



Schallabsorbierende Fassaden

Abstract

Absorbierende Oberflächen sind als Lärmschutzmassnahme bekannt und werden bereits im Strassenraum, wie auch im Innenbereich z.B. in Konzerträumen eingesetzt. Die Wirkung von absorbierenden Oberflächen kann allerdings gerade in ruhigen und scheinbar unproblematischen Aussenräumen sehr relevant sein. An diesen Orten können durch den ruhigen Kontrast auch Alltagsgeräusche als sehr störend empfunden werden. Die Arbeit untersucht den Gestaltungsfreiraum und die konstruktive Umsetzung von Materialien oder Bauteilen mit absorbierender Wirkung.

Impressum:

BPM4, Vertiefungsarbeit
3.Studienjahr, ARB18

Begleitender Dozent:
Roger Amstalden

Studierende:
Janic Scheidegger
Jordan Schmidli
Rebecca Strässle

Abb. 1: Titelbild: Akustik-Klinker, Keller AG Ziegeleien

Winterthur, 25. Mai 2021

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung / Ziel der Arbeit	1
2. Grundlage Akustik	2
2.1 Schallabsorption	2
2.2 Arten von Schallabsorbern	4
3. Schallabsorbierende Fassaden	6
3.1 Dämmung	6
3.2 Akustikputz	7
3.3 Holz	8
3.4 Klinker	10
3.5 Metall	12
3.6 Textilien	14
4. Anwendung Fallbeispiel Müller Martini	16
5. Fazit	19
Literatur-, Abbilungsverzeichniss	20

1. Einleitung / Ziel der Arbeit

Lärm ist allgegenwärtig und an ganz unterschiedlichen Orten ein Problem. Was als Lärm empfunden wird, kann krank machen und die Lebensqualität massiv beeinträchtigen. Die Schweizer Bundesverfassung erlässt dafür sogar Vorschriften, die den Lebensraum von Menschen vor schädlichen und lästigen Einwirkungen schützen soll. Besonders in der Raumplanung ist deshalb auf den Lärm zu achten, damit Wohnräume entstehen, die nicht schutzlos dem Lärm ausgeliefert sind. Genauer wird dies in der Lärmschutzverordnung (LSV) geregelt, wo Belastungsgrenzwerte und Lärmschutzmassnahmen verordnet werden. Das Thema ist sehr ausgereift und funktioniert auch mit der Verordnung sehr gut. Allerdings kommt es gerade an so genannten lärmabgewandten Orten, wie zum Beispiel in Innenhöfen dennoch zu einem Lärmproblem. Lärm oder Geräusche, die die gesetzlichen Grenzwerte nicht überschreiten, aber gerade im ruhigen Kontext sehr störend empfunden werden können. Dies kann sich z.B. durch Kindergeschrei ausdrücken und je nach Hofsituation und Fassade zu einem enorm störenden Lärm entwickeln.

Die Hochschule Luzern zeigt in einer Ausgabe von „Stadtklang, Wege zu einer hörenswerteren Stadt“ wie man Aussenräume gestalten soll, um nicht nur eine visuelle, sondern auch eine akustische Qualität darin zu erhalten. Gerade in Innenhöfen spielt die Architektur in Form der Fassade natürlich eine sehr grosse Rolle. Es geht dabei um das richtige Verhältnis von reflektierenden, schallstreuenden und schallabsorbierenden Oberflächen, die einen grossen Einfluss auf die Klangqualität haben. Dazu könnte man etwa den Vergleich mit einem Konzertsaal machen. Links in der Abb. 2 wird gezeigt, wie die akustische Wirkung von bewusst absorbierenden Bauteilen im Vergleich zu gewöhnlichen Fassaden in einem Innenhof ist. Man kann eine deutliche Verbesserung der Nachhallzeit (EDT) oder der Sprachverständlichkeit feststellen. In der Grafik, in der das Echo verglichen wird, kann man sehen, dass schallharte Fassaden, wie eben Glasfassaden, sehr schlecht abschneiden.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf den absorbierenden Materialien und Bauteilen, die wie gezeigt einen grossen Einfluss auf die Klangqualität haben. Bekanntlich kennt man die Anwendung der absorbierenden Oberfläche jedoch mehr im Innenbereich oder im Strassenraum. Dies gilt zu untersuchen und zu übersetzen.



Wirkung absorbierender Oberflächen
Abb. 2: Stadtklang 2019, 55

2. Grundlagen Akustik

2.1 Schallabsorption

Bei der Schallabsorption handelt es sich physikalisch gesehen um die Umwandlung von Schallwellenenergie in Wärmeenergie (durch die «Reibung» an einem Material) oder in eine mechanische Energie (in Bewegung / Schwingung setzen eines Objektes). Gemessen wird die Schallabsorption über den Schallabsorptionsgrad (α). Dieser ergibt sich aus dem Verhältnis der absorbierten zur auftreffenden Schalleistung (vgl. Abb. 3).

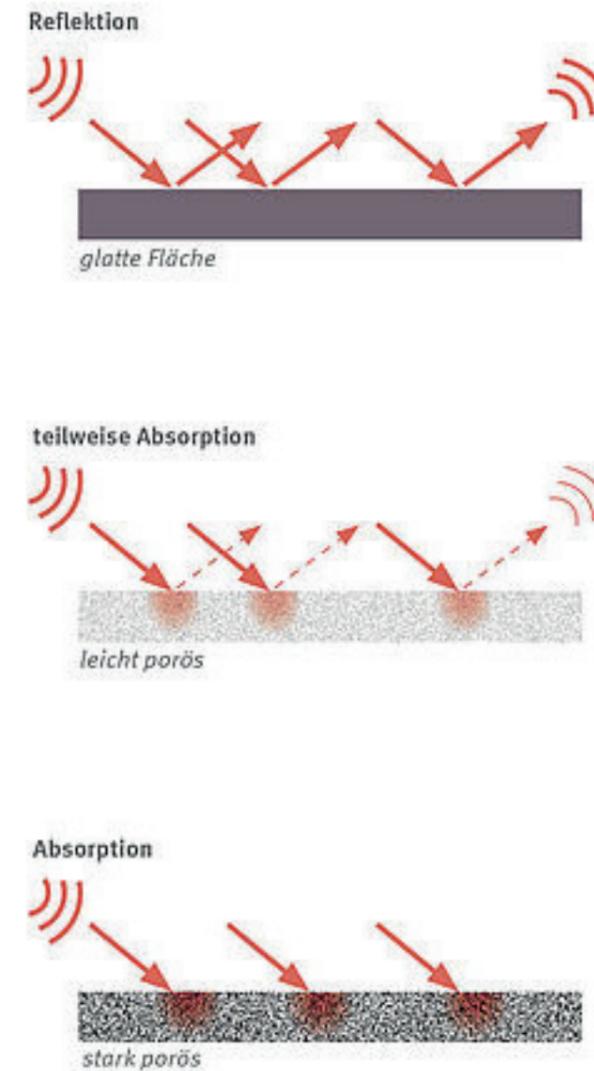
$$\frac{\text{Absorbierte Schalleistung (dB)}}{\text{Auftreffende Schalleistung (dB)}} = \text{Schallabsorptionsgrad } (\alpha)$$

