

14. Plattenschwinger, Loch- und Schlitzplattenschwinger

Eine besondere akustische Beachtung erfordert der Frequenzbereich von 100–400Hz. In diesem Bereich liegt die Grundfrequenz der menschlichen Sprache und daher ist vor allem in Räumen für Sprachaufnahmen und Gesang dieser Bereich extrem wichtig. Hat man zwischen 100 und 400Hz eine zu lange Nachhallzeit, so klingt der Raum „dröhnig“ oder auch dumpf, da der zu lang ausklingende Grundtonbereich die restlichen Frequenzkomponenten verdeckt.

Speziell für diesen Frequenzbereich gibt es drei verschiedene Akustikmodule, die auf ähnliche Weise, jedoch optisch völlig unterschiedlich den Schall absorbieren können.

Diese Module sind die Plattenschwinger, die Lochplattenschwinger und die Schlitzplattenschwinger, hier teilweise nur kurz „Schwinger“ genannt. In allen Fällen handelt es sich um Resonanzabsorber. Das bedeutet, dass sie ein Feder-Masse-System darstellen, das bei einer bestimmten Frequenz in Resonanz geht. Eine genauere Abhandlung des Feder-Masse-Systems mit herleitenden Formeln ist im nächsten Kapitel (Helmholtzresonatoren) nachzulesen.

Aufgrund der konstruktiven Gegebenheiten sind die hier vorgestellten Module besonders gut im Frequenzbereich zwischen 100 und 400Hz verwendbar. Dabei liegen die Plattenschwinger am unteren Ende dieses Bereichs und die Schlitzplattenschwinger am oberen.

Plattenschwinger

Plattenschwinger sind die einfachste Konstruktion: Man baut einen stabilen, luftdichten Holzrahmen mit Rückwand und befestigt davor eine schwingende Platte. Alternativ zu der Platte können auch Folien angebracht werden, die Module heißen dann „Folien Schwinger“. Doch dazu später mehr. Ein Plattenschwinger ist schematisch in Abbildung 84 zu sehen.

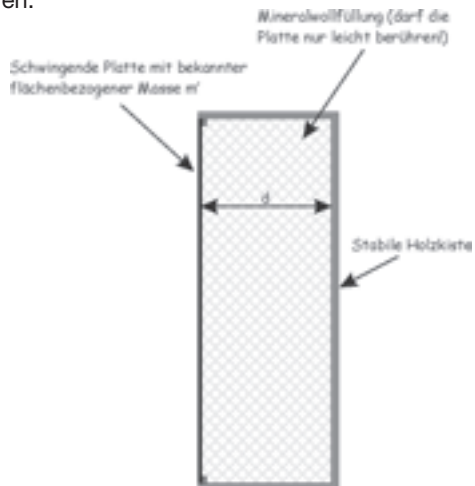


Abb. 84: Skizze Plattenschwinger

14. Plattenschwinger, Loch- und Schlitzplattenschwinger

Für ein Feder-Masse-System braucht man zuerst eine Feder: Diese wird in Form des Rahmens zur Verfügung gestellt. Man könnte diesen Rahmen auch mit der Box eines Lautsprechersystems vergleichen – nur die Frontplatte fehlt noch. Der Rahmen ist rundherum geschlossen (vorne mit der schwingenden Platte) und hat daher ein abgeschlossenes Luftvolumen. Wird nun diese Luft durch die schwingende Platte zusammengedrückt, so möchte sie sich wieder ausdehnen. Sie stellt also eine Feder dar. Allerdings kann diese Feder nur dann gut arbeiten, wenn die zusammengedrückte Luft nicht einfach aus allen Ritzen des Rahmens entweichen kann. Daher ist die luftdichte Konstruktion wichtig. Als Masse dient die Frontplatte. Hier wird zum Beispiel eine Sperrholzplatte verwendet. Diese wird nur am Rahmen befestigt und ansonsten nicht weiter versteift oder stabilisiert, so dass sie möglichst gut schwingen kann. Damit sie auch wirklich schwingen kann, darf die Platte nicht zu steif sein. Ihre maximale Stärke sollte 5mm nicht überschreiten.

