

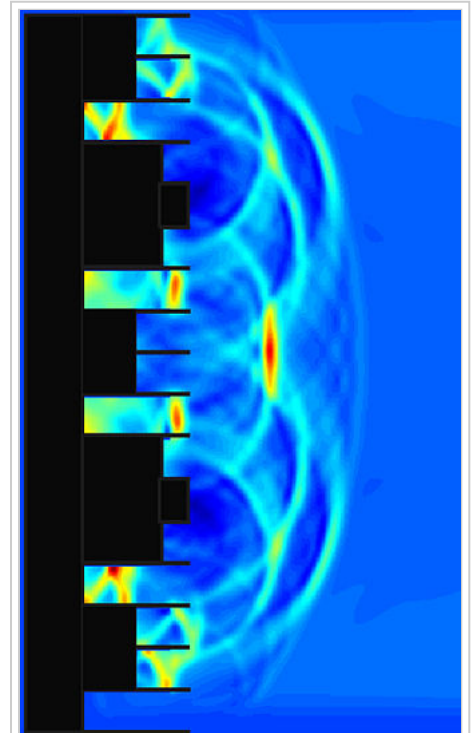
Diffusor (Akustik)

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

In der Akustik versteht man unter einem **Diffusor** ein Bauelement, welches einfallende Schallwellen zerstreuen und die negative Wirkung des ansonsten gleichförmig reflektierten Schalls vermindern soll. Durch Diffusoren werden die Schallwellen sowohl quantitativ, als auch qualitativ im Raum gleichmäßiger verteilt. Wenn die auf diese Weise mehrfach reflektierten Wellen später auf das Ohr treffen, kommen die einzelnen Frequenzen ungeordnet aus unterschiedlichen Richtungen, was die Ortbarkeit der ursprünglichen Schallquelle erschwert, siehe Lokalisation.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Anwendungsgebiete
- 2 Funktion
- 3 Bauformen
 - 3.1 1D-Diffusoren
 - 3.1.1 Quadratic Residue Diffusers (QRD)
 - 3.1.2 Cubic Residue Diffusers (CRD)
 - 3.1.3 Primary Root Diffusoren (PRD)
 - 3.1.4 Maximum Length Sequence (MLS)
 - 3.2 2D-Diffusoren
 - 3.2.1 QRD / CRD
 - 3.2.2 Statistisch
- 4 Verwendung
- 5 Materialien
- 6 Weblinks
- 7 Referenzen



Simulation des Schallfeldes eines Schroeder-Diffusors

Anwendungsgebiete



Diffusionselemente an der Decke der Royal Albert Hall

Haupteinsatzbereiche von Diffusoren ist die Verbesserung der Raumakustik in Auditorien, Konzerthallen sowie in Regie- und Aufnahmerräumen in Tonstudios. Auch in technischen Messräumen zur Beurteilung der Qualität von Lautsprechern sowie zur bewerteten Lärmmessung an industriellen Geräten sind sie zu finden. In jüngster Zeit finden sich Diffusoren auch vermehrt in

HIFI-Hörräumen privater Anwender.

Durch die Lenkung und frequenzweise Zerstreung der Schallwellen können in diesen Räumen unterschiedliche Bereiche geschaffen werden, in denen der durch eine Klangquelle emittierte Schall quantitativ zu einem gewünschten Anteil aufrecht erhalten wird, ohne dass es zur



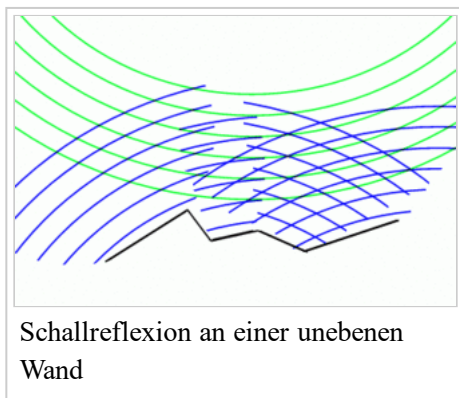
Diffusion durch Wandverkleidung in der Sendeanstalt Berlin

Bildung von Raummoden kommt. Zudem wird die Wirkung der Reflexion an Wänden teilweise aufgehoben, wodurch die Raumgröße und dessen Beschaffenheit nicht mehr so aufdringlich ist, bzw. scheinbar verschwindet und sich die Hörsamkeit verbessert. Besonders Sprache und andere höherfrequente Klangdetails können so besser wahrgenommen werden.

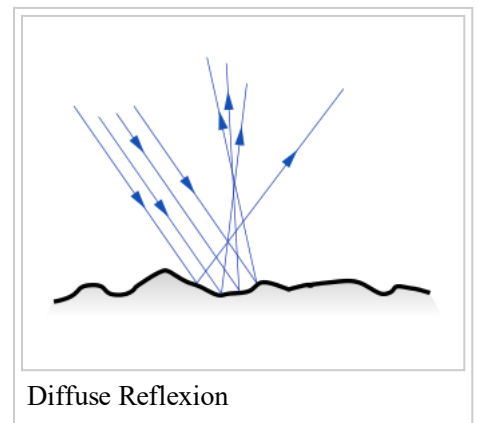
In Tonstudios macht man sich dies zunutze, um die subjektive Größe eines Raumes, wie sie in den Tonsignalen des Stereosystems abgebildet ist, unbeeinflusst durch die tatsächliche Größe des Studios abzuhören. Typischerweise befinden sich Diffusoren im nicht bedämpften Bereich des Abhörraums - siehe LEDE-Konzept bei Studios. Diffusoren stehen damit im Gegensatz zu den in Studios ebenfalls angewendeten Absorbern, welche den Schall auslöschen sollen.

In großen Konzerthallen und Opernhäusern wird Diffusion auch dadurch bewerkstelligt, daß entsprechende Bauelemente ungleichförmig angeordnet- und geeignet in das Gesamtraumkonzept integriert werden. Dies betrifft neben der treppenförmigen Anordnung von Bestuhlung und Tribünen auch die Gestaltung von Klangreflektoren über den Musikern im Orchesterbereich. Moderne Theater und Konzerthallen werden dazu mithilfe aufwändiger Schallanalysen unter Nutzung von Simulationssoftware geplant.

Funktion



Die wesentliche Arbeitsweise von Diffusoren besteht darin, dass Teile der Schallwelle, die an unterschiedlichen Stellen eintreffen, nicht gemäß dem gespiegelten Einfallswinkel zurückgeworfen werden, wie es an einer glatten Wand der Fall gewesen wäre, sondern in unterschiedliche Richtungen gelenkt werden. Dies wird sowohl durch teilweises



Verdrehen von Teilen der Verkleidung, als auch durch Erhöhungen und Vertiefungen im Material erreicht. Durch die entstehenden Unebenheiten werden, abhängig von der Wellenlänge 2 unterschiedliche Effekte genutzt:

Für Schallanteile, deren Wellenlänge deutlich geringer ist, als die Größe des verdrehten Teilelementes, erfolgt eine direkte Reflexion des Wellenpakets anhand des Reflexionsgesetzes. Die Ablenkung erfolgt dabei gemäß der Ausrichtung der Teilfläche. Die Schallwelle wird gewissermaßen zerstückelt.

Durch die Überlagerung der Reflexionen aufgrund unterschiedlichen Vertiefungen kommt es wiederum zu Interferenzeffekten: Dabei überlagern sich Wellen unterschiedlicher Frequenzen und es kommt in Abhängigkeit ihre Wellenlänge und dem durch die Vertiefung vorgegebenen Phasenversatz zu teilweise Auslöschungen und Verstärkungen. Verfolgt man die Maxima der neu entstehenden Welle, werden diese scheinbar in unterschiedliche Richtungen gelenkt. Dies gilt vor allem für die direkt aus der 90°-Grad-Richtung einfallenden Welle, die ansonsten direkt zurückgeworfen würde.

