03	0,02
Parkett auf Estrich verklebt	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
stark gepolsterte Stühle	0,72	0,79	0,83	0,84	0,83	0,79
Publikum auf stark gep. Stühlen	0,72	0,80	0,86	0,89	0,90	0,90

Tab. 01: Schallabsorptionsgrad der verwendeten Materialien

12  
13  
14

vgl.: Nocke, C. (2019) *Raumakustik im Alltag - Hören, Planen, Verstehen*. Fraunhofer IRB, Verlag  
 vgl.: ÖNORM B 8115-3, November 2005, *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 3: Raumakustik*  
 vgl.: ÖNORM B 8115-1, Juni 2011, *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 1: Begriffe und Einheiten*



- Parkett auf Estrich verklebt
- Akustik-Wandelement
- Nadelvlies
- Spiegel vor Wand
- Akustikputz
- Holz (lackiert)
- Fenster mit Isolierverglasung

Bewegungsraum:

Zielwerte für den mittleren Schallabsorptionsgrad der Raumbegrenzungsflächen von Räumen mit Anspruch an Lärminderung  $\alpha_{m,B}$ :

Oktavband-Mittenfrequenz	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_{m,B}$	0,2	0,25	0,25	0,25	0,2

Tab. 02: Mindestwerte für den mittleren Schallabsorptionsgrad der Raumbegrenzungsflächen nach ÖNORM B 8115-3:2005

Berechnung des mittleren Schallabsorptionsgrades für Raumbegrenzungsflächen:

Berechnet wird er aus der Summe aller Begrenzungsflächen  $S_i$  multipliziert mit ihren Absorptionsgraden  $\alpha_i$ , dividiert durch die Summe aller Begrenzungsflächen  $S$ , mit folgender Formel gemäß ÖNORM B 8115-1:2011:

$$\alpha_{m,B} = \frac{\sum_1^n \alpha_i \cdot S_i}{\sum_1^n S_i}$$

Annahme für die Berechnung der Ausgangslage:

- Boden: Parkett auf Estrich
- Wände: Kalkzementputz (~87m<sup>2</sup>)  
Spiegel (~30m<sup>2</sup>)
- Decke: Kalkzementputz
- Fenster: Isolationsglas
- Türen: Holz lackiert

Ergebnis der Berechnung:

Oktavband-Mittenfrequenz	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_m$	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05

Tab. 03: Mittlere Schallabsorptionsgrade der Raumbegrenzungsflächen der Ausgangslage

Verbesserung der mittleren Schallabsorptionsgrade der Raumbegrenzungsflächen durch:

- Wände: Akustik-Wandelemente aus Holz mit Mikroperforation und rückseitiger Dämmung (~58m<sup>2</sup>)  
Nadelfilz (~29m<sup>2</sup>)  
Spiegel (~30m<sup>2</sup>)
- Decke: Akustikputz 10mm

Ergebnis der Berechnung:

Oktavband-Mittenfrequenz	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_m$	0,25	0,28	0,26	0,30	0,32

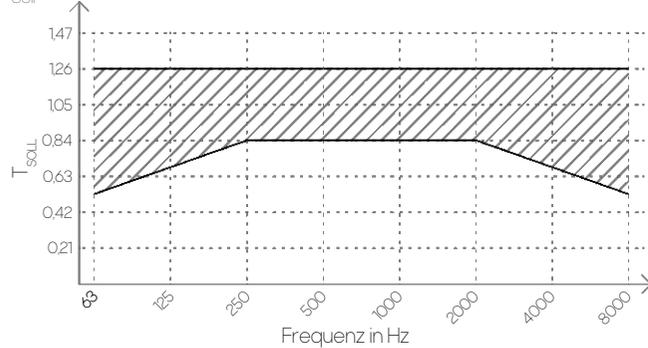
Tab. 04: Projektierte mittlere Schallabsorptionsgrade der Raumbegrenzungsflächen

**Orchestersaal:**

Volumen:  
 1060,62m<sup>3</sup>

Soll-Nachhallzeit Proberaum gemäß  
 ÖNORM B 8115-3:2005:

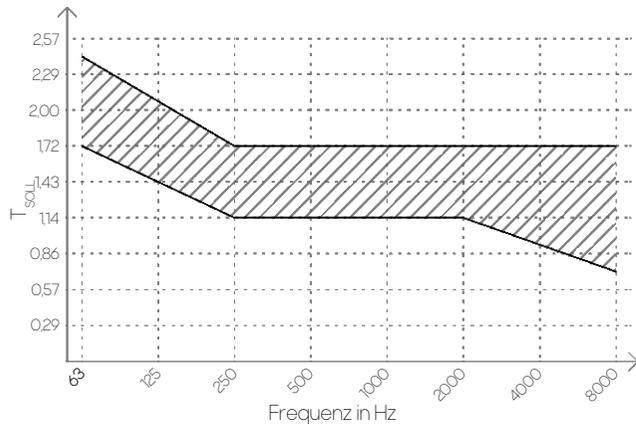
$$T_{\text{Soll}} = 0,47 \cdot \lg V - 0,37 = 0,47 \cdot \lg 1060,62 - 0,37 = 1,05\text{s}$$



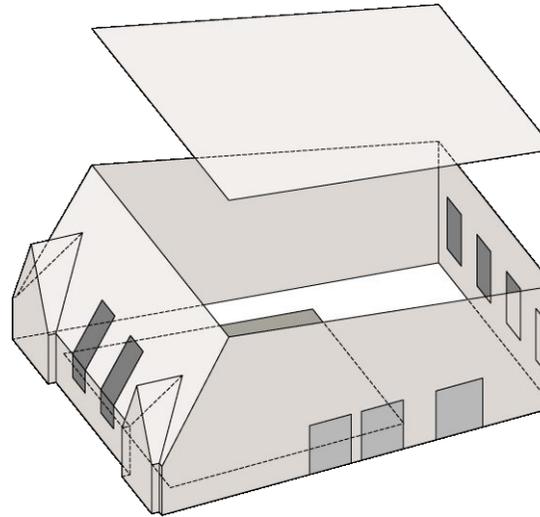
Toleranzbereich Nachhallzeit Proberaum nach  
 ÖNORM B 8115-3:2005

Soll-Nachhallzeit Aufführungsraum gemäß  
 ÖNORM B 8115-3:2005:

$$T_{\text{Soll}} = 0,45 \cdot \lg V + 0,07 = 0,45 \cdot \lg 1060,62 + 0,07 = 1,43\text{s}$$



Toleranzbereich Nachhallzeit Aufführungsraum nach ÖNORM  
 B 8115-3:2005



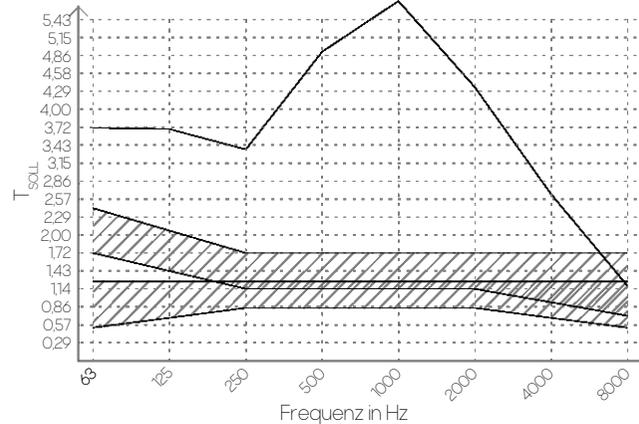
- Parkett auf Estrich verklebt
- Kalkzementputz
- Publikum auf stark gepolsterten Stühlen
- 4mm Spanplatte gedämmt
- Holz (lackiert)
- Fenster mit Isolierverglasung

**Annahmen für die Berechnung der Ausgangslage:**

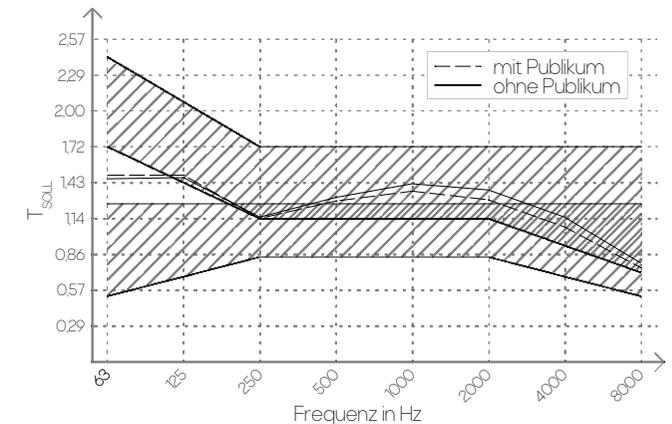
- Boden: Parkett auf Estrich
- Wände: Kalkzementputz
- Decke: GKP ungelocht,  
 10cm Installationsebene ungedämmt
- Fenster: Isolationsglas
- Türen: Holz lackiert

**Verbesserung der Nachhallzeit durch:**

- Decke: 4mm Spanplatte gedämmt
- Sonstiges: 85m<sup>2</sup> Publikumsbereich  
 mit stark gepolsterten Stühlen



Ausgangslage Nachhallzeit Orchestersaal



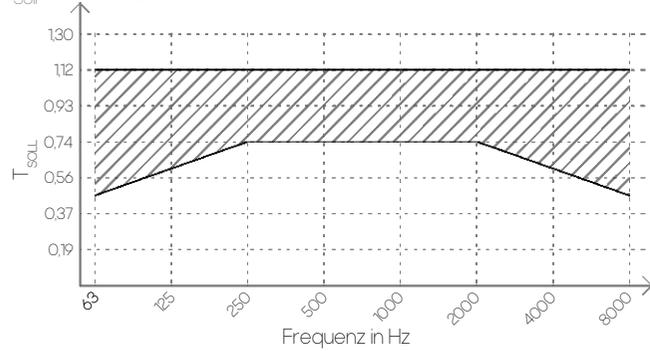
Projektierte Nachhallzeit Orchestersaal

Probesaal:

Volumen:  
588,06m<sup>3</sup>

Soll-Nachhallzeit Proberaum gemäß  
ÖNORM B 8115-3:2005:

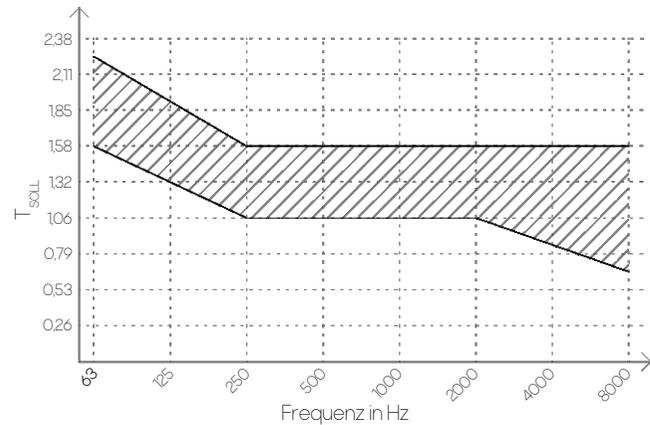
$$T_{\text{Soll}} = 0,47 \cdot \lg V - 0,37 = 0,47 \cdot \lg 588,06 - 0,37 = 0,93\text{s}$$



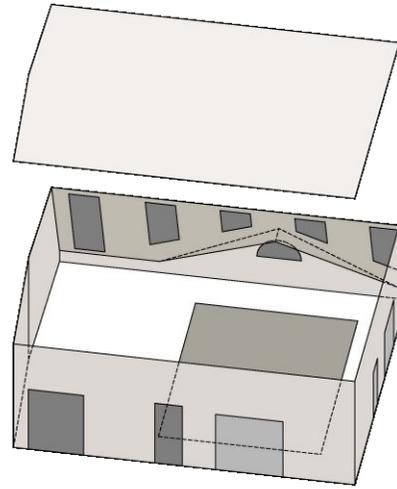
Toleranzbereich Nachhallzeit Proberaum nach  
ÖNORM B 8115-3:2005

Soll-Nachhallzeit Aufführungsraum gemäß  
ÖNORM B 8115-3:2005:

$$T_{\text{Soll}} = 0,45 \cdot \lg V + 0,07 = 0,45 \cdot \lg 588,06 + 0,07 = 1,32\text{s}$$



Toleranzbereich Nachhallzeit Aufführungsraum nach ÖNORM  
B 8115-3:2005



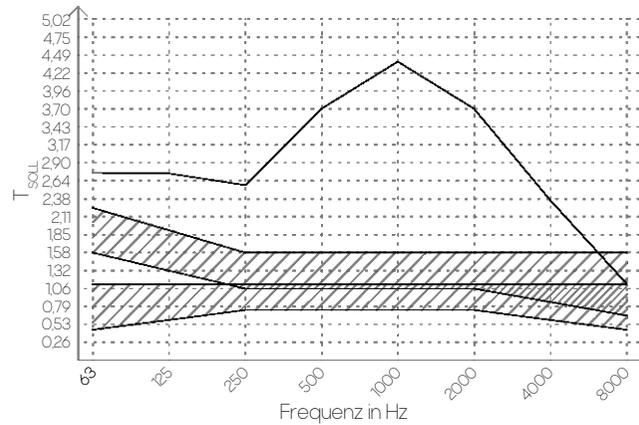
-  Parkett auf Estrich verklebt
-  Kalkzementputz
-  Publikum auf stark gepolsterten Stühlen
-  GKP, 10cm Installationsebene gedämmt
-  Akustikdecke
-  Holz (lackiert)
-  Fenster mit Isolierverglasung

Annahme für die Berechnung der Ausgangslage:

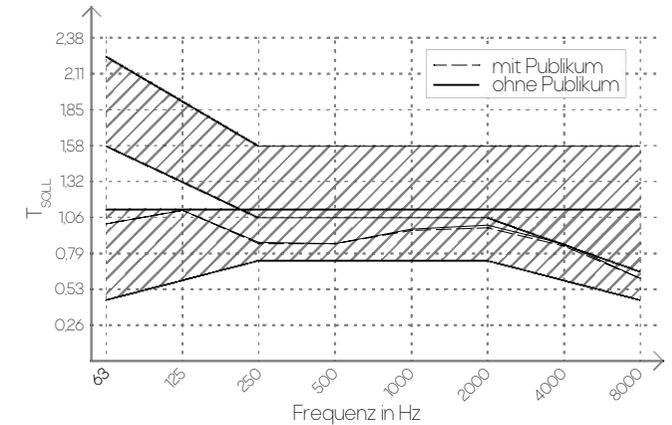
- Boden: Parkett auf Estrich
- Wände: Kalkzementputz
- Decke: GKP ungelocht,  
10cm Installationsebene
- Fenster: Isolationsglas
- Türen: Holz lackiert

Verbesserung der Nachhallzeit durch:

- Flachdach: Akustikdecke 12-20/66 Lochplatte  
LA = 19,6% mit Akustikputz  
10cm Installationsebene ungedämmt
- Steildach: GKP ungelocht  
10cm Installationsebene gedämmt
- Sonstiges: 85m<sup>2</sup> Publikumsbereich  
mit stark gepolsterten Stühlen



Ausgangslage Nachhallzeit Probesaal



Projektierte Nachhallzeit Probesaal



# Anhang

## Klimatische Veränderungen

Die Klimakrise bringt vermehrt extreme Wetterereignisse mit sich. Langanhaltende Hitzeperioden belasten nicht nur uns Menschen sondern auch die Natur. Der Mangel an Niederschlag und die überdurchschnittlich hohen Temperaturen trocknen die Böden aus. Warme Luft kann viel Wasserdampf aufnehmen und entzieht dem Boden zusätzlich Feuchtigkeit. Durch das wärmere Klima werden die Vegetationsperioden – damit ist der Zeitraum vom Beginn des Wachstums im Frühjahr bis zum Ende des Wachstums im Herbst gemeint – verlängert. Als direkte Folge dessen entziehen Pflanzen dem Boden über einen längeren Zeitraum, und somit insgesamt mehr, Wasser. (Innen-)Städte heizen sich tagsüber auf und geben die Wärme nachts nur langsam wieder ab. Es entstehen urbane Hitzeinseln.<sup>15,16</sup>

Die zweite klimatische Herausforderung stellen Starkregenereignisse dar, welche laut der Zentralanstalt für Meteorologie (ZAMG) in Österreich deutlich zunehmen werden.<sup>17</sup> Die ausgetrockneten Böden und versiegelten Flächen der Städte können die gestiegenen Wassermengen nicht mehr aufnehmen, und auch die bestehende Kanalisation stößt immer öfter an ihre Grenzen.<sup>15,16</sup>

## Vegetation als natürliche Klimaanlage

Pflanzen, und insbesondere großkronige Bäume, dienen nicht nur als Schattenspender, Sauerstoffproduzent und optischer Aufputz sondern kühlen durch Verdunstung ihre Umgebung spürbar ab. Über die Blattoberflächen können an heißen Tagen mehr als 200 Liter Wasser verdunstet werden. Den Bäumen und ihrer Umgebung wird dadurch Wärme entzogen und Verdunstungskälte entsteht. Das Wasser wird dabei dem Boden entnommen. Die Verdunstung und somit auch die Kühlwirkung der Bäume hängt direkt mit der Fähigkeit des Bodens, Wasser zu speichern, zusammen.<sup>16</sup>

## Die Herausforderungen

Beim Schwammstadtprinzip handelt es sich um eine Bauweise, welche darauf abzielt Stadtbäumen ein möglichst ideales Umfeld zu schaffen. Um Bäumen über Jahre hinweg einen geeigneten Standort zu bieten und Schäden an Einbauten und Straßenbelag zu verhindern, müssen einige Punkte beachtet werden.<sup>18</sup> Erst nach rund 30 Jahren, wenn ihnen eine dementsprechende Krone gewachsen ist, entfalten Bäume ihre volle Leistung gegen die Auswirkungen des Klimawandels. Mit zunehmender Kronengröße wächst auch der Bedarf an Wurzelraum. Die Wurzeln gehen stets den Weg des geringsten Widerstandes und können so unerwünschte Schäden verursachen, wenn nicht genug Wurzelraum vorgesehen wird. Ein 30 Jahre alter Baum benötigt in der Regel dafür ein Volumen von rund 35m<sup>3</sup>. Neben dem reinen Platzbedarf ist auch ein geeignetes Substrat und genügend Wasser ausschlaggebend.<sup>19</sup>

## Das Prinzip

Das Schwammstadtprinzip ist eine innovative Bauweise, welche die gesunde Entwicklung von großkronigen Stadtbäumen ermöglicht. Es sorgt für genügend Wurzelraum und speichert das Wasser dort, wo es benötigt wird. In Städten steht zumeist nur wenig oberflächlicher Platz für Bäume zur Verfügung. Das Schwammstadtprinzip ermöglicht Wurzelräume unter befestigten Flächen vorzusehen. Dafür ist jedoch ein geeigneter Unterbau notwendig, welcher sowohl die Lastabtragung der Straße ermöglicht, als auch den Ansprüchen der Bäume gerecht wird.<sup>15,18</sup> Dafür wird als Basis Grobschlag verdichtet, sodass eine dauerhafte Lastabtragung ohne Setzungen ermöglicht wird. Dennoch verbleiben rund 30% Hohlräume als Wurzelraum. Darüber befindet sich eine Schicht für die Verteilung von Luft und Wasser, ehe der Straßenbelag inkl. Tragschicht aufgetragen wird.<sup>15</sup> In die Verteilschicht und den Grobschlag wird ein Feinsubstrat eingeschlämmt, wodurch ein durchwurzelbares Porensystem entsteht. Grobporen transportieren Luft

und Wasser und Feinporen speichern diese pflanzenverfügbar.<sup>15,18</sup> „Reines“ Wasser von Gehsteigen oder Radwegen kann durch offene Fugen im Bodenbelag oder gesammelt über Sickerschächte und -leitungen direkt zugeleitet werden. Stark verunreinigte Wässer von Fahrbahnen und Parkplätzen können einer vorherigen Reinigung bedürfen. In diesem Fall wird das Wasser in Grünmulden und Versickerungsbeeten mittels Bodenfilter gereinigt.<sup>18,19</sup>

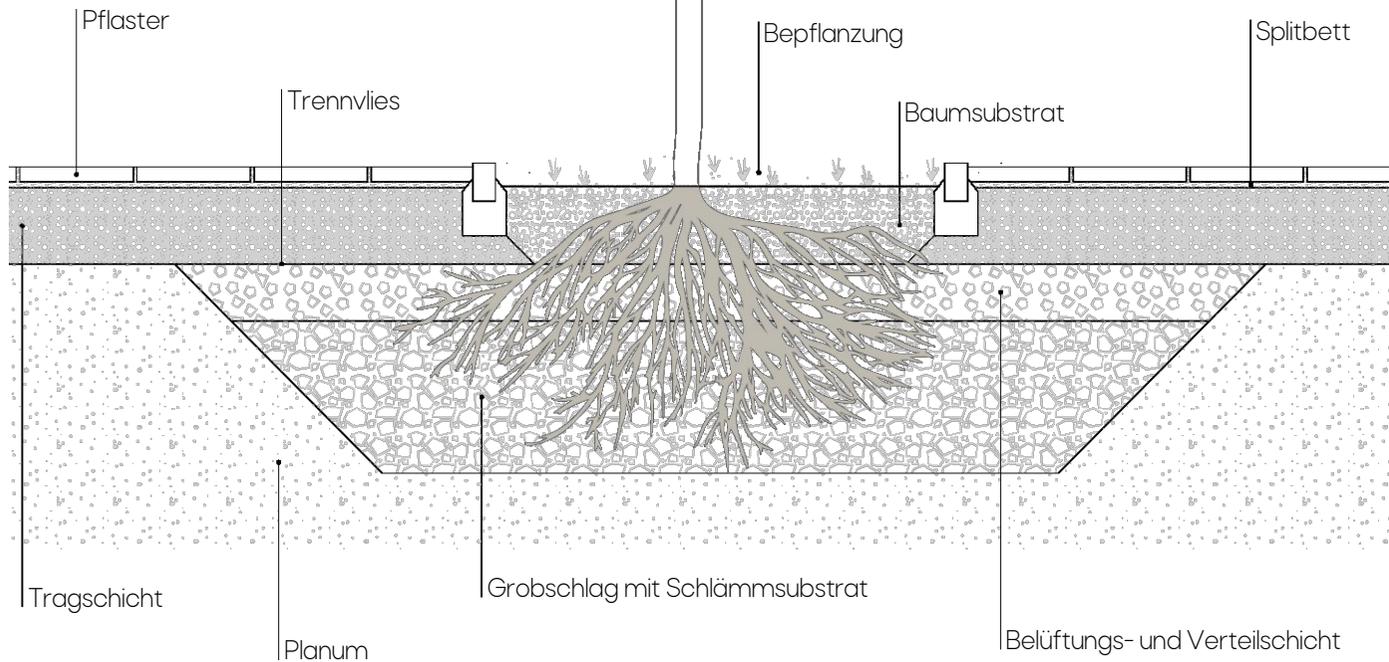
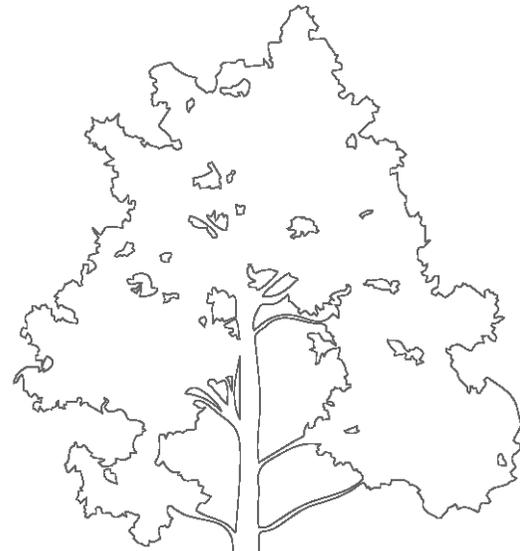
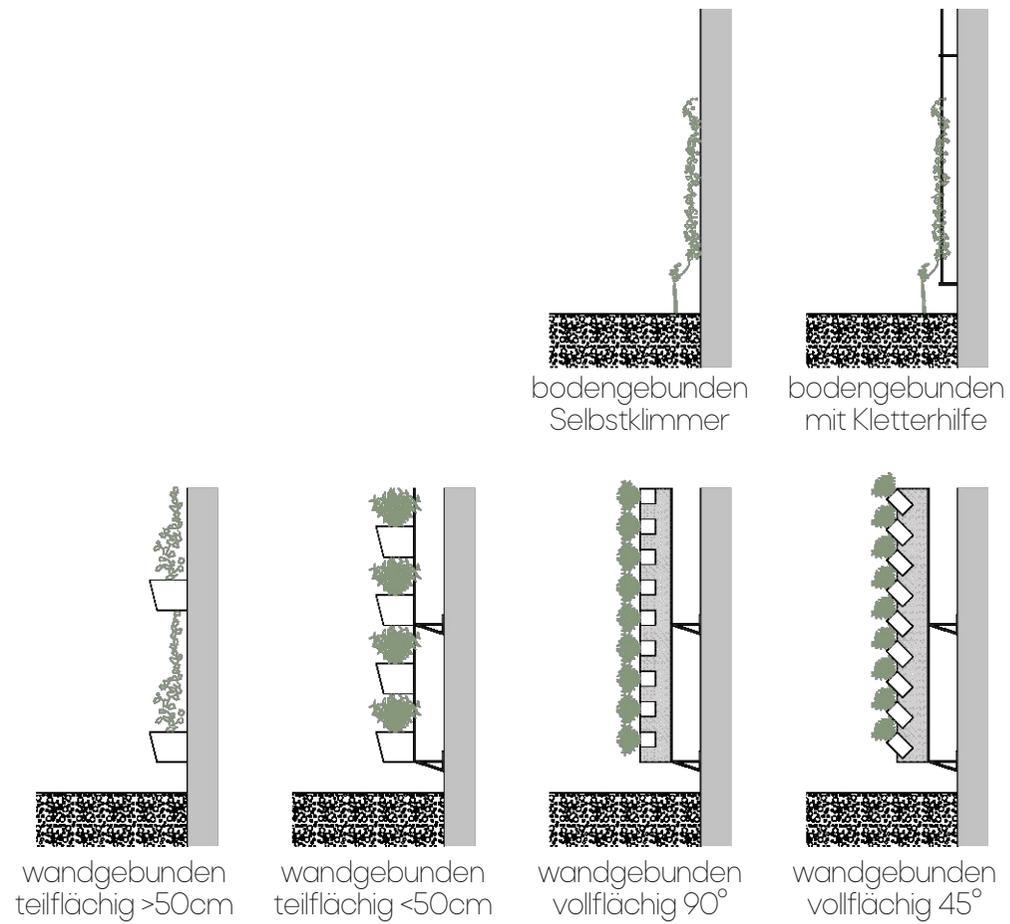


Abb. 28: Schwammstadt-Prinzip

Abb. 29: Fassadenbegrünungssysteme



Neben den bereits beim Schwammstadtprinzip angesprochenen, positiven Effekten von Pflanzen in der Stadt (u.a. Regenwassermanagement und Verbesserung des Mikroklimas) weisen begrünte Fassaden weitere Vorteile auf. Sie schützen das Gebäude vor Wind und Wetter, reduzieren auf Grund ihrer Struktur den Lärmpegel, tragen zur Dämmung bei und senken dadurch die Betriebskosten für Heizen und Kühlen.<sup>20,21</sup>

### Arten der Fassadenbegrünung

Es werden zwei Kategorien unterschieden: die boden- und wandgebundene Begrünung.

Die bodengebundene Begrünung kann als traditionelle Art der Fassadenbegrünung betrachtet werden und ist meist kostengünstig und pflegeleicht. Die Pflanzen haben eine direkte Verbindung mit dem Boden und erklimmen die Fassade von unten nach oben. Es werden Kletterpflanzen benötigt, welche je nach Art mit oder ohne Kletterhilfe die Fassade bewachsen.<sup>21</sup>

Die Pflanzen unterscheiden sich in Selbstklimmer (z.B.: Efeu, Mauerkatze oder Wilder Wein), welche ohne weiterer technischer Hilfe an Bauwerken klettern können und Gerüstkletterpflanzen, welche sich an Kletterhilfen festhalten müssen. Letztgenannte werden erneut in drei Gruppen aufgeteilt. Schlinger (z.B.: Blauregen, Knöterich oder Baumwürger) bevorzugen senkrechte, lineare Kletterhilfen wie Seile und Rohre. Sie umwinden diese und werden in regelmäßigen Abständen durch Abrutschsicherungen unterstützt. Ranker (z.B.: Echter Wein, Wildreben oder Waldreben) bilden Greiforgane, mit welchen sie sich bevorzugt an gitterförmigen Kletterhilfen festhalten. Spreizklimmer (z.B.: Kletter-Rosen, Winterjasmin oder Feuerdorn) stützen sich durch Seitentriebe, Stacheln oder Hakensprossen auf horizontalen Streben ab.<sup>20</sup>

Wandgebundene Begrünungen sind teurer in der Herstellung und verursachen einen höheren Pflegeaufwand. Sie bieten unzählige gestalterische Möglichkeiten. Aufgrund der großen Anzahl und der geringen Wuchshöhen der Pflanzen wird in kürzester Zeit eine vollflächige Begrünung erzielt. In der Regel sind keine

Kletterpflanzen nötig, auch wenn diese nicht ausgeschlossen sind. Die Pflanzen haben keine Verbindung zum gewachsenen Boden. Die Vegetationsträger werden an der Fassade montiert. Hierbei wird zwischen teil- und vollflächigen Vegetationsträgern unterschieden. Bei teilflächigen Systemen kommen Tröge und Rinnen zum Einsatz, welche je nach gewünschter Gestaltung punktuell oder linear und in entsprechendem Abstand montiert werden. Hier ist bei entsprechendem vertikalen Abstand auch der Einsatz von Kletterpflanzen und Gehölzen möglich. Bei geringem vertikalen Abstand (unter 50cm) kommen Gräser, Stauden, Kräuter und Sedum zum Einsatz, um eine flächige Erscheinung zu erreichen. Bei vollflächigen Vegetationsträgern erstreckt sich der Substratkörper über das gesamte System. Die Pflanzen, vorwiegend Kräuter, Gräser und Stauden, werden in geringem Abstand, und bis zu einem Winkel von 90° zur Fassade, gepflanzt.<sup>20</sup>

20

MA22 - Wiener Umweltschutzabteilung - Bereich Räumliche Entwicklung & ÖkoKaufWien - Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume (Hrsg.) (2019) *Leitfaden Fassadenbegrünung* <https://www.digitalwienbibliothek.at/wbrup/download/pdf/35595/3?originalFilename=true>

21

BuGG Bundesverband GebäudeGrün e. V. (Hrsg.) (2018) *Grüne Innovation Fassadenbegrünung* [https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Fassadenbegrueung/BuGG\\_Gruene\\_Innovation\\_Fassadenbegrueung\\_2023.pdf](https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Fassadenbegrueung/BuGG_Gruene_Innovation_Fassadenbegrueung_2023.pdf)

Für die Räumlichkeiten einer Musikschule, wie Unterrichts- und Aufführungsräume, ist eine „gute“ Akustik unerlässlich. Die Parameter von „guter“ Akustik sind allerdings nicht eindeutig definierbar, hängen vielmehr von vielen, teils subjektiven Faktoren ab.

### Raumakustik vs. Bauakustik

Zu allererst muss zwischen Raum- und Bauakustik unterschieden werden. Wie der Name schon vermuten lässt, beschäftigt sich die Raumakustik mit dem Schall im Raum, welcher von einer Schallquelle in selbigem abgegeben wird. Die Raumform, -größe und (Oberflächen-)Materialien sind wesentliche Elemente, welche die Schallübertragung und einhergehend auch die Wahrnehmung beeinflussen. Unterschiedliche Nutzungen haben unterschiedliche Anforderungen an die Raumakustik, so wird in der ÖNORM B 8115-3:2005 in Kommunikation, Sprache, Musikaufführung und Musikproberäume unterschieden.<sup>22,23</sup>

Bauakustik beschäftigt sich hingegen mit der Verhinderung der Schallübertragung von Raum zu Raum, beziehungsweise von außen nach innen und umgekehrt. Die Schallquelle befindet sich dabei außerhalb des beobachteten Raumes. Anforderungen an Bauteile wie Fenster und Türen, Haustechnische Anlagen wie Aufzug, Heizung oder Lüftung, die Übertragung von Trittschall und über flankierende Bauteile sind nur einige exemplarische Punkte dieses umfangreichen Themas. Schallschutz ist Thema der Bauakustik und Voraussetzung für eine funktionierende Raumakustik. Diesbezügliche Unzulänglichkeiten können durch raumakustische Maßnahmen nicht behoben werden. Im Zuge dieser Arbeit wird darauf nicht detaillierter eingegangen, sondern der Fokus auf die Raumakustik gelegt und ein ausreichender Schallschutz vorausgesetzt.<sup>22,23</sup>

Um Maßnahmen und Auswirkungen zu verstehen, müssen vorab einige Grundbegriffe der Akustik erklärt werden.

### Schall, Schalldruck, Schalldruckpegel

Vereinfacht kann Schall als Druck- und Dichteschwankung bezeichnet werden. Hervorgerufen werden diese durch schwingende oder sich schnell bewegende Objekte. Zur Übertragung wird ein elastisches Medium benötigt, welches entweder gasförmig (Luft), flüssig (Wasser) oder fest (Metall, Holz, Stein,...) ist.<sup>22, 23, 24</sup> Im Vakuum kann Schall nicht übertragen werden.<sup>22, 23</sup> Je nach Medium unterscheidet man in Luft-, Wasser- und Körperschall.<sup>24</sup> Die Geschwindigkeit der Ausbreitung (Schallgeschwindigkeit  $c$ ) unterscheidet sich je nach Material und Temperatur. In Tabelle 1 sind die Schallgeschwindigkeiten für verschiedene Materialien bei 20°C angegeben. Durch die Änderung der Temperatur um 1°C, ändert sich die Schallgeschwindigkeit in Luft um 0,6m/s.<sup>25</sup>

Material	Schallgeschwindigkeit (m/s)
Luft	343
Helium	1005
Wasser	1492
Beton	3231
Stahl	5029
Holz	5260
Quarzglas	5370

Tab. 05: Schallgeschwindigkeiten verschiedener Materialien

Für die Raumakustik relevant ist nur der Luftschall. Durch die Anregung einer Schwingung wird der Luftdruck lokal verändert, die Luftmoleküle werden an bestimmten Orten verdichtet und an anderen verdünnt.

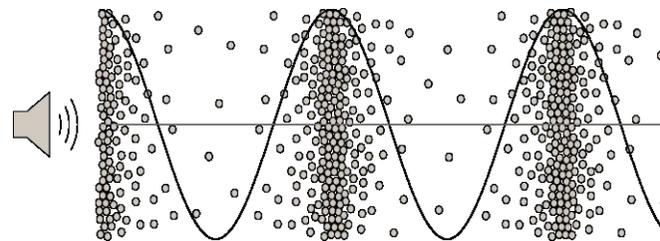


Abb. 30: Schallwelle mit Verdichtungen und Verdünnungen

Es entstehen Bereiche mit niedrigerem und welche mit höherem Druck. Es wird vom Schalldruck  $p$ , angegeben in Pa, gesprochen. Die lokalen Verdichtungen und Verdünnungen gegenüber des Luftdrucks werden als Schallwelle bezeichnet.<sup>24</sup>

Der atmosphärische Luftdruck beträgt in etwa 100.000 Pa. Druckänderungen von 0,00002 Pa können vom menschlichen Gehör bereits wahrgenommen werden (Hörschwelle). Durch Schalldrücke ab 10 Pa können schon bei kurzer Einwirkung Schäden des Gehörs verursacht werden.<sup>22,23,24</sup>

Für eine übersichtlichere Darstellung wird der Schalldruck  $p$ , bezogen auf den Referenzschalldruck  $p_0$  (= 0,00002 Pa = Hörschwelle = 0 dB), als Schalldruckpegel  $L_p$  in dB angegeben.<sup>22,23,24</sup> Berechnet wird er mit der Formel  $L_p = 10 \cdot \lg p^2/p_0^2$

Schalldruck (Pa)	Schalldruckpegel (dB)	
0,00002	0	Hörschwelle
0,0002	20	Tonstudio
0,002	40	Flüstern
0,02	60	Normale Sprache
0,2	80	Lautes Rufen
2	100	Presslufthammer
20	120	Schmerzschwelle

Tab. 06: Schalldruck und Schalldruckpegel

Bei der Addition von zwei gleichen Schalldruckpegeln werden zuerst die Schalldrücke addiert und anschließend der Gesamt-Schalldruckpegel  $L_{ges}$  berechnet. Dabei zeigt sich, dass eine Verdoppelung des Schalldrucks eine Schalldruckpegeländerung von 3 dB verursacht. Eine Pegeländerung in dieser Größenordnung ist für den Menschen wahrnehmbar, eine Differenz von 1 dB wird nur im direkten Vergleich wahrgenommen.<sup>22,24</sup>

### Frequenz, Wellenlänge, Tonhöhe

Die räumliche Ausbreitung von Schallwellen führt dazu, dass der Schalldruck durch die Teilchenverdichtungen und -verdünnungen an einem festen

Bezugspunkt zeitlich gesehen variiert. Die Periode der räumlichen Ausbreitung wird durch die Wellenlänge  $\lambda$  beschrieben. Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde wird durch die Frequenz  $f$  angegeben. Ihre Einheit ist Hertz (Hz).<sup>22,24</sup>

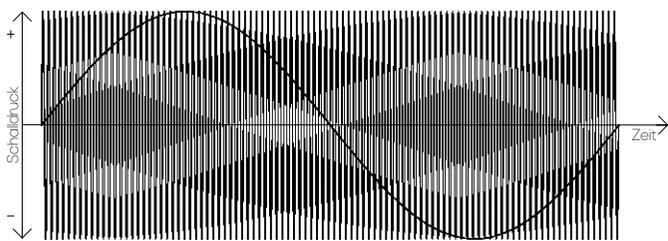


Abb. 31: Frequenz, Wellenlänge, Tonhöhe

In Abbildung 10 sind die Frequenzen zweier Töne zu sehen, die sich um den Faktor 100 unterscheiden. Kleine Wellenlängen, von bis zu wenigen Zentimetern, entsprechen hohen Tönen, lange Wellenlängen, von bis zu einigen Metern, tiefen. Frequenz  $f$ , Wellenlänge  $\lambda$  und Schallgeschwindigkeit  $c$  stehen beim Luftschall in einem festen Zusammenhang. Mit der Formel  $c = \lambda \cdot f$  lässt sich, nach Umformung, aus der Frequenz und der bekannten Luftschallgeschwindigkeit (343m/s) die Wellenlänge berechnen.<sup>25,26</sup>