Nach Berechnung des Feder-Masse-Systems und Vereinfachen der Formeln bleibt eine recht übersichtliche Formel für die Berechnung eines Plattenschwingers übrig:

Diese lautet:

$$f_{\text{res}} = \frac{600}{\sqrt{m' \cdot d}}$$

mit:

f_{res} : Resonanzfrequenz in Hertz, Hz

m' : Flächenspezifische Masse der Platte oder Folie in kg/m²

d : Tiefe des Luftpolsters hinter der Platte oder Folie in Zentimeter, cm

Das Innere des Rahmens wird mit Mineralwolle locker gefüllt, um eine breitbandigere Resonanz zu bekommen. Wichtig ist jedoch, dass die Mineralwolle die Platte nicht berührt, da sie ansonsten den Wirkungsgrad verschlechtern würde.

Das Problem der Sperrholzplatte ist, dass man mit maximal 5mm Dicke kaum über 3,5kg/m² kommt. Um jetzt beispielsweise einen Plattenschwinger mit 100Hz Resonanzfrequenz aufbauen zu können, muss dieser bereits 12cm Innenmaß haben. Mit Platten- und Rückwanddicke ist man insgesamt schnell bei 13–14cm.

Möchte man anstelle der Platte eine Folie verwenden, so darf man nicht an Folien aus dem Baumarkt zum Abdecken oder an Teichfolien denken. Hier

Studio Akustik

geht es um richtig dicke Folien (2–5mm) mit relativ hohem Gewicht. Diese sind in brauchbaren Maßen nur sehr schwer zu bekommen. Sie haben jedoch eine gute innere Dämpfung und man kann bei ihnen eventuell auf die Mineralwollfüllung des Resonators verzichten, und tiefere Resonanzfrequenzen erreichen als mit Holzplatten. So erreicht eine 6kg/m^2 -Folie bereit mit einer Rahmentiefe von 6cm die 100Hz Resonanzfrequenz. Somit lassen sich deutlich platzsparendere Module aufbauen.

Um einen wirkungsvollen Plattenschwinger aufzubauen, sollte seine Kantenlänge in jeder Richtung mindestens 50cm betragen. Die Oberfläche sollte nicht unter $0,5\text{m}^2$ sein.

Lochplattenschwinger

Ein Lochplattenschwinger ist ebenfalls ein Feder-Masse-System, gleicht jedoch von der Grundfunktionsweise eher einem Helmholtzresonator (siehe nächstes Kapitel). Im Vergleich zu den typischen Helmholtzresonatoren mit tief abgestimmter Resonanzfrequenz zur Bekämpfung stehender Wellen, sind Lochplattenschwinger eher im Frequenzbereich von 200 bis 400Hz anzuwenden. Ein Lochplattenschwinger ist schematisch in Abbildung 85 zu sehen, ein Foto in Abbildung 86.

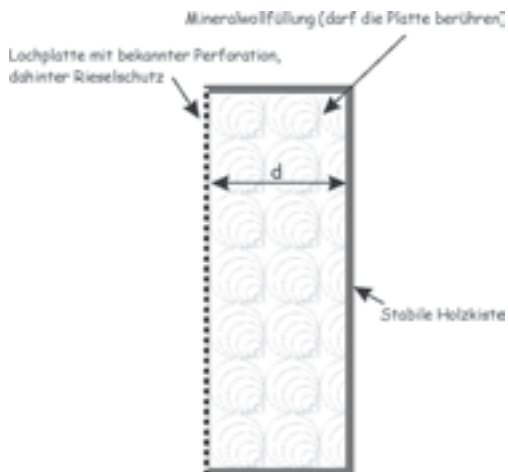


Abb. 85: Skizze Lochplattenschwinger



Abb. 86: Wandausschnitt mit Lochplattenschwingern

Bei einem Lochplattenschwinger kann zwar auch die Helmholtzresonatorformel aus dem nächsten Kapitel verwendet werden, nur wird es sehr schwierig, alle Löcher abzuzählen und dadurch die gesamte Lochoberfläche zu ermitteln. Daher wurde die Formel so umge-

14. Plattenschwinger, Loch- und Schlitzplattenschwinger

geschrieben, dass die Perforation der Oberfläche in Prozent angegeben werden kann.

