

## Wissenswertes über tieffrequenten Schall

Messungen und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft - DIN 45680

Das Ohr des Menschen ist in der Lage, Schall mit Frequenzen zwischen ungefähr 15 Hertz und 20 000 Hertz wahrzunehmen. Die Einheit der Frequenz ist das Hertz (Hz), wobei ein Hertz einer Schwingung pro Sekunde entspricht. Niedrige Frequenzen (kleiner Zahlenwert) entsprechen tiefen Tönen; je größer die Frequenz, desto höher der Ton.

Schall wird als tieffrequent bezeichnet, wenn seine vorherrschenden Energieanteile im Frequenzbereich unter 90 Hz liegen.

Schallwellen sind geringfügige, periodische Luftdruckschwankungen bzw. Schwingungen, die sich in der Luft ausbreiten. Schwingungen mit niedriger Frequenz haben eine große Wellenlänge, hochfrequente Schwingungen haben kurze Wellenlängen. Z.B. hat ein Ton von 20 Hz in Luft eine Wellenlänge von 17 m, ein Ton von 50 Hz eine Wellenlänge von 6,80 m, ein Ton von 100 Hz eine Wellenlänge von 3,40 m. Ein 1000 Hz-Ton hat eine Wellenlänge von 34 cm, einer Frequenz von 20 000 Hz entspricht eine Wellenlänge von 1,7 cm.

Bei der Ausbreitung der Schallwellen **im Freien** bewirken Luft- und Bodenabsorption eine erhebliche Pegelabnahme des hochfrequenten Schalls in großen Entfernungen von der Schallquelle. Geräusche bei tiefen Frequenzen können sich jedoch auch über große Entfernungen kilometerweit nahezu ungehindert ausbreiten. Hindernisse, die klein sind gegenüber der Wellenlänge, können Schallwellen nicht wirkungsvoll abschirmen. Je größer die Wellenlänge und je kleiner das Hindernis, desto geringer ist dessen abschirmende Wirkung.

### Wahrnehmung und Wirkungen

Tieffrequente Geräuschemissionen führen in der Nachbarschaft vielfach auch dann zu Klagen und Beschwerden, wenn die anzuwendenden Beurteilungskriterien nach den eingeführten Regelwerken (z.B. TA Lärm) eingehalten sind.

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Wahrnehmung und Wirkung tieffrequenter Geräusche deutlich von der Wahrnehmung und Wirkung mittel- oder hochfrequenter, schmal- oder breitbandiger Geräusche abweichen.

#### Im Frequenzbereich unter 20 Hz (Infraschall)

- besteht keine ausgeprägte Hörempfindung mehr, weil die Tonhöhenempfindung fehlt. Jedoch ist Infraschall - im Gegensatz zu einer weit verbreiteten Meinung - nicht prinzipiell unhörbar! Die Hörschwelle wurde bis herab zu etwa 1 Hz gemessen. Überschwellige Immissionen werden überwiegend als Pulsationen und Vibrationen wahrgenommen.
- **Die Betroffenen spüren einen Ohrendruck und klagen vielfach über Unsicherheits- und Angstgefühle. Als spezielle Wirkung ist bei Infraschall eine Herabsetzung der Atemfrequenz bekannt.**
- Sekundäreffekte sind häufig Ursache starker Belästigungen (Rütteln von Fenstern und Türen oder Gläserklirren, spürbare Vibrationen von Gebäudeteilen und Gegenständen).

### Im Frequenzbereich von 20 Hz bis etwa 60 Hz

- sind die Geräusche bei entsprechenden Pegeln hörbar, jedoch ist die Tonhöhenempfindung nur sehr schwach ausgeprägt. Vielfach sind Schwebungen wahrzunehmen.
- **Die Betroffenen klagen oft über ein im Kopf auftretendes Dröhn-, Schwingungs- oder Druckgefühl, das auf die Dauer als unerträglich beurteilt wird und das nur bedingt von der Lautstärke abhängig ist und bei stationären Geräuschemissionen zu starken Belästigungen führt.**
- Wie im Infraschallbereich können Sekundäreffekte auftreten, die Belästigungen hervorrufen.

### Im Frequenzbereich ab 60 Hz

- findet der Übergang zu normalen Tonhöhen- und Geräuschempfindungen statt.
- **Die Geräusche sind besonders belästigend, wenn sie tonhaltig sind.**
- Sekundäreffekte sind unbedeutend.

