

Vertikale Feldausbreitung von induktiven Höranlagen

Hannes Seidler

TU Dresden, Med. Fak., HNO, 01307 Dresden, E-Mail: hannes.seidler@uniklinikum-dresden.de

Einleitung

Zur Verbesserung des Nutz-/Störsignalabstandes in Räumen mit elektroakustischer Beschallung werden Höranlagen zunehmend wichtiger, vor allem um Personen mit Höreinschränkungen ein besseres Verstehen zu ermöglichen. Das abstrahlende Magnetfeld ist in einzelnen Räumen nur hinsichtlich der Vertraulichkeit zu hinterfragen. Befinden sich jedoch weitere induktiv versorgte Räume in unmittelbarer Nachbarschaft, so müssen zur gegenseitigen Abschirmung Maßnahmen getroffen werden [1]. Während das in horizontaler Richtung inzwischen mit dem Einsatz von Flächenstrahlern (phased array, super loop systems etc.) sehr gut gelingt, existieren für die vertikale Feldrichtung keine vergleichbaren Kompensationsmaßnahmen. Im Folgenden werden daher die Schirmwirkung der Decken und konstruktive Maßnahmen näher untersucht.

Ungestörte Magnetfeldausbreitung

Das Funktionsprinzip einer induktiven Höranlage ist in [2] zu finden. Die kreisförmig um den stromführenden Leiter verlaufenden Feldlinien bestimmen die Ausbreitung im Raum. Nur aufgrund der vertikalen Abtastung durch die Induktionsspulen in den Hörsystemen wird in einer zur Verlegeebene parallelen Abhörebene eine Gleichmäßigkeit der Feldstärke und damit der Abhörlautstärke erreicht.

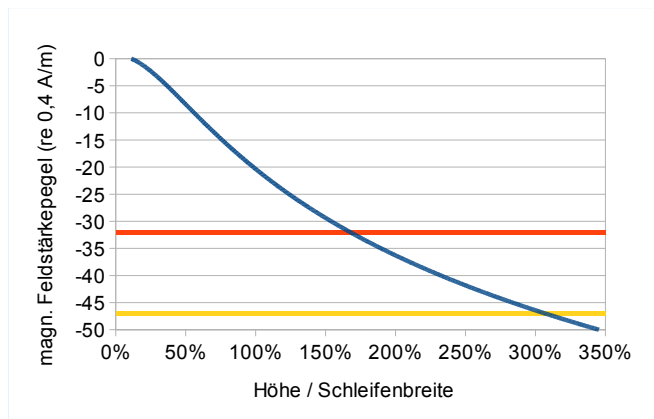


Abbildung 1: Magnetische Feldstärke einer Perimeterschleife in Abhängigkeit vom Abstand von der Hörschleifenebene; gelbe Linie: zugelassener Störgeräuschpegel nach DIN EN 60118-4, rote Kurve: maximaler zugelassener Störgeräuschpegel

Die empfangene Feldstärke einer **Perimeterschleife** ist in waagerechter Richtung etwa beim Abstand der **dreifachen Schleifenbreite** soweit abgesunken, dass das Niveau des magnetischen Hintergrundrauschens erreicht wird (ca. -47 dB re 0,4 A/m [3]). Die vertikale Ausbreitung ist in Abbildung 1 anschaulich dargestellt. Abbildung 2 zeigt die

Veränderung der Feldstärke mit zunehmendem senkrechtem Abstand von der Verlegeebene. Es ist festzustellen, dass auch hier der Abstand in Größe der dreifachen Schleifenbreite nötig ist, um ungestörte Bedingungen anzutreffen.

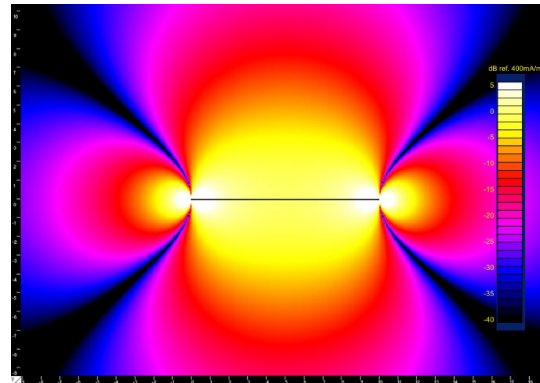


Abbildung 2: Schnittbild der Feldstärke (vertikale Komponente) einer Perimeterschleife; Farbabstufung gemäß Feldstärke, gelbe Farben zeigen eine Feldstärke nach DIN EN 60118-4 an, schwarze Flächen haben einen ausreichenden Störabstand [Quelle: Ampetronic Ltd.]

Wenn beispielsweise ein Seminarraum mit einer Perimeterschleife von 8 m * 5 m versorgt werden soll, so ist das Signal bis zu 15 m weit außerhalb zu empfangen und ggf. ein Störsignal für benachbarte Höranlagen. In vertikaler Richtung wäre dann erst im 5. OG wieder ein Raum induktiv auszustatten, unter Annahme üblicher Raumhöhen von 3 m!