Kommt beispielsweise auf 10cm² Oberfläche (quadratisch: 3,2cm·3,2cm) ein Loch mit 1cm² (quadratisch: 1cm·1cm), so hat man eine Perforation von 10%. Hat man runde Löcher, so berechnet sich die Oberfläche eines Lochs mit:

$$A_L = r^2 \cdot \pi$$

mit:

A_L: Oberfläche des Lochs in Quadratmeter, m²

r: Radius des Lochs in Meter, m

Bei rechteckigen Löchern gilt:

$$A_L = l_L \cdot b_L$$

mit:

A_L: Oberfläche des Lochs in Quadratmeter, m²

l_L: Länge des Lochs in Meter, m

b_L: Breite des Lochs in Meter, m

Die Oberfläche einer Platte ist:

$$A_P = l_P \cdot b_P$$

mit:

A_P: Oberfläche der Platte in Quadratmeter, m²

l_P: Länge der Platte in Meter, m

b_P: Breite der Platte in Meter, m

Für die Perforation gilt dann allgemein:

$$p = \frac{N \cdot A_L}{A_P}$$

mit:

p: Perforation der Platte in Prozent, %

N: Anzahl der Löcher

A_L: Oberfläche eines Lochs in m²

A_P: Oberfläche der Platte in m²

In diesem Fall muss man jedoch die Anzahl der Löcher kennen. Eventuell kann man sie einfach abzählen und deren Anzahl in der Breite und Länge abzählen und diese Werte miteinander multiplizieren. So hätte eine Platte mit 50 Löchern in der Breite und 75 Löchern in der Höhe insgesamt 50·75=3750 Löcher.

Studio Akustik

Eine andere Formel zur Berechnung der Perforation bei quadratisch angeordneten Löchern lautet:

$$p = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d}{s_L} \right)^2 \cdot 100\%$$

mit:

p: Perforation der Platte in Prozent, %

d: Durchmesser der Löcher in Millimetern, mm

s_L : Abstand der Lochmittelpunkte in Millimetern, mm

Als letztes bleibt noch die Formel für den Lochplattenschwinger. Diese lautet:

$$f_{\text{res}} = \frac{c}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot p}{d \cdot (t + 1,23 \cdot r)}}$$

mit:

f_{res} : Resonanzfrequenz des Lochplattenschwingers in Hertz, Hz

c: Schallgeschwindigkeit: 344m/s

p: Perforation der Frontplatte in Prozent.

d: Dicke des Luftpolsters hinter der Platte in cm

t: Lochtiefe in mm

r: Radius der Löcher in mm

Beim Lochplattenschwinger ist der Aufbau vergleichbar mit dem eines Plattenschwingers, nur dass anstatt der schwingenden Platte die Lochplatte eingesetzt wird. Diese muss nicht schwingen, da die Resonanz durch die Luftlöcher entsteht. Unmittelbar hinter den Löchern liegt die Mineralwolle, daher sollte man einen Rieselschutz in Form eines Unterspannstoffes direkt hinter den Löchern anbringen. Durch die Farbe des Stoffes kann das Aussehen des Lochplattenschwingers wesentlich beeinflusst werden. Damit ein Lochplattenschwinger vernünftig wirken kann, sollte er nicht weniger als 1m² Oberfläche haben.