Diffusion eignet sich damit grundsätzlich in erster Linie für mittlere und hohe Frequenzen, weil für Bässe unakzeptable Bautiefen erforderlich wären.



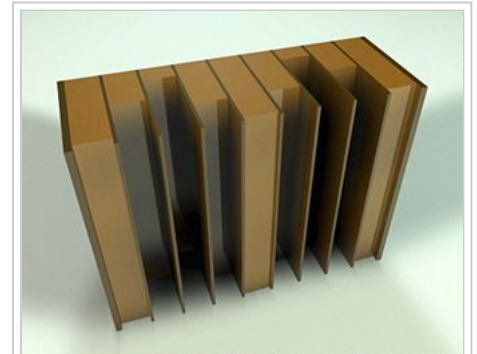
Bauformen

1D-Diffusoren

Eindimensionale Diffusoren sind entlang einer Achse gleichförmig aufgebaut und arbeiten mit beiden Funktionsprinzipien. In der Regel sind sie entgegen der Hörachse ausgerichtet, d.h. die Vertiefungen verlaufen in der Draufsicht vertikal. Damit erfolgt eine starke Verteilung der Frequenzen auf der horizontalen Stereobasis.

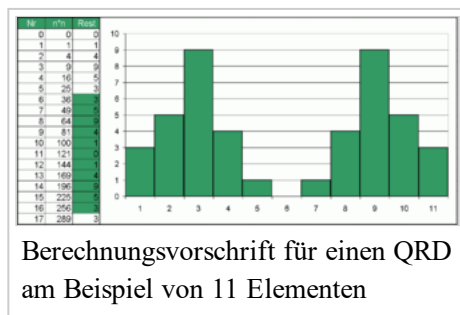
Einige Bauformen machen sich überwiegend die Interferenz zu nutze. Sie sind auf eine bestimmte Frequenz hin optimiert, indem die relativen Tiefen auf eine bestimmte Wellenperiode angepasst werden. Für diese Frequenz ist der Diffusor dann besonders stark wirksam, was allerdings dazu führt, dass in der Nähe des Diffusors einzelne Frequenzen stark betont wahrgenommen werden können.

Es existieren eine Reihe von Möglichkeiten, zu Zahlenkombinationen zu gelangen, die zu einem mehr oder weniger statistischen Streuverhalten führen.



Bauprinzip eines Diffusors

Quadratic Residue Diffusers (QRD)



Berechnungsvorschrift für einen QRD am Beispiel von 11 Elementen

Eine sehr bekannte Bauform ist die nach Manfred Schroeder benannte Form des „Schröderdiffusors“. Er ist rechteckig gebaut und besteht aus einzelnen, durch Zwischenwände abgetrennte Kammern unterschiedlicher Tiefe, die auf eine bestimmte Wellenlänge angepasst sind. Das Konzept basiert auf der Theorie, dass die Wellen dann am besten gestreut werden, wenn für die Tiefe der Kammern eine wiederkehrende Struktur auf der Basis einer Zahlenfolge verwendet wird, die Bruchteilen der Wellenlänge entsprechen. Dabei wird die Nummer der Vertiefung aufsteigend quadriert und der mathematische Rest, das sogenannte "Residuum" gebildet, der bei der Division durch

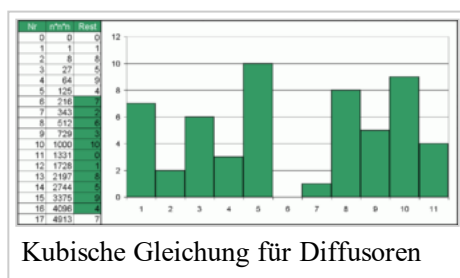
eine Primzahl entsteht. Der Verlauf der Tiefen entspricht damit der einer Parabel mit jeweils um volle Perioden versetzten Ästen. Daher heißen Diffusoren dieses Typs auch QRD (**q**uadratic **r**esidue **d**iffusor).