Die Anwendung von **Flächenstrahlern** (vgl. Abb. 3) verändert die Bedingungen aufgrund der schmalen Einzelelemente deutlich, aber oft nicht ausreichend wie Abbildung 4 zeigt.

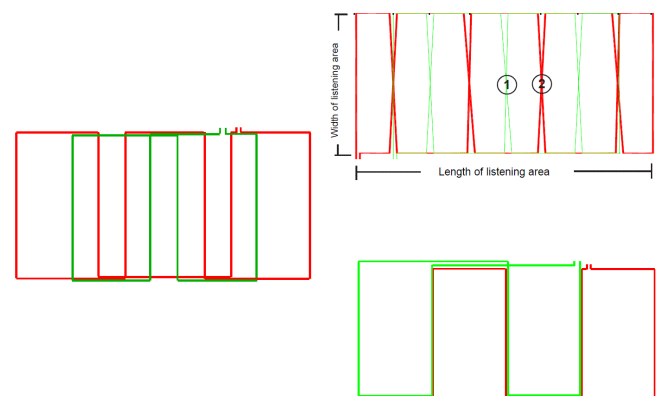


Abbildung 3: Verlegeformen von Flächenstrahlern: oben – low overspill system / super loop system, Mitte – phased array, unten – quadrature system

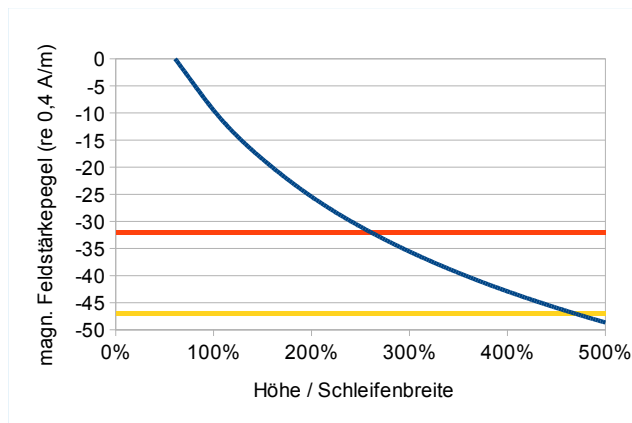


Abbildung 4: Magnetische Feldstärke eines Flächenstrahlers in Abhängigkeit vom Abstand von der Hörschleifenebene; gelbe Linie: zugelassener Störgeräuschpegel nach DIN EN 60118-4, rote Kurve: maximal zugelassener Störgeräuschpegel

Ein Übersprechen ist für diese Verlegeart bis zur **fünffachen Schleifensegmentbreite** zu erwarten. Der Unterschied resultiert aus dem anderen Verhältnis von Hörabstand zur Schleifenbreite und dem damit verbundenen höheren Schleifenstrom. Bei der angenommenen Seminarraumfläche von 8 m * 5 m durch einen Flächenstrahler mit 2 m breiten Einzelsegmenten kann die nächste induktive Höranlage im 3. OG betrieben werden.

Magnetfeldausbreitung durch metallische Strukturen

Eine vollständige Abschirmung magnetischer Felder auf passivem Weg ist nicht machbar. Die Feldlinien werden in metallischen Strukturen abgelenkt und gebündelt und treten auf der quellabgewandten Seite verändert wieder aus.

Eine Minderung der Energie ist zusätzlich durch induzierte Ströme zu erreichen. Das setzt vor allem eine gute Leitfähigkeit des Materials, weniger ausgeprägte ferromagnetische Eigenschaften voraus. Daher wirken sich Aluminiumbleche oder -gitter stärker auf das niederfrequente Magnetfeld aus als Eisenarmierungen. Die elektrische Erdung der Struktur kann den Effekt verstärken.

In allen derzeit verfügbaren Simulationsprogrammen für induktive Höranlagen (Firmen Ampetronic, Bo Edin und Humantechnik) sind Schirmungen nicht Gegenstand der Berechnungen. Nur die Minderungen des Magnetfeldes im Nutzbereich werden berücksichtigt.

Erste Messungen an realen Gebäuden zeigen eine erhebliche Streubreite der magnetischen Schirmung. Da die Mehrzahl an Gebäuden im Bestand erfolgt ist, sind die Deckenaufbauten nicht klar erkennbar oder dokumentiert. Ein Trend ist jedoch erkennbar:

Holzbalkendecke	0 dB Dämpfung
Stahlsteindecke	6 dB Dämpfung
Stahlbetonrippendecke, Stahlbetondecke	12 dB Dämpfung

Bemessungen bei vertikaler Feldausbreitung

Am Beispiel eines Hörsaalgebäudes soll die prinzipielle Modifikation einer Planung von induktiven Höranlagen erläutert werden. Das Gebäude in Abbildung 5 hat 3 übereinanderliegende Hörsäle, die horizontal benachbarten Säle sind nicht zu erkennen. Aufgrund

- der metallischen Unterkonstruktion des Gestühls,
- der Stahlbetondecken (Magnetfeldverluste bei hohen Frequenzen) und
- der notwendigen Minderung des Übersprechens in benachbarte Räume

kommen nur induktive Höranlagen in Form von Flächenstrahlern zur Anwendung.

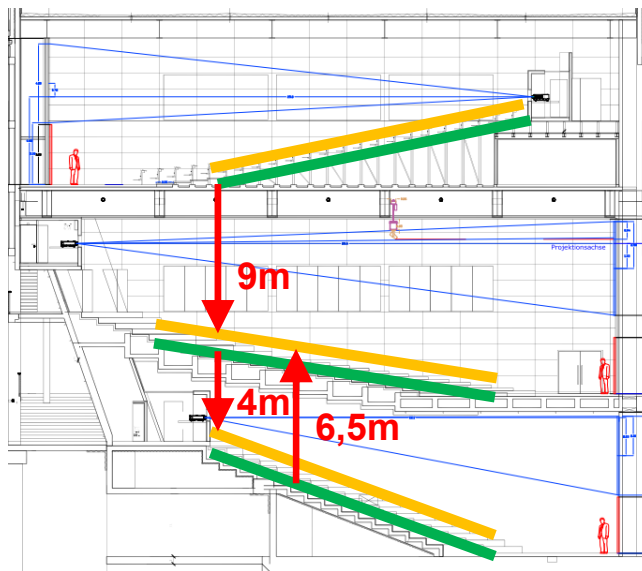


Abbildung 5: Gebäudeschnitt mit 3 vertikal angeordneten Hörsälen und Entfernungangaben zwischen Verlegeebenen (grün) und Hörebenen (gelb)

Die Verlegeebenen in Abbildung 5 sind grün gekennzeichnet, die Abhörebene ist mit einem gelben Strich markiert. Wichtig ist es jetzt, die jeweils kürzeste Entfernung zu bestimmen von einer Magnetfeldquelle zum nächsten Abhörort, der nicht mehr beeinflusst werden soll.

Die Anlage im mittleren Saal wird so dimensioniert, dass nach 4 m im Untergeschoss kein störendes Signal mehr ankommt. Bei bekannter Ausbreitung bis zur fünffachen Schleifensegmentbreite darf das Segment nur 0,8 m betragen. Da die Hörsäle durch eine Stahlbetondecke getrennt sind, kann mit dem Ansatz von 12 dB Dämpfung aus Abbildung 4 eine Ausbreitung bis zur dreifachen Breite abgelesen werden. Damit können die Segmente jetzt $b = 4 \text{ m} / 3 = 1,4 \text{ m}$ breit werden. Bei einer Reihenbreite von 85 cm dürften also eine oder zwei Reihen gemeinsam mit einem Schleifensegment umschlossen werden.

Sind nur zwei Räume induktiv zu versorgen, sollte man die Möglichkeit gemäß Abbildung 6 prüfen, ob die Installation des Schleifenkabels im unteren Raum auf dem Boden, im oberen Raum an der Decke möglich ist. Auf diese Weise wird der Abstand der oberen Quelle zum Empfänger im unteren Raum erheblich vergrößert und erlaubt ggf. eine einfachere Verlegung.

Zusammenfassung

Für die Simulation der vertikalen Magnetfeldausbreitung sind oft zu wenige Angaben zur Konstruktion bekannt oder stark von der Ausführung abhängig. Wenn keine Messung der Felddämpfung zwischen den zu versorgenden Räumen vor Ort möglich ist, kann ersatzweise auf die Ergebnisse aus Messungen zurückgegriffen werden.

Bei vertikaler Magnetfeldausbreitung ist mit einem Übersprechen zu rechnen

bis zur 3-fachen Schleifenbreite bei Perimeteranlagen und

bis zur 5-fachen Schleifenbreite bei Flächenstrahlern.

Eine zusätzliche Dämpfung durch die Decke wird vorerst bestimmt zu:

Holzbalkendecke	0 dB Dämpfung
Stahlsteindecke	6 dB Dämpfung
Stahlbetonrippendecke, Stahlbetondecke	12 dB Dämpfung

Damit sind auch vertikale Feldausbreitungswege zu kalkulieren und der erforderliche Störabstand zu planen.

Literatur

- [1] Seidler, H.: Induktive Höranlagen in Kinos und Kongressräumen. In: Fortschritte der Akustik, DAGA2012. (2012), S. 97-98
- [2] Eggenschwiler; Karg; Norman: Beschallungsanlagen, Höranlagen und Raumakustik. Hrsg.: Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen. Zürich, 2002
- [3] DIN EN 60118-4: Akustik – Hörgeräte – Teil 4: Induktionsschleifen für Hörgeräte – Magnetische Feldstärke. Deutsche Norm. Berlin: Beuth, 2007