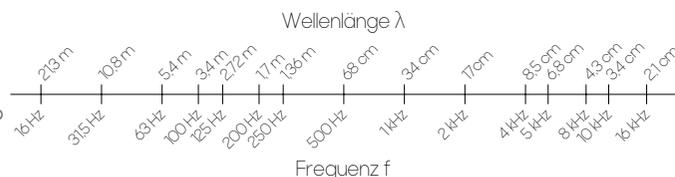


Abb. 32: Wellenlänge und Frequenz von Luftschall

Die unterschiedlichen Frequenzen werden vom Menschen als Tonhöhe empfunden. Das menschliche Gehör kann Frequenzen von 16 Hz bis 20.000 Hz, dem sogenannten Hörbereich, wahrnehmen. Unterhalb von 16 Hz spricht man von Infraschall, welchem unter anderem Erschütterungen und Vibrationen angehören, und oberhalb von 16.000 Hz von Ultraschall. Der Frequenzbereich von Musik deckt

sich in der Regel mit jenem des Hörbereichs. Menschliche Singstimmen sind in der Lage einen Bereich von 63-8000 Hz abzudecken, während bei der Sprach-Kommunikation ein, für die Raumakustik wesentlicher, Bereich von 200-2000Hz erreicht wird, wobei die größten Frequenzanteile zwischen 300 Hz und 500 Hz liegen.<sup>26</sup>

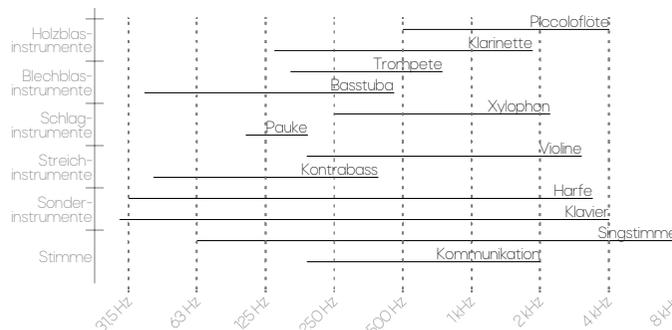


Abb. 33: Frequenzbereiche von Instrumenten und Stimmen

Für die Beschreibung verschiedener Frequenzbereiche wird, wie in der Musik, eine Unterteilung in Oktaven und Terzen vorgenommen. Eine Oktave entspricht dabei der Verdopplung, beziehungsweise Halbierung, der Frequenz. Eine Terz bedeutet ein Frequenzverhältnis von 4:5. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden Norm-Frequenzen definiert. Ausgehend von 1000 Hz und dem entsprechenden Verhältnis (1:2 oder 4:5) werden die Oktav- und Terz-Mittenfrequenzen berechnet, welche stellvertretend für das beschriebene Intervall stehen. Die 1 kHz-Oktav-Mittenfrequenz steht dabei für den Frequenzbereich von 710-1420 Hz. Die gebräuchlichere Unterteilung in Oktaven wird auf diesem Wege in folgende Schritte unterteilt: 16 Hz, 31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz und 16 kHz.<sup>25,26</sup>

So wichtig wie der Schalldruckpegel ist auch die Frequenzzusammensetzung. Diese kann aus einer einzelnen Frequenz (Ton), einer harmonischen Mischung (Klang) oder einer unharmonischen Mischung (Geräusch) bestehen. Ein Klang besteht

aus Frequenzen, die in einem festen Bezug zueinander stehen. Sie sind meist Vielfache der niedrigsten Frequenz. Schallereignisse, deren Frequenzen in keinem festen Bezug zueinander stehen, werden Geräusch genannt.<sup>25,26</sup>

### Wahrnehmung von Schall

Die Wahrnehmung von Schall ist von vielen physiologischen und psychologischen Faktoren abhängig. Das menschliche Gehör ist im Frequenzbereich von 250 Hz bis 2 kHz besonders empfindlich. Das ist auf der einen Seite praktisch, da dies auch der Bereich der menschlichen Sprache ist, und diese somit besonders gut wahrgenommen wird. Auf der anderen Seite sind unerwünschte Konversationen aber besonders lästig. Über 2 kHz nimmt die Hörfähigkeit leicht und unter 250 Hz deutlich ab. Gleiche Schalldruckpegel werden deshalb bei unterschiedlichen Frequenzen unterschiedlich laut wahrgenommen.<sup>26</sup>

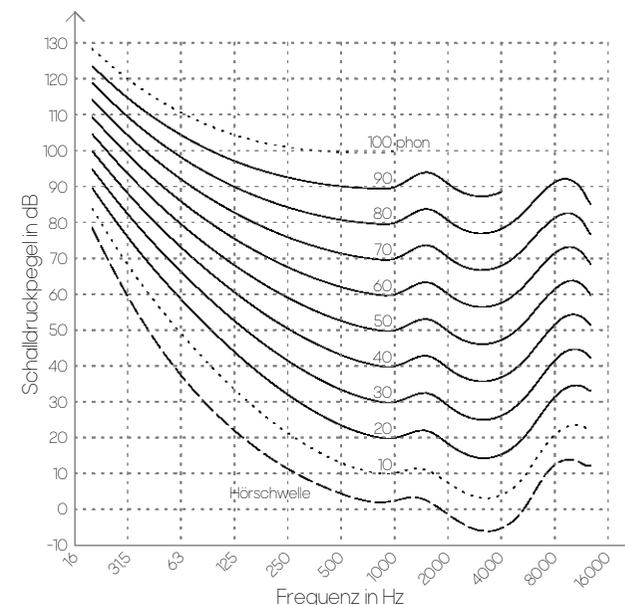


Abb. 34: Isoptone nach ISO 226:2006-04

25  
26

vgl. Mommertz, E. und Müller-BBM (2008) *Detail Praxis: Akustik und Schallschutz - Grundlagen, Planung, Beispiele* Edition Detail  
vgl. Nocke, C. (2019) *Raumakustik im Alltag - Hören, Planen, Verstehen*. Fraunhofer IB Verlag

In der ISO 226:2006-04 wurden deshalb Kurven gleicher Lautstärkepegel für reine Töne, sogenannte Isophone mit der Einheit phon, ermittelt.

Bei 1 kHz sind Schalldruckpegel (dB) und Isophone (phon) ident. Beispiel: 50 dB entsprechen bei 1 kHz 50 phon. Um dasselbe Lautstärkeempfinden bei 250 Hz zu erreichen, ist ein Schalldruckpegel von 59 dB erforderlich.

Da Isophone nur für reine Töne gültig sind, bedarf es für Geräusche und Töne einen anderen Zugang zur Berücksichtigung der menschlichen Frequenzempfindlichkeit. Bei der Bildung eines Tons oder Geräusches werden die mittleren Frequenzen stärker wahrgenommen als die hohen und tiefen Frequenzen. Diese Charakteristik des menschlichen Hörorgans wird mit Hilfe der A-Bewertung berücksichtigt. Messgeräte bewerten den Schall anhand der Energieanteile der unterschiedlichen Frequenzbänder und korrigieren diese mit Hilfe der Werte der EN 61672-1:2013. Das Ergebnis ist der A-bewertete Schalldruckpegel  $L_{pA}$ , welcher durch ein tiefgestelltes A gekennzeichnet und in der Einheit dB(A) angegeben wird. In der Regel wird dieser in beinahe allen Vorschriften, Richtlinien, Richtwerten, Grenzwerten, Empfehlungen und Hinweisen angegeben. Auch wenn meist nur die Bezeichnung dB verwendet wird.

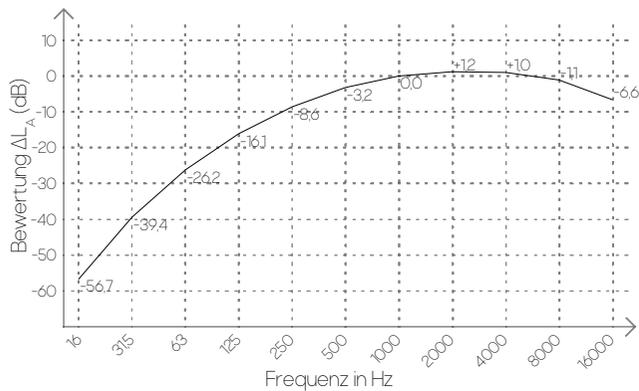


Abb. 35: A-Bewertungskurve nach EN 61672-1:2013

Die A-Bewertung ist immer sinnvoll, wenn es um den Einfluss von Schall auf den Menschen geht. So sind auch die Werte der Tabelle 2 A-bewertet. Wie bei den Isophonen wird auch hier die 1 kHz-Oktave als Ausgangswert herangezogen.<sup>27,28</sup>

Ebenfalls für die Wahrnehmung essenziell ist der zeitliche Abstand, mit dem verschiedene Schallereignisse oder Reflexionen eines einzigen Schallereignisses das Ohr erreichen. Das Gehör des Menschen besitzt eine gewisse Trägheit, die im Mittel mit 35ms angenommen wird. Das bedeutet, dass Schallereignisse, die das Ohr in einem zeitlichen Abstand von unter 35ms erreichen, nicht einzeln wahrgenommen werden. Diese Eigenschaft spielt in der Raumakustik eine Rolle und sollte bei der Planung akustischer Maßnahmen berücksichtigt werden. Mit Hilfe der Schallgeschwindigkeit (343m/s in der Luft) lassen sich zeitliche Abstände in Entfernungen umrechnen.<sup>28</sup>

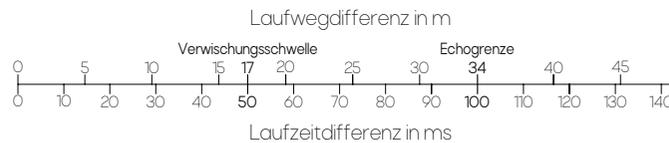


Abb. 36: Laufweg- und Laufzeitdifferenz

Die Verwischungsschwelle gibt jenen zeitlichen bzw. räumlichen Abstand zwischen dem ersten eintreffenden Schall und dessen erster eintreffenden Reflexion an, welcher gerade groß genug ist, um als störend wahrgenommen zu werden. Individuell unterscheidet sich dies zwar von Mensch zu Mensch, in der Raumakustik wird der Wert allerdings vereinheitlicht mit 50ms beziehungsweise 17m angenommen. Bei größeren Differenzen, spätestens jedoch ab 100ms (34m), kommt es zur Wahrnehmung einzelner Schallereignisse. Es wird von der Echogrenze gesprochen. Die genannten Werte beziehen sich vor allem auf die Wahrnehmung von Sprache. Bei Musik werden Verwischungsschwelle und Echogrenze durchaus etwas später erreicht. Es zeigt sich eine Abhängigkeit von

der Art der Musik, so ist bei bestimmten Musikarten ein Echo sogar gewünscht.<sup>28</sup>

## Grundlagen der Raumakustik

Der Begriff einer „guten“ Raumakustik wird zumeist mit großen Konzertsälen in Verbindung gebracht. Raumakustik behandelt aber viel mehr. Von den kleinsten bis zu den größten Räumen. Je nach Nutzung werden unterschiedliche Ansprüche an die Raumakustik gestellt. So benötigen Räume für Frontalvorträge andere akustische Eigenschaften, wie solche für Kommunikation oder Musik. Diese Eigenschaften werden von mehreren Faktoren beeinflusst. Dazu zählen unter anderem die Raumgröße und -abmessungen, die sogenannte Nachhallzeit und die Oberflächenmaterialien. Der Raum bestimmt zwar nicht die Akustik, aber auf welche Weise der Schall beim Hörer ankommt. Folgend wird auf die wichtigsten Parameter und ihre Auswirkungen genauer eingegangen.