Ein Schallabsorptionsgrad von 1.0 bedeutet demnach, dass sämtliche Schallwellen absorbiert werden. Bei einem Schallabsorptionsgrad von 0.0 wiederum werden sämtliche Schallwellen reflektiert. Der Schallabsorptionsgrad ist frequenzabhängig, das bedeutet, dass ein Material auf unterschiedlichen Frequenzen unterschiedliche Absorptionsgrade haben kann. So gibt es Schallabsorber, die in den tiefen Frequenzen bessere Eigenschaften haben und solche, die in höheren Frequenzbereichen mehr absorbieren. Um ein Material also optimal einzusetzen muss man wissen welchen Frequenzbereich man absorbieren will. Eine normale Sprechstimme liegt zwischen 500 und 1000 Hz. (vgl. laermorama.ch 2021). Aus diesem Grund gibt es zu so ziemlich jedem Baustoff frequenzabhängige Schallabsorptionstabellen, auf denen man ablesen kann, für welche Frequenzbereiche man das Material einsetzen kann (vgl. Vorlesung HS 2019 Roger Amstalden).

Bei der Schallreflexion handelt es sich um das Gegenteil der Schallabsorption. Die Schallwellen werden also nicht von einem Material «geschluckt» sondern zurück geworfen. Definiert wird die Schallreflexion über den Schallreflexionsgrad (ρ). Dieser ergibt sich aus dem Absorptionsgrad (α). Denn wenn man die Schallabsorption mit der Schallreflexion addiert bekommt man den Wert 1.

$$\text{Schallabsorptionsgrad } (\alpha) + \text{Schallreflexionsgrad } (\rho) = 1$$

(vgl. Vorlesung HS 2019 Roger Amstalden)



Schema Schallabsorption bei porösen Materialien
Abb 3: Delius.de 2021

2.2 Arten von Schallabsorbern

Es gibt drei Absorberarten, die sich im Frequenzverlauf unterscheiden. Poröse Schallabsorber besitzen eine breitbandige Absorbtiionswirkung und sind vor allem für mittlere bis hohe Frequenzen geeignet (vgl. Abb. 4). Resonatoren decken einen schmalen Frequenzbereich, hauptsächlich tiefe Frequenzen, ab (vgl. Abb. 5). In Kombination beider Systeme kann ein breiter Frequenzbereich abgedeckt werden (vgl. Baunetz Wissen 2021). Im Bassbereich, also bei sehr tiefen Tönen, gibt es noch die Membranabsorber, für unsere Arbeit sind diese aber nicht relevant.

Poröse Schallabsorber

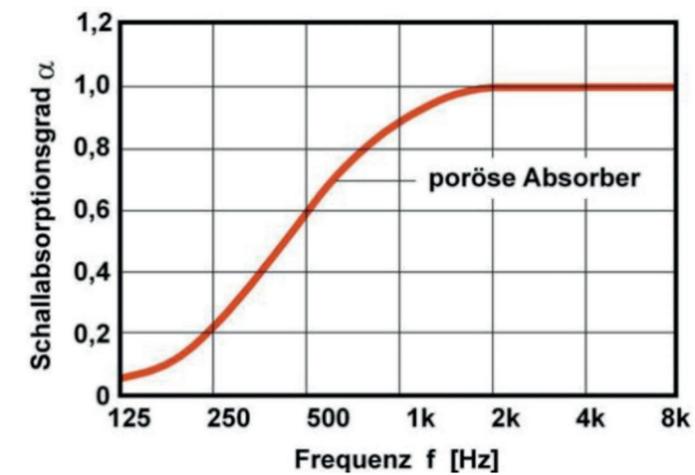
In porösen Schallabsorbern geschieht eine Umwandlung von Schallenergie in Wärmeenergie. Diese ist abhängig von den Poren. Damit die Schallenergie eindringen kann und durch die Reibung Wärmeenergie erzielen kann und somit Schallenergie entziehen kann, müssen diese Poren möglichst tief und eng sein. Diese Eigenschaft weisen meist mineralische oder organische Feststoffe sowie auch Schaumkunststoffe oder Textilien auf.

Neben der Porengröße ist auch der Strukturfaktor ein entscheidender Punkt also das gesamte Volumen der Poren durch das wirksame poröse Volumen.

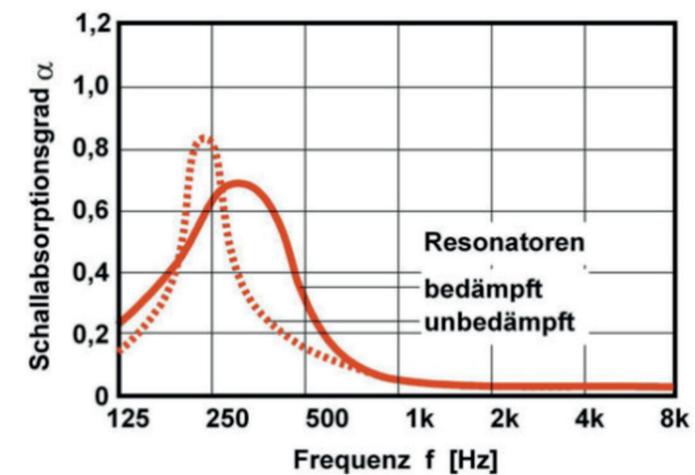
Ein weiterer Punkt, welcher berücksichtigt werden sollte, ist der Strömungswiderstand eines Materials der meistens auch abhängig von der Materialstärke ist. Ist der Strömungswiderstandswert sehr gross so reflektiert das Material den Schall, ist dieser Wert zu niedrig, kann der Schall durch das Material hindurchdringen. Ein optimaler Wert des spezifischen Strömungswiderstandes liegt zwischen 1 kPa s/m und 3 kPa s/m (vgl. Baunetz Wissen 2021).