Schlitzplattenschwinger

Auch Schlitzplattenschwinger sind Helmholtzresonatoren mit relativ hohen Resonanzfrequenzen. Ihr Wirkungsbereich ist vergleichbar mit dem der Lochplattenschwinger bei 200 bis 400Hz. Allerdings ist das optische Erscheinungsbild der Schlitzplattenschwinger ganz anders und dadurch eine Variation in der Studiogestaltung möglich. Ein Schlitzplattenschwinger ist schematisch in Abbildung 87 zu sehen. Ein Foto in Abbildung 88.

Auch beim Schlitzplattenschwinger ist zunächst die Perforation – auch Schlitz-

14. Plattenschwinger, Loch- und Schlitzplattenschwinger

flächenanteil – der Oberfläche zu bestimmen. Dies geht hier jedoch recht einfach anhand der Formel:

$$p = \frac{b}{a} \cdot 100\%$$

mit:

p: Perforation in Prozent, %

a: Abstand der Schlitzte in Millimetern, mm (siehe Zeichnung)

b: Breite eines Schlitzes in Millimetern, mm (siehe Zeichnung)

Die Formel für einen Schlitzplattenschwinger lautet dann:

$$f_{\text{res}} = \frac{c}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot p}{d \cdot t}}$$

mit:

f_{res} : Resonanzfrequenz des Schlitzplattenschwingers in Hertz, Hz

c: Schallgeschwindigkeit: 344m/s

p: Perforation/Schlitzflächenanteil der Frontplatte in Prozent.

d: Dicke des Luftpolsters hinter der Platte in cm

t: Effektive Schlitztiefe in Millimetern, mm. (beträgt ca. das 1,2-fache der Holzstärke)

r: Radius der Löcher in Millimetern, mm

Beim Schlitzplattenschwinger kann man die Schlitzte sowohl horizontal, vertikal als auch diagonal anbringen. Dadurch sind starke optische Akzente in einem Studio möglich. Auch bei den Schlitzplattenschwängern kann direkt hinter den Schlitzte die Mineralwolle

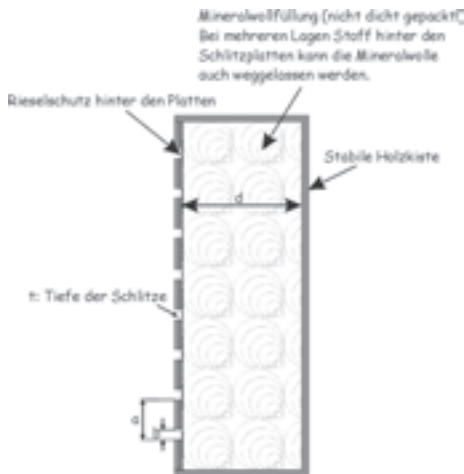


Abb. 87: Skizze eines Schlitzplattenschwingers



Abb. 88: Sprachaufnahmerraum mit Schlitzplattenschwängern und Breitbandabsorbern (mit freundlicher Genehmigung von Giesingteam).

Studio Akustik

anfangen. Auch hier sollte ein Rieselschutz in Form eines Unterspannstoffes direkt hinter den Schlitzen befestigt werden. Durch die Farbe des Stoffes kann das Aussehen des Schlitzplattenschwingers wesentlich beeinflusst werden. Damit ein Schlitzplattenschwinger vernünftig wirken kann, sollte er nicht weniger als 1m² Oberfläche haben.

FAQ:

Was passiert, wenn:

? der Schwinger tiefer gebaut wird?

! Die Resonanzfrequenz sinkt.

? die Platte schwerer ist?

! Die Resonanzfrequenz sinkt.

? statt der Platte, eine Folie mit gleichem Gewicht verwendet wird?

! Die Resonanzfrequenz bleibt, die Güte wird geringer, der Wirkungsbereich breiter und der Wirkungsgrad geringer.

? der Rahmen nicht luftdicht gebaut wird?

! Der Wirkungsgrad sinkt.

? der Rahmen so sehr mit Dämmstoff vollgestopft wird, dass er die Platte eines Plattenschwingers bedämpft?