## Absorption, Reflexion, Diffusion

Eine Schallwelle trifft in einem abgeschlossenen Raum unweigerlich auf einen Körper (Decke, Wände, Einrichtungsgegenstände, Personen,...). Je nach dessen Material- und Oberflächenbeschaffenheit kommt es zu einer frequenz-/wellenlängenabhängigen Wechselwirkung. Während in der Bauakustik die Transmission, also der Schalldurchgang durch ein Bauteil relevant ist, wird in der Raumakustik der im Raum verbleibende Schall betrachtet. Seine Wechselwirkung mit einer Fläche ist von ihrer Position im Raum und der Materialbeschaffenheit abhängig. Der nicht vom Material absorbierte Schall verbleibt als Reflexion im Raum. Je nach Wellenlänge und Strukturgröße der Oberfläche gibt es 3 mögliche Szenarien der Reflexion. Szenario 1 - die Wellenlänge ist kleiner als die Struktur: Der Schall kann als Schallstrahl idealisiert und an der Struktur gespiegelt werden. Es gilt: Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel. Szenario 2 - Wellenlänge und Strukturgröße sind ca. gleich groß: Es gibt keine geometrische Reflexion, der

<sup>27</sup> vgl: Mammertz E. und Müller-BBM (2008) *Detail Praxis: Akustik und Schallschutz - Grundlagen, Planung, Beispiele* Edition Detail  
<sup>28</sup> vgl: Nocke, C. (2019) *Raumakustik im Alltag - Hören, Planen, Verstehen* Fraunhofer IRB Verlag

Schall wird diffus reflektiert (gestreut). Szenario 3 - die Wellenlänge ist größer als die Struktur: Die Feinstruktur kann vernachlässigt werden und es kommt zur geometrischen Reflexion an der Grundstruktur.<sup>29</sup>

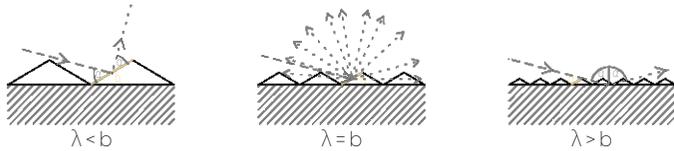


Abb. 37: Arten der Reflexion

Je nach Frequenz kann Schall somit unterschiedlich auf ein und dieselbe Struktur reagieren. Wenig absorbierende Flächen können gezielt zur Schalllenkung eingesetzt werden. Die diffuse Reflexion führt zu einer guten Durchmischung des reflektierten Schalls im Raum. Das ist besonders in Räumen für Musik wünschenswert.<sup>29</sup> Der Direktschall, also die Schallenergie, welche ohne Reflexion auf direktem Wege zum Hörer gelangt, ist ausschlaggebend für die Lokalisation der Schallquelle. Frühe Reflexionen, welche mit einer maximalen Zeitverzögerung zum Direktschall von 50ms eintreffen, erhöhen die Sprachverständlichkeit. Verzögerungen bis zu 80ms erhöhen die Transparenz von Musik und, vor allem seitliche Reflexionen, den Räumlichkeitseindruck. Frühe Reflexionen sind somit wünschenswert und sollten durch die Materialwahl und Raumgeometrie gefördert werden. Anschließend daran, also ab 50 beziehungsweise 80ms, folgt der Nachhallbereich. Das Nachklingen eines Raumes ist im Gegensatz zu Reflexionen nicht ortsabhängig.<sup>29,30</sup> Die Teile der Schallenergie, die weder der Transmission noch der Reflexion zuordenbar sind, werden beim Auftreffen auf eine Fläche vom Material absorbiert. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Absorption der Pegelminderung, die Reflexion der Schalllenkung und die Diffusion der Klanggestaltung dienen. Die Größenordnung der Transmission ist im Vergleich verschwindend gering. Deshalb werden Materialien in der Raumakustik durch

ihre Absorptionswerte charakterisiert.<sup>29</sup>

### Nachhallzeit

Eine der wichtigsten und ältesten raumakustischen Kenngrößen ist die Nachhallzeit. Vereinfacht gesagt, gibt sie die Zeitdauer - in Sekunden - an, welche benötigt wird, bis ein Schallereignis nach seiner Beendigung nicht mehr hörbar ist.<sup>29</sup> In der ÖNORM B 8115-1:2011 wird die Nachhallzeit als jene Zeit definiert, die nach Abschalten der Schallquelle vergeht, bis der Schallpegel im Raum um 60 dB abnimmt. Sie ist eine globale, frequenzabhängige, raumakustische Kenngröße. Das bedeutet, dass in einfach strukturierten, quaderförmigen Räumen die Positionen der Schallquelle und des Empfängers keinen Einfluss ausüben.<sup>29</sup>

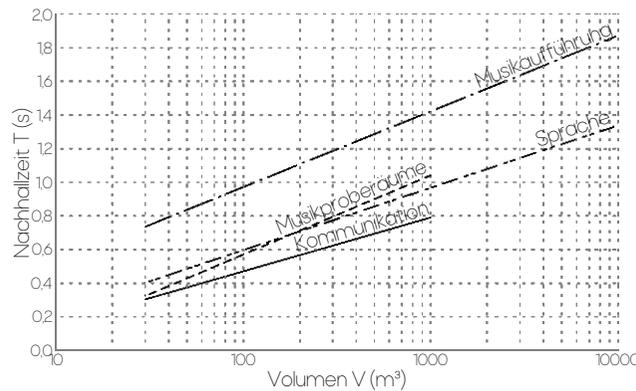


Abb. 38: Optimale Nachhallzeiten nach ÖNORM B 8115-3:2005

In der ÖNORM B 8115-3:2005 werden, abhängig von der Nutzung und dem Raumvolumen die optimalen Nachhallzeiten angegeben (siehe Abb. 17). Berechnet werden diese für die einzelnen Nutzungen wie folgt: Kommunikation (Klassenzimmer, Besprechungsräume, Räume für audiovisuelle Darbietungen):

$$T = 0,32 \cdot \lg V - 0,17$$

Sprache (Hörsäle, Vortragsräume):

$$T = 0,37 \cdot \lg V - 0,14$$

Musikproberäume (Übungsräume in Musikschulen,

Proberäume von Musikgruppen und Orchester):

$$T = 0,47 \cdot \lg V - 0,37$$

Musikaufführung (Aufführungsräume in Musikschulen, Veranstaltungssäle von Gemeinden):

$$T = 0,45 \cdot \lg V + 0,07$$

Die resultierenden Werte gelten für eine Vollbesetzung der Räume, werden aber auch bei 75%iger Auslastung und gleichmäßiger Verteilung der Personen im Raum nur unwesentlich überschritten. Weiters wird ein Toleranzbereich der zulässigen Abweichung für die Nutzungen Kommunikation, Sprache und Musikproberäume, sowie ein weiterer für Musikaufführungen angegeben.<sup>31</sup>

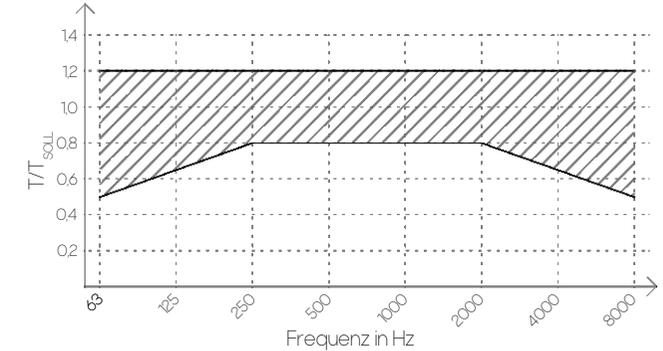


Abb. 39: Toleranzbereich für Sprache, Kommunikation und Musikproberäume nach ÖNORM B 8115-3:2005

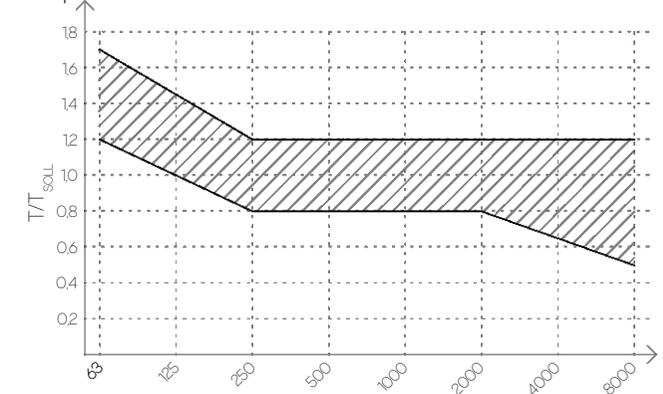


Abb. 40: Toleranzbereich für Musikaufführungen nach ÖNORM B 8115-3:2005

<sup>29</sup> vgl. Nocke, C. (2019) *Raumakustik im Alltag - Hören, Planen, Verstehen*. Fraunhofer IRB Verlag  
<sup>30</sup> vgl. Mommertz, E. und Müller-BBM (2008) *Detail Praxis, Akustik und Schallschutz - Grundlagen, Planung, Beispiele*. Edition Detail  
<sup>31</sup> vgl. ÖNORM B 8115-3, November 2005, *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 3: Raumakustik*

Für Räume mit Mehrzwecknutzung muss ein Kompromiss zwischen den Anforderungen für Musik und jenen für Sprache gefunden werden. Idealerweise werden diese Räume mit variablen/mobilen Elementen ausgestattet, welche die Nachhallzeit je nach Anforderung regulieren.<sup>32</sup>

Bei der Planung von Räumen kann die zu erwartende Nachhallzeit mit der Sabine'schen Nachhallformel, welche der amerikanische Physiker Wallace Clement Sabine um 1900 nach umfangreichen Messungen ableitete, berechnet werden. Die Nachhallzeit  $T$  in Sekunden wird demnach wie folgt berechnet:  $T = 0,163 \cdot V/A$  (s).  $V$  steht dabei für das Raumvolumen in  $m^3$  und  $A$  für die äquivalente Absorptionsfläche in  $m^2$ . Aus der Formel lässt sich bereits ablesen, dass die Nachhallzeit mit steigendem Volumen ebenfalls ansteigt.<sup>33, 34</sup> Die äquivalente Absorptionsfläche wird im folgenden Abschnitt näher erläutert.

### Schallabsorber

Schallabsorber werden bewusst eingesetzt, um dem Raum Schallenergie zu entziehen, dadurch wird es leiser im Raum. Physikalisch gesehen wandeln sie Schall- in Wärmeenergie. Charakterisiert werden schallabsorbierende Materialien durch den Schallabsorptionsgrad  $\alpha$ . Er gibt den absorbierten Teil der auftreffenden Schallenergie an und ist frequenzabhängig. Es wird zwischen porösen Absorbieren und Resonanzabsorbieren unterschieden. Poröse Absorber wandeln die Schallenergie direkt, durch Reibung an einer porösen Struktur, in Wärmeenergie. Da die Energie einer Schallwelle aber äußerst gering ist, tritt keine messbare Erwärmung auf. Häufig sind poröse Absorber offenporige oder faserige Materialien wie Schäume oder Wollen. Durch ihre Porosität, ein Maß des Volumen-Anteils der Luft in einem Material, besitzen sie verhältnismäßig große Oberflächen, wobei davon ausgegangen wird, dass sämtliche Hohlräume und Poren von außen „zugänglich“ sind. Abgeschlossene Luftkammern sind akustisch nicht wirksam.<sup>33</sup> Der von außen zugängliche Luftanteil liegt

bei guten Schallabsorbieren bei über 50% und kann bei mineralischen Faserdämmstoffen über 98% erreichen.<sup>34</sup> Neben der Porosität ist der Strömungswiderstand eine wichtige Materialkenngröße, welche den Widerstand beim Durchströmen eines Materials angibt. Dieser ist je nach Materialstärke unterschiedlich und wird deshalb als längenspezifischer Strömungswiderstand angegeben. Die Kombination aus Porosität, Strömungswiderstand und Materialstärke definiert die Absorption eines porösen Absorbers. Bei üblichen Materialstärken von einigen Zentimetern wirken sie im Bereich der mittleren und hohen Frequenzen.<sup>33</sup> Die beste Wirkung erzielen sie, wenn die Bewegungsgeschwindigkeit der Luftteilchen am größten ist. Direkt an einer reflektierenden Fläche werden die Luftteilchen abgebremst und die Bewegungsgeschwindigkeit ist gleich null. Am höchsten ist sie bei einem Abstand zur Wand von einem Viertel der Wellenlänge. Bei 100 Hz bedeutet das ca. 0,85m, bei 250 Hz ca. 0,34m und bei 1000Hz ca. 0,085m.<sup>34</sup>

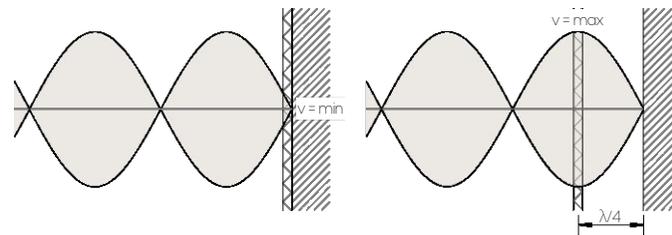


Abb. 41: Absorberabstand und Teilchengeschwindigkeit

Im Gegensatz zu porösen Absorbieren wandeln Resonanzabsorber die Schallenergie nicht direkt in Wärmeenergie. Zumeist werden dünne, schwingfähige Platten - aus unter anderem Sperrholz, Metall, Gipskarton oder auch Glas - vor einem abgeschlossenen Luftvolumen befestigt. Durch die auftreffende Schallenergie werden sie in Schwingung versetzt und anschließend durch das Luftvolumen gedämpft. Am besten wirken Resonanzabsorber dann, wenn sie besonders gut mitschwingen können, was in der Regel bei tiefen Frequenzen der Fall ist. Voraussetzung für

Plattenschwinger ist die Biegesteifigkeit des Materials, die ein Schwingen ermöglicht. Weitere Kriterien sind die Größe der Platten, die Befestigung und das eingeschlossene Luftvolumen. Gedämpfte Resonanzabsorber, bei denen im Luftvolumen poröse Materialien eingebracht werden, wirken breitbandiger, die Absorption nimmt im Gegenzug im Maximum etwas ab. Wird die Platte perforiert ausgeführt, spricht man von Lochplattenschwingern. Durch die geringere Masse lassen sich höhere Frequenzen absorbieren.<sup>33</sup>

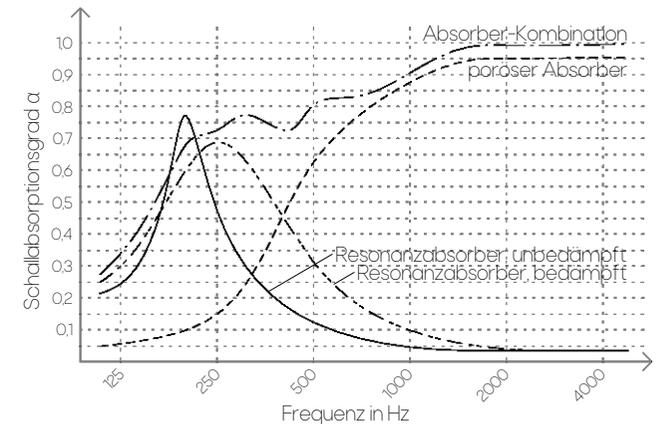


Abb. 42: Schallabsorptionsgrad verschiedener Absorber

### Äquivalente Absorptionsfläche

Die bereits zuvor bei der Nachhallzeit erwähnte äquivalente Absorptionsfläche  $A$  eines Raumes ist jene hypothetische, vollkommen absorbierende Fläche, mit einem Absorptionsgrad  $\alpha = 1$ , welche benötigt wird, um die Nachhallzeit des aktuellen Raumes zu erreichen, wenn sämtliche andere Oberflächen im Raum reflektierend sind.<sup>33</sup> Berechnet wird sie aus der Summe aller Begrenzungsflächen  $S$  multipliziert mit ihren Absorptionsgraden  $\alpha_s$ , der Summe der Absorptionsflächen der im Raum befindlichen Objekte  $A_{obj}$ , der Summe der Absorptionsgrade der Objektanordnung  $\alpha_o$ , multipliziert mit den entsprechenden Oberflächen  $S$ , sowie der Dämpfung der Luft  $A_{air}$ , mit folgender Formel, gemäß EN 12354-6:2003:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{s,i} \times S_i + \sum_{j=1}^o A_{obj,j} + \sum_{k=1}^p \alpha_{s,k} \times S_k + A_{air}$$

In der Praxis wird die Objektanordnung nur selten angewandt, da diese bereits als Objekt oder in den einzelnen absorbierenden Flächen berücksichtigt wird. Die äquivalente Absorptionsfläche der Luft  $A_{ar}$  berechnet sich aus:  $A_{ar} = 4 \cdot m \cdot V \cdot (1-\Psi)$ .  $V$  ist dabei das Volumen des leeren Raumes,  $\Psi$  das Volumen der Objekte im Raum und  $m$  der Leistungsdampfkoeffizient in Luft, welcher aus Tabelle 3 entnommen wird.<sup>35</sup>

	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10°C, 30-50% rF	0,1	0,2	0,5	1,1	2,7	9,4	29,0
10°C, 50-70% rF	0,1	0,2	0,5	0,8	1,8	5,9	21,1
10°C, 70-90% rF	0,1	0,2	0,5	0,7	1,4	4,4	15,8
20°C, 30-50% rF	0,1	0,3	0,6	1,0	1,9	5,8	20,3
20°C, 50-70% rF	0,1	0,3	0,6	1,0	1,7	4,1	13,5
20°C, 70-90% rF	0,1	0,3	0,6	1,1	1,7	3,5	10,6

Tab. 07: Dämpfungskoeffizient in Luft in Abhängigkeit der Frequenz in  $10^{-3}$  Neper/Meter nach EN 12354-6:2003

### Mittlerer Schallabsorptionsgrad

Für Pausenräume, Gänge und Turnsäle gibt es keine Angaben zur optimalen Nachhallzeit. Vielmehr steht hier die Lärminderung im Vordergrund. In der ÖNORM B 8115-3:2005 werden deshalb Mindestanforderungen an den mittleren Schallabsorptionsgrad angegeben. Der mittlere Schallabsorptionsgrad berechnet sich nach ÖNORM B 8115-1:2011 aus der gesamten äquivalenten Absorptionsfläche  $A$  eines Raumes, bezogen auf die Summe der Raumbegrenzungsflächen  $S$ :

$$\alpha_m = A / \Sigma S$$

	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_m$ in eingerichteten Räumen	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30
$\alpha_m$ in Räumen mit geringer Einrichtung	0,20	0,25	0,25	0,25	0,20
$\alpha_{mB}$ für Raumbegrenzungsflächen	0,20	0,25	0,25	0,25	0,20

Tab. 08: Mindestwerte für den mittleren Schallabsorptionsgrad  $\alpha_m$  für Gänge und Pausenräume nach ÖNORM B 8115-3:2005

### Raumgeometrie und Absorberanordnung

Bereits in der Planungsphase kann mit der richtigen Raumform und -größe die Grundlage für eine gute Raumakustik geschaffen und Fehlerquellen minimiert werden. Schon bei der Kubatur gibt es Richtwerte, welche das Erreichen der gewünschten Nachhallzeit erleichtern. In der deutschen Norm DIN 18041 werden dazu Volumenkenzzahlen für die verschiedenen Nutzungen der Räume definiert. Sie berücksichtigen die ohnehin im Raum befindlichen Menschen als Absorber und geben an, wie viel Kubikmeter Luft pro Person zur Verfügung stehen sollte. Unterschieden werden können vier Größenordnungen. Geringe Volumenkenzzahlen von 3-4m<sup>3</sup> bedeuten eine hohe Absorption durch die anwesenden Personen, speziell bei hohen und mittleren Frequenzen, was nur noch Tiefenabsorber notwendig macht. Zu beachten gilt es, dass es deutliche Unterschiede der Akustik zwischen besetztem und unbesetztem Zustand gibt. Bei mittleren Volumenkenzzahlen von 4-6m<sup>3</sup> sind in der Regel zusätzlich zu den Tiefenabsorbern weitere Absorber in geringem Ausmaß für mittlere und hohe Frequenzen nötig. Hohe Volumenkenzzahlen von 6-8m<sup>3</sup> benötigen bereits Absorber für alle Frequenzbereiche. Die Absorption der Menschen dominiert hier nicht mehr. Bei mehr als 8m<sup>3</sup> ist von sehr hohen Volumenkenzzahlen die Rede. Der Einfluss der Menschen auf die Nachhallzeit ist als nachrangig zu betrachten. Die in der DIN 18041 angegebenen Volumenkenzzahlen sind für Sprachdarbietung 4-6m<sup>3</sup>, für Musik- und Sprachdarbietung 6-8m<sup>3</sup> und für reine Musikdarbietung 7-12m<sup>3</sup>.<sup>35</sup>

Neben dem Raumvolumen spielt die Raumform eine zentrale Rolle. Grundsätzlich kann mit entsprechend hohem Aufwand beinahe jeder Raum akustisch optimal gestaltet werden. Eine akustisch perfekte Raumform gibt es nicht, jedoch gilt der Quader und Kombinationen aus diesem als einfach in der Planung. Es gibt aber auch Raumformen, welche als ungünstig angesehen werden können. So fördern

Kugelausschnitte, Kuppeln, elliptische oder kreisförmige Schnitte starke akustische Fokussierungen, ähnlich einem Brennpunkt in der Optik.<sup>35</sup> Parallele Begrenzungsflächen neigen zu Mehrfachreflexionen, der Schall „pendelt“ an einem bestimmten Punkt zwischen den Flächen hin und her. Diese sogenannten Flatterechos lassen sich durch leichtes Schrägstellen einer Fläche, und damit einhergehend der Auflösung der Parallelität, vermeiden.<sup>35,36</sup>

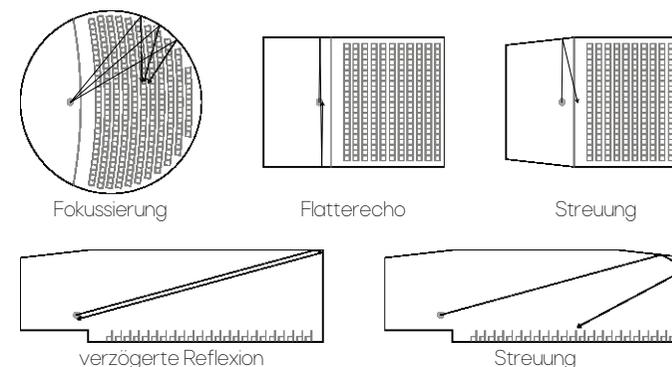


Abb. 43: Fokussierung, Flatterecho und Vermeidung von Echos

Auch das anbringen von Absorbern oder Oberflächenstrukturen beugt bei richtiger Positionierung Flatterechos vor. Durch die dreidimensionale Wirkung des Schalls werden sie idealerweise gleichmäßig in allen drei Raumrichtungen, jedoch mindestens zweien, verteilt. Auch wenn die gewünschte Nachhallzeit nur mit einer absorbierenden Decke erreicht werden würde, sollten die Absorber aufgeteilt und auch an den Wänden angebracht werden, um unerwünschte Reflexionen zu vermeiden. Besonders in großen Räumen, die für Vorträge oder Aufführungen ohne Beschallungsanlage genutzt werden, ist jedoch darauf zu achten, dass frühe Reflexionen ermöglicht werden, um vor allem die Verständlichkeit auf den hinteren Plätzen zu gewährleisten. An der Decke mittig angeordnete Absorber sind deshalb, ebenso wie schallabsorbierende Flächen hinter einem Sprecher, kontraproduktiv.<sup>35,36</sup>

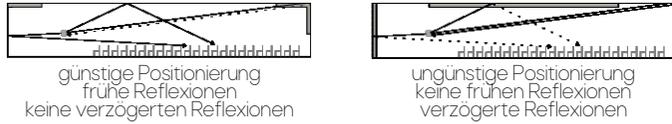


Abb. 44: Anordnung von Absorber

Auch die Raumabmessungen und deren Verhältnis zueinander können die Raumakustik stark beeinflussen. Treffen Schallwellen an eine Begrenzungsfläche, werden sie reflektiert und mit der reflektierten Welle überlagert. Es entstehen Interferenzen, also Verstärkungen und Auslöschungen. Problematisch dabei sind stehende Wellen, auch Raummoden genannt.<sup>37</sup> Sie treten bei Frequenzen auf, deren halbierte Wellenlänge, oder ein Vielfaches davon, mindestens einer Raumabmessung entspricht. Diese Frequenzen werden Eigenfrequenzen eines Raumes genannt.<sup>38</sup> Durch die gleichbleibende Lage im Raum treten auch Auslöschungen und Verstärkungen an fixen Positionen auf. Das führt dazu, dass bestimmte Frequenzen an festen Positionen im Raum gar nicht und an anderen bis zu doppelt so laut wahrgenommen werden.<sup>37</sup>

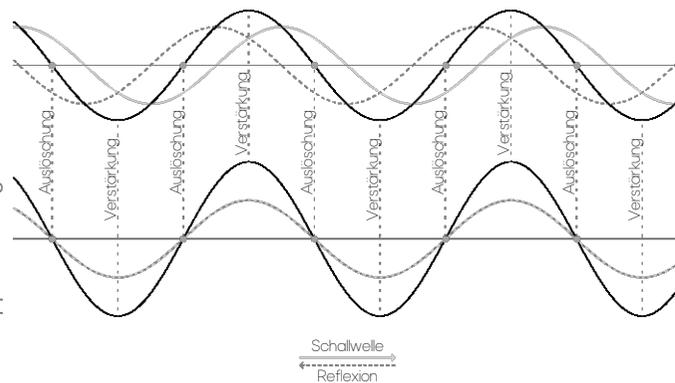


Abb. 45: Raummoden

Je größer der Raum, desto mehr verschieben sich die Eigenfrequenzen in den tiefen Frequenzbereich und verlieren an Bedeutung. Besonders stark treten Eigenfrequenzen in Räumen auf, deren Raumdimen-

sionen Vielfache von einander sind. Zum Beispiel in einem Raum, der doppelt so lang wie breit ist. Deshalb sollten sich die Abmessungen um mindestens 10% von ganzzahligen Vielfachen unterscheiden.<sup>39</sup> Ab einer bestimmten Frequenz sind ausreichend viele Eigenfrequenzen vorhanden, sodass das Schallfeld nicht mehr von einzelnen Raummoden geprägt wird. Diese Frequenz wird Grenzfrequenz genannt und lässt sich mit folgender Formel berechnen:

$$f_g = 2000 \sqrt{\frac{T}{V}}$$

Sie ist abhängig von der Nachhallzeit T und dem Raumvolumen V.<sup>31</sup>

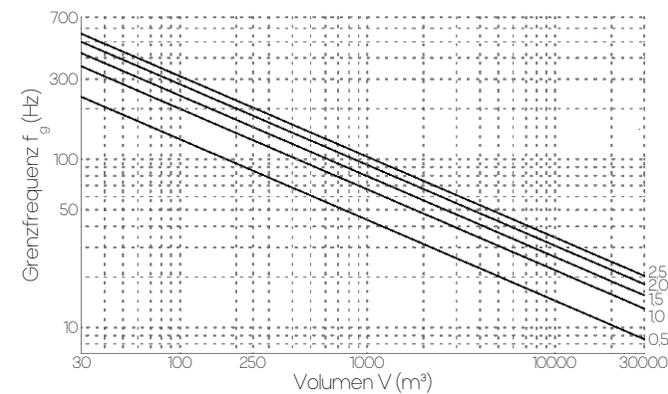


Abb. 46: Grenzfrequenzen für T = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 und 2,5s