Resonanzabsorber

Resonatoren kommen meist in Form eines Plattenschwingers vor. Sie nutzen ein Luftvolumen oder die schwingende Oberfläche, um verstärkt mit dem Schall mitzuschwingen. Bei diesem System wird die Schallenergie in Schwingungsenergie umgewandelt und geschluckt. Geeignete Materialien sind perforierte Gipskartonplatten oder Trapezbleche. Durch die Schallströmung in den Löchern kann die dahinerliegende Luft ins Schwingen kommen (vgl. Baunetz Wissen 2021).



Typische Absorbtionsgrade für poröse Absorber
Abb 4: Baunetzwissen 2021



Typische Absorbtionsgrade für Resonanzabsorber
Abb 5: Baunetzwissen 2021

3. Schallabsorbierende Fassaden

3.1 Dämmung

Für die Absorptionswirkung in einem mittleren bis hohen Frequenzbereich sind poröse Absorber zu verwenden. In einer Fassade eignet sich hierfür am Besten die wärmedämmende Schicht. Sie kann eine gewisse Stärke aufweisen und wenn die äusserste Fassade Schalltransparent wirken kann, dringt der Schall bis zu ihr durch. Durch ihre geschützte Lage in der Fassade kann sie sich eine poröse Struktur erlauben und somit viel Schallenergie aufnehmen. Verschiedene Produkte sind dafür geeignet. Beispielsweise Steinwolle besteht aus verschiedenen Gesteinen wie Diabas, Basalt oder Dolomit. Bei grosser Hitze werden die Gesteine verschmolzen und anschliessend werden die Fasern zu einem Vlies gebündelt. Je nach Herstellungsart erreichen die Platten eine geringere Rohdichte, sind daher poröser und zeigen einen guten Absorptionswert auf (vgl. Tab. 1). Diese poröse Struktur zeigt sich auch in einer Glaswolleplatte. Holzfaserdämmplatten werden aus Resthölzern hergestellt, welche durch Hitze und Druck zerfasert werden, mit Wasser vermengt und anschliessend gepresst werden. Durch die Pressung bekommt die Platte einen hohen spezifischen Strömungswiderstand, dieser liegt bei > 10 kPa s/m² (vgl. Schneider 2021), was nicht optimal ist für einen Absorber. Der optimale Wert liegt zwischen 1 und 3 kPa s/m. Je höher dieser Wert ist, desto mehr reflektiert das Material den Schall. Durch ihre Zusammensetzung aus feinsten Resthölzern ist sie aber immer noch in der Lage durch die kleinsten Poren Schall aufzunehmen und umzuwandeln. Holzwolle-Leichtbauplatten (HWL) werden aus gehobeltem Holz (Holzwolle) in Verbindung mit mineralischen Bindemitteln hergestellt. Die Fasern sind elastisch und die Platten haben ein genügend grosses offenes Luftvolumen im Verhältnis zum Gesamtvolumen was für die Absorption benötigt werden kann (vgl. Baunetz Wissen 2021). Diese Liste der möglichen Dämmungen ist nicht abgeschlossen. Wichtig ist, dass die Dämmung eine offenporige, aber nicht zu kompakte Struktur aufweist, um den Schall tief in die Poren aufnehmen zu können, um dann diese Energie umwandeln zu können.

Material, Fabrikat, Aufbau	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Steinwolleplatte 100 mm (Flumroc AG)	0.52	0.98	0.95	1.00	1.02	1.08
Glaswolle 100 mm (Isover AG)	0.54	1.03	0.98	1.04	1.00	1.09
Holzfaserdämmplatten	0.07	0.24	0.28	0.35	0.60	0.80
Holzwolleplatten 50 mm (Knauf AG)	0.10	0.20	0.40	0.70	0.55	0.73
Akustikputz (Sto-Akustik-Spritzputz)	0.18	0.21	0.46	0.67	0.67	0.95

Absorptionsgrade α_s , Dämmungen und Akustikputz
Tab. 1: Lips Anhang A - Tabelle Absorptionsgrade

3.2 Akustikputz

Bei einem mehrschichtigen einschaligen Fasadensystem, wie bei einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS), müssen die Baustoffe der montierten Systeme aufeinander abgestimmt werden. Um auch noch eine möglichst gute Absorptionseigenschaft aufzuweisen, muss die äusserste Schicht offenporig sein. Wenn die äusserste Fassade Schalltransparent wirkt und den Schall durchlässt muss die nächste Schicht, die dahinterliegende Dämmung, als poröser Absorber fungieren und die Schallenergie in Wärmeenergie umwandeln (vgl. Baunetz Wissen 2021). Wärmedämmverbundsysteme sind ein weit verbreitetes Fasadensystem. Der Aufbau eines herkömmlichen WDVS sieht folgendermassen aus. Die Dämmung wird mit Dübeln auf der Aussenwand des Tragwerkes montiert. Bei leichteren Baustoffen kann auch ein Klebemörtel verwendet werden. Auf den Dämmstoff wird ein Unterputz angebracht, wie eine Armierungsschicht, um die Dämmung auch vor Umwelteinflüssen zu schützen. Als äusserste Schicht kommt dann der Aussenputz dazu. Mit dieser äussersten Schicht, wenn sie schallabsorbierend wirkt, wäre es schon möglich viel Schallenergie aufzunehmen.