! Die Resonanzfrequenz bleibt, die Güte wird geringer, der Wirkungsbereich breiter und der Wirkungsgrad geringer. Achtung: Der Plattenschwinger könnte bei zu starker Bedämpfung wirkungslos werden.

? Ein luftdurchlässiger Stoff vor dem Schwinger angebracht wird?

! Gar nichts.



Tipps zur Aufstellung:

- Plattenschwinger, etc. auf jeden Fall an Wände, noch besser in Raumecken platzieren.
- lieber mehr Plattenschwinger etc. als zu wenig!
- auf optische Integration der Module achten! Sie sind oft auf Sicht gebaut am schönsten.

14. Plattenschwinger, Loch- und Schlitzplattenschwinger



- Zuerst baut man einen Rahmen aus Holz, der auf der Rückseite mit einer Platte verschlossen ist.
- Man sollte ordentlich arbeiten, damit die Fugen des Rahmens möglichst luftdicht verschlossen sind.
- Bei der Platte sollte ein Material genommen werden, das nicht zu steif ist (keine zu dicken Holzbretter).
- Die Dicke der Platte sollte 5mm nicht überschreiten, außer es handelt sich um sehr große Flächen ($>2\text{m}^2$), die zum Schwingen angeregt werden sollen.
- Möchte man einen Folienschwinger bauen, so empfiehlt sich aus optischen Gründen eine Stoffverkleidung davor. Diese sollte mindestens etwa 1cm vor der Folie angebracht werden.

Bei Schlitzplattenschwingern und Lochplattenschwingern sollte man aus optischen Gründen einen Rieselschutz (Unterspannstoff) direkt hinter den Schlitzten bzw. Löchern anbringen. Das sieht optisch ansprechender aus und verhindert, dass Dämmstoff durch die Öffnungen gelangt und dass von außen etwas in den Absorber gesteckt wird.



- Liegt die zu absorbierende Frequenz im Bereich von 80-200Hz?
- Beträgt die Kantenlänge des Plattenschwingers mindestens 50cm?
- Misst die Oberfläche des Plattenschwingers mindestens $0,5\text{m}^2$?
- Misst die Oberfläche eines Loch- oder Schlitzplattenschwingers mindestens 1m^2 ?
- Ist Füllmaterial im Modul (Mineralwolle)?
- Kann sich jemand an das Modul anlehnen? Ist die Platte dafür stabil genug?

Studio Akustik



Plattenschwinger kosten auch in einer optisch ansprechenden Variante nicht viel Geld. Baut man die Platte so ein, dass sie den Rahmen verdeckt, so können die Schnittkanten des Rahmens unbehandelt bleiben.

Bei Lochplattenschwingern kann man Geld sparen, wenn man Stahlbleche nimmt, und diese anschließend lackiert. Edelstahlbleche sind zwar wesentlich ansehnlicher, aber eben auch teurer. Allerdings ist es eine Überlegung wert, ob man nicht ein Edelstahlblech als Designkomponente in das Studio einbringen sollte, und dafür etwas Budget bereit stellt.



Mit der Tabelle „Plattenschwinger“ können Folienschwinger und Plattenschwinger berechnet werden. Dazu gibt man in die grünen Felder die Tiefe des Rahmens in Zentimeter (Innenmaß) und das spezifische Gewicht der Platte ein. Man erhält die dazugehörige Resonanzfrequenz.

Mit dem File „Schlitzplattenschwinger“ können Schlitzplattenschwinger (eigentlich Helmholtzresonatoren) berechnet werden. Die in die grünen Felder einzugebenden Maße entsprechen den Beschriftungen in obiger Abbildung 87.

Das File „Lochplattenschwinger“ erlaubt es schließlich, die Resonanzfrequenz eines Lochplattenschwingers zu bestimmen. Dazu muss jedoch der Lochflächenanteil in Prozent bekannt sein. Einzugeben ist beispielsweise bei 2% Lochflächenanteil die Zahl 2 und nicht 0,02!