

Haus der Musik Seiersberg-Pirka. Begegnung.



## Abstrakt

Die grundlegende Prämisse dieser Arbeit war, ein ganzheitliches Konzept für einen Neubau der Musikschule mit Räumlichkeiten für den Musikverein Seiersberg-Pirka zu schaffen. Ein über die Jahre, durch ein stetiges Wachsen jener und jenes, äußerst knapp gewordenen bestehenden Raumprogramm erforderte ein Handeln, welches schließlich mit fundamentalen Änderungen des Gemeindezentrums zusammenfiel und so eine Neuevaluierung der Gesamtsituation forderte und gleichzeitig die Chance eines Neubaus eröffnete. Einschränkungen in finanziellen Mitteln und ein Grundstück, dessen Bestimmungen noch nicht vollends durchgeplant waren, sorgten von Anfang an für Herausforderungen. Es galt ein Raumprogramm zu erstellen, welches alle Beteiligten zufrieden stellen konnte und gleichzeitig zukunftssicher und ökonomisch war. Immer mehr in den Fokus rückten die akustischen Anforderungen von Räumen für Musik, die oftmals viel zu gering in ihrer Wichtigkeit angenommen werden. Durch die Wünsche des Bauherrn stellte schließlich der Holzbau auch einen thematisierten Schwerpunkt dar, der auch in Hinblick auf die Akustik Besonderheiten erforderte und somit im theoretischen Teil der Arbeit weiter an Gewicht zunahm. Ein Thema, welches im Kontext des Projektes immer im Hinterkopf blieb, ist die Begegnung, die in jeder Hinsicht einen signifikanten Schwerpunkt bildete.

Danke an meine Familie, Freunde und meine Freundin Christa, die mir die Zeit gegeben haben,  
die diese Arbeit benötigt hat, und die mich in allen Aspekten unterstützt haben.



Michael Resch, BSc

**Haus der Musik Seiersberg-Pirka.  
Begegnung.**

**MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

Univ.-Prof. Dipl.-Arch. Dr.sc.ETH, Urs Leonhard Hirschberg

1610 Institut für Architektur und Medien

Graz, 05.2019

## EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

21.05.2019

Datum



Unterschrift

<b>1.</b>	<b>Der moderne Holzbau</b>	<b>8</b>
1.1.	Holz	8
1.2.	Holzarten	12
1.2.1.	Nadelhölzer	12
1.2.2.	Laubhölzer	14
1.2.3.	Wertezusammenfassung	17
1.2.4.	Resümee der Holzarten	18
1.3.	Ein Einblick in die Entwicklung des Holzbaues	19
1.4.	Materialität des modernen Holzbaues	29
1.4.1.	Holzwerkstoffe	29
1.4.2.	Verbundbauteile	30
1.5.	Holzbauweisen	31
1.5.1.	Massivbauweise	31
1.5.2.	Skelettbauweise	33
1.5.3.	Rahmenbauweise	34
1.5.4.	Mischformen	36
1.5.5.	Vorfertigung	36
1.5.6.	Resümee der Holzbauweisen	37
1.6.	Pleonasmus der Ökologie	37
1.7.	Planungsregeln zum Holzschutz	38
1.8.	Resümee des modernen Holzbaus	38
<b>2.</b>	<b>Projektakustik</b>	<b>40</b>
2.1.	Architekturakustik	41
2.1.1.	Bauakustik	42
2.1.2.	Raumakustik	49
2.2.	Akustische Planung	53
2.2.1.	Primärstruktur	53
2.2.2.	Sekundärkonstruktion	59

2.2.3.	Zusammenfassung Raumakustik	63
3.	Rahmenbedingungen und Projektentwicklung	64
3.1.	Das Bestandsgebäude	64
3.2.	Die Musikschule Seiersberg-Pirka	66
3.3.	Der Musikverein Seiersberg-Pirka	68
3.4.	Das Raumprogramm	72
3.5.	Situation im städtebaulichen Kontext	75
3.6.	Das neue Grundstück	76
3.7.	Projektentwicklung & Vorentwürfe	79
4.	Das Haus der Musik	85
4.1.	Konzeption	85
4.2.	Design	91
4.3.	Der Entwurf	92
5.	Literaturverzeichnis	114
6.	Darstellungsverzeichnis	117

## 1. Der moderne Holzbau

Der Schwerpunkt Holzbau kristallisierte sich relativ schnell für dieses Projekt heraus, denn dieser Baustoff wurde bereits zu Anfang von den Bauherren ins Auge gefasst. Als wiedergefundene Bauart hat dies viele Gründe, die maßgeblichen Einfluss auf das weitere Vorgehen haben und mit Sicherheit auch zukünftig nicht mehr außenvorgelassen werden können. Ein ökologischer Faktor spielt hier eine große Rolle, denn dieser nachwachsende Baustoff erlebt in der modernen Architektur eine wahre Renaissance. Mit modernen Vorfertigungsverfahren ist es möglich einen Holzbau äußerst ökonomisch auszuführen. Die Eigenschaften des Materials machen ein fundiertes Grundwissen nötig, ohne dem ein erfolgreicher Bau nicht möglich ist, weshalb auf das Material selbst auch eingegangen wird. Moderne Materialien auf der Basis von Holz können jedoch viele Eigenheiten und Schwächen dieses natürlichen Baustoffes negieren, was jedoch nicht heißen soll, dass diese nicht näher behandelt werden müssen. Somit beschäftigt sich dieses Kapitel mit den Grundeigenschaften von Holz und schließlich mit dem Holzbau selbst. Grundsätzlich ist aber Architektur nie, und das gilt besonders für den Holzbau, ein solistisches Konzert, sondern immer eine Sinfonie an Materialität, Technologien und Wissen ... eine Art „Begegnung“.

### 1.1. Holz

Der Einsatz von Holz im Bauwesen ist stark geprägt von dessen spezifischen Materialeigenschaften, die es zu analysieren gilt. Generell kann man diese in physikalische, biologische und chemische Eigenschaften einteilen, wobei projektbezogen die physikalischen im Vordergrund stehen, da diese für ihre generelle Eignung ausschlaggebend.

Da Holz ein natürlicher und organischer Baustoff ist, werden dessen Eigenschaften von unzähligen Faktoren beeinflusst. Zusammengefasst sind diese die Vorgeschichte, Umweltbedingungen und der strukturelle Aufbau, was zu einer erheblichen Streuung führt und somit relativ große Toleranzen impliziert werden. Als Orientierungswerte der Streuung gelten bei Vollholz für die Rohdichte 10%, Biegefestigkeit 16%, E-Modul 22% und Bruchschlagarbeit 30%, wobei man stark vereinfacht von einem orthotropen und inhomogenen Material mit radialer, tangentialer und Längsachse sprechen kann.<sup>1</sup>

#### Hygroskopizität

Entgegen wahrscheinlich häufigsten Auffassung, ist die wichtigste Holzeigenschaft dessen Hygroskopizität, also Luftfeuchtigkeitsabsorption oder -desorption, die durch das kapillarporöse System des Holzes entsteht. Man kann hier zwischen drei Grenzzuständen unterscheiden, die darrtrocken, wenn kein Wasser vorhanden ist, fasergesättigt, eine Sättigung des zellulären Mikrosystems von 28-32%, und wassergesättigt, bei maximaler Holzfeuchte 31-770%, sind und von der Holzart bestimmt werden. Durch einen Hysterese-Effekt unterscheidet sich die Desorption von der niedrigeren Absorption um etwa 1-2%, finden jedoch bis zu einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100% statt, da dann der Fasersättigungsbereich erreicht wird. Die Aufnahme von Wasser ist abhängig von der Richtung der Fasern und radial wesentlich höher als tangential.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vgl. Wagenführ/Scholz 2012, 76.

<sup>2</sup> Vgl. Ebda, 77-82.

Folgen der Wasseraufnahme sind Dimensionsänderungen, namentlich das Quellen und Schwinden, und bei Überschreiten der Fasersättigung sogar Volumenänderungen. Wieder faserrichtungsabhängig kommt es bei Aufnahme von Feuchte zum Quellen und bei Abgabe zum Schwinden, was in der Faserrichtung jedoch gering ausfällt. Eine 10-20fache Veränderung im Vergleich zur Längsrichtung findet radial statt und tangential sind es sogar 15-30fache, was ein Verziehen des Holzes hervorruft. Hier bestehen große Unterschiede nach Holzart, aber eine höhere Rohdichte bedeutet auch eine stärkeres Quellverhalten, welches aber durch eine Wärmebehandlung reduziert werden kann. Ein Verhindern dieses Verhaltens führt zu inneren Spannungen, die in Verformungen und schließlich Rissen kulminieren können. Des Weiteren können dichteabhängige und faserabhängige Quelldrücke zu Schäden in angrenzenden Bauteilen führen. Um eine Feuchtigkeitsaufnahme zu verhindern können Beschichtungen der Oberfläche eingesetzt werden.<sup>3</sup> Die Wichtigkeit der Holzfeuchte gilt es hier nochmals zu unterstreichen, da diese alle Holzeigenschaften stark beeinflusst. Mit deren Zunahme sinkt die Festigkeit, während die Wärmeleitfähigkeit und die Pilzanfälligkeit steigen.<sup>4</sup> Resultierend daraus ist die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen gegenüber Feuchtigkeit und sollten diese nicht ausreichen, die Ermöglichung des Holzes zu „atmen“ und selbst für einen Feuchtigkeitsausgleich zu sorgen.

## Dichte

Ein für Akustik sehr wichtiger Punkt, der in einem späteren Kapitel näher behandelt wird, die Dichte, hängt bei Holz von Art und Feuchte ab. Die Reindichte von Holz beträgt für alle Arten  $1500\text{kg/m}^3$ , jedoch variiert die Darrdichte sehr stark, von  $100\text{kg/m}^3$  bei Balsa bis  $1200\text{kg/m}^3$  bei Pockholz. Weitere wichtige Werte sind die, bei Normalklima, also  $20^\circ\text{C}$ , und 65% relativer Luftfeuchtigkeit, Normal-Rohdichte (zumeist circa 12%) und die Raumdichtezahl, die sich aus der darrtrockenen Masse zum maximal gequollenen Volumen errechnet.<sup>5</sup> Gerade im Schallschutz und um Schall reflektieren zu können, ist eine Mindestdichte erforderlich, welche somit den Einsatz gewisser Holzarten ausschließt.

## Thermische Eigenschaften

Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  von Holz steigt mit zunehmender Rohdichte sowie Holzfeuchte und ist in Faserrichtung doppelt so groß wie normal darauf. Die spezifische Wärmekapazität ist nur geringfügig von der Holzart abhängig und beträgt im darrtrockenen Zustand circa  $1300\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  und steigt mit der Feuchte auf bis zu  $2800\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , was im Vergleich mit anderen Baustoffen sehr hoch ist und somit in Kombination mit der niederen Wärmeleitzahl einen klaren Vorteil darstellt. Verglichen mit dem Schwind- und Quellverhalten sind Wärmeausdehnungen im Holz sehr gering, können aber zum Beispiel bei großflächigen Parketten durchaus problematisch werden. So betragen diese nach je nach Art in Faserrichtung von  $3.15\cdot 10^{-6}$  bis  $4\cdot 10^{-6}\text{m}/(\text{m}\cdot\text{K})$  und senkrecht zu jener  $16\cdot 10^{-6}$  bis  $40\cdot 10^{-6}\text{m}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , wobei sie radial etwas geringer als tangential ist.

Der Zündpunkt von Holz, welches brennbar ist, liegt bei  $330$  bis  $350^\circ\text{C}$ , wobei der Brennpunkt bei  $260$  bis  $290^\circ\text{C}$  beträgt und dessen Staub bei der Verarbeitung hoch explosiv sein kann. Mit steigender Rohdichte kommt Holz auf Heizwerte von  $15$  bis  $17\text{MJ/kg}$ .

Die Festigkeit von Holz sinkt mit steigender Temperatur, wobei bei  $100^\circ\text{C}$  die Vergleichswerte von  $20^\circ\text{C}$  für Biegefestigkeit auf 72%, für Zugfestigkeit auf 92% und für Druckfestigkeit auf 56% sinken. Positiv wirken sich hier die geringe Ausdehnung des Holzes und Leitung der Wärme, ebenso wie das Entstehen einer Holzkohleschicht im Randbereich für große Querschnitte aus, die so den Feuerwiderstand verbessern.

<sup>3</sup> Vgl. Wagenführ/Scholz 2012, 82-84.

<sup>4</sup> Vgl. Ebda, 84.

<sup>5</sup> Vgl. Bühler 2008, 17f.

Im Gegensatz zu nicht brennbaren Baustoffen, wie Stahl, der sich ausdehnt und seine Festigkeit verliert, kommen große Holzquerschnitte im Inneren auf höchstens 100°C und büßen kaum an Festigkeit, sowie folgend an Tragfähigkeit, ein.<sup>6</sup>

Grundsätzlich ist Holz ein guter elektrischer Isolator, jedoch verschlechtert sich der elektrische Widerstand mit zunehmender Holzfeuchte drastisch.<sup>7</sup>

Die Schallausbreitung im Holz wird durch Rohdichte, Faserlänge und Schnittrichtung beeinflusst, was alles Parameter des E-Moduls beziehungsweise des Schubmoduls sind, was die Bestimmung jenes ermöglicht und wirken sich auf die Schallgeschwindigkeit aus. Auf letztere hat die Richtung genauso wie der Winkel einen großen Einfluss und sie sinkt mit Erhöhung von Holzfeuchte und Temperatur.<sup>8</sup>

Die Dauerhaftigkeit von Holz ist unter optimalen Bedingungen unbegrenzt, jedoch wirken hier Faktoren wie Klima, mechanische Vorbeanspruchung, aggressive Medien und biotische reduzierend ein. Eine relativ gute Beständigkeit hat Holz gegenüber chemischen Beanspruchungen.<sup>9</sup>

Wie schon zuvor erwähnt ist Holz orthotrop, was sich auch in Bezug auf dessen Festigkeit und Elastizität widerspiegelt.<sup>10</sup> Wieder auf die Feuchtaufnahme von Holz zurückzuführen ist auch die Festigkeit von Holz, die mit zunehmender Feuchte abnimmt. Bei einer Zunahme von 10% verliert Holz mit zuvor 10% Feuchte 60% an Druckfestigkeit, 30% an Zugfestigkeit und 40% der Biegefestigkeit.<sup>11</sup>

## Mechanische Eigenschaften

Die Anisotropie von Holz hat auch auf die mechanischen Eigenschaften starken Einfluss, welcher durch den strukturellen Aufbau bestimmt wird. Dieser besteht aus Faserbündeln entlang der Stammachse, der somit stark variierende Eigenschaften parallel und normal zur Faserrichtung besitzt. Dies ist in weiterer Folge sowohl auf das Verformungsverhalten, als auch auf die Festigkeit aus. In Faserrichtung besitzt Holz eine gute Festigkeit. Wird dieses jedoch quer zu jener auf Zug beansprucht, halten nur Adhäsionskräfte im Inneren, die auf Harzen und Zellgewebe beruhen, das Holz zusammen und die weisen eine geringere Festigkeit als die Faser in axialer Richtung selbst auf. Wird das Holz quer zur Faser auf Druck beansprucht, entstehen bleibende plastische Verformungen, so dass die Hohlräume im Inneren kollabieren.<sup>12</sup> Somit gilt es den Baustoff richtig einzubringen um eine Belastung in lateraler Richtung zu verhindern.

Druck- und Zugfestigkeit in Achsrichtung sind annähernd gleich, was diesen zu einem zähfesten Werkstoff macht und somit für Bauteile mit Biegebeanspruchung prädestiniert, da hier zur gleichen Zeit Biegedruck- und Biegezugspannungen auftreten. Die Druckfestigkeit von Nadelhölzern, welche für gewöhnlich als Bauholz eingesetzt werden, ist mit Normalbeton vergleichbar und das bei einem Festigkeits- zu Eigengewicht-Verhältnis welches so gut wie bei kaum einem anderen Werkstoff ist. Trotzdem ist gerade hier auf Querschnittsschwächungen in den Anschlussbereichen zu achten, die zu einer Minderung der Festigkeit führen. Ein weiterer positiver Effekt von Holz ist sein Verformungsverhalten, welches ein Indiz vor dem Versagen darstellt, wobei dieses letztendlich plötzlich eintritt.<sup>13</sup>

<sup>6</sup> Vgl. Wagenführ/Scholz 2012, 87f.

<sup>7</sup> Vgl. Ebda, 89.

<sup>8</sup> Vgl. Ebda, 90-92.

<sup>9</sup> Vgl. Ebda, 92f.

<sup>10</sup> Vgl. Ebda, 94.

<sup>11</sup> Vgl. Wagenführ/Scholz 2012, 115.

<sup>12</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 166f.

<sup>13</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 167.

## Akustische Eigenschaften

In zweiten Abschnitt bildet Akustik den Schwerpunkt, womit hier auf die spezifischen akustischen Eigenschaften von Holz eingegangen werden kann. Dies ist nötig, da der Einsatz von Bauteilen und Oberflächen aus Holz, sowohl aus ästhetischen, als auch konstruktiven Gründen, gewünscht ist und dadurch seine Eignung bestimmt wird.

Die Geschwindigkeit mit welcher sich der Schall im Holz ausbreitet, wird von allen Parametern des E-Moduls bestimmt und die sind insbesondere, die Rohdichte, die Faserrichtung und die Schnittrichtung. Somit ergibt sich quer zur Faserrichtung eine Geschwindigkeit von 1000 bis 1600m/s und ist damit wesentlich niedriger als die in Faserrichtung mit 4800 bis 6000m/s. Die großen Unterschiede werden durch die verschiedenen Holzarten bestimmt, da deren Dichte stark variiert. Einfluss auf die Schallgeschwindigkeit haben außerdem noch Holzfeuchte und Temperatur, denn wenn diese abnehmen steigt diese.<sup>14</sup>

Hier ein paar Richtwerte für die Schallgeschwindigkeit in Faserrichtung der gängigsten Holzarten:

Holzart	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Schallgeschwindigkeit (m/s)
Rotbuche	780	5100
Eiche	710	4800
Edelkastanie	490	5000
Fichte	470	5900
Tanne	530	5600
Kiefer	490	5300
Lärche	620	5200

Tab. 1: Akustische Eigenschaften

Die Schallgeschwindigkeiten geben jedoch nicht genügend Aufschluss über deren Einsatzmöglichkeiten und schränken das Einsatzgebiet nicht so sehr ein, wie dies die Dichte macht. Dem folgend, konnten somit von mir keine Ergebnisse gezogen werden, zeigen jedoch die Unterschiede des strukturellen Aufbaus der verschiedenen Holzarten zu den nicht korrelierenden Rohdichten. Auch in Hinsicht auf den Einsatz als Schallreflektoren konnte so keine definitive Auswahl entstehen.

## 1.2. Holzarten

Da ein starker ökologischer Faktor Relevanz für das Projekt hat, werden hier die gängigsten österreichischen Hölzer im Bauwesen gelistet und infolgedessen ihren Eigenschaften entsprechende Aufgabengebiete zugeteilt. Eine große Palette an Baustoffen aus Holz sind Holzwerkstoffe welche auch in diesem Kapitel angerissen werden, da es sich hier um eine Auswahl handelt, da eine vollständige Betrachtung aller im Baugewerbe üblichen Hölzer den Rahmen dieser Arbeit übersteigen würde. Trotz des überwiegenden Einsatzes von heimischen Nadelhölzern, werden auch einige Laubhölzer näher betrachtet, da jene für das Projekt gerade im Innenausbau relevant sein könnten. Vorwiegend werden außerdem europäische Hölzer betrachtet, da es gerade in Hinblick auf die Ökologie des Projektes wenig Sinn macht hier über einen Import nachzudenken, wenn eine Vielfalt an heimischen Holzarten vorhanden ist. Gerade im Innenbereich sind die Möglichkeiten und Auswahl sehr groß und daher werden unter diesem Punkt einige beschrieben.

Die wichtigsten Nutzholzarten Europas sind: Ahorn, Birke, Birne, Buche, Douglasie, Eiche, Erle, Esche, Fichte, Kiefer, Kirschbaum, Lärche, Linde, Nussbaum, Pappel, Tanne, Ruster<sup>15</sup>

### 1.2.1. Nadelhölzer

Die gängigsten Nadelhölzer im Bauwesen sind die Fichte, Kiefer, Tanne und Lärche, somit werden deren Charakteristiken hier kurz subsumiert, denn für den Außenbereich sind weitgehend nur Lärche und Douglasie geeignet.<sup>16</sup>

#### Fichte

Zusammen mit Kiefer das meistgenutzte Bauholz<sup>17</sup>, ist Fichte ein weiches Holz und wird als ziemlich leicht eingestuft<sup>18</sup>, weist aber in Relation zum Gewicht die beste Druckfestigkeit aller gebräuchlichen Bauhölzer auf.<sup>19</sup> Jedoch besitzt Fichte auch eine hohe Anfälligkeit für Insektenbefall und Pilze und ist nur mäßig witterungsbeständig<sup>20</sup>. Ein weiterer Nachteil ist die schlechte Möglichkeit einer Imprägnierung, die hier nur durch radiale Perforationen erreicht werden kann, aber bei der Kiefer gut ist.<sup>21</sup> Das Einsatzgebiet umfasst vor allem Dachkonstruktionen und den Innenausbau, sowie Verkleidungen.<sup>22</sup> Ein Gedanke der den Einsatz dieses Holzes für das Projekt förderte, war die Verwendung als Grundstoff der Resonanzböden bei Musikinstrumenten.<sup>23</sup>

#### Kiefer

Ein ebenfalls weiches und ziemlich leichtes Holz<sup>24</sup>, die Kiefer, ist etwas dauerhafter als Fichte<sup>25</sup> und weist beinahe eine gleichgute Druckfestigkeit bei besserer Biege- und Scherfestigkeit in Bezug zum Gewicht auf.<sup>26</sup> Eine Resistenz gegen Insektenbefall oder Pilz, vor allem Bläue, liegt nicht vor aber dafür eine mäßige Witterungsfestigkeit des Kernholzes.<sup>27</sup> Sie wird häufig für Außenbauteile wie Fenster und Türen eingesetzt und im Inneren beim Ausbau, sowie bei Fußböden und als Sperrholz.<sup>28</sup>

<sup>15</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 38.

<sup>16</sup> Vgl. Erler 2012, 42.

<sup>17</sup> Vgl. Werner/Zimmer 2009, 11f.

<sup>18</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 56.

<sup>19</sup> Vgl. Reinhardt 2010, 184.

<sup>20</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 74.

<sup>21</sup> Vgl. Werner/Zimmer 2009, 37.

<sup>22</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 74.

<sup>23</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 50.

<sup>24</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 56.

<sup>25</sup> Vgl. Erler 2012, 43.

<sup>26</sup> Vgl. Erler 2012, 19.

<sup>27</sup> Vgl. Werner/Zimmer 2009, 33.

<sup>28</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 74.

## Tanne

Wie die Fichte und Kiefer ein weiches, aber leichtes Holz mit sehr vergleichbaren Werten zu dieser in Bezug auf das Gewicht.<sup>29</sup> Wie Fichte und Kiefer besitzt die Tanne nur eine mäßige Witterungsbeständigkeit, ist aber im Vergleich zur harzigen Fichte leichter zu imprägnieren und beizen. Ebenfalls gleich ist die Anfälligkeit gegenüber dem Befall von Insekten und Bläue, die besonders im Splintholz auftritt. Der geringe Harzanteil macht die Tanne zu einem guten Bauholz und wird auch im Instrumentenbau, als Resonanzholz, eingesetzt.<sup>30</sup>

## Lärche

Als hochwertiges Nadelholz für Bauzwecke<sup>31</sup>, gehört Lärche den mittelharten und leichten Hölzern an<sup>32</sup> und bietet relativ zum Gewicht zwar nicht ganz so gute Werte wie Fichte, Kiefer und Tanne<sup>33</sup>, kann aber mit einem besseren Witterungsverhalten und einer Insektenbefalls- und Pilzresistenz punkten.<sup>34</sup> Somit eignet sich die Lärche sehr gut als Bauholz, sowohl im Innenraum als auch im Außenbereich. Weitere Anwendung kann das Holz bei Türen, Fenstern, Möbeln und Außenverkleidungen finden.<sup>35</sup>

## Douglasie

Douglasie ist ein weiches Nadelholz<sup>36</sup>, das eine gute Verarbeitbarkeit mit geringem Schwund aufweist und als Bauholz, sowohl im Innen-, als auch im Außenbereich eingesetzt wird, genauso wie bei Fußböden und Möbeln.<sup>37</sup> Ein großes Pro für dieses Holz ist die gute Resistenz des Kernholzes gegen Insekten- und Pilzbefall.<sup>38</sup>

<sup>29</sup> Vgl. Reinhardt 2010, 184.

<sup>30</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 75.

<sup>31</sup> Vgl. Werner/Zimmer 2009, 11.

<sup>32</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 56.

<sup>33</sup> Vgl. Reinhardt 2010, 184.

<sup>34</sup> Vgl. Erler 2012, 44.

<sup>35</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 75.

<sup>36</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 56.

<sup>37</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 69.

<sup>38</sup> Vgl. Erler 2012, 45.

## 1.2.2. Laubhölzer

Im Außenbereich ist die Auswahl an Laubhölzern genauso wie bei den Nadelhölzern äußerst beschränkt und so sind weitestgehend nur die Eiche und Robinie für diesen zu empfehlen.<sup>39</sup> Nichtsdestotrotz gehe ich kurz auf die gängigsten europäischen Hölzer ein, da diese eventuell Anwendung im Inneren des Projektgebäudes finden werden.

### Ahorn

Ahorn gehört den harten und gleichzeitig mäßig schweren Hölzern an.<sup>40</sup> Seine Festigkeit bei geringem Schwundverhalten und guter Bearbeitbarkeit machen das Holz vielseitig im Möbel- und Innenausbau, des Weiteren als Musikinstrument einsetzbar und ist als Furnierholz sehr wertvoll. Da Ahorn aber nicht witterungsfest, genauso wie für Insekten und Pilze anfällig ist, schließt sich eine Außenbereichsnutzung aus.<sup>41</sup>

### Eiche

Eiche gilt bereits als hartes Holz<sup>42</sup> und besitzt eine Dauerhaftigkeit gegenüber Pilzbefall,<sup>43</sup> wird jedoch zumeist nur bei hoch beanspruchten Teilen, wie Unterlagshölzern, Dübeln, Druckverteilungsplatten und dergleichen verwendet.<sup>44</sup>

### Buche

Zu den mäßig schweren und harten Hölzern gehörend<sup>45</sup> und gegenüber Pilzbefall ohne Dauerhaftigkeit<sup>46</sup>, wird Buche wie die Eiche hauptsächlich bei stark belasteten Bauteilen eingesetzt.<sup>47</sup> Aufgrund des starken Schwindens, welches auch eine Anfälligkeit bei Feuchte bedeutet, eignet sich das Holz auch diesen Effekt gezielt einzusetzen. Pilze und Insekten stellen auch ein Problem dar und somit ist eine Anwendung im Außenbereich nicht anzudenken. Gerade für Schul- und Büromöbel ist das Holz sehr gut geeignet und auch als Parkett passend.<sup>48</sup>

### Esche

Ebenfalls mäßig schwer und hart<sup>49</sup>, weist die Esche keine Dauerhaftigkeit gegenüber von Pilzbefall auf.<sup>50</sup> Im Möbelbau- und Innenausbau ist sie jedoch besonders wegen ihrer dekorativen Fladerung als Material für Furniere sehr beliebt

<sup>39</sup> Vgl. Erler 2012, 42.

<sup>40</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 56.

<sup>41</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 71.

<sup>42</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 56.

<sup>43</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 96.

<sup>44</sup> Vgl. Werner/Zimmer 2009, 12.

<sup>45</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 56.

<sup>46</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 91.

<sup>47</sup> Vgl. Werner/Zimmer 2009, 12.

<sup>48</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 70.

<sup>49</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 56.

<sup>50</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 91.

## Ulmer

Die Ulme oder Ruster ist auch als hartes und mäßig schweres Holz anzusehen<sup>51</sup> und weist wenig Schwund auf. Es eignet sich gut zur weiteren Bearbeitung, neigt jedoch dazu zum Reißen und Werfen. Für den Außenbereich ist es aber wegen seiner Anfälligkeit gegenüber Schädlingen und Witterungsunbeständigkeit nicht. Trotzdem eignet sich das Holz im Innenausbau, für zum Beispiel Treppen und Parkett, und für Möbel, zum Beispiel auch als Furnier.<sup>52</sup>

## Birke

Aufgrund der Witterungsunbeständigkeit und der starken Anfälligkeit für Insekten und Pilze ist Birkenholz nur für den Innenraum geeignet. Das geringe Schwundverhalten wird von einer Neigung zu Rissen begleitet, jedoch ist es als Möbelholz, und vor allem als Furnierholz, sehr gut geeignet.<sup>53</sup>

## Birne

Das ziemlich schwere, harte und zur Rissbildung neigende Birnenholz ist wie auch schon die Birke nicht für die Außenanwendung geeignet, zeichnet sich dafür aber auch als Furnierholz, beim Innenaus- und Möbelbau aus.<sup>54</sup>

## Erle

Bei der Erle handelt es sich um ein weiches Holz<sup>55</sup>, welches biegsam und eine gute Bearbeitbarkeit aufweist. Da das Holz nicht witterungsfest ist, wird dieses im Möbelbau und bei Musikinstrumenten eingesetzt.<sup>56</sup>

## Hain- oder Weißbuche

Das Holz der Hain- oder Weißbuche ist schwer und sehr hart, aber auch elastisch und neigt zu Schwund, Reißen und Werfen. Es ist aber gut zu bearbeiten, aber nicht zu Nageln und anfällig für Pilze. Das Anwendungsgebiet sind Parkettböden, stark belastete Stühle und Furniere.<sup>57</sup>

## Kirschbaum

Der Kirschbaum besitzt ein schweres und mäßig hartes Holz, welches eine feine Faserung aufweist und biegsam, mit einem geringen Schwundverhalten ist. Wie auch so viele andere Holzarten ist es sehr anfällig für den Befall von Insekten und Pilzen, genauso wie es nicht witterungsfest ist. Im Innenausbau sowie bei Möbeln wird es sowohl als Furnier- als auch als Vollholz eingesetzt. Das Furnier wird aufgrund des Aussehens oft dekorativ eingesetzt. Weiteren Einsatz findet es auch beim Instrumentenbau.<sup>58</sup>

<sup>51</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 56

<sup>52</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 71.

<sup>53</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 72.

<sup>54</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 72.

<sup>55</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 56.

<sup>56</sup> Vgl. Weinzierl 2008, 72.

<sup>57</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 72.

<sup>58</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 72.

## Linde

Die Linde ist als leichtes und sehr weiches Holz einzustufen<sup>59</sup> und sehr anfällig gegen Insekten- und Pilzbefall, kommt aber auch im Instrumentenbau vor. Wichtiger ist jedoch die Verwendung als Holzwolle-Dämmstoff.<sup>60</sup>

## Nussbaum

Nussbaum ist ein sehr dauerhaftes und mäßig hartes Holz, welches auch beiz- und polierbar ist und im Innenaus- und Möbelbau, genauso wie für Musikinstrumente zum Einsatz kommt.<sup>61</sup>

## Pappel

Die Pappel ist ein gegenüber von Pilzbefall nicht dauerhaftes und sehr leichtes Holz.<sup>62</sup> Es besitzt ein gutes Stehvermögen, ist aber nicht witterungsfest, was es nur als Furnier und für diverse Holzwerkstoffe geeignet macht.<sup>63</sup>

## Robinie

Die Robinie kann mit einer sehr guten Dauerhaftigkeit gegenüber Pilzbefall auftrumpfen, was für die Anwendung im Außenbereichs ideal ist.<sup>64</sup> Nachteil ist jedoch, dass das Holz zum Werfen neigt, obwohl das Kernholz eine sehr geringe Wasseraufnahmefähigkeit besitzt. Die hohe Witterungs- und Schadorganismenresistenz, die auch im Wasser noch bleibt, macht das Material optimal als Fußboden im Außenraum, wie Treppen, Balkonen und Terrassen.<sup>65</sup>

<sup>59</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 56.

<sup>60</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 73.

<sup>61</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 73.

<sup>62</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 91.

<sup>63</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 73.

<sup>64</sup> Vgl. Wittchen/Josten/Reiche 2006, 91.

<sup>65</sup> Vgl. Erler 2012, 47.

### 1.2.3. Wertezusammenfassung

Unterschiedliche Werte sind sowohl auf Feuchtigkeitswerte, als auch die generelle Schwankungsbreite durch den Baustoff selbst zurückzuführen und zeigen wieder mehr, wie sich diese gewachsenen Arten in ihren Eigenschaften differenzieren. Auch zeigen die gefundenen Werte deutlich, welche Holzart, welches Einsatzgebiet hat und somit kann eine Auswahl geeigneter Hölzer auch so getroffen werden. Um eine Verbindung zur Musik herzustellen, sind auch verschiedene für den Instrumentenbau geeignete Hölzer angeführt.

Konstruktiv wichtig sind vor allem, auch aus dem historischen Kontext heraus, Fichte und Tanne, von den Nadelhölzern und die Eiche, von den Laubhölzern.<sup>66</sup>

Holzart	RohDichte [kg/m <sup>3</sup> ]	E-Modul [N/mm <sup>2</sup> ]	Druckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Zugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Biegefestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Scherfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Wärmeleitzahl [W/mK]	Schwindmaß [%/H <sub>2</sub> O]	Dauerhaftigkeit	Musikinstrumentenbau
Fichte	338-480	11000-12500 450	34.1-45	74.1-85	71	6.25	0.11-0.14	0.12-0.19 0.24-0.39	4	ja
Tanne	410-530	12250	46	86	68	6.2	0.12	0.10-0.16 0.28-0.33	4	ja
Kiefer	400-540	11900	50	102	89.5	9.2	0.14	0.13-0.19 0.25-0.33	3-4	
Lärche	470-650	12550-13800 820	54-55	101-107	94	9.85	0.12-0.13	0.14-0.16 0.29-0.32	3-4	
Douglasie	470-545	12100	55	93.5	85	8.6	0.12	0.16-0.17 0.275-0.32	3-4	

Tab. 2: Wertezusammenfassung Nadelhölzer, abweichende Werte aus verschiedenen Literaturen sind als von-bis-Werte dargestellt. Sind mehrere Werte angegeben handelt es sich um den axialen und nachfolgend tangentialen.<sup>67</sup>

<sup>66</sup> Vgl. Holzer 2015, 11.

<sup>67</sup> Vgl. Huber u.a. 2002, 213f; Erler 2012, 43; Colling 2003, 10; Wittchen/Josten/Reiche 2006, 59, 69-73, 91; Wagenführ/Scholz 2012, 92f, 122, 126; Krapfenberger 2004, 338ff.

	HA	RD	EM	DF	ZF	BF	SF	WLZ	SM	DH	MIB
Eihe		670-760	12500-13000 920	58-60	90-99	97	10.4	0.165-0.19	0.15-0.22 0.315-0.36	2	
Ahorn		610-630							0.10-0.20 0.22-0.30	5	ja
Buche		561-780	16000 1160	56.7-60	117-135	108	8.85	0.16-0.18	0.19-0.22 0.38-0.44	5	
Esche		620-750	12900	51	145	113.5	12.7	0.15	0.17-0.21 0.27-0.40	5	
Ulmer		650							0.15-0.20 0.28-0.30		
Birke		650-680	14750	51	135	132	13		0.18-0,24 0.26-0,31		
Birne		720							0.15-0.16 0.30-0.37		ja
Erle		530-550	9500	47	81	87.5	4.7		0.15-0.17 0.24-0.33		ja
Hain- oder Weißbuche		750-860							0.26 0.35	5	
Kirschbaum		600									ja
Linde		550							0.18-0.23 0.25-0.35		ja
Nussbaum		630-750							0.18-0.20 0.25-0.30	3	ja
Pappel		440-650	8850	33	72.5	65	6	0.125	0.12-0.155 0.25-0.28	5	
Robinie		740-770	13350	65	131.5	132	14.25		0.17-0.24 0.33-0.38	1-2	

Tab. 3: Wertezusammenfassung Laubhölzer; abweichende Werte aus verschiedenen Literaturen sind als von-bis-Werte dargestellt. Sind mehrere Werte angegeben handelt es sich um den axialen und nachfolgend tangentialen.<sup>68</sup>

## 1.2.4. Resümee der Holzarten

Für den Außenbereich kommt beinahe nur Lärchenholz als bewährtes, leistbares und konstruktiv geeignetes Material in Frage. Konstruktiv kommen sowohl Fichte, als auch Tanne in Frage und die Entscheidung sollte ohne weiteres von der ausführenden Firma getroffen werden, denn hier spielt auch die Verfügbarkeit eine Rolle. Im Innenraum sieht es da hingegen schon ganz anders aus und es stehen eigentlich alle Möglichkeiten offen, wobei im Entwurf die Konnotation zum Instrumentenbau die Auswahl beeinflusste. Ein Kriterium welches besonders in Hinsicht auf den Schallschutz Relevanz hat, ist die Masse eines Bauteiles und die Erfordernisse in dieser Hinsicht werden im zweiten Kapitel näher betrachtet.

## 1.3. Ein Einblick in die Entwicklung des Holzbaues

Der Analyse folgend, gilt es den aus dessen Eigenschaften resultierenden Einsatz von Holz in der Geschichte zu betrachten. Genauso wie Holz selbst ein gewachsener Baustoff ist, ist auch das Wissen um diesen herum gewachsen und Folgerung aus dem gewonnenen Wissen sinnvoll. Die Anwendung in der Architektur veränderte sich mit Erkenntnissen über die Materialeigenschaften maßgeblich, erlaubt jedoch auch ein schlüssiges Bild über die Möglichkeiten der Konstruktion zu geben. Gerade in Bezug auf die optimale Ausnutzung der Eigenschaften und auch für die Ökonomie des Bauwerkes können so Schlüsse gezogen werden.

### Das Flechtwerk

Wenige Aufzeichnungen und die begrenzte Haltbarkeit von Holz gegenüber seinem historischen Pendant dem Stein, machen es schwer die bauliche Entwicklung nachzuvollziehen, aber als einziger zähfester Baustoff, fand dieser wahrscheinlich seit jeher seine Anwendung.<sup>69</sup> Erste Behausungen der Menschen, die der Holzarchitektur Ursprung geboten haben, waren hohle Bäume, welche zum Schutz vor Tieren und dem Wetter dienten.<sup>70</sup> Als diese nicht mehr genügten, wurden diese gefällt oder deren Äste abgerissen und weiterverarbeitet. So entstanden, durch flechten von Zweigen die ersten Wände, welche als erstes Element der Holzbaukunst zu betrachten sind.<sup>71</sup> Die genauen Ursprünge des Holzbaues sind jedoch nur schwer zu ergründen und reichen bis in die nomadischen Ursprünge der Menschheit.<sup>72</sup> So taucht der Architekturgeschichte berühmtestes fiktives Bild, die Urhütte von Vitruv, bereits in den Bauwerken der Urmenschen in Thüringen auf. Dort finden sich die wahrscheinlich ältesten nachweisbaren Holzbauten mit drei Hütten, welche aus geflochtenen Ästen und Zweigen bestanden, und um die 370 000 Jahre alt sind.<sup>73</sup> Ein modernes Flechtwerk bildet der ICD/ITKE Research Pavillon der sich die Flexibilität von Holz zu Nutzen macht. Möglich ist dieser aber erst durch moderne Fertigungstechniken der gebogenen Sperrholzstreifen aus Birkenholz. Durch computerbasiertes Entwerfen an dem ebenso benannten Institut konnte dieses Gebäude erst entstehen.<sup>74</sup>

### Das Zelt

„Der einfachste Raumabschluss ist das Zelt.“<sup>75</sup> Dieses wurde von vielen nomadischen Völkern genutzt und hatte einen hohen Stellenwert bei Kriegen für den vorübergehenden Aufenthalt. Um den Platz effizienter zu nutzen und die schrägen Wände gegen senkrechte auszutauschen, entstand als Weiterentwicklung die Hütte oder Baracke, die Wand- und Dachkonstruktion trennt.<sup>76</sup> Konstruktiv wurde der Jübertgtower von Birk & Heilmeyer an den traditionellen Zeltbau angelehnt und nutzt das verschränken von Holzlatten um so einen Aussichtsturm zu erstellen. Anders jedoch sind hier bereits Wand und Deckenkonstruktionen getrennt.<sup>77</sup>

## DER MODERNE HOLZBAU

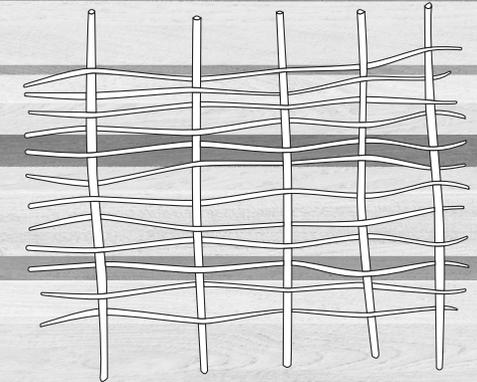


Abb. 2: Flechtwerk

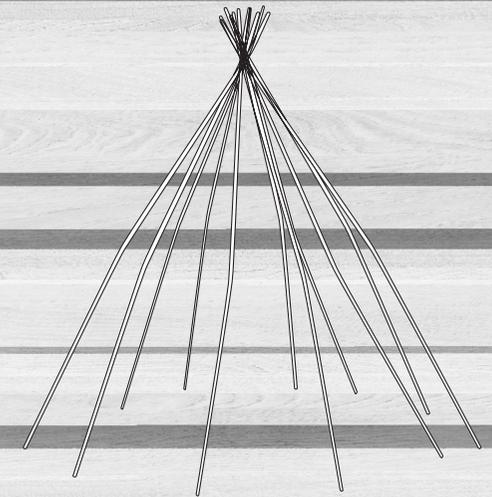


Abb. 1: Zelt

<sup>69</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 162.

<sup>70</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 1f.

<sup>71</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 3.

<sup>72</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 162.

<sup>73</sup> Vgl. Mania 2004, 38-47; Schittich 2014, 15.

<sup>74</sup> Vgl. Jodidio 2017, 266.

<sup>75</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 4.

<sup>76</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 5.

<sup>77</sup> Vgl. Jodidio 2017, 130.



Abb. 3: Gitterwerk

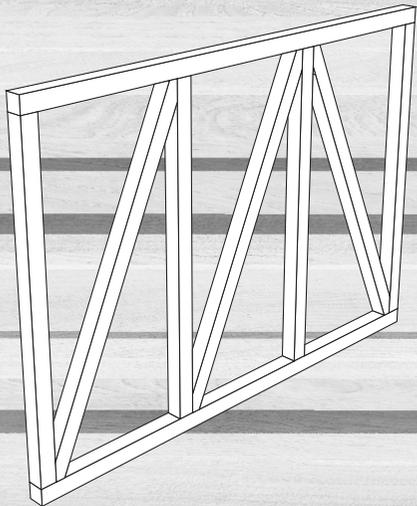


Abb. 4: Fachwerk

## Das Gitterwerk

Der erste Übergang vom Zelt und den losen Verbindungen, hin zum Gitterwerk, welches Hölzer miteinander verschränkt und sogar Nägel zur Verbindung verwendet, fand in China statt. Die Bambusgitter, die dort allgegenwärtig scheinen, sind hier zur Vollendung perfektioniert und bilden der chinesischen Ornamentik Basis.<sup>78</sup>

Das Prinzip des Verschränkens zur Erhöhung der Stabilität ist bis heute weitgehend erhalten geblieben und ein Gebäude, welches dies besonders zelebriert ist „The Latern“ in Norwegen. Ein schwebendes Gitterwerk, das ein traditionelles Haus darstellt und als Veranstaltungspavillon genutzt wird. Das Atelier Oslo + AWB schafft mit diesem Gebäude eine Skulptur, die starken Bezug zu einem wichtigen Entwicklungspunkt in der Geschichte des Holzbaus nimmt.<sup>79</sup>

## Das Fachwerk

Nächster und logischer Entwicklungsschritt des Holzbaus war der Übergang von den rein vertikalen Konstruktionen zu einem festen Gefüge vertikaler und horizontaler Balken, welche so ein Fachwerk bilden. Die sogenannte Riegelwand, welche konstruktiv aus einer horizontalen Schwelle auf einem ebenen Untergrund, den vertikalen Ständern beziehungsweise Riegeln mit schrägen aussteifenden Streben und darauf waagrechten Pfette besteht, die zu einem festen Gespärre zusammengefügt werden und die Ausfüllung in den Hintergrund rückt.<sup>80</sup> Wichtigste Entwicklung war die vollständige Trennung von der Dachkonstruktion, was so zu einem architektonischen Ganzen wurde.<sup>81</sup> Infolgedessen entstanden erste reine Dachkonstruktionen, wie das dreieckige Giebedach, welches als ursprünglichste Zimmerkunst gilt. Beinahe unvorstellbar aufgrund seiner heutigen Selbstverständlichkeit scheint es, dass das Giebedreieck im Altertum den Göttern und somit Tempelbauten vorbehalten war. Vorreiter der Zimmermannskunst waren die schiffahrttreibenden Völker, welche diese Kenntnisse in die Holzbaukunst mitnahmen.