Hierfür wurden für den Innenbereich schon verschiedene Akustikputze entwickelt. Diese bilden sich meist aus mineralischen Zusammensetzungen, welche durch ihre Struktur und deren Kornzusammensetzung oder deren Zuschläge wie expandierte Natursteinpartikel oder mineralische Feinzuschläge den Schall absorbieren können (vgl. Tab. 1). Ein solcher Putz ist eine nachhaltige Lösung für die Schallabsorption und bei der Gestaltung sind fast keine Grenzen gesetzt. Wenn man den Putz farbig gestalten möchte, müssen diese durch Pigmentzusätze erfolgen. Würde der Akustikputz gestrichen werden würde er seine akustischen Eigenschaften verlieren. Für die Schallabsorption müssen die Poren des Putzes offenporig und tief sein, um den Schall in Wärme umwandeln zu können. Dadurch kann sich auch die Oberflächentemperatur erhöhen. Der Grad der Schallabsorption hat mit der Schichtdicke zu tun. Für einen höheren Absorptionsgrad benötigt es eine dickere Putzschicht. Ein Absorptionsgrad von bis 60 % ist realistisch (vgl. Baunetz Wissen 2021). Durch ihre Offenporigkeit sind Akustikputze empfindlich auf äussere Einflüsse. Zusatzstoffe können den mineralische Akustikputz verbessern, um im Aussenbereich angewendet zu werden. Dies können Granulate aus Recyclingglas sein, welche den Putz auch druckfester und witterungsbeständiger machen (vgl. Baunetz Wissen 2021). Auch möglich ist es, ihn mit Weiss-Zement zuzusetzen. Bei Zusätzen muss aber beachtet werden, dass sich die akustische Wirkung verschlechtert. Laut Sto AG vermindert sich der Grad um ca. 15 – 20 % (vgl. Sto AG 2021). Für die Anwendung im Aussenbereich gibt es für Akustikputze noch keine Systemgarantie im Bezug auf die Schallabsorption.

3.3 Holz

Holz wird in der Fassade bekanntlich hinterlüftet und bietet durch die zwingende Luftschicht die Möglichkeit eine geschlitzte äussere Schale auszubilden, um dennoch den Witterungsschutz zu erfüllen. Dabei wirkt die äussere Schale bezüglich des Schalles als nahezu transparente Schicht und die Absorption findet im Inneren der Wand statt. Um diese „transparente Schicht“ auszubilden ist der Schlitzanteil in der Fassade relevant. So kann im Inneren ein stark poröses Material, wie eine poröse Dämmung, eingesetzt werden und den Lärm absorbieren. Dieses System wird z.B. in Form von Schallschutzwänden an Strassen (vgl. Abb. 6) oder als akustische Wandverkleidung im Nassbereich bzw. Hallenbad bereits häufig angewendet (vgl. Abb. 7).

Die Absorption durch eine Schallschutzwand (vgl. Abb. 8) im Strassenbereich funktioniert so, dass der Schall durch die Öffnungen der äussersten Holzschalung nach Innen dringt. Mit dem luftdurchlässigen Flies dahinter, dient diese Schicht als Witterungsschutz für die 40 mm dicke Dämmlage aus Glaswolle 40 kg/m³ (Isover), welche für die Absorption verwendet wird. Durch diese dünne Dämmschicht kann aber der grösste Teil des Schalls hindurch. Die Schallenergie trifft dahinter auf einen Resonanzraum und einer dichten und schallreflektierenden Konstruktion. Durch diesen Luftraum von 50 mm hat sie die Möglichkeit hin und her zu schwingen, um dann immer mehr von der Glaswolle absorbiert zu werden. Das Holz aussen hat keinen absorbierenden Effekt, es dient dem Wetterschutz und der Ästhetik der Wand. Der Schlitzanteil dieser Lösung ist dabei ca. 55 %. Da das ganze System für den Strassenlärm und nicht für Lärm in Innenhöfen ausgelegt ist, kann der Schlitzanteil reduziert werden. Er müsste dort zwischen 10-20 % liegen (Eggenschwiler, Empa). Übersetzt in eine Wohnfassade mit Schlitzanteil von ca. 15 % könnte der Aufbau wie folgt aussehen (vgl. Abb. 9). Anders als bei Schallschutzwänden benötigt es hier keinen Resonanzraum, weil man die volle Dämmstärke schon für den Wärmeschutz benötigt und diese Stärke auch für die Absorption (vgl. Tab. 2) verwenden kann.

Material, Fabrikat, Aufbau	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Spaltentäfer Fugenanteil 10 %, Hinterlegung mit Glaswolle 50 mm	0.37	0.96	0.79	0.55	0.38	0.23
Spaltentäfer Fugenanteil 20 %, Hinterlegung mit Glaswolle 50 mm	0.30	0.94	0.93	0.71	0.57	0.37

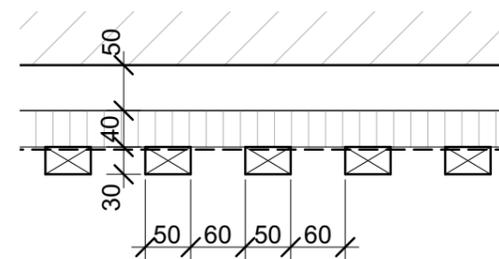
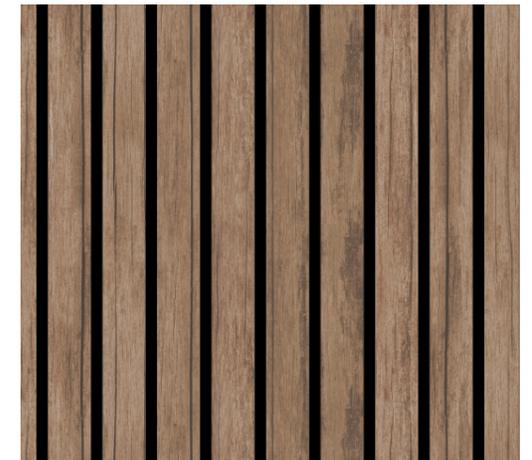
Absorptionsgrade α_s , Holz
Tab. 2: Lips Anhang A - Tabelle Absorptionsgrade



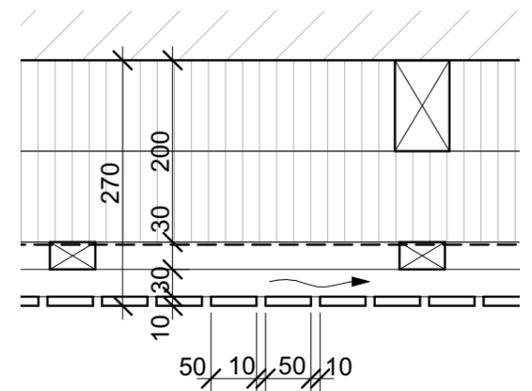
Schallschutzwand
Abb. 6: Wenger Holzbau AG



akustische Brüstungsverkleidung
Abb. 7: Hallenbad Gelterkinden 2018



Schallschutzwand
Abb. 8: Wenger Holzbau AG



Übersetzung in Hoffassade (kein Strassenlärm)
Abb. 9

3.4 Klinker

Wenn man an eine Klinkerfassade denkt, verbindet man diese nicht gleich mit Akustik Massnahmen. Ein herkömmlicher Fassadenklinker ist mit einem Absorptionsgrad von 0.03 – 0.07 (125Hz – 4000 Hz) auch wirklich nicht geeignet für Schallabsorption. Die Ziegeleien entwickelten jedoch einen speziellen Stein der Absorptionsgrade von bis zu 0.45, im 500 – 2000 Hz Bereich, erreicht. Bei 250 und 4000 Hz erreichen sie mit diesem Stein sogar Werte von 0.65 – 0.7 (vgl. Tab. 3).

Der Trick dabei besteht darin, die Klinkersteine mit der «Oberseite» zur Seite hin zu verbauen. Dabei entsteht eine gelochte Oberfläche, welche die Schallwellen in das Innere des Steines lassen. Hinter den Klinkersteinen absorbiert dann eine Steinwollschicht weitere Schallwellen, wie schon bei anderen mehrschaligen Systemen gezeigt. Dieser spezielle Akustikklinker ist bei Schallschutzwänden, wie man sie kennt von Autobahnen oder auch Garageneinfahrten, seit längerem weit verbreitet. So wurden sie zum Beispiel auch bei der Autobahn in St.Gallen (vgl. Abb. 11) im grossen Stil verwendet.

Unterdessen haben Architekten das Material auch entdeckt, um im Aussenraum kleine akustische Massnahmen zu realisieren, wie hier im Terrassenbereich (vgl. Abb. 10). Bei der Adaption in ein Fassadensystem ist jedoch noch ein wichtiger Punkt zu beachten. Die Löcher der Klinkersteine dürfen in einer gedämmten Fassade keinesfalls horizontal liegen, da sonst Regenwasser bis zur Dämmung laufen und diese beschädigen könnte. Für den Aussenbereich entwickelte man aus diesem Grund einen schrägen Stein, dass die Löcher sich gegen Aussen neigen und das Wasser nicht zur Dämmung laufen kann (vgl. Abb. 12).

Material, Fabrikat, Aufbau	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Klinker (Lochstein, Keller AG Ziegeleien)	0.02	0.04	0.13	0.26	0.17	0.26
Klinker vor 50 mm Glaswolle	0.20	0.74	0.98	0.86	0.97	0.88
Klinker mit zusätzlich 50 mm Luftraum hinter Stein	0.21	0.75	0.83	0.77	0.93	0.88

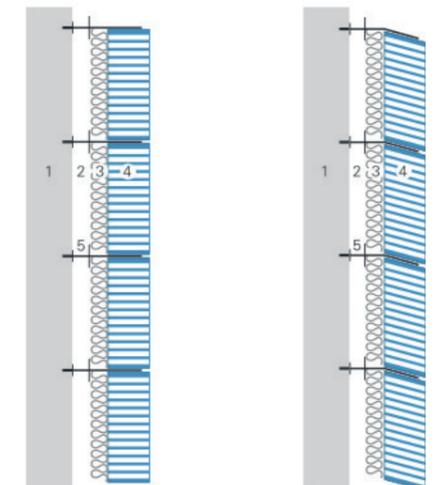
Absorptionsgrade α_s , Klinker
Tab. 3: Lips Anhang A - Tabelle Absorptionsgrade



Akustik-Klinker
Abb. 10: Keller AG Ziegeleien



Schallschutzwand mit Akustikklinker
Abb. 11: Foto Autobahn



Systemaufbau Akustik-Klinker
Abb. 12: Keller AG Ziegeleien

3.5 Metall

Metal wird im Lärmschutz wegen seiner Schwingfähigkeit für tiefe bis mittlere Frequenzen öfters im Strassenraum eingesetzt. Hierbei benötigt sie hinter der perforierten Schicht aber eine schallharte Wand und einen Resonanzraum mit stehender Luft, um hin und her schwingen zu können. Dabei redet man dann nicht mehr von einem porösen Absorber sondern von einem sogenannten Resonanzabsorber, wie schon zu Beginn erläutert. Besonders in Tunnels von Autobahnen oder bei Garageneinfahrten trifft man Lärmschutzwände oder Lärmschutzverkleidungen in Metall an (vgl. Abb. 13 - 15). Wichtig ist dabei, dass dieser Resonanzraum nicht grösser als der ist, der für den Feuchteschutz benötigt wird. Je schmaler diese Schicht ist, desto höher kann die Resonanzfrequenz werden und Schallenergie in Schwingungsenergie umwandeln.

Wenn die Oberfläche eine Perforierung von ca. 40 % der Metalloberfläche aufweist, kann die Fassade als schalltransparente Schicht, wie schon bei den vorherigen mehrschichtigen Fassadensystemen Holz und Klinker, angewendet werden. Dies wird sehr wahrscheinlich bei Fassadensystemen häufiger angewendet werden, weil man eine Dämmebene für den Wärmeschutz sowieso braucht, ihn aber auch noch für die Absorption verwenden könnte (vgl. Tab. 4). Für Lärmschutzwände im Strassenbereich sind diese Resonanzabsorber für tiefere Frequenzen geeigneter und sind meistens kostengünstiger, als wenn man dahinter noch eine 10 cm Absorber hätte.