**Im Wohnbereich** können tieffrequente Geräusche insbesondere zu Zeiten, wenn andere Geräuschbelastungen niedrig sind, schon dann zu erheblichen Belästigungen führen, wenn sie gerade wahrgenommen werden.

In Wohn- und Arbeitsräumen normaler Größe können tieffrequente Eigenresonanzen ("Moden") unangenehm angeregt werden. Es baut sich ein „Stehwellenfeld„ auf, indem sich durch Wandreflexion hin- und zurücklaufende Wellen überlagern und gegenseitig verstärken oder ganz bzw. teilweise aufheben. Dies führt zu sehr starken Schalldruckpegelanhebungen an bestimmten Orten des Raumes. Es kommt zu einer starken Orts-, Frequenz- und Zeitabhängigkeit des Schallfeldes. Üblicherweise sind dabei die Schallpegel vor Wänden und in Raumecken besonders laut.

Eine Ortung der Schallquelle, d.h. die Feststellung der Richtung aus der der Schall einfällt, ist den Betroffenen nicht möglich.

Zur Beurteilung tieffrequenter Geräusche muss von den herkömmlichen Mess- und Bewertungsverfahren abgewichen werden! Dies betrifft vor allem den Messort und die Frequenzbewertung:

#### **Messort**

Enthält ein Geräusch ausgeprägte Anteile im Bereich tiefer Frequenzen, kann anhand der üblichen Messungen nicht mehr verlässlich abgeschätzt werden, ob innerhalb von Gebäuden erhebliche Belästigungen vermieden werden. Zum einen liegen im Bereich unter 100 Hz nur wenige Daten über Schalldämmwerte von Bauteilen vor (bauakustische Anforderungen werden für Frequenzen unter 100 Hz nicht gestellt), andererseits können durch Resonanzphänomene Pegelerhöhungen in den Räumen auftreten. Daher sind bei Einwirkung tieffrequenter Geräusche ergänzende Messungen innerhalb der Wohnungen notwendig.

#### **Frequenzbewertung**

Bei Schallpegelmessungen werden die in verschiedene Frequenzbänder fallenden Anteile in der Regel A-bewertet und addiert. Hierdurch erhält man eine Einzahlangabe zur Beschreibung der Geräuschstärke (Schalldruckpegel in dB(A)).

Bei tieffrequenten Geräuschemissionen und insbesondere bei Tonhaltigkeit können je nach Einwirkungsort und -zeit erhebliche Belästigungen bereits auftreten, wenn die Hörschwelle nur geringfügig überschritten ist. Wegen der unterschiedlichen Frequenzabhängigkeiten der A-Bewertungskurve einerseits und der Hörschwelle andererseits lässt sich anhand einer Einzahlangabe mit dem A-bewerteten Schalldruckpegel nicht sagen, ob und in welchem Umfang eine Hörschwellenüberschreitung vorliegt.

Da die Bedeutung tiefer Frequenzen bei der in allen Immissions-Richtlinien weltweit vorgeschriebenen A-Bewertung, insbesondere bei höheren Schallpegeln, nicht richtig zum Ausdruck kommt, sind zur gehörgerechten Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen ihre Terzpegel zu messen und zu bewerten.

### **Vorkommen tieffrequenter Geräusche**

Beim Straßenverkehr nimmt der LKW-Anteil zu und damit auch sein tieffrequenter Geräuschanteil. Die Digitalisierung der gesamten Audio- und Videotechnik hat den Aufnahme- und Übertragungsbereich zu tiefen Frequenzen hin erweitert. Leistungsstarke Verstärker und Lautsprecher sorgen dafür, dass die Bässe nicht nur im Rock-Konzert oder in der Diskothek, sondern ebenso im Auto und in der Wohnung kraftvoll, oft maßlos übertrieben, wiedergegeben werden können.