Der Übergang vom Nomadentum zu festen Wohnsitzen brachte große Weiterentwicklungen in der Verbindung der Rahmen der Riegelwände und es entstanden Zapfenverbindungen. Die Füllung der Wandfelder war zu anfangs noch aus Flechtwerk, wie Stroh, wurde jedoch immer fester und stabiler, wie die Gitterwerke der Chinesen und schließlich entstanden durch das nebeneinanderstellen von vertikalen und horizontalen Brettern Ständerwände. Diese Art des Bauens wurde bereits von den Urvölkern Nordamerikas genutzt und im malaysischen Borneo entstanden sogar mehrstöckige Holzbauten auf Pfählen. Diese Pfahlbauten entwickelten sich aus dem Umstand, keine sicheren und stabilen Untergründe zu haben und brachte viele Vorteile sowohl vor Naturgewalten als auch den Schutz vor Feinden und waren vor allem im asiatischen Bereich anzutreffen. Auch im europäischen Raum wie in der Schweiz, Ober-Italien, Frankreich, England, Irland, Deutschland, Skandinavien und Ungarn waren diese vor allem in der Nähe von Gewässern anzutreffen. Die wahrscheinlich ältesten Pfahlbauten kommen aus dem Puntland, am Horn von Afrika, wo 1000 vor Christus bereits Illustrationen auf diese hinweisen. Eine interessante Entwicklung des Pfahlbaues ist, dass die Höhe der Pfähle mit einer zunehmenden Kultur abnahm.<sup>82</sup>

<sup>78</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 15-17.

<sup>79</sup> Vgl. Jodidio 2017, 82.

<sup>80</sup> Vgl. Opderbecke 1995, 60-63.

<sup>81</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 19f.

<sup>82</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 21-31.

Häuser im Griechenland der Antike wurden gewöhnlich aus Holzriegelwerk erstellt und lassen sich in zwei Gattungen einteilen. Zum einen dem Spitzbogendach und zum Anderen von wesentlich höherer Bedeutung das Giebeldach, was aus Grabmälern hergeleitet werden kann, die diese als Fassaden dieser, in Stein darstellen und heute noch erhalten sind.<sup>83</sup> Diese wurden auch Megaron genannt und entstanden um 2500 vor Christus, jedoch unterzogen sie sich im siebenten Jahrhundert vor Christus einem Wandel und wurden schließlich nur mehr aus Stein gebaut.<sup>84</sup> Das Megaron wurde im achten Jahrhundert vor Christus zum Vorbild der frühen Tempel Roms und Griechenlands.<sup>85</sup>

## Die Deckenkonstruktion

Erhalten blieb aber, trotz der Ausbildung der Steinarchitektur, die Anwendung Holzes als Deckenkonstruktion, die, aufgrund ihres Harzreichtums und somit positiver Wirkung gegen Verfaulen und Wurmfraß, aus Ebenholz, Rebholz oder Zedernholz bestanden. Die Konstruktion dieser Decken ist nur schwer zu erahnen, aber Steinbalkendecken lassen auf kassettierte Felderdecken schließen, die aus sich kreuzenden Balken bestanden, wobei die Unterzüge verstärkt waren.<sup>86</sup>

Die Römer folgten dem Beispiel der Griechen und so blieben nur vereinzelt Holzbauten übrig, nur Theater blieben für längere Zeit in Holzbauweise. Auch dem Beispiel Griechenlands folgend, waren bis zum Anfang des sechsten Jahrhunderts vor Christus, diese rein aus Holz, was aber auf ihre temporäre, durch die Spielperioden definierte, Bauweise zurückzuführen ist. 55 vor Christus entstand dann ein feststehendes Theater von Pompejus aus Stein.

In einfacher Bauweise, dem uralten Wohnhaus nachempfunden, oder als kunstvolles etruskisches Wohnhaus blieb der Fachwerkbau lange erhalten. Zahlreiche Brände in den Städten führten jedoch zur Kaiserzeit zu einer Wende zu Massivbauten, was dem Einsatz von Holz als Vertäfelungen, Decken und Einbauten, sowie Außenanlagen wie Pavillons und Lauben, keinen Einhalt bot. So nahm jedoch die Zimmerei- gegenüber der Tischlereikunst als vorherrschende ab.<sup>87</sup>

Die Prachtsäle dieser Zeit boten den ersten Christen eine Versammlungsstätte, wodurch die ersten Basiliken entstanden, welche eine besondere Bedeutung für den Holzbau hatten, da deren Konstruktionen bis heute in getreuen Wiederherstellungen erhalten sind.<sup>88</sup> Anfangs behielten diese noch die antiken Kassettendecken zwischen der Dachkonstruktion und dem Inneren, jedoch unter den Nachfolgern Konstantins wurde der offene, unverhüllte und konstruktive Dachstuhl als sichtbares Element im Mittelalter etabliert.<sup>89</sup> Dieser wurde durch ein schlankes Stabwerk mit vorbildlichen Verbindungen sparsam und gleichzeitig den ästhetischen Ansprüchen der Zeit gerecht.<sup>90</sup> Ein Beispiel für den Dachstuhl ist die Entwicklung des Hängewerkes in einfacher oder mehrfacher Ausführung, welches in vielen Kirchen zu sehen war und auch noch ist.<sup>91</sup> Dem Streben der Kirche Wand zu Decke ohne Übergang zu verschmelzen folgte Schritt für Schritt die gewölbte Decke als Nachfolger des hölzernen Dachstuhls.<sup>92</sup>

## DER MODERNE HOLZBAU

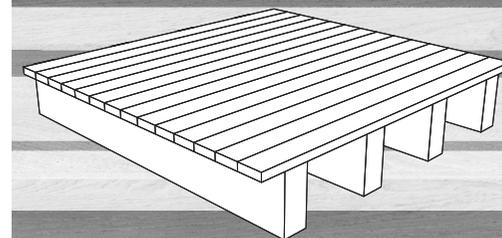


Abb. 5: Deckenkonstruktionen

<sup>83</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 32-35.

<sup>84</sup> Vgl. Koch 1994, 12, 342.

<sup>85</sup> Vgl. Koch 1994, 10.

<sup>86</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 42f.

<sup>87</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 50-55.

<sup>88</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 57f.

<sup>89</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 58f.

<sup>90</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 60f.

<sup>91</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 61-67.

<sup>92</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 67.

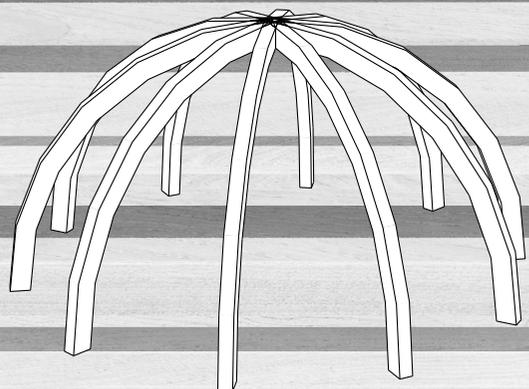


Abb. 6: Kuppel

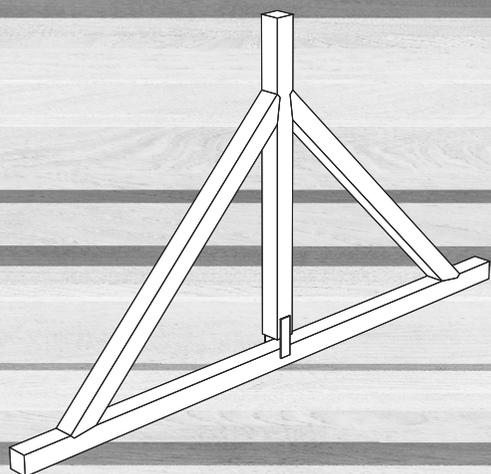


Abb. 7: Hängewerk

Vorbildwirkung hatte hier Frankreich, die Masse der Konstruktion auf zuerst einzelne Linien und dann nur mehr auf einzelne Punkte übertrug, woraus Tonnengewölbe mit beeindruckenden Höhen entstanden.<sup>93</sup> Eine Nachahmung dieser Gewölbe im Holzbau fand nur in wenigen Beispielen statt.<sup>94</sup> Ein aktuelles Beispiel von Kirchenbau in Holz mit einem verlaufenden Übergang von Wand in die Deckenkonstruktion stellt die finnische Kuokkala Church dar, die trotz dem Holzraster im Inneren, die an ein auf dem kopf stehendes Schiff erinnert, nicht an sakralem Charakter verliert.<sup>95</sup>

## Die Kuppel

Im Gegensatz zum Westen blieb im fernen Osten der Holzbau erhalten.<sup>96</sup> Über den Holzbau der Profanarchitektur ist nur wenig bekannt, jedoch ist dies bei der kirchlichen Baukunst des Islams nicht so. Die ersten Moscheen, wie Muhammeds Moschee den Überlieferungen nach aus Palmstämmen, bestanden aus Holz.<sup>97</sup> Eine Besonderheit ist die Kuppel des Felsendoms, welche die wahrscheinlich älteste erhaltene Holzkuppel oder gar Holzkonstruktion der Welt war.<sup>98</sup>

Dachkonstruktionen wie die des Centre Pompidou-Metz in Frankreich von Shigeru Ban zeigen klar, dass modernen Kuppelkonstruktionen keine Grenzen mehr gesetzt sind und dank moderner Technologien natürliche Limitierungen aufgehoben werden.<sup>99</sup>

## Das Hängewerk

Maßgebenden Einfluss auf den Holzbau Siziliens hatten die Normannen, die von 857 an in Italien einfielen, sich im elften Jahrhundert dort festsetzten und in ihren weiteren Eroberungsfeldzügen ihre Kultur mit der der Sarazenen verschmolzen. Dies brachte eine Vereinigung arabischer, antiker und byzantinischer Elemente und das Wiederauftreten der freien und sichtbaren Dachkonstruktionen.<sup>100</sup> Die Strömung des Dachstuhles wurde im zwölften bis 14. Jahrhundert auch in Italien wieder fortgesetzt.<sup>101</sup> Alle mit Deutschland künstlerisch zusammenhängenden Teile Italiens verwendeten nicht nur Hängewerkkonstruktionen, sondern auch Balkendecken.<sup>102</sup>

Im deutschen Raum hielten sich Holzdecken länger als anzunehmen war, nämlich dem zwölften Jahrhundert und in den nördlichen Regionen sogar bis in das dreizehnte Jahrhundert. Eine nicht zu unterschätzende Anzahl dieser ist mit mehr als 200 noch erhalten.<sup>103</sup> Viele Holzdecken, die zumeist Balkendecken waren und selten offene Sparrenwerke zeigten, mussten wegen Bränden oft nachträglich mit Gewölben versehen werden.<sup>104</sup> Mehrere Kassettendecken sind aus dem 13. Jahrhundert erhalten, die der Profanarchitektur angehören.<sup>105</sup> Hier finden sich die gleichen Ornamente und Formen wie im sizilianisch-normannischen Bauten, also dem „letzten Nachklang der hellenisch-römischen Kunst“.<sup>106</sup>

<sup>93</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 68.  
<sup>94</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 69.  
<sup>95</sup> Vgl. Jodidio 2017, 314-317.  
<sup>96</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 71.  
<sup>97</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 74.  
<sup>98</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 76-78.  
<sup>99</sup> Vgl. Jodidio 2017, 88-93.  
<sup>100</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 82-83.  
<sup>101</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 86.  
<sup>102</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 88.  
<sup>103</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 88.  
<sup>104</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 89f.  
<sup>105</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 90.  
<sup>106</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 94.

In Nordwestspanien herrschen die Hallenkirchen, deren Form den südwestfranzösischen und katalanischen Kirchen entsprachen, jedoch in Kastilien Vorhallen an ein oder beiden Langseiten mit Holz- oder Gewölbedecken ausgestattete Arkaden aufwiesen.<sup>107</sup> Die Holzbaukunst des Nordens entwickelte sich unterdessen selbstständig und schafften so ein echtes nationales Kunstgefühl, doch sind gewohnte byzantinische und romanische Einflüsse zu finden.<sup>108</sup>

## Der Riegelbau

“Die nach Belgien und Frankreich eindringenden Germanen insbesondere die Franken bringen lediglich Holzbaukenntnisse mit. In Masten- oder Ständerbauweise aus senkrechten Stämmen mit Bretterfüllungen waren schon die mehrschiffigen, rechteckigen Königshallen der Zeit vor der Völkerwanderung errichtet worden (Beschreibung im Beowulf-Lied). Wahrscheinlich waren sie den - nur aus späterer Zeit erhaltenen - Stabkirchen Skandinaviens ähnlich. Ihr Typ blieb bei Veränderung des Baumaterials und der Struktur erhalten.”<sup>109</sup>

Obwohl der Holzbau der Germanen seit jeher einen wichtigen Stellenwert einnahm, sind die Aufzeichnungen sehr rar und lassen gerade zu den nomadischen Zeiten kaum Rückschlüsse zu. Jedoch ist bekannt, dass diese, als sie den Römern begegneten, den Riegelbau anwendeten.<sup>110</sup> Die Funde in Thüringen bestätigen jedoch, dass der Holzbau hier schon lange zuvor Einhalt genommen hat.<sup>111</sup> Berichte des zweiten und dritten Jahrhunderts sprechen noch von Flechtwerken und Strohdächern, die auf einen primitiven Baustil, im Vergleich zu anderen Kulturen wie den Franzosen, hindeuteten und so wurden sogar die Häuser der Könige aus Holz hergestellt.<sup>112</sup> Ein interessanter Unterschied zwischen den Völkern des Südens, genauso wie den Slaven, zu den Germanen und Franzosen, ist die Anwendung von Nadelhölzern, im Gegensatz zum Eichenholz.<sup>113</sup> Da in England das Christentum sehr früh seinen Einzug fand, lassen sich hier auch die ältesten Kirchen aus Holz nachweisen. Die Heidenbekehrer des Frankenlandes folgten mit Holzkirchen und Dänemarks erster christlicher König errichtete mehrere selbiger.<sup>114</sup> Im Prinzip gab es immer nur zwei Arten des Holzbaues, nämlich die Blockbauweise, die die Slaven zu dieser Zeit anwendeten, und die Riegelbauweise, der sich die Germanen widmeten. Unterscheiden sich zum Beispiel die Ständerbauten der Schweizer durch eine vertikale Beplankung, von denen der Norweger mit einer horizontalen, so ist die Holzkirche Greensteads, mit ihren senkrecht aufgestellten Eichenstämmen, eher eine Ausnahmeerscheinung, die an die Stiftshütte und die altorientalischen Zeltbauten erinnert.<sup>115</sup>

Aus der plündernden Geschichte der Normannen entwickelte sich als diese das Christentum aufnahmen eine Vielzahl von Kirchenbauten aus Holz in Norwegen.<sup>116</sup> In der vorkarolingischen Zeit waren diese Stabs- und Mastenkirchen besonders stark durch England beeinflusst.<sup>117</sup> Diese folgten im Grundriss einem eindeutigen Stil, nämlich einem Hauptraum der etwas länger als breit war und durch die Säulenordnung in Seiten- und Mittelschiff eingeteilt wurde, woran sich, durch eine Wand getrennt, ein in die Länge gezogener Chor anfügte und durch eine halbrunde Apsis abgeschlossen wurde, wobei ringsherum ein Umgang lief, der zur Betonung der Kreuzform an den Seiten Vorbauten aufwies.

## DER MODERNE HOLZBAU

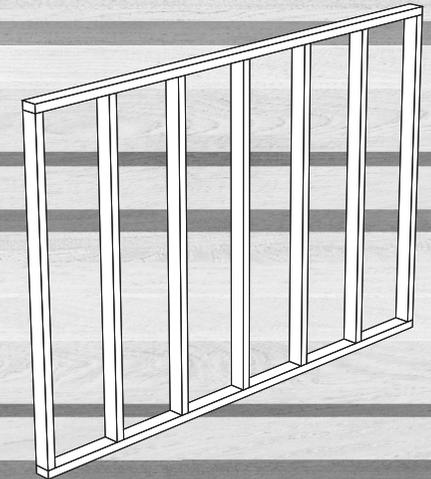


Abb. 8: Riegelbau

<sup>107</sup> Vgl. Koch 1994, 128.

<sup>108</sup> Vgl. Lehfelddt 2001, 95.

<sup>109</sup> Vgl. Koch 1994, 56.

<sup>110</sup> Vgl. Lehfelddt 2001, 96-97.

<sup>111</sup> Vgl. Mania 2004, 40.

<sup>112</sup> Vgl. Lehfelddt 2001, 97-98.

<sup>113</sup> Vgl. Lehfelddt 2001, 98.

<sup>114</sup> Vgl. Lehfelddt 2001, 98.

<sup>115</sup> Vgl. Lehfelddt 2001, 101.

<sup>116</sup> Vgl. Lehfelddt 2001, 105.

<sup>117</sup> Vgl. Koch 1994, 56, 138f.

Die vertikale Gruppierung, der von außen nach innen ansteigenden Körper, kulminiert im Glockenturm über dem Mittelraum, und sowohl den Turm des Chores, als auch den des Altarraumes überragt und auf die Holzbauweise des Riegelwerkes zurückzuführen ist.<sup>118</sup> Besonders war hier der Einsatz von Bögen, die nicht den steinernen Konstruktionen nachempfunden waren, sondern die Knieverbindungen abrundeten und gleichzeitig die Balken aussteiften, wodurch sie statt der reinen dekorativen Bestimmung eine konstruktive bekamen.<sup>119</sup> Deckenkonstruktionen waren im Unterschied zu den flachen oder Tonnengewölben, als Sparrenwerke im Kielverband, sichtbar im Inneren ausgebildet. Das Hängewerk wurde zum Sprengwerk und der Kehlbalken zum Spannriegel.<sup>120</sup> Die Pfettenkonstruktion ist der des Südens ähnlich, jedoch liegen diese nicht auf den Sparren auf sondern sind mit den Sparren verbunden.<sup>121</sup> In Süden und Mitte Frankreichs hielt sich das Gewölbe, doch im Norden nahm der normannische Dachverband Einzug, wurde künstlerisch jedoch nicht weiterentwickelt und nahm daher an Einfachheit zu, wodurch dieser in den privaten Fachwerkhäusern der Normandie, Burgund und Orléanais erhalten blieb.<sup>122</sup>

Im Gegensatz dazu, wurde der Holzbau in England künstlerisch außerordentlich weiterentwickelt, was auf deren Holzreichtum zurückzuführen war.<sup>123</sup> Bis zum elften Jahrhundert war Holz der primäre Baustoff für Kirchen und Burgen, als das Mauerwerk an Wichtigkeit gewann und diese schließlich aus Stein hergestellt wurden.<sup>124 125</sup> Hier entstanden beeindruckende Holzdachstühle mit Spannweiten von über 20 Metern.<sup>126</sup> Diese kamen sowohl im Profanbau, als auch in der Kirche vor und boten ein treffendes Spiegelbild der damaligen vorherrschenden Gefühlen. „Kräftig und aus dem Vollen geschnitzt, dabei ein wechselvolles Bild vorherrschender und untergeordneter Theile[sic] dargestellt, halten sie die richtige Mitte zwischen Feierlichkeit und Geselligkeit, zwischen nüchterner Berechnung und Phantasie[sic].“<sup>127</sup> Bis in das 13. Jahrhundert werden „cruck-constructions“ in den privaten Häusern, die zumeist nur einen Großraum aufwiesen, eingesetzt. Querbalken verbinden und fachen diese gebogenen Stämme oder crucks, die längs halbiert wurden und aufgestellt aneinandergesetzt werden, aus und bilden so die Dachkonstruktion eines großen Raumes für Mensch und Vieh.<sup>128</sup>

In Bezug auf das Bürgerhaus und Profanbauten hatten die Kreuzzüge maßgeblichen Einfluss auf den Holz und entwickelten sich in Deutschland, England und besonders in Frankreich, der Spitze der damaligen Architektur, weiter.<sup>129</sup> Alle Bauten dieser Länder entsprachen in ihrer Bauweise dem Riegelbau, wobei diese selten vollständig aus Holz errichtet wurden. In Frankreich war zumeist das Erdgeschoss massiv und in Deutschland wurden die Brandmauern zu den Nachbargebäuden ebenfalls zumeist aus Stein hergestellt. Eine architektonische Besonderheit sind die deutlich über die unteren Geschosse ragenden Saumschwellen mit bis zu 3,5m Überstand zum Erdgeschoss, welche definierend für diese Zeit waren, aber es mehrere Gründe gegeben haben soll, welche jedoch alle nicht vollständig schlüssig sind. Diese sind der Raumgewinn, der Abstand der Traufe zum Fuß des Gebäudes, der Schutz der unteren Konstruktionsteile, ein Gegengewicht gegen das Einbiegen der Zwischenbalken, den Schwierigkeiten bei der Fundamentierung entgegenzuwirken oder das ungleiche Setzen zu vermeiden.<sup>130</sup>

<sup>118</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 106-109.

<sup>119</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 113.

<sup>120</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 114f.

<sup>121</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 115.

<sup>122</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 119f.

<sup>123</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 120.

<sup>124</sup> Vgl. Khodakovsky/Skjold Lexau 2016, 38.

<sup>125</sup> Vgl. Koch 1994, 329-331.

<sup>126</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 124.

<sup>127</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 127.

<sup>128</sup> Vgl. Koch 1994, 353.

<sup>129</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 129.

<sup>130</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 131-138.

Bedingt durch das Aufkommen vieler neuer Städte in der Romanik des zwölften Jahrhunderts, entstand in Frankreich das französische Stadthaus, das sehr einfach und wirtschaftlich war und bis in das 16. Jahrhundert im Wesentlichen gleich blieb. Fachwerkbauten des 15. Jahrhunderts sind sogar heute noch erhalten.<sup>131</sup> Die Ornamentik hielt sich zu Anfang des zwölften Jahrhunderts noch sehr am Steinbau, der sehr lange gepflegt wurde an und fiel daher sehr einfach aus, wobei sich dieser später der Gotik aus Stein anpasste.<sup>132</sup> In der Renaissance sind dann keine wirklichen Fortschritte mehr feststellbar, außer dass Dimensionen wieder mehr Aufmerksamkeit bekamen und antike Elemente wieder eingesetzt wurden. Dies kann auf die geringen Holzvorkommen und die Unruhen und Kämpfe im Land zurückzuführen ist.<sup>133</sup>

In Deutschland war der Holzbau Mitte des 15. Jahrhunderts noch sehr simpel<sup>134</sup>, veränderte sich jedoch ab der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts mit der Renaissance und einer reicheren Ornamentik. Des Weiteren sind die Geschoßvorsprünge kleiner geworden und im Inneren ist die abnehmende Betonung der Hauptteile in Form der Verdrängung der mittelalterlichen Balkendecke durch die antike Kassettendecke zu bemerken. Der Steinbau fließt immer mehr in den Holzbau ein und mit der Zeit avanciert der imitierte Steinbau zum wahren.<sup>135</sup> Auskragungen fallen schließlich fast bis komplett weg, die Bretterfüllungen der früheren Periode verschwinden wieder und die Konstruktion rückt allmählich in den Vordergrund.<sup>136</sup>

In England nahmen die Ornamente im 16. Jahrhundert zu und bekunden so die Renaissance, erreichen aber nie die Pracht des deutschen Holzbaues. Gleich jenen lenkt sich der Fokus auf einen konstruktiven Charakter, der jedoch verspielt bleibt.<sup>137</sup>

## Die Blockbauweise

In den Alpen und den holzreichen osteuropäischen Ländern entwickelte sich die Blockbauweise, bei der Stämme der Länge nach übereinandergeschichtet werden und konstruktiv eigentlich wesentlich komplizierter ist, als der Riegelbau. Dieser hat zum Riegelbau einige Nachteile, wie den höheren Holzverbrauch, Gefahr der horizontalen Verbiegens, die Bewegungsmöglichkeiten der einzelnen Lager durch Schwinden des Holzes, die Dichte der Wand und das Verputzen.<sup>138</sup>

Wie auch schon früher erwähnt, unterscheidet sich auch die Wahl der Holzarten der slawischen Völker von denen des Westens und es wurden Fichte, Lärche, Kiefer und Tanne statt Eiche und Ulme eingesetzt. Selbst Gebäude für die höchsten Zwecke, wie Kirchenbauten, wurden in den östlichen Ländern Großteils aus Holz hergestellt, was auf den großen Waldreichtum zurückzuführen war.<sup>139</sup> Diese Kirchen waren sich trotz der konfessionellen Unterschiede von römisch-katholisch und griechisch-katholisch sehr ähnlich. Es gab einen quadratischen Vorraum, eine steile Treppe in die Empore des Hauptschiffes, welche gleichzeitig als Unterbau des Turmes diente. Der Vorraum wurde durch eine Wand von dem ebenfalls beinahe quadratischen Hauptschiff getrennt, welches dann ungetrennt bleibt. Die Orgelempore wird durch gedrehte Säulen getragen und der Chor springt beinahe um ein Viertel des Hauptschiffes ein. Um den Bau herum lief eine Vorhalle, die jedoch im Gegensatz zu den skandinavischen Kirchen keine konstruktive Berechtigung hatte und nur den Besuchern Schutz bot. In der Außenansicht war der Blockverband unten sichtbar und oben mit Brettern verkleidet, während der Innenraum für gewöhnlich ebenfalls verkleidet wurde.<sup>140</sup>

# DER MODERNE HOLZBAU

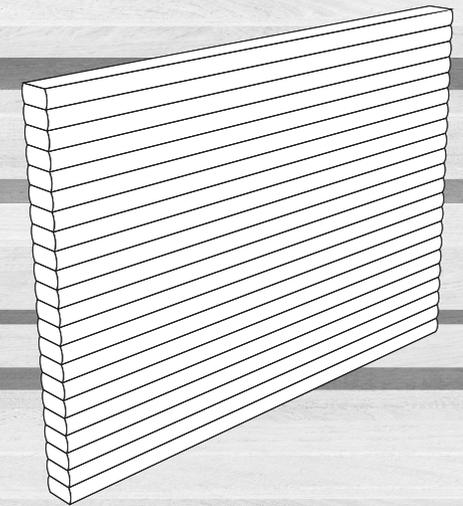


Abb. 9: Blockbau

<sup>131</sup> Vgl. Koch 1994, 351.

<sup>132</sup> Vgl. Lehfeltdt 2001, 140f.

<sup>133</sup> Vgl. Lehfeltdt 2001, 147.

<sup>134</sup> Vgl. Lehfeltdt 2001, 149.

<sup>135</sup> Vgl. Lehfeltdt 2001, 155-166.

<sup>136</sup> Vgl. Lehfeltdt 2001, 166.

<sup>137</sup> Vgl. Lehfeltdt 2001, 176-181.

<sup>138</sup> Vgl. Lehfeltdt 2001, 209f.

<sup>139</sup> Vgl. Lehfeltdt 2001, 213.

<sup>140</sup> Vgl. Lehfeltdt 2001, 214-216.

Wie eine großgeteilte Kassettendecke wirkten die ursprünglich flachen Decken und wie im Privatbau waren die darüber liegenden Dächer mit einer geringen Neigung. Der Turm, mit seinem Zeltdach und in Riegelbauweise, erhebt sich im Gegensatz zu seinem norwegischen Pendant über dem Vorraum und enthält die Glockenstube.<sup>141</sup>

Eine eigentümliche Erscheinung waren die frei stehenden Glockentürme.<sup>142</sup> Mehrfache Umbauten und Entstellungen fanden im Laufe der Zeit an den slawischen Kirchen statt. Mit Zwiebdächern statt den Zeltdächern ausgeführt, waren ähnliche Kirchen in Russland in der Blockbauweise anzutreffen.<sup>143</sup> In Russland entstanden im 17. Jahrhundert private Ziegelhäuser nach dem Vorbild von Holzbauten, da diese im Jahr 1712 in St. Petersburg verboten wurden. Diese waren zumeist dreigeschossigen mit zwei bis vier Zimmern beidseitig an einem zentralen durchgehenden Gang.<sup>144</sup>

Abweichend von den der slawischen Bauweise waren die Kirchen Ungarns, welche ebenfalls im Blockbau entstanden, aber in hoher technischer Vollendung aus dem Holz der Eiche entstanden.<sup>145</sup> Unter einem gemeinsamen Dach befindet sich der im Grundriss längliche rechteckige Grundriss, dessen Vorhalle über die ganze Breite geht, dann über das Prätur in das Senatorium führt, an welches dann als achteckiger Körper, mit einer Bilderwand getrennt, das Presbyterium anschließt.<sup>146</sup> Das Hauptdach wurde mit einem Hängewerk über dem Holzgewölbe gehalten, was etwas höher als jenes des Presbyteriums war, und trug auch den Glockenturm. Manchmal kamen noch weitere Türme vor, die alle eiserne Kreuze an den Firstenden besaßen.<sup>147</sup>

Der private Holzbau des Ostens ist nicht gut dokumentiert, jedoch lässt sich ein prägnanter Unterschied zu jenen Deutschlands erkennen. Der deutsche Holzriegelbau war geprägt von „steilen Dächern, hohen Giebeln, Thürmchen[sic], Erkern und Vorkragungen“<sup>148</sup> und der Blockbau von steilen Giebeln und erkerartigen Vorbauten. Unterdessen erinnerte der slawische Blockbau eher an die Bauart Tirols und der Schweiz, hatte aber erhebliche Unterschiede, wie die höheren Geschoße, steilere Dächer und schmalere Fenster. In der Regel besaßen sie Erd-, Ober- und Dachgeschoß, wobei, mit der Hilfe mehrere Stützen, im Erdgeschoß ein Vorplatz entstand, über dem sich die weiteren Geschoße befanden und in der Stadt so einen durchgehenden Laubengang erzeugten. Ein Hauptmerkmal im Kontrast zur Unregelmäßigkeit der deutschen Niederlassungen.<sup>149</sup> Eine Mischung von Blockbauweise im Erdgeschoß und Fachwerkbau mit steilen Giebeln in den Obergeschoßen ist keine Seltenheit.<sup>150</sup>

In Ungarn wurden die Gebäude ähnlich denen der Schweizer, im Erdgeschoß aus Stein und zwei mit Lauben überstehende weiteren Geschoße in Holz, aber einem wesentlich steileren Dach, ausgeführt.<sup>151</sup> Der Schweizer Holzbau, der eine eigene Architektur entwickelte, bediente sich sowohl der Block- als auch der Riegelbauweise und wird auch heute noch gepflegt.<sup>152</sup>

Dies fordert eine geographische Einteilung, denn im Norden und Westen der Schweiz wurde die Riegelbauweise betrieben, während in der Zentralschweiz ausschließlich die Blockbauweise eingesetzt wurde. Spätgotische Konstruktionen und Formen nahmen Ende des 16. Jahrhunderts Einzug und etablierten sich ab dem 17. Jahrhundert. Nur die Dachform wechselte von einem steilen Schindel- oder Ziegeldach zu einem flachen Schindeldach, das mit Steinen belastet war. Richtung Westen kommt dann zum Teil eine Mischbauweise von Block- und Riegelbau zum Einsatz, während im Süden der massive Stein aufkam.<sup>153</sup>

<sup>141</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 217.

<sup>142</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 218.

<sup>143</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 220.

<sup>144</sup> Vgl. Koch 1994, 386f.

<sup>145</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 220.

<sup>146</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 221.

<sup>147</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 223f.

<sup>148</sup> Lehfeldt 2001, 225.

<sup>149</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 226.

<sup>150</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 227.

<sup>151</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 228.

<sup>152</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 233.

<sup>153</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 233f.

Die Schweizer nutzten geschickte Holzverbindungen ohne Leim und Eisen und Maurerarbeiten an den erforderlichen Stellen, um so einen einfachen und sinnreichen Aufbau des Schweizer Hauses zu erreichen.<sup>154</sup> Der Ständerbauweise entsprechend wurden die Felder mit horizontalen Bohlen aus Holz oder wie es im Fachwerkbau der Deutschen üblich war mit Bruchstein in einem Mörtelbett ausgeführt.<sup>155</sup> Der Blockbau der Zentralschweiz bringt wie sonst keine andere Bauweise das Innere zum Ausdruck, da sich die Zimmer durch Vorstöße in der Fassade abzeichnen, was im Kontrast zum Riegelbau steht, der lediglich die Geschoßteilung verstärkt betont. Diese konstruktiven Vorstöße und Balken werden zur Unterstützung äußerer Konstruktionen wie Lauben oder einem weit ausladenden Dach genutzt.<sup>156</sup> Ein gemeinsames aller Schweizer Holzhäuser war die Betonung des Horizontalen in jeder Holzbauweise, genauso wie die Geschossüberstände.<sup>157</sup>

## Die industrielle Revolution

Einen neuen Schub an Popularität hatte der Holzbau durch die Holzrippenbauweise in Amerika, die im europäischen Fachwerkbau ihren Ursprung hatte. Industrielle Herstellungsmethoden und Standardisierungen der Baustoffe waren hierfür eine Voraussetzung und schließlich entstand um 1830 der von George Washington Snow entwickelte balloon frame, der Vorfertigungen ganzer Häuser erlaubte und dabei kostengünstig und qualitativ hochwertig war.<sup>158</sup>

Die industrielle Revolution führte ab 1850 dazu, dass Holz nicht mehr die erste Wahl als Baustoff war und weltweit der Vormarsch von Stahl und Beton begann.<sup>159</sup>

Anfang des 20. Jahrhunderts hauchte die Erfindung geleimter Holzträger von Otto Hetzer dem Baustoff Holz wieder Leben ein, die dadurch wesentlich größere Traglasten aufwiesen und Spannweiten von bis zu 40 Metern ermöglichten, dabei aber günstiger als andere Materialien waren. Ausgelegt für den deutschen Eisenbahnbau und bei der Weltausstellung 1910 in Brüssel entstanden unter anderen in der Schweiz eine Vielzahl großer Gebäude.<sup>160</sup>

In den 1920er Jahren legte Konrad Wachsmann im deutschen Lausitz durch Systematisierung und Vorfertigung den Grundstein für den industrialisierten Holzbau.<sup>161</sup> Seine Zeit bei der Christoph & Unmack AG, der damals größten Holzbaufirma Europas, war maßgeblich für die Entwicklung standardisierter Paneel-Systeme für Rahmenkonstruktionen, durch neue strukturelle Berechnungen und vordefinierte Maße. Dieses Modulare System ermöglichte, durch maximale Flexibilität mit minimalen individuellen Teilen, dem Kunden kreativ im Planungsprozess teilzunehmen. Niesky, in Deutschland und der Standort der Firma, entwickelte sich zum Zentrum des Holzbaues und baute mehrere hundert Privathäuser in der Stadt, von denen heute noch welche erhalten sind. Die Firma entwarf und baute Gebäude, sowohl für den privaten als auch den öffentlichen Sektor. Der aufstrebende Nationalsozialismus brauchte Barracken und Militärgebäude, derer sich die Firma, aufgrund der Möglichkeit diese schnell aufstellen und wieder abreißen zu können, annahm, welche später dazu dienen sollten Millionen zu quälen und zu töten. Dies führte dazu, dass weniger nichtmilitärische Gebäude gebaut wurden, während Wachsmanns jüdischen Wurzeln ihn dazu zwangen auszuwandern. Er landete in den USA und konnte dort an seine Erfolge in Deutschland anknüpfen. Zusammen mit Walter Gropius schufen sie ein komplett automatisiertes System zur Herstellung der Gebäudekomponenten dem General-Panel-System, welches auch Hetzerträger, oder Brettschichtholz genannt, nutzte. Viele der Grundprinzipien des heutigen Holzbaues

<sup>154</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 234f.

<sup>155</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 235.

<sup>156</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 240-242.

<sup>157</sup> Vgl. Lehfeldt 2001, 248.

<sup>158</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 454.

<sup>159</sup> Vgl. Koch 1994, 284.

<sup>160</sup> Vgl. Lennartz/Jacob-Freitag 2016, 13.

<sup>161</sup> Vgl. Lennartz/Jacob-Freitag 2016, 9.

## DER MODERNE HOLZBAU

sind auf die Entwicklungen und Ideen Wachsmanns zurückzuführen.<sup>162</sup> Die Forderung nach immer größeren Spannweiten führte dazu, die bisher reinen Zimmermannverbindungen des Holzbaues, neu zu entdecken. Der Einsatz von Brettschichtholz und tragenden Verbindungsmitteln ermöglicht Spannweiten von über 100 Metern. Einen wichtigen Part im heutigen Holzbau spielt das computerunterstützte Entwerfen, welches sowohl in der Berechnung als auch durch CNC-Maschinen hochpräzise und effiziente Holzkonstruktionen ermöglicht.<sup>163</sup> Aus Japan nahm zudem Bruno Taut viele Erfahrungen mit die den modernen europäischen Holzbau prägten. Schließlich brachten die Entstehung des Skelettbauens und die Loslösung von den traditionellen reinen Wandbauweisen eine Reformation des Holzbaues, die auf der, den neuen Standardisierungen, Vorfertigungs- und Montagetechniken beruhenden, Materialökonomie fußte.<sup>164</sup>

Dem modernen Holzbau sind heute eigentlich keine Grenzen mehr gesetzt und klimaneutrales und energieeffizientes Bauen machen ihn zu einem immer wichtigeren Baustoff.<sup>165</sup>

<sup>162</sup> Vgl. Lennartz/Jacob-Freitag 2016, 10-12.

<sup>163</sup> Vgl. Lennartz/Jacob-Freitag 2016, 13.

<sup>164</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 454.

<sup>165</sup> Vgl. Lennartz/Jacob-Freitag 2016, 14.

## 1.4. Materialität des modernen Holzbaues

Nachdem grundsätzliche Eigenschaften des Baustoffes analysiert und dessen Verwendung im Laufe der Geschichte erörtert wurden, ist es Zeit die Materialien der Moderne zu untersuchen, um dadurch ihre Relevanz für das Projekt zu eruieren. Gerade die Erfordernisse in puncto Akustik postulieren die vielen Eigenheiten des Materials zu bedenken und daher ist es notwendig diese auch in Bezug auf diese zu beurteilen.

Wenn ich von der Materialität der Moderne schreibe, handelt es sich um die Entwicklung neuer Holzwerkstoffe und Verbundbauweisen, die neue Potenziale eröffnen und von denen eine Auswahl betrachtet wird.<sup>166</sup>

### 1.4.1. Holzwerkstoffe

Konstruktiv hat es viele Neuerungen in der Materialforschung gegeben, jedoch haben sich viele kaum verändert. „Das Grundelement des aktuellen Holzbaus ist konsequenterweise die Platte, nicht mehr der Stab“<sup>167</sup> Andrea Deplazes formulierte mit dieser Aussage einen wesentlichen Schritt des modernen Holzbaues aus, der auch durch die Geschichte mitverfolgt werden kann und auf moderne Fügeverfahren zurückzuführen ist. Manche Aufbauten, Konstruktionsmethoden und Materialien bestimmen den modernen Holzbau so maßgebend, dass auf diese speziell eingegangen werden muss. Ihre Entstehung ist auf das Bestreben alle „wuchsbedingten Eigenheiten des Holzes zu minimieren und möglichst isotrope Eigenschaften zu entwickeln“<sup>168</sup> zurückzuführen. Man spricht von einer Vergütung des Holzes, dem natürliche Grenzen in der Größe gesetzt sind, die durch den Einsatz von Klebstoffen umgangen werden und in weiterer Folge gleichmäßigere Eigenschaften erzeugen.<sup>169</sup>

#### OSB

Die OSB-Platte wird aus Überresten der Herstellung von Sperr- und Furnierholz produziert und besitzt eine hohe Biegesteifigkeit, bei gleichzeitig niederen Kosten und ist seit den 1990ern in Europa etabliert, was den Holztafelbau von Amerika brachte.<sup>170</sup>

#### Brettsperrholzplatten

Brettsperrholzplatten hatten wohl den größten Einfluss, der im Aufheben der holztypischen Anisotropie und der Inhomogenität liegt. Hierfür wird eine ungerade Zahl von schlanken Brettern kreuzweise verleimt, deren Abmessungen nur durch den Transport limitiert werden. Weniger verbreitet sind Furnierschichtholz und Furniersperrholz, weisen aber ebenfalls eine hohe statische Leistungsfähigkeit, bei simpler Handhabung, auf. Dieser einfache Einsatz macht die von mir zuvor fundamentalen Grundkenntnisse des Materials beinahe obsolet.<sup>171</sup>

<sup>166</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 455.

<sup>167</sup> Vgl. Schittich 2016, 34.

<sup>168</sup> Vgl. Reinhardt 2010, 212.

<sup>169</sup> Vgl. Reinhardt 2010, 212.

<sup>170</sup> Vgl. Schittich 2016, 34.

<sup>171</sup> Vgl. Schittich 2016, 34.

## 1.4.2. Verbundbauteile

Genauso wie Holzwerkstoffe nutzen auch Verbundbauteile die positiven Eigenschaften von Holz und kombinieren diese mit anderen Baustoffen.

### Holz-Beton-Verbunddecken

Als Resultat des Baustoffmangels zwischen den Weltkriegen, entstand, die von Paul Müller entwickelte Holz-Beton-Verbunddecke, die die positiven Eigenschaften beider Materialien, wie Steifigkeit, Brand- und Schallschutz, bei gleichzeitiger Materialersparnis und Leichtigkeit, nutzte.<sup>172</sup> Gerade für ein Projekt bei dem der Schall- und Brandschutz eine so große Rolle spielt, wie es bei einer Musikschule ist, muss diese Konstruktionsart, die in diesen Bereichen positives Verhalten aufweist, in Betracht gezogen werden, was aufgrund des Detaillevels der Planung schlussendlich nicht gemacht wurde. Auch, dass Spannweiten von bis zu 10m geringere Aufbauhöhen erfordern als vergleichbare in Holz, macht diese für das Projekt zu einer erwägenswerten Option.<sup>173</sup>

### Brettstapeldecken

Ohne Leimverbindungen einzusetzen, innovierte man die jahrzehntelang bekannte, durch Nägel verbundene, Brettstapeldecke, mit Hilfe von stark getrocknete Hartholzdübeln, die schräg eingebohrt werden. Dadurch können hochbelastbare und schlanke Bauteile entstehen, die mit kosteneffizienten Brettern hergestellt sind.<sup>174</sup>

### Hohlkastendecke

Die Lasten werden bei Hohlkastendecken über einzelne Elemente abgetragen, die hierfür zusammenspielen. Durch beidseitige Plattenbeplankungen von stabförmigen Rippen mit Leim entstehen statisch wirksame Querschnitte mit reduzierter Bauteilhöhe, die wie bei Brettsperrholzplatten nur durch den Transport in ihrer Größe eingeschränkt sind.<sup>175</sup>

<sup>172</sup> Vgl. Schittich 2016, 34.

<sup>173</sup> Vgl. Dederich/Koch 2006, 29.

<sup>174</sup> Vgl. Schittich 2016, 34.

<sup>175</sup> Vgl. Schittich 2016, 34.

## 1.5. Holzbauweisen

Ein Bestreben des modernen Holzbaues ist, sich von den traditionellen Konstruktionsverfahren zu lösen und neue Wege einzuschlagen.<sup>176</sup> Die verschiedenen Bauweisen haben alle ihre Stärken, die es einzusetzen gilt und die aus der Geschichte hervorgehende Materialgebundenheit.

Prinzipiell ist zwischen dem zimmermannsmäßigen, der seit Jahrhunderten weitergegeben wird, und dem Ingenieurholzbau, der, wie aus der Geschichte hervorgeht, Ende des 19. Jahrhunderts entstanden ist, zu unterscheiden. Häufig wird, wie es das Thema der Begegnung auch schon fordert, der Holzbau mit anderen Bautechniken kombiniert.

Die Einteilungen der jeweiligen Bauweisen unterscheiden sich nach Quellen aufgrund der unterschiedlichen Ursprünge, Funktionsweisen und Konstruktionsprinzipien.

- Rahmenbauweise

  - Rippenbauweise

  - Tafelbauweise

    - Kleintafelbauweise

    - Großtafelbauweise

  - Raumzellenbauweise

- Skelettbauweise

  - Historischer Skelettbau

  - Fachwerkbau

  - Ingenieurmäßiger Skelettbau

- Holzmassivbauweise

  - Stabförmig

    - Blockbauweise

  - Plattenförmig

    - Brettstapelbauweise

    - Brettsperrholzbauweise

  - Neue Systeme

### 1.5.1. Massivbauweise

Relativ neu ist der Einsatz von flächigen Wand- und Deckenelementen aus massivem Holz und sind erst durch die modernen Herstellungsmethoden möglich.<sup>177</sup> Jedoch steht dies der historischen Herstellung aus einzelnen Stäben entgegen.

<sup>176</sup>  
<sup>177</sup>

Vgl. Schittich 2014, 13.

Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 493.

## Blockbau

In Kapitel 1.3 wurde die lange Tradition des Holzblockbaues bereits behandelt und dieser wird bis heute besonders in traditionellen Holzbauregionen, wie der Schweiz, Vorarlberg und Russland, noch immer praktiziert. Das Prinzip von Holzstämmen, die übereinandergeschichtet werden, entspricht den klassischen Wandbauweisen und kann daher mit diesen verglichen werden. Die Simplizität der Bauweise machte sie gerade in waldreichen Gegenden für die ersten Siedler, auch durch den geringen Arbeits-, Zeit- und Werkzeugaufwand, sehr wertvoll. Um die Wände an den Stößen dicht zu bekommen, wurden früher organische Materialien, wie Lehm und Moos, benutzt<sup>178</sup>, wohingegen heutzutage Nut-Feder-Verbindungen mit Dichtungsbändern eingesetzt werden. Gerade die Eckverbindungen, die formschlüssig ausgebildet wurden, sind für diese Bauweise charakteristisch und werden durch Verschränkung, der zu einem Viertel eingeschnittenen Baumstämme, ausgebildet. Je nachdem wie die Innenwände konstruktiv angelegt sind, ist es traditionell üblich, diese auch mit den Außenwänden zu verschränken, wodurch der Grundriss bereits von außen sichtbar wird. Ein Nachteil dieser Bauweise ist der hohe Materialaufwand, der aufgrund des geradlinigen Wuchses zumeist aus Nadelholz besteht, und die unflexible Grundrissgebundenheit. Wegen der besseren Dauerhaftigkeit wird die Schwelle manchmal aus Eiche hergestellt. Der Rest aus Lärchenholz, da dieses hier optimal funktioniert, denn es wird beim Altern immer härter und gleichzeitig schützt das austretende Harz gegen Schädlinge und Witterungseinflüsse. Beim Blockbau spielt das Holzschwinden eine große Rolle und muss daher immer, und besonders bei Einbauten wie Türen und Fenstern, berücksichtigt werden. Auch hier haben moderne Vorfertigungsmethoden eine Weiterentwicklung gebracht und erlauben passgenaue Verbindungen, die es nur mehr vor Ort zusammensetzen gilt.<sup>179</sup>

## Brettstapelbauweise

Zu den massiven Dickholz-Konstruktionen zählt sich die Brettstapelbauweise, bei der 15-30mm starke Bretterlagen kreuzweise miteinander verleimt werden und somit Elemente von bis zu 5 auf 20 Meter große Elemente hergestellt werden können. Diese werden auf der Decke aufgestellt und können bis zu vier Geschosse hoch als Außenwände ausgeführt werden, wobei die Decken mit Spezialkonstruktionen angeschlossen werden und, wie bei Massivholzkonstruktionen üblich, ist eine Außendämmung mit Witterungsschutz nötig. Durch eine Verklebung mit Keilzinken werden die über die gesamte Fläche des Elementes reichenden Bretter axial gestoßen, wobei zusätzlich noch Nägel und Holzdübel zur Verbindung eingesetzt werden. Hauptsächlich Einsatz sind Wände, Decken und Dach.<sup>180</sup>

## Blocktafelbauweise

Im Unterschied zur Brettstapelbauweise werden hier die Lagen so miteinander verleimt, dass ein Hohlraum bleibt, der dann zur Leitungsführung genutzt werden kann und besitzen Standardlängen von 2,5 beziehungsweise 3 Metern, wobei bis zu 18 Meter durch keilgezinkte Stoßverbindungen machbar sind. Um den Schallschutz zu verbessern besteht die Möglichkeit der Hohlraumfüllung mit Splitt oder schwerem Sand, was die gängigen Schallschutzanforderungen für Wohnungsdecken leicht erfüllt und womöglich so auch für ein Musikgebäude in Frage kommt.<sup>181</sup>

<sup>178</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 458.

<sup>179</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 460.

<sup>180</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 472.

<sup>181</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 473.

## 1.5.2. Skelettbauweise

Der Holzskelettbau hat sich parallel mit dem aus Stahl entwickelt und dessen Vorteile wie Ökologie und gutes Gewicht zu Tragfähigkeit Verhältnis bei guter Dämmung machen diesen trotz des nachteiligen Brand- und Schallschutzverhaltens immer attraktiver.<sup>182</sup>

### Skelettbau

Der Skelettbau wird von dessen Lastabtragung bestimmt, die komplett von den Stützen übernommen, somit eine Loslösung von der Hülle und strikten Grundrissen ermöglicht und durch ingenieurmäßige Verbindungen realisierbar wird. Hauptelemente des Skelettbaus in Holz sind die Stützen, Deckenträger und Unterzüge, wobei hier zwischen verschiedenen Konstruktionsprinzipien unterschieden werden muss.

Zum Ersten der Hauptträger auf der Stütze, wodurch Mehrfeldträger entstehen und Auskragungen von bis zu 1,5 Metern möglich sind und zumeist für eingeschossige Bauten genutzt wird. Hier können die Nebenträger sowohl auf den Hauptträgern als auch in deren Ebene installiert sein, um den Querschnitt zu reduzieren. Zu achten ist hier bei mehrgeschossigen Bauten auf die Quetschung des Hauptträgers, was zu einem erhöhten Konstruktionsaufwand führt. Bereits in den 60er Jahren galten Zangenkonstruktionen als Synonym für den Holzskelettbau, da diese alle Vorteile des Skelettbaus ausnutzt. Diese sind die Möglichkeit der Vorfertigung, einfache Konstruktionen und somit schnelle Montage, was diesen so populär machte. Schließlich stellen einachsige gespannte Riegelkonstruktionen die letzte Art des Skelettbaus dar.<sup>183</sup>

### Fachwerkbau

Eigentlich kann man den traditionellen Fachwerkbau weder der Skelett- noch der Wandbauweise zuordnen, da dieser, in seiner ursprünglichen Form, Lasten wandähnlich abträgt, während andere Konzepte sehr dem des Skelettbaus ähneln.<sup>184</sup> Die Grundelemente des Fachwerkbaus sind die vertikalen Ständer oder Stiele, die horizontalen Schwellen oder Rähm, die die vertikalen Abschlüsse unten beziehungsweise oben bilden, die Deckenbalken oder Bohlen, deren Spannweite mit ungefähr 5 Metern begrenzt war und den aussteifenden Diagonalen oder Streben, welche regional sehr unterschiedlich und manchmal auch dekorativ, ausgebildet waren. Die zimmermannsmäßige Holzbautechnik prägte den traditionellen Fachwerkbau maßgeblich mit seinen klassischen Verbindungen, die aber Querschnittsschwächungen mit sich brachten, die gerade durch das Quell- und Schwindverhalten des Holzes, zu noch größeren Problemen führten und so einen Nachteil dieser Bauweise aufzeigten. In den Bereichen der Gefache entstehen bauphysikalische Probleme, welche durch ausfüllen der Felder mit Holzgeflechten, Strohlehm oder Feldsteinen führte und später schließlich ausgemauert und verputzt wurden.<sup>185</sup>

Im modernen Fachwerksbau ist der damals schon vorhandene Raster von 1,25 auf 1,25 Metern erhalten geblieben, jedoch brachten ingenieurmäßige Verbindungen und ökonomischere Querschnitte, sowie Ausdämmungen der Gefache, mit einer zusätzlichen äußeren Dämmschichte, welche verputzt als Witterungsschutz dient, viele Neuerungen, die aber nur mehr wenig vom historischen Fachwerkbau zeigen.<sup>186</sup>

<sup>182</sup> Vgl. Hestermann/Rongen 2015, 254.

<sup>183</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 476ff.

<sup>184</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 460.

<sup>185</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 461.

<sup>186</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 462f.

### 1.5.3. Rahmenbauweise

Bei der Rahmenbauweise werden die Vertikallasten der Geschosse von einem stabförmigen Gerippe abgetragen, wobei eine Beplankung jener die Gebäudeaussteigung und somit die horizontalen Lasten übernimmt. Diese Wände haben somit sowohl die konstruktive Aufgabe der Lastabtragung als auch eine raumbildende. Standardisierungen und eine einfache Beschaffung von Materialien.<sup>187</sup>

#### Holzrahmenbau

Wenn man vom modernen reinen Holzbau spricht, handelt es sich zumeist um den Holzrahmenbau, welcher, wie aus der Historie bereits hervorgeht, eine Weiterentwicklung des europäischen Fachwerkbaues in Amerika ist, der seit dem Ende der 70er Jahren auch in Mitteleuropa wieder an Popularität gewinnt.<sup>188</sup> Für dessen Leistungsfähigkeit spricht zudem die Nutzung im Wohnbau Skandinaviens und Nordamerikas seit über 170 Jahren.<sup>189</sup>

Als aktueller Standard des Holzbaues besteht dieser aus drei wesentlichen Elementen, dem namensgebenden Rahmen, der Beplankung, die die aussteifende Funktion übernimmt, und dem Zwischenraum, der zumeist ausgedämmt wird und wesentlich zu den schall- und wärmedämmenden Eigenschaften beiträgt. Ursprünglich waren Stahlnägel das einzige Verbindungsmittel und durch begrenzte Angebote an modular gestaffelten Holzquerschnitten konnten extrem sparsame Bauwerke in Hinsicht auf das Material entstehen.<sup>190</sup> Ein prägender Aspekt dieser Bauweise, der definierend für dessen Ökonomie ist, ist das Einsetzen von Rastern bei der Fertigung, um so kosteneffiziente und gleichzeitig flexible Elemente herzustellen. Von den Plattenabmessungen leiten sich 1,25m und 2,5m vom Ständerrastermaß 625mm ab, die selbst zumeist eine Breite von 60mm aufweisen. Als Stand der Technik gilt die diffusionsoffene Bauweise bei der die Holzwerkstoffplatte innenseitig gleichzeitig luftdichte und dampfbremse Charakteristiken aufweist. Diese besitzt ein so großes Austrocknungsvermögen, dass eine Dampfsperre nicht benötigt wird, ohne das Risiko von Tauwasser zu erhöhen, bei gleichzeitigem Verzicht auf chemische Schutzmaßnahmen.<sup>191</sup> Ein großer Vorteil ist beim Holzrahmenbau auch die beinahe vollständige Vorfertigung, die nur durch den Transport in ihrer Größe limitiert wird.<sup>192</sup>

Die positiven Eigenschaften gerade in Hinblick auf die Wärmedämmung und auch das Potenzial, hinsichtlich erhöhtem Schallschutz durch mehrschichtige Aufbauten, machen den modernen Holzrahmenbau zu einer favorisierten Bauweise für das Projekt. Ein zusätzlicher Pluspunkt ist, dass dieser wenig kompliziert ist und insgesamt als ökonomisch angesehen werden kann.<sup>193</sup> Maßnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes sind zum Beispiel Installationsebenen, die bei dem Projekt vorgesehen sind und Doppelständer, deren Verwendung zwischen den Proberäumen sinnvoll ist, wodurch Werte von  $R_{w,R} < 50\text{dB}$  erreicht werden.<sup>194</sup>

<sup>187</sup> Vgl. Leitner 2011, 7.

<sup>188</sup> Vgl. Dederich 2009, 10f.

<sup>189</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 464.

<sup>190</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 464.

<sup>191</sup> Vgl. Dederich 2009, 25f.

<sup>192</sup> Vgl. Hestermann und Rongen 2015, 2017.

<sup>193</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 465.

<sup>194</sup> Vgl. Dederich 2009, 100.

## Balloon Framing

Der Balloon Frame stellt, wie in Kapitel 1.3 bereits erwähnt, die älteste Form des Holzrahmenbaus dar. Konstruktiv reichen die Rippen hier über zwei Geschosse, wobei die Träger der Decke durch in die Rippen eingelassene stehende Bohlen getragen werden. Übliche Spannweiten betragen in etwa 4-5 Meter, deren Lasten von den Rippen abgetragen werden. Konstruktiv ähnelt diese Bauweise mehr der Ständerbauweise als der des Holzrahmenbaus. Mit dieser Technik wurden die ersten vorgefertigten Bauteile ausgeliefert.<sup>195</sup> Durch die über zwei Geschosse reichenden Rippen können gerade in den Stegbereichen die Wärmebrücken minimiert werden<sup>196</sup>, was durch eine winddichte Hülle des Gebäudes schließlich dem Namen Balloon gerecht wird. Die Begrenzung auf maximal zwei Geschosse macht diese Bauweise für das Projekt aber nicht erstrebenswert.<sup>197</sup>

## Platform Framing

Das Platform Framing ist die etwas jüngere Form und ist strukturell dem traditionellen Fachwerkbau, mit geschossweisen Konstruktionen, ähnlich. Die Deckenträger werden hier auf einen zusätzlichen Rähm aufgelegt und durch einen Stirnbalken, gegenüber dem Kippen, gesichert. Schließlich werden die Wände des nächsten Geschosses auf die oberseitig vollständig beplankten Deckenträger aufgesetzt.<sup>198</sup> Dadurch können die Vorteile bei der Montage mit den bauphysikalischen des Balloon Framings kombiniert werden.<sup>199</sup>

## Holztafelbau

Der Holztafelbau stellt eine Abwandlung des Holzrahmen- und Holzrippenbaus dar, der auf Vorfertigung in geschützten Umgebungen beruht und somit Fehlerquellen minimiert, bei gleichzeitig hoher Qualität, Demontierbarkeit, Zeitersparnis und somit Wirtschaftlichkeit. Die frühere Limitierung, auf zwei Geschosse durch den normativen Brandschutz, ist nicht mehr aktuell und es entstehen immer mehr mehrgeschossige Bauten in dieser Bauweise. Bei der Tafelgröße wird zwischen Klein- und Großtafeln unterschieden, welche Längen von ein bis 1,25m und bis zu 10 Metern respektive aufweisen, wobei bei letzterem die Verringerung von Stoßfugen und Dickholzkonstruktionen neue Anreize bieten.<sup>200</sup> Die Wände werden schließlich direkt auf den Decken oder Sockeln verankert und können als Außenwände hinterlüftet sein, was so eine zusätzliche stehende Luftschicht wirksam macht und auch bei dem sommerlichen Wärmeschutz Vorteile bringt.<sup>201</sup>

<sup>195</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 464.

<sup>196</sup> Vgl. Hestermann/Rongen 2015, 217.

<sup>197</sup> Vgl. Dederich 2009, 28.

<sup>198</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 464f.

<sup>199</sup> Vgl. Dederich 2009, 28.

<sup>200</sup> Vgl. Moro u.a. Konzeption 2009, 470f.

<sup>201</sup> Vgl. Hestermann/Rongen 2015, 214.

## 1.5.4. Mischformen

Kombinationen aus nicht tragenden und tragenden Holzbauteilen werden als Mischbauweisen bezeichnet. Die wohl bekannteste Form bilden hier wohl tragende Außenwände aus Holz mit mineralischen Massivbauinnenwänden, die der Aussteifung dienen.<sup>202</sup> Ein Prinzip welches für das Projekt in Erwägung gezogen wurde, da Beton einen sehr guten Brandschutz bietet und so auch als aussteifendes Element gerade im zentralen Erschließungsbereich und somit auf den Fluchtwegen äußerst funktionell eingesetzt werden kann.

Grundsätzlich gibt es viele verschiedene Formen wie die geschossweise Mischform, wo zum Beispiel der Sockel in Massivbauweise hergestellt wird, eine sektionale, wo nur die Erschließungszone massiv errichtet wird wie es bei dem Projekt der Fall ist, eine getrennte massive Tragstruktur oder Bauteile und Materialien in anderen Bauweisen.<sup>203</sup>

Das Musikhaus Röthis von Cukrowicz Nachbar Architekten ist ein Beispiel dafür, dass der reine Holzbau auch Grenzen hat. Gerade die speziellen Anforderungen hinsichtlich des Schallschutzes bei dem Projekt machen eine Mischbauweise für den Baukörper sehr attraktiv und eröffnen das Beste von allen Materialien zu nutzen, ohne sich auf eines dieser festzusetzen.<sup>204</sup>

## 1.5.5. Vorfertigung

Bei der Vorfertigung geht es vor allem um Effizienz, welche von der Materialwahl und den Dimensionen definiert wird. Daraus kann man folgern, dass der Einsatz eines Rasters bei der Planung essenziell ist und somit möglichst früh ein solcher implementiert werden soll. Aufwendige Aufbauten können jedoch so leicht hergestellt werden, was eine Stärke des Holzbaues ist.<sup>205</sup> Vorteile einer Vorfertigung sind vor allem die Qualität durch eine witterungsunabhängige Fertigung mit dementsprechender Kontrolle, verkürzte Montagedauern auf der Baustelle mit den einhergehenden Problemen wie Lautstärke und Verkehr, eine Reduktion der Kosten und der Abfälle auf der Baustelle.<sup>206</sup> Bei den Fertigungsprozessen kommt die moderne EDV-Technologie voll zum Zug und ermöglicht Abbundanlagen die völlig automatisiert sind, was die betrieblichen Abläufe revolutionierte und in Bezug auf Präzision neue Maßstäbe setzte.<sup>207</sup> Zimmermannsmäßige Verbindungen durchlaufen beinahe eine Renaissance, profitieren aber auch von neuen Technologien, die alle Limitierungen durch CNC-Fräsen aufheben.

<sup>202</sup> Vgl. Dederich/Koch 2006, 6.

<sup>203</sup> Vgl. Dederich/Koch 2006, 14-18.

<sup>204</sup> Vgl. Schittich 2014, 20f.

<sup>205</sup> Vgl. Leitner 2011, 9f.

<sup>206</sup> Vgl. Leitner 2011, 9.

<sup>207</sup> Vgl. Schittich 2016, 36.

## 1.5.6. Resümee der Holzbauweisen

Da ein ökonomischer Faktor stets relevant ist, musste eine traditionelle Massivholzbauweise grundsätzlich ausgeschlossen werden. Neue Techniken wie KLH (Kreuzlagenholz) waren eine Option, jedoch wie im Kapitel 2.2 analysiert wurde, ist ein gehobener Schallschutz, wie er für eine Musikschule und Orchesterproberäume gefordert ist, nicht mit einschichtigen Bauteilen zu gewährleisten. Somit kristallisierte sich hauptsächlich der Holzrahmenbau als am performanteste Bauweise heraus. Jedoch gerade im Deckenbereich könnte eine Verbunddecke mit Beton genau den erhöhten Anforderungen für den Schallschutz entsprechen, was es schließlich zu analysieren gilt. Gerade auf Fluchtwegen kann der Brandschutz problematisch werden, da eine vertikale Erweiterung des Gebäudes mit einem Konzertsaal erhöhte Maßnahmen erfordert, wobei diese durch ein Stiegenhaus in Betonbauweise sehr einfach bewältigt und gleichzeitig für die nötige Aussteifung des Baukörpers gesorgt werden kann.

## 1.6. Pleonasmus der Ökologie

Holz gilt als ökologischster Baustoff, obwohl dies für Matteo Thun ein Pleonasmus und somit das Material des 21. Jahrhunderts ist.<sup>208</sup> Durch die Politik ist ein weltweites Umdenken in Bezug zu Ökologie entstanden, dass durch die klaren Zeichen eines menschengemachten Klimawandels entstand. Die grundlegenden ökologischen Qualitäten von Holz, die sich in leichten Bauten mit guten Wärmedämmeigenschaften niederschlugen, werden durch regenerative Grundzüge unterstrichen. Des Weiteren können durch kurze Transportwege durch heimische Hölzer noch mehr Ressourcen geschont und gleichzeitig die Forstwirtschaft angetrieben werden.<sup>209</sup> In Hinsicht auf die Kosten konnte ein Holzbau in kürzerer Zeit und mit einer Kostenersparnis von 3% im Vergleich zu einem ähnlichen in mineralischer Bauweise werden, was somit auch das Argument höherer Kosten falsifiziert.<sup>210</sup> Wenn man den Ökoindex OI3 genauer betrachtet, der in Österreich zur Bewertung von Bauwerken in Hinsicht auf deren ökologische Qualität eingesetzt wird, erreichen Holzaufbauten beinahe einen halb so hohen Wert wie vergleichbare Aufbauten anderer Materialien, wobei ein niedrigerer Wert besser ist.<sup>211</sup> Auch wenn es um das Klima geht, können Holzbauten, da Holz CO<sub>2</sub> für etwa 33 Jahre speichert, einen enormen Beitrag leisten.<sup>212</sup>

<sup>208</sup> Vgl. Schittich 2014, 8.

<sup>209</sup> Vgl. Schittich 2016, 34.

<sup>210</sup> Vgl. Leitner 2011, 41.

<sup>211</sup> Vgl. Leitner 2011, 44ff.

<sup>212</sup> Vgl. Leitner 2011, 50.

## 1.7. Planungsregeln zum Holzschutz

Der Schutz von Holz ist alleine durch den richtigen Einsatz zu bewerkstelligen. Wie bereits im Kapitel 1.1 bereits erwähnt stellt Feuchtigkeit den wohl größten Einflussfaktor dar. „Das Bauen ist ein ständiger Kampf mit dem Wasser“<sup>213</sup>, was gerade in Bezug auf den Holzbau umso mehr zutrifft.

- Der Schutz vor Spritzwassern erfordert, dass Konstruktionen aus Holz mindestens 30cm über der Geländekante liegen.<sup>214</sup>
- Fassaden mit einer Holzoberfläche sollen hinterlüftet sein, wobei eine vertikale Lattungsebene immer hergestellt und daher bei vertikalen Brettern unter der horizontalen Lattung eine vertikale Konterlattung angebracht werden muss.<sup>215</sup> Sind sie das nicht muss die äußere Bekleidungsschicht luftdurchlässig und dementsprechend die wasserableitende dahinter angebracht sein.<sup>216</sup> Diese Schicht hat eine Mindeststärke von 2cm zu betragen und eine dementsprechend große Belüftungsöffnung von 50cm<sup>2</sup> pro Meter, oder bei einer reinen Belüftung 100cm<sup>2</sup> pro Meter, ist zu wählen.<sup>217</sup>
- Ein weiterer Punkt direkter Feuchtigkeit durch Witterung ist Schlagregen, der durch entsprechende Dachüberhänge oder verputzen vermieden werden kann. Sollte dies mit dem Dachüberstand erreicht werden, darf der Winkel von der Unterkante des Gebäudes zu der Außenkante des Dachvorsprunges höchstens 60° betragen.<sup>218</sup>
- Wasser auf hölzernen Oberflächen muss ungehindert ablaufen können und darf auf keinem Fall auf diesen stehen bleiben. Bei tragenden Bauteilen ist besonders auf die Stirnflächen zu achten, die es vor der Aufnahme von Feuchtigkeit zu schützen gilt.<sup>219</sup>

## 1.8. Resümee des modernen Holzbaus

Das Baumaterial Holz ist in seinen Anwendungsmöglichkeiten uneingeschränkt und kann mit dem ökologischen Umdenken der Gesellschaft einen enormen Vorteil gegenüber anderen Materialien herauschlagen. Der richtige Einsatz macht Holz sowohl im Außenbereich als auch im Innenbereich kompromisslos verwendbar und ist dabei der wohl einzige nachhaltige Baustoff, der bei optimierten Abläufen sogar eine positive Treibhausbilanz aufweist. Durch einen enorm fortschrittlichen und mittlerweile ausgereiften Vorfertigungsgrad können hocheffiziente, präzise und gleichzeitig verhältnismäßig günstige Bauteile entstehen, die sowohl den höchsten Brand- als auch Schallschutzanforderungen von Wohnhochhäusern nachkommt. Die große Flexibilität im Einsatz von Holz brilliert in Misch- und Verbundkonstruktionen und kann so die besten Eigenschaften verschiedener Baustoffe miteinander kombinieren. Dieser traditionelle und lebende Baustoff ist der Baustoff der Zukunft, denn „Holz ist Leben.“<sup>220</sup> und „Alles wirkliche Leben ist Begegnung.“<sup>221</sup>

<sup>213</sup> Erler 2012, 50.

<sup>214</sup> Vgl. Erler 2012, 51.

<sup>215</sup> Vgl. Erler 2012, 88.

<sup>216</sup> Vgl. Erler 2012, 90.

<sup>217</sup> Vgl. Bühler/Niedermeyer 2015, 49.

<sup>218</sup> Vgl. Bühler/Niedermeyer 2015, 22.

<sup>219</sup> Vgl. Erler 2012, 52.

<sup>220</sup> Jodidio 2013, 26.

<sup>221</sup> Buber 1995, 12.

## Holz=Begegnung.

Auch wenn dies nicht für Architektur gilt.

„Architektur ist nicht das Leben. Architektur ist Hintergrund. Alles andere ist nicht Architektur.“<sup>222</sup>

Hermann Czech, österreichischer Architekt

## 2. Projektakustik

Der leichte Baustoff Holz erfordert besondere Maßnahmen um schallschutztechnischen Aspekten nachkommen zu können und dies wird besonders in Bezug auf das Projekt klar, wo sehr hohe Anforderungen auftreten, die mit keinen gängigen Standardaufbauten erreicht werden. Auch in Hinblick auf die Raumakustik sind durch theoretisches Vorwissen alle Aspekte zu berücksichtigen, was gerade bei Räumen für musikalische Nutzungen mehrere Gründe hat.

### Lautstärke

Ein bestimmender Faktor hier ist die erhöhte Dauerschallbelastung von Musikern während des Übens, die zwischen 85 und 95dBA und somit im gehörgefährdenden Grenzbereich liegt.<sup>223</sup> Bei Schlagzeugern sind Werte von 105dBA am Ohr und bei Violinisten auf der Instrumentenseite 95dBA gemessen worden, wobei Spitzen hier sogar 20 dB höher liegen können.<sup>224</sup> In großen Musikproberäumen können auch mehr als 100dB überschritten werden.<sup>225</sup> Daraus ist abzuleiten, dass sowohl für die Musiker im Raum selbst, als auch für jene in den anschließenden Räumen Maßnahmen zur Schallpegelminderung getroffen werden müssen. Maßnahmen an der Schallquelle sind für die musikalische Entwicklung von Musikschülern kontraproduktiv, da diese, starke klangliche Veränderungen hervorrufen und das Erlernen des kritischen Hörens eines Musikers wesentlich beeinflussen können, welches es für Musikschüler zu priorisieren gilt.<sup>226</sup> Somit haben Räume mit Nutzungen wie Musikunterricht oder Proben höchste Anforderungen an den Schallschutz von außen.<sup>227</sup>

Ein Störpegel, der im Kapitel 2.1.1 behandelt wird, kann aufgrund des dynamischen Darbietungslautstärkepegels Klangpassagen verdecken, da Instrumentalsolisten bei leisen Stellen nur 25-30dB, Orchester circa 65dB, Chöre 26dB, Sprecher 40dB und solistische Sänger 50dB erreichen.

### Resümee & Ziele

Geeignete Techniken für besseren Schallschutz und Akustik erfordern spezielles Wissen, welches fundamentale Kenntnisse übersteigt, somit zu verstehen und dann in die Architektur zu übersetzen gilt, wobei ein wirtschaftlicher Hintergedanke immer präsent ist. Im Laufe des Projektes wurde immer wieder ein Konzertsaal in Betracht gezogen, weshalb sich die folgenden Kapitel auch mit großen Räumen für Musik inklusive Zuhörerraum auseinandersetzen.

<sup>223</sup> Vgl. Billeter/ Hohmann 2002, 73.

<sup>224</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 359f.

<sup>225</sup> Vgl. Egan 2007, 243.

<sup>226</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 361.

<sup>227</sup> Vgl. Meyer/Hansen 2009, 256.

## 2.1. Architekturakustik

Zum einen definiert sich Akustik in der Physik als die Lehre von den Tönen und dem Schall. Zum anderen als die Raumeigenschaften in Bezug auf dessen klangliche Wirkung.<sup>228</sup>

Eine auditive Kommunikation durchläuft grundsätzlich immer eine Übertragungskette, die im einfachsten Fall aus einer Schallquelle, einem Medium und einem Empfänger besteht.<sup>229</sup> „Als Schall bezeichnet man Störungen eines mechanischen Gleichgewichts, welche sich als Schwingungen durch ein physikalisches Medium fortpflanzen.“<sup>230</sup> In fluiden Medien können nur Druckwellen oder wie sie auch genannt werden, Longitudinalwellen, entstehen, wohingegen in Festkörpern andere Wellenformen wie Biegewellen möglich sind. Wellentyp und das Medium selbst bestimmen dann die Ausbreitungsgeschwindigkeit, die Schallgeschwindigkeit, die bei Fluiden frequenzunabhängig ist. Die Wellenlänge wird mit einem vollständigen Zyklus, einer Sinuswelle, bemessen und die Frequenz bestimmt die Anzahl der Wiederholungen pro Sekunde, wodurch ein Geräusch oder bei gleichbleibender Frequenz ein Ton entsteht, wobei beide von der Schallgeschwindigkeit definiert werden. Überlagerungen mehrerer Schwingungen erzeugen somit Klänge.<sup>231</sup> „Schallwellen sind dem atmosphärischen Luftdruck überlagerte Wechseldrücke, die als Schalldruck bezeichnet werden“<sup>232</sup> und bestimmen die Lautstärke in der Schall vom menschlichen Gehör wahrgenommen wird.<sup>233</sup> Der Wahrnehmungsbereich des Menschen von Hörschwelle zu Schmerzgrenze ist enorm groß, wodurch der in der Physik eigentlich nichtexistierende Wert des dezi-Bell (dB) für den Schalldruckpegel eingeführt wurde, dessen Bezugswert die Hörschwelle ist.<sup>234</sup> Aus den Formeln lässt sich ableiten, dass bei der Summierung zweier Pegel, wobei einer dieser 10 dB weniger aufweist, dieser keinen Einfluss hat und das bei zwei gleichen Pegeln eine Erhöhung von 3 dB entsteht. Ein weiterer wichtiger Wert sind die Dauerschallpegel, die zeitabhängig und prozentuelle Einstufungen für den Schallpegel ergeben.<sup>235</sup> Das menschliche Gehör operiert nur in einem bestimmten Frequenz- und Schalldruckbereich, der aber von Personen unterschiedlich und altersabhängig ist. Diese sogenannte Hörfläche reicht von 16 Hz bis 20 kHz, die nach oben durch die Schmerzgrenze und nach unten durch die Hörschwelle begrenzt wird, die wiederum frequenzabhängig und des Weiteren schalldruckabhängig sind. Daraus resultiert, dass nach Frequenz unterschiedliche Schalldrücke erforderlich sind, um diese gleich wahrzunehmen, da unser Gehör im Bereich von 2 kHz bis 5 kHz den geringsten benötigt.<sup>236</sup>

<sup>228</sup> Vgl. Mommertz 2012, 7.

<sup>229</sup> Vgl. Weinzierl 2008, 1.

<sup>230</sup> Weinzierl 2008, 18.

<sup>231</sup> Vgl. Häupl u.a. 2013, 423f.

<sup>232</sup> Häupl u.a. 2013, 324.

<sup>233</sup> Vgl. Häupl u.a. 2013, 324.

<sup>234</sup> Vgl. Häupl u.a. 2013, 426.

<sup>235</sup> Vgl. Häupl u.a. 2013, 427.

<sup>236</sup> Vgl. Häupl u.a. 2013, 432f.

## PROJEKTAKUSTIK

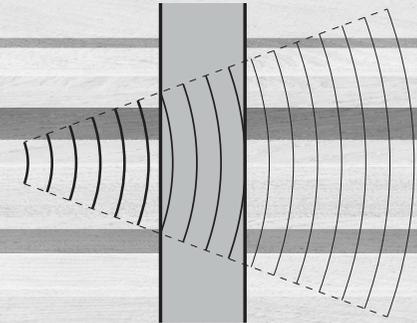


Abb. 10: Schalltransmission

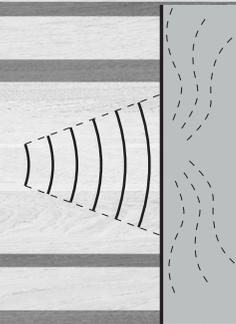


Abb. 11: Schallabsorption

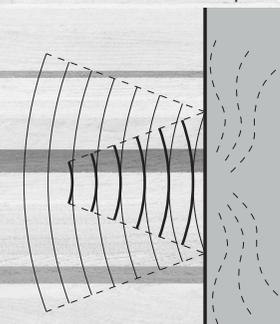


Abb. 12: Schallreflexion

## 2.1.1. Bauakustik

Hier ist der Schallschutz von Belastungen außerhalb des Gebäudes und unter den Räumen im Inneren separaten Räumen befinden.<sup>237</sup>

Der grundsätzliche Aspekt der Bauakustik ist die Schalltransmissionen über Bauteile auf einen ökonomisch und technisch vertretbaren Wert zu reduzieren. Dies funktioniert in Bauteilen entweder über eine große Masse oder durch mehrschalige Bauteile mit unterschiedlich in Schwingung versetzbare Schichten, die sich unter optimalen Bedingungen gegenseitig dämpfen. Über Schallnebenwege kann an berührenden Bauteilen ebenfalls Schall in andere Räume übertragen werden und erfordern daher besondere Lösungen. Für Bauakustik sind ist der Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 3150 Hz am relevantesten, jedoch zählt immer das subjektive Hörempfinden, welches wie zuvor auch schon erwähnt frequenzabhängig ist.<sup>238</sup>

Die Differenz zweier durch ein Bauteil getrennter Schallpegel, nämlich dem des Senders und des Empfängers, kann annähernd als Luftschalldämmmaß herangezogen werden, der dann mit dem Schalldämmmaß  $R$  bezeichnet wird. Hier fließen schließlich die Werte der vom Empfangsraum bestimmten Schallabsorption und die Fläche des Bauteiles ein. Die Schallnebenwege werden mit dem Wert des Bauschalldämmmaßes  $R'$  definiert und wie alle Schalldämmmaße ist dieser aufgrund seiner Frequenzabhängigkeit in entsprechenden Diagrammen darzustellen. Um nun einen Mittelwert zu erhalten, da ein arithmetisches Verfahren aufgrund der selektiven Wahrnehmung unseres Ohres nicht sinnvoll ist, wurde das bewertete Schalldämmmaß  $R_w$  implementiert. Eine Bezugslinie in Kombination mit einem normierten Verfahren wird genutzt, um einen Mittelwert bei 500 Hz zu ermitteln, was bei bauüblichen Schallnebenwegen dasselbe ist und das bewertete Schalldämmmaß  $R'_w$  ergibt.

Um eine gute Schalldämmung zu erreichen sind wie bereits erwähnt gibt es grundsätzlich zwei physikalische Prinzipien.

### Einschalige Systeme

Bei einschaligen Bauteilen kann eine gute Schalldämmung über eine große flächenbezogene, gleichmäßige und ohne Variationen in der Bauteilstärke, Masse oder eine geringe Biegesteifigkeit erreicht werden. Eine Verdoppelung der Masse erreicht vereinfacht eine Differenz von 7 bis 8 dB, die aber nicht proportional mit der Schalldämmung läuft, da der Einfallswinkel des Schalls eine große Rolle spielt. Dies ist auf die räumliche Resonanz zurückzuführen, deren Ursprung im Aufprall der Schallwellen auf die, in Abhängigkeit von Steifigkeit und Masse schwingende, Bauteiloberfläche auftritt. Sind diese synchron tritt eine Schwingungsverstärkung auf, was eine Verschlechterung der Schalldämmung erwirkt und auch Spuranpassungseffekt genannt wird. Die niedrigste dieser Frequenzen wird Koinzident-Grenzfrequenz  $f_g$  genannt. Wenn nun Frequenz und Schalldämmmaß in eine Beziehung zueinander bei eben genau dieser gesetzt werden, ergibt sich das Dämmungsminimum. Hier kommen auch die ersten Probleme von Holz, dass eine suboptimale Mischung an geringer Masse und hoher Steifigkeit aufweist, welche in Hinblick auf die Statik und Wärmedämmung ja so positiv ist.<sup>239</sup>



Abb. 13: einschaliger Aufbau

<sup>237</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 550.

<sup>238</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 553f.

<sup>239</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 164.

Wichtig hier ist, dass der Grenzwert der Bauteile außerhalb oder an den Enden des Spektrums des für den Menschen empfindlichen Frequenzbereiches liegt, wie biegesteife und schwere Betonplatten deren Wert bei 100 Hz liegt oder deren Eigenschaften Disparität, einer Gipskartonplatte, mit 3000 Hz, wodurch keine prägnanten Störungen auftreten. Problematisch sind somit Platten die sowohl biegesteif, als auch leicht sind und dem man entgegenwirkt, indem man diese entweder in mehrere Platten mit geringerer Stärke, bei gleicher Masse, aufteilt und lose aufeinanderstapelt oder diese mit Schlitzern versieht und somit die Biegesteifigkeit reduziert.<sup>240</sup>

Als Grenze für einschalige Bauteile werden 55dB angesehen, was andere Methoden als Erhöhung von Masse und Biegesteifigkeit erfordert.<sup>241</sup>

## Mehrschichtige Aufbauten

Jetzt kommen wir auch schon zur zweiten Methode der Schalldämmung und zwar mehrschichtigen Aufbauten. Denn Leichtbaukonstruktionen, wie Holzbalkendecken, brauchen aufgrund ihrer schlechten Tritt- und Luftschalldämmung zusätzliche Maßnahmen, wie die Steigerung der Masse durch biegeweiche Schalen, wie Sandschüttungen oder schwere künstliche Steine. Als doppelte Schalensysteme werden sowohl nur lose, oder nicht miteinander verbundene Schalen, als auch Rippensysteme, die beplankt sind, bezeichnet, deren Hohlräume zumeist mit Dämmstoffen ausgefüllt werden, denn dies dient sowohl als Wärme-, als auch Schallschutz. Im Gegensatz zu einschaligen Systemen wird die Schallenergie nicht durch Schwingungsträgheit reduziert oder gar negiert, sondern durch ein Masse-Feder-System, welches aus zwei schwingenden Massen und dazwischen einer Feder besteht, dass zumeist ein Dämmstoff oder Luft ist. Wie bei einschaligen Systemen existiert hier auch eine Eigenfrequenz der beiden Schalen, die den Schalldämmwert des gesamten Aufbaues verschlechtert, was sich sogar ungünstiger auswirkt als bei jenen. Um diese kritischen Resonanzfrequenzen möglichst niedrig zu halten, muss die Masse der Schalen erhöht, der Schalenabstand vergrößert oder ein federweicher Dämmstoff im Hohlraum eingesetzt werden. Die Masse zweier Schalen in Bezug auf die Fläche liegt zwischen 40 und 100 kg/m<sup>2</sup>, da größere nur mehr marginale Verbesserungen bringen und die Grenzfrequenzen der Schalen bilden. Die Hohlraumdämpfung wird mit Hilfe von Dämmstoffen erreicht, die für den Schall einen Strömungswiderstand erzeugen, wodurch Faserdämmstoffe hier im Gegensatz zu Hartschaumplatten optimale Eigenschaften aufweisen.<sup>242</sup>

Grundsätzlich haben die Hohlraumdämpfung, die Ausbildung des Schwingungssystems und die Kopplungsart die höchste Priorität bei zweischaligen Hüllbauteilen. Drei Kombinationsvarianten der verschiedenen Schalen werden hier noch näher erläutert.

Im Ständerbau werden Trennwände oft mit zwei biegeweichen Schalen ausgeführt und eine Verbesserung ist hier durch federweiche Profile, größere Schalenabstände oder verdoppelte Schalen erreicht. Am effektivsten sind jedoch komplette Trennungen in zwei Schalen oder Spezial-Ständerprofile.

## Zwei biegeweiche Schalen

Besonders von Bedeutung sind Bauteile mit zwei biegesteigen Schalen bei Haustrennwänden, wo die Trennfuge über alle Geschosse ausgeführt wird und somit Längsübertragungen über die Geschosdecke an Signifikanz verlieren und Schallbrücken vermieden werden. Hier ist auf eine entsprechende Ausführung zu achten und die Fugenbreite hat zwischen 3 und 5 cm zu betragen. Beste Schalldämmwirkung erhält man durch zwei leichte Schalen, da bei schweren der Vorteil gegenüber einschaligen massigen Bauteilen zu gering ist.

<sup>240</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 554-556.

<sup>241</sup> Vgl. Dederich/Koch 2006, 22.

<sup>242</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 558-560.

# PROJEKTAKUSTIK



Abb. 14: zwei biegeweiche Schalen

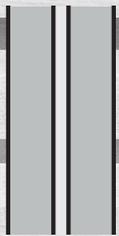


Abb. 15: zwei biegesteife Schalen



Abb. 16: biegesteife und biegeweiche Schale

## Zwei biegesteife Schalen

Wenn eine biegesteife und eine biegeweiche Schale eingesetzt werden, ist erstere zumeist stärker und die andere wird entweder abgehängt, aufgelegt oder vorgesetzt und erzeugt dadurch ein Masse-Feder-System. Wichtigste Aspekte zur Schallschutzverbesserung sind der geeignete Schalenabstand und eine Verbindung, die federweich ausgeführt ist. Diese Methode kommt, im Gegensatz zu den anderen, den Anforderungen bei Decken am nächsten, da hier die Tragfunktion klar von der biegesteifen Schicht übernommen wird und bauakustische Probleme von der biegeweichen bewältigt werden, ohne dabei ökonomisch oder statisch zu belasten. Dies führt zu einer Verbesserung des Luft- und des Trittschallschutzes, wobei dies als leichte abgehängte Decke oder als Deckenaufbau ausgeführt sein.<sup>243</sup>

## Biegesteife und biegeweiche Schale

Bei doppelten Schalensystemen gibt es zum direkten Schallübertragungsweg, noch den über die flankierenden Bauteile oder die Rippen, die so gestaltet werden müssen, dass dort entsprechende Werte und keine Schwachstellen vorliegen.

Die Randeinspannung wird durch biegeweiche Schalen und beziehungsweise oder Körperschalldämmungen an der Stelle der Einspannung erreicht.

Die Rippen der Schalen stellen Schallbrücken dar, daher sind biegeweiche Schalen oder Materialdämpfungen, wie bei der Randeinspannung einzusetzen. Dies kann durch eine Aufdoppelung der Schalen erzielbar, was die Biegesteifigkeit verringert und durch die Zwischenschicht einen Materialdämpfungseffekt erzielt. Eine andere Möglichkeit bieten federnde Rippenprofile oder gar Trennungen des Rippenprofils, die Schallbrücken komplett auflösen.

Am prominentesten macht sich von den Schallnebenwegen die Schalllängsleitung an meistens lotrechten anschließenden Bauteilen bemerkbar, welcher durch die Anschlussart entschieden wird. Das kann ein gelenkiger Anschluss sein oder ein starrer mit Randeinspannung. Ein gelenkiger Anschluss setzt voraus, dass mindestens einer der Bauteile mehrschalig mit biegeweichen Schalen ist und dieser ohne Randeinspannung ausgeführt wird um akustisch unbeeinflusst voneinander zu sein. Nun treten wiederum zwei Fälle auf. Zum einen, dass das flankierende Bauteil massiv ausgeführt ist, welches dann genügend Masse aufweisen muss, um der Längsleitung entgegenzuwirken, da eine Stoßstellendämpfung hier keine Wirkung hat. Zum zweiten, wenn beide Bauteile biegeweiche Schalen aufweisen, wo entweder durch Hohlräumdämpfung des flankierenden Bauteiles, eine Massenerhöhung an des flankierenden Bauteil Schale oder eine Trennung dieser Beplankungen von Nöten ist.<sup>244</sup>

<sup>243</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 564-566.

<sup>244</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 560-562.

## Schallübertragung

Als nächster Punkt kommt der Körperschall, der bei Decken, wo er auch am kritischsten ist, Trittschall genannt wird. Für den Norm-Trittschallpegel  $L_n$  wird die Bezugsfläche zur Absorptionsfläche berücksichtigt und der Trittschallpegel im Raum des Empfängers gemessen, wodurch der Pegel erfasst wird, der das Bauteil durchtritt. Dies steht im Kontrast zum Luftschalldämmmaß, welches eine Pegeldifferenz bildet, und daher ein hoher Wert eine schlechte Dämmung bedeutet und umgekehrt. Jedoch ist der Wert genauso frequenzabhängig, was zu einer umgekehrten Sollkurve führt.<sup>245</sup>

Bei massiven, einschaligen Decken verbessert sich die Trittschalldämmung, oder der Trittschallpegel verringert sich, fast proportional zur flächenbezogenen Masse, was man grob mit 10 dB bei doppelter Stärke bemessen kann. Da diese Masse jedoch, um statisch und ökonomisch vertretbar zu sein, zumeist nicht ausreicht sind bauakustische Maßnahmen entweder an der Ober- oder an der Unterseite notwendig.

Durch weiche federnde Bodenbeläge kann der Schall gleich an der Quelle gemindert und die Decke weniger in Schwingung versetzt werden. Es gilt, je weichfedernder, desto niedriger die Resonanzfrequenz und besser die Trittschalldämmung. Diese Methode kommt vor allem bei Büro- und Verwaltungsbauten mit sehr massiven Decken vor, wo die geforderten Werte nur knapp nicht erreicht werden und ein schwimmender Estrich akustische Probleme bei den üblichen Trennwänden verursacht.

Dem Masse-Feder-Prinzip entspricht der Einsatz von schwimmenden Estrichen als Deckenauflage, die so ein doppeltes Schalensystem bilden. Größten Einfluss auf die Dämmeigenschaften hat aber nicht die Masse des Estrichs, sondern die Federwirkung der Trittschalldämmschicht, die sich darunter befindet und mit einer dynamischen Steifigkeit definiert ist. Eine saubere konstruktive und schalltechnische Trennung von den angrenzenden Bauteilen ist notwendig um keine Schallbrücken zu erzeugen und somit dessen Wirkung zu erhalten. Durchgehende Schwimmestriche erzeugen unter leichten Trennwänden eine gute Längsleitung und verringern sowohl den Luft-, als auch Trittschallschutz. Bei leichten Holzbalkendecken, die durch schwimmende Estriche, ihre Masse erhöhen, erhalten so eine gute bauakustische Wirkung.<sup>246</sup>

Im Prinzip macht eine Unterdecke, das selbe, wie ein Aufbau und wandelt die Decke in ein zweischaliges System. Mit ihr wird sowohl der Tritt-, als auch der Luftschallschutz verbessert. Dies resultiert aus dem Abstrahleffekt, der bei paralleler biegeweichen und biegesteifen Schale, auftritt. Wie bei allen Masse-Feder-Systemen ist auch hier die Verbindung essenziell und muss möglichst weich federnd ausgeführt werden. Genauso sind Mindestabstände der Schalen einzuhalten, was aus bautechnischen Gründen meistens sowieso der Fall ist und sollte dieser Hohlraum auch noch mit einem weichen Dämmstoff ausgefüllt werden, verbessert dies den Schallschutz noch weiter. Schließlich kann noch ein federnder Bodenbelag installiert werden, um das System zu vervollständigen. Die Schalllängsleitung über die angrenzenden Wände stellt bei Unterdeckenkonstruktionen das größte Problem dar und tritt besonders in der Massivbauweise auf. Leichte Wandkonstruktionen, wie Trennwände, können dem entgegenwirken und diese Schallbrücke unterbrechen.

Den besten Effekt erhält man mit Unterdecken bei leichten Deckenkonstruktionen, wie Holzbalkendecken, wo sie eine zusätzliche Funktionsschale bilden.<sup>247</sup>

## PROJEKTAKUSTIK



Abb. 17: Trittschallübertragung

<sup>245</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 566,568.

<sup>246</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 560-572.

<sup>247</sup> Vgl. Moro u.a. Grundlagen 2009, 572,574.

Wie auch im Wärmeschutz stellen Fenster eine Schallbrücke dar und müssen eine dementsprechende Dichtigkeit aufweisen, der moderne Fenster zumeist nachkommen. Da Glasflächen statisch, aufgrund ihrer Materialeigenschaften, nicht geeignet sind, sind diese als leichte Bauteile ausgeführt, jedoch stellen ihre Steifigkeit ein akustisches Problem dar. Daher sind diese, um schallschutztechnische Charakteristiken aufzuweisen, als Masse-Feder-Systeme ausgebildet, was wieder Parallelen zum Wärmeschutz aufzeigt. Das physikalische Prinzip entspricht dem, der bereits oben erwähnten und eine Steigerung der Masse der Schalen, also der Glasscheiben, stellt die erste Maßnahme dar, der jedoch technische Grenzen gesetzt sind. Die zweite, der Abstand der Scheiben, stellt ein thermisches Problem dar sobald dieser 20mm überschreitet und ist somit akustisch nicht genügend, wobei durch den Resonanzeffekt der beiden Scheiben sogar eine Verschlechterung gegenüber Einzelscheiben möglich ist. Trotzdem gibt es einige Möglichkeiten Zweischeiben-Isoliergläser thermisch zu verbessern. Durch den Einsatz einer Verbundglasscheibe mit einer elastischen Zwischenschicht aus speziellen organischen Gießharz, mit einer Stärke von 1 bis 2 mm, wird die Steifigkeit der Scheibe erheblich herabgesetzt und verbessert so das akustische Schwingungsverhältnis. Durch das Ersetzen des im Zwischenraum der Scheiben befindlichen Gases durch ein träges, wie Argon, oder besser noch Krypton, werden ebenfalls bessere Werte erzielt. Wie auch schon zuvor genannt bringt auch die Wahl unterschiedlich starker Glasscheiben eine Verbesserung und kann so ein Zusammenfallen der Grenzfrequenzen der Scheiben verhindern.<sup>248</sup>

## Werte

Die Lautstärke von Hintergrundgeräuschen, bezeichnet mit  $R'_w$ , soll in Übungsräumen laut Kleiner unter 20dBA und in Proberäumen unter 25dBA liegen<sup>249</sup>, was sich mit denen von Mommertz deckt<sup>250</sup>, wobei dieser bei Long mit 30-35dBA<sup>251</sup> und bei Egan mit 30-38dBA<sup>252</sup> angegeben wird. Letzterer reduziert den Wert, egal ob Einzel oder Ensemble, sogar auf 44dBA für Übungsräume, wobei dieser 50dBA auf keinen Fall überschreiten soll. Bei Bandproberäumen sind weniger als 36dBA und bei großen Proberäumen 40dBA einzuhalten.<sup>253</sup> Um diese Werte zu erreichen sollten Fenster, Türen und Wände einen Schallschutz  $L'_{n,W}$  von mehr als 65dB bieten.<sup>254</sup> Mommertz geht hier etwas mehr ins Detail und gibt für Wände und Decken zwischen Musikräumen und auch zu anderen Nutzungen mehr als 72dB bei einem Hintergrundgeräuschpegel von weniger als 28dB an. Bei besonders lauten Räumen sind sogar 82dB und weniger als 18dB empfohlen. Wände von Musikräumen zu Gängen sollen mehr als 62dB, beziehungsweise, sollten diese sehr laut sein, 67dB Differenz erreichen. Für Türen zu Gängen gelten mehr als 45dB, beziehungsweise, wie auch vorher bei besonders lauten Instrumenten, 52dB. Um solche Werte zu erreichen sind Aufbauten von zirka 35-50cm notwendig, was bei der Planung bereits zu berücksichtigen ist. Innenschalen sind mit 15cm anzunehmen.<sup>255</sup>

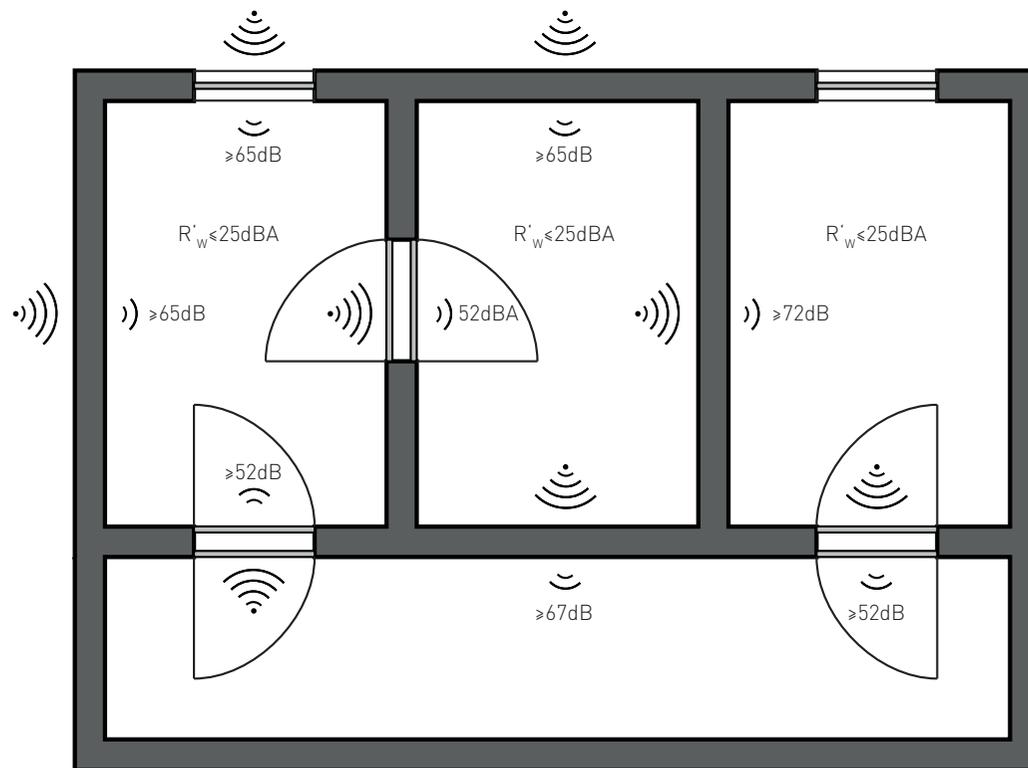


Abb. 18: Schallschutzwerte

<sup>249</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 261.

<sup>250</sup> Vgl. Mommertz 2012, 84.

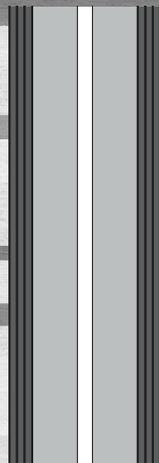
<sup>251</sup> Vgl. Long 2014, 848.

<sup>252</sup> Vgl. Egan 2007, 233.

<sup>253</sup> Vgl. Egan 2007, 242.

<sup>254</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 261; Egan 2007, 238.

<sup>255</sup> Vgl. Mommertz 2012, 84.



## Aufbauten

Um diesen hohen Anforderungen im Holzbau nachzukommen, ist es notwendig bei den Wänden zwischen den Proberäumen besonders acht zu geben. Eine komplette Entkoppelung der beiden Seiten ist der effektivste Weg Schalltransmissionen zu unterbinden, was somit in zwei Reihen der Ständerwände resultiert. Diese sind jedoch im Inneren nicht mit einer Beplankung abgeschlossen, sondern durch eine Luftschicht von mehr als 2.5cm (1 Zoll) getrennt, um eine gute Isolation gegenüber tiefen Frequenzen zu gewährleisten. Eine doppelte Beplankung an beiden Seiten erhöht die Masse und somit ebenfalls die Wirksamkeit des Schallschutzes.<sup>256</sup> Die Musikschule in Landshut folgte bei der Konvertierung des Kasinos einem sehr ähnlichen Prinzip, jedoch wurde hier sogar eine dreifache Beplankung vorgenommen, aber die Luftschicht im Zwischenraum auf einen Zentimeter reduziert.<sup>257</sup> Im Projekt wurde schließlich ebenfalls eine dreifache Beplankung mit einer Luftschicht von 2,5 cm eingesetzt, was in folgendem Wandaufbau mit 25cm resultierte:

3 x Gipskartonplatten mit einer Masse von mehr als 30kg/m <sup>2</sup> á 12.5mm	3.75cm
75mm Holzständer mit 60mm Faserdämmung	7.5cm
Luftschicht	2.5cm
75mm Holzständer mit 60mm Faserdämmung	7.5cm
3 x Gipskartonplatten mit einer Masse von mehr als 30kg/m <sup>2</sup> á 12.5mm	3.75cm

Bei der Deckenkonstruktion kommt zu der statisch erforderlichen in allen Unterrichtsräumen eine abgehängte Decke zum Einsatz, welche mit einer doppelten Beplankung und einer 60mm Dämmung ausgestattet ist, wie es bei der Musikschule in Grünwald der Fall ist<sup>258</sup> und weitestgehend auch in Landshut zutrifft<sup>259</sup>, wobei die Luftschicht von den Installationen definiert wird, aber zumindest die vorher erwähnten 2.5cm einhält. Um die Übertragung von Trittschall zu unterbinden, ist der Fußbodenaufbau mittels einer Trittschalldämmung von der tragenden Konstruktion isoliert und in jedem Raum separat installiert.<sup>260</sup>

Abb. 19: Wandaufbau

<sup>256</sup> Vgl. Egan 2007, 186.  
<sup>257</sup> Vgl. Mommertz 2012, 89.  
<sup>258</sup> Vgl. Mommertz 2012, 86f.  
<sup>259</sup> Vgl. Mommertz 2012, 89.  
<sup>260</sup> Vgl. Egan 2007, 246.

## 2.1.2. Raumakustik

Die Raumakustik „liefert die theoretischen Grundlagen für alle bauakustischen Maßnahmen“.<sup>261</sup> Bei kleineren Räumen, die im Bereich der Schallwellenlänge liegen, ist die wellentheoretische Raumakustik am relevantesten, die sich mit den Eigenresonanzen des Raumes beschäftigt. Da dies durch viele, oft unvollständige, Randbedingungen, sehr erschwert wird, greift man bei größeren Räumen methodisch zur geometrischen Raumakustik, wobei man von einer geradlinigen Ausbreitung der direkten Schallwellen von der Schallquelle und, nach dem Reflexionsgesetz zurückgeworfenen, indirekten Strahlen, ausgeht. Wird diese wiederum zu komplex, wendet man die statische Raumakustik an, die das Schallfeld in einzelnen Aussagen beschreibt.<sup>262</sup>

### Wellentheoretische Raumakustik

Bei der wellentheoretischen Raumakustik werden mit Hilfe der Wellengleichung, unter bestimmten Rahmenbedingungen, die Resonanzfrequenzen beziehungsweise –wellenlängen des Raumes bestimmt. Hier kommt das für quaderförmige kleine Räume wichtige Verhältnis der Seitenlängen und generell der Geometrie des Raumes ins Spiel. Hierbei ist jedoch nur die Verteilung der Eigenfrequenzen wichtig, da die Anzahl vom Volumen des Raumes bestimmt wird. Eine mathematische Beschreibung großer Räume, ist aufgrund der nicht zu tiefen Frequenzen, die sich gleich wahrscheinlich in alle Richtungen ausbreiten, kaum machbar und fordert den Einsatz der statischen Methode. Die Beschaffenheit der raumbegrenzenden Oberflächen, mit Härte, Absorptionsverhalten, usw., spielt eine wichtige Rolle und wird in der Raumakustik gezielt eingesetzt um Raumresonanzen zu beeinflussen.

- Grundsätzlich lassen sich ein paar Punkte zusammenfassen:
- Die Anzahl der Eigenfrequenzen steigt mit zunehmenden Frequenzen rapide an.
- Eine störende Akzentuierung der Eigenfrequenzen ist bei tiefen Frequenzen wesentlich häufiger, als dies bei den vielen hohen Eigenfrequenzen der Fall ist.
- In einem vorgegebenen Frequenzinterfall schwankt die Anzahl der Eigenfrequenzen erheblich.
- Je höher die Frequenz, desto mehr idente Eigenfrequenzen, welche sich in unterschiedliche Richtungen ausbreiten.<sup>263</sup>

Die genannten Punkte tragen wesentlich zur Bestimmung der Raumgeometrie bei und werden im Kapitel 3.2.1 noch näher behandelt.

### Statische Raumakustik

Wenn man Schallfelder, bestehend aus Schallwellen verschiedener Frequenzen und Richtungen, sehr allgemein beschreibt und diese auswertet, spricht man von statischer Raumakustik. Die Geometrie hat keinen Einfluss, denn der Wert wird nur durch Volumen und die Wandfläche mit einem mittleren Absorptionsgrad bestimmt. Voraussetzungen hierfür ist eine konstante Energiedichte und ein diffuses Schallfeld, wo alle Ausbreitungsrichtungen mit gleicher Wahrscheinlichkeit auftreten.<sup>264</sup>

<sup>261</sup> Lerch/Sessler/Wolf 2009, 215.

<sup>262</sup> Vgl. Lerch/Sessler/Wolf 2009, 215.

<sup>263</sup> Vgl. Lerch/Sessler/Wolf 2009, 216-220.

<sup>264</sup> Vgl. Lerch/Sessler/Wolf 2009, 226.

Ein Darstellungsmittel ist die Frequenzkurve, die den Schalldruckverlauf in Abhängigkeit zu einer Frequenz darstellt. Dieser wird an einem bestimmten Punkt im Raum gemessen, während sich die Schallquelle an einem entfernten befindet und einen sinusförmigen Schalldruck mit bestimmter aber kontinuierlich variiertes Frequenz erzeugt. Diese Kurve gilt nur für jenes spezifisches Paar von Punkten in dem Raum.<sup>265</sup>

## Nachhallzeit T

Der Nachhall wird durch die Nachhallzeit definiert und ist der bekannteste und älteste raumakustische Wert.<sup>266</sup> Dieser wird definiert, durch die Zeitspanne in der die Energiedichte des Schalls exponentiell auf das 10<sup>6</sup>-tel abnimmt, was 60dB des Pegels und somit dem Verklingen einer lauten Schallquelle im Raum, für das menschliche Gehör, entspricht. Der Wert ist proportional zu Volumen und Oberfläche des Raumes. Die vereinfachte Formel nach Sabine lautet:  $T=0.163 \cdot V / (\alpha \cdot A)$

Diese entsteht aus einem kleinen gemittelten Schallabsorptionsgrad und bei 20°C Lufttemperatur und einer Schallgeschwindigkeit von 344m/s und berücksichtigt die Dämpfung des Schalls im Medium, welche bei großen Räumen eine wichtige Rolle spielt, nicht. Weitere Modifizierungen, wie zum Beispiel Korrekturterms für verschiedene Absorptionswerte der Wände (Kuttruff), gibt es noch, jedoch gehe ich hier nicht näher auf diese ein. Ein Punkt der zudem außer Acht gelassen wird, ist die Diffusität der Wände. Gerade in Konzerträumen werden gezielt Streukörper eingesetzt<sup>267</sup>, wie es aber auch im Proberaum des Musikvereins der Fall sein muss und in den Unterrichtsräumen ebenfalls erstrebenswert ist. Die optimale Nachhallzeiten T[s] für Räume ist von vielen Faktoren abhängig, wie der Instrumentation und der Musikrichtung, wo hier ein paar Beispiele bei Frequenzen zwischen 500 und 1000Hz angegeben sind:

Orgelmusik	2-5s
Jazzband	2-3s
Symphoniekonzert	1,7-2s
Oper	1,3-1,6s
Kammermusik	1,4s
Chor	1-2s
Schauspiel, Vortrag	1s
Kabarett	0,8s
Studiosprecher, Vorlesung	0,5s

Tab. 4: Nachhallzeiten nach Musikrichtung

Bei der Planung eines Konzertsalles spielt das Publikum eine wichtige Rolle. Denn es sorgt, bei mittleren genauso wie bei höheren Frequenzen akustischer Darbietungen, für ausreichende absorbierende Fläche und muss daher sowohl bei Berechnungen, als auch bei Messungen der Nachhallzeit berücksichtigt werden. Tiefe Frequenzen hingegen erfordern zusätzliche Maßnahmen um spektrale Verzerrungen zu verhindern. Daraus lässt sich ableiten, dass Konzertsäle mit guter akustischer Planung einen leichten Anstieg zu den tiefen Frequenzen und somit einen „warmen“ Klang aufweisen. Aktive Maßnahmen, wie Lautsprecher, können dieses Klangbild maßgebend beeinflussen und verändern.<sup>268</sup>

<sup>265</sup> Vgl. Lerch/Sessler/Wolf 2009, 226f.

<sup>266</sup> Vgl. Weinzierl 2008, 188.

<sup>267</sup> Vgl. Lerch/Sessler/Wolf 2009, 227-229.

<sup>268</sup> Vgl. Lerch/Sessler/Wolf 2009, 231.

Für größere Räume, wie Konzerthallen, sieht Kuttruff 1,6 bis 2,1 Sekunden, wobei er 2 Sekunden als Obergrenze betrachtet, als Optimum und für Orchesterproberäume maximal 1,2 Sekunden, um einen relativen Vergleich zu schaffen.<sup>269</sup> Bei Mehrzweckauditorien liegen Kuttruffs Nachhallzeiten im optimalen Bereich.<sup>270</sup> Da jedoch im Projekt ein dedizierter Konzert- oder Kultursaal nur bei einer Erweiterung des Gebäudes entstehen würde, liegt der Fokus bei der Arbeit auf Unterrichts- und Proberäumen, welche ganz spezielle Erfordernisse zu erfüllen haben.

Wenn es um Einzelproberäume geht, dann sind laut Mommertz 0,6-0,8 Sekunden angemessen, wohingegen für den Unterricht von Kindern Maße mit einer Sekunde, aufgrund der größeren Vergeblichkeit, erfreulich sind. Für Bands und Schlagwerkunterricht sind wesentlich geringere Werte erwünscht, da so besser an der Präzision gearbeitet werden kann.<sup>271</sup> Musikstudenten gaben als gute Nachhallzeiten 0,5-0,9 Sekunden an, wobei der Mittelwert von 0,7 Sekunden am meisten Anklang fand, jedoch nach Instrumenten variierte.<sup>272</sup> Generell ist für Unterrichtsräume eine Nachhallzeit von 0,4 bis 0,5 Sekunden mit einer leichten Erhöhung im Bereich von 100Hz auf 0,6 bis 0,7 Sekunden sinnvoll, wobei der Frequenzgang zumeist relativ linear, mit einer Schwankungsbreite von  $\pm 5\%$  über 63Hz-4kHz, verläuft.<sup>273</sup> Die zuvor erwähnte Varianz bei Instrumenten schreibt, sind sich unterschiedliche Literaturen nicht einig, aber für perkussive und tieffrequente Instrumente gilt eine kürzere Nachhallzeit und für Stimmen eine längere als optimal.

Schlaginstrumente	0,3-0,5s
Streichinstrumente	0,6-0,9s
Blasinstrumente	0,4-0,7s

Tab. 5: Nachhallzeiten nach Instrumentengruppen

oder

Schlagzeug, tiefes Blech	0,2-0,4s
Blasinstrumente	0,4-0,6s
Flöte, Gitarre, Trompete, Cello	0,6s
Piano	0,7s
Klarinette, Violine	0,8s
Gesang	1,1s

Tab. 6: Nachhallzeiten nach Instrumenten

Dies macht variable Schallabsorber und -diffusoren zu einer guten Option die benötigte Flexibilität zu erhalten.<sup>274</sup>

<sup>269</sup> Vgl. Kuttruff 2009, 229-237.  
<sup>270</sup> Vgl. Egan 2007, 133.  
<sup>271</sup> Vgl. Mommertz 2012, 83.  
<sup>272</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 364.  
<sup>273</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 364f.  
<sup>274</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 365.

## Stationäre Energiedichte

Das Phänomen der besseren Sprachverständlichkeit in Räumen gegenüber dem Freien, ist auf die stationäre Energiedichte zurückzuführen, welche erreicht wird wenn sich abgestrahlte Leistung der Quelle und die absorbierte der Wände ausgleichen. Das Volumen des Raumes ist hier irrelevant. Dieser Wert ist auch für Räume mit Störgeräuschen wichtig, wo entweder Quelle so klein oder der Absorbierungsgrad so groß wie möglich sein sollen.<sup>275</sup>

## Schallabsorptionsgrad

Eine weitere wichtige Kenngröße ist der Schallabsorptionsgrad, der von Einfallrichtung und Frequenz abhängig, den Quotienten aus auftreffender, absorbierter und reflektierter Schallenergie bildet. Eine Wandöffnung weist den Wert 1 und eine schallharte Oberfläche den Wert 0 auf. Harte Oberflächen wie verputzte Wände absorbieren den Schall daher wesentlich schlechter und erreichen nur Werte von 0,05 im praxisrelevanten Bereich der Frequenzen von 250Hz bis ungefähr 4kHz. Wandverkleidungen aus Akustikplatten oder Holz erreichen hier Werte von 0,25, jedoch größere Werte von mehr als 0,5 sind nur mit Spezialmaßnahmen möglich.<sup>276</sup>

## 2.2. Akustische Planung

Erster Aspekt einer akustischen Planung ist vor allem die Eignung des Raumes für die spezifizierte Nutzung. Projektspezifisch ist das Hauptaugenmerk auf Proberäume gerichtet die in Hinsicht auf die Raumakustik optimiert werden müssen. Ein weiteres Problem bei der Suche nach dem idealen Proberaum sind die unterschiedlichen akustischen Strahlungseigenschaften der verschiedenen Musikinstrumente. Bei einer Trompete oder einem Kornett sind die tiefen Frequenzen relativ omnidirektional, wobei die höheren Frequenzen fortschreitend direkter nach vorne strahlen.<sup>277</sup> Bei Oboen und Klarinetten ist das Strahlungsmuster wesentlich komplizierter.<sup>278</sup> Das Cello ist da sogar noch komplexer durch die asymmetrische Position des Musikers selbst.<sup>279</sup> Dasselbe gilt für Konzertsäle die auch näher betrachtet werden und auch viele Daten übernommen werden können.

### 2.2.1. Primärstruktur

Die Primärstruktur bestimmt über das generelle Klangbild, genauso wie die höchste zu erreichende natürliche Nachhallzeit und ist somit mit äußerster Bedacht zu wählen. In der Planung wurde hier ein besonderer Schwerpunkt gelegt, da durch ein relativ geringes Budget zusätzliche Maßnahmen nur bedingt umsetzbar sind und daher die Grundstruktur bereits die bestmöglichen Voraussetzungen bieten muss.

#### Raumvolumen

Wie bereits im Kapitel 2.1.2 erwähnt wird die Nachhallzeit vom Raumvolumen definiert und somit ergeben sich folgende Volumenkenzahlen in Abhängigkeit von der Zuschaueranzahl N und Nutzung.

Hauptnutzung	Volumenkenzahl k [m <sup>3</sup> /Platz]	Max. wirksames Raumvolumen bei natürl. Akustik [m <sup>3</sup> ]
Sprachdarbietungen	3-6	5000
Musik- und Sprachdarbietungen	5-8	15000
Musikdarbietungen	7-12	25000
Räume für Oratorien & Orgelmusik	10-14	30000
Orchesterproberäume	25-30	-

Tab. 7: Raumvolumen nach Nutzung

Wodurch sich das Mindestraumvolumen errechnen lässt:  $V=k \cdot N$

Holden empfiehlt in 11m<sup>3</sup> pro Platz für Mehrzweckräume, wobei bei Ein-Raum-Konzepten auch die Musiker mitzuzählen sind, was bei Räumen mit Proszenium getrennt gemacht wird.<sup>280</sup>

Werden die Werte unterschritten ist eine natürliche Nachhallzeit, die den akustischen Parametern entspricht, nicht mehr erreichbar. Bei Proberäumen ist auf eine ausreichende Größe zu achten da zum Beispiel bereits mit 25 Musikern in einem 400m<sup>3</sup> großen Raum 120dB erreicht werden können, wenn diese im fortissimo spielt. Räume unter 100m<sup>3</sup> weisen eine zu geringe Eigenfrequenzdichte in den tiefen Frequenzen auf, wodurch es zu ungewünschten Klangverfärbungen kommen kann.

<sup>277</sup> Vgl. Meyer/Hansen 2009, 133-135.

<sup>278</sup> Vgl. Meyer/Hansen 2009, 143-147.

<sup>279</sup> Vgl. Meyer/Hansen 2009, 159-161.

<sup>280</sup> Vgl. Holden 2016, 52.

Die Einzelunterrichtsräume kommen auf zwischen 30 und 70m<sup>3</sup>, was eine besondere Betrachtung nötig macht. Der geplante Musiktheorieraum fällt nicht mehr in diesen kritischen Bereich und kann so etwas flexibler gestaltet werden.

Mommertz gibt das Mindestvolumen für Einzelinstrumentalunterrichtsräume mit ungefähr 40m<sup>3</sup> und für Ensemble und Orchester mit 20-30m<sup>3</sup> pro Musiker an.<sup>281</sup> Dieser Wert weicht von dem Longs mit 15,6-21,8m<sup>3</sup> doch ziemlich stark ab, der eine Raumhöhe von 5-6 Metern fordert.<sup>282</sup> Laut Kleiner sind typische Raumgrößen bei 5-50m<sup>3</sup>.<sup>283</sup> Präferierte Raumgröße für Proberäume sind für Musikschüler etwa 15m<sup>2</sup>.<sup>284</sup>

Ein Punkt der nicht außer Acht gelassen werden darf ist eine passende Raumhöhe zur Fläche, die mit dem Volumen an Wichtigkeit zunimmt. Diese wiederum macht Maßnahmen zum gegenseitigen Hören immer wichtiger.<sup>285</sup> In der anderen Richtung ist die Steigerung des Raumvolumens und der Zuhörerzahl ebenfalls, aufgrund der unvermeidlichen Luftabsorption und der zunehmenden Schallabsorptionsflächen, die die Schallenergiedichte und Darbietungslautstärke senken, bei natürlicher Akustik, begrenzt.

Wenn es nun um Proberäume für Orchester geht werden je sitzendem Sänger 1,5m<sup>2</sup> und je Instrumentalist 3m<sup>2</sup> angenommen, wobei eigentlich eine Raumhöhe von 5 Metern erforderlich ist. Zumeist sind die Flächen von 25-45m<sup>2</sup> bei kleinen Proberäumen für große Ensembles gerade in Hinblick auf die Lautstärke zu klein.<sup>286</sup>

Wenn man von kleinen Übungs-, Unterrichts- und Proberäumen spricht weisen diese zumeist nur ein Volumen von 5-50m<sup>3</sup> auf.

## Raumform eines Konzertsaaes

Eine akustisch optimale Form ist nicht existent, was zu einer großen Variabilität führt und jede von der Nutzung abhängige Vor- und Nachteile besitzt.

Für Konzertsäle akustisch grundlegend gute Raumformen besitzen eine ungehinderte Direktschallversorgung und energiereiche, allseitig einfallende Anfangsreflexionen im Bereich des Empfängers ohne die durch zusätzliche akustische Maßnahmen zu erreichen. Die Distanzen der effektiven Direktbeschallung liegen bei Sprachdarbietungen bei etwa 17m und für Musik, wo vor allem die seitlichen Schallreflexionen für einen guten Raumeindruck wichtig sind, bei 27m. Diese Grenzen werden bei dem Projekt in keiner Form erreicht, was bedeutet, dass bei der Direktschallversorgung keine besonderen Maßnahmen getroffen werden müssen.

Da das Reflexionsverhalten frequenzabhängig ist, weisen polygonale Raumformen ohne senkrecht zueinanderstehende Flächen eine erhöhte Brillanz, aber auch eine geringere Wärme im Gegensatz zu rechteckigen Quaderräumen auf. Nicht senkrechte Wände, also mit ausreichender Neigung um eben diese erhöhte Brillanz zu erzeugen, herzustellen war aus meiner Sicht mit der Prämisse einer vertikalen Erweiterung des Gebäudes und einem engen Budget nicht zu vereinen und ist somit flachgefallen.

In Hinsicht auf einen Konzertsaal sind die zuvor genannten lateralen Schallreflexionen bei rechteckigen Räumen, dem klassischen Schuhkarton, mit stirnseitig angeordneten Bühnenbereichen, besonders gut zu erzielen, solange die Raumbreite bei etwa 20m liegt. Eine Verschiebung der Bühnenfläche in die Raummitte kann zu Balanceproblemen führen, öffnet jedoch die Möglichkeit für Publikumsplätze hinter und neben dem Bühnenbereich.

<sup>281</sup> Vgl. Mommertz 2012, 83.

<sup>282</sup> Vgl. Long 2014, 853.

<sup>283</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 365.

<sup>284</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 364.

<sup>285</sup> Vgl. Mommertz 2012, 83.

<sup>286</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 361.

Eine Anordnung an der Längsseite ist besonders nachteilig bei großen Orchestern, da hier das gegenseitige Hören stark beeinträchtigt wird, was aber wie auch bei der mittigen Anordnung, durch eine gute Deckenhöhe und -ausformung, genauso wie einer schallreflektierenden Rückwand, behoben und verbessert werden kann, wenn eine Raumlänge von 20m nicht zu sehr überschritten wird. Ein seitlicher Sprecher jedoch findet durch die verkürzte Distanz einen Vorteil, aber die Sprachverständlichkeit wird, durch die frequenzabhängige Richtcharakteristik und somit der Klangfärbung, gemindert.

Der quadratische Raumgrundriss, der zumeist bei Mehrzwecknutzungen Anwendung findet, stellt hier eine Sonderform dar und kann unter Beachtung gewisser Grundsätze eine gute Akustik für bis circa 500 Plätze bieten. Die klassische Anordnung der Schallquellen an einer der Seiten ist besonders bei gerichteten Schallquellen, also Sängern, Sprechern und diversen Instrumentengruppen, wegen der guten Direktbeschallung sinnvoll, wohingegen eine Positionierung in einer der Ecken für wenig ausgedehnte Schallquellen, durch die seitliche Schallabstrahlung, geeignet ist, wobei die unterstützenden seitlichen Schallreflexionen für das gegenseitige Hören fehlen. Sollte die Bühne, wie in einem Amphitheater, in der Mitte angeordnet werden, limitiert dies die Darbietungsarten stark. Ein 12dB geschwächter Direktschall hinter einer stark gerichteten Schallquelle wie einem Sänger oder Sprecher beeinträchtigt die Verständlichkeit äußerst.

Bei seitlich divergierenden trapezförmigen Raumgrundrissen wird die Bühne zumeist an der kurzen der beiden parallelen Wandflächen angeordnet und praktisch nie als konvergierendes an der langen, die in einer Abwandlung der ersten Form gekrümmt sein kann. Da die raumakustische Wirkung vom Winkel der Seitenwände abhängt, können bei geringen Winkel ähnliche Verhältnisse, wie bei rechteckigen Räumen, hergestellt werden. Werden die Winkel jedoch zu groß, resultiert dies, in zu geringen und energiearmen Anfangsreflexionen im gesamten mittleren Zuhörerbereich. Logischerweise haben schmale rechteckige Grundrisse einen höheren Anteil an Seitenschall, als dies bei trapezförmigen der Fall ist, was bei Sprachdarbietungen, durch frühe Deckenreflexionen ausgeglichen werden kann und somit unwichtig wird. Wird eine Lösung in der Art eines Amphitheaters mit dem Bühnenbereich im Dreiteilpunkt angestrebt, ist dieses ausschließlich für musikalische Darbietungen geeignet und die Zuhörer hinter der Bühne erleben so ein seitenschallbetontes und räumliches Klangbild. Die zuvor erwähnte Form des konvergierenden Trapezes stellt die raumakustisch günstigste dar, mit einem starken seitlichen Energieanteil über den gesamten Zuhörerbereich und niedriger früher Seitenschallenergie direkt vor der Bühne. Da hier sehr viele kostbare Zuhörerplätze verloren gehen, hat diese Form des Trapezes nur als im Bühnenbereich divergierendes, in Kombination mit zusätzlichen konvergierenden Wandflächen im hinteren Bereich, die energiereiche Anfangsreflexionen in den Zuhörerbereich lenken, Chancen auf eine architektonische Realisierung.

Diese Form lässt sich auch als Sechseck betrachten, das bei langer Streckung, eben raumakustisch ähnliche Eigenschaften wie ein rechteckiger Raum aufweist, wohingegen gleichseitige Varianten, für Musik zu wenige Seitenschallreflexionen sorgen. Durch die geringen Abstände zwischen Schallquelle und -empfänger bietet sich diese Form jedoch gut für Kongress- und Mehrzweckhallen an, wobei hier auch auf gerichtete Schallquellen zu achten ist, was bei einer Amphitheater-ähnlichen Aufstellung von der Klarheit und Klangfarbe problematisch sein kann.

Für ungewünschte Schallkonzentrationen sorgen konkave Raumformen, bei zu geringer oder gar fehlender Sitzreihenüberhöhung. Ohne eine breitbandig wirkende Sekundärstruktur und eine vertikale Gliederung sind diese Grundrisse weder für Musik-, noch für Sprachdarbietungen geeignet.<sup>287</sup>

Für die Räumlichkeit ist die Deckenform wenig entscheidend, jedoch trägt diese maßgeblich zur Schalllenkung, der sprachlichen Deutlichkeit und der musikalischen Klarheit bei. Die bei Sprache erforderliche kurze Nachhallzeit erfordert, eine Schalllenkung der ersten Reflexionen in den mittleren und hinteren Rezeptionsbereich. Bei musikalischen Darbietungen muss die mittlere Deckenhöhe in Multiplikation mit der Grundrissfläche der Volumen Kennzahl genügen um eine geforderte natürliche Nachhallzeit zu erreichen. Die Stelle der größten Linearabmessungen sollte auch jene der höchsten Raumhöhe sein, um eine lange Nachhallzeit zu gewähren. Eine Deckenhöhe von mindestens vier bis fünf Metern und maximal 12 Metern trägt zum gegenseitigen Hören der Musiker bei. Für größere Räume gilt es, gleich der Sprachdarbietungen, klarheitserhöhende Schallreflexionen sowohl im mittleren als auch hinteren Rezeptionsbereich zu erreichen und zur selben Zeit störende über entfernte Flächen zu unterbinden. Ebene Deckenkonstruktionen führen zu starken Deckenschallreflexionen im vorderen Bereich, wo sie nicht benötigt werden, genauso zu geringen im hinteren, wo diese angebracht wären und von der Rückwand reflektierte Schallwellen können in einem ungewünschten Echo bei den Performern und den vorderen Zuhörern resultieren. Daraus lässt sich schließen, dass die Deckenkonstruktion stets normal zum mittleren Rezeptionsbereich ausgerichtet sein soll, aber nicht monoton gekrümmt sein darf, da dies zu Fokussierungen des Schalls und somit Brennpunkten im Zuhörer- oder Aufführungsbereich führt. Um dies zu verhindern ist der Krümmungsmittelpunkt so zu wählen, dass dieser über der Hälfte der gesamten Höhe oder unter dem Fußboden liegt.<sup>288</sup>

Der Einsatz von Balkonen und Rängen kann, bei einer richtigen Dimensionierung und Anordnung, akustisch förderlich wirken, da sie zu einer breitbandigen diffusen Schallstreuung und durch Anfangsreflexionen zu Raumeindruck und Klarheit beitragen. Wichtig ist hier die Rückwand in Zusammenspiel mit den waagrechten Elementen. Problematisch können Ränge mit einer großen Tiefe und geringer lichten Höhe sein, die so zu einer Abschattung des Raumes vor den klarheitserhöhenden Deckenreflexionen und dem Raumschall führen oder gar in einem eigenen Klangbild mit geringer Lautstärke enden. Um dies zu unterbinden, darf die Tiefe unter Rängen bei Theatern und Opernhäusern nicht die doppelte Höhe am Anfang des Ranges zur Bühne überschreiten, genauso wie ein vertikaler freier Sichtwinkel von 25° für alle Zuhörer vorhanden bleiben. Bei Konzertsälen gilt sogar, dass die Tiefe kleiner gleich der Höhe unter dem Rang sein soll und ein Sichtwinkel von 45° vorhanden ist.

Eine horizontale Publikumsanordnung sorgt für eine ungewünschte frequenzabhängige Dämpfung bei streifender Schallausbreitung und auch die Sicht auf den Darbietungsbereich wird eingeschränkt, jedoch bringt eine konstante Sehstrahlüberhöhung keine gute Lösung. Den Anforderungen entspricht eine konstante Sehstrahlüberhöhung mit, bei steigender Schallquellenentfernung, ansteigender Sitzreihenüberhöhung, die durch einen Kompromiss aus angeglichenen Stufenhöhen, oder zusammengefassten gleichbleibenden Überhöhungen, bewerkstelligt wird. Aus akustischer und optischer Sicht ergeben sich sogenannte Weinbergterrassen als eine passende und annehmbare Maßnahme. Im besten Fall beträgt die Sehstrahlüberhöhung 12cm und mehr da dies auch akustische Vorteile mit sich bringt, jedoch sollte sie zumindest 6cm betragen und 3cm auf keinen Fall unterschreiten. Zur Festlegung der Sitzreihenüberhöhung ist ein Aufpunkt über der Bühnenvorderkante zu wählen, die eine sinnvolle Podiumshöhe von entweder 0,6m, 0,8m oder 1,0m aufweist. Anders herum kann, in Sälen wo eine Bankettnutzung benötigt wird, eine Höhenstaffelung des Bühnenbereiches sinnvoll sein. Diese kann je nach Saalgröße äußerst groß ausfallen und ist zumeist nicht realisierbar, jedoch für die Direktschallversorgung essentiell und muss als raumakustischer Bestandteil gesehen werden.

Das Konzertzimmer darf nicht zu klein geplant werden und sollte  $1000\text{m}^3$  nicht unterschreiten, wobei der Seitenbegrenzungsflächenwinkel, auf die Saalachse bezogen, relativ flach ausgeführt werden soll und durch den Neigungsindex  $K$  berechnet wird. Dieser Wert liegt, um das gegenseitige Hören der Musiker zu unterstützen, optimal bei  $\leq 0,3$ , wobei eine flächenbezogene Masse der Begrenzungselemente von circa  $20\text{kgm}^{-2}$  und im Bassinstrumentenbereich circa  $40\text{kgm}^{-2}$  vorhanden zu sein hat. Des Weiteren sollen sie so ausgerichtet sein, dass es zu keinem störenden Echo kommt und eine gute Durchmischung des Klangbildes erreicht wird.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Schwingfähigkeit des Bühnenbodens, die berücksichtigt werden muss und daher dessen flächenbezogene Masse  $40\text{kgm}^{-2}$  betragen sollte.

Die Größe der Bühne wird nach Musikern berechnet, wobei  $200\text{m}^2$ , ohne einen Chor, unter Berücksichtigung von Solisten, mit einer Breite von circa  $18\text{m}$  und einer maximalen Tiefe von  $11\text{m}$ , nicht unterschritten werden sollten. Für Holzblasinstrumente sind  $1,2\text{m}^2$ , Blechblasinstrumente und hohe Streichinstrumente  $1,4\text{m}^2$ , tiefe Streichinstrumente  $1,7\text{m}^2$  und Schlagwerk  $2,5\text{m}^2$  je Musiker einzurechnen. Eine aus akustischer Sicht sinnvolle Höhenstaffelung ergibt sich durch einen Höhengsprung von  $50\text{cm}$  bei und zwischen den Holzbläserreihen und  $15\text{cm}$  zu und zwischen Blechbläsern und Schlagwerk, wobei, sollte eine notwendig sein, eine Stufe zwischen den Streichern  $25\text{cm}$  beträgt. Für einen Chor ist eine Höhenstaffelung von  $45^\circ$  aufgrund der Hauptstrahlrichtung von  $20^\circ$  der Sänger gen Boden und der Artikulationsdeutlichkeit sinnvoll, die aber bei nachhallarmen Räumen wo eine größere Halligkeit gefordert ist, flacher ausfallen darf.<sup>289</sup>

## Raumform kleiner Räume

Von den Konzertsälen weg, müssen gerade kleine Räume in Hinblick auf ihre Form genau betrachtet werden, da es hier zu verschiedensten Problemen kommen kann.

Zum ersten sollten gekrümmte Wände oder Decken vermieden werden, um wie auch bei den Konzertsälen, Fokussierungen des Schalls und Echos zu vermeiden. Quadratische oder gar runde Räume gilt es ebenfalls zu vermeiden und auf das Verhältnis der Seitenlängen ist zu schauen.<sup>290</sup> Dieses Verhältnis wird von der im Kapitel 2.1.2 erklärten wellentheoretischen Raumakustik bestimmt und eine angemessene Verteilung der Eigenfrequenzen gilt es zu erreichen. Hierfür erstellte Bolt ein Diagramm mit den bevorzugten Verhältnissen, welches bei allen Räumen mit einem Raumvolumen von unter  $42\text{m}^3$  von großer Bedeutung, da ansonsten Frequenzanomalien auftreten können.<sup>291</sup>

<sup>289</sup> Vgl. Weinzierl 2008, 224f.

<sup>290</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 365f.

<sup>291</sup> Vgl. Alton Everest/Pohlmann 2009, 348.

# PROJEKTAKUSTIK

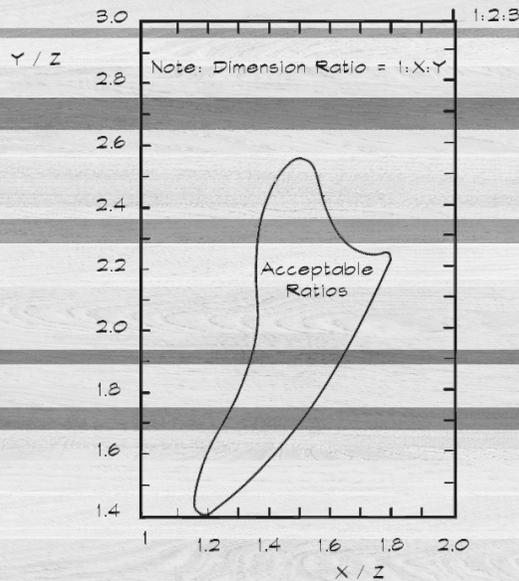


Abb. 20: Bevorzugte Dimensionen rechteckiger Räume nach Bolt

Ein Verhältnis, welches sich seit geraumer Zeit hält, ist der Goldene Schnitt für Höhe:Breite:Länge mit  $1:2^{1/3}:4^{1/3}$ , was in etwa  $1:1,26:1,59$  entspricht, wobei mit Ganzzahlen multiplizierte Werte von Breite und Länge genauso funktionieren. Neuere Studien geben ein Verhältnis von  $1:1,14(\pm 0,1):1,4(\pm 0,14)$  als, gerade bei tiefen Frequenzen, bevorzugt an.<sup>292</sup> Viele haben sich mit dem Thema beschäftigt und somit gibt es hier auch einige Empfehlungen, deren Richtigkeit durch Experimente belegt wurde. Volkmann gibt als ein gutes Verhältnis  $2:3:5$  und Boner den zuvor genannten goldenen Schnitt an. Spermeyer gibt hier gleich mehrere empfohlene Verhältnisse mit  $1:1,14:1,39$ ,  $1:1,28:1,43$  und  $1:1,60:2,33$ , wobei letzteres einen extrem neutralen Raum ergibt, an und Louden listet sogar 125 absteigend nach ihrer Qualität. Die meisten suggerierten Relationen befinden sich innerhalb Bolts Angaben, oder zumindest sehr knapp daran, und somit lässt sich dessen Berechtigung durchaus annehmen. Bei kleinen Räumen sind jedoch Tests immer erforderlich, da diese frequenzabhängig sind und sich mit dem Volumen verändern.<sup>293</sup>

BBC stellte in diesem Bereich einige Nachforschungen an und Walker entwickelte ein neues Kriterium mit  $1.1B/H \leq L/H \leq 4.5B/H - 4$ , wobei die meisten empfohlenen Verhältnisse, bis auf Spermeyer 1 und Louden 2, diesem entsprechen.<sup>294</sup> Ein weiteres ist  $L/H$  und  $B/H$  kleiner 3, wobei alle diesem entsprechen.<sup>295</sup> Als Optimum durch Computergeneration gilt das Maß des BBC Prototyps mit einer Höhe von 3,25m auf 4,9m Breite und 6,7m Länge.<sup>296</sup>

	H:B:L	B:L	H=1	A	$V=6(1*2*3)$	A
goldener Schnitt/Boner	$1:2^{1/3}:4^{1/3}$	1:1.25	1:1.26:1.59	2.00	1.44:1.80:2.31	4.16
Volkmann/Louden 3	2:3:5	1:1.66	1:1.5:2.5	3.75	1.17:1.75:2.92	5.13
Spermeyer 1	1:1.14:1.39	1:1.21	1:1.14:1.39	1.58	1.56:1.78:2.17	3.85
Spermeyer 2	1:1.28:1.54	1:1.2	1:1.28:1.54	1.97	1.45:1.86:2.23	4.14
Spermeyer 3	1:1.6:2.33	1:1.45	1:1.6:2.33	3.73	1.17:1.88:2.73	5.12
Louden 1	1:1.4:1.9	1:1.35	1:1.4:1.9	2.66	1.31:1.83:2.49	4.55
Louden 2	1:1.3:1.9	1:1.46	1:1.3:1.9	2.47	1.34:1.75:2.55	4.46
BBC Prototyp	3.25:4.9:6.7	1:1.36	1:1.51:2.06	3.11	1.25:1.88:2.57	4.82

Tab. 8: Empfohlene Raumdimensionsverhältnisse für kleine Räume

## Flatterechos und Raumdifusität

Flatterechos treten auf, wenn Schallwellen zwischen harten Oberflächen immer wieder dem gleichen Weg folgen. Dies stellt vor allem in kubischen Räumen ein großes Problem dar, was durch ungleiche Schallabsorption, besonders in den hohen Frequenzen, noch weiter verschlimmert wird. Um dies zu unterbinden sind folgende Regeln zu befolgen:

- Etwas von jedem Typ der Absorption soll normal zu allen drei Richtungen angebracht werden (längs, quer und vertikal)
- Unbehandelte Flächen sollen sich nicht gegenüberliegen (speziell Fenster und Türen)

<sup>292</sup> Vgl. Rose 1990, 91.  
<sup>293</sup> Vgl. Alton Everest/Pohlmann 2009, 247ff; Newell 2008, 123ff.  
<sup>294</sup> Vgl. Walker 1993, 6.  
<sup>295</sup> Vgl. Kleiner/Tichy 2014, 337.  
<sup>296</sup> Vgl. Walker 1995, 8.

Sollte es nicht möglich sein die Oberflächen zu behandeln, ist ein weiterer Weg, diese mit einem Winkel zueinander zu versehen.<sup>297</sup> Sind nichtparallele Wände vorhanden sollten diese eine Ausschrägung von 1:12<sup>298</sup>, nach Egan 1:10 oder einem Winkel von mehr als 5 Grad<sup>299</sup>, wiederum nach Mommertz 7 Grad<sup>300</sup>, an an einer Wand aufweisen um Flatterechos zu vermeiden. BBC gibt hier sogar 10 Grad an, welche auf zwei gegenüberliegende Wände verteilt werden können und somit jeweils 5 Grad betragen.<sup>301</sup> Auf Flatterechos bei Schrägdächern ist ebenfalls zu achten.

Flatterechos können auch durch sogenannte Schröderdiffusoren (Quadratic Residue Diffusers (QRD)) reduziert und die Raum-Diffusivität verbessert werden, welche im Gegensatz zu absorbierenden Wandpaneelen dies erreichen, ohne die Raumnachhallzeit signifikant zu reduzieren. Im Kapitel 2.2.2 werden Sekundärmaßnahmen auch kurz behandelt.

## 2.2.2. Sekundärkonstruktion

Um eine optimale Akustik in Räumen zu erreichen sind Sekundärkonstruktionen ein wesentlicher Bestandteil und können das Klangbild eines Raumes formen. Sie dienen dazu die Limitierungen der primären Struktur aufzuheben und eröffnen zusätzliche Möglichkeiten den Raumeindruck zu verändern.

### Schallreflektierende Oberflächen

Grundsätzlich spricht man von drei verschiedenen Arten der Schallreflexion:

- Geometrische Reflexionen, die an der Primärstruktur stattfinden
- Gerichtete Reflexionen, an der Sekundärkonstruktion und deren wirksamen Strukturoberfläche
- Diffuse Reflexionen, die keine definierte Reflexionsrichtung aufweisen

### Geometrische Reflexionen

Ist eine Fläche ausreichend groß, reflektiert diese, dem Reflexionsgesetz, mit Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel, entsprechend, den Schall, dessen untere Grenzfrequenz, mit größerer wirksamer Fläche, näherer Anordnung des Reflektors an Quelle und Empfänger und dem Einfallswinkel, sinkt. Zusätzlich zu dessen Geometrie muss der Reflektor genügend flächenbezogene Masse aufweisen, die für hohe Frequenzen, wie Gesang und Sprache, bei circa  $10\text{gkm}^{-2}$  und tiefe Frequenzen, wie Bassinstrumente, bei ungefähr  $40\text{gkm}^{-2}$  liegt. Bei normal zueinanderstehenden Flächen entstehen Mehrfachreflexionen, die eine zur Schalleinfallrichtung parallele entgegengesetzte Schallreflexion verursachen und deren Effekt in Ecken um eine weitere Dimension erweitert wird, wodurch der Schall immer zur Quelle reflektiert wird, was äußerst störend sein kann.

Von der Schallwellenlänge abhängig, können geometrisch regelmäßige Formen, im Schnitt, die periodisch zueinander angeordnet werden, eine hohe Schallstrahlung erwirken.

<sup>297</sup> Vgl. Rose 1990, 91.

<sup>298</sup> Vgl. Long 2014, 841.

<sup>299</sup> Vgl. Egan 2007, 112.

<sup>300</sup> Vgl. Mommertz 2012, 83.

<sup>301</sup> Vgl. Rose 1990, 91.

Struktur	Strukturperiode g	Strukturbreite b	Strukturhöhe h
Rechteck	$\approx(1-2)\lambda$	$\approx 0,2g$	$\approx 0,2g$
Gleichschenkeliges Dreieck	$\approx(1-2)\lambda$	$\approx(0,5-0,67)g$	$\approx(0,25-0,33)g$
Sägezahn	$\approx 2\lambda$		$\approx 0,33\lambda$
Zylindersegment	$\approx(1-2)\lambda$	$\approx(0,17-1,0)g$	$\approx(0,25-0,5)g$

Tab. 9: Geometrische Formen und ihre effektiven Frequenzbereiche für Schalldiffusion

Rechteckige Strukturen weisen eine schmalbandige schallstreuende Wirkung von einer Oktave, dreieckige maximal zwei Oktave und erst zylinderförmige und geometrische Kombinationen breitbandige Wirkungen auf.<sup>302</sup>

## Glatte gekrümmte Flächen

Nach dem Hohlspiegelgesetz, genau wie bei geometrischen Reflexionen, erfolgen die Reflexionen glatter gekrümmter Flächen, wenn deren Linearabmessungen viel größer als die Wellenlänge des Schalls ist. Konkave Flächen können im Gegensatz zu konvexen, die immer schallstreuend wirken, unter bestimmten Voraussetzungen, zu Schallkonzentrationen führen. Befindet sich die Schallquelle im Krümmungsmittelpunkt der reflexiven Oberfläche, werden alle Schallstrahlen zu eben diesen wieder zurückgeworfen, was sehr störend sein kann und als Kreiswirkung bezeichnet wird.

Wenn die Position der Quelle nun zwischen den halben und den vollen Radius der Krümmung rückt, entsteht ein Schallkonzentrationspunkt außerhalb des Mittelpunktes, ein zweiter störender Brennpunkt, der zu einer unausgeglichene Schallverteilung führt und Ellipsenwirkung heißt.

Die Parabelwirkung entsteht durch eine stark begrenzte Schallquellenplatzierung im halben Krümmungsmittelpunkt, wodurch dieser wie ein Parabolspiegel wirkt und achsparallele Schallstrahlenbündel entstehen lässt, welche zwar gleichmäßig verteilt sind, aber zu unbeabsichtigten Störschallkonzentrationen führen. Rückt die Position nun noch weiter gen gekrümmte Fläche, also innerhalb des halben Radius, treten von dieser, divergierende Schallstrahlen auf, deren Intensität größer als bei ebenen Flächen ist und somit eine ähnlich gute Streuwirkung, wie bei konvexe Flächen entsteht.<sup>303</sup>

## Unebene Flächen

Sowohl räumliche Strukturen, als auch strukturierte Flächen, können durch wechselnde schallreflektierende und absorbierende Flächen eine diffuse Wirkung erreichen, die durch den Diffusitätsgrad d und den Streugrad s ausgedrückt wird. Ersteres ist ein frequenzabhängiger Wert, der Aussage über die Gleichförmigkeit der gestreuten Schallenergie gibt. Hohe Diffusität weisen Halbkugel- und Halbzylinderstrukturen auf, deren Wert gegen eins geht. Da dies eher ein quantitativer Wert ist, hat sich als Verhältnis aus gestreuter zu absorbierter und direkt reflektierter Energie das frequenzabhängige Streugrad s durchgesetzt.<sup>304</sup>

## Schalldiffusoren

Aus den vorhergehenden Punkten ist abzuleiten, dass jede unebene Fläche wie ein Diffusor funktioniert, nur, dass jene eine möglichst gleichmäßige Streuung aller Frequenzen aufweisen, ohne dabei den Schall zu absorbieren. Schröder-Diffusoren stellen hier das Maß aller Dinge dar und beruhen auf mathematischen Prinzipien basieren.<sup>305</sup>

<sup>302</sup> Vgl. Weinzierl 2008, 227-230.

<sup>303</sup> Vgl. Weinzierl 2008, 230ff.

<sup>304</sup> Vgl. Weinzierl 2008, 232f.

<sup>305</sup> Vgl. Kuttruff 2009, 59-66.

# Schallabsorber

Hier ergänze ich die bereits unter Schallabsorptionsgrad in Kapitel 2.1.2 erwähnten Punkte zu Schallabsorbern.

Wirkungsbedingt können aufgrund ihres wirksamen Frequenzbereiches Schallabsorber in folgende Kategorien eingeteilt werden: Höhenabsorber, Mittenabsorber, Tiefenabsorber und Breitbandabsorber. Grundsätzlich wirken jene Absorber in den hohen Frequenzbereichen, die durch Reibungsverluste Schallenergie in Wärme umwandeln, wohingegen auf dem Resonanzprinzip beruhende, mehr oder weniger frequenzabhängig sind.<sup>306</sup>

Wie schon zuvor erwähnt erfolgt bei porösen Materialien die schallabsorbierende Wirkung durch den Strömungswiderstand, der im wesentlichen Schall- in Wärmeenergie umwandelt. Um diese nun zu bewerten, werden Porosität  $\sigma$ , Strukturfaktor und der Strömungswiderstand  $R_s$  benötigt. Da der Teilchenbewegung, bei selber Porosität, aber kleineren Teilvolumina, ein größerer Strömungswiderstand  $R_s$  entgegengebracht wird, definiert sich dieser aus dem Verhältnis von Druckdifferenz  $\Delta p$ , hinter und vor dem Material, zu hindurchströmendem Luftstrom  $q_v$ . Ist dieser sehr gering, reflektiert eine starre Wand hinter einem porösen Schallabsorber den Schall beinahe ungehindert, was ebenfalls an der Schallabsorberoberfläche der Fall ist, wenn die einen zu großen aufweist. Um hier ein Optimalmaß zu finden, sind poröse Absorber an die Schall-Kennimpedanz der Luft  $\rho_0 c$  anzupassen, woraus sich bei einem üblichen Strukturfaktor  $s=1$  und einer Porosität  $\sigma=0,8$  ein optimaler Strömungswiderstand ergibt. Bessere Werte werden für höhere Frequenzen erreicht, da für tiefere Frequenzen erhebliche Materialstärken erforderlich werden, die somit unökonomisch wären.<sup>307</sup>

Platten-Resonatoren und deren Wirkung als Feder-Masse-System, sind bereits im Kapitel 2.1.1 erwähnt worden. Die Federwirkung entsteht durch die Biegesteifigkeit der begrenzenden Platten und der dazwischen befindlichen Luftschicht. Die wichtigsten Faktoren für eine gute Dämpfung sind der Verlustfaktor der Platten und die Reibungsverluste an den Einspannstellen, wobei sich die Resonanzfrequenz aus der Luftschichtstärke und der flächenbezogenen Plattenmasse annähernd errechnen.

Somit lassen sich folgende Grundsätze für eine hohe Effektivität bestimmen:

- Ein möglichst großer Verlustfaktor der Platten
- Der lichte Kassettenabstand sollte mindestens einen halben Meter und richtungsunabhängig kleiner als die Hälfte der Resonanzwellenlänge sein
- Die Platten sollen eine Größe von mindestens  $0,4\text{m}^2$  aufweisen
- Luftraumbedämpfungen sind, um das Schwingungsverhalten der Platten nicht zu stören, an der massiven Wandfläche zu befestigen

Es können bei der Resonanzfrequenz Schallabsorptionsgrade von 0,3 bis 0,4, ohne eine Hohlraumbedämpfung, und, mit dieser, 0,4 bis 0,7 erreicht werden. Zur Resonanzfrequenz fällt der Schallabsorptionsgrad im Abstand einer Oktave auf die Hälfte. Um eine Resonanzfrequenzerhöhung zu erreichen wird die Masse der Platten, durch definierte Lochmuster, reduziert, die so eine wirksame Lochmasse  $m'_L$  aufweisen.

Durch die Reibungsverluste, bei genügend engen Durchmessern der Löcher, kann auf eine Dämmstoffeinlage an der Rückwand verzichtet werden, wodurch mikroperforierte Schallabsorber sogar aus durchsichtigen Materialien hergestellt werden können. Deren Plattenstärke liegt bei 4-6mm und einem Durchmesser von 0,5mm mit einem Flächenverhältnis von 6% der Löcher.

Um möglichst breitbandige Schallabsorber herzustellen sind Kombinationsaufbauten mehrerer gelochter Platten und Luftraumstärkevariationen, genauso wie verschiedene Lochparameter möglich.<sup>308</sup>

Die dritte gängige Art von Schallabsorbern, besonders für tiefe Frequenzen, sind Helmholtz-Resonatoren. Gegenüber Platten-Resonatoren weisen diese einige Vorteile, wie optisch geringerer Auffälligkeit bei bereits gebauter Hohlraumnutzung und einer nachträglichen Resonanzfrequenzänderbarkeit, auf. Das Wirkungsprinzip eines resonanzfähigen Feder-Masse-Systems ist dasselbe, wie bei Platten-Resonatoren. Die akustische Feder wird vom Volumen  $V$  des Resonators gebildet und der Resonatorhals, der aus Resonatorhalstiefe  $l$  und Öffnungsquerschnitt  $S$  besteht, wirkt als Masse, deren Wirkungseffektivität an den Wellenwiderstand der Luft angepasst werden muss. Wenn, wie bei den Vorteilen bereits erwähnt, ein nutzbares Volumen existiert, kann eine Kreisöffnung für eine Resonanzfrequenz berechnet werden. Sind umgekehrt bereits Öffnungen mit einem Radius vorhanden lässt sich das erforderliche Volumen des Resonators berechnen.<sup>309</sup>

Bei Darbietungsräumen ergibt sich eine Schallabsorption durch das Publikum, die von einigen Faktoren, wie beispielsweise den Abständen der Sitze, der Besetzungsdichte, dem Möbeltyp, der Sitzreihenüberhöhung, der Kleidung, abhängig ist. Vor allem bei mittleren und hohen Frequenzen ist der Einfluss des Publikums wesentlich und für die Nachhallzeitberechnung essentiell. Besonders bei ebenen Darbietungs- und Zuhörerflächen treten, in Bezug auf den Direktschall und Anfangsreflexionen, frequenzabhängige Zusatzdämpfung durch das Streifen der Zuhörerfläche auf, und haben direkten Einfluss auf den Höreindruck.

- Der Seat-Dip-Effekt bewirkt einen Pegelbruch bei 150-250Hz, durch die periodische Anordnung der Sitze.
- Der Head-Dip-Effekt wird durch die Schallstreuung an den Köpfen verursacht und dämpft bei einer Frequenz von 1500-4000Hz zusätzlich, ist aber stark von der Haltung und Position zur Schallquelle abhängig.
- An den Schultern gestreuter Schall in Kombination mit dem Direktschall führt durch Interferenz zu einer breitbandigen zusätzlichen Dämpfung. Dieser kann durch die Schalldruckpegelminderung im Mittelfrequenzbereich in Kopfhöhe und den Erhebungswinkel in Zusammenhang gebracht werden.

Sollten Sender und Empfänger in derselben Ebene sein, kann eine Pegelminderung von circa 14dB auftreten, wobei eine Erhöhung des Erhebungswinkels auf  $7^\circ$  diese auf weniger als einen Dezibel reduziert.<sup>310</sup>

- Poröse Stoffe wie Textilien, Mineral- und Glasfaser, weisen sehr gute schallabsorbierende Eigenschaften auf, was auf den Strömungswiderstand zurückzuführen ist, den diese der Schallwelle entgegensetzen. Im Gegensatz zur Luft weisen sie jedoch einen anderen Strömungswiderstand auf und reflektieren somit an der Grenzfläche einen Teil der Schallleistung. Jedoch mit einer speziellen Gestaltung der Oberfläche kann dies weitestgehend unterbunden werden und ist der Grund für die bekannten Pyramidenoberflächen von Akustikdämmstoffen. Das Prinzip dahinter ist ein Heranleiten des Schalls in das poröse Material und solange die Länge dieses Weges, die halbe Wellenlänge beträgt, geschieht. Ein 1m langer Keil absorbiert somit 99,9% der Frequenzen ober 150Hz und wirkt daher breitbandig. Um tiefere Frequenzen zu absorbieren werden Resonanzabsorber wie Loch- und Plattenabsorber, die nur in einem bestimmten Frequenzbereich wirksam sind, eingesetzt.
- Eben diese zuletzt genannten Plattenabsorber bestehen aus, vor der Wand angebrachten, Platten, die einen Luftpolster im Zwischenraum und somit ein schwingungsunfähiges System erzeugen. Durch innere Verluste und poröse Materialien

<sup>308</sup> Vgl. Weinzierl 2008, 235-237.

<sup>309</sup> Vgl. Weinzierl 2008, 237f.

<sup>310</sup> Vgl. Weinzierl 2008, 238-241.

im Zwischenraum werden die eintreffenden Schallwellen, die das System in Schwingung versetzen, gedämpft. Der Wirkungsbereich liegt, in Abhängigkeit von der Dimensionierung, bei 50Hz bis 300Hz und diese sind häufig als Holzvertäfelungen in Konzertsälen auffindbar.

- Loch- oder Lochplattenabsorber sind im Prinzip eine Vielzahl von Helmholtz-Resonatoren, die auf einem Plattenabsorber, nebeneinander angeordnet wurden, denn ihre Funktion entspricht im Wesentlichen jenen. Der durch die Öffnungen der Resonatoren verursachte Strömungswiderstand dämpft zusätzlich, wobei dieser, genauso wie die Resonanzfrequenz, von Lochdurchmesser, -anzahl und -tiefe bestimmt wird.<sup>311</sup>

### 2.2.3. Zusammenfassung Raumakustik

Zusammenfassend beruht die raumakustische Planung auf:

- Raumgeometrie (Winkel der Oberflächen und Verhältnisse der Flächen zueinander, Form der Konstruktion)
- Materialität der Oberflächen (Masse und Beschaffenheit, innere Konstruktion)
- Zusätzlichen Maßnahmen (Sekundärkonstruktionen wie Schallabsorbern, Schalldiffusoren)
- Schallquelle und deren Positionierung im Raum

## 3. Rahmenbedingungen und Projektentwicklung

Wie bereits erwähnt, entstand durch eine umfassende Neugestaltung des Gemeindezentrums Seiersberg-Pirka, die Notwendigkeit der Schaffung neuer Räumlichkeiten für Musikschule und Musikverein. Jedoch hatte das Projekt einen ganz anderen Ursprung. Erste Kommunikationsversuche zwischen Gemeinde und Musikverein wurden unternommen, da die aktuelle Probensituation für die Musiker beinahe unerträglich ist. Die wachsende Musikerzahl in einem Proberaum, der für wesentlich weniger ausgelegt ist, fordert sowohl Nerven, als auch Gesundheit. Die Lautstärke während Proben erreicht schon gefährliche Niveaus und über Langzeitfolgen sollte man sich besser keinen Kopf machen. Die Lüftungsanlage und die Klimaanlage sind ebenfalls stark unterdimensioniert und machen Proben selbst im Winter zu einer Tortur. Diese waren auch Anstoßpunkt für den Musikverein nach einer Lösung zu suchen und sich mit der Gemeinde in Verbindung zu setzen. In den darauffolgenden Gesprächen wurden auch die Pläne eines Neubaus des Gemeindezentrums Thema, was für Musikverein und Musikschule, die eine innige Symbiose bilden, bedeutete, sich neue Räume suchen zu müssen. Unterstützt durch die Gemeinde gab es mehrere Vorschläge Bestandsgebäude zu adaptieren, jedoch entschloss sich die Gemeinde schließlich, ein eigenes Gebäude für die Musik in Seiersberg-Pirka zu schaffen. Eine Darstellung der Ausgangssituation ist notwendig und somit werden die verschiedenen Organisationen spezifisch, unter Beachtung des Bestandes, betrachtet.

### 3.1. Das Bestandsgebäude

Um keine Kompromisse eingehen zu müssen, wurde als erste Bemessung der erforderlichen Flächen der aktuelle Bestand herangezogen, dessen Raumnutzung im Laufe der Jahre immer wieder angepasst werden musste, um den Anforderungen gerecht zu werden.

Das Musikheim umfasst im Erdgeschoss ein Probelokal mit direkt angeschlossenem Tonstudio, welches als Instrumentenlagerraum genutzt wird. Einen Aufenthaltsbereich mit kleiner Teeküche, wo das Notenarchiv, das gleichzeitig das Büro, der Kopierraum und ein Unterrichtsraum ist, und ein weiterer Unterrichtsraum angeschlossen sind. Gegenüber dem Eingang des Aufenthaltsraumes ist ein weiterer kleiner Raum der als Lager genutzt wird. Nur von außerhalb des Musikheimes zugänglich befindet sich ein weiterer Lagerraum, dessen Nutzung aufgrund von eindringendem Wasser jedoch wieder abgebrochen werden musste. Im ersten Geschoss befindet sich das Kleidungsarchiv und im zweiten Obergeschoss ein weiterer Lagerraum, der infolge des ausbleibenden Lagerraumes im Erdgeschoss das komplette technische Equipment inklusive Dekorationen, Bühnenequipment und sogar manche Instrumente aufnehmen muss und daher bis zur Decke gefüllt ist.

001	Lager	16,92m <sup>2</sup>
002	Instrumentenlager	4,58m <sup>2</sup>
003	Probelokal	85,84m <sup>2</sup>
004	Lager	7,69m <sup>2</sup>
005	Aufenthaltsraum	29,88m <sup>2</sup>
006	Notenarchiv/UR/Büro	14,91m <sup>2</sup>
103	Kleidungsarchiv	10,50m <sup>2</sup>
201	Lager	25,63m <sup>2</sup>

Gesamt ergeben sich somit 195,95m<sup>2</sup> Hauptnutzfläche ohne Erschließung.

Die Musikschule verfügt über kein eigenes Büro und somit wird wie im vorigen Kapitel bereits erwähnt, ein Raum mitgenutzt und dient ebenfalls als Unterrichtsraum. Genauso wird der Aufenthaltsraum mitgenutzt, der einen weiteren Unterrichtsraum erschließt. Im ersten Obergeschoss folgen vier weitere Unterrichtsräume. Ein Raum wurde hier nachträglich geteilt, was jedoch nicht berücksichtigt wird, aber die Auslastung von sieben Unterrichtsräumen erklärt. Toilettenanlagen befinden sich in beiden Obergeschossen, wobei nur das erste Obergeschoss für die Musikschule genutzt wird und die Toiletten im Erdgeschoss werden mitgenutzt.

006	Unterrichtsraum/NA/Büro	14,91m <sup>2</sup>
007	Unterrichtsraum	12,26m <sup>2</sup>
101	Unterrichtsraum	19,07m <sup>2</sup>
102	Unterrichtsraum	22,17m <sup>2</sup>
104	Unterrichtsraum	13,58m <sup>2</sup>
105	Unterrichtsraum	11,59m <sup>2</sup>

Somit verfügt die Musikschule über 93,58m<sup>2</sup> dedizierter Fläche ohne Erschließung, wobei der Schlagzeugunterricht im Proberaum des Musikvereines stattfindet.

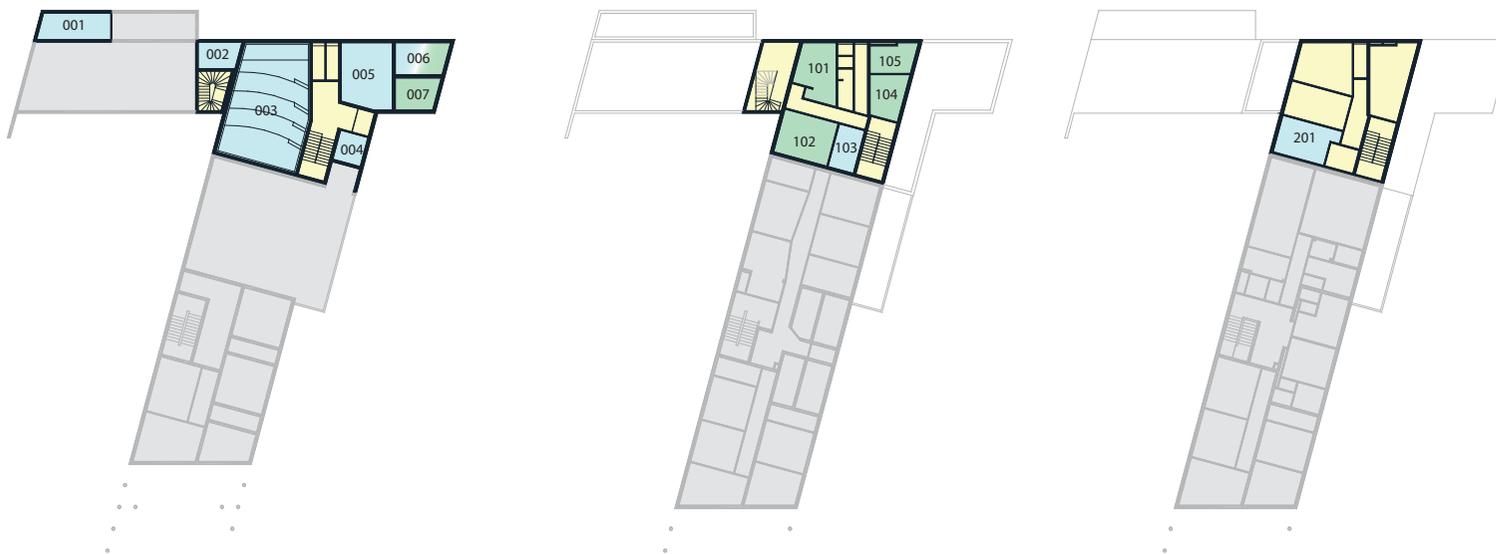


Abb. 21: Bestandsgebäude EG|10G|20G

## 3.2. Die Musikschule Seiersberg-Pirka

Die folgenden Daten entsprechen dem Stand 2017 in direkter Absprache mit Joachim Krottmaier, dem aktuellen Leiter der Musikschule in Seiersberg-Pirka.

Seit dem Jahr 2008 läuft der Musikschulunterricht in der Gemeinde über mo-haring.at und die Leitung erfolgt seit 2012 durch Joachim Krottmaier, der ebenfalls den Musikverein leitet. Ein Schwerpunkt der Musikschule ist es sowohl jung als auch alt, unter dem Motto „Musik kennt keine Altersgrenze“, der Musik näherzubringen.

Die Zahl der Musikschüler hat sich bei der Übernahme von 112 (Stand Schuljahr 2012/2013) auf 230 (Stand Schuljahr 2016/2017) mehr als verdoppelt und erlaubt so in einer Gemeinde mit 11.136 Einwohnern<sup>312</sup> aufgrund des linearen Anstiegs die Annahme einer Prognose von mehr als 350 Schülern bis zum Jahr 2021. Auch die Zahl der Schüler für Blasmusikinstrumente ist stetig steigend von 35 auf 61 Schüler, was voraussichtlich über 90 Schüler bis 2021 bedeutet. Weitere Faktoren diese Zahlen annehmen zu können, sind die Pläne der Gemeinde, Kindern den vollen Bildungsweg, von Kindergarten bis zur Matura in Seiersberg-Pirka zu ermöglichen und mit dem Bau der DeLatour Schule ist hier bereits der erste Schritt gesetzt.

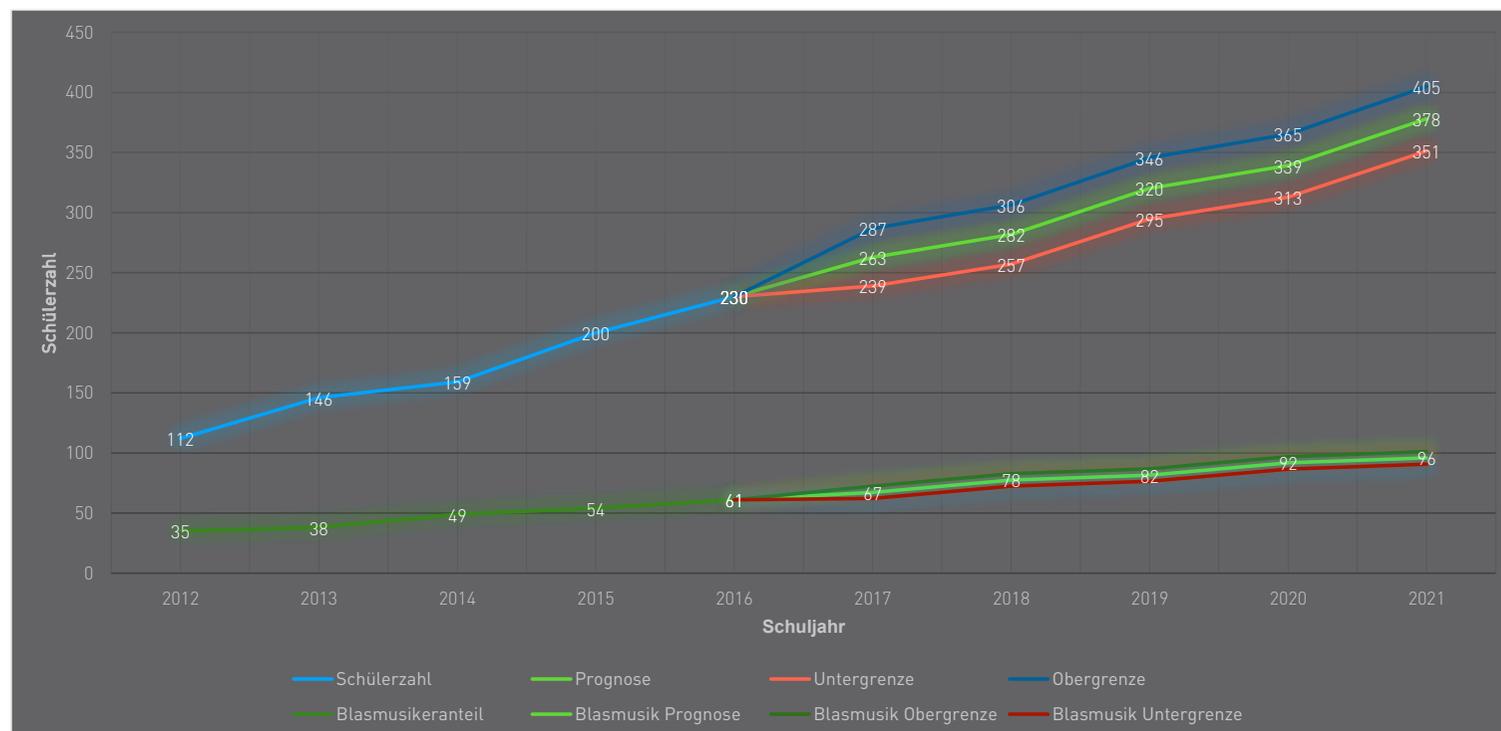


Abb. 22: Schülerprognose Musikschule

Zur musikalischen Früherziehung beschäftigt die Musikschule 20 Lehrer und 15 Instrumentallehrer, wobei davon fünf dies bereits Vollzeit machen und der Rest jeweils einen Tag an der Musikschule ist.

Das Bestandsgebäude, welches sieben suboptimale Räume fasst, ist bereits zu 90% ausgelastet und aufgrund zeitlicher Überschneidungen, sind bereits weitere Räume an verschiedenen Orten der Gemeinde als Unterrichtsräume in Benutzung.

Diese Zahlen wurden als Basis für die weitere Planung des Raumprogrammes herangezogen.

Den Anforderungen einer öffentlichen Musikschule nachzukommen wurde sowohl von der Musikschule als auch der Gemeinde nicht gefordert, jedoch sind einige Werte zur Orientierung herangezogen worden.

Das derzeitige Wachstum der Musikschule erfordert eine Auslegung der neuen Räumlichkeiten für mindestens 350 Schüler, was, wenn man mit 35 Schülern pro Raum rechnet, mindestens zehn Räume bedeutet.<sup>313</sup> Die Erfahrung der Musikschulleitung und die oftmaligen Überschneidungen, sowie Stoßzeiten für Schüler erhöhten diese jedoch auf zwölf Räume. Davon werden elf in einer Größe von 15m<sup>2</sup> ausgeführt, was für Musikunterrichtsräume die bevorzugte Größe darstellt, und einer mit 25m<sup>2</sup>, um genügend Platz für den Klavierunterricht zu bieten. Des Weiteren ist ein Musiktheorieraum zu errichten welcher inklusive Lagerflächen 60m<sup>2</sup> nicht unterschreiten soll. Die Unterrichtsräume sollten eine Höhe von 2,80m und der Musiktheorieraum von mindestens 3,00m aufweisen. Der Musiktheorieraum, der gleichzeitig Ensembleproberaum sein soll, ist ein wichtiger Bestandteil des gesamtheitlichen Konzeptes, welches diesen Raum auch für Volksschule und De-Latour-Schule zur Verfügung stellt, die nicht über Lokalitäten mit musikalischer Nutzbarkeit verfügen.

In weiterer Folge wird noch ein Büro mit einer Größe von ungefähr 15m<sup>2</sup> benötigt und ein Lehrerzimmer mit circa 20m<sup>2</sup>.<sup>314</sup> Da das Gebäude unabhängig von der betreibenden Organisation der Musikschule in der Funktion gleichbleiben soll, ist es notwendig die Verwaltung vom Musikverein getrennt zu organisieren, was ein Büro erfordert. Dies ist notwendig zu erwähnen, da der Leiter der Musikschule auch die musikalische Leitung im Musikverein innehat und ursprünglich kein separates Büro als erforderlich sah. Jedoch mit der Begründung der Unabhängigkeit und Zukunftssicherheit wurde dieses wieder in das Raumprogramm aufgenommen. Ein Lehrerzimmer war schließlich auch Thema der Verhandlungen, jedoch macht die zusätzliche Auslastung und somit längere Zeit der Instrumentallehrer dieses zu einem Rückzugs- und Vorbereitungsbereich, welcher die Produktivität und Leistungsfähigkeit, sowie die Bedingungen für diese verbessert.

## RAHMENBEDINGUNGEN & PROJEKTENTWICKLUNG

<sup>313</sup> Vgl. o.A. Leitfaden 2016, 207.

<sup>314</sup> Vgl. o.A. Leitfaden 2016, 207.

### 3.3. Der Musikverein Seiersberg-Pirka

Der seit 1956 bestehende Musikverein, welcher erst 2016 sein 60-jähriges Bestehen feierte, hat zurzeit 43 aktive Musiker, mit einem derzeitigen Probenschnitt von meistens mehr als 30 Musikern. Die Geschichte der Probelokale ist ebenfalls sehr durchwachsen von Kellerräumen der Schule und des Kindergartens, über Räume in Gasthäusern, bis dann zu einem dedizierten Proberaum im Gebäude neben dem Gemeindeamt.

Register	Anzahl	Instrument
Hohes Holz	1	Piccoloflöte
	5	Querflöten
Tiefes Holz	5	Klarinetten
Saxophone	2	Altsaxophon
	4	Tenorsaxophon
	1	Baritonsaxophon
Weiches Blech	4	Flügelhörner
Bassflügelhorn	2	Tenorhorn
	2	Bariton
Scharfes Blech	4	Trompeten
Posaunen	2	Posaunen
Hörner	4	Hörner
Bässe	1	Bb-Tuba
	1	F-Tuba
Schlagzeug	1	Große Trommel/kombiniertes Schlagzeug
	1	Kleine Trommel/Pauken
	1	Kleine Trommel/Glockenspiel/Vibraphon/Xylofon
	1	Paar Becken/Röhrenglockenspiel
	1	Paar Becken/Templeblocks/Congas

Tab. 10: Besetzung Musikverein [03/2018]

Eine Prognose für den Musikverein wurde aufgrund der Schülerzahlen der Musikschule und dem Jugendorchester easy brass, wo bereits einige Musiker bereit für den Musikverein sind, mit 23 Mitgliedern [03/2018] gestaltet. Als Ergebnis war anzunehmen, dass der Musikverein in den nächsten Jahren ungefähr 55 aktive Musiker haben wird und diese Zahl wurde auch als Basis für die Planung herangezogen.

Als Vergleich wurde die Besetzung der Militärmusik mit 56 Musikern herangezogen, um möglichst jede Literatur für Blasmusik spielen zu können.<sup>315</sup> Somit entspricht die Anzahl auch den Prognosen für den Musikverein und kann ohne weitere bedenken für die weitere Planung herangezogen werden.

Diese sieht, unter Betrachtung der unterschiedlichen Stimmen, wie folgt aus:

Register	Anzahl	Instrument	Stimme
Hohes Holz	1	Solo Flöte	1
	3	Flöten/Piccolo	1
	2	Oboen/Englisch Horn	1
Tiefes Holz	1	Klarinette	1
	1	Soloklarinette	1
	3	Klarinetten	1
	2	Klarinetten	2
	1	Klarinette/Alt Klarinette	2/1
	2	Klarinetten	3
	1	Klarinette/Bassklarinetten	3/1
Saxophone	1	Fagott	1
	1	Fagott	2
	1	Solo Altsaxophon	1
	1	Altsaxophon	2
	1	Tenorsaxophon	1
Weiches Blech	1	Tenorsaxophon	2
	1	Baritonsaxophon	1
	1	Solo Flügelhorn	1
	1	Flügelhorn	1
Bassflügelhorn	1	Flügelhorn/Piston	1
	2	Flügelhörner	2
	1	Solo Bassflügelhorn	1
Scharfes Blech	1	Bassflügelhorn	1
	2	Euphonium	1
	1	Solo Trompete	1
	1	Trompete	1
Posaunen	2	Trompeten	2
	1	Trompete	3
	1	Trompete	4
	1	Solo Posaune	1
Hörner	1	Posaune	2
	1	Posaune	3
	1	Bassposaune	1
	1	Solo Horn	1
Hörner	1	Horn	2
	1	Horn	3
	1	Horn	4
	1	Horn	4

## RAHMENBEDINGUNGEN & PROJEKTENTWICKLUNG

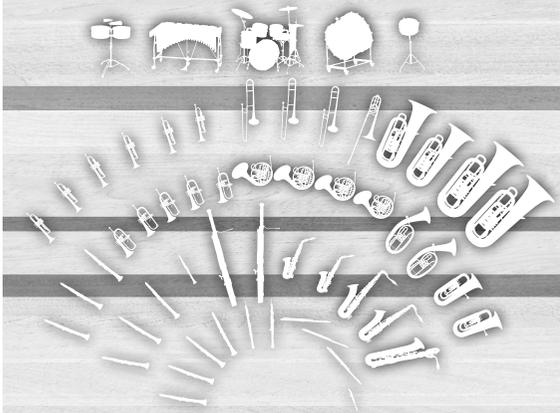


Abb. 23: optimale Blasorchesterbesetzung

Bässe	1	Solo Basstuba	1
	1	Basstuba/Bassgitarre	1
	1	Basstuba/Kontrabass	2
	1	Basstuba	2
Schlagzeug	1	Große Trommel/kombiniertes Schlagzeug	
	1	Kleine Trommel/Pauken	
	1	Kleine Trommel/Glockenspiel/Vibraphon/Xylofon	
	1	Paar Becken/Röhrenglockenspiel	
	1	Paar Becken/Templeblocks/Congas	

Tab. 11: optimale Besetzung

Zur Planung eines Probenlokals dienen vorrangig drei Werte und diese sind zum einen die Raumhöhe, die Fläche pro Musiker und am wichtigsten das Raumvolumen pro Musiker.

Die Firma Artelier, welche eine Spezialisierung auf Räume für Musik hat, gibt die lichte Raumhöhe mit mindestens 4m bei Neubauten, die Fläche mit 2,2-2,4m<sup>2</sup> und das Raumvolumen mit 8,5-10m<sup>3</sup> an.<sup>316</sup> Persönliche Gespräche mit der Firma Hutter Acustix GmbH ergaben hier 2m<sup>2</sup> pro Musiker, wobei es sich dann um die Größe exklusive 10% die für akustische Maßnahmen benötigt werden handelt. Auch von deren Seite sind 4m Mindesthöhe des fertigen Raumes angegeben worden, die exklusive akustischer Maßnahmen schließlich 5m im Rohbau betragen.

Für den Bestand ergeben sich somit aus der Fläche maximal 34 Musiker, jedoch werden Raumhöhe und Raumvolumen massiv unterschritten und es ergeben sich maximal 26 Musiker. Diese Zahl wird beinahe bei jeder Probe überschritten und macht das Proben unzumutbar, sowohl für Musiker als auch Leitung. Ein weiteres Problem, welches sich aus diesen Umständen entwickelt, ist, dass die Belüftung und das Raumklima sehr schlecht sind und bei einer zu kleinen Planung definitiv wesentlich teurere und aufwändigere Maßnahmen ergriffen werden müssen.

Artelier gibt die Größen der gebauten Probelokale mit Musikeranzahl an woraus sich ein Durchschnitt berechnen lässt, der bei etwa 2,5m<sup>2</sup> pro Musiker liegt:

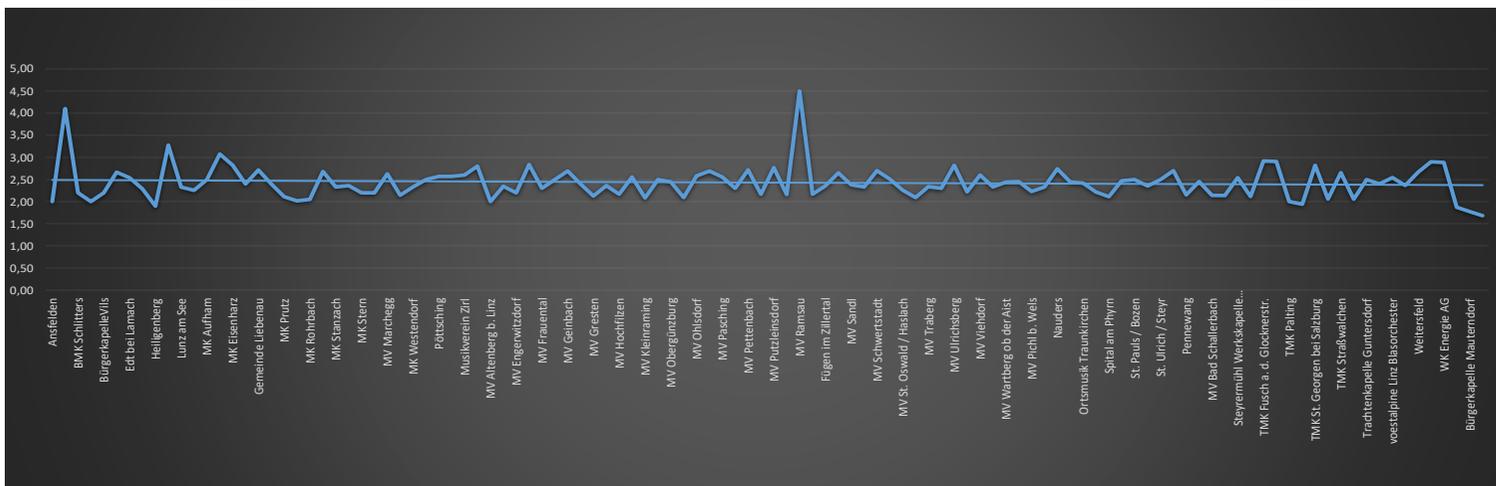


Abb. 25: Vergleich von Fläche pro Musiker mehrerer bestehender Proberäume

Um den Raum nicht zu überdimensionieren, entschied man sich schließlich von 2,4m<sup>2</sup> pro Musiker auszugehen, was somit 135m<sup>2</sup> bedeutet. Das optimale Seitenverhältnis für Proberäume dieser Größe beträgt entweder 1:1 oder 5:6<sup>317</sup>, wobei bei den Beispielen letzteres verwendet wurde. Die Firma Hutter gibt hier an, dass je nach Aufstellung das Verhältnis von 1,6:1 bis 1:1 gewählt werden kann, wobei eine Raumtiefe von 10m nicht unterschritten werden sollte. Bei 135m<sup>2</sup> ergibt sich mit einem zu erreichenden Raumvolumen von 560m<sup>3</sup> somit eine Höhe von 4,15m, womit alle wichtigen Faktoren erreicht werden.

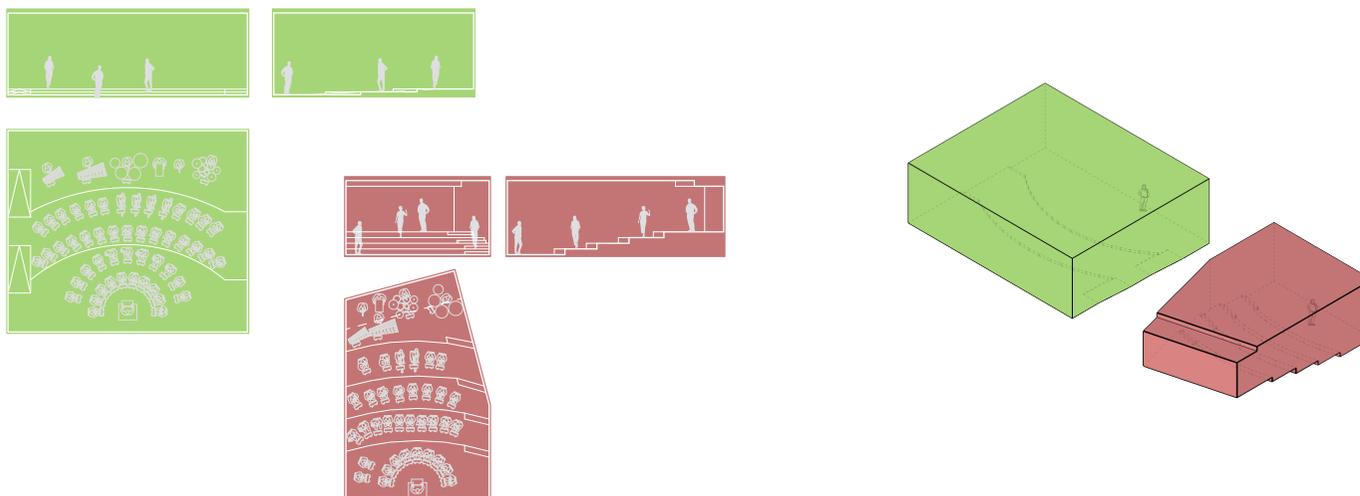


Abb. 24: Schnitte, Grundrisse und 3D-Ansichten eines optimierten und des bestehenden Proberaumes

### 3.4. Das Raumprogramm

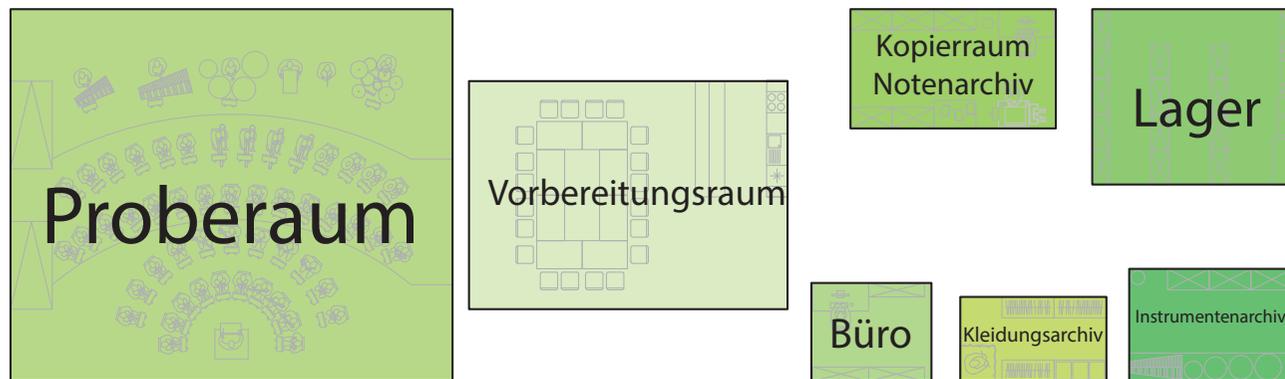
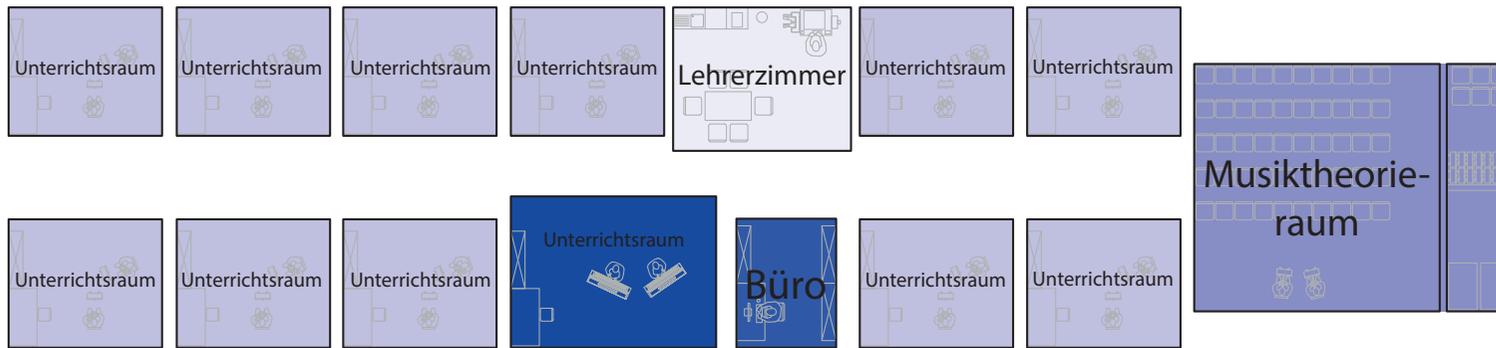
Schließlich einigte man sich zwischen Gemeinde, Musikverein und Musikschule auf ein Raumprogramm, welches eine Hauptnutzfläche von 560m<sup>2</sup> auf zwei Ebenen umfassen soll.

Für den Musikverein ist ein Proberaum mit 135m<sup>2</sup> anberaumt mit einem 60m<sup>2</sup> Vorbereitungsraum.<sup>318</sup> Ein Büro mit 10m<sup>2</sup> zur Unterbringung aller Finanzunterlagen, sowie allen Dokumenten für Verwaltung und Organisation. Das Notenarchiv wurde mit dem Kopierraum zusammengeschlossen und soll eine Größe von 20m<sup>2</sup> aufweisen. Bezüglich der Lagerung sollten keine Abstriche gemacht werden und daher sind für den allgemeinen Bedarf, wie Lichtanlagen, Veranstaltungsmaterialien, Fotoausrüstung und dergleichen, wie im Bestand 30m<sup>2</sup> angesetzt. Das Instrumentenlager soll 15m<sup>2</sup> groß werden, um Schülerinstrumente und Instrumente die nur bei Ausrückungen benötigt werden fachgemäß verstauen zu können. Das Kleidungsarchiv mit 10m<sup>2</sup> ist ebenfalls an den Bestand angepasst. Somit kommt der Musikverein auf einen Raumbedarf von 280m<sup>2</sup>.

Nach Absprache mit den Betreibern der Musikschule wurden die Raumanforderungen angepasst. Es werden daher elf Räume mit je 15m<sup>2</sup> um möglichst flexibel zu sein benötigt und ein Unterrichtsraum mit 25m<sup>2</sup> für den Klavierunterricht. Ein Raum mit insgesamt 60m<sup>2</sup> ist für den Musiktheorieunterricht und als Proberaum für Ensembles vorgesehen, der auch Stauraum für Instrumente und Equipment aufweisen soll. Das Lehrerzimmer, soll den Lehrern als Vorbereitungs- und Pausenraum dienen und ist mit 20m<sup>2</sup> dimensioniert. Die Verwaltung, Organisation und alle Unterlagen sind im Büro untergebracht, welches wie jenes des Musikvereines mit 10m<sup>2</sup> angedacht ist und somit etwas kleiner, als es ursprünglich vorgesehen war, ist. Dies ergibt genauso wie vorher auch 280m<sup>2</sup> Hauptnutzfläche, was somit mit einer geschossweisen Aufteilung der Nutzungen funktionieren sollte.

Musikschule		Musikverein	
Unterrichtsräume klein [UR]	11x15m <sup>2</sup>	Proberaum [PR]	135m <sup>2</sup>
Unterrichtsraum groß [UR]	1x25m <sup>2</sup>	Vorbereitungsraum [VR]	60m <sup>2</sup>
Musiktheorieraum [MTR]	60m <sup>2</sup>	Büro [BMV]	10m <sup>2</sup>
Lehrerzimmer [LZ]	20m <sup>2</sup>	Notenarchiv [NA]	20m <sup>2</sup>
Büro [BMS]	10m <sup>2</sup>	Instrumentenlager [IL]	15m <sup>2</sup>
		Bekleidungsarchiv [BA]	10m <sup>2</sup>
		Lager allgemein [LMV]	30m <sup>2</sup>
	280m <sup>2</sup>		280m <sup>2</sup>

Tab. 12: Raumprogramm



**RAHMENBEDINGUNGEN & PROJEKTENTWICKLUNG**

Abb. 26: Angepasste konzeptuelle Anordnung der Raumgrundrisse

### 3.5. Situation im städtebaulichen Kontext

Im Schwarzplan ist das neue Entwicklungsgebiet der Gemeinde Seiersberg-Pirka auf der Nord-Süd-Achse, die durch die Autobahn und Eisenbahn bestimmt wird, klar ersichtlich. Im Süden des Gemeindezentrums befindet sich das markierte Gebäude, welches zurzeit vom Musikverein mitgenutzt und in der Folge der Neugestaltung zum Gemeindeamt wird, wobei das östlich davon liegende bestehende Gemeindeamt einem Park weichen soll. Als erster Baustein in das neue Erschließungsgebiet wird das neue Musikheim von keiner Geometrie der umliegenden Gebäude signifikant beeinflusst.

Klar erkennbar ist zudem die Trennung zum Gewerbegebiet durch die Autobahn, welches wesentlich größere Gebäude umfasst. Das Gemeindezentrum neu bildet somit eine Übergangszone zu den im Westen liegenden Wohnhäusern. Die Feldkirchnerstraße bildet eine Trennlinie auf der Ost-West-Achse und wird mit, zu den direkt anschließenden Einfamilienhäusern verglichen, größeren Gebäuden bespielt, die Büro-, Geschäfts- und Gastronomieflächen umfassen.



Abb. 27: Lageplan 1:5000



RAHMENBEDINGUNGEN &  
PROJEKTENTWICKLUNG

Abb. 28: Schwarzplan 1:5000

## 3.6. Das neue Grundstück

Westlich der Autobahn A9 direkt nach der Abfahrt stadtauswärts, somit auch genau gegenüber der Shopping City Seiersberg, und von der anderen Seite begrenzt durch die Eisenbahntrasse, soll das neue Gemeindezentrum entstehen. Das bereits bestehende Gemeindeamt wird einem Park weichen und in das ehemalige Musikheim einziehen, welches einen großen und umfassenden Umbau erleben wird.

Das bestehende und bald ehemalige Musikheim liegt im Süden des Gemeindezentrums und wird im Laufe der Umgestaltung Bestandteil des neuen Gemeindeamtes, welches das angrenzende Gebäude Richtung Osten ist.

Das Grundstück selbst liegt im neuen Entwicklungsgebiet des Gemeindezentrums für Seiersberg-Pirka und bietet somit perfekte Bedingungen. Genau befindet es sich nördlich im Anschluss an die neue De-La-Tour Schule an der zukünftigen Verlängerung der Haushamerstraße nordwärts. Ein weiterer Punkt der für dieses Grundstück spricht ist, dass eine Busstation an der neuen Kreuzung entstehen soll, die wahrscheinlich in einen Kreisverkehr konvertiert wird.

Das Grundstück war zu Anfang der Besprechungen noch eine Ackerfläche, welche im Rahmen der Bauarbeiten der De-La-Tour Schule dann schließlich, nachdem die Gemeinde dieses Grundstück erworben hat, ein Sportplatz wurde. Für das Musikheim und die Musikschule wurde ein Streifen von 18 Metern Breite und ungefähr 50 Metern Länge in der Verlängerung der Haushamerstraße freigelassen, wobei diese Werte zu Anfang der Planung sehr leger gesehen wurden und somit die Vorentwürfe zu manchen Zeitpunkten stark von diesen Angaben abwichen. Als sich die Planung konkretisierte, wurde die Grundstücksgröße auf eine Breite von 17 Meter, durch den bereits hergestellten Sportplatz, reduziert. Eine Auflockerung dieser, trotz einer eigentlich komplett unbebauten Fläche, war aufgrund des, erst im Laufe der Planung erwähnten, Vorhabens, der Volksschulerweiterung Richtung Norden, da diese bereits überlastet ist, unmöglich. In späteren Gesprächen wurde auch die De-Latour Schule, die ebenfalls erweitert werden soll, als ein Grund für diese Grenze angegeben.

Aus geologischer Sicht gibt es keinerlei Einschränkungen, da jedoch der Grundwasserstand relativ hoch ist, war eine Planung in größere Tiefen keine Option. Für die Höhe des Gebäudes gab es ursprünglich auch keine Limitierungen, jedoch wurde aus finanziellen Gründen ein zweigeschossiges Gebäude präferiert.

Der Geometrie sind keine Vorgaben gesetzt, da das Gebäudeerscheinungsbild nicht durch andere Gebäude beeinflusst wird. Jedoch zeichnet sich ein Bild einfacher quaderförmiger Baukörper ab, welches durchaus in den Entwurf eingeflossen ist.

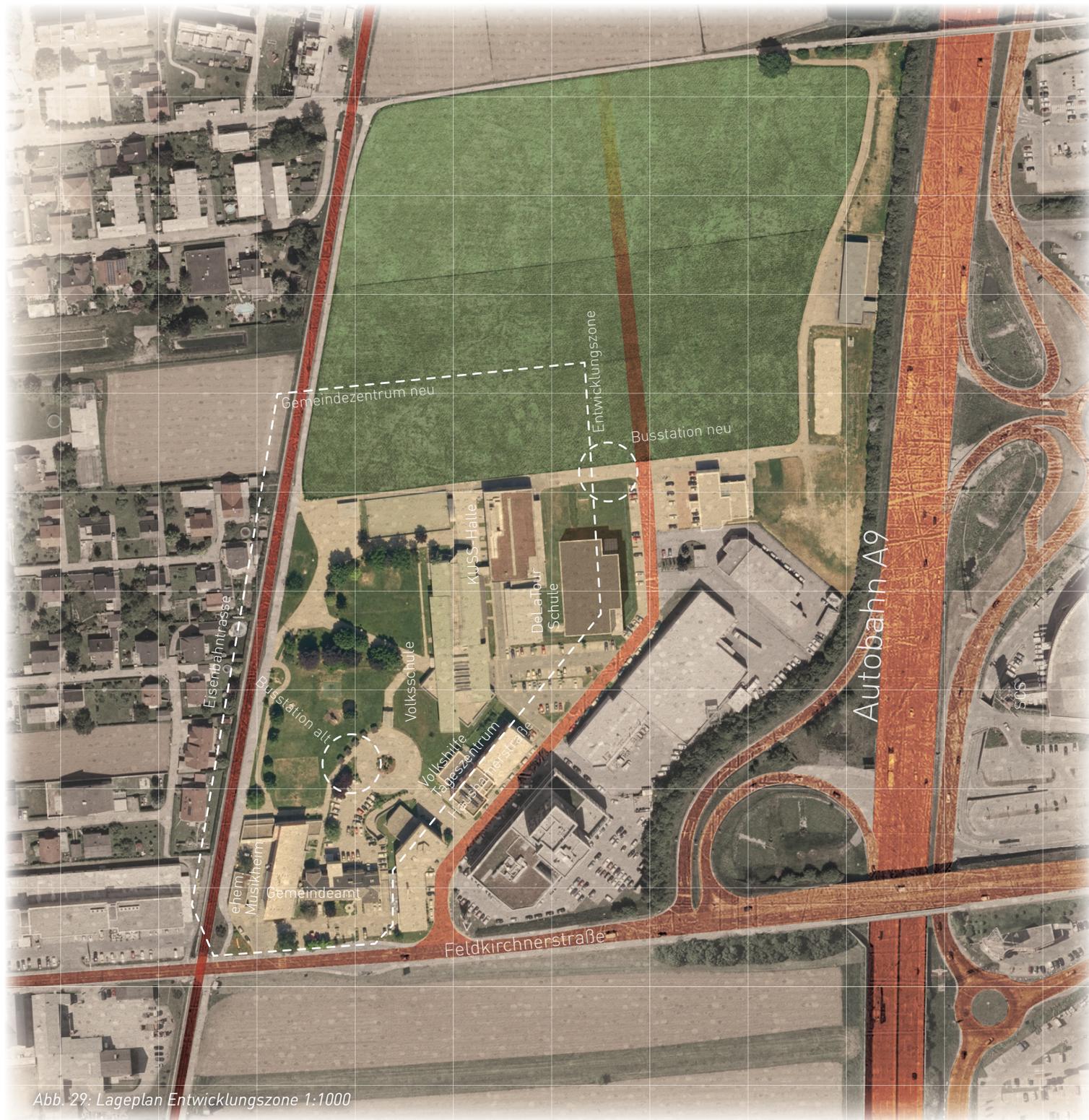


Abb. 29: Lageplan Entwicklungszone 1:1000

## RAHMENBEDINGUNGEN & PROJEKTENTWICKLUNG

# RAHMENBEDINGUNGEN & PROJEKTENTWICKLUNG



Abb. 30: Lageplan des Grundstückes 1:500

### 3.7. Projektentwicklung & Vorentwürfe

Viele Änderungen der grundlegenden Gegebenheiten machten den Entwurfsprozess wesentlich aufwändiger, als es eine gewöhnliche Ausschreibung mit spezifischen Angaben gemacht hätte und stellten somit eine weitere Herausforderung dar, die nicht zu umgehen war und den ganzen Prozess enorm verlangsamt hat. Nach der ersten Absprache zu den Grundbedingungen, kam es immer wieder zu neuen Treffen, die bedingt durch keine offizielle Ausschreibung in der Anfangsphase und gerade in finanzieller Hinsicht unsicherer Umstände, zu Neuplanungen führten.

#### 18-Meter-Grenze – keine Höhenbeschränkung | Vorentwurf 0.1

Der erste Entwurf hielt sich äußerst streng an das Raumprogramm und versuchte so den minimalen Fußabdruck des Gebäudes zu ermitteln. Als einzige Einschränkung des Grundstückes galt ein Sportplatz im westlichen Teil der Fläche, der für die Schulen eingerichtet wurde und somit eine Limitierung auf 18 Meter des Bebauungsgrundstückes bewirkte. Durch die größeren Raumhöhen von Proberaum und Musiktheorieraum entstand ein viergeschossiges Gebäude, bei dem eben diese über jeweils zwei reichten, was aufgrund nicht vorhandener Höhenbeschränkungen möglich war. Der Vorbereitungsraum griff genauso über zwei Geschosse und bildete so eine Galerie zu den Lagerräumen. Die Unterrichtsraumtrennwände der Musikschule wurden mit einem Winkel von 5° schräg zueinander platziert um Flatterechos, wie im Kapitel 2.2.1 angegeben, zu unterbinden. Dieser Winkel wurde im Design mehrfach verwendet und taucht im Stiegenhaus, welches alle Geschosse verknüpft, wieder auf und stellt einen eigenen Körper dar. Die Ansichten sind von Holz und Glas geprägt und eine Betonwand, die wie eine Reklametafel auch die Funktion propagiert, definiert das Stiegenhaus.

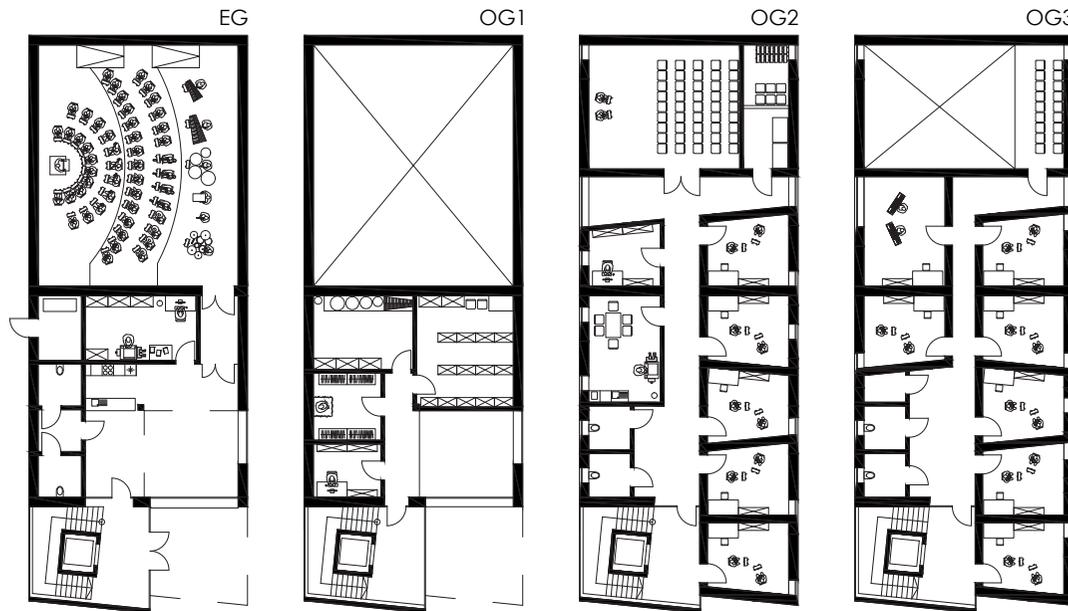


Abb. 31: Grundrisse 1:400

### RAHMENBEDINGUNGEN & PROJEKTENTWICKLUNG

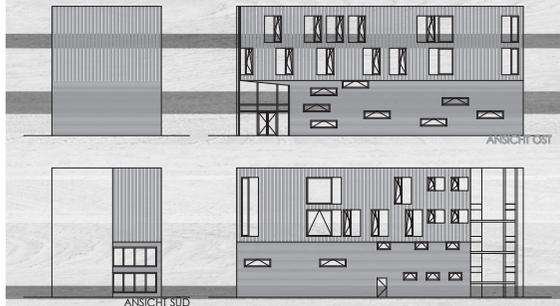


Abb. 32: Ansichten 1:800

## Vorentwurf 0.2

Als die Nutzungszusammenhänge geändert wurden rückte das Stiegenhaus schließlich in die Mitte und ein zentraler Erschließungs- und Versorgungskern trennte hier die Raumfunktionen in vertikaler Richtung. Zentraler Punkt des Entwurfes war die Stiege, die durch ihre prominente Positionierung zum entwurfsdefinierenden Element wurde. So sollte Interaktion und Kommunikation durch ständige Begegnungen gefördert werden. Für den Musikverein wurde hier nur der Proberaum in das Obergeschoss verschoben, um einen klaren Bewegungsablauf der Musiker zu fördern, deren erster Kontaktpunkt der gemeinschaftsfördernde Vorbereitungsraum sei. Für Musikschüler wurden die meisten Unterrichtsräume auf zwei Ebenen verteilt, wobei der Klavierunterricht mit dem Lehrerzimmer und Musiktheorieraum auf die Ebene des zweiten Obergeschosses verlegt wurde.

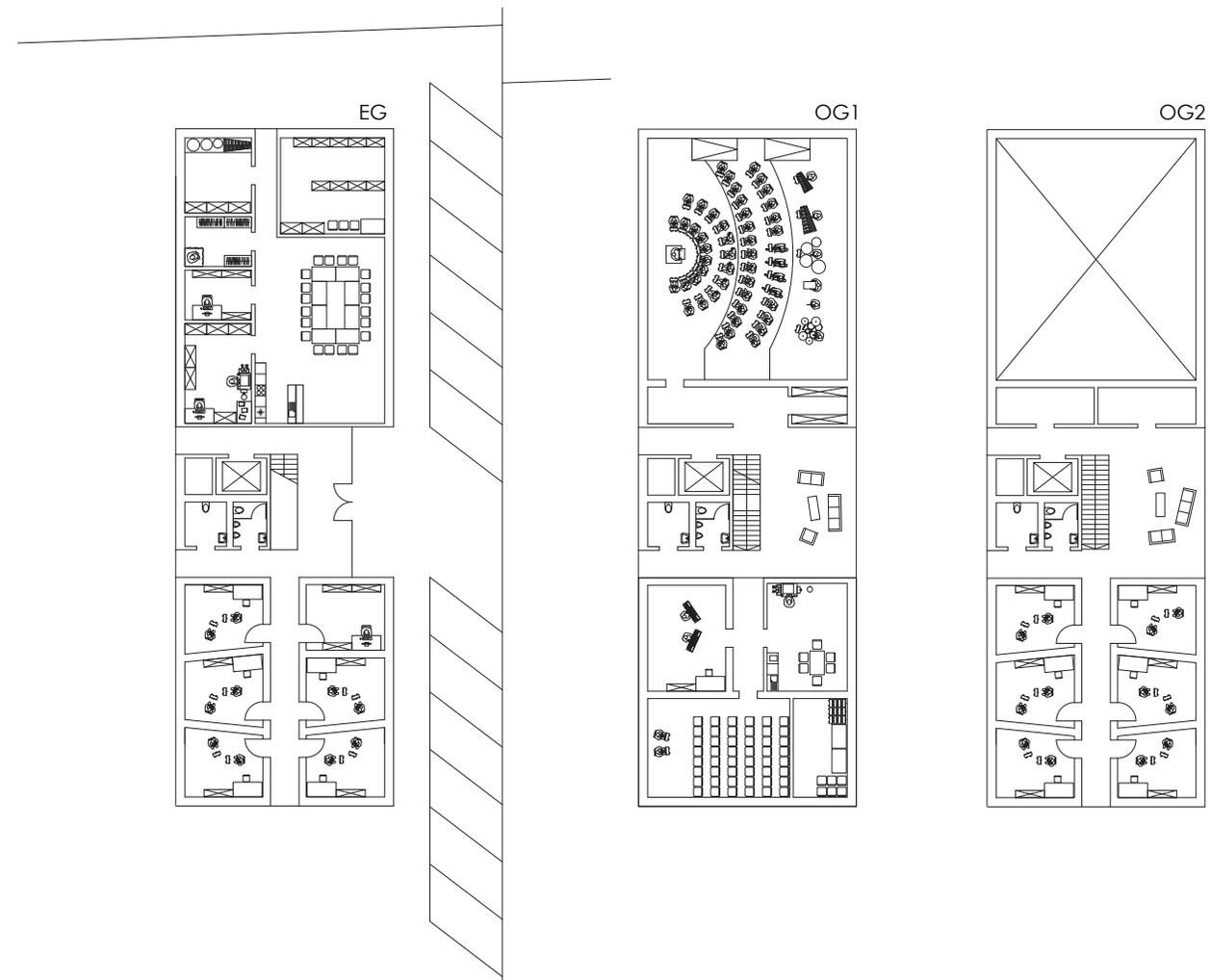


Abb. 33: Grundrisse 1:400

## Die 18-Meter-Grenze fällt | Vorentwurf 0.3

Schließlich, durch Änderungen der Umstände des eigentlich bebauungsfreien Grundstückes, löste sich der Entwurf von der hypothetischen 18-Meter-Grenze im Westen des Grundstückes und versuchte das Raumprogramm möglichst funktional mit kurzen Wegen anzuordnen. Die Räume des Musikvereines wurden im Erdgeschoss getrennt vom Empfangsbereich angeordnet. Der Empfangsbereich diente hier einem neuen Element, welches sich als ein eigenes Bedürfnis der Planung und des Nutzens herausstellte... einem Konzertbereich. Dieser kam auf, nachdem das Budget viel zu gering angesetzt war und somit selbst ein minimalistischer Baukörper eventuell nicht mehr entstehen konnte, was neue attraktive Ideen und finanzielle Mittel forderte. Mit dem neuen Entwurf sollte gerade für die Musikschule so der Bedarf eines kleinen Konzertraumes, für musikalische Darbietungen in Seiersberg-Pirka, abgedeckt werden. Es entstand eine Tribünen- und eine Treppe vom ersten Obergeschoss in das zweite, welche beide von der Musikschule genutzt wurden und ermöglichte dadurch die akustisch notwendigen höheren Raumhöhen des Proberaumes und des Musiktheorieraumes, welcher durch öffnen der Wand zur Konzertbühne wurde. Durch diese vertikalen Erschließungsmöglichkeiten entstanden Raumöffnungen, die die Offenheit und Gemeinsamkeit dieses Gebäudes widerspiegeln sollten.

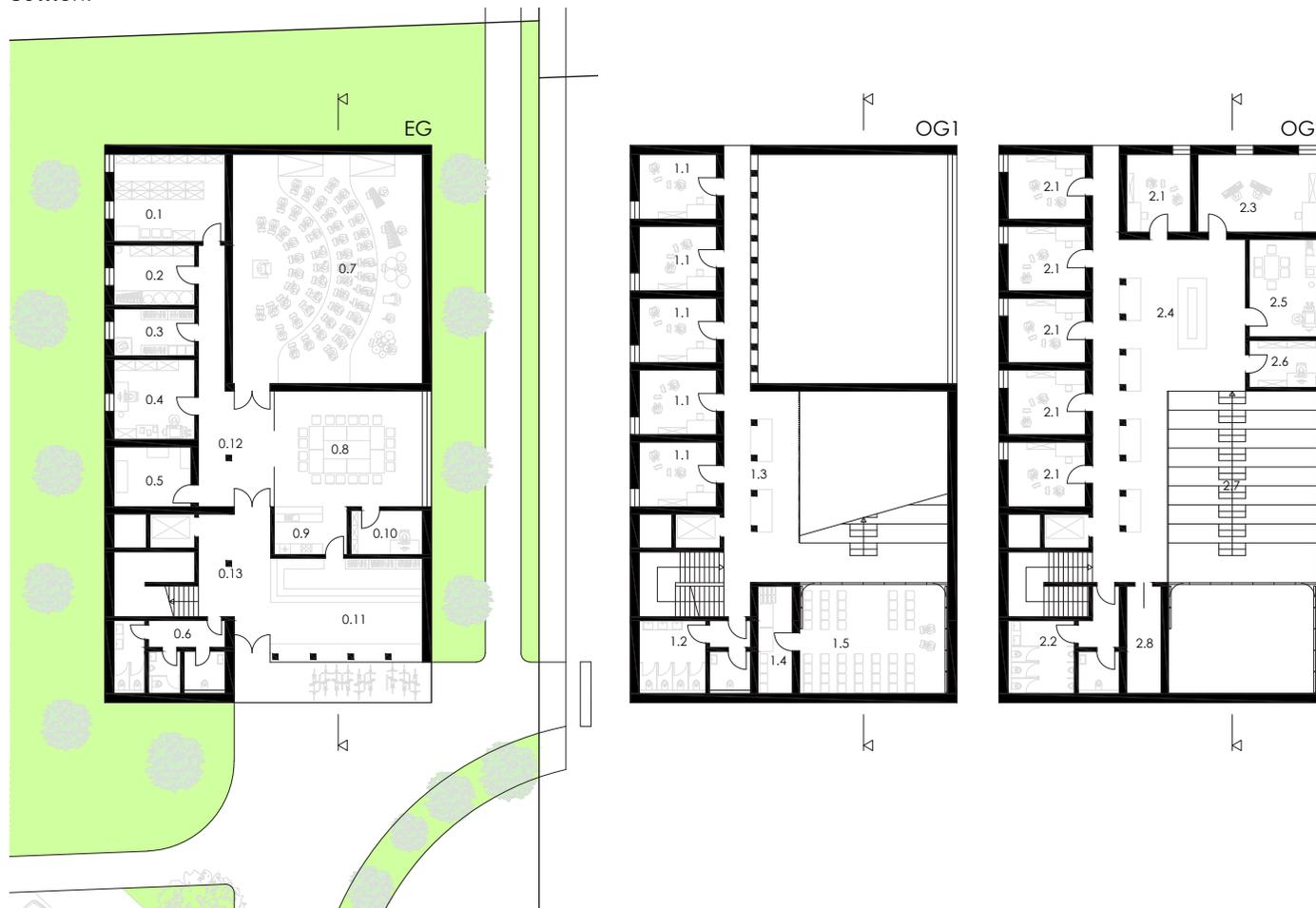


Abb. 34: Grundrisse 1:400

## RAHMENBEDINGUNGEN & PROJEKTENTWICKLUNG

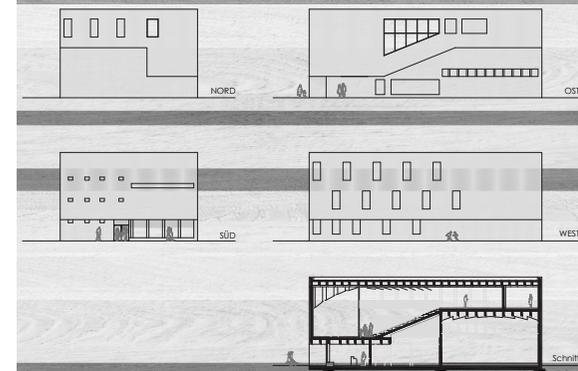


Abb. 35: Ansichten & Schnitt 1:1000

## Höhenbeschränkung auf zwei Geschosse | Vorentwurf 0.4

Als neue Forderung kam die Einschränkung auf zwei Geschosse, bei gleichzeitiger Erweiterung des Konzertraumes von circa 120 auf 150 Zuhörer. Dies führte zu einem neuen Arrangement der Räume mit ersten Kompromissen, aber noch im Rahmen der akustischen Möglichkeiten, bei den Raumgrößen der Musikschule. Durch verschiebbare Wände sollten sowohl der Proberaum als auch der Musiktheorieraum zu Bühnen mit Zuhörerflächen transformiert werden können und durch eine kleine Tribürentreppe im Obergeschoss wurde der Höhenunterschied durch den Proberaum ausgeglichen.

Die etwas ungünstige Raumkonstellation, die sich aus dem vorigen Entwurf ergab wurde durch eine Änderung der Eingangssituation behoben und ein zentrales Stiegenhaus für die Erschließung gewählt. So entstanden neue Zonen mit flexibler Nutzbarkeit, wie ein großes Foyer welches bei Veranstaltungen für Pausen genutzt werden konnte. Jedoch wurde dieser Entwurf aufgrund der neu entstandenen Budgetsituation eigentlich noch in der Entstehungsphase verworfen.

### RAHMENBEDINGUNGEN & PROJEKTENTWICKLUNG

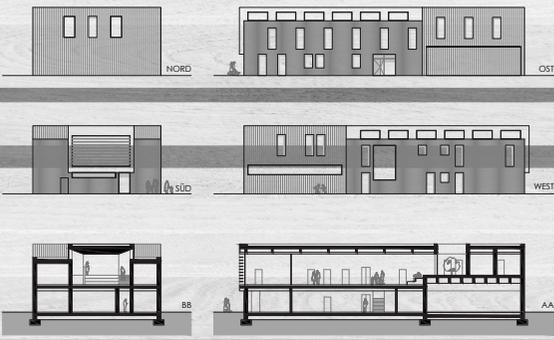


Abb. 37: Ansichten & Schnitte 1:1000

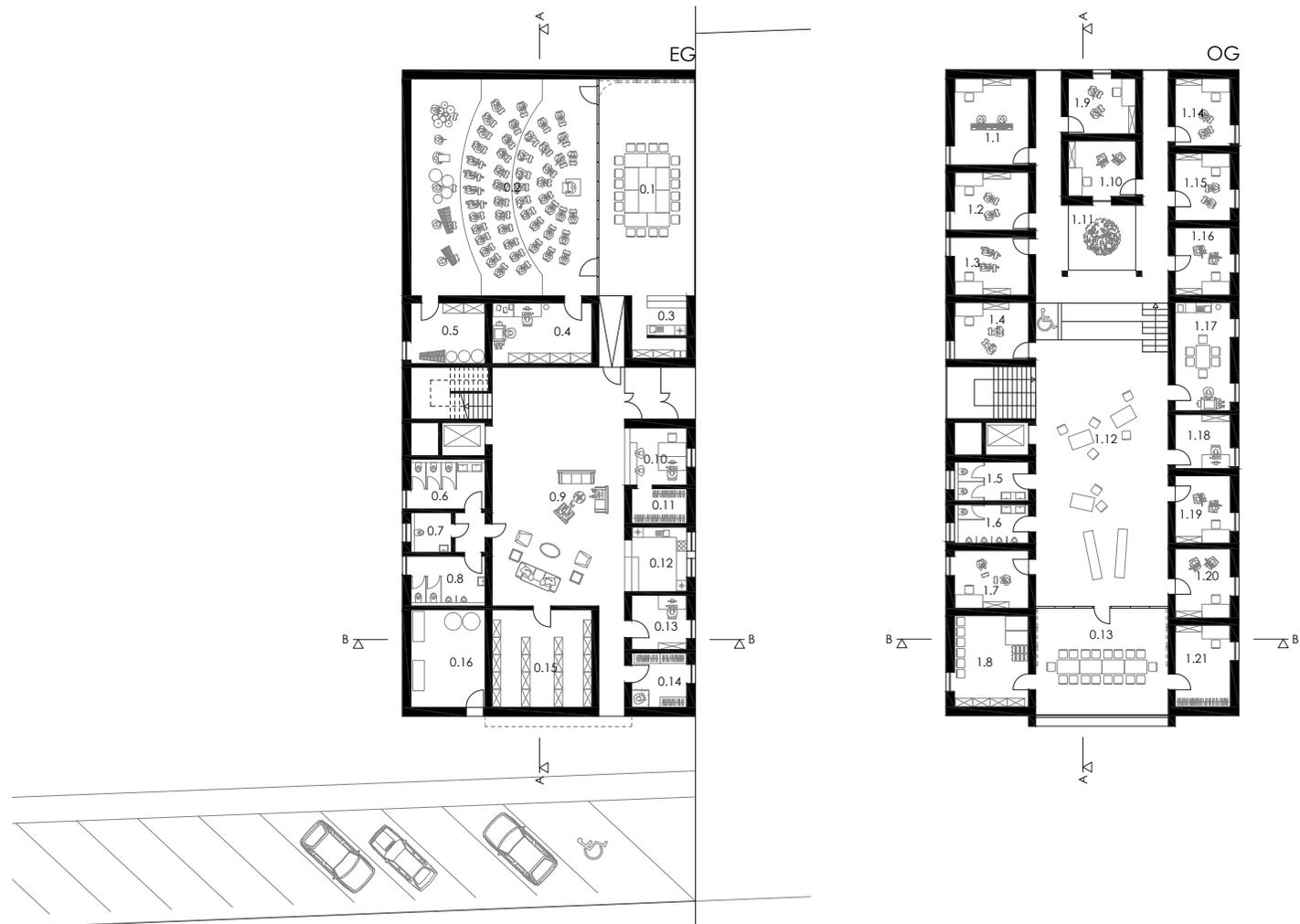


Abb. 36: Grundrisse 1:400

## Separater Konzertsaal | Vorentwurf 0.5

Wieder kam der schmale Baukörper des Anfangs auf, jedoch blieben kleinere räumliche Anpassungen zugunsten einer großzügigeren Erschließung vorhanden. Gleichzeitig wurden auch zwei normative Geschosse, durch eine Niveauänderung des Proberaumes nach unten, erreicht. So entstand ein sehr pragmatisches Grundkonzept, welches in dieser Form weiterverfolgt wurde.

Die Idee eines Konzertsalles wollte schließlich auch der Gemeinde nicht mehr aus dem Kopf gehen und in Absprache mit dem Planungsbüro, welches den Entwurf als Grundlage für eine Einreichungsplanung aufgreifen sollte, entstand ein zweiter Baukörper, dessen Grundform von der des Hauptkörpers hergeleitet wurde und so städtebauliche Beziehungen zwischen den Baukörpern erzeugte.

Schließlich musste das Raumprogramm überarbeitet werden um den Anforderungen einer separaten Spielstätte gerecht zu werden.

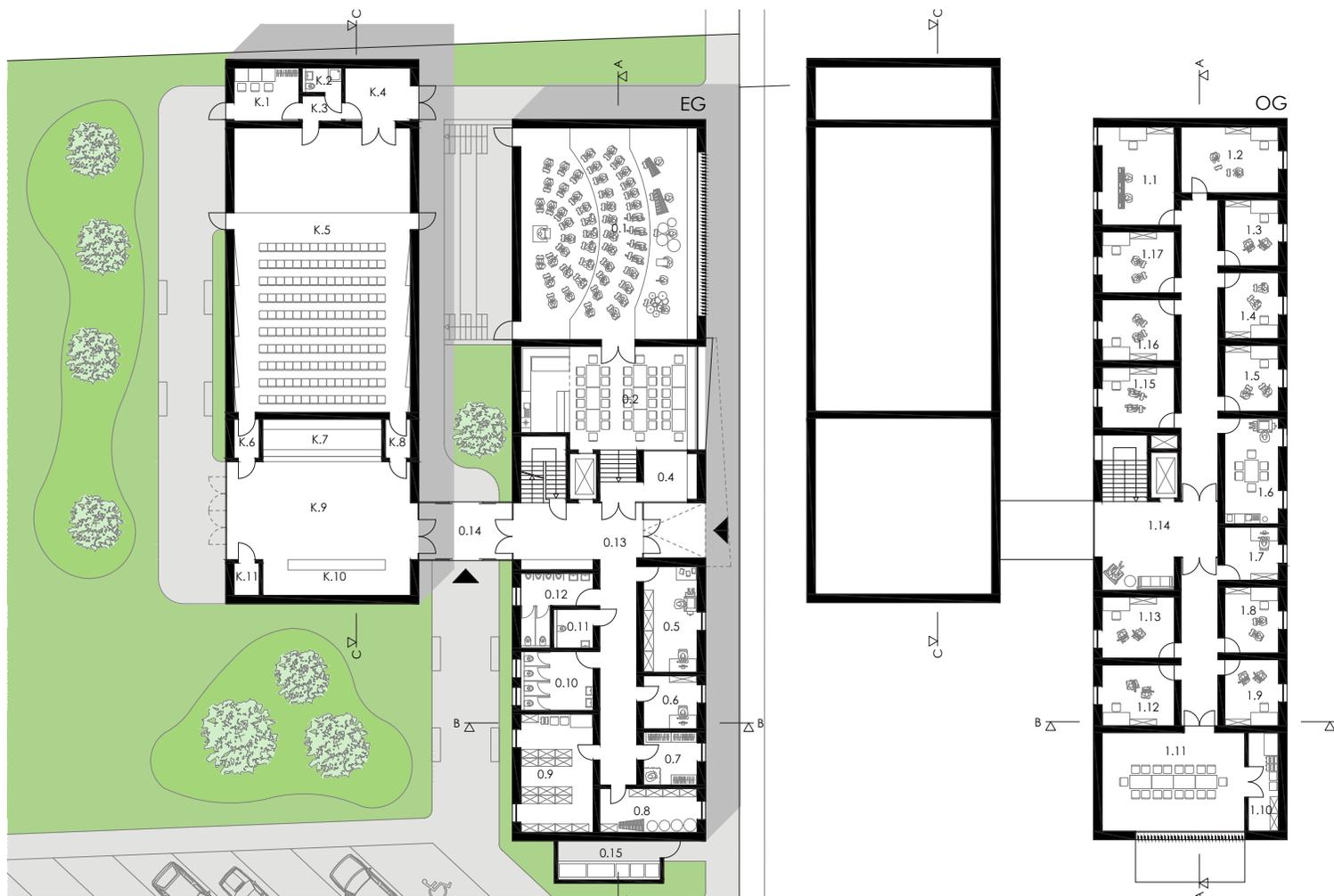


Abb. 39: Grundrisse 1:400

## RAHMENBEDINGUNGEN & PROJEKTENTWICKLUNG

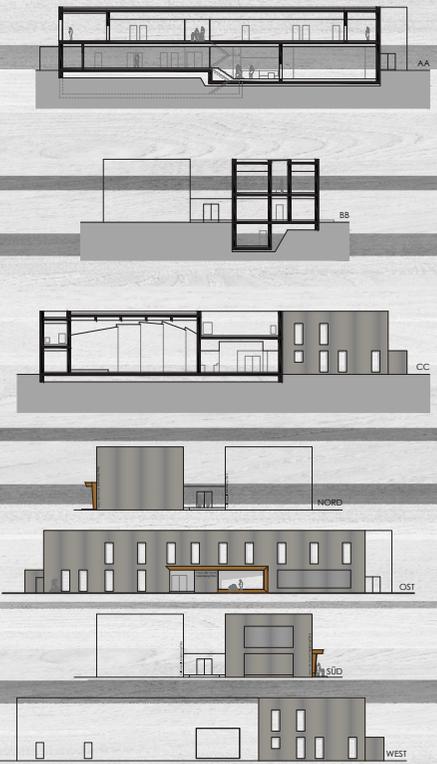


Abb. 38: Ansichten & Schnitt 1:1000

## Die neue 17-Meter-Grenze wird wieder forciert | Vorentwurf 0.6

Die Planung einer Volksschulerweiterung kippte jedoch das Konzept eines zweiten Baukörpers für Konzerte, welcher sehr viele Vorteile und eine einfachere Umsetzbarkeit mit sich brachte, zugunsten einer zukünftigen Aufstockung des Gebäudes. Daraus resultierte eine leicht veränderte Version Gebäudes ohne den separaten Konzertsaal, welcher als Basis für eine Einreichplanung und auch für den finalen Entwurf diente. Zur Anschauung wurde im Vorentwurf der Konzertsaal als Aufstockung eingezeichnet.

### RAHMENBEDINGUNGEN & PROJEKTENTWICKLUNG

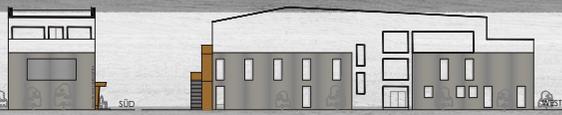
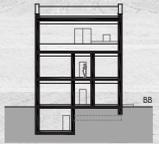
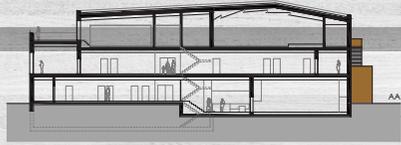


Abb. 41: Ansichten & Schnitte 1:1000

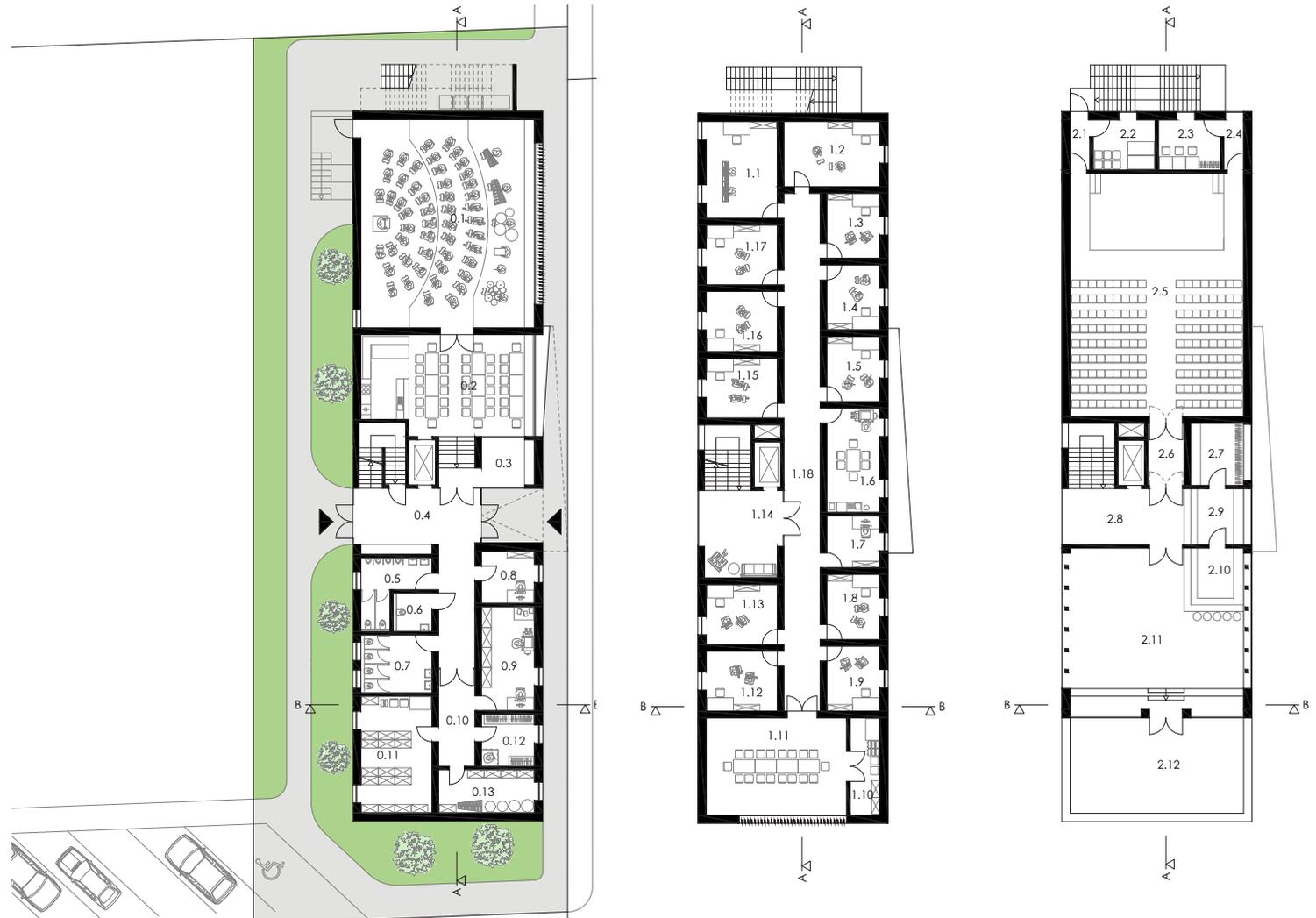


Abb. 40: Grundrisse 1:400

## 4. Das Haus der Musik

Aus den Entwürfen und dem aquirierten theoretischen Wissen kulminiert schließlich das aktuelle Design, welches schlussendlich eine aufgeräumte und zentralisiertere Version des letzten Konzeptes darstellt. Gerade im Außenbereich kam das Bestreben auf, die Begrenzungen etwas zu lockern, da keine anderen Bebauungen fixiert sind. Eine leichte Lockerung der Restriktionen aus den Vorentwürfen ermöglichte einen wesentlich kompakteren und schlüssigeren Baukörper, dessen Pragmatik die ökonomischen Aspekte des Entwurfes herausheben soll, ohne dabei als eigenständige Architektur unterzugehen.

### 4.1. Konzeption

Ursprung des Konzeptes lag, wie im Kapitel 3.7 erörtert, in einer Umsetzung des Raumprogrammes ohne Kompromisse einzugehen. So sollten Erschließungswege und Nebennutzflächen möglichst minimiert werden, wobei eine räumliche Trennung des Musikvereines und der Musikschule jedoch Nutzungsbündelungen verhinderte, die die Wege noch besser optimieren hätten können.

#### Musikverein

Unter Berücksichtigung der Nutzungsabläufe entstanden Skizzen zu Raumzusammenhängen für den Musikverein. Als zentraler Punkt kristallisierte sich der Vorbereitungsraum heraus, welcher, um die soziale Kommunikation und Interaktion zu fördern, unabdingbar mit dem Proberaum zusammenhängt. Dies war auch ein zentraler Aspekt der Begegnung und somit des gesamten Entwurfes. Als zweite wichtige Achse ist das Notenarchiv, beziehungsweise der Kopierraum, zu sehen, da er von Proberaum und Vorbereitungsraum genauso gut erreichbar sein soll, wie vom Büro. Die Funktion des Notenarchivs in Relation zum aktiven Probenbetrieb ist jedoch für die Zukunft etwas schwerer abzuschätzen. Neue Medien wie digitale Noten und der Einsatz eines Kopierers beziehungsweise Druckers im Proberaum können einen kurzen Weg zwischen ihnen überflüssig machen. Selbiges gilt für das Büro, welches einfach mit eigenem Equipment ausgestattet werden kann und somit die Wege irrelevant macht. Im aktuellen Probenbetrieb ist eine größere räumliche Entfernung noch nicht anzudenken, da oftmalige Notenverluste und ein schlechter Ablauf bei der Notenausgabe diesen oft sogar mehrmals während der Probe erforderlich machen. Ein Argument das für eine Trennung spricht, ist die Ordnung und Sicherheit des Notenarchivs, welches einer speziellen und aufwändigen Pflege und Wartung bedarf. Man möchte meinen, dass das Instrumentenlager am Proberaum direkt angeschlossen werden muss, jedoch können integrierte Ablageflächen und Stauräume diesen während dem banalen Probenablauf überflüssig machen. Schülerinstrumente und Schlagzeugequipment für Ausrückungen können so getrennt gelagert werden, wobei für letztere ein stufenfreier und großzügiger Zugang gewünscht wäre. So bleibt der Proberaum auch unangetastet und kann, ohne immer wieder aufgeräumt werden zu müssen, betrieben werden. Mit dem Vorbereitungsraum ist auch das Kleidungsarchiv zu assoziieren, sollten Änderungen an den Uniformen oder gelagerte für Aushilfsmusiker notwendig sein. Im bisherigen Betrieb war dieser jedoch auch getrennt und es sind keine größeren Probleme deshalb aufgetreten. Das allgemeine Lager beherbergt vor allem Equipment für Auftritte, wie Lichtenanlagen, Lautsprecher und Fotoausrüstungen, ebenso wie Dekorationen und dergleichen, wodurch auch wieder ein barrierefreier Zugang mit großzügigen Erschließungswegen von Vorteil wäre.

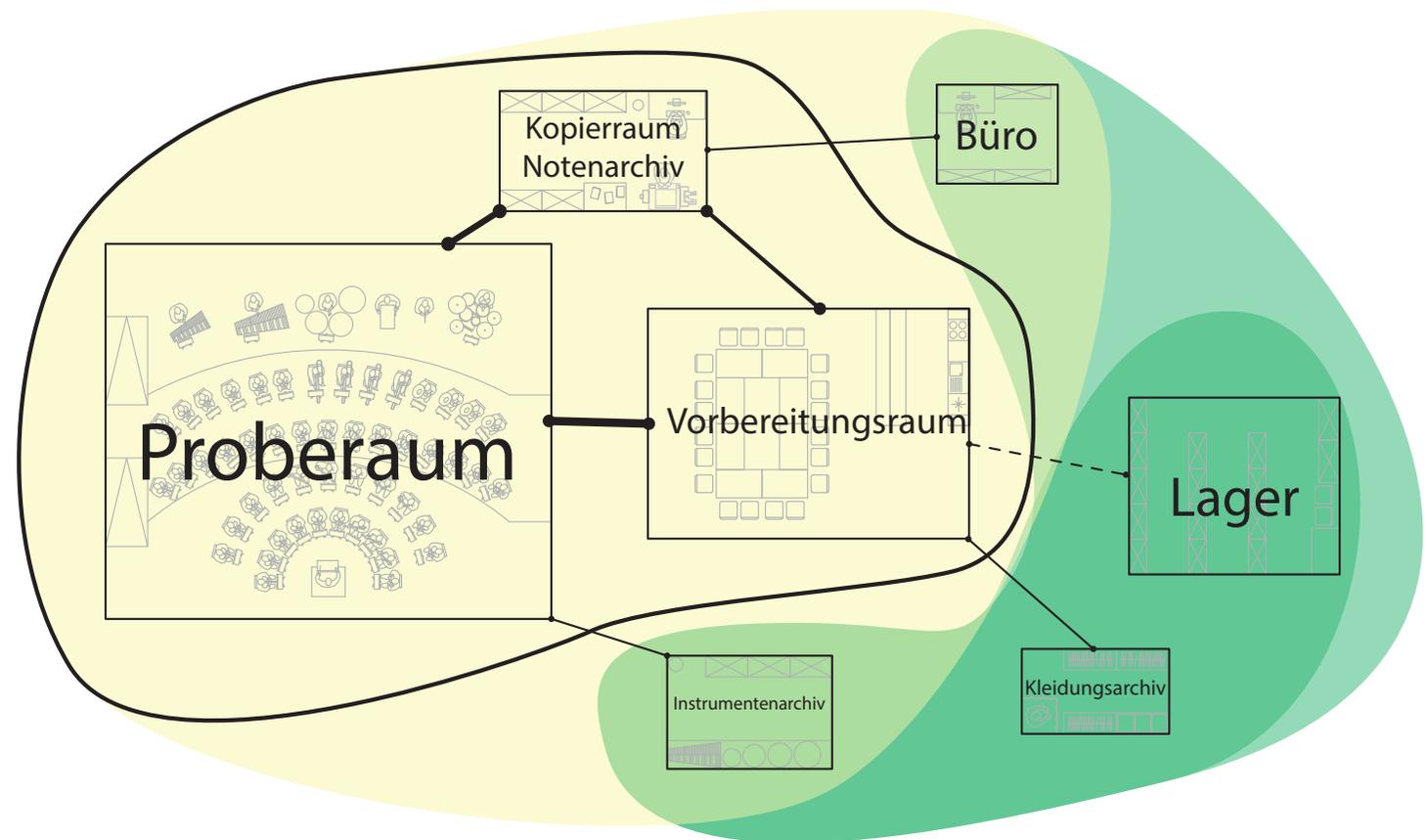
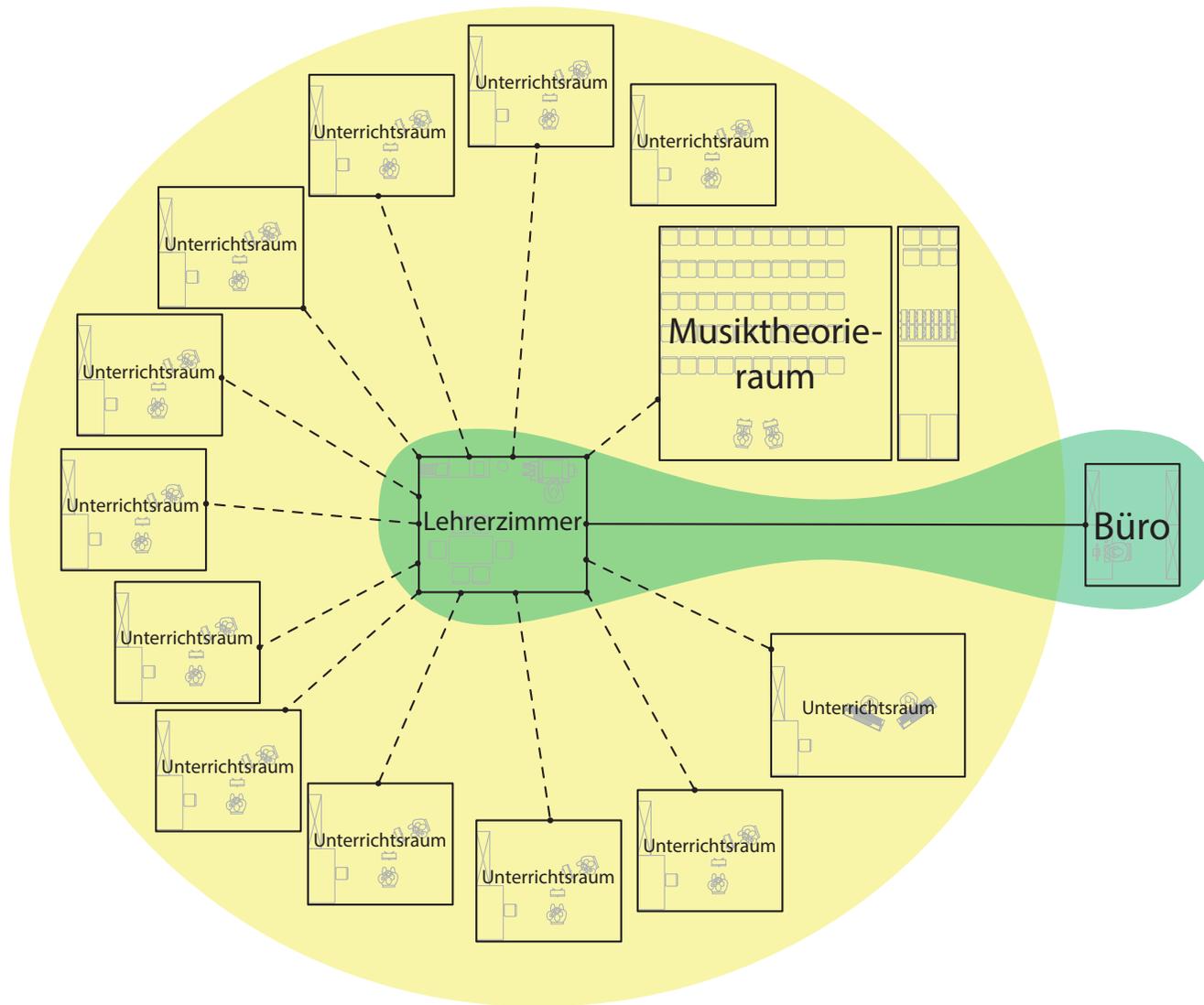


Abb. 42: Raumzusammenhänge Musikverein

## Musikschule

Für die Musikschule war dies etwas unkomplizierter, da als einziger Umschlagpunkt das Lehrerzimmer dient, welches für alle Unterrichtenden möglichst gleich gut erreichbar zu sein hat. Die einzelnen Unterrichtsräume haben keine größere Zusammengehörigkeit, nur der Musiktheorieraum wird von mehreren Parteien genutzt. Ein kleinerer verwaltungstechnischer Zusammenhang ist zwischen dem Lehrerzimmer und dem Büro herzustellen, welches für Anmeldungen und Ansuchen genutzt wird, aber eigentlich nur für die Benutzung durch die Leitung gedacht ist.



## DAS HAUS DER MUSIK

Abb. 43: Raumzusammenhänge Musikschule

### Konzeptuelle Raumanordnung

Von diesen Bedingungen ausgehend entstanden Systemskizzen zur Raumanordnungen, welche bereits die Einschränkungen durch das schmale Grundstück berücksichtigten. Gut zu sehen war nun, dass der Proberaum mit seinen Abmessungen von mindestens 10m für die Gebäudetiefe definierend sein wird.

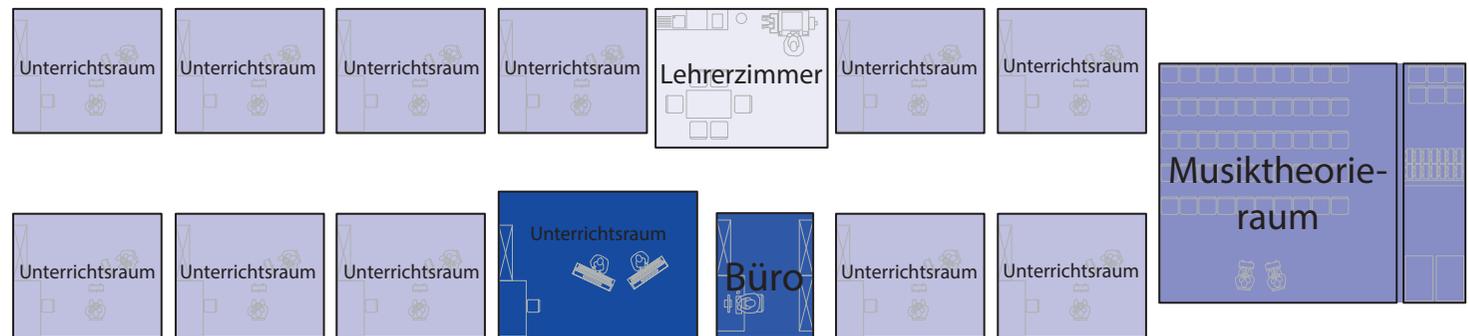


Abb. 44: Raumanordnung Musikschule

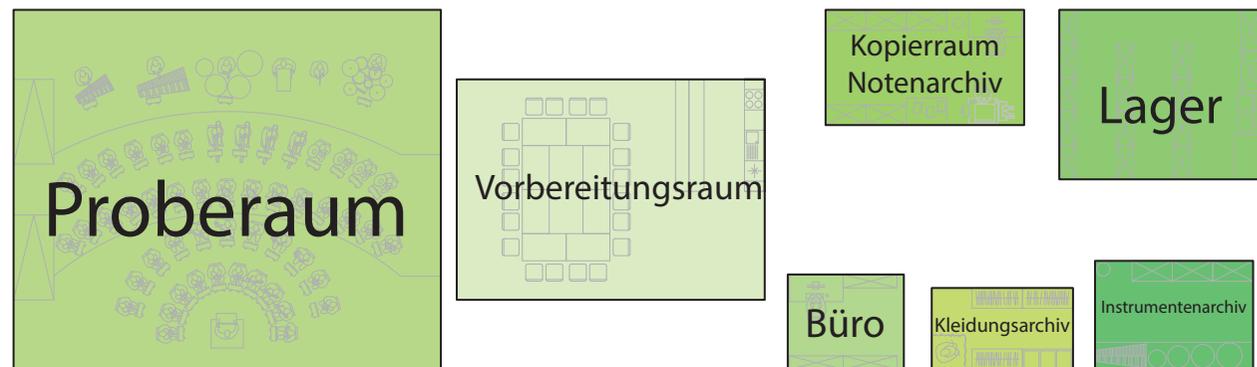


Abb. 45: Raumanordnung Musikverein

Der Andrang vieler Menschen zum selben Zeitpunkt und eine bessere Nutzbarkeit der Lagerräume bedingte eine Anordnung der Musikvereinsräume im Erdgeschoss und der Musikschule im Obergeschoss.

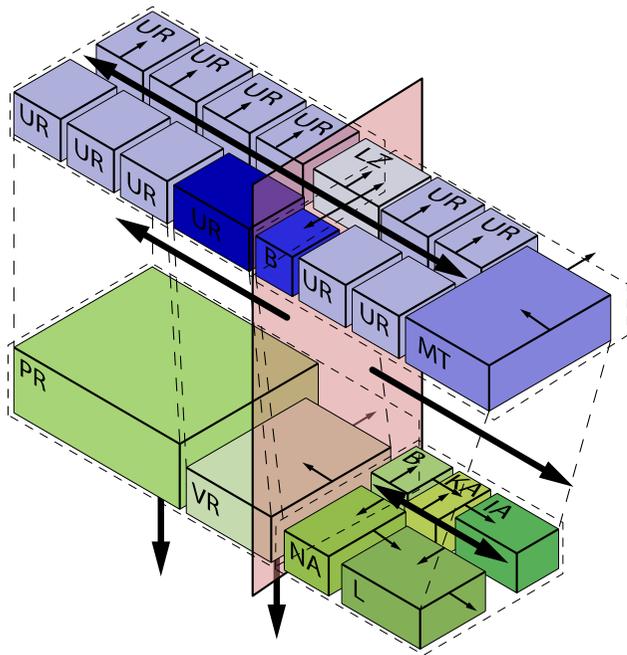


Abb. 46: Anordnung und Anpassung der Raumvolumina

Durch Anpassung der Volumina und einem Kompromiss bei einigen Unterrichtsraumflächen, entstand eine Achse für die Erschließungsgänge aller Räume. Bedingt durch die Höhenunterschiede kristallisierte sich eine zentrale vertikale Verbindung der Ebenen heraus, um Wege möglichst komfortabel und moderat zu halten. Dies kam auch der Bedingung eines zweigeschossigen Gebäudes entgegen, welches so trotz der großen Raumhöhen bewerkstelligt werden konnte, da Proberaum und Vorbereitungsraum unter das Geländeniveau abgesetzt wurden. Somit entspricht dies dem Steirischen Baugesetz und Abstände können gemäß § 13 für ein Gebäude von 7,5m Höhe, mit im Erdgeschoss 4,5m inklusive einer Restgeschosshöhe von 1,5m und weiteren 3m für das Obergeschoss, für ein zweigeschossiges angenommen werden.

Um den zweiten Trakt des Musikvereines abschließen zu können sind die Räumlichkeiten komplett von der öffentlichen Fläche entfernt worden. So bleibt Platz für die Nebennutzflächen, wie den Sanitäranlagen und einem allgemeinen Lagerraum, für eine eventuelle Aufstockung. Ein Technikraum im Keller konnte so ebenfalls einen Platz finden.

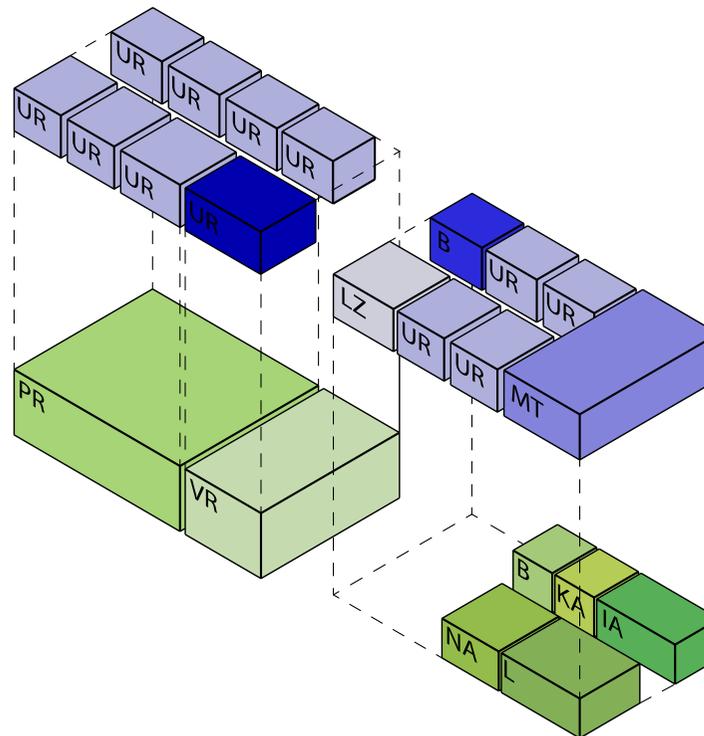


Abb. 47: Anordnung der Räume

Ein Abstellraum ergänzt das Raumprogramm im ersten Stock, damit Reinigungsequipment verstaut werden kann und ein Waschbecken am Erschließungskern liegt. Im Erdgeschoss wird die Toilettenanlage situiert, mit einem barrierefreien separaten WC neben dem Damen-WC und einer Herrentoilette mit dem Abstellraum. Dadurch bleibt Platz für ein allgemeines Lager für das Gebäude. Wie schon zuvor erwähnt ist der Technikraum unter dem östlichen Eingang angelegt.

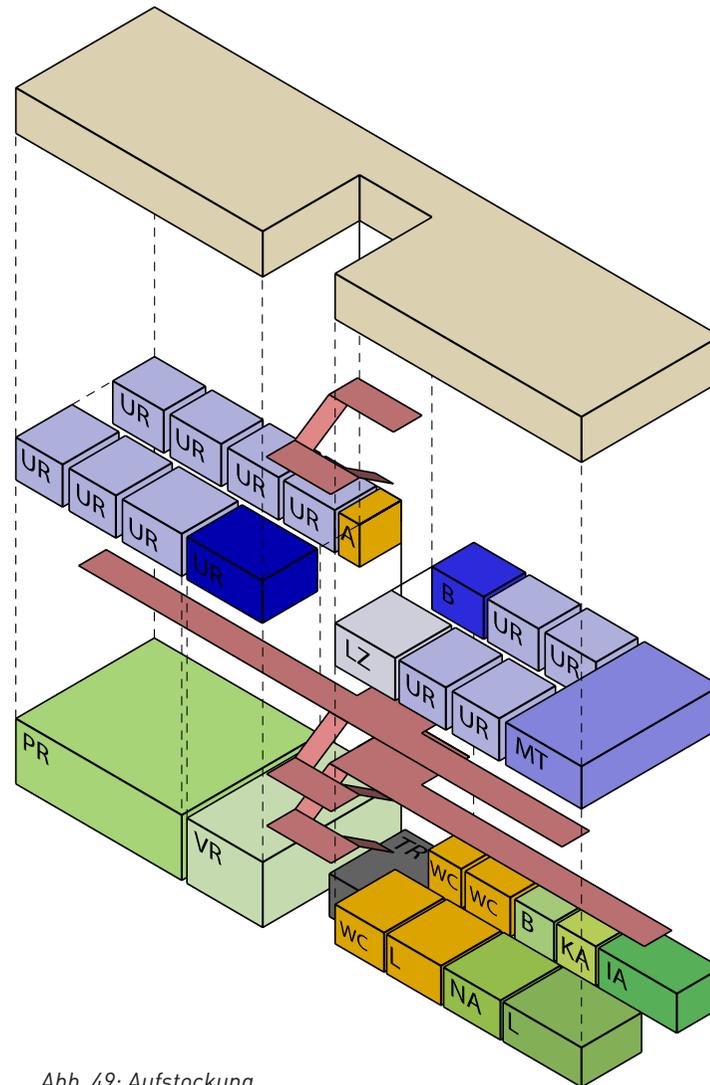


Abb. 49: Aufstockung

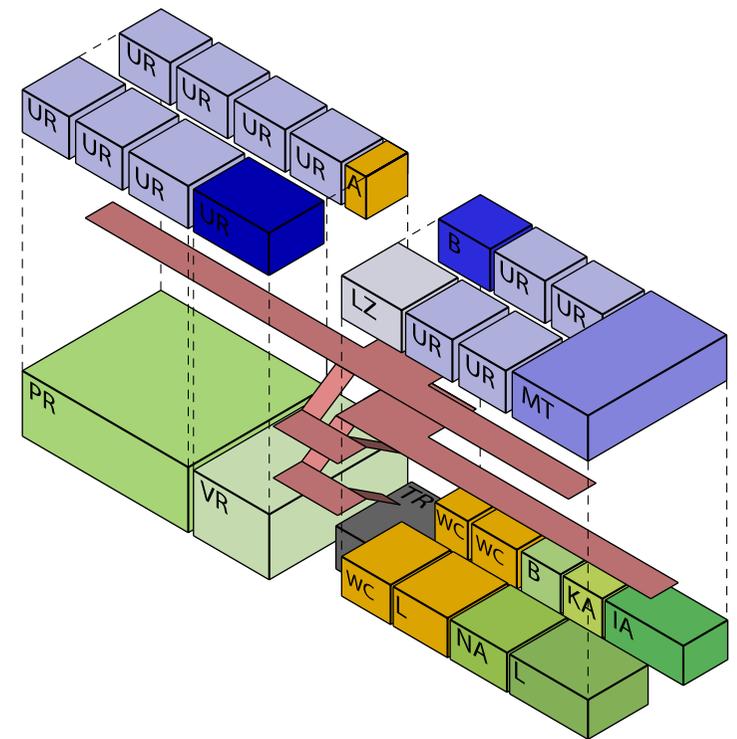


Abb. 48: Erschließung & Ergänzung des Raumprogrammes

Schlussendlich bleibt die Möglichkeit einer vertikalen Erweiterung bestehen, wie dies vom Bauherren angedacht war, ohne in das übrige Raumprogramm einzugreifen.

## 4.2. Design

Dem Konzept folgend entstand ein Entwurf, der die Pragmatik des Baukörpers widerspiegeln soll und zur selben Zeit einen architektonischen Kontrast zu den umgebenden Gebäuden herstellt. Hierfür sind diverse gestalterische Elemente eingeflossen, welche den Entwurf maßgeblich geprägt haben und daher eine Erwähnung wert sind.

„Architektur ist erfrorene Musik.“<sup>319</sup>

Arthur Schopenhauer, deutscher Philosoph (1788-1860)

### Das Raster

Im Kapitel 1.5.3 bereits erwähnt, war es schließlich eine Entscheidung von den recherchierten Raumdimensionen minimal zugunsten eines Rasters abzuweichen, um so einen ökonomischen Bau zu ermöglichen. Dieses definiert so die Außenkanten des Gebäudes, da dieses auf die maximale Plattenbreite ausgelegt ist.

In der vertikalen ist das Gebäude von dem Stufenmaß definiert, welches 17 auf 29 cm beträgt und somit dem Schrittmaß, der Sicherheitsformel und der Bequemlichkeitsregel<sup>320</sup>, sowie den Normen<sup>321</sup> entspricht. Dadurch ergibt sich das vertikale Raster, welches über die gesamte Fassade durchgezogen wird und im Sockel somit einen Versatz von 34 Zentimetern fordert, um so die Holzfassade vor Spritzwasser zu schützen, wie es im Kapitel 1.7 angegeben ist.

Somit setzt sich bei beiden Gebäudehälften im Holzbau das Horizontalraster von 1.25x1.25m und vertikal von 1.25x0.17m durch. Dies schlägt sich auch in der Anordnung der Fenster nieder und ist somit ein prägendes Element der Simplifizierung des Gebäudes.

### Die Fassade

Der simple Baukörper, dessen Stärke von der kubischen Form profitiert, hat durch eine spezielle Fassade, die erst von der Nähe erkennbar ist, ein gleichzeitig funktionales als auch architektonisches Highlight bekommen. Beim näheren betrachten sind die weiß lasierten Profilbretter mit einer bewusst gewählten Struktur versehen.

Diese soll als ein Schalldiffusor im Außenbereich fungieren, wobei das optische Bild hier eine wichtige Rolle spielte. Der Außenlärm soll so an der Fassade gestreut werden und eine besondere Stimmung erzeugen.

Um in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit machbar zu bleiben sind die profilierten Latten 1.25m lang und 18cm breit, wobei sie durch die Nut-Feder-Verbindungen schließlich in das Raster von 17cm passen. Der Diffusionseffekt wird schließlich durch eine vertikale Struktur dieser Elemente erreicht, die vier unterschiedliche Tiefen bei einer asymmetrischen Teilung aufweisen. Durch Spiegelung zweier Höhenprofile entstehen diese schließlich und werden im Außenbereich mit einem Winkel von 20° versehen, um hier stehendes Wasser, wie in Kapitel 1.7 angegeben, auf den Oberflächen zu verhindern. Dies ist insbesondere deshalb zu erwähnen da diese Elemente in derselben Form, nur ohne eben die zuletzt genannte Neigung der horizontalen Flächen, im Inneren der Unterrichtsräume eingesetzt werden, wo diese ebenfalls zur Schalldiffusion eingesetzt werden und so für eine bessere Raumakustik sorgen. Diese sind mit einem leichten Rotton eingefärbt und sorgen so für eine anregende Stimmung und erzeugen einen Kontrast zu den weißen und Holzoberflächen. Diese Elemente werden schließlich auch im Stiegenhaus eingesetzt, welches aber eine Betonstruktur aufweist und diese somit als Schalungen eingesetzt werden.

## DAS HAUS DER MUSIK

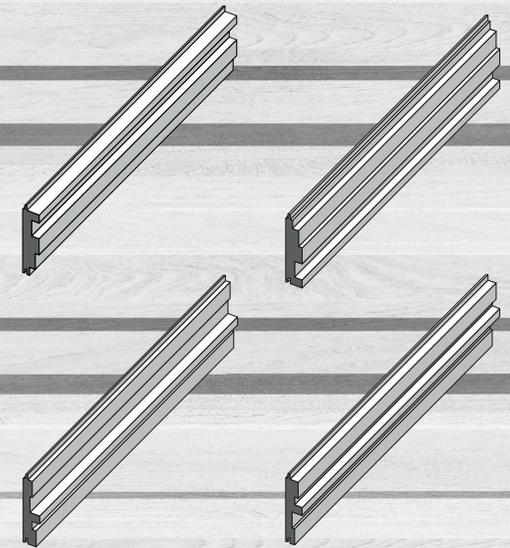


Abb. 50: Fassadenpanele

<sup>319</sup> Timm 2010, 20.

<sup>320</sup> Vgl. Riccabona 2005, 17.

<sup>321</sup> Vgl. Riccabona 2005, 14.

Da die Schalldiffusorpanele mit keiner Holzart, weder auf die 20kg/m<sup>2</sup>, geschweige denn auf die 40kg/m<sup>2</sup>, kommen, die in Kapitel 2.2.1 erwähnt werden, um möglichst frequenzübergreifend effektiv zu sein, da die Paneele Stärken von 1.8,2.4,3.4 und 4.4cm aufweisen, die für Holz gängig sind, werden diese auf die Gipskartonplatten der Wandkonstruktion befestigt. Die Wahl des pastel rot gestrichenen Holzes in den Unterrichts- und Proberäumen fiel somit aufgrund der Maserung auf Buche, welches für den kompletten Innenraum genutzt wurde. Die randomisierten Stärken und deren Aufteilung, wick einer ökonomischeren Variante mit vier verschiedenen Paneelen, die in Paaren gespiegelt sind. Die Aufteilung der Elemente erfolgte durch eine Viertelung und somit 4.25cm hohe Flächen, wobei eine davon nochmals geteilt wurde und somit fünf Flächen pro Panel entstehen. Stärke, Anordnung und Aufteilung sind beliebig gewählt, sollen aber so für eine möglichst frequenzübergreifende Diffusion sorgen.

## Das Dach

Die vertikale Erweiterbarkeit machte es sinnvoll eine normale Deckenkonstruktion für das Obergeschoss einzusetzen, um Umbauarbeiten an dieser im Falle einer Aufstockung zu minimieren und eine Raumnutzung während dieser Zeit zu ermöglichen. Aus Kostengründen rückte das günstige Pultdach in den Fokus, was aber schließlich zu einem Schmetterlingsdach wurde und abgesetzt von dem monolithischen Baukörper schwebt. Die Konstruktion ist hier klar ersichtlich und trotz des dunklen Holzes bewusst eingesetzt. Dies bewirkt auch eine thermische Trennung, um Überwärmung des Baukörpers und vor allem des Obergeschosses zu verhindern und schützt die oberste Dämmschicht vor Bewitterung, bei gleichzeitiger Bildung einer Hinterlüftungsebene. Regenwasser wird über eine in der Senke des Daches liegenden Rinne zur Mitte des Gebäudes und dem Liftschacht abgeführt, wo es schließlich als Nutzwasser für die Sanitäreanlage aufbereitet werden kann. Dadurch wird auch eine außenseitige Wasserabführung umgangen und trägt so zur klareren Trennung von Dachkonstruktion und Baukörper bei. Die Form des Daches eignet sich zudem günstig zur Nutzung von Solarenergie und Photovoltaik, wodurch der ökologische Fußabdruck verbessert werden kann.

## 4.3. Der Entwurf

Das Resultat der Konzeption ist ein einfacher Kubus, der sich somit in das Gefüge der Bestandsgebäude einfügt und dabei seine eigene Identität behält. Als ein Ort der Begegnung und der Musik war eine einladende Öffnung, die sich somit auch sofort ersichtlich abzeichnet, eine Prämisse des Entwurfes und ließ eine in der Materialität kontrastierende Umrahmung des Eingangsbereiches entstehen. Der weiß eingefärbte Sichtbeton drückt Leichtigkeit aus, bei gegensätzlichen Materialeigenschaften und erzeugt eine geschützte Eingangssituation, bei gleichzeitiger Akzentuierung, als aus der Fassade hervortretende Öffnung. Bei einem beiläufigen Vorbeispazieren entsteht das Bedürfnis einen Blick in das Innere des Gebäudes zu erhaschen, dessen Obliegenheit penetrant und doch dezent auf der Fassade klar gekennzeichnet wird, ohne gleich Einblicke zu schaffen und so eine Spannung zwischen Innen- und Außenbereich erzeugt.



Abb. 51: Visualisierung des Eingangsbereiches im suburbanen Kontext 93

# DAS HAUS DER MUSIK

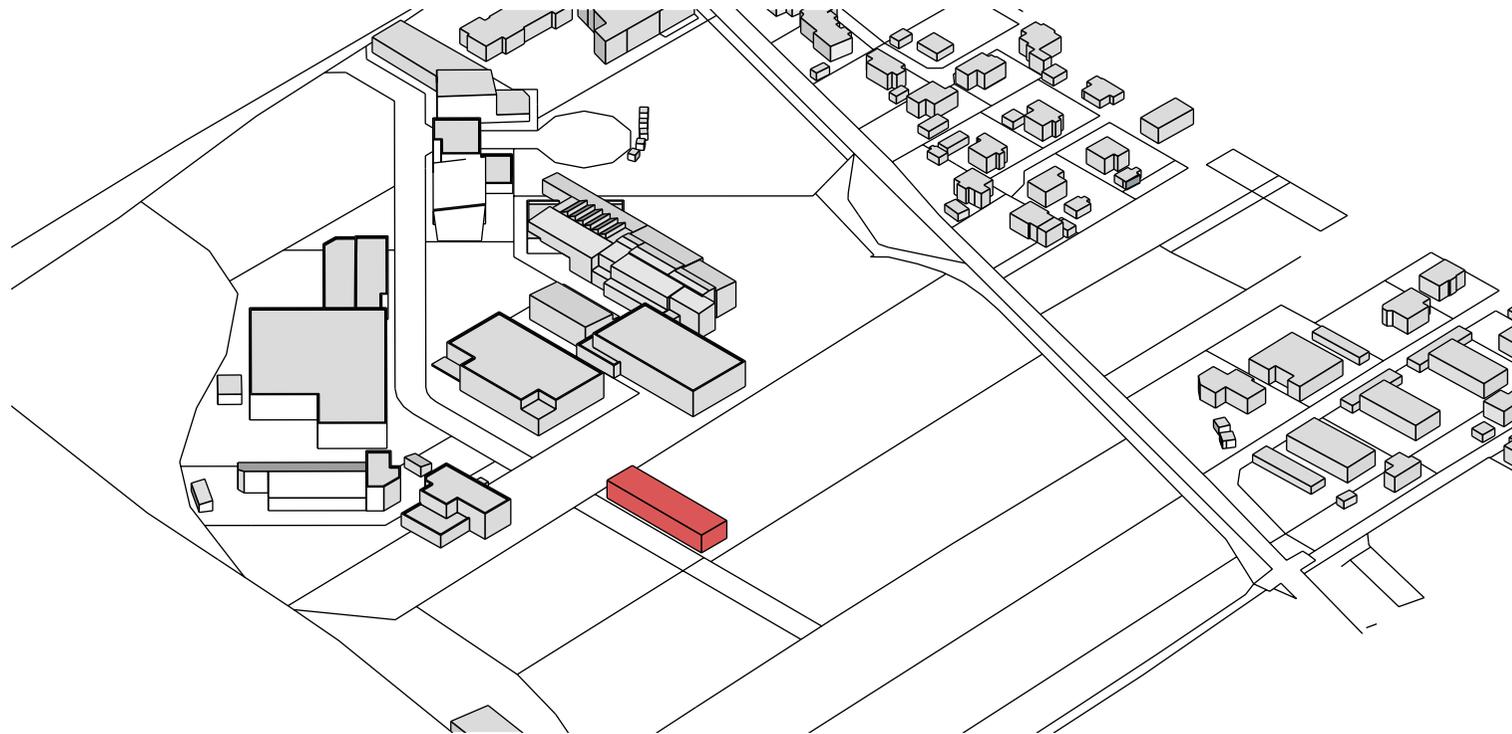


Abb. 52: Isometrie der umliegenden Gebäude Nord-Ost

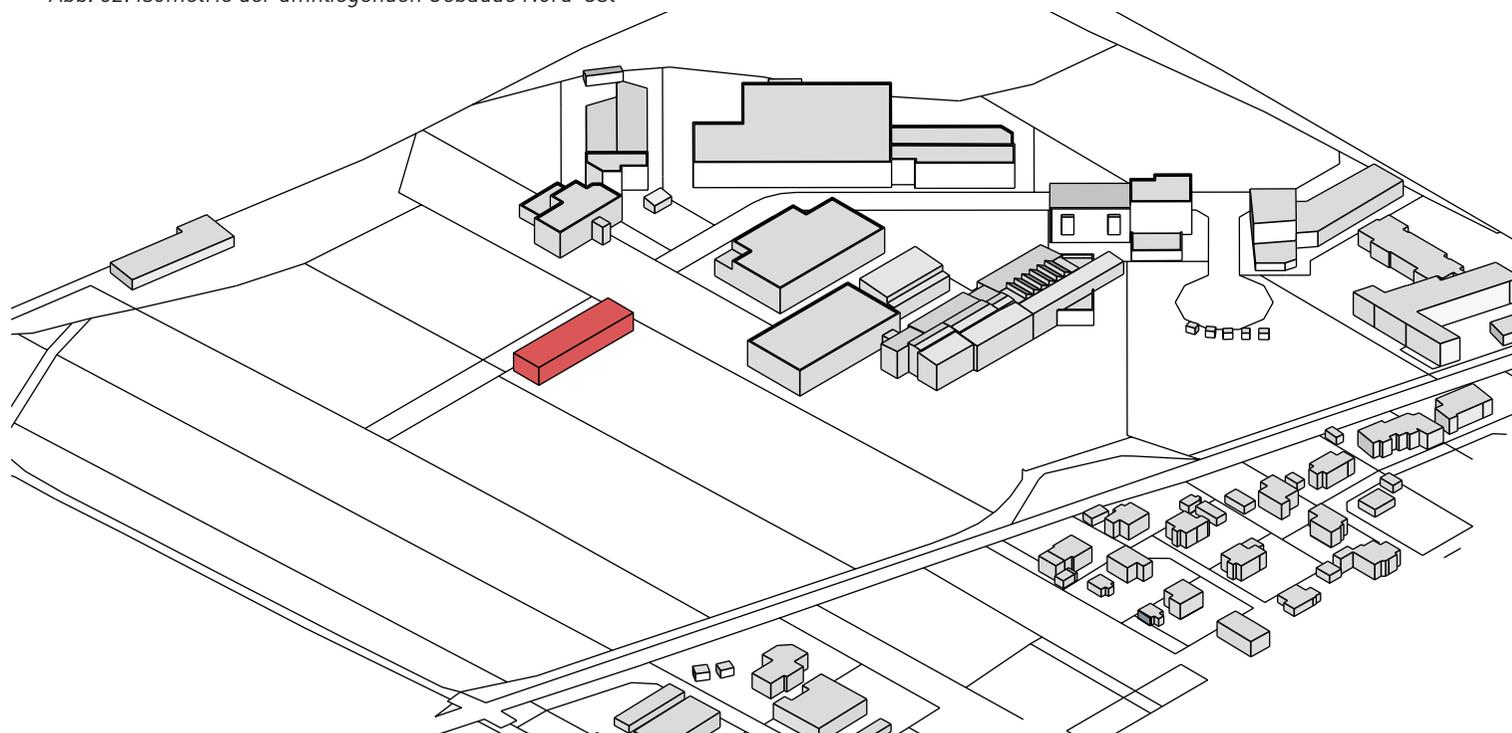


Abb. 53: Isometrie der umliegenden Gebäude Nord-West

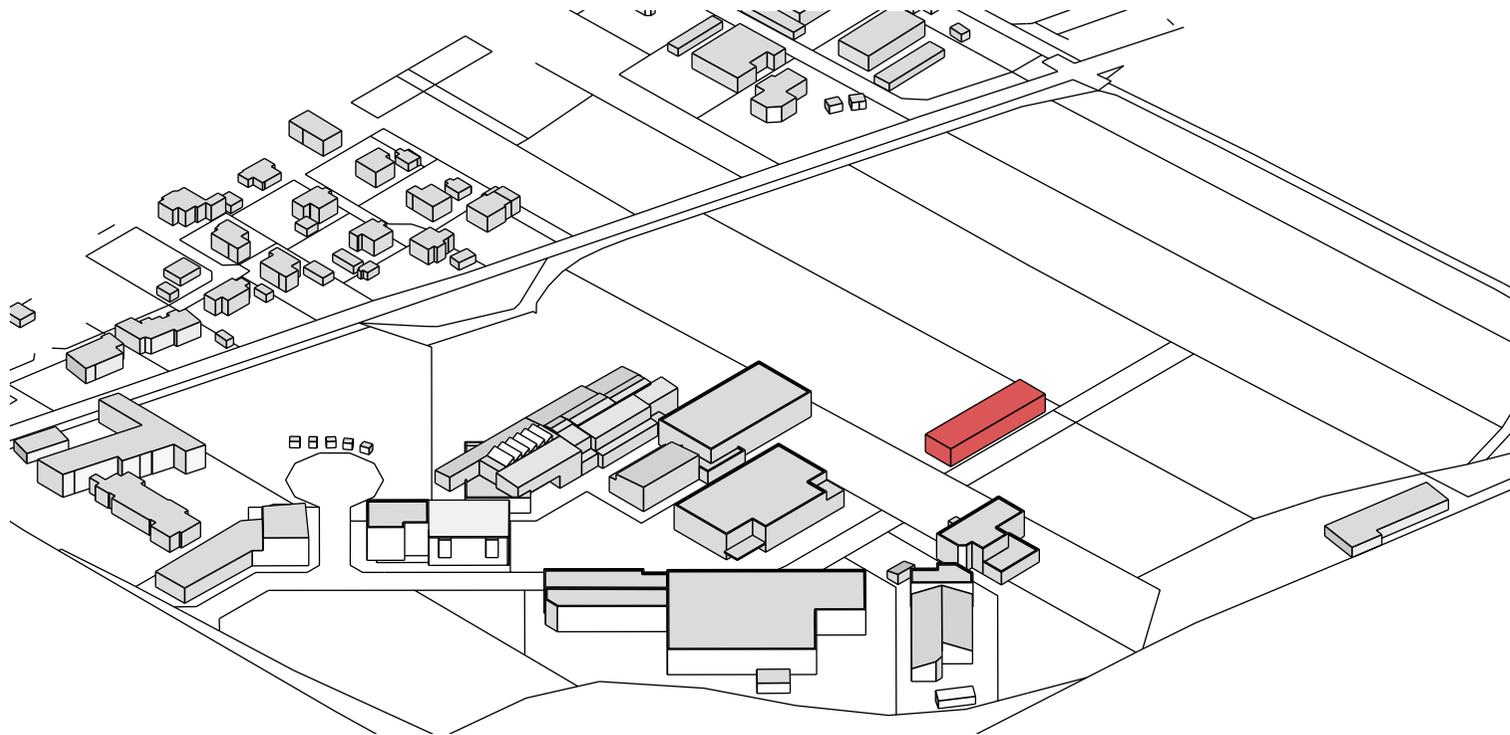


Abb. 55: Isometrie der umliegenden Gebäude Süd-Ost

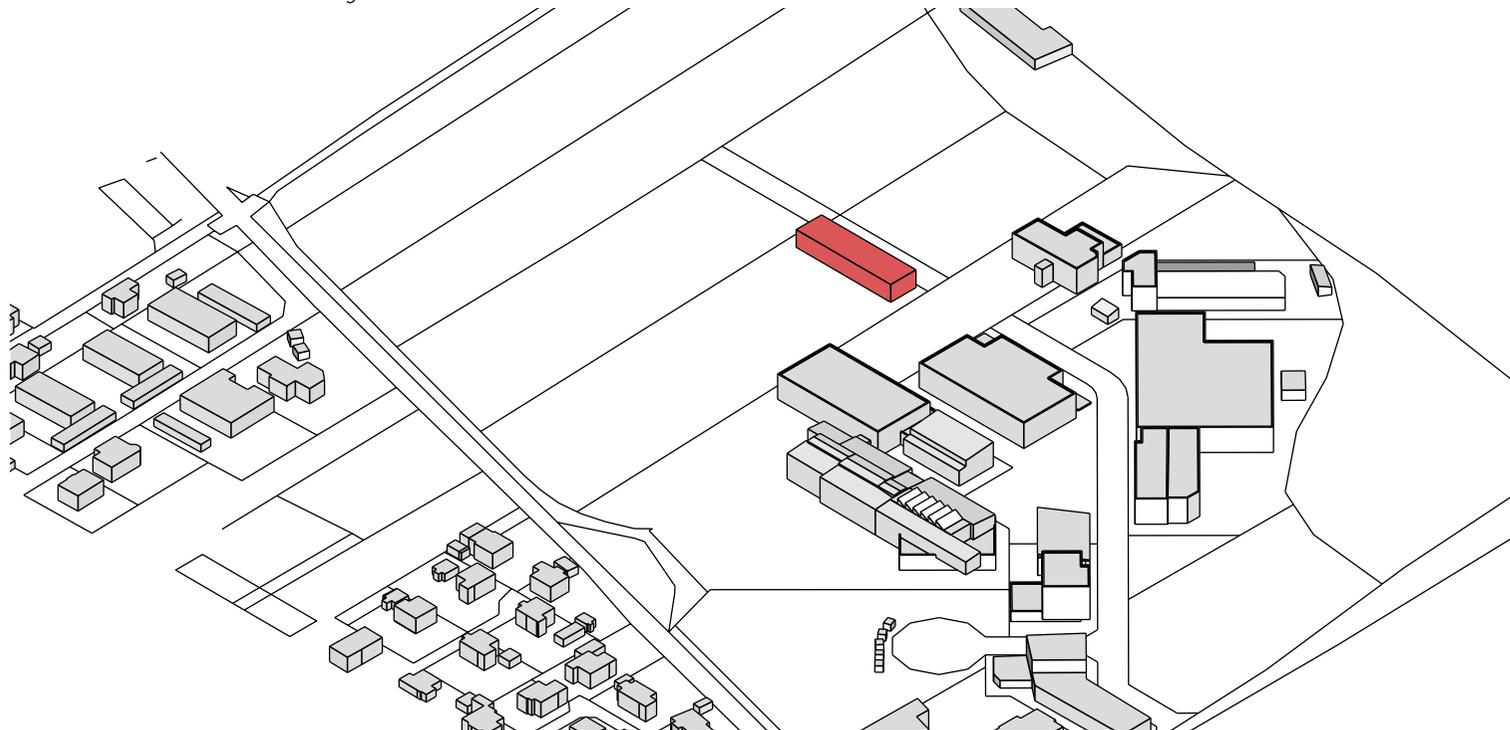
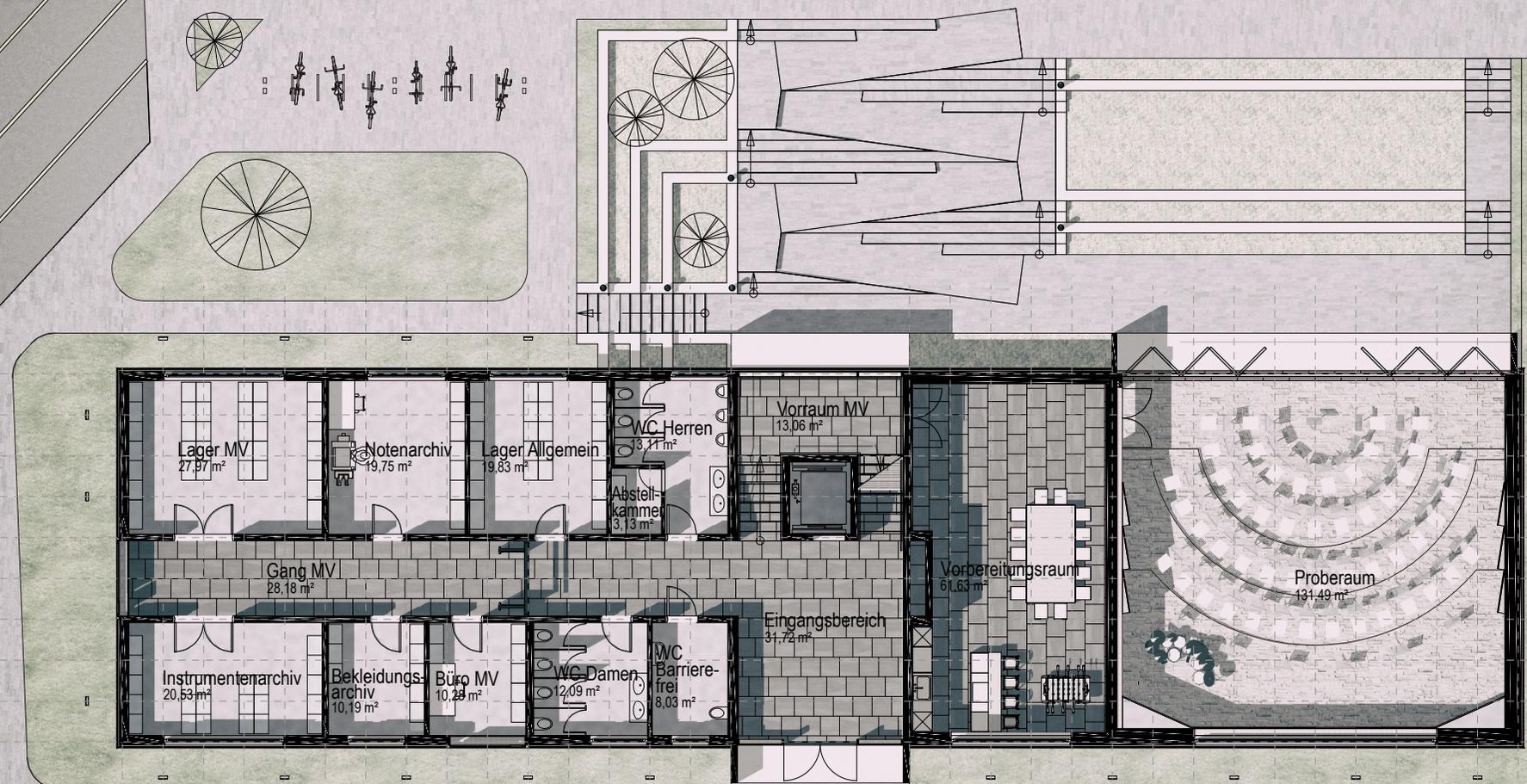


Abb. 54: Isometrie der umliegenden Gebäude Süd-West

# DAS HAUS DER MUSIK

Die Konzeption resultiert in einen äußerst aufgeräumten und schlichten Grundriss, dessen Zonen und Funktionen klar abzuleiten sind. Der Eingangsbereich führt über die vertikale Erschließung nach unten zu den Betriebsräumen des Musikvereines und nach oben zur Musikschule, während die Sanitäreanlagen zentral für alle zugänglich auf dem Eingangsniveau liegen. Getrennt zugänglich sind die Nutzräume des Musikvereines über eine breite Gangfläche, die somit den Transport großer Gegenstände, wie Pauken, Lichtanlagen und PA-Anlagen, ermöglicht. Der Individualverkehr kommt im Süden an, wobei die Dachkonstruktion des Fahrradabstellplatzes an die Dachform des Hauptgebäudes angelehnt ist.



Das klare Erscheinungsbild setzt sich im Obergeschoss fort, wo man über die vertikale Erschließung den Wartebereich der Musikschule erreicht, der als Begegnungszone dient und so auch eine soziale Aufgabe erhält. Über die Gangflächen [GMS] sind die einzelnen Unterrichtsräume [UR] erreichbar, die südlich vom Musiktheorieraum [MTR] mit seiner Lagerfläche [LMTR] abgeschlossen werden. Die Trennwände der Unterrichtsräume sind mit der in Kapitel 2.2 eruierten Neigung von 5° angeordnet um Flatterechos zu unterbinden und entsprechen alle den auch in diesem Kapitel angesprochenen Raumdimensionen.

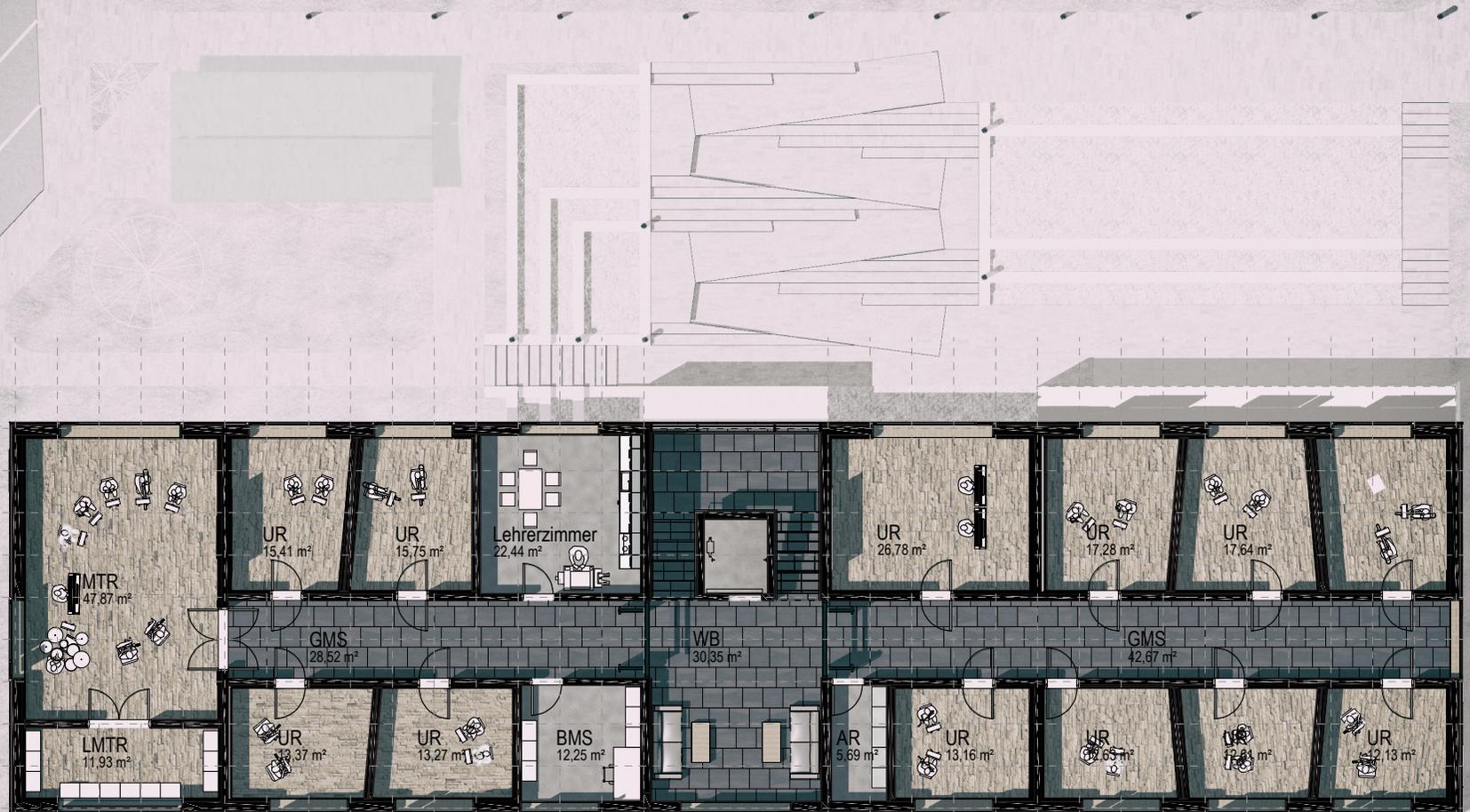


Abb. 57: Grundriss Obergeschoss 1:200



## Die Ansichten

Klare Raster zeigt sich auch in den Ansichten, die besonders die Trennung von Baukörper und Dach hervorheben und deren Trennung pointieren. Die Fensterflächen verleihen dem Gebäude eine Strukturierung und bilden gleichzeitig selbst, durch ihre hohe Funktionalität, bestimmende Elemente in der Pragmatik des Gebäudes, die auch eine Raumaufteilung in der Fassade ableitet lässt.

Die Fassade macht das Gebäude zu einem dekorierten Schuppen, der seinen Namen auf der Brust trägt.<sup>322</sup> Und das mit Stolz. Denn das Gebäude will sich nicht verstecken und ist in den Ansichten bewusst ohne Kontext dargestellt, der von der Unabhängigkeit des Baukörpers ablenken würde. Geradlinigkeit und Schlichtheit sind bewusste Elemente zur Differenzierung des Körpers von der Umgebung und werden im Entwurf zelebriert.

Wir bewegen uns auf eine Tour durch die priorisierten Zonen des Gebäudes.



Abb. 58: Ansicht Nord 1:200



Abb. 59: Ansicht Süd 1:200



Abb. 60: Ansicht Ost 1:200



Abb. 61: Ansicht West 1:200

Die Erschließung des Gebäudes läuft über ein zentrales Stiegenhaus, welches alle Geschosse miteinander verknüpft. Dies macht ihn zum zentralen Ort der Begegnung und der Interaktion. Der östlich liegende Eingang befindet sich auf der Höhe des natürlichen Geländes und kann somit, ohne besonderen Aufwand, barrierefrei ausgeführt werden. Dieser Gebäudekern ist aus brandschutztechnischen Gründen in Massivbauweise aus Beton ausgeführt und sorgt für eine zusätzliche statische Stabilität in der Horizontalen, genauso wie eine raumakustische Entkoppelung der beiden daran anknüpfenden Bautrakte. Durch die Oberflächenstruktur soll gleichzeitig mit der Maserung der Schalung ein natürliches Gefühl geweckt werden, welches aber im Kontrast zu der kalten, aber auch eleganten Betonoberfläche steht und hat gleichzeitig auch den Effekt der Schalldiffusion in diesem Bereich der Begegnung. In Anlehnung an den Brutalismus soll im Zentrum des Bauwerkes das tragende Material im Fokus stehen, welches ja im übrigen Gebäude durch die Beplankung nicht der Fall ist.

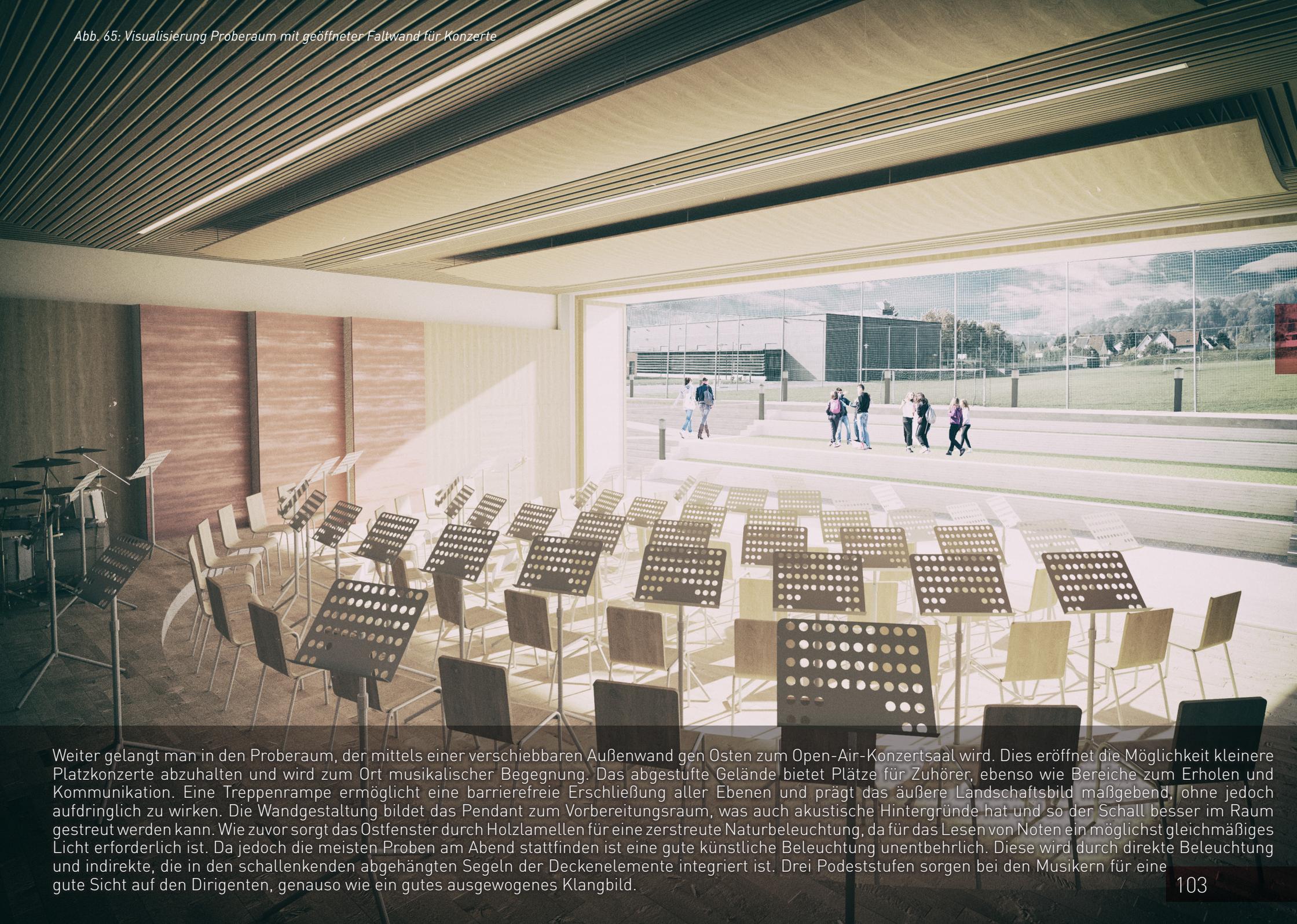




Im Halbgeschoss befindet sich der Eingang für den Vorbereitungsraum und das Probelokal des Musikvereines, was in einer höheren Raumhöhe dieser großen Räume resultiert. Die weißen Wände wechseln sich mit hellen Buchenholzbeplankungen ab und erzeugen so ein freundliches Raumgefühl, das durch die kontrastierenden dunklen Fliesen nur noch weiter betont wird. Die abgehängte Deckenkonstruktion aus Holzlamellen mit akustischen Eigenschaften ist so ausgerichtet, dass sowohl Licht als auch Schall gleichmäßig im Raum verteilt werden. Der klaren Richtung deieser folgend sind abgehängte Deckenleuchten installiert, welche durch direkte, wie indirekte, Beleuchtung diese noch weiter hervorheben. Der Vorbereitungsraum beinhaltet eine Küchenzeile an der Ostseite die direkt am Gebäudekern anschließt, um so lange Installationswege zu vermeiden. Das Fenster an der Ostseite, welches durch außenliegende vertikale Holzlamellen für ein diffuses natürliches Morgensonnenlicht sorgt, dient durch die erhöhte Platzierung rein der Belichtung.

Auf der Westseite wurde das Gelände abgestuft, um einen direkten Zugang an der Westseite auf dieser Höhe zu ermöglichen. Geländeänderungen an der gesamten nordwestlichen Seite erlauben eine natürliche Belichtung des Vorbereitungsraumes. Das große Westfenster sorgt für eine großzügige Belichtung und einen beinahe fließenden Übergang in die Außenanlage und bietet gleichzeitig einen Begegnungspunkt, durch die Sitzfläche, die dort implementiert ist.





Weiter gelangt man in den Proberaum, der mittels einer verschiebbaren Außenwand gen Osten zum Open-Air-Konzertsaal wird. Dies eröffnet die Möglichkeit kleinere Platzkonzerte abzuhalten und wird zum Ort musikalischer Begegnung. Das abgestufte Gelände bietet Plätze für Zuhörer, ebenso wie Bereiche zum Erholen und Kommunikation. Eine Treppenrampe ermöglicht eine barrierefreie Erschließung aller Ebenen und prägt das äußere Landschaftsbild maßgebend, ohne jedoch aufdringlich zu wirken. Die Wandgestaltung bildet das Pendant zum Vorbereitungsraum, was auch akustische Hintergründe hat und so der Schall besser im Raum gestreut werden kann. Wie zuvor sorgt das Ostfenster durch Holzlamellen für eine zerstreute Naturbeleuchtung, da für das Lesen von Noten ein möglichst gleichmäßiges Licht erforderlich ist. Da jedoch die meisten Proben am Abend stattfinden ist eine gute künstliche Beleuchtung unentbehrlich. Diese wird durch direkte Beleuchtung und indirekte, die in den schallenkenden abgehängten Segeln der Deckenelemente integriert ist. Drei Podeststufen sorgen bei den Musikern für eine gute Sicht auf den Dirigenten, genauso wie ein gutes ausgewogenes Klangbild.



Der Außenbereich stellt einen wahren Treffpunkt dar, der für Konzerte, genauso wie im normalen Probenbetrieb zu einem essentiellen Ort gemeinschaftlicher Begegnung wird und eröffnet unzählige Möglichkeiten für musikalische Veranstaltungen.



Eine gleichmäßige Beleuchtung, in Kombination mit leichten pastel roten Highlights und vielen Holzoberflächen sollen bei den Musikern für volle Konzentration sorgen und gleichzeitig für eine beruhigende Grundstimmung sorgen. Mit diesen Mitteln soll die musikalische Leistung des Vereines auf neue Höhen bugsiert werden.



Abb. 69: Visualisierung der Westseite am Vormittag



Die komplette räumliche Trennung von Musikverein und Musikschule war Grundbedingung der Planung, wodurch alle Musikschulräume in das erste Obergeschoss gelegt wurden, obwohl ursprüngliche Konzepte eine Kombination der Verwaltungsräume und Zentralisierung dieser vorsah. Dort angekommen erlaubt ein großzügiger und heller Wartebereich, das Vorbereiten der Schüler auf den Instrumentalunterricht und Eltern, die ihre Kinder abholen, eine Ruhezone.



Abb. 71: Visualisierung eines Unterrichtsraumes mit dem Parapet als Sitzfläche und der Diffusorwand



Den optimalen Raumdimensionen entsprechend, weisen vier der Unterrichtsräume eine Größe von etwa 13m<sup>2</sup>, bei einer Höhe von 2,8 Metern, die als Mindesthöhe bei allen eingehalten wurde, auf. Dies liegt etwas unter der von Musikern präferierten und angestrebten Raumgröße von 15m<sup>2</sup>, reicht aber für leise Musikinstrumente, die also nicht so einen hohen Schalldruck produzieren, wie Gitarren völlig aus. Drei der Räume haben eine Grundfläche von 15-18m<sup>2</sup> und sind somit ideal. Letzter Unterrichtsraum dieses Traktes ist der Pianounterrichtsraum, der gemäß den Vorgaben mit 26.78m<sup>2</sup>, größer als die anderen Räume ausgelegt ist.



Gleich die ersten Räume vom Stiegenhaus des südlichen Ganges aus, sind die Verwaltungsräume der Musikschule. Zur Ostseite hin befindet sich das Büro der Musikschule, in dem die komplette Verwaltung übernommen wird. Gegenüber liegt das Lehrerzimmer, wo jene sich in ihren Pausen eine Kleinigkeit zu sich nehmen können und sich auf ihren Unterricht vorbereiten können. Einen Kopierer hat dieser Raum auch zu beinhalten. Anschließend an diese Räume folgen wieder je zwei Unterrichtsräume mit ungefähr 15,5m<sup>2</sup> und 13m<sup>2</sup> respektive, womit insgesamt zwölf Räume vorhanden sind. Im Süden schließt das Gebäude mit dem Musiktheoriraum ab, der, durch seine Fläche von 47,87m<sup>2</sup>, wohl der variabelste Raum für die Musikschule und somit für Vorträge, genauso wie Ensembleeinheiten, ab, der, durch seine Fläche von 47,87m<sup>2</sup>, wohl der variabelste Raum für die Musikschule und somit für Vorträge, genauso wie Ensembleeinheiten, geeignet ist. Ein Lagerraum mit 11,93m<sup>2</sup> erlaubt das Verstauen der dafür benötigten Tische, Notenständer, Instrumente und dergleichen.

Jeder Unterrichtsraum verfügt über ein großes Fenster, dessen Parapethöhe eine optimale Sitzhöhe aufweist und gleichzeitig einen tollen Blick nach außen, bei guter natürlicher Belichtung, bietet. Ein Teil dieser Fenster ist zu Öffnen um etwaige unangenehme Gerüche schnell aus dem Raum zu bringen, da eine integrierte Heizung, beziehungsweise Kühlung, für eine optimale Raumtemperatur sorgen soll. Die Oberflächen sind von neutralen weißen Wänden und dem Holz des Bodens und der Fenster geprägt, wobei eine Akustikdecke das Bild abrundet. Kontrast bieten die roten Diffusorwände mit den bereits zuvor erwähnten Holzelementen und soll für eine bessere Akustik durch Streuung des Schalls sorgen. An den zu den Fenstern und Eingang lotrechten Deckenenden und mittig sind Lichtstreifen über die gesamte Seite angebracht und sollen für ein angenehmes Raumlicht, bei guter blendfreier Ausleuchtung sorgen.



Abb. 73: Visualisierung eines Unterrichtsraumes

Wie jedes Bauwerk stellt auch dieses eine Begegnung unterschiedlichster Materialien dar und zeigt diese auch. Die Fenster fügen sich mit ihren breiten Rahmen und dem gleichen Holz, wie der Rest der Fassade, fließend in das monolithische Aussehen des Baukörpers ein. Räume, deren Nutzung nicht für den Aufenthalt von Personen gedacht ist, haben ihre Fenster hinter, in der Fassade integrierten, Lamellen versteckt, die dadurch für ein gleichmäßiges natürliches Licht ohne zusätzliche Maßnahmen sorgen. Am Tag liegt der Fokus so auf der Fassade und sollten Räume im Inneren nachts beleuchtet werden, erzeugen diese eine mysteriöse und interessante Stimmung.



An der Straßenseite gibt ein Schriftzug klar den Nutzen des Gebäudes, ohne dabei zu aufdringlich zu sein, an und markiert gleichzeitig die Richtung der beiden Ortsnamen der Gemeinde. So ist an der Hauptfront gen Westen und somit auf der West-Ost-Achse die Aufschrift „Haus der Musik Seiersberg“ und an der Nordseite, also Richtung Süden zeigend, die Aufschrift „Pirka“ zu erkennen.



Abb. 75: Nachtvisualisierung des Eingangsbereiches

## 5. Literaturverzeichnis

Alton Everest, F./ Pohlmann Ken C.: Master Handbook of Acoustics, New York 2009

Billeter, T./Hohmann, B.W.: Gehörbelastung von Orchestermusikern, in: Musikphysiologie und Musikermedizin 2,9 (2002)

Buber, Martin: Ich und Du, Stuttgart 1995

Bühler, Jörg: Holz als konstruktiver Baustoff, Bd. Reihe: 4, Teil: 1, Folge: 1. Bonn 2008

Bühler, Jörg/Niedermeyer, Johannes: Holzschutz - Bauliche Maßnahmen, Bd. Reihe: 5, Teil: 2, Folge: 2., Berlin 2015

Colling, François: Holzbau: Grundlagen, Bemessungshilfen, Wiesbaden 2003

Czech, Hermann: Zur Abwechslung - Ausgewählte Schriften zur Architektur, Wien 1996

Dederich, Ludger: Holzrahmenbau, Bd. Reihe: 1, Teil: 1, Folge: 7., Bonn 2009

Dederich, Ludger/Koch, Jens: Holzkonstruktionen in Mischbauweise, Bd. Reihe: 1, Teil: 1, Folge: 5, Bonn 2006

Egan, M. David: Architectural acoustics, New York 2007

Erler, Klaus: Holz im Außenbereich, Basel 2012

Fuchs, Helmut V.: Raum-Akustik und Lärm-Minderung: Konzepte mit innovativen Schallabsorbern und -dämpfern, Berlin 2017

Häupl, Peter (Hrsg.) u.a.: Lehrbuch der Bauphysik : Schall - Wärme - Feuchte - Licht - Brand - Klima, Wiesbaden 2013

Herzog, Thomas/Lenzen, Steffi (Hrsg.)/Griese, Marion: Fassaden-Atlas, Basel/Boston/Berlin 2004

Hestermann, Ulf/Rongen, Ludwig: Baukonstruktionslehre. Bd. 1, Wiesbaden 2015

Holden, Mark: Acoustics of Multi-Use Performing Arts Centers, Boca Raton 2016

Holzer, Stefan M.: Statische Beurteilung historischer Tragwerke, Bd. 2, Berlin 2015

Huber, Gerhard u.a.: Baustoffkunde: Technologie der Bau- und Werkstoffe, Wien 2002

Jodidio, Philip: 100 zeitgenössische Holzbauten, Köln 2017

Jodidio, Philip: Wood architecture now! Teil 2, Köln 2013

Kaufmann, Hermann: Wood Works, Wien/New York 2008

Khodakovsky, Evgeny (Hrsg.)/ Skjold Lexau, Siri (Hrsg.): Historic Wooden Architecture in Europe and Russia : Evidence, Study and Restoration, Basel/Berlin/Boston 2016

Kleiner, Mendel/Tichy, Jiri: Acoustics of small rooms, Boca Raton 2014

Koch, Wilfried: Baustilkunde: das grosse Standardwerk zur europäischen Baukunst von der Antike bis zur Gegenwart, München 1994

- Krapfenberger, Robert/Krapfenberger, Thomas: Bautabellen, Wien 2004
- Kuttruff, Heinrich: Room Acoustics, Abingdon 2009
- Lehfeldt, Paul: Die Holzbaukunst, Leipzig 2001
- Leitner, Stefan: Bauen mit Holz, Linz 2011
- Lennartz, Marc Wilhelm/Jacob-Freitag, Susanne: New Architecture in Wood: Forms and Structures, Basel/Berlin/Boston 2016
- Lerch, Reinhard/Sessler, Gerhard Martin/Wolf, Dietrich: Technische Akustik: Grundlagen und Anwendungen, Berlin/Heidelberg 2009
- Long, Marshall: Architectural Acoustics, Oxford 2014
- Lücke-David, Susanne: Die Baustile: Baukunst Europas von der Antike bis zur Gegenwart, Wiesbaden 2013
- Mania, Dietrich: Die Urmenschen von Thüringen, in: Spektrum der Wissenschaft 10 (2004), S. 38-50
- Meyer, Jürgen/Hansen, Uwe: Acoustics and the performance of music: manual for acousticians, audio engineers, musicians, builders of musical instruments and architects, New York 2009
- Mommertz, Eckard: Acoustics and Sound Insulation, München 2012
- Moro, José Luis u. a.: Baukonstruktion, Bd. 1. Grundlagen, Berlin/Heidelberg 2009
- Moro, José Luis u. a.: Baukonstruktion, Bd. 2., Konzeption, Berlin/Heidelberg 2009
- Musikverein Seiersberg-Pirka (Hrsg.): Festzeitschrift - 60 Jahre Musikverein Seiersberg-Pirka, Seiersberg-Pirka 2016
- Newell, Philip: Recording Studio Design, Jordan Hill 2008
- o.A.: Bevölkerungszahl 31.10.2017 gemäß § 10 Abs. 7 FAG 2017, [https://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET\\_PDF\\_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=118671](https://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=118671), Online auf: <https://www.statistik.at/> [18. 10 2018]
- o. A.: die Akustik, <https://www.duden.de/rechtschreibung/Akustik#Bedeutung2>, in: <https://www.duden.de/> [21. 03 2018]
- o.A.: Die Orchesterbesetzung in der II. Republik - Organisationsplan der Militärmusiken der Militärkommenden 1982, <http://www.oesterreichische-militaermusik.com/Milmusik/Seiten/start.html>, in: <http://www.oesterreichische-militaermusik.com/> [21. 03 2018]
- o.A.: Handbuch für Musikschulen, Linz 2016
- Opderbecke, Adolf: Das Holzbau-Buch: für den Schulgebrauch und die Baupraxis, Hannover 1995
- Reinhardt, Hans-Wolf: Ingenieurbaustoffe, Berlin 2010
- Riccabona, Christof: Baukonstruktionslehre 2, Wien 2005
- Rose, Keith: BBC Guide to Acoustic Practice, Großbritannien 1990
- Schittich, Christian (Hrsg.): Holz, München 2014

## LITERATURVERZEICHNIS

## LITERATURVERZEICHNIS

Schittich, Christian (Hrsg.): Material + Oberfläche = Materials + finishes, München 2016

Schunck, Eberhard: Dach-Atlas: geneigte Dächer, Basel/Boston/Berlin 2002

Sedlbauer, Klaus: Flachdach-Atlas. München/Basel 2010

Sinambari, Reza/Sentpali, Stefan: Ingenieurakustik, Wiesbaden 2014

Timm, Martin: Die Kunst der Architekturfotografie. München 2010.

Venturi/ Robert/Scott Brown, Denise/Izenour, Steven: Learning from Las Vegas, Cambridge/Massachusetts/London 1972

Wagenführ, André (Hrsg.)/Scholz, Frieder (Hrsg.): Taschenbuch der Holztechnik, München 2012

Walker, R.: Controlled image design: The management of stereophonic image quality, Großbritannien 1995

Walker, R.: Optimum dimension ratios for studios, control rooms and listening rooms, Großbritannien 1993

Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik, Berlin/Heidelberg 2008

Werner, Gerhard/Zimmer, Karlheinz/Gerhard, Werner: Holzbau. Bd. 1., Berlin/Heidelberg 2009

Wittchen, Bernd/Josten, Elmar/Reiche, Thomas: Holzfachkunde für Tischler, Schreiner und Holzmechaniker, Wiesbaden 2006

Zehetmayr, Oliver (2008): Bauinformation Akustikbau, [http://www.artelier.at/upload/documentbox/bauinformation\\_2008.pdf](http://www.artelier.at/upload/documentbox/bauinformation_2008.pdf), in: <http://www.artelier.at/> [11. 05 2017]

# 6. Darstellungsverzeichnis

Alle Abbildungen und Tabellen, die hier nicht separat angeführt wurden, sind selbst erstellt.

Abb. 20: Long, Marshall: Architectural Acoustics, Oxford 2014, S.324



ABBILDUNGSVERZEICHNIS