Material, Fabrikat, Aufbau	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Stahlblech, Lochanteil 45%, Hinterlegt mit 50 mm Glaswolle	0.20	0.67	1.05	1.06	1.08	1.15

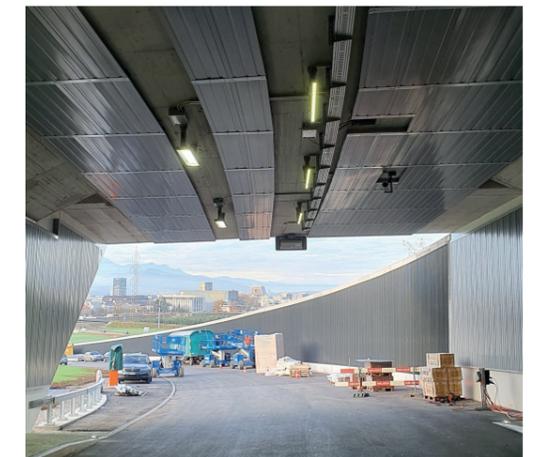
Absorptionsgrade α_s , Metall
Tab. 4: Lips Anhang A - Tabelle Absorptionsgrade



Streckmetall Fassade
Abb. 13: Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt



Schallschutzverkleidung in Garageneinfahrt
Abb. 14: SONOTEC Schallschutz AG



Schallschutzverkleidung in Autobahntunnels
Abb. 15: SONOTEC Schallschutz AG

3.6 Textilien

Textile Fassaden sind in der Architektur noch nicht weit verbreitet, jedoch ist es ein Material, das immer öfter zur Anwendung kommt. Im Innenraum sind textile Materialien als akustisches Mittel vor allem als Vorhänge oder Tapeten etabliert. Bei der Adaption in den Aussenraum entstehen allerdings einige Probleme.

Um einen optimalen Absorptionswert zu erhalten sind bei Textilien drei Parameter relevant; das Gewicht für die tiefen Frequenzen, die Porosität oder Perforation für die höheren Frequenzen und die Dichte (vgl. Tab. 5). Das Thema der Porosität wird zum grossen Problem da poröse Textilien nur sehr schwer bis gar nicht mit den weiteren Anforderungen an Textilien im Aussenraum zu vereinbaren sind, im speziellen mit der Problematik der Schimmelbildung. Aus diesem Grund werden im Aussenraum vor allem Stoffe aus Acryl verwendet. Diese sind nicht anfällig auf Schimmel und zudem UV-Beständig. Allerdings verlieren diese Acryl-Stoffe im Vergleich zu Stoffen für den Innenraum auch ihre positiven akustischen Eigenschaften (Ernst, Création Baumann).

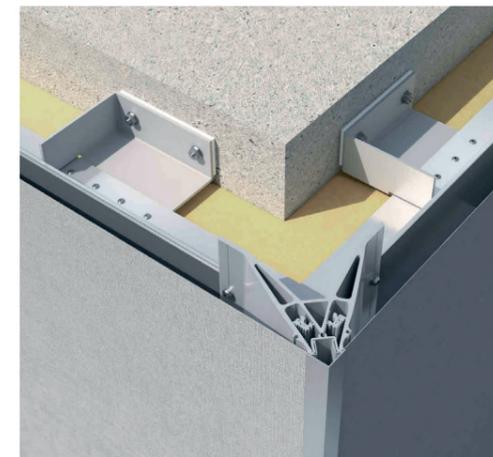
Das Potenzial der textilen Fassade in Bezug auf die Akustik, sehen wir eher in einer Fassadenbekleidung (vgl. Abb. 16) vor einem porösen Material, wie zum Beispiel einer Dämmung. Bei einer solchen Variante werden zum Beispiel die oben genannten Acryl-Textilien verwendet, wodurch die akustische Wirkung dieser Ebene nebensächlich wird. Diese textile Ebene funktioniert so eher als eine schalltransparente Schicht, während die Dämmung die akustischen Massnahmen übernimmt. Eine weitere Möglichkeit besteht in Form von textilen absorbierenden Materialien, welche nicht ständig bewittert werden, also flexibel montiert sind und auch leicht ausgetauscht werden können, sollte sich Schimmelbefall einstellen. Typische Beispiele für dies sind Lounge Möbel oder Markisenelemente, welche mit den richtigen Stoffen ausgestattet auch einen guten Einfluss auf die Raumakustik haben können (Ernst, Création Baumann).

Material, Fabrikat, Aufbau	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Vorhang schwer	0.06	0.10	0.38	0.63	0.70	0.73
Vorhang leicht, Falten etwa 10 %	0.03	0.12	0.15	0.27	0.37	0.42
Leinenstrukturgewebe, glatt gespannt	0.10	0.01	0.18	0.48	0.59	0.41

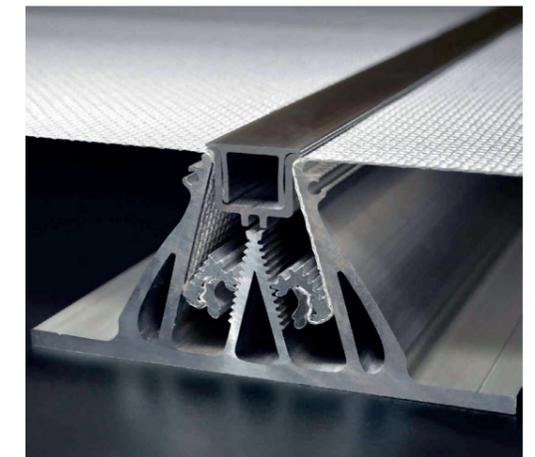
Absorptionsgrade α_s , Textilien
Tab. 5: Lips Anhang A - Tabelle Absorptionsgrade



Textile Fassaden
Abb. 16: Rathaus in Bergheimfeld



Textiles Fassadendetail
Abb. 17: Baunetz Wissen



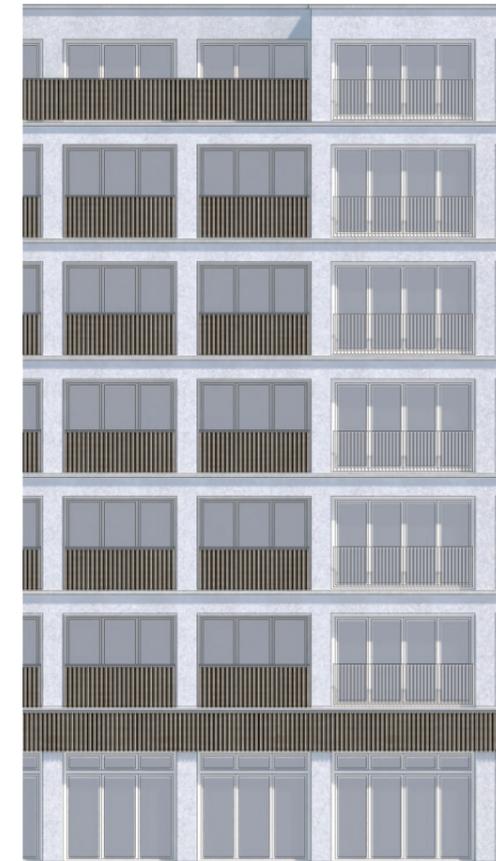
Textiles Fassadendetail
Abb. 18: Baunetz Wissen

4. Fallbeispiel Müller Martini

Das Müller-Martini-Areal in Zürich West liegt im Stadtquartier Kreis 5, gleich angrenzend an das Eisenbahnviadukt. Es handelt sich um zwei Neubauten, ein Bürobau und ein Wohnungsbau, beide wurden in Form einer Hofrandbebauung geplant und 2006 fertig gestellt. Der Wohnungsbau (vgl. Abb. 21 & 22) wurde mit einer Kompaktfassade konzipiert und mit relativ viel Glasanteil in der Fassade ausgestattet. Die Südfassade im Hof hat ausserdem Loggien.

Leider gab es Reklamationen und sogar Leute, die ausgezogen sind, da im Innenhof zu viel störender Lärm herrsche. Die vielen parallelen und rechtwinkligen schallharten Oberflächen mit grossem Fensteranteilen verursachen eine starke Verzerrung und Vervielfachung aller im Hof entstehende Geräusche. Insbesondere wird auch der von oben eindringende Fluglärm erheblich intensiver wahrgenommen, als das in einen vom Stadtlärm abgewandten Hinterhof zu erwarten wäre. Man kann den Hof mit einem Trichter vergleichen, in dem Geräusche sogar verstärkt werden. Die Nachhallzeit liegt bei mindestens vier Sekunden, bei tiefen Frequenzen sogar noch deutlich höher. Die tiefen Frequenzen sind vor allem dafür verantwortlich, dass der Innenhof unruhig, ja beinahe bedrohlich wirken kann.

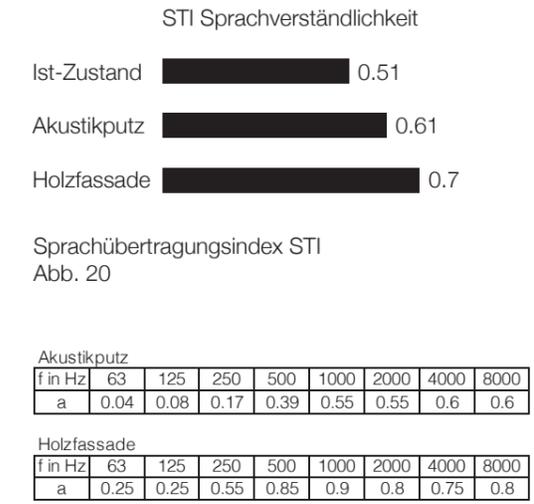
Geht es nun darum die Lage zu verbessern, können wir uns zwei Schallschutzvarianten vorstellen. Die erste Variante wäre hofseitig den bestehenden Putz durch Akustikputz zu ersetzen. Die zweite Variante, die man sich vorstellen könnte, wäre das man die Metallstaketengeländer durch hochabsorbierende Brüstungsfelder ersetzen und zusätzlich ein durchgehendes Band im Erdgeschoss mit derselben Oberfläche erstellen würde (vgl. Abb. 19). Mit Hilfe des raumakustischen Programmes ODEON wurde die erste Variante mit dem Akustikputz und dessen Wirkung im Vergleich zum Bestand überprüft und eine Verbesserung in der Sprachverständlichkeit festgestellt. (vgl. Abb. 20). Ausserdem wurde noch eine zusätzliche Variante mit einer kompletten Holzfassade anstelle der Putzfassade gerechnet, die hier zwar nicht realistisch im Nachhinein eingesetzt werden würde, aber mehr von der Wirkung interessant ist (vgl. Abb. 20). So oder so wäre eine Kombination beider Varianten nötig, um wirklich eine Verbesserung der klanglichen Qualität herbeizuführen, da die Kubatur des Hofes doch sehr gross ist.



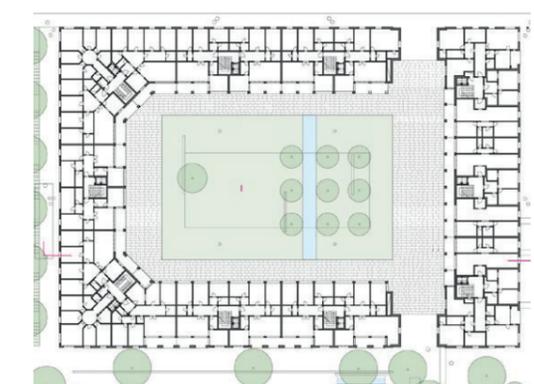
hochabsorbierende Brüstungsfelder
Abb. 19: Müller Martini Fassade



Foto Innenhof
Abb. 21: Müller Martini Areal



Verwendete Absorptionswerte in Abb. 17



Grundriss EG
Abb. 22: Müller Martini Areal

5. Fazit

Während unseren Recherchenarbeiten fühlten wir uns bestärkt darin, dass die schallabsorbierenden Fassaden in den nächsten Jahren im Stadtraum immer stärker zum Thema werden. Durch den hohen Glasanteil in städtischen Bauten, in Kombination mit der anzustrebenden Verdichtung der Innenstädte, wird das Problem der Außenraum-Akustik grösser werden.

Die Möglichkeiten schallabsorbierende Fassaden auszubilden sind sehr vielseitig, wobei sie meistens nach dem gleichen Schema funktionieren. Die äusserste Fassade-schicht wird schalltransparent ausgebildet, so dass eine poröse Dämmschicht dahinter den Schall absorbieren kann. Die Ausgestaltung der schalltransparenten Schicht obliegt komplett den Vorstellungen des Architekten. Die einzigen Einschränkungen sind die zu beachtenden Öffnungsanteile, sowie der verhältnismässige Einsatz von Glas.

Aktuell ist das Thema wohl einfach noch nicht bis zu den Architekten und Bauplanern durchgedrungen, wodurch Projekte wie Müller Martini entstehen. Projekte mit sehr hohem Glasanteil im Nachhinein zu ertüchtigen, stellt sich als sehr kostenintensiv und nur wenig erfolgreich heraus. Somit kommen wir zum Schluss das akustische Themen schon von Anfang an in ein Projekt eingeflochten werden müssten. Wobei es in den ersten Phasen primär um die Frage der Fensterfläche geht. Da die Fassadengestaltung danach in den meisten erdenklichen Materialien schallabsorbierend ausgeführt werden kann.

Wir hoffen mit unserer Arbeit Architekten und Architektinnen aufgezeigt zu haben, wie vielseitig das Thema der schallabsorbierenden Fassade gelöst werden kann und, dass es sich leicht in die Gestaltung einer Fassade einbinden lässt.



Quell- und Abbildungsverzeichnis

- Arassociati (2021): Müller Martini. URL: <https://www.arassociati.it/en/progetto/muller-martini-allreal/>
- Baunetz Wissen (2021): Akustik. Schallabsorption. (07.04.2021) URL: <https://www.baunetzwissen.de/akustik>
- Baunetz Wissen (2021): Holzwolle-Leichtbauplatten. (07.04.2021) URL: <https://www.baunetzwissen.de/glossar/h/holzwolle-leichtbauplatten-1112353>
- Baunetz Wissen (2021): Mauerwerk. Mörtel/Putze. Akustikputz. (07.04.2021) URL: <https://www.baunetzwissen.de/mauerwerk/fachwissen/moertel-putze/akustikputz-886233>
- Baunetz Wissen (2021): Textil Fassaden. (5.05.2021) URL: <https://www.baunetzwissen.de/fassade/tipps/produkte/textilfassadensystem-5053523>
- Bayerische Architektenkammer (2021): Rathaus in Bergheimfeld. (5.05.2021) URL: <https://www.byak.de/planen-und-bauen/projekt/neugestaltung-deszehnthofes-am-rathausbergheimfeld.html>
- bba (2021): Streckmetallfassade. (5.05.2021) URL: <https://www.bba-online.de/sonnenschutz-rollladen/schiebelaeden-in-streckmetall-fassade/#slider-intro-3>
- Delius (2021): Delius Akustikstoffe. URL: <https://delius.de/de/funktion/akustik>
- dsar (2021): Hallenbad Gelterkinden. URL: http://www.dsar.ch/projekte/052_hbg/bauten?seite=0
- Eggenschwiler, Kurt: Empa (mündl. 14.04.2021)
- Ernst, Eliane: Product Manager Création Baumann (mündl. 08.04.2021)
- Girnguber GmbH (2021): Akustik Ziegel. Systemaufbau. In: GIMA. 4.
- Keller AG Ziegeleien (2021): URL: <https://keller-unternehmungen.ch/de-ch/keller-unternehmungen/produktbereiche/akustik-klinker.html>
- Schneider (2021): Technisches Datenblatt. Best wood FLEX 50. (07.04.2021) URL: https://www.schneider-holz.com/fileadmin/redaktion/pdf_DE/Holzfaser/Technische_Datenblaetter/DE_TD_FLEX_50.pdf
- Schweizer-fn (2021): Formelsammlung und Berechnungsprogramme Maschinen- und Anlagenbau <https://www.schweizer-fn.de/stoff/akustik/absorptionsfaktoren.php>
- SONOTEC Schallschutz (2021): Lärmschutzwände. URL: <http://www.sonotec-schallschutz.ch/index.php/de/referenzen/tunnel>
- Sto AG (2021): Technisches Merkblatt. Sto – Akustik – Spritzputz. (07.04.2021) URL: https://www.stoag.ch/webdocs/0000/SDB/T_00782-002_0202_DE_01_02.PDF
- Sturm, Ulrike et al. (2019): Stadtklang, Wege zu einer Hörenswerten Stadt. Luzern: Hochschule Luzern
- Walter Lips, Vorlesungsskript „Akustik für Gebäudetechnik-Ingenieure“ 14. Auflage, 2014
- Wenger Holzbau AG (2021): Schallschutzwand. URL: <https://www.wengerholzbauag.ch/de/home>
- Abb. 1: Akustik-Klinker (Keller AG Ziegeleien, 2021)
- Abb. 2: Stadtklang, Wege zu einer Hörenswerten Stadt (Sturm, 2019)
- Abb. 3: Schema Schallabsorption bei porösen Materialien (Delius 2021)
- Abb. 4: Absorptionsgrade für poröse Absorber (Baunetz Wissen 2021)
- Abb. 5: Absorptionsgrade für Resonanzabsorber (Baunetz Wissen 2021)
- Abb. 6: Schallschutzwand (Wenger Holzbau AG, 2021)
- Abb. 7: akustische Brüstungsverkleidung (dsar, 2021)
- Abb. 8: Schallschutzwand. Scheidegger, Janic (2021)
- Abb. 9: Hoffassade. Scheidegger, Janic (2021)
- Abb. 10: Akustik-Klinker (Keller AG Ziegeleien, 2021)
- Abb. 11: Foto Schallschutzwand mit Akustikklinker
- Abb. 12: Systemaufbau Akustik Ziegel. Girnguber GmbH (2021)
- Abb. 13: Streckmetallfassade (bba, 2021)
- Abb. 14: Schallschutzverkleidung Garageneinfahrt (SONOTEC, 2021)
- Abb. 15: Schallschutzverkleidung Autobahntunnel (SONOTEC, 2021)
- Abb. 16: Rathaus in Bergheimfeld (Bayerische Architektenkammer, 2021)
- Abb. 17: Textiles Fassadendetail (Baunetz Wissen, 2021)
- Abb. 18: Textiles Fassadendetail (Baunetz Wissen, 2021)
- Abb. 19: Müller Martini Fassade. Scheidegger, Janic (2021)
- Abb. 20: Sprachübertragungsindex STI. Scheidegger, Janic (2021)
- Abb. 21: Müller Martini Grundriss (Arassociati, 2021)
- Abb. 22: Müller Martini Foto Hof (Arassociati, 2021)
- Tab. 1-5: Tabelle Absorptionsgrade (Walter Lips, 2014)