Ursache für Beschwerden über Lärmbelästigungen durch Infraschall bzw. tieffrequenten Schall sind häufig auch folgende tieffrequente Geräuschquellen aus dem Bereich gewerblicher Anlagen:

- Öl- und gasgefeuerte Heizwerke
- **Brenner in Verbindung mit Heizungsanlagen**
- Kupolöfen
- Fackeln
- große Be- und Entlüftungsanlagen
- Ventilatoren mit tieffrequenten Einzeltönen oder Drehklang
- Verdichterstationen
- Kompressoren
- Vakuumpumpen
- Dieselmotoren
- Auspuffanlagen langsamlaufender Verbrennungsmotoren
- langsamlaufende Siebe, Mühlen und Schwingförderanlagen
- Auspacktrommeln
- lange Autobahnbrücken
- Einfahrt von Hochgeschwindigkeitszügen in Tunnel
- **Musikanlagen**

### **Pegelverteilung in einem rechteckigen Raum**

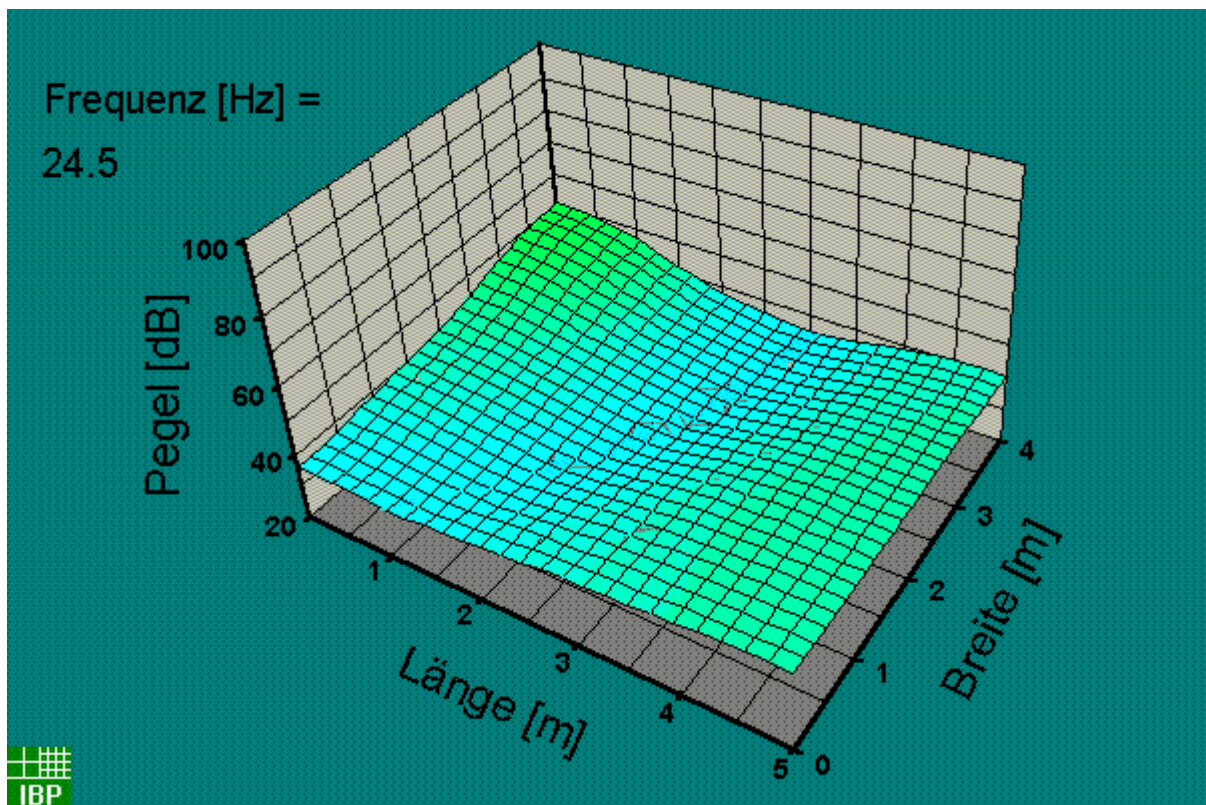
Im Gegensatz zum diffusen Schallfeld, das durch einen ortsunabhängigen Pegel im Raum gekennzeichnet ist (annähernd gleiche Lautstärke an allen Orten im Raum), weist das modale Schallfeld bei tiefen Frequenzen eine ausgeprägte Ortsabhängigkeit auf, die sich mit der Frequenz stark verändert.

Die folgenden **Bilder** zeigen die berechnete Schalldruckpegelverteilung in einem schallharten Raum der Größe 5 x 4 x 3 m für verschiedene Frequenzen. Der Raum ist in seinen Proportionen dargestellt, anstelle der Raumhöhe wird jedoch die Pegel-

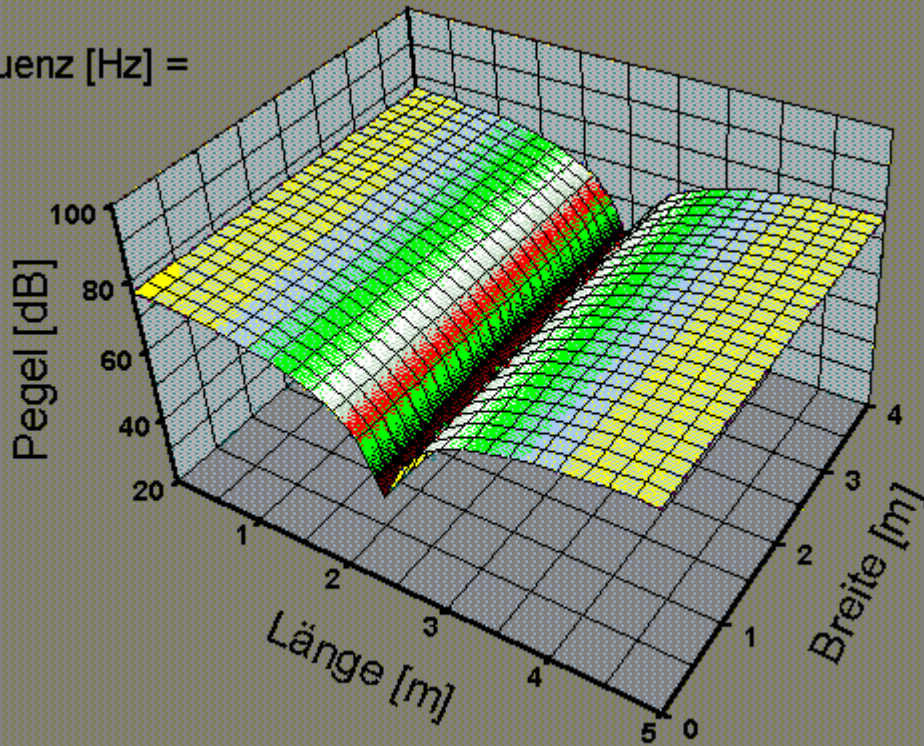
skala angezeigt (d.h. die „Gipfel der Gebirge in dieser Pegellandschaft“ sind die Orte der größten Lautstärke). Die (nur für einen Raum dieser Abmessungen zutreffende) Pegelverteilung wurde für eine Ebene in Ohrhöhe einer sitzenden Person (1.3 m Höhe über dem Boden) an 25 x 25 Rasterpunkten berechnet.

**(Anmerkung:** Die Anregung wurde als Punktquelle angenommen und befindet sich in der linken, hinteren Raumecke (Länge = 0 m, Breite = 4 m) direkt auf dem Boden. Die Quelle strahlt einen Sinuston ab).

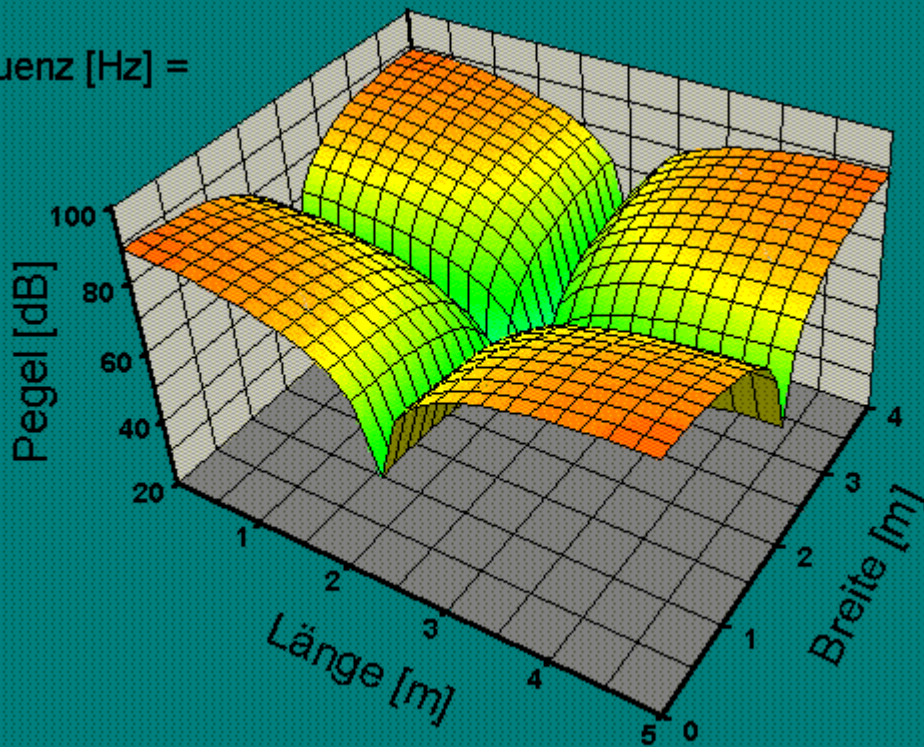
Im jeweils dargestellten Frequenzbereich wird das Schallfeld nur von den Eigenfrequenzen (Moden) des Raumes bestimmt. Bei 34 Hz sieht man die 1. Eigenfrequenz des Raumes mit einer Linie minimalen Pegels (Knotenlinie) in halber Länge des Raumes und maximalen Pegeln an den Stirnwänden. Dabei wird deutlich, dass zwischen minimalem und maximalem Pegel Unterschiede von bis zu ca. 50 dB auftreten können!



Frequenz [Hz] =  
34.5

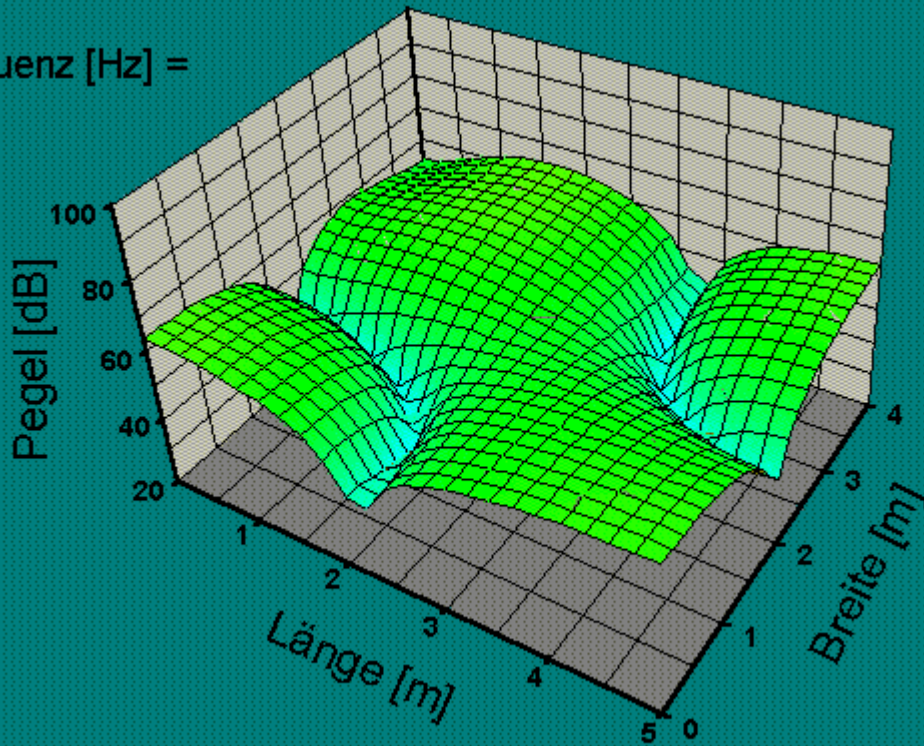


Frequenz [Hz] =  
55



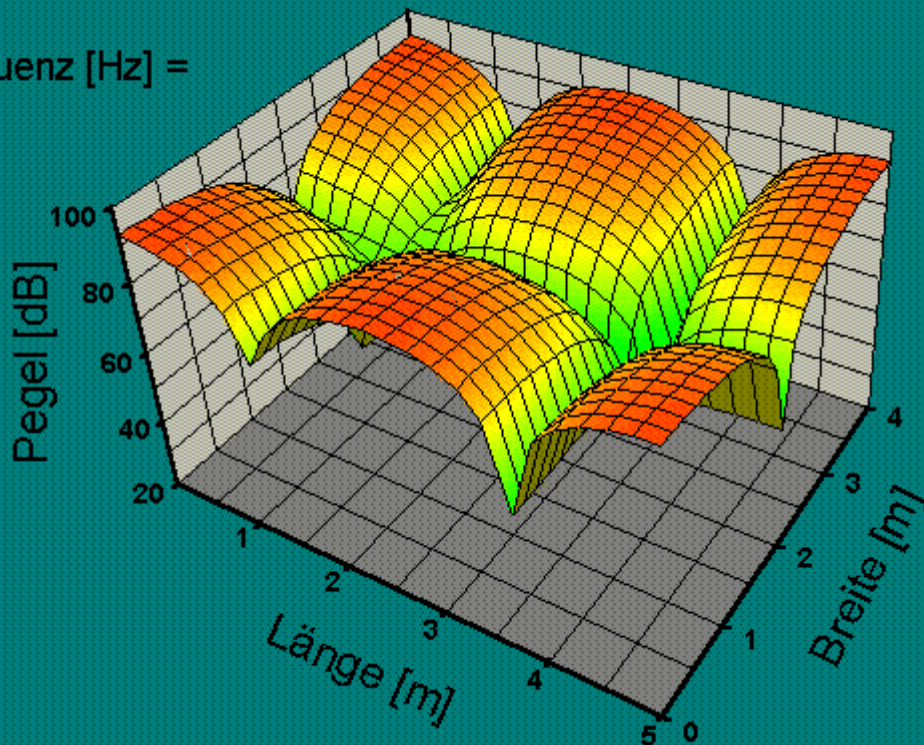
Frequenz [Hz] =

60



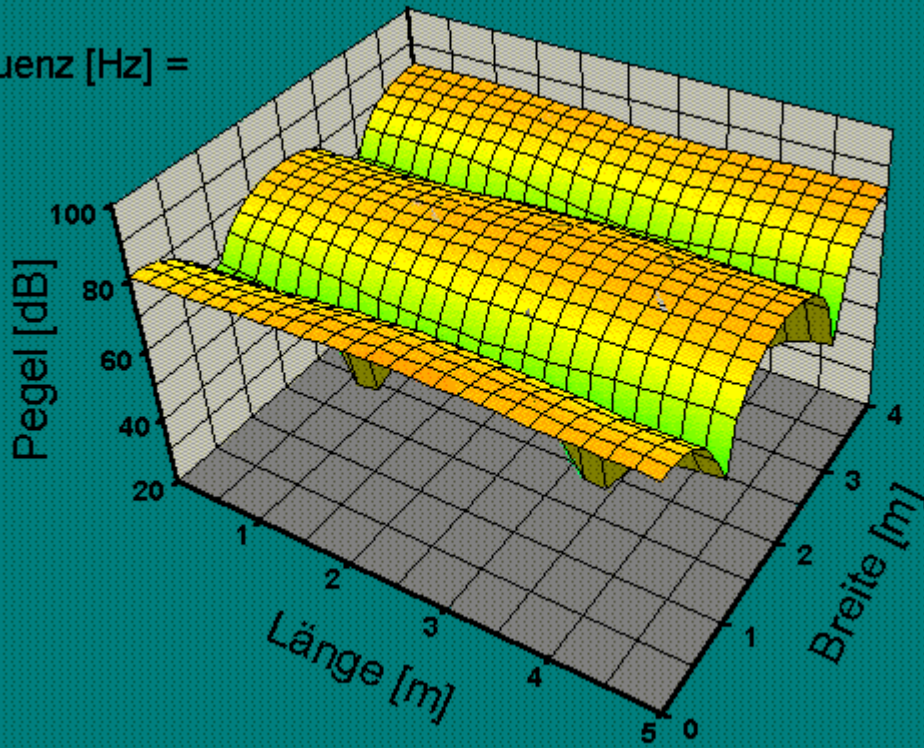
Frequenz [Hz] =

81



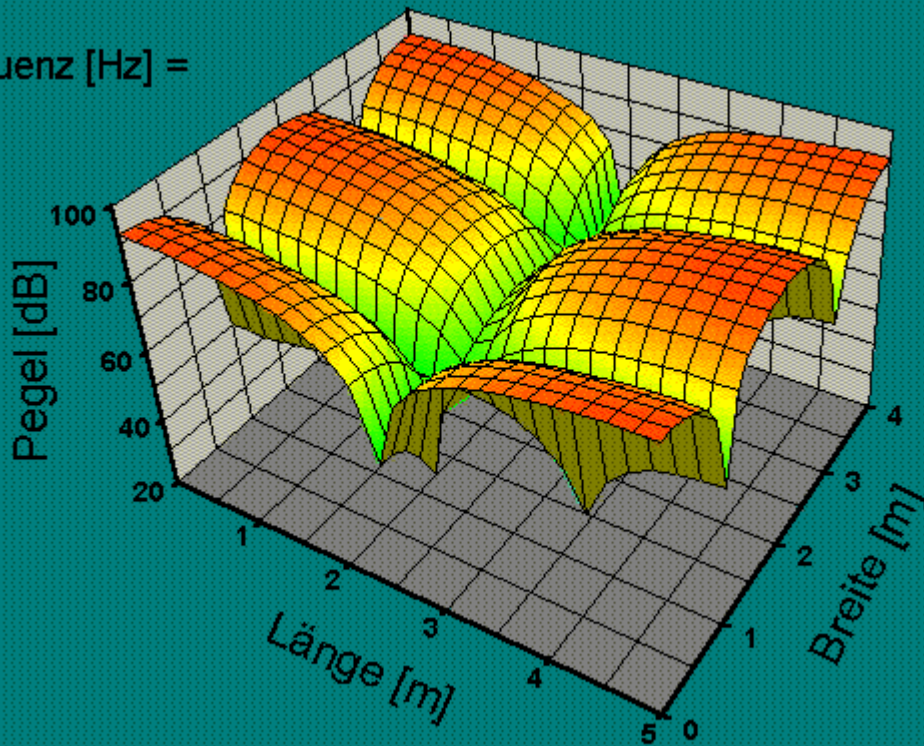
Frequenz [Hz] =

86

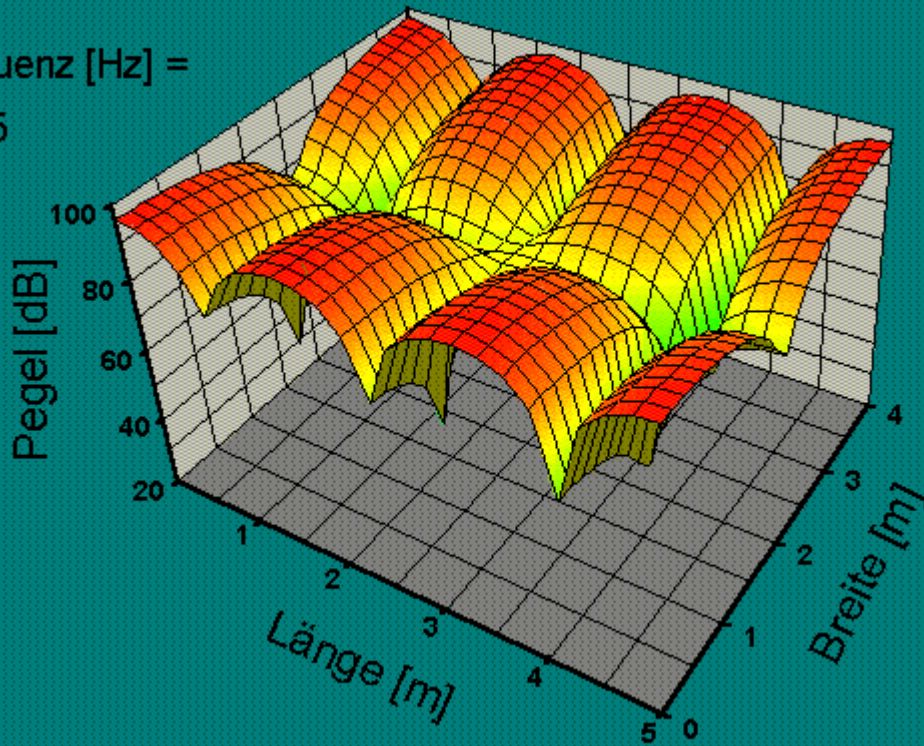


Frequenz [Hz] =

92.5



Frequenz [Hz] =  
111.5



Frequenz [Hz] =  
114.5