### Planungsablauf

Bei der Planung von raumakustischen Maßnahmen ist zwischen Neuplanung und der Optimierung eines bestehenden Raumes zu unterscheiden.<sup>38</sup>

Eine Neuplanung kann naturgemäß noch keine Messwerte liefern. Die Notwendigkeit raumakustischer Maßnahmen und die Auswirkung solcher werden durch Berechnungen und/oder digitale und physikalische Modelle ermittelt. Idealerweise wird von Beginn der Planung an ein Raumakustikplaner mit einbezogen. Zuerst müssen die architektonischen

Wünsche und Anforderungen geklärt werden. Stehen Raumform, Gliederung durch Fenster und Türen und Materialien fest, können Zielwerte für die Nachhallzeit formuliert werden. Neben den Werten der ÖNORM B 8115-3 können hier auch subjektive Wünsche und Erfahrungen mit einfließen. Durch die zuvor festgelegten Flächen und Materialien werden nun für die Oktavbänder von 125Hz bis 4kHz, unter Berücksichtigung der jeweiligen Schallabsorptionsgrade der Materialien, Einrichtung (wenn akustisch wirksam), Menschen sowie der Luft die äquivalenten Absorptionsflächen und in weiterer Folge die Ist-Nachhallzeiten berechnet. Unter Berücksichtigung der in Abbildung 18 und 19 angegebenen Toleranzbereiche werden die verbesserungswürdigen Frequenzbereiche ersichtlich. Anhand der errechneten Werte können gezielt die richtigen Maßnahmen gewählt werden. Anschließend wird die Berechnung zur Überprüfung der Wirksamkeit und der Einhaltung der zuvor festgelegten Nachhallzeiten wiederholt. Ist das Ergebnis zufriedenstellend, werden der Planungsvorgang dokumentiert und Empfehlungen zu raumakustischen Maßnahmen ausgesprochen.<sup>38</sup>

Zur Optimierung bestehender Räume ist es hilfreich Messwerte der Ist-Situation zu erfassen. Eine Planung ohne Messwerte, wie im Neubau, ist in der Regel nie so genau, wie eine messwertbasierte Planung, die gezielt auf die vorherrschenden Bedingungen und Probleme reagieren kann. Ähnlich wie in der Neuplanung werden zuerst Soll-Werte definiert und anschließend die geplanten Maßnahmen rechnerisch überprüft. Abgeschlossen wird der Planungsvorgang ebenfalls durch die Dokumentation.<sup>38</sup>





# Quellen

## Literatur

Hajós, G. und Benesch, E. (1990) *Dehio-Handbuch - Die Kunst-  
denkmäler Österreichs: Niederösterreich nördlich der Donau*.  
Verlag Anton Schroll

Mommertz E. und Müller-BBM (2008) *Detail Praxis: Akustik und  
Schallschutz - Grundlagen, Planung, Beispiele*. Edition Detail

Nocke, C. (2019) *Raumakustik im Alltag - Hören, Planen,  
Verstehen*. Fraunhofer IRB Verlag

Prihoda, I. (1975) *Festschrift zur Eröffnung des Waldland-Hallen-  
bades Horn 1975*. Horn: Selbstverlag der Stadtgemeinde Horn

Rabl, E. (1995) 600 Jahre Bürgerspital in Horn: Historische Streif-  
lichter zur jüngeren Entwicklung. In Stiftung Bürgerspital zu Horn  
(Hrsg.), *600 Jahre Stiftung „Bürgerspital zu Horn“*. Horn: Selbst-  
verlag der Stiftung Bürgerspital zu Horn

Reingrabner, G. (2011) *Horn, die Stadt und ihre Mauer*. Horn:  
Selbstverlag der Stadtgemeinde Horn

Roloff A./Bonn S./Gillner S. (oD). *Klimawandel und Baumarten-  
wahl in der Stadt - Entscheidungsfindung mit der Klima-Arten-  
Matrix (KLAM)*. Institut für Forstbotanik und Forstzoologie der TU  
Dresden. [Forschungsbericht].

## Internetquellen

ACO GmbH (oD.) *Das ACO Baukastensystem für die Schwammstadt.* [https://www.aco.at/fileadmin/standard/aco-at/10\\_FreePages/Green\\_City/Dokumente/ACO\\_Klimaretter-Stadtbaum-Schwammstadt-Prospekt\\_AD.pdf](https://www.aco.at/fileadmin/standard/aco-at/10_FreePages/Green_City/Dokumente/ACO_Klimaretter-Stadtbaum-Schwammstadt-Prospekt_AD.pdf)

Arbeitsgruppe Schwammstadt (GesnbR) (oD.) *Die Herausforderungen.* <https://www.schwammstadt.at/herausforderungen>

Arbeitsgruppe Schwammstadt (GesnbR) (oD.) *Das Schwammstadt-Prinzip für Bäume.* <https://www.schwammstadt.at/>

Arbeitsgruppe Schwammstadt (GesnbR) (oD.) *Die Tatsachen.* <https://www.schwammstadt.at/tatsachen>

Böhnisch, J. (oD.) *Was sind Raummoden und was kannst du dagegen tun?* Hofa Akustik <https://hofa-akustik.de/post/was-sind-raummoden-und-was-kannst-du-dagegen-tun/>

BuGG Bundesverband GebäudeGrün e. V. (Hrsg.) (2018) *Grüne Innovation Fassadenbegrünung.* [https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Fassadenbegrueung/BuGG\\_Gruene\\_Innovation\\_Fassadenbegrueung\\_2023.pdf](https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Fassadenbegrueung/BuGG_Gruene_Innovation_Fassadenbegrueung_2023.pdf)

Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz. (oD.) *GALK-Strassenbaumliste.* <https://galk.de/arbeitskreise/stadtbaeume/themenuebersicht/strassenbaumliste/galk-strassenbaumliste>

Gedächtnis des Landes. (oD.) *Ort Horn.* <https://www.gedaechtnisdeslandes.at/orte/action/show/controller/Ort/ort/horn.html>

GeoSphere Austria (oD.) *Starkniederschlag.* <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/standpunkt/klimazukunft/alpenraum/starkniederschlag>

Horn.gvat. (oD.) *Daten und Fakten.* <https://horn.gvat.de/ueber-horn/daten-und-fakten/>

MA22 - Wiener Umweltschutzabteilung - Bereich Räumliche

Entwicklung & ÖkoKauf Wien - Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume (Hrsg.) (2019) *Leitfaden Fassadenbegrünung.* <https://www.digitalwienbibliothek.at/wbrup/download/pdf/3559573?originalFilename=true>

Statistik Austria. (11.2021) *Bevölkerungsstand und -struktur.* [Datensatz]. <https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109>

Statistik Austria (11.10.2021) *Abgestimmte Erwerbsstatistik 2019 - Erwerbs- und Schulpendler/-innen nach Entfernungskategorie.* [Datensatz]. <https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109>

Trikustik. (oD.) *Wissen.* <https://www.trikustikat/wissen/>

Vertiko GmbH (oD.) *Kletterpflanzen.* <https://www.xn--fassadenbegrueung-polygrn-6scl.de/kletterpflanzen>

## Normen

DIN 18041, März 2016, *Hörsamkeit in Räumen - Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung*

DIN EN 12354-6, April 2004, *Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 6: Schallabsorption in Räumen; Deutsche Fassung EN 12354-6:2003*

DIN EN 61672-1, Juli 2014, *Elektroakustik - Schallpegelmesser - Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1:2013); Deutsche Fassung EN 61672-1:2013*

DIN ISO 226, April 2006, *Akustik - Normalkurven gleicher Lautstärkepegel (ISO 226:2003)*

ÖNORM B 8115-1, Juni 2011, *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 1: Begriffe und Einheiten*

ÖNORM B 8115-3, November 2005, *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 3: Raumakustik*

Abb. 03	<i>Gemeinde Horn</i> Eigene Darstellung Google Earth Pro (o.D.) Luftaufnahme vom 10.01.2019	-	Gedächtnis des Landes. (o.D.). <i>Ort Horn</i> . <a href="https://www.gedaechtnisdeslandes.at/orte/action/show/controller/Ort/ort/horn.html">https://www.gedaechtnisdeslandes.at/orte/action/show/controller/Ort/ort/horn.html</a>	Google Earth Pro (o.D.) Luftaufnahme abgerufen am 28.10.2022
Abb. 04+05	<i>Gemeinde Horn in Zahlen</i> Eigene Darstellung Statistik Austria. (o.D.) <i>Übernachtungen</i> [Datensatz]. <a href="https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109">https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109</a> Statistik Austria. (o.D.) <i>Beherbergungsbetriebe und Gästebetten in der Wintersaison</i> [Datensatz]. <a href="https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109">https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109</a> Statistik Austria. (28.5.2021) <i>Bevölkerungsstand und -struktur 01012021</i> [Datensatz]. <a href="https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109">https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109</a> Statistik Austria. (o.D.) <i>Beherbergungsbetriebe und Gästebetten in der Sommersaison</i> [Datensatz]. <a href="https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109">https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109</a> Statistik Austria. (8.10.2021) <i>Abgestimmte Erwerbsstatistik 2019 - Bevölkerung nach Erwerbsstatus; Erwerbstätige nach Stellung im Beruf und wirtschaftlicher Zugehörigkeit</i> [Datensatz]. <a href="https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109">https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109</a> Statistik Austria. (11.10.2021) <i>Abgestimmte Erwerbsstatistik 2019 - Erwerbs- und Schulpendler/-innen nach Entfernungskategorie</i> [Datensatz]. <a href="https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109">https://www.statistik.at/blickgem/gemDetail.do?gemnr=31109</a>	-	Hornrvat. (o.D.) <i>Stadtportrait</i> . <a href="https://hornrvat.de/ueber-horn/stadtportrait/">https://hornrvat.de/ueber-horn/stadtportrait/</a> Kamptalbahn (o.D.) <i>Geschichte</i> . <a href="http://www.kamptalbahn.at/wissenwertes/geschichte/">http://www.kamptalbahn.at/wissenwertes/geschichte/</a> Reingrabner, G. (2011) <i>Horn, die Stadt und ihre Mauer</i> . Stadtgemeinde Horn	Abb. 15+16 <i>Infrastruktur Projektgebiet 1:1000</i> Eigene Darstellung Google Earth Pro (o.D.) Luftaufnahme abgerufen am 28.10.2022
Abb. 06+07	<i>Zeitstrahl Stadtgeschichte Horn</i> Eigene Darstellung Eppel, F. (1989) <i>Horn</i> . In <i>Das Waldviertel - Seine Kunstwerke, historischen Lebens- und siedlungsformen</i> . (9., neu bearbeitete Auflage). Verlag St. Peter, Salzburg	Abb. 08	<i>Kupferstich 1656 von Merian</i> Merian, C. ([mezi 1656 a 1763]), <i>Horn</i> . Matthaei Merians Seel. Erben <a href="http://mapymzk.cz/mzk03/001/043/519/2619265835_06022022">http://mapymzk.cz/mzk03/001/043/519/2619265835_06022022</a>	Abb. 18 <i>Verkehr Altstadt 1:2500</i> Eigene Darstellung Google Earth Pro (o.D.) Luftaufnahme abgerufen am 28.10.2022
		Abb. 09	<i>Stadtentwicklung</i> Eigene Darstellung Andraschek-Holzer, R. (2006) <i>Horn</i> . In Wiener Stadt- und Landesarchiv, Ludwig Boltzmann Institut für Stadtgeschichtsforschung, Österreichischer Arbeitskreis für Stadtgeschichtsforschung (Hrsg.), <i>Österreichischer Städteatlas, 9. Lieferung</i>	Abb. 19 <i>Parkplatzsituation Altstadt 1:2500</i> Eigene Darstellung Google Earth Pro (o.D.) Luftaufnahme abgerufen am 28.10.2022
		Abb. 10	<i>Übersicht Horn</i> Eigene Darstellung Google Earth Pro (o.D.) Luftaufnahme vom 10.01.2019	Abb. 21 <i>Lage Musik- und Volkshochschule 1:1000</i> Eigene Darstellung Google Earth Pro (o.D.) Luftaufnahme abgerufen am 28.10.2022
		Abb. 11	<i>Öffentliche Einrichtungen</i> Eigene Darstellung Google Earth Pro (o.D.) Luftaufnahme abgerufen am 28.10.2022	Abb. 23 <i>Lage Uniqa-Gebäude 1:1000</i> Eigene Darstellung Google Earth Pro (o.D.) Luftaufnahme abgerufen am 28.10.2022
		Abb. 12	<i>Gastronomie und Unterkünfte</i> Eigene Darstellung Google Earth Pro (o.D.) Luftaufnahme abgerufen am 28.10.2022	Abb. 25 <i>Lage EVN-Gebäude 1:1000</i> Eigene Darstellung Google Earth Pro (o.D.) Luftaufnahme abgerufen am 28.10.2022
		Abb. 13+14	<i>Projektgebiet 1:1000</i> Eigene Darstellung	Abb. 26+27 <i>Materialkonzept</i> Eigene Darstellung Abel Metalsysteme GmbH & Co. KG (o.D.) <i>Geländersystem Lamina</i> <a href="https://www.abelsysteme.de/produkte/gelaendersysteme/gelaendersystem-lamina.html">https://www.abelsysteme.de/produkte/gelaendersysteme/gelaendersystem-lamina.html</a> Architektur Büro WALL (o.D.) <i>Cameo Moscow Villas</i> <a href="https://walh.net/project/17villas.htm#">https://walh.net/project/17villas.htm#</a>

-	Architonic (o.D.) <i>Forster thermfix vario</i> <a href="https://www.architonic.com/de/product/forster-profile-systems-forster-thermfix-vario-pfostenriegel-fassade/1308583">https://www.architonic.com/de/product/forster-profile-systems-forster-thermfix-vario-pfostenriegel-fassade/1308583</a>	-	national AG Stabalux GmbH (o.D.) <i>Treppenhäuser</i> <a href="https://www.stabalux.com/objekte/treppenhaeuser/">https://www.stabalux.com/objekte/treppenhaeuser/</a>	-	DIN ISO 226, April 2006, <i>Akustik - Normalkurven gleicher Lautstärkepegel (ISO 226:2003)</i>
-	Bescós R. (o.D.) <i>Jaizkibel Student Dormitory / Otxotorena Arquitectos</i> <a href="https://www.warchdaily.com/873096/jaizkibel-student-dormitory-otxotorena-arquitectos">https://www.warchdaily.com/873096/jaizkibel-student-dormitory-otxotorena-arquitectos</a>	-	Trespa International BV. (o.D.) <i>Pavillon de France</i> <a href="https://www.trespa.com/de_DE/inspiration/pavillon-de-france">https://www.trespa.com/de_DE/inspiration/pavillon-de-france</a>	Abb. 35	<i>A-Bewertungskurve nach EN 61672-1:2013</i> Eigene Darstellung
-	Carl Stahl ARC GmbH (o.D.) <i>X-TEND, I-SYS und GREENCABLE: Edelstahlseile und -netz für die Fassadenbegrünung</i> <a href="https://www.wais-online.de/firma/carl-stahl-arc/produktinformation/x-tend-i-sys-und-green-cable-edelstahlseile-und-netz-fuer-die-fassadenbegrueung/10071411/1/">https://www.wais-online.de/firma/carl-stahl-arc/produktinformation/x-tend-i-sys-und-green-cable-edelstahlseile-und-netz-fuer-die-fassadenbegrueung/10071411/1/</a>	-	Trikustik GesmbH (o.D.) <i>Perforationen</i> <a href="https://trikustikat/perforationen/">https://trikustikat/perforationen/</a>	-	Nocke, C. (2019) <i>Raumakustik im Alltag - Hören, Planen, Verstehen</i> . Fraunhofer IRB Verlag
-	Crosby P. (o.D.) <i>Eagle Ridge Student Housing</i> <a href="https://www.warchdaily.com/891208/eagle-ridge-student-housing-bvh-architecture">https://www.warchdaily.com/891208/eagle-ridge-student-housing-bvh-architecture</a>	Abb. 30	Unterrainer Metallgestaltung Schlosserei GmbH (o.D.) <i>Die designer Sitzbank 1034 Sitzfläche Esche gebürstet</i> <a href="https://www.ums-metal.de/produkte/sitzbank-1034-cortenstahl-aus-cortenstahl-58.htm">https://www.ums-metal.de/produkte/sitzbank-1034-cortenstahl-aus-cortenstahl-58.htm</a>	Abb. 36	EN 61672-1, Dezember 2013, <i>Elektroakustik - Schallpegelmesser - Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1:2013)</i>
-	FINDEISEN GmbH (o.D.) <i>Finett Feinwerk</i> <a href="https://hadelvies.de/product/40351/">https://hadelvies.de/product/40351/</a>	Abb. 30	<i>Schalwelle mit Verdichtungen und Verdünnungen</i> Eigene Darstellung	Abb. 37	<i>Laufweg- und Laufzeitdifferenz</i> Eigene Darstellung
-	GLA Design Studio (o.D.) <i>Siri House</i> <a href="https://www.gla.design/a-002-siri-house">https://www.gla.design/a-002-siri-house</a>	Abb. 31	<i>Frequenz, Wellenlänge, Tonhöhe</i> Eigene Darstellung	Abb. 38	<i>Optimale Nachhallzeiten nach ÖNORM B 8115-3:2005</i> Eigene Darstellung
-	h2c GmbH (o.D.) <i>mtextur</i> <a href="https://www.mtextur.com/">https://www.mtextur.com/</a>	Abb. 31	Mommertz E. und Müller-BBM (2008) <i>Detail Praxis: Akustik und Schallschutz - Grundlagen, Planung, Beispiele</i> . Edition Detail	Abb. 38	ÖNORM B 8115-3, November 2005, <i>Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 3: Raumakustik</i>
-	Hevia J. (o.D.) <i>Paseo Mallorca 15</i> <a href="https://ohlab.net/en/project/paseo-mallorca-15/">https://ohlab.net/en/project/paseo-mallorca-15/</a>	Abb. 32	<i>Wellenlänge und Frequenz von Luftschall</i> Eigene Darstellung	Abb. 39	<i>Toleranzbereich für Sprache, Kommunikation und Musikproberäume nach ÖNORM B 8115-3:2005</i> Eigene Darstellung
-	Knauf Gesellschafts m.b.H. (o.D.) <i>Akustik</i> <a href="https://www.knauf.at/unser-wissen-fuer-sie/akustik/">https://www.knauf.at/unser-wissen-fuer-sie/akustik/</a>	Abb. 32	<i>Wellenlänge und Frequenz von Luftschall</i> Eigene Darstellung	Abb. 39	ÖNORM B 8115-3, November 2005, <i>Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 3: Raumakustik</i>
-	Metallwerk Zürich AG (o.D.) <i>Balkonturm und Dachterrasse</i> <a href="https://www.met-all.ch/projekte/architektur/metallbau/terrassen/816-balkonturm-und-dachterrasse">https://www.met-all.ch/projekte/architektur/metallbau/terrassen/816-balkonturm-und-dachterrasse</a>	Abb. 33	<i>Frequenzbereiche von Instrumenten und Stimmen</i> Eigene Darstellung	Abb. 40	<i>Toleranzbereich für Musikaufführungen nach ÖNORM B 8115-3:2005</i> Eigene Darstellung
-	Schreyer D. (o.D.) <i>Bütze Wolfurt Primary School</i> <a href="https://www.warchdaily.com/947913/butze-wolfurt-primary-school-schenker-salvi-weber-architekten/5f627e6363c0179b58000376-butze-wolfurt-primary-school-schenker-salvi-weber-architekten-photo">https://www.warchdaily.com/947913/butze-wolfurt-primary-school-schenker-salvi-weber-architekten/5f627e6363c0179b58000376-butze-wolfurt-primary-school-schenker-salvi-weber-architekten-photo</a>	-	Mommertz E. und Müller-BBM (2008) <i>Detail Praxis: Akustik und Schallschutz - Grundlagen, Planung, Beispiele</i> . Edition Detail	Abb. 40	ÖNORM B 8115-3, November 2005, <i>Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 3: Raumakustik</i>
-	Schüco International AG (o.D.) <i>Schüco FW 50+ SG / FW 60+ SG - Ganzglasfassaden</i> . Schüco Inter-	Abb. 34	<i>Isophone nach ISO 226:2006-04</i> Eigene Darstellung	Abb. 41	<i>Absorberabstand und Teilchengeschwindigkeit</i> Eigene Darstellung
-					Mommertz E. und Müller-BBM (2008) <i>Detail Praxis:</i>

- Akustik und Schallschutz - Grundlagen, Planung, Beispiele.* Edition Detail
- Abb. 42 *Schallabsorptionsgrad verschiedener Absorber*  
Eigene Darstellung  
Nocke, C. (2019) *Raumakustik im Alltag - Hören, Planen, Verstehen.* Fraunhofer IRB Verlag
- Abb. 43 *Fokussierung, Flatterecho und Vermeidung von Echos*  
Eigene Darstellung  
Mommertz E. und Müller-BBM (2008) *Detail Praxis: Akustik und Schallschutz - Grundlagen, Planung, Beispiele.* Edition Detail
- Abb. 44 *Anordnung von Absorber*  
Eigene Darstellung  
- Mommertz E. und Müller-BBM (2008) *Detail Praxis: Akustik und Schallschutz - Grundlagen, Planung, Beispiele.* Edition Detail  
- Nocke, C. (2019) *Raumakustik im Alltag - Hören, Planen, Verstehen.* Fraunhofer IRB Verlag
- Abb. 45 *Raummoden*  
Eigene Darstellung  
Böhnisch, J. (o.D.) *Was sind Raummoden und was kannst du dagegen tun?*. Hofa Akustik. <https://hofa-akustik.de/post/was-sind-raummoden-und-was-kannst-du-dagegen-tun/>
- Abb. 46 *Grenzfrequenzen für  $T = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0$  und  $2,5s$*   
Eigene Darstellung  
Nocke, C. (2019) *Raumakustik im Alltag - Hören, Planen, Verstehen.* Fraunhofer IRB Verlag

Alle nicht angeführten Abbildungen, Pläne, Grafiken und Schaubilder:  
Pascal Hübinger





Tab. 01: *Schallabsorptionsgrad der verwendeten Materialien*  
Eigene Darstellung  
– FINDEISEN GmbH (o.D.) *Finett Dimension*  
*https://nadelvlies.de/finett-dimension/*  
– Odeon (1123 Combined) [Software], (2012) Odeon A/S. *https://odeon.dk/*  
– Nocke, C. (2019) *Raumakustik im Alltag - Hören, Planen, Verstehen*. Fraunhofer IRB Verlag  
– Trikustik GesmbH (o.D.) *Perforationen*  
*https://trikustikat/perforationen/*

Tab. 02: *Mindestwerte für den mittleren Schallabsorptionsgrad der Raumbegrenzungsflächen nach ÖNORM B 8115-3:2005*  
Eigene Darstellung  
ÖNORM B 8115-3, November 2005, *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 3: Raumakustik*

Tab. 03: *Mittlerer Schallabsorptionsgrade der Raumbegrenzungsflächen der Ausgangslage*  
Eigene Darstellung/Berechnung

Tab. 04: *Projektierte mittlere Schallabsorptionsgrade der Raumbegrenzungsflächen*  
Eigene Darstellung/Berechnung

Tab. 05: *Schallgeschwindigkeit verschiedener Materialien*  
Eigene Darstellung  
Nocke, C. (2019) *Raumakustik im Alltag - Hören, Planen, Verstehen*. Fraunhofer IRB Verlag

Tab. 06: *Schalldruck und Schalldruckpegel*  
Eigene Darstellung  
Mommertz E. und Müller-BBM (2008) *Detail Praxis: Akustik und Schallschutz - Grundlagen, Planung, Beispiele*. Edition Detail

Tab. 07: *Dämpfungskoeffizient in Luft in Abhängigkeit der Frequenz in  $10^{-3}$  Neper/Meter nach EN 12354-6:2003*  
Eigene Darstellung  
EN 12354-6, Dezember 2003, *Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 6: Schallabsorption in Räumen*

Tab. 08: *Mindestwerte für den mittleren Schallabsorptionsgrad  $\alpha_m$  für Gänge und Pausenräume nach ÖNORM B 8115-3:2005*  
Eigene Darstellung  
ÖNORM B 8115-3, November 2005, *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 3: Raumakustik*