QR-Diffusoren sind naturgemäß symmetrisch um einen dedizierten Punkt herum. Damit kann mit nur einem einzigen Bauelement in der Mitte eines Raumes ein symmetrisches Stereobild aufrecht erhalten werden.

Der Aufbau kann auch invertiert erfolgen, weil auch dadurch die Wellenperioden entsprechend agieren.

Manchmal findet man QRD, bei denen die Zwischenstege weggelassen wurden. Damit wird die Wirkung stark abgeschwächt, weil die verzögert rückgeworfenen Wellenpakete nicht mehr so konzentriert sind. Andererseits kann dies bei geringen Distanzen zum Diffusor vorteilhaft sein, weil weniger deutliche Resonanzen entstehen.

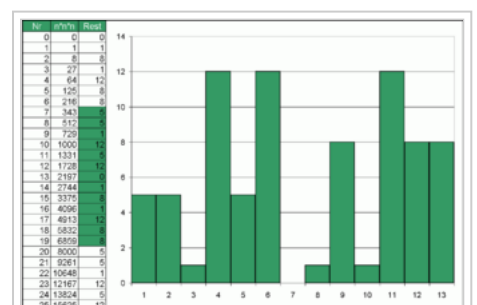
Cubic Residue Diffusers (CRD)



Kubische Gleichung für Diffusoren

Eine sehr ähnliche Methodik ist die Verwendung einer kubischen Funktion auf die Nummer der Vertiefung, statt der üblichen Quadratischen. Dabei entstehen jedoch innerhalb des Bauelementes keine periodisch spiegelsymmetrischen Anordnungen, da die kubische

Funktion aus mathematischer Sicht ungerade ist. In Räumen, die ein symmetrisches Stereobild benötigen, muss somit ein weiterer gespiegelter Diffusor verwendet und dem ersten beigestellt werden.



Akustischer CRD-Diffusor mit 13 Elementen

Diese kubische Vorschrift erzeugt ein stärker gestreutes Abstrahlverhalten, welches kaum untersucht ist.

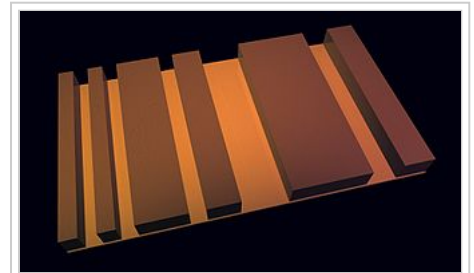
Die Bauform ist praktisch jedoch kaum verbreitet.

Primary Root Diffusoren (PRD)

Eine weitere Bauform sind sogenannte Primary Root Diffusoren, die auf Sequenzen einfacher Wurzeln basieren. Das Verhalten ist ähnlich dem der QRD.

Maximum Length Sequence (MLS)

Ebenfalls sehr bekannt sind Geometrien nach der Methode der Maximum Length Sequence. Diese nutzen nur einen einzigen Wert für die Vertiefungen, welche ihrerseits aber unterschiedliche Breiten haben, die der Maximalfolge von Nullen und Einsen der einschlägigen Berechnungsvorschrift folgen. Die Breite ist dabei kleiner oder gleich der halben Wellenlänge der Frequenz, auf die hin optimiert wird. Die Wirksamkeit ist gegenüber der bei QRD eingeschränkt.



Diffusor nach der Maximum Length Sequence Methode

2D-Diffusoren

Sollen Wellen frequenzabhängig in alle Raumrichtungen gestreut werden, empfiehlt sich eine 2-dimensionale Anordnung, bei der quasi zwei 1D-Diffusoren orthogonal überlagert werden. Damit werden die ankommenden Wellen noch ungeordneter gestreut, was sich besonders in kleinen Räumen als vorteilhaft erweisen kann.^[1]



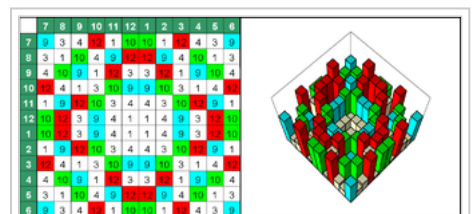
Ein 2D-Diffusor mit statistischen Höhen

Auch hier gibt es eine Reihe von diversen Konzepten mit unterschiedlichen Bauformen und Designmethoden. Aufgrund der Bauform, die an Wolkenkratzern erinnert, werden diese oft als Skyline-Diffusoren bezeichnet.

Aus praktischen Gründen werden bei der 2dimensionalen Version die Zwischenstege oft weggelassen, wodurch sich ein anderes Abstrahlverhalten ergibt, das nicht mehr mit den Schröderdiffusoren übereinstimmt.

QRD / CRD

Eine einfache Möglichkeit, symmetrische und periodische Anordnungen zu generieren, ist auch hier die QRD-Methode. Allerdings spielen hier beide Koordinaten eine Rolle und fließen in unterschiedlicher Weise in die Berechnung ein. Je nach Berechnung und Versatz der Koordinaten ergeben sich abweichende Strukturen.



Berechnungskonzept für einen QRD-Diffusor

Statistisch

Heute werden vermehrt empirisch gewonnene sowie statistisch verteilte Zahlen angenommen, um zu einer möglichst gleichförmigen Streuung zu gelangen. Eine Möglichkeit besteht darin, rückgekoppelte Gleichungen zu nutzen, wie sie bei der Erzeugung von CRC-Codes verwendet werden.

Verwendung

Die durch die Berechnungsvorschriften entstehenden Zahlen sind entlang der Achsen meistens periodisch, d.h. die Struktur wiederholt sich. Mehrere der so entstehenden Elemente können aneinandergereiht werden. Hiermit wird der Effekt der sich überlagernden Wellenpakete zu einer neuen abgelenkten Welle verstärkt.

Materialien

Diffusoren werden aus unterschiedlichen Materialien gefertigt. Es existieren Leichtbauversionen aus aufgeschäumtem Styropor, sowie Verbundsysteme aus Holz und sogar Metall. Hauptwerkstoff ist Holz, weil es keine ausgeprägte Neigung zum Eigenschwingen hat, gut zu verarbeiten ist und dennoch schallhart genug ist. Eine genügend stark reflektierende Wirkung - insbesondere bei geringeren Frequenzen - ist nur durch sehr schallhartes Material zu erreichen. Daher werden Diffusoren aus weichen Materialien wie EPS oder XPS teilweise mit Epoxidharz gehärtet.



Akustischer Diffusor aus Holz mit periodischer Wiederholung der Tiefen in einer Konzerthalle

Weblinks

- <http://www.hunecke.de/de/wissen/diffusoren>
- <http://www.subwoofer-builder.com/qrdude.htm>
- <http://arqen.com/sound-diffusers/>
- <https://www.spsc.tugraz.at/sites/default/files/Akustische%20Diffusoren.pdf>
- <http://www.mh-audio.nl/diffusor2.asp>
- <http://www.hxaudiolab.com/sound-splash.html>

Referenzen

1. Hans Werner Strube: *More on the diffraction theory of Schroeder diffusors*, J. Acoust. Soc. Am. 70, 633 (1981), doi:10.1121/1.386757 (<https://dx.doi.org/10.1121%2F1.386757>)

Abgerufen von „[https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Diffusor_\(Akustik\)&oldid=159344754](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Diffusor_(Akustik)&oldid=159344754)“

Kategorien: Tontechnik | Tonstudio | Raumakustik

- Diese Seite wurde zuletzt am 3. November 2016 um 21:49 Uhr geändert.
- Abrufstatistik

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den Nutzungsbedingungen und der Datenschutzrichtlinie einverstanden.
Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.