Inklusion: Welche Höranlage?

Leicht verständliche Grundlagen, Erklärungen und praktische Tipps für Kirchengemeinden

Rosemarie Muth
Norbert Muth

evangelische
Schwerhörigenseelsorge
Württemberg

Stand: 24. Mai 2022

Barrierefreiheit

Barrierefrei sind

- bauliche und sonstige Anlagen,
- Verkehrsmittel,
- technische Gebrauchsgegenstände,
- Systeme der Informationsverarbeitung,
- akustische und visuelle
    - Informationsquellen und
    - Kommunikationseinrichtungen
- sowie andere gestaltete Lebensbereiche

wenn sie für Menschen mit Behinderungen

- ➔ in der allgemein üblichen Weise,
- ➔ ohne besondere Erschwernis und
- ➔ grundsätzlich ohne fremde Hilfe

- ✓ auffindbar,
- ✓ zugänglich und
- ✓ nutzbar

sind. Hierbei ist die Nutzung behinderungsbedingt notwendiger Hilfsmittel zulässig.

§ 4, Behindertengleichstellungsgesetz

DIN-Fachbericht 124 (2002) Gestaltung barrierefreier Produkte:

Demnach kann ein Produkt als barrierefrei bezeichnet werden, wenn es

- von möglichst allen Menschen
- in jedem Alter
- mit unterschiedlichen Fähigkeiten

- ➔ weitgehend gleichberechtigt und
- ➔ ohne Assistenz

bestimmungsgemäß benutzt werden kann.

Inhaltsverzeichnis

Barrierefreiheit **2**
Inhaltsverzeichnis **3**
Vorwort **6**
1 Was heißt „Barrierefreiheit“ **7**
2 Was ist eine Höranlage **10**
3 Höranlagen sind vorbeugende Seelsorge **12**
4 Keine Option: Gebärdensprache **13**
5 Schriftdolmetschen **14**
6 Raumakustik **15**
7 Grundlagen **16**
7.1 Von Dezibel (dB), Hertz (Hz) und Pascal (Pa) 16
7.2 Was geschieht, wenn wir sprechen? 17
7.3 Wie funktioniert das Ohr? 18
7.4 Das „technische Datenblatt“ des Gehörs 20
7.5 Was passiert bei Schwerhörigkeit? 21
7.6 Wie funktioniert ein Hörgerät? 22
7.7 Was ist ein CI (Cochlea Implantat)? 24
7.8 Künstlicher Hall und Rückkopplungspfeifen 24
7.9 Warum verstehen Guthörende selbst in lauter Umgebung? räumliches Hörvermögen, Cocktailparty-Effekt 26
7.10 Hall, Echo, STI, Nebengeräusche, Latenzzeit, Lippensynchronität 28
7.10.1 Echo, Hall/Nachhall 28
7.10.2 STI: Speech Transmission Index (Sprach-Übertragungs-Index) 29
7.10.3 Nebengeräusche/Störschall 30
7.10.4 Latenzzeit 32
7.10.5 Lippensynchronität 32
7.11 Hallradius: die physikalische Grenze eines Richtmikrofons ... 33
7.12 Die Folgen der Schwerhörigkeit für das Verstehen 37
7.13 Das Lautstärkeverhältnis von Nutz- zu Störschall 39
7.14 äußere und innere Störfaktoren beim Verstehen 40
7.15 Hilfsmöglichkeiten bei Schwerhörigkeit 41
8 Warum ist eine Höranlage notwendig für Schwerhörige? 42
9 Zur Technik von Hörgeräten **43**
10 Wie funktioniert eine Höranlage? **52**
10.1 Die verschiedenen Höranlagentypen und „Fake-Höranlagen“ 53
10.1.1 Analog und Digital 53
10.1.2 Wozu Digitalisierung der Sprachübertragung 54
10.2 keine Höranlage: Linearrays (Zeilenlautsprecher) 58

10.3 Die Funk-Anlagen ... 59
10.3.1 Die FM-Anlage ... 59
10.3.2 Die 2,4GHz-Technik (Digital) ... 61
10.3.3 Die DECT-Technik (Digital) ... 62
10.3.4 Der Streamer über WLAN ... 63
10.3.5 Die derzeit nicht existente Bluetooth-Höranlage ... 66
10.4 Die Infrarot-Anlage (IR) ... 66
10.5 Der Audio-Guide ... 67
10.6 Die Induktionsanlage ... 68
10.6.1 Die Induktionstechnik ist nicht veraltet! ... 68
10.6.2 Was ist eine Induktionsschleife? ... 70
10.6.3 Der Induktions- bzw. Schleifen-Verstärker ... 71
10.6.4 Grundprinzip der Schleifenverlegung ... 72
10.6.4.1 Metallverluste ... 73
10.6.5 Induktionsschleifen in benachbarten Räumen ... 74
10.6.6 Mobile Ringschleifensysteme ... 75
10.7 (Fast) alles rund um Bluetooth und Hörgeräte ... 76
10.8 Die Empfängerseite einer Höranlage: der Weg ins Hörgerät ... 89
10.9 Fazit: Barrierefreiheit, Praktikabilität, Kosten etc. ... 91
10.10 Wie passen Hörgerät und Höranlagen-Typ? ... 92
10.11 Die Kombinationsmöglichkeiten Sender und Empfänger: vom Mikrofon zum Ohr ... 100
11 Nicht nur für Techniker: Wo und wie wird eine Höranlage angeschlossen? ... 101
11.1 Anschluss an einen Komplettverstärker ... 105
11.2 Anschluss an eine Komponentenanlage ... 105
11.3 Anschluss an ein Mischpult ... 106
11.4 Eine korrekt installierte Induktionsanlage ... 107
12 Ein paar Anmerkungen zu Mikrofonen ... 108
12.1 Zur Mikrofon-Richtcharakteristik ... 108
12.2 Mikrofonbauart und Ausstattung ... 109
12.3 Das kontraproduktive Raummikrofon ... 112
13 T-Spule und elektromagnetische Störfelder ... 112
14 Induktionsschleifen und andere Gerätschaften und Situationen ... 114
14.1 Angrenzende Räume ... 114
14.2 Vertraulichkeit ... 115
14.3 Mikrofon/Lautsprecher-Anlage ... 115
14.4 Video/Beamer ... 116
14.5 Keine medizinischen Beeinträchtigungen ... 116

14.6 Handy/Smartphone ... 117
14.7 Stromleitungen ... 118
14.8 Elektrischer Hausanschluss, Zähler- und Sicherungskasten, Dachständerleitung ... 118
14.9 Leuchtstoffröhren und Dimmer ... 119
14.10 Elektronische Schaltnetzteile ... 120
14.11 Elektrische Heizung ... 120
14.12 Elektrische Gitarren, Geigen, dynamische Mikrofone u.ä. ... 121
14.13 Brummschleifen in der Verstärkeranlage ... 123
14.14 Bundesbahn und Straßenbahn ... 123
15 Tipps: Verlegung der Induktionsschleife ... 125
15.1 Wo verlege ich die Schleife? Muss für die Induktions-Anlage der Boden aufgestemmt werden? ... 125
15.1.1 Kann die alte Schleife wiederverwendet werden? ... 125
15.1.2 Normalfall: Installation knapp oberhalb des Bodens ... 125
15.1.3 Sonderfall: im Boden ... 126
15.1.4 Wie dick muss das Schleifenkabel sein? ... 127
15.1.5 Welche Kabeltype für die Schleife ... 129
15.1.6 Schleifenkabel mit Erdschlüssen: Zwitschern ... 129
15.1.7 Sehr große Kirchen: 8-er Schleife ... 130
15.1.8 Warnung: keine Verlegung in Ohrhöhe ... 130
15.1.9 Warnung: keine Verlegung auf hoher Decke ... 130
15.1.10 Warnung: keine Deckenverlegung bei aufsteigenden Sitzreihen ... 131
15.1.11 doppelte Schleifenwindungen ... 132
15.2 Metallverlust ... 133
15.3 Die Anschlussdose ... 133
15.4 Die Schleifen-Zuleitungen ... 134
15.5 Den Schleifenverstärker anschließen ... 135
15.6 Der Schleifentest/Einmessung ... 135
16 Mikrofonsteuerung im Gottesdienst ... 135
17 Nützliches Zubehör ... 136
17.1 Überprüfung einer induktiven Höranlage ... 136
17.2 barrierefreien Gebäudeaustattung ... 136
18 Tabellarische Übersicht über die gegenwärtigen Höranlagentechniken ... 137
Checkliste ... 141
Stichwortverzeichnis ... 142
Weiterführende Links ... 146
Notizen ... 147

Vorwort

Heutzutage verfügt fast jede Kirche und jedes öffentliche Gebäude über eine Beschallungsanlage, die es guthörenden Menschen erlaubt, relativ stressfrei eine Predigt oder einen Vortrag zu verstehen.

Jedoch trifft dies auf einen immer größer werdenden Personenkreis nicht mehr zu: den schwerhörigen Menschen. Schätzungen zufolge sind dies heute schon ca. 30 bis 40 % der Gottesdienstbesucher*innen, Tendenz steigend!

In den Werbeprospekten der Hörgeräteindustrie wird immer wieder versprochen, moderne digitale Hörgeräte seien so perfekt, dass mit ihnen wieder ein natürliches Hören möglich sei. Daraus wird dann – fälschlicherweise – geschlossen, dass eine Höranlage nicht mehr notwendig sei, also veraltete Technik. Doch die Hörgeräteindustrie bestätigt selbst, dass ein Hörgerät alleine in vielen Situationen zum Verstehen nicht reicht, denn sie verkauft zahlreiche Zusatzgeräte wie z.B. TV-Streamer, weil selbst im relativ ruhigen Wohnzimmer noch nicht einmal auf ein paar Meter Abstand der Fernsehton anständig gehört werden kann. Wie soll dann in einer Kirche auf 10-20 Meter Abstand eine Predigt verstanden werden, mit all dem dort vorhandenen Störlärm?

Fakt ist, dass noch nicht einmal die digitalen Highend-Spitzengeräte (Systempreis mehrere tausend Euro pro Gerät) systembedingt eine klare Sprachverständlichkeit bieten können, wenn der Sprecher mehr als 3m entfernt ist. (Nach öffentlicher Aussage einer hochrangigen Vertreterin eines namhaften Hörgeräteherstellers: schon in einer normalen Wohnung zwischen 1,50 und 0,30 m). Erst recht gilt dies für Mittelklasse- oder Basis-Hörgeräte. Und klar ist ja, wir dürfen die technischen Ausstattungen unserer Kirchen nicht allein an denen ausrichten, die sich diese Highend-Geräte finanziell leisten können.

Daher soll diese Broschüre Möglichkeiten aufzeigen, wie Hörgeschädigten mit allen Typen von Hörgeräten das Verstehen in der Kirche erheblich erleichtert und stressfreier gemacht werden kann.

Als Regel gilt (siehe DIN18040-1 5.2.2)**:**

Sobald eine Lautsprecheranlage notwendig ist, ist auch eine Höranlage notwendig. Umgekehrt gilt aber: Schon lange, bevor eine Lautsprecheranlage für Guthörende notwendig ist, ist normalerweise schon eine Höranlage notwendig. Deshalb sind Höranlagen in aller Regel unverzichtbar in unseren Kirchen.

Und so eine Höranlage kostet nicht die Welt, mit 2.500 bis 3.500 EUR ist es meistens getan. Trotz Inklusions-Debatte: Seltsamerweise stoßen Schwerhörige dann, wenn sie auf ihre Bedürfnisse aufmerksam machen, leider noch immer viel zu oft auf taube Ohren.

1 Was heißt „Barrierefreiheit“

Normalerweise wird der Begriff der Barrierefreiheit in Bezug auf Menschen mit Körperbehinderung, meist also mit Rollstuhl, genutzt. Fehlende Rampen, hohe Bordsteinkanten sind gut vorstellbar, bei Hör-Barrieren fällt dies schwerer.

§4 des Behindertengleichstellungsgesetzes definiert die Barrierefreiheit für alle Arten von Behinderungen. Darin heißt es, dass die diversen Einrichtungen etc. für Menschen mit Behinderung dann barrierefrei sind, wenn sie „*in der allgemein üblichen Weise, ohne besondere Erschwernis und grundsätzlich ohne fremde Hilfe auffindbar, zugänglich und nutzbar sind. Hierbei ist die Benutzung behinderungsbedingt notwendiger Hilfsmittel zulässig.*“ *(Hervorhebung durch die Autoren)*

Das ist der Paradigmenwechsel von der Integration zur Inklusion. Während die Integration beim Menschen mit Behinderung ansetzt, geht die Inklusion davon aus, dass dann, wenn die Umwelt vom Menschen gestaltet wird, z.B. etwas gebaut wird, dann dies so zu gestalten ist, dass auch die Teilhabe von Menschen mit Behinderung möglich ist und zwar so, wie für alle anderen auch. Das heißt, dass die Betreiber einer Einrichtung angehalten sind, für Barrierefreiheit zu sorgen, nicht die Menschen mit Behinderungen. (vgl. https://www.bundesfachstelle-barrierefreiheit.de/DE/Ueber-Uns/Definition-Barrierefreiheit/definition-barrierefreiheit_node.html, abgerufen 17.11.2021)

Also: Rollstuhlfahrer müssen keine Rampe mitbringen, Blinde müssen keine Leitlinien legen lassen, sie müssen lediglich diejenigen Hilfsmittel mitbringen, die sie behinderungsbedingt benötigen, z.B.: Gehbehinderte Rollator/Rollstuhl, Blinde Blindenstock/Blindenhund, Und Schwerhörige müssen folglich nur ihre Hörsysteme mitbringen. Mit diesen Gerätschaften muss also die Teilhabe möglich sein und zwar im Prinzip so, wie für Menschen ohne Behinderung, denn es heißt *„in der allgemein üblichen Weise“*. Also: bestimmte Bankreihen, zusätzliche Gerätschaften zum Ausleihen oder auf Anforderung, wie z.B. eine mobile Rollstuhlrampe auf Vorbestellung, Funkempfänger zum Ausleihen torpedieren also die Barrierefreiheit genauso wie z.B. ein Smartphone für die

Ankopplung an eine Höranlage, denn solche Gerätschaften sind nicht behinderungsbedingt notwendig, sondern nur aufgrund der unzureichenden Technik, die die Einrichtung zur Verfügung stellt. Eine grobe Orientierung, was Menschen mit Behinderung selbst einbringen müssen, ist das, was die Krankenkasse normalerweise bezahlt: Rollstuhl, Rollator, Blindenstock, Blindenhund, Hörgerät, CI u.s.w.

Ein wichtiges Kriterium ist aber auch die Befindlichkeit der betroffenen Menschen, z.B. ob sie sich outen müssen oder ob sie ghettoisiert werden, das wäre z.B. Rollstuhlfahrer auf dem Präsentierteller vorne vor den Bankreihen, in den Mittelgang oder verschämt am Ende des Raumes und Schwerhörige in „die Bank für die, die nichts mehr recht verstehen“ verbannen. Das folgt schon allein daraus, dass Teilhabe nicht das Grundrecht auf den Schutz der Persönlichkeit gefährden darf.

Fallbeispiele: Müssten Rollstuhlfahrer ihre Rampe selbst mitbringen oder wäre eine Behindertentoilette nur zu öffnen mit dem Schlüssel vom Hausmeister oder gar nur mit einer speziellen App auf einem aktuellen Smartphone eines bestimmten Herstellers, wäre das gewiss nicht barrierefrei. Eine variable Bestuhlung ist für Rollstuhlfahrer barrierefrei, aber feste Bankreihen nicht. Und was ist mit Schwerhörigen/CI-Trägern, die ihre privaten Funkmikrofone den Rednern um den Hals hängen sollen?

Als erstes: raumakustische Maßnahmen:

Wenn die Umwelt bauliche gestaltet wird, dann bitte auch barrierefrei. Die Rollstuhlrampe ist genauso einzuplanen wie Blindenleitlinien. Aber was ist mit der akustischen Barrierefreiheit? Der Nachhall im Raum oder Störlärm sind für Schwerhörige beim Sprachverstehen eine schier unüberwindliche Hürde. Die Gestaltung der Raumakustik ist also ein zentrales Element. Weiteres im Kapitel 6.

Verlust des Behinderungsausgleichs:

Stellen Sie sich vor, Menschen mit Mobilitätseinschränkungen wird gesagt: Mit Rollstuhl geht es hier nicht herein, bitte lass den Rollstuhl stehen, wir tragen Dich an Deinen Platz. Wenn Du auf Toilette musst, halte das rote Fähnchen mit Rollstuhlsymbol hoch. Zweifelsohne ist das ein No-go, weil der Behinderungsausgleich genommen wird und darüber hinaus in das Persönlichkeitsrecht eingegriffen wird.

Und was ist eine Höranlage, bei der Hörgeräteträger ihre Hörgeräte herausnehmen und Kinnbügelhörer benutzen müssen, und sie dabei ihre

individuelle Hörunterstützung, d.h. ihren Behinderungsausgleich, verlieren und gleich als Schwerhörige erkennbar sind?

Einschränkung der Barrierefreiheit:

Werden Schwerhörige im Hörakustikstudio nicht über die Funktion und Vorteile der T-Spule (siehe Kap. 9) aufgeklärt und die T-Spule im Hörgerät stillschweigend nicht aktiviert, dann könnte das zumindest als Falschberatung angesehen werden, denn die Schwerhörigen erhalten nicht den bestmöglichen Behinderungsausgleich. Das wäre so, wie wenn bei einem Rollstuhl mit Elektrounterstützung der Muskel-schonende Powermodus verschwiegen und blockiert wird.

Multiple Behinderungen:

Haben Schwerhörige zusätzlich noch z.B. körperliche Einschränkungen, sodass Hörgeräte z.B. nur mithilfe von Fernsteuerung oder Smartphone bedient werden können, so müssen wir hier sauber trennen. In diesem Fall sind die Zusatzgeräte notwendige Hilfsmittel zum Ausgleich der zweiten, der körperlichen Behinderung. Die Barrierefreiheit einer Höranlage ist allein danach zu beurteilen, ob sie für (nur) schwerhörige Menschen mit Basisversorgung barrierefrei nutzbar ist.

Assistenz-Personen: Benötigen körperbehinderte Menschen aufgrund ihrer Behinderung z.B. beim Essen oder Ankleiden eine Hilfsperson, so ist diese zweifellos ein behinderungsbedingter Ausgleich.

Aber wenn Rollstuhlfahrerende das Personal bitten müssen, den Teller zu halten, weil die Tische im Hotel nicht mit Rollstuhl unterfahrbar sind, handelt es sich mitnichten um Assistenz-Personen, sondern um eine schwere Einschränkung der Barrierefreiheit.

Und was ist, wenn Schwerhörige Haustechniker suchen müssen, um Zusatzgeräte (z.B. Funkempfänger) zu erbitten, damit sie ihre Hörgeräte anschließen können oder noch schlimmer, die Vortragenden bitten müssen, die mitgebrachten Funkmikrofone um den Hals zu tragen und diese dem nächsten Redner weiter zu geben?

Nicht barrierefreie Hilfsmittel: Auch behinderungsbedingte Hilfsmittel können nicht barrierefrei sein. Ein 3kg schwerer Blindenstock oder ein Rollstuhl, der keine Rampe ohne Hilfsperson hochfahren kann, wird klar als nicht barrierefrei eingestuft. Und wie ist es mit einem Hörgerät, das an keine Höranlage ankoppeln kann oder nur sehr umständlich?

Hörbarrieren in Notfall-Situationen: Notfälle im Gemeindeleben können überall und jederzeit passieren, sei es in der Kirche, dem Gemeindehaus, auf Ausflügen oder auf der Konfifreizeit. Bei vielen Gelegenheiten legen Schwerhörige/CI-Träger ihre Geräte ab oder diese versagen ihren Dienst, wenn sie durchnässt sind; oder die Batterien/Akkus sind leer. Dann wird entweder gar nichts oder die hohen Alarm-Signale nicht gehört - der Feuermelder im Gang wird auf der Toilette nicht wahrgenommen. In vielen Einrichtungen, z.B. Schulen, Hotels/Gästehäuser und Freizeitanlagen gibt es Sprachalarmanlagen (SAA) für Notfall-Durchsagen. Was ist mit hochgradig Schwerhörigen, die nur mit zusätzlichem Mundabsehen verstehen? (=> schwerhörige Konfis auf der Freizeit)

Telefonieren ist für viele Schwerhörige gerade in Stresssituationen kaum möglich. Sie benötigen also andere Möglichkeiten, eine Notfallhilfe anzufordern.

„*in der allgemein üblichen Weise*“: Da müssen wir auch etwas differenzieren. In einem Theater, einem Vortragssaal oder einer Kirche ist das Tragen von Funk-Empfängern nicht die allgemein übliche Weise, also nicht barrierefrei. Bei einer Betriebsbesichtigung, einer Stadtführung, im Kongresszentrum mit Simultandolmetschung oder im Schwerhörigenverein schadet das Tragen eines Funkempfängers der Barrierefreiheit jedoch nicht.

2 Was ist eine Höranlage

Eine Höranlage ist eine Zusatzeinrichtung zur bestehenden Beschallungsanlage, quasi der „Lautsprecher für Schwerhörige“. Sie ermöglicht es, ohne bzw. mit erheblich geringeren Stör- und Nebengeräuschen dem gesprochenen Wort folgen zu können. Erst durch das Ausfiltern von Hall und anderen Umgebungsgeräuschen ist für Schwerhörige ein Verstehen möglich oder zumindest in erheblichem Maße stressärmer.

Kann nicht überall im Publikumsbereich

- ein linearer Frequenzgang im Sprachbereich von 100 bis 5000Hz (vgl. EN 60118-4) oder
- ein STI (siehe Kap. 7.10.2) oberhalb von 0,7 (vgl. EN 60268-16)
- oder ein S/N-Abstand von 15dB (siehe Kap. 7.10.3)

gewährleistet werden, so benötigen Schwerhörige zum Verstehen bzw. für ertragbaren Hörstress eine von akustischen Störfaktoren (Kap. 7.11) nicht tangierte alternative Übertragungstechnik zwischen Schallquelle (Mikrofon, AV-System etc.) und ihren Hörsystemen: eine Höranlage.

Sie soll das, was im Raum über Luftschall übertragen wird, über einen anderen Weg direkt in die Hörsysteme übertragen.

Eine Übertragungstechnik für akustische Ereignisse ist

- ***Höranlagen-tauglich**, wenn sich*
  - *alle bei einer Veranstaltung erwartbaren Besucher*innen mit Hörsystemen *) (**keine Teilnehmer-Limitierung**)*
  - *ohne besonderen technischen Aufwand jederzeit beliebig oft an- und abkoppeln (**keine technischen Hürden**)*
  - *und dem akustischen Geschehen folgen können*
    - *ohne wahrnehmbare Verzögerungen (**geringe Latenzzeit**) und*
    - *ohne störende Nebengeräusche, Hall oder Echo (**Störungsfreiheit**) und*
    - *ohne wahrnehmbare Verzerrungen im Sprachbereich (**Verzerrungsfreiheit**).*

  **) etwa 15% der Hörgeräte sind nicht barrierefrei, sie können überhaupt nicht oder nur umständlich an eine Höranlage ankoppeln. (siehe Kapitel10.10)*
- ***barrierefrei**, wenn dazu außer den unmittelbar behinderungsbedingten Gerätschaften, hier also Hörsysteme,*
  - *keine weiteren Gerätschaften und (**technische Genügsamkeit**)*
  - *keinerlei fremde Hilfe benötigt werden (**persönliche Selbständigkeit**),*
  - *innerhalb des Veranstaltungsortes auch keine eng abgegrenzten Bereiche aufgesucht werden müssen (**keine Ghettoisierung**),*
  - *und Nutzer*innen sich selbst jederzeit zu- und wegschalten können (**Bedienungsautonomie**).*

Höranlagen sind also immer Einrichtungen für eine Vielzahl von potentiellen Nutzern in öffentlichen Räumen. Der TV-Streamer daheim oder ein Funkmikrofon für den Stammtisch sind in diesem Sinne keine Höranlagen, sondern individuelles Zubehör.

Keine Beschallungsanlage, auch nicht Linearrays mit DSP (Zeilenlautsprecher mit digitaler Klangbearbeitung), kann die Kriterien der Störungsfreiheit und Verzerrungsfreiheit erfüllen. Sie kann weder die Raumakustik umgehen, noch Störgeräusche aus Gebäudetechnik, Umwelt oder Publikum unterdrücken. Ein linearer Frequenzgang im Sprachbereich ist in einem realen Veranstaltungsraum ebenfalls illusorisch. Sie kann also nicht als Höranlage für Schwerhörige gelten.

***Beispiele**: Es dürfen keinerlei Zusatzgeräte notwendig sein, auch kein Smartphone etc. Ein grober Anhaltspunkt ist das, was die Krankenkasse zahlt. Es muss jederzeit auch während einer Veranstaltung möglich sein, sich z.B. für ein Nebengespräch von der Höranlage abzuschalten und sich danach wieder zu zuschalten, ohne dabei den Platz zu verlassen. Es darf auch nicht nötig sein, die Hörgeräte an irgendeinem Koppelpunkt (z.B. RFID-Lesegerät) anzumelden. Der Bereich der Höranlage muss mindestens so groß sein, dass nicht mehr abschätzbar ist, wer in dem Bereich schwerhörig ist. (vgl. Kap. 1)*

In diesem Sinn sind jede Art von Funkmikrofonen, die als Zubehör zu Hörgeräten verkauft werden, keine Höranlage, sondern nur persönliches Hörgeräte-Zubehör. Wir konzentrieren uns hier auf Techniken, die Höranlagen-tauglich sind oder von denen dies behauptet wird.

Im Folgenden soll erläutert werden, warum eine Höranlage so wichtig und notwendig ist. Wie eine Höranlage funktioniert und welche Typen es gibt, erläutern wir in Kapitel 10. An der entsprechenden Stelle wird auch darauf hingewiesen werden, auf was zu achten ist.

Unter diesem Link finden Sie eine echte Life-Aufnahme (keine Simulation), wie Schwerhörige mit und ohne Höranlage hören:

https://hob-ev.de/index.php/gut-zu-wissen/barrierefreies-hoeren/klangbeispiel

3 Höranlagen sind vorbeugende Seelsorge

Auf den ersten Blick könnte sich jemand fragen, was Höranlagen mit Seelsorge zu tun haben und was bitte ist vorbeugende Seelsorge?

Fangen wir damit an, was eine Psychologin aus einer renommierten Reha-Einrichtung für Schwerhörige einmal in einem Vortrag ausgeführt hat. Sie verwendete das oft genutzte „Akku-Modell“:

Wenn Guthörende morgens aufstehen, ist ihr Akku zu 100% voll. Sie gehen zur Arbeit. Je nachdem wie anstrengend der Job ist, ist ihr Akku am Nachmittag, wenn sie heimkommen, noch so zwischen 20% und 40% voll, und hat noch Kapazität für Familie, daheim anfallende Arbeiten und für das Hobby. Schwerhörige haben jedoch im Job schon mit dem Hören und Verstehen so viel Stress (warum, das sehen wir später), dass ihr Akku schon zur Mittagszeit praktisch leer ist, sie schleppen sich bis zum Feierabend durch und daheim „können sie nicht mehr“. Sie leben von der Substanz.

Wenn wir das auf unser Gemeindeleben übertragen, dann heißt das: Guthörende kommen sonntags in den Gottesdienst. Sie können ihre Akkus seelisch und geistig aufladen. Schwerhörige haben aber im Gottesdienst wieder einen Hörstress, der vor allem im Alter immer mehr zunimmt. Das seelische und geistige Auftanken gelingt nicht mehr, wenn die Worte nicht mehr verstanden werden. Im Gegenteil, der Akku wird weiter ausgepowert. Schwerhörige merken, dass der Gottesdienst ihnen nichts mehr bringt und die Konsequenz ist: sie bleiben daheim.

Wer sich aber zurückzieht, wird Kontakte, die früher im Gemeindeleben selbstverständlich waren, verlieren. Der Mensch vereinsamt. Depressionen bis hin zu Suizidgedanken finden sich häufig.

Eine Höranlage kann den Hörstress vermindern, eine der Voraussetzungen, dass Schwerhörige (wieder) am Gemeindeleben teilhaben können. Und in der Tat, uns wurde schon berichtet, dass nach dem Einbau einer Höranlage wieder Leute in den Gottesdienst kommen, die schon seit Jahren nicht mehr zu sehen waren.

4 Keine Option: Gebärdensprache

Eine typische Situation: Eine Veranstaltung über Inklusion wird als barrierefrei beworben. Eine Schwerhörige fragt nach, ob es auch eine Höranlage gäbe. Der Veranstalter antwortet, daran habe man nicht gedacht, sondern nur an Rollstuhlrampen. Aber man könne ja eine*n Gebärdendolmetscher*in bestellen. Der Veranstalter hat Schwerhörigkeit mit Gehörlosigkeit verwechselt:

- ***Schwerhörige*** sind normalerweise mit der Lautsprache aufgewachsen, diese benutzen sie auch nach Schwerhörigkeit und Ertaubung natürlich weiter. Gebärdensprachkompetente Schwerhörige sind die Ausnahme.
- ***Ertaubte*** sind lautsprachlich aufgewachsen und haben erst später ihre Hörfähigkeit verloren. Gebärdensprachkompetenz ist selten, sie sehen vom Mund ab. Meist entscheiden sie sich für ein CI (Cochlea Implantat), sie sind dann „nur noch“ schwerhörig. (siehe Kap.7.7)
- ***Gehörlose*** Menschen sind taub geboren oder im Laufe des frühen Kindesalters ertaubt. Sie haben die Lautsprache meist nur rudimentär erlernt und kommunizieren in erster Linie mit Gebärden.

Die Deutsche Gebärdensprache (DGS) hat jedoch eine völlig andere Grammatik und Denkstruktur als unsere Lautsprache. Daher ist sie selbst für gebärdenkompetente Schwerhörige oft nicht verständlich. Diese kommunizieren mit lautsprachbegleitenden Gebärden (LBG), die dazu dienen, das gesprochene Wort zu verstehen, besonders dann, wenn sich Worte ähneln oder sogar identisch gesprochen werden, aber unterschiedliche Bedeutungen haben (z.B. Bar und bar, Mutter - Butter).

LGB wird meist nur innerhalb von Schwerhörigen-Vereinen genutzt. Im Alter schwerhörig gewordene Kirchgänger*innen werden daher von Gebärdendolmetscher*innen überhaupt nichts haben.

Schwerhörigen einen Gebärdendolmetscher anzubieten ist also in etwa so, als wenn wir in der Kirche auf die Großdruck-Ausgabe des

Gesangbuches verzichten und stattdessen gleich die Ausgabe in Blindenschrift anbieten. Gebärdensprache ist daher normalerweise keine Option für Schwerhörige. Gehörlose dagegen brauchen Gebärdendolmetscher, wenn sie, z.B. bei einer Taufe oder Beerdigung im Familienkreis am lautsprachlichen Gottesdienst teilnehmen. Für diesen Fall gibt es für evangelische Kirchengemeinden in der EKD die Möglichkeit, nach (möglichst frühzeitiger) Anmeldung im Landesgehörlosenpfarramt, eine*n Gebärdendolmetscher*in gestellt zu bekommen.

5 Schriftdolmetschen

Eine effektive Zusatz-Möglichkeit, vor allem hochgradig Schwerhörigen das Verstehen zu erleichtern, ist das Schriftdolmetschen, insbesondere bei individuellen Gesprächen (Seelsorge, Arzt, Krankenhaus), bei Diskussionen, bei frei gehaltenen Predigten/Vorträgen oder auch beim Konfirmandenelternabend.

Schriftdolmetschen funktioniert so: Speziell ausgebildete Dolmetscher*innen schreiben die gesprochenen Worte simultan mit oder diktieren sie in ein professionelles Spracherkennungsprogramm. Wegen der Vertraulichkeit des Wortes dürfen keine automatisierte Internet-basierte Dienste zur Verschriftlichung verwendet werden! Der Text wird per Beamer projiziert, als Untertitel auf der Leinwand angezeigt oder per spezieller Drahtlos-Technik auf Tablet's übertragen.

Verstehen besteht immer aus mindestens drei Komponenten:

1. das reine Wort
2. der Zusammenhang, in dem das Wort gesprochen wurde,
3. die Betonung des Wortes: ironisch, sarkastisch, drohend, sachlich etc.

Schriftdolmetschen unterstützt die ersten beiden Punkte, die Höranlage alle drei Punkte, aber insbesondere den dritten Punkt. Schwerhörige haben somit die Möglichkeit, besser zu verstehen. Anhand des geschriebenen Textes wissen sie, was gesprochen wurde, anhand des gehörten Wortes wissen sie, wie es gesprochen wurde, mit welcher Betonung, also wie es gemeint war.

Schriftdolmetschen ist daher eine perfekte Ergänzung zu einer Höranlage, aber grundsätzlich kein Ersatz dafür.

Eine „kleine Lösung“:

Hilfreich ist es schon, wenn mithilfe einer Powerpoint-Präsentation der Ablauf des Gottesdienstes und die Kapitel-Überschriften der Predigt projiziert werden. Das hilft ungemein, so dass sich Schwerhörige

orientieren können, denn dann ist wenigstens der Punkt 2 (Zusammenhang) erfüllt. Aber auch Gäste aus anderen Gemeinden/Landeskirchen können sich orientieren, denn sie werden den örtlichen Gottesdienstablauf eventuell nicht kennen und auch nicht die typische Struktur der Predigt der/des Pfarrers/Pfarrerin.

6 Raumakustik

„Bei so viel Krach versteht man das eigene Wort nicht mehr!!!“
„Kann man denn hier nicht mehr in Ruhe zuhören?!!!“

Die Raumakustik hat einen wesentlichen Einfluss auf das Hören und damit auf das Verstehen. Einflussfaktoren sind insbesondere Hall, Echo und Störlärm. Je stärker diese sind, desto anstrengender und mühsamer wird das Verstehen. Das Nicht-mehr-Verstehen beginnt für Schwerhörige aber schon sehr viel früher als bei Guthörenden. (s. Kap. 7.9)

Störlärm aus dem Publikum sind z.B. Husten, Kindergeschrei, Konfirmandengetuschel, dagegen kann nur bedingt etwas getan werden. Gegen den Störlärm aus der Gebäudetechnik, z.B. Lüfter- oder Heizungsanlage, kann durch die richtige Gerätewahl und fachgerechte Ausführung etwas getan werden. Gegen den Verkehrslärm von außen ist es schon schwieriger. Aber Hall bzw. Nachhall und Echo entstehen „wie von selbst“ durch die Raumakustik. DIN 18041 fordert für ein gutes Sprachverstehen in Klassenräumen und Hörsälen Nachhallzeiten zwischen 0,45 und 0,70s. Da helfen vielfältige Maßnahmen, wie Schallschluckelemente, Wandbeschaffenheit etc. So lässt sich Hall im Gemeindesaal oft effektiv reduzieren.

Hall in der Kirche zu reduzieren ist jedoch zweischneidig. Im Kirchenraum gibt es Musik und Sprache. Geringe Nachhallzeiten verbessern einerseits die Sprachverständlichkeit, andererseits jedoch klingt Musik ohne Hall trocken und fade. Eine geringe Nachhallzeit wäre also eine „Musikgenuss-Barriere“. „Musik lebt vom Hall, Sprache stirbt am Hall“. So liegt die Nachhallzeit in Kirchen so zwischen 2 und 13s, in einer Kleinstadt-Kirche durchaus bei 3,5s. Hier ist die Raumakustik in der Zwickmühle. Schwerhörigen nützt auch eine hochmoderne Beschallungsanlage nichts, denn diese unterliegt ebenfalls der Raumakustik und damit Hall und Echo. Die Lösung aus der Zwickmühle ist die Technik: eine Höranlage für die Schwerhörigen.

Viele weitere Informationen und Hörbeispiele sind hier zu finden:

www.Carsten-Ruhe.de Karteireiter Gebäude / Räume

7 Grundlagen

7.1 Von Dezibel (dB), Hertz (Hz) und Pascal (Pa)

Im gesamten Audiobereich wird immer wieder von Dezibel und Hertz gesprochen. Es ist schwer, sich etwas darunter vorzustellen und die Berechnungen sind nicht leicht verständlich. Aber hier das Allernötigste.

Unser Ohr reagiert auf schnelle Luftdruck-Schwingungen. Schwingungen werden in Hertz (Hz) gemessen. 1 Hz ist eine Hin- und Rückschwingung pro Sekunde. Das Ohr könnte von 20-20.000 Hz hören.

dB	Energie-Verhältnis	Schalldruck-Verhältnis	Lautstärke-Verhältnis
0	1	1	1
1	1,25	1,12	1,07
2	1,6	1,25	1,15
3	2	1,4	1,23
4	2,5	1,6	1,32
5	3,15	1,8	1,41
6	4	2,0	1,52
7	5	2,24	1,62
8	6,3	2,5	1,74
9	8	2,8	1,87
10	10	3,16	2
11	13	3,55	2,14
12	15,8	4,0	2,3
13	20	4,5	2,46
14	25	5,0	2,64
15	31,6	5,6	2,83
20	100	10	4
30	1.000	32	8
40	10.000	100	16
50	100.000	316	32
60	1.000.000	1.000	64
80	100.000.000	10.000	128
100	10.000.000.000	100.000	256
120	1.000.000.000.000	1.000.000	512

Die Luftdruckänderung muss auch noch eine bestimmte Stärke überschreiten: das ist die Hörschwelle (2µPa = 0,000002Pa (1 Pascal [Pa] ist der Druck, den 1 Liter Wasser verteilt auf eine Fläche von 1m^2 ausübt.) Die Schmerzschwelle liegt bei 200Pa. Das Ohr reagiert aber nicht linear wie ein Zollstock: 1m + 3m = 4m, sondern reagiert mit einem Verhältnis: etwa eine Verdreifachung (3,16) des Schalldruckes wird meist als Verdopplung der Lautstärke empfunden (3*Druck = 2 Lautstärke), 10fach Druck = 20dBSPL = 4mal so laut. Dafür kennen die Mathematiker das Dezibel [dB]. Das ist ein logarithmisches Verhältnismaß, das eine Multiplikation auf eine Addition vereinfacht. Die Anhängsel hinter dem dB geben Hinweise zur Berechnungsbasis z.B.:

dBSPL : Sound Pressure Level (Schalldruck)
dB(A) : Schalldruck bewertet nach Gehörempfindlichkeit

Das Ohr ist ein Schalldruck-Wandler (s.Kap. 7.4), deswegen gelten hier immer die 6dB-Regel oder ggf. die 10dB:

Verdopplung Schallenergie: 3 dB (wird in der Akustik kaum benötigt)
Verdopplung Schalldruck: 6 dB (gilt auch für Spannung oder Strom)
Verdopplung Lautstärke: 10 dB (psychoakustisches Maß)

vgl.: http://www.sengpielaudio.com/Rechner-pegelaenderung.htm
https://www.carsten-ruhe.de/persönliches/ueber-das-rechnen-mit-pegeln-und-db/

7.2 Was geschieht, wenn wir sprechen?

Grundsätzlich ist Sprache nur eine Vereinbarung zwischen Sender (Sprecher) und Empfänger (Hörer), wie Gedanken mithilfe von Schall übertragen werden können.

Gedanken werden zunächst in Worte gewandelt. Diese Worte werden im Sprachzentrum des Gehirns in Laute zerlegt und die nötigen Nervensignale werden zur Muskulatur der Stimmbänder und des Mund/Rachen-Bereiches geschickt. Die Lunge erhält den Befehl zum Erzeugen eines Luftstromes. So wird jeder Laut in unterschiedlichen Schall umgesetzt.

Beim Hörer geschieht das Umgekehrte. Der Schall wird im Ohr in Nervensignale umgewandelt, das Hörzentrum im Gehirn nimmt diese Nervensignale auf, analysiert sie und bildet daraus wieder Worte und Gedanken. Erst dadurch wird Hören zum Verstehen.

Charakteristisch für die Laute unserer deutschen Sprache ist nicht die Tonhöhe an sich, sondern die typischen Mischungen der einzelnen Frequenzen und der zeitliche Verlauf dieser Frequenzmischungen (Obertöne). Eine Reihe von Buchstaben wie z.B. die Vokale a,e,i,o,u aber auch Laute wie sch, s, ü, ö, ä bestehen im Wesentlichen aus einem konstanten Frequenzgemisch. Für andere Laute wie k, p, b ist die zeitliche Änderung eines Frequenzgemisches charakteristisch, für das Schnatter-R oder das rollende R ist es die Wiederholung eines sich zeitlich verändernden Frequenzgemisches. (Sprachwissenschaftler kennen noch weitaus mehr Charakteristika und Systematiken.)

Zum Beispiel könnte ein bestimmter Laut so zusammengesetzt sein:

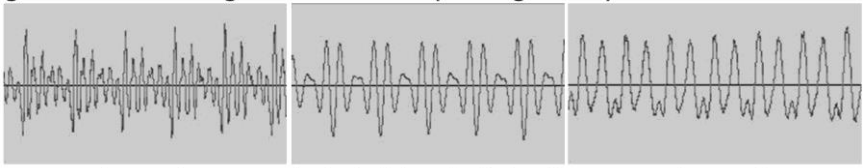
- Grundton in der Lautstärke 1
- Doppelte Frequenz vom Grundton in der Lautstärke zwischen 0,7 und 0,9
- Dreifache Grundtonfrequenz in der Lautstärke zwischen 0,4 und 0,6
- usw.

Der Grundton bestimmt, ob der*die Sprecher*in eine tiefe oder hohe Stimme hat und das Lautstärkeverhältnis der Obertöne bestimmt eine sonore Stimme oder eine „quäkige“.

Viele Laute unterscheiden sich von der Frequenzanalyse kaum voneinander. So wird z.B. durch das einfache Wegschneiden von bestimmten höheren Tönen ein A zu einem O, ein I zu einem Ü. Wir kennen dies, wenn wir beim Telefonieren eine schlechte Leitung erwischt haben: wir verhören uns leicht, oft verstehen wir erst im zweiten Satz, was vorher

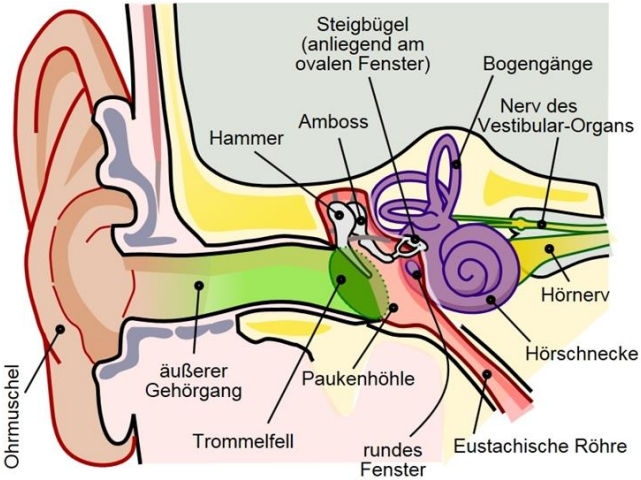
gemeint war und manchmal hilft nur noch das Buchstabieren. Das passiert z.B. häufig bei den Buchstaben M und N. Manche Buchstaben bzw. Laute erkennen wir auch nur im Zusammenhang mit ihren Nachbarlauten. Sind die Nachbarlaute identisch, wird es kritisch, weshalb z.B. bei telefonischen Terminabsprachen die Monate Juni und Juli durch Juno und Julei ersetzt werden. Konsonanten sind wichtiger als Vokale.

grafische Darstellung der Schallwellen (Oszillogramme)



gesprochenes A | technisch bearbeitetes A (wird als O gehört) Töne unter 300Hz und über 600Hz abgesenkt | gesprochenes O

7.3 Wie funktioniert das Ohr?



Von Lars Chittka; Axel Brockmann - Perception Space—The Final Frontier, A PLoS Biology Vol. 3, No. 4, e137 doi:10.1371/journal.pbio.0030137 (Fig. 1A/Large version), vectorised by Inductiveload, CC BY 2.5, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5957984

Die Schallübertragung durch die Luft

Der Schall, der tagtäglich an unser Ohr dringt, wird zunächst über die Luft ins Ohr und durch den Gehörgang ans Trommelfell geleitet. So beginnt das Trommelfell zu schwingen. Diese Schwingung überträgt sich

auf die Gehörknöchelchenkette des Mittelohres und wird durch diese erheblich verstärkt. Es ist ein „akustisches Getriebe“: Ein großes Trommelfell nimmt die geringen Luftdruckschwankungen des Schalles auf, die Gehörknöchelchen übersetzen sie über Hebelbewegungen in große Schwankungen am kleinen ovalen Fenster um.
Beispiele für Schädigungen:

- Gehörgangsverengung/verschluss
- Trommelfellschädigung
- Gehörknöchelchen: Versteifungen, Unterbrechungen, Zerstörung

Durch Flüssigkeitswellen

Die Gehörknöchelchen enden am Ovalen Fenster, dem Beginn des Innenohres, der Cochlea. Diese ist mit Flüssigkeit gefüllt und gerät nun in Schwingung, es entsteht eine Welle. Diese Welle lässt die Basilarmembran schwingen, die dafür zuständig ist, die einzelnen Frequenzen zu unterscheiden. Die an einer bestimmten Stelle schwingende Membran wiederum reizt die darunterliegenden Hörhaarzellen.
Beispiele für Schädigungen:

- Versteifung des Ovalen Fensters (Eingang ins Innenohr)
- Versteifung der Basilarmembran (altersbedingt ab etwa 50 Jahre)

Die Hörhaarzellen im Innenohr

Die ca. 5000 Hörhaarzellen sind zuständig für die Tonhöhenweitergabe, ähnlich wie eine Klavier-Tastatur. Es gibt Stützhaare, die allzu laute Töne abschwächen, leise verstärken, sowie die eigentlichen Hörhaare (Tasten) für hohe, mittlere und tiefe Töne. Beispiele für Schädigungen:

- Abknicken (Verkürzung) des Hörhärchens (die Basilarmembran erreicht das Hörhärchen erst ab einer höheren Lautstärke)
- Komplettes Abbrechen des Hörhärchens (Ton wird nicht mehr gehört)
- Schäden an den Stützhärchen (Unbehaglichkeitsschwelle herabgesetzt)

Durch elektrische Impulse

Die Hörhärchen reizen die Hörzellen und diese schicken je nach Tonhöhe und Lautstärke entsprechende elektrische Impulse über Hörnerv und Nervenbahnen an das Gehirn. Dort werden diese Impulse ausgewertet. Wir „hören“ tatsächlich erst jetzt. Beispiele für Schädigungen:

- Empfindlichkeitsabschwächung: Die Hörzelle gibt nicht mehr bei normaler Lautstärke ein Signal ab, sondern erst ab einer erheblich höheren „Reizschwelle“.
- Totalausfall: Die bestimmte Frequenz wird gar nicht mehr gehört
- Hörbahnen/Hörnerv leiten nicht mehr korrekt ins Gehirn.
- Die Verarbeitung im Gehirn funktioniert nicht mehr korrekt.

7.4 Das „technische Datenblatt“ des Gehörs

Was kann das Gehör eines Guthörenden?

- Das Ohr ist ein Schalldruck-Wandler, genauso wie ein Mikrofon. Es wandelt unterschiedlichen Schalldruck in Nervensignale um.
- In jungen Jahren hat das Ohr ein **Frequenzspektrum** von etwa 16-20.000 Hz, mit zunehmendem Alter nimmt die obere Grenzfrequenz ab, mit 60 Jahren wird selten mehr als 12.000Hz erreicht.
- Eine Verzehnfachung des Schalldruckes wird im Hauptfrequenzspektrum meistens als Verdoppelung der **Lautstärke** empfunden.
- Die **Hörschwelle:** Das Ohr ist bei 2000Hz am empfindlichsten und hört dort einen Schalldruck von 2µPa (Mikro-Pascal, 1Pa = 1N/m², normaler Luftdruck ≈100.000Pa =1 bar). Diese 2µPa werden mit 0dBSPL bezeichnet. Sie ist etwa das 0,000 000 000 01 fache oder 10 mal Ein-Billionstel eines Autoreifendrucks.
  (dBSPL = deziBel Sound Pressure Level)
- Die **Unbehaglichkeitsschwelle** ist die Lautstärke, die als unangenehm betrachtet wird: etwa 100 bis110 dBSPL (2Pa-6,3Pa).
- Die **Schmerzschwelle** wird in der Literatur unterschiedlich angegeben und liegt zwischen 120dBSPL (20Pa) und 140dBSPL (200Pa). 200Pa etwa 1/1000 vom Autoreifendruck.
- **Maskierungseffekt**: Überschreitet die Lautstärke von tiefen Tönen die der hohen Töne, werden die hohen Töne nicht mehr wahrgenommen. Z.B.: Ist ein 1000Hz-Ton 80dB laut, wird ein 2000Hz-Ton erst ab etwa 60dB gehört.
- **Räumliches Hören**: 10 µs (Mikro-Sekunden) (0,00001s) Zeitunterschied eines Schallereignisses zwischen rechtem und linkem Ohr können erkannt werden. Bei 30 µs Zeitdifferenz wird ein anderer Ort der Schallquelle angenommen. Das entspricht einem Winkel von etwa 3°. Die Zeitdifferenz zwischen ganz rechts und ganz links beträgt etwa 1,2 bis 1,5 Milli-Sek [ms].
- Das einzelne Ohr kann Zeitunterschiede von etwa 30ms erkennen, aber erst etwa100ms Zeitunterschied wird als **Echo** empfunden, darunter wird als **Hall** empfunden. Dies hängt sehr von der Charakteristik des Schalles ab. (Testtöne, Sprache, Musikart, Musiktempo etc.)

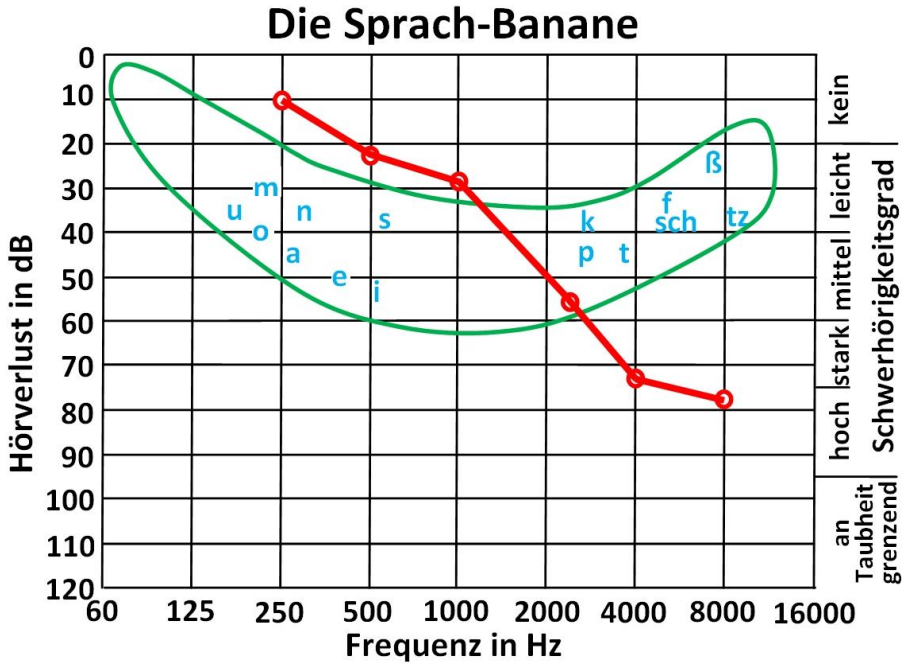
7.5 Was passiert bei Schwerhörigkeit?

Schwerhörigkeit ist sehr vielschichtig, jede/r Schwerhörige hat eine ganz individuelle Hörschädigung, je nachdem, an welchen Stellen die Übertragungskette wie geschädigt ist. Dennoch lassen sie sich in zwei grundlegend unterschiedliche Gruppen einteilen:

- Schall-**Leitungs**-Schwerhörigkeit (etwa **5**% der Schwerhörigen)
- Schall-**Empfindungs**-Schwerhörigkeit (**95**% der Schwerhörigen)

Bei der ersten – sehr viel kleineren Gruppe – ist das Problem, dass sie leiser hören, weil der Schall auf seinem Weg zum Innenohr nicht ausreichend verstärkt wird. Hier hilft oft eine einfache Schallverstärkung ggf. mit ein wenig Klangregelung, oder ein im Knochen verankertes Hörgerät (BaHa). Manchmal kann auch eine Operation (z.B. bei Otosklerose) Abhilfe schaffen.

Beim Großteil der Schwerhörigen und vor allem bei altersbegleitend Schwerhörigen liegt das Problem jedoch nicht an der generellen Lautstärke, sondern darin, dass bestimmte Frequenzen – meist die höheren Töne – nicht mehr normal laut oder gar nicht mehr gehört werden (Schallempfindungsschwerhörigkeit).



Die beispielhafte (rote) Hörkurve im oberen Diagramm zeigt, welche Buchstaben noch gehört werden (unterhalb) und welche nicht (oberhalb). Ursachen gibt es sehr viele:

- Vererbung, Fehlbildungen
- Krankheit (Infektionen)
- Hörsturz (starker Stress, Schwangerschaft, Geburt u.v.a.m.)
- Verschleiß durch lauten Berufs- und Freizeitlärmpegel (z.B. Arbeitslärm, lautes Musik-Hören, Motorrad-Knattern)
- Knalltrauma (Airbag beim Unfall, „schallende Ohrfeige“, Schießübungen beim Militär, Silvesterböller, Schreckschuss-Pistole beim Spielen von Kindern etc.)
- Medikamenten-Nebenwirkungen (Packungsbeilage beachten …)
- altersbedingter Verlust der Elastizität der Basilarmembran
- und sehr vieles andere mehr.

Das führt dazu, dass manche Töne normal laut gehört werden, manche erheblich leiser und manche gar nicht mehr. Oder dazu, dass nicht nur die eigentliche Frequenz gehört wird, sondern noch ein paar benachbarte. Um es mit dem oben Beschriebenem zu sagen:

Die Umsetzung des Schalls in Nervensignale funktioniert nicht mehr 100%ig korrekt. Manche Konsonanten/Vokale bzw. Laute kommen normal, manche verfälscht, manche gar nicht mehr an. Bis zu einem gewissen Grad kann das Hörzentrum im Gehirn aus seinem Erfahrungsschatz noch ausgleichen. Bei größeren Lücken hilft nur ein Hörgerät.

Eine systematischere Darstellung der Problematik findet sich in Kapitel 7.12 - 7.14. Schwerhörigkeit geht einher mit der Einschränkung oder dem Verlust des räumlichen Hörvermögens. Wie das räumliche Hören funktioniert, findet sich in Kapitel 7.9.

7.6 Wie funktioniert ein Hörgerät?

Ein Hörgerät ersetzt die Schallaufnahme des äußeren Ohres durch ein technisches Gerät, das den Schall so wandelt, dass die Hörstörung so weit wie möglich ausgeglichen wird. Hörgeräte helfen, den Prozentsatz dessen, was verstanden wird, zu erhöhen. Ein völliger Ausgleich wird in aller Regel auch mit High-End Geräten nicht mehr möglich sein.

Das Hörgerät empfängt im Normalzustand mithilfe eines Mikrofons den Luftschall und bildet damit eine kleine elektrische Spannung, die das

genaue Abbild des Schalls ist. Oder es wird auf T-Spule umgeschaltet und diese elektrische Spannung kommt daraus (dazu später mehr).

Dieses Signal wird vor-verstärkt in den Analog-Digital-Wandler geschickt und dann zum Sound-Prozessor. Dies ist ein Mikro-Computer mit Software-Programmen zur digitalen Klangverarbeitung. Bei einfachen Hörgeräten bietet er im Wesentlichen nur einen Klangregler oder auch Equalizer genannt, wie bei einer Stereoanlage. Die Klangregelung wird auf die individuelle Hörstörung programmiert: die Frequenzbereiche werden verstärkt, die nicht mehr laut genug gehört werden. Gleichzeitig muss aber die Lautstärke zwischen erhöhter Hörschwelle und erniedrigter Unbehaglichkeitsschwelle gehalten werden, dazu gibt es noch die Software für die Lautstärke-Kompression = „Automatische Aussteuerungs-Kontrolle“. Basis-Geräte bieten drei auswählbare Programme, teurere Hörgeräte bieten bessere Technik, mehr per Fernsteuerung auswählbare Programme und mehr Komfort.

Das verstärkte Signal wird wieder von einem kleinen Lautsprecher in Schall umgesetzt. Damit es keine Rückkopplung (Kap.7.8) gibt, wird der Gehörgang durch ein Ohrpassstück schalldicht verschlossen und der Schall über einen Schlauch direkt in den Gehörgang bzw. direkt vor das Trommelfell geleitet. Eine offene Versorgung ist nur bei leicht- bis mittelgradiger Schwerhörigkeit möglich. Dabei wird der Hörschlauch im Ohrkanal durch ein kleines Silikon-Schirmchen fixiert oder ein externer Micro-Lautsprecher vor oder in den Gehörgang geklemmt.

Das Hörgerät gleicht also die individuelle Hörstörung dadurch aus, dass der Schall so „verbogen“ wird, dass sich der Hörfehler des Ohres wieder einigermaßen ausgleicht. Allerdings kann ein Hörgerät die Töne, die gar nicht mehr gehört werden, auch nicht mehr „herbeizaubern“.

Die in der Werbung im Wesentlichen herausgestellte Technik ist optimiert für Hörsituationen in einer privaten oder beruflichen Situation: Straßenverkehr, Zweier- oder Kleingruppengespräch im engen Kreis, auch in geräuschvoller Umgebung. Hier wird von Rundempfangsmikrofon auf Richtmikrofon umgeschaltet. Ein Richtmikrofon aber entfaltet seine Wirkung nur auf maximal 2 bis 3m Entfernung (je nach Situation nur 1,50 m bis 0,30 m). Deswegen gibt es für eine barrierefreie Versorgung in einer Sprecher-zu-Auditoriums-Situation (Kirche, Vorträge etc.) in ca. 80-85% der Hörgeräte die T-Spule (Telefonspule/Induktionsspule). Hörakustiker*innen aktivieren sie kostenlos in wenigen Minuten.

7.7 Was ist ein CI (Cochlea Implantat)?

Bei an Taubheit grenzender Schwerhörigkeit oder Ertaubung kann sich der/die Schwerhörige für ein CI entscheiden. Dabei wird ein Bündel von bis zu 24 Elektroden in die Hörschnecke eingeschoben und mit einem unter der Haut liegendem Empfangsteil verbunden. Der Sprachprozessor wird ähnlich wie ein Hörgerät getragen und überträgt seine Signale drahtlos an das Empfangsteil. Die Elektroden stimulieren dann die Hörzellen direkt. Allerdings stimuliert eine einzelne Elektrode gleich eine ganze Reihe von Hörzellen. Das ist etwa so, wie wenn ein Pianist nicht mit den Fingern die Klaviertaste anschlägt, sondern mit der breiten Hand und damit immer noch eine ganze Reihe Tasten rundherum anschlägt.. Ein CI ist Hochton-betont.

Ein CI-Träger muss nach der Operation das Hören in einer Reha-Klinik neu erlernen und der Sprachprozessor wird dort immer wieder von Spezialisten nachjustiert. Meist sind mehrere Reha-Klinik Aufhalte nötig.

Was Höranlagen betrifft: alle CI's sind mit der T-Spule ausgestattet, sodass alle induktiven Höranlagen genutzt werden können.

7.8 Künstlicher Hall und Rückkopplungspfeifen

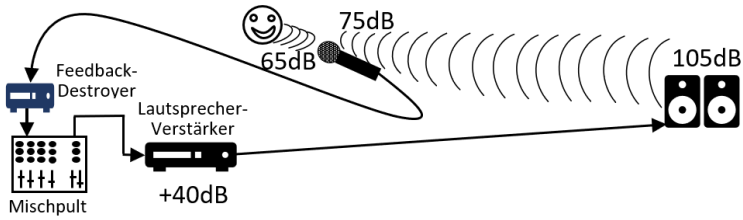
Ein Rückkopplungspfeifen entsteht dann, wenn der Schall aus dem Lautsprecher wieder zurück ins Mikrofon gelangt, aber so stark, dass er vom Verstärker noch lauter verstärkt wird, als er war. Es entsteht ein schrilles Pfeifen.

Beispiel: die Beschallungsanlage verstärkt zwischen Mikrofon und Lautsprecher um 40dB (=100-fach): ins Mikrofon wird mit 65dB gesprochen, im Abstand von 1m vom Lautsprecher kommen 65dB + 40dB =105dB heraus. Ein wenig später kommt immer etwas Schall vom Lautsprecher direkt oder über Reflexionen zurück in das Mikrofon. Und nun kommt ein Knackpunkt: ist der Rückfluss lauter als die ursprüngliche Lautstärke, kommt es zu einem Rückkopplungspfeifen, ist der Rückfluss leiser, kommt es zu einem künstlichen, technisch verursachten Hall, der die Verständlichkeit des gesprochenen Wortes für alle reduziert.

Rückkopplung wäre so: der Rückfluss ist stärker als die 65dB, sagen wir 10dB lauter als ursprünglich, also 75dB, dann wird das ebenfalls wieder um die 40dB verstärkt, der Lautsprecher liefert dann 75dB+40dB = 115dB. Davon gehen dann wieder 115db-10dB=105dB zurück ins Mikrofon. Wir sehen, Es gibt quasi eine „Kettenreaktion“, ein „Zins- und

Zinseszins-Effekt“ oder Teufelskreis. Das System schwingt sich auf, eine Frequenz gewinnt die Oberhand, man nennt sie Resonanzfrequenz, und es pfeift dann, was der Verstärker hergibt und die Lautsprecher oder ein anderes Teil der Anlage durchbrennt. Die einzige Chance, dies zu verhindern, ist, möglichst wenig Schall vom Lautsprecher zurück ins Mikrofon zu lassen.

Dies kann z.B. folgendermaßen gemacht werden:



- Richtmikrofon benutzen: es nimmt den Schall aus der Hauptrichtung bevorzugt auf, während es von hinten oder seitlich kommenden Schall bzw. Schallreflexionen erheblich schwächer aufnimmt.
- Den Verstärker nicht so stark aufdrehen (geht beim Hörgerät nicht, da die Lautstärke benötigt wird, um den Hörverlust auszugleichen.)
- Abstand Lautsprecher zum Mikrofon vergrößern, denn die Lautstärke (Schalldruck) nimmt mit der Entfernung ab. (Deshalb ist das Hörgerätemikrofon oben auf der Ohrmuschel)
- Reflexionen reduzieren: Kirchen-Raum: Schallschluckende Wände, mehr Gottesdienstbesucher, Hörgerät: dichteres Ohrpassstück, dickerer Hörschlauch, schalldichteres und damit größeres Gehäuse, keinen Hut aufziehen, keinen Kopfhörer benutzen.
- Elektronische Schaltung („Feedback-Destroyer“=FBD) im Verstärkereingang, die erkennt, dass sich da eine Frequenz aufschaukelt. Die schwächt er dann stark ab, um den Teufelskreis zu verhindern.

Rückkopplungen entstehen auch auf elektronischen Weg, wenn das elektrische Signal vom Ausgang des Verstärkers auf irgendeinem Weg wieder in den Eingang des Verstärkers gelangt. (siehe weiter unten.)

Übrigens: Setzt ein*e Hörgeräteträger*in normale Kopfhörer über die Hörgeräte, dann kann es zu einem Rückkopplungspfeifen kommen. Der Lautsprecher im Hörgerät strahlt auch Schallwellen in die Umgebung ab. Normalerweise verlieren sie sich in der Weite des Raumes. Die Kopfhörermuschel aber reflektiert den Schall wieder auf das Mikrofon und es kommt zum Rückkopplungs-Pfeifen. Diese Schallreflexion kann auch von einer Hutkrempe ausgelöst werden.

7.9 Warum verstehen Guthörende selbst in lauter Umgebung? räumliches Hörvermögen, Cocktailparty-Effekt

Schon als Baby lernen wir zu erkennen, aus welcher Richtung Geräusche kommen. Dieses Richtungshören benutzt unser Gehirn um Stör- und Nutzgeräusche zu unterscheiden: was wir hören wollen wird verstärkt, die Störgeräusche leiser ans Bewusstsein weitergegeben. Das Richtungshören läuft vor allem über die hohen Frequenzen. Diese sind aber bei Schwerhörigen in aller Regel gestört.

Guthörende können räumlich hören, d.h. sie können erkennen, woher ein Geräusch kommt: rechts, links, vorne, hinten, oben, unten, von weit oder von nah. Räumliches Hören funktioniert im Wesentlichen über die hohen Töne in den Geräuschen, der zuerst eintreffende Direktschall gibt die Richtung an. (Haas-Effekt)

Komponenten des räumlichen Hörens:

- **Lautstärkeunterschied** zwischen rechtem und linkem Ohr: Ab etwa 1500Hz schattet der Kopf den Schall etwas ab. Dadurch ist der Ton auf der einen Seite etwas lauter, auf der anderen etwas leiser. Anm.: die meisten Musikaufnahmen beschränken sich auf diese Komponente, deswegen hören wir dabei nur einen Bereich von links nach rechts – Stereo –, aber keinen Raum (vorne, hinten, oben, unten, nah oder fern). (Das Verfahren nennt sich „Intensitäts-Stereophonie“.)
- **Laufzeitunterschied**: die Schallwelle hat zum einen Ohr eine grössere Entfernung zurückzulegen als zum anderen Ohr. So kommt der Schall am einen Ohr einen Bruchteil einer Sekunde später an als am anderen. Eine Zeitdifferenz von 1,2 bis 1,5 Millisekunden reicht, um den Ton scheinbar von ganz links oder ganz rechts kommen zu lassen. Noch kleinere Zeiten sind für die Zwischenschritte notwendig. Das Gehirn kann Laufzeitunterschiede zwischen rechtem und linkem Ohr von 10 Mikro-Sekunden (0,00001 s) erkennen. Bei 30 Mikro-Sek Unterschied wird ein anderer Ort der Schallquelle erkannt.
- **Phasenverschiebung**: zum Zeitpunkt X kann am einen Ohr der Wellenberg ankommen, während am anderen Ohr gerade das Wellental ankommt (Phasenverschiebung, im Winkel-Grad angegeben). Bei verschiedenen Frequenzen ist das unterschiedlich. Daraus kann das Ohr ebenfalls die Richtung ermitteln. Wie stark sich die Phasenver-

schiebung auf das räumliche Hörvermögen auswirkt, kann man bei einer Stereoanlage feststellen: Ein Wellenberg muss die Lautsprechermembranen nach vorne schwingen lassen, somit einen Wellenberg erzeugen. Verdreht man an einem Lautsprecher die Anschlusskabel, dann erzeugt er stattdessen ein Wellental => Phasenverschiebung 180°. Das räumliche Klangbild wird verwaschen und ein klares Erkennen, wo die einzelnen Instrumente spielen, ist nicht möglich.

- **Ohrmuscheleinfluss auf den Luftschall**: Der Hauptanteil des Schalls erreicht über die Luft das Trommelfell, von da aus gelangt der Schall in das Innenohr (Hörschnecke). Ohrmuschel und Gehörgang verändern die Klangfarbe je nach Richtung der Schallquelle: je nach Tonhöhe und Richtung ändert sich die Lautstärke und die Phasenverschiebung zwischen dem rechten und linken Ohr. Das ist bei jedem Menschen unterschiedlich, denn jeder Mensch hat seine ganz individuellen Ohren.
- **Körperschall**: Ein Teil des Geräusches arbeitet sich von der einen Seite des Kopfes durch ihn durch auf die andere Seite zum Innenohr (Hörschnecke). Dieser Körperschall ist deutlich leiser als der Luftschall, aber auch hier unterscheiden sich wieder Schalllaufzeit, Lautstärke und Phasenverschiebung zwischen rechtem und linkem Ohr.
- **Ausrichtung des Trommelfells**: Nach neuesten Forschungen richtet sich das Trommelfell dorthin aus, wo die Augen hinsehen. Das funktioniert aber nur, wenn die eigene Ohrmuschel und Ohrkanal genutzt werden können. Bei einem Hörgerät/CI ist das aber nicht der Fall.
  http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/wahrnehmung-kopplung-zwischen-ohren-und-augen-entdeckt-a-1189573.html

Aber warum können Guthörende trotzdem im Störschall verstehen? Das ist der ***Cocktailparty-Effekt***. Im Gegensatz zu einem High-end Hörsystem, das nur zweidimensional (2D = horizontale Hörebene) hören kann, können Guthörende räumlich 3D (rechts, links, oben, unten, vorne, hinten, Entfernung) hören. Aufgrund des räumlichen 3D-Hörens sind Guthörende in der Lage, präzise zu erkennen, woher Hall, Echo und Störgeräusche und woher der Nutzschall kommen. (z.B.: Schulkinder hören sehr genau, wann der/die Lehrer*in vor der Klassentür steht und lassen reflexartig ihre Handies verschwinden.) **Unwillkürliche Kopfbewegungen** ändern die Wahrnehmung zwischen rechtem und linkem Ohr: unterschiedliche Lautstärke, Phasenlage und Klangfarbe des Schalls ändern sich für jeden Menschen individuell charakteristisch. Die charakteristi-

schen Veränderungen je nach Kopfstellung sind im Hörzentrum abgespeichert. Das haben wir schon als kleines Kind gelernt: die Mutter spricht das Kind von hinten an, das Kind sieht die Mutter nicht und dreht sich um und hat schon gelernt, wie sich der Schall ändert: Kommt der Schall von Vorne und der Kopf wird nach links gedreht, wandert der Schall nach rechts, kommt er von hinten, wandert er nach links. Dieses Erlernen des räumlichen Hörens geht natürlich nur, wenn das Kind nicht schon von Geburt an schwerhörig ist. Das Hörzentrum im Gehirn kann zusätzlich Informationen über die Kopfstellung, vom Gleichgewichtsorgan, den Augen u.v.a.m. auswerten. Und auch das Kurzzeit-Gedächtnis gibt seinen Teil mit: „Das Geräusch kam eben noch von dort.“ Und wenn das Geräusch wie ein Handy klingt, richtet sich die Suche zunächst nicht an die Decke, das sagt die Erfahrung.

Dadurch kann das Hörzentrum im Gehirn die Schallquelle bzw. die Richtung vom Störschall lokalisieren. Es kann so für die Weiterverarbeitung Störschall erheblich leiser und Nutzschall lauter machen. Ein Hörgerät kann die Kopfstellung nicht auswerten, sieht nicht durch unsere Augen, und hat auch keinen Zugriff auf unsere Erinnerungen. Durch intelligente Verfolgung von Schallmustern kann ein HighEnd-Hörgerät vielleicht erkennen, in welche Richtung wir gerade den Kopf drehen, aber es weiß nicht, ob wir dort nur hinschauen wollen, aber nicht hören.

Aber: wenn ein völlig neues Geräusch auftritt, dann müssen selbst Guthörende erst einmal durch etwas längeres „Herumhorchen“ und „Herumschauen“ die Schallquelle ermitteln. Eine Schallquelle nur mit tiefen Tönen (Elefantenherde im Urwald) kann gar nicht geortet werden.

Das „räumliche Hören“ der High-End-Hörgeräte bleibt ein simuliertes 2D-Hören, ist zwar in vielen Situationen (z.B. Straßenverkehr) von hohem Nutzen, aber nicht beim Hören einer Predigt oder eines Vortrages.

7.10 Hall, Echo, STI, Nebengeräusche, Latenzzeit, Lippensynchronität

7.10.1 Echo, Hall/Nachhall

In Räumen wird der Schall an den Wänden mehr oder weniger stark reflektiert. Es entsteht aus „natürlichen“ Gründen Hall und Echo. Von einem **Echo** sprechen wir, wenn ein und dasselbe Schallereignis mindestens zweimal kurz hintereinander beim Hörenden eintrifft, aber jeweils als getrenntes Signal wahrgenommen wird (von Guthörenden), das sind abhängig von der Art des Schalles etwa 100ms = 0,1s.

Hall/Nachhall entsteht, wenn Schallreflexionen mehrfach so kurz hintereinander beim Hörenden eintreffen, dass sie nicht mehr exakt auseinander gehalten werden können, ineinander verschwimmen (etwa 30 bis 100ms. Die Nachhallzeit, ist die Zeit, in der der Schallpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60dB (=1/1000) abgenommen hat. Guthörende können in vielen Situationen noch etwas auseinanderhalten (Cocktailparty-Effekt, s. Kap.7.9), bei Schwerhörigen aber verschwimmt alles zu einem undefinierbaren Mischmasch.

Musik „lebt“ vom Nachhall, Sprache aber wird bei Nachhall/Echo auch für Guthörende immer unverständlicher. Je länger die Nachhallzeit, desto mühsamer wird das Verstehen auch für Guthörende. Kirchen sind gerade wegen der Musik auf langen Nachhall („gute Akustik“) gebaut: Ulmer Münster 12sek, Kölner Dom 13sek. DIN 18041: gute Sprachverständlichkeit bei 0,6-0,8sek Nachhallzeit. Aber Schwerhörige können allerhöchstens ca. 0,5sek vertragen. Kirchen haben typische Nachhallzeiten von 2-8sek. Nachhallzeit in der Kirche abschätzen:

kostenlose App: ClapIR oder PC-Programm Audionet-Carma.

Gibt es im Raum eine Beschallungsanlage, trifft der Schall aus den Lautsprechern von links/rechts, vorne/hinten zu unterschiedlichen Zeiten an die Ohren, es entsteht zusätzlich ein **technisch verursachter Hall.** Das schränkt die Verständlichkeit auch für Guthörende ein. Moderne Anlagen verwenden deshalb möglichst wenige gut bündelnde Richtlautsprecher: für Guthörende ausreichend, aber meist nicht für Schwerhörige wegen des eingeschränkten räumliches Hörvermögens. Hier müssen wir mit einer eigenen Technik weiterhelfen => Höranlage.

7.10.2 STI: Speech Transmission Index (Sprach-Übertragungs-Index)

Das Maß für die Sprachverständlichkeit im Störschall ist wichtig in Vortragsräumen und bei Anlagen für Durchsagen oder Alarmierungen im öffentlichen Bereich, z.B. Bahnhof, Einkaufszentren, Tunnels etc. Gemessen wird der Anteil der gut artikulierten Wörter, die Guthörende im Störschall verstehen. Der ALcons (Articulation Loss of Consonants) ist eine andere Messmethode. Der mit einem technisch erzeugten Standardsprachsignal gemessene STI gilt eigentlich nur bei einem Schalldruckpegel von 55 bis 80dB(A), darunter und darüber nimmt die Verständlichkeit schon allein wegen der Lautstärke ab. „Unterhalb von 55 dBA wirkt sich die Hörschwelle aus und oberhalb von 80 dBA die Maskierung.“ (Anselm Goertz in https://www.professional-system.de/basics/sprachverstaendlichkeit-sti-basiswissen/

S/N-Abstand dB	15	12	9	8	6	3	0	-1	-3	-6	-9	-12	-15
STI	1	0,88	0,8	0,75	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Qualifizierung	ausgezeichnet			gut		ausreichend		schlecht		unverständlich			
ALcons	3-0%			7-3%		15-7%		33-15%		100-33%			
Verständlichkeit:													
Silben	90-96%			67-90%		48-67%		34-48%		0-34%			
Wort	94-96%			87-94%		78-87%		67-78%		0-67%			
Satz	96-100%			95-86%		92-95%		89-92%		0-89%			

vgl. http://www.sengpielaudio.com/Rechner-ALcons-STI.htm
https://www.professional-system.de/basics/sprachverstaendlichkeit.sti-basiswissen/#4
https://www.nti-audio.com/de/neuigkeiten/sprachverstaendlichkeit-in-beschallungssystemen

Die Silbenverständlichkeit ist jeweils am geringsten, fehlen Silben im Wort, werden sie anhand der anderen, verstandenen Silben erschlossen. Fehlende Wörter in Sätzen werden aus dem Zusammenhang erschlossen. Das Erschließen kostet jedoch Hirnleistung und Konzentration und geht bei Muttersprachlern natürlich besser als bei Fremdsprachlern.

Wir gehen davon aus, dass Schwerhörige immer die beste Sprachqualität benötigen, damit sie eine Chance haben, zu verstehen. Nicht jedes Wort ist gut artikuliert, es kann also mit Fug- und Recht 15dB Signal-zu-Nebengeräusch-Abstand gefordert werden. Zum Vergleich hier die Forderungen der Norm DIN EN 60118-4 für induktive Höranlagen:

S/N-Abstand	Kurzzeit (Schalter)	tolerabel	normal	hochqualitativ
maximaler Nutzsignalpegel	22dB(A)	30dB(A)	32dB(A)	43dB(A)
Durchschnitts-Nutzsignalpegel	10dB(A)	18dB(A)	20dB(A)	31dB(A)

Kirchen bieten auch für Guthörende durchaus nur einen STI von 0,5, d.h. die Hälfte der Silben, ein Viertel der Worte und jeder 12. Satz werden nicht verstanden, der Rest muss aus dem Zusammenhang bzw. daraus erschlossen werden, dass die Theologie des/der Pfarrer*in bekannt ist: einer der Gründe, weshalb Pfarrer*innen oft zu Beginn einer neuen Stelle gesagt wird: „Ihre/n Vorgänger*in konnte man aber besser verstehen!“ Aber wenn schon Guthörende nur 3/4 der Worte verstehen, können schon leichtgradig Schwerhörige mit einen Sprachverständlichkeitsgrad von 40-70% im „Freiburger Sprachtest im Störlärm (5dB S/N)“ nur noch etwa ein Drittel der Worte verstehen.

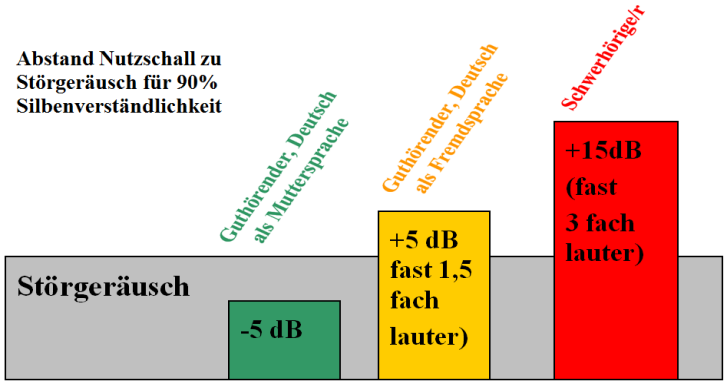
7.10.3 Nebengeräusche/Störschall

Bei öffentlichen Veranstaltungen wie Gottesdiensten, Vorträgen, Theater gibt es zahlreiche Nebengeräusche: Fußscharren, Husten, Türenklap-

pern, Kommentare von Zuhörern, Tuscheln von Konfirmanden, raschelnde Kleidung, Handyklingeln, Rauschen der Klimaanlage u.v.a.m.

Guthörende Muttersprachler*innen können aufgrund ihres räumlichen Hörvermögens Hall, Echo und Nebengeräusche im Hörzentrum des Gehirnes ausblenden bzw. erheblich reduzieren und erreichen noch 90% Silbenverständlichkeit, wenn das Störgeräusch 5dB lauter (fast 1,5mal so laut) ist als der Nutzschall, den sie hören möchten. Schwerhörige können das aufgrund des sehr viel schlechteren räumlichen Hörens nicht mehr. Ein normales Hörgerät kann aus physikalisch-technischen Gründen die Funktion der Ohrmuschel nicht nutzen. (Das Mikrofon liegt normalerweise oberhalb der Ohrmuscheln, s. Kap. 9.) Das reduziert noch zusätzlich das räumliche Hörvermögen (s. Kap.7.9). Bei einseitiger Hörgeräteversorgung oder unterschiedlichen Hörgeräten links und rechts gibt es mit Sicherheit auch unterschiedliche Phasenverschiebungen zwischen rechts und links. Nicht selten werden bestimmte Frequenzen nur auf einer Seite gehört, z.B. 1500Hz nur links und 2000Hz nur rechts. Das bedeutet, einmal Info Ton von ganz links, einmal rechts. Aber was soll das Hörzentrum im Gehirn als richtig betrachten?

Ergebnis:
Bei Schwerhörigen verschwimmen Nutzschall und Störschall zu einem „Einheitsbrei“, (=> „Diskriminationsverlust“). Der Nutzschall muss mindestens 15dB (fast 3mal) lauter sein als der Störschall. Es gibt keine Angaben dazu, was schwerhörige nicht-Muttersprachler brauchen.



Die Lautheitsangaben beziehen sich auf die psychoakustische Lautstärke-Empfindung (Kap.7.1)

Die Folge der Störgeräusche ist, dass der notwendige Nutz- zu Störsignal-Abstand von 15dB nicht mehr erreicht wird und sich damit die Rate der verstandenen Wörter reduziert. Selbst wenn das Störsignal noch

innerhalb der Norm ist, gibt es dennoch weitere Probleme z.B. für hochgradig Schwerhörige, die auf Mundabsehen angewiesen sind und das gesehene Mundbild mit den wenigen gehörten Tönen verbinden. Störgeräusche passen nicht zum Mundbild und sie können das gesprochene Wort nicht erkennen, sie geraten in Stress und „sind draußen“.

Richtmikrofone in den Hörgeräten reduzieren etwas die Störgeräusche, aber sie funktionieren nur auf kurze Entfernung bis max. 2-3m. (Siehe Hallradius Kap.7.11). Es sollte also nicht zu viel erwartet werden. Mit den üblichen zwei Kugelmikrofonen kann elektronisch maximal eine Hyperniere errechnet werden: die Reichweite wird nur verdoppelt.

Externe Richtmikrofone sind in der Regel per Hersteller- oder sogar Modellserien-spezifischer Funktechnik mit dem Hörgerät verbunden. Sie machen nur Sinn in der Nähe der Sprachquelle. Die/der Sprecher*in muss gebeten werden, das Funkmikrofon auf das Rednerpult/Kanzel zu stellen (man bekommt dann nur die Predigt mit), oder sich um den Hals zu hängen, mitunter gleich mehrere (Weihnachten): sie stoßen immer wieder zusammen und erzeugen somit im Hörgerät ziemliche Störgeräusche. Auf’s Rednerpult gestellt, muss es bei einer Sprechprobe richtig positioniert werden und der*die Sprecher*in muss gleichzeitig in die Funkmikros und das normale Mikro sprechen.

7.10.4 Latenzzeit

Sie ist der Zeitunterschied zwischen dem Direktschall und dem über die Anlage übertragenen Schall. Analoge Übertragungstechniken (FM/Induktion) sind praktisch latenzfrei, digitale Übertragungstechniken haben aber vom Prinzip her immer eine Latenzzeit, die bis zu einer Silbenlänge dauert. Es entstehen Hall bzw. Echo, die Sprachverständlichkeit leidet bei einer wahrnehmbaren Latenzzeit (spätestens ab 50ms):

- wenn es auf das Sehen und gleichzeitige Hören ankommt, also z.B. beim Mundabsehen und beim Film schauen.
- wenn beides, Originalton und übertragener Ton gehört werden, das ist bei:
  - offener Hörgeräteversorgung
  - einseitiger Hörgeräteversorgung
  - MT-Stellung der Hörgeräte (T-Spule und Mikrofon werden gemischt)

7.10.5 Lippensynchronität

Jeder Mensch und insbesondere Schwerhörige sehen auch vom Mund ab. Damit wird das Verstehen der Worte unterstützt. Mimik und Gestik tragen ebenfalls einen Teil bei. Ist die Zeitverzögerung zwischen Lippenbild und Ton zu hoch (Latenzzeit ab etwa 50 Millisekunden), dann

kann nicht mehr abgesehen werden, im Gegenteil, es wird sogar noch schwieriger zu verstehen, weil gesehene Mundstellung nicht mehr zum gehörten Laut (Phonem) passt. (s. Kap.7.12)

7.11 Hallradius: die physikalische Grenze eines Richtmikrofons

Immer wieder heißt es, mithilfe der Richtmikrofone in den Hörgeräten sei es heutzutage kein Problem, im Störschall zu hören. Hier zeigen wir auf, dass es da erhebliche physikalische Grenzen gibt, die auch nicht durch Werbeaussagen überwunden werden können. Rein praktisch reicht in einer Kirche oder einem Saal die Richtwirkung eines Mikrofons so zwischen etwa einem halben bis max. zwei/drei Meter.

In einem Raum mit einer Schallquelle und einem Mikrofon gibt es:

formelmäßig berechenbare Schallanteile:

- **Direktschall (Nutzschall/Primärschall)**: Schall, der auf dem direkten Weg von der Quelle zum (Hörgeräte-)Mikrofon läuft.
- **Diffusschall (Sekundärschall)**: das sind Hall und Echo, die von allen Seiten hin- und hergeworfen werden.

nicht berechenbare Schallanteile:

- **externe Störgeräusche** (Beispiele siehe Tabelle unten)
- **Diffusschall der externen Störgeräusche**

Quelle	einigermaßen konstant	völlig unregelmäßig
Publikum	Hintergrund-Gemurmel im Büro/Callcenter/ Schalterhalle	Tuscheln, Husten, Räuspern, Aufstehen, Hinsetzen, Laufgeräusche, Stühle-Rutschen, hinfallende Gegenstände
Gebäudetechnik	laufende Lüfter, Heizungen, Brummen der Lautsprecher	Schaltgeräusche, Lüftungsklappen, Fensterklappern, quietschende Bänke/Stühle
externe Quellen natürlich	Wind, Regen, Hagel, Meeresrauschen	Windstoß, Donner
externe Quellen technisch	entfernte Autobahn, Maschinen	naher Verkehrslärm (Auto/Bahn/Fluglärm)

Die externen Störgeräusche sind grundsätzlich nicht berechenbar und erzeugen ebenfalls noch einmal einen eigenen, ebenfalls nicht mehr berechenbaren Diffusschall. Nur die einigermaßen konstanten Störgeräusche kann ein sehr teures Spezialmikrofon in Sprechpausen aufnehmen und während des Sprechens über eine Software wieder hinausrechnen.

Betrachten wir vorerst nur den Direktschall und seinen Diffusschall, dazu gibt es physikalisch-audiotechnische Untersuchungen. Der Schalldruck des Direktschalls nimmt mit der Entfernung ab: doppelte

Entfernung, halber Schalldruck. Der Diffusschall ist im ganzen Raum in etwa gleich laut verteilt, das hängt von Raumgröße und Nachhallzeit ab.

> *Der **Hallradius** ist der Abstand zwischen Schallquelle und einem (Hörgeräte)-Mikrofon, wo der Direktschall (Nutzschall) genauso laut ist wie der Diffusschall (Störschall).*

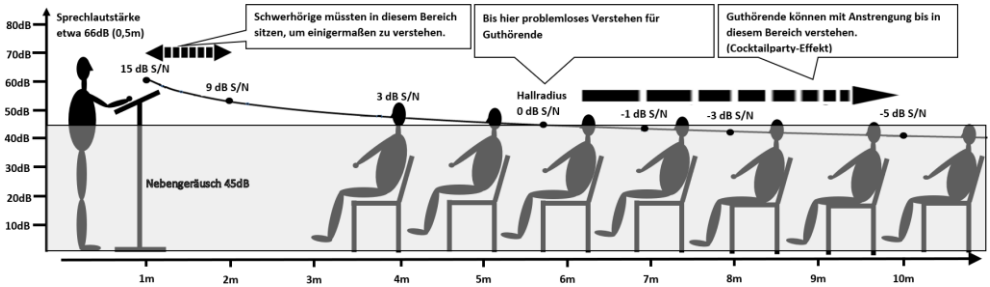
Befindet sich das Hörgeräte-Mikrofon am Hallradius, besteht nur die Hälfte des Schalls aus Nutzschall, die andere Hälfte sind aber Hall und Echo, für Schwerhörige bei Sprache also Störschall. Etwas Verbesserung bringt ein Richtmikrofon, es nimmt den von der Seite oder hinten eintreffenden Diffusschall weniger stark auf: „***Bündelungsgrad***“, er erweitert den Hallradius nur mit seiner Wurzel. (Bündelungsgrad: Kugelmikrofon = 1, Niere = 3, Hyperniere = 4). Richtlautsprecher reduzieren ebenfalls den Diffusschall. Zusätzlich brauchen wir – wie in Kap. 7.10) gezeigt – für Schwerhörige einen Abstand von Nutz- zu Störschall von 15dB. Die Formel für den maximalen Abstand zwischen Schallquelle und Hörgeräte-Mikrofon lautet:

$$r_H = \frac{\sqrt{\frac{24*\ln(10)*V*\gamma_L*\gamma_M}{16*\pi*c*RT_{60}}}}{10^{\frac{SN}{20}}}$$

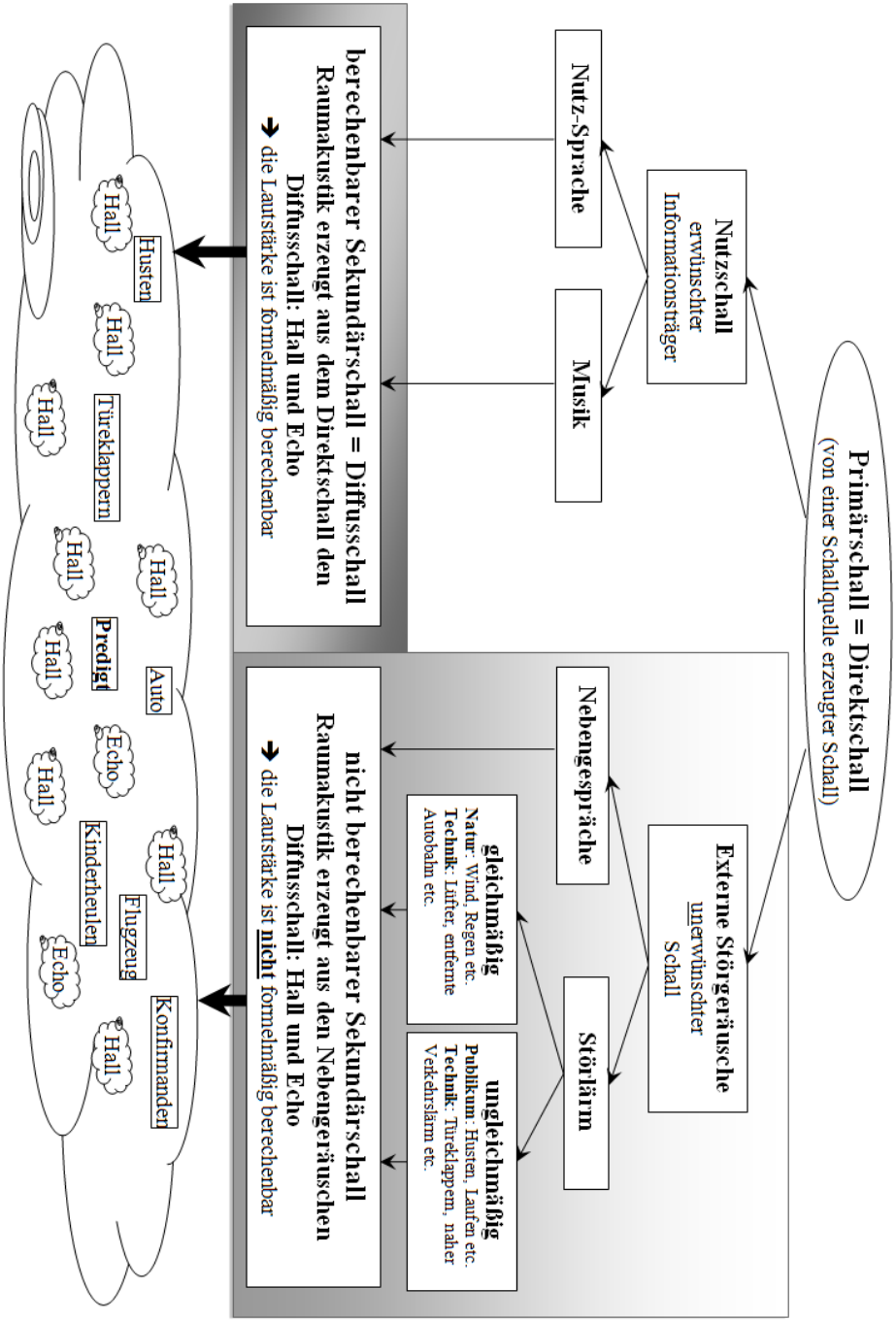
V	:=Raumvolumen in m^3
c	:=Schallgeschwindigkeit 343m/s
RT_{60}	:=Nachhallzeit in s
γ_L	:=Bündelungsgrad Lautsprecher
γ_M	:=Bündelungsgrad Mikrofon
SN	:=Signal/Nebengeräusch-Abstand (dB)

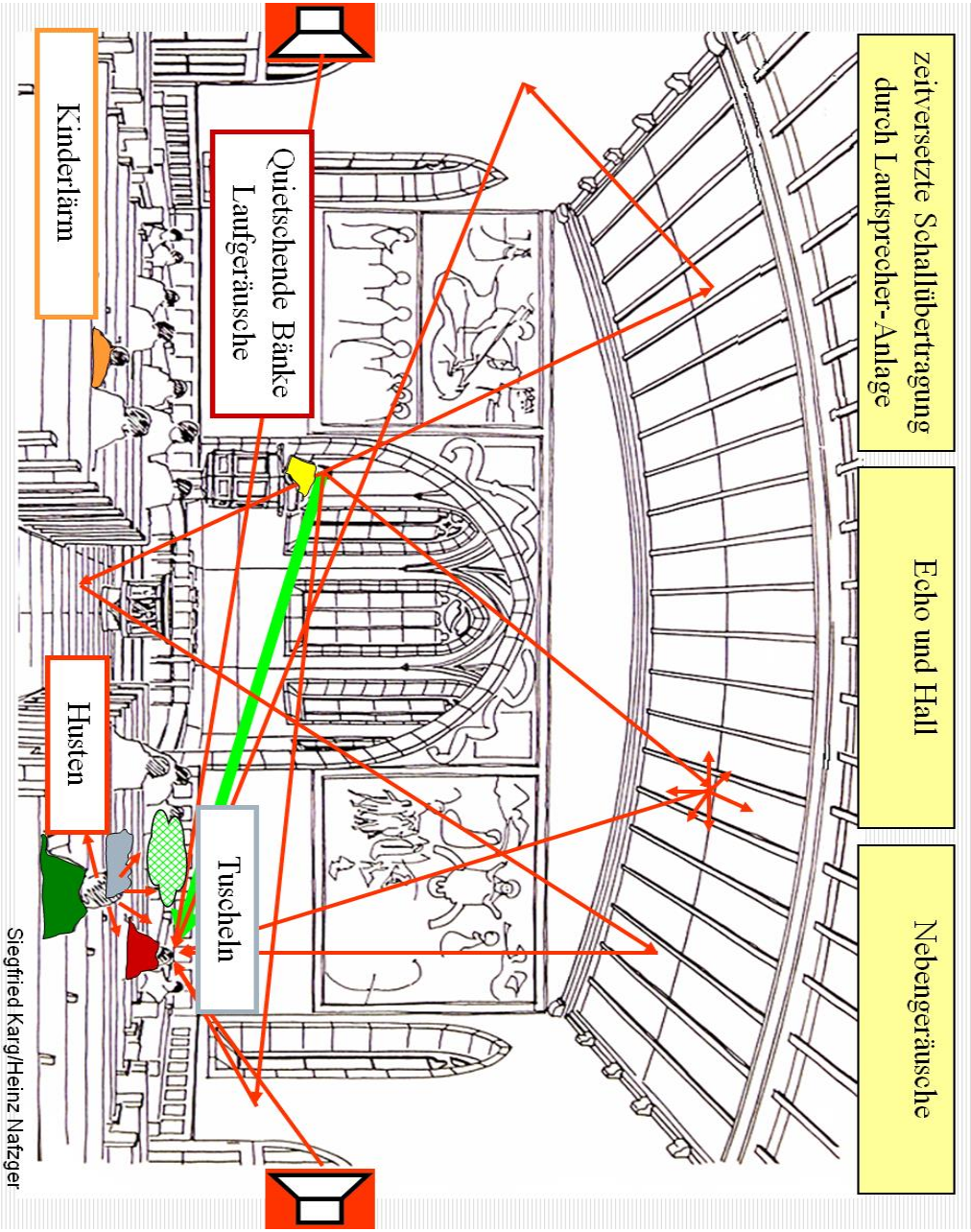
(vgl.: http://www.sengpielaudio.com/Rechner-RT60.htm
http://www.sengpielaudio.com/BuendelungsgradBuendelungsmassMikro.pdf
http://www.sengpielaudio.com/RelativerAbstandsfaktor.pdf
plus eigene Ergänzung des Signal/Rauschabstandes.)

Typische Werte für eine Kirche: etwa 0,5 bis etwa 2m, ohne Berücksichtigung vom externen Störschall! Weiter wegsitzende Hörgeräteträger hören vom Hörgerätemikrofon zu viel Störschall, also den typischen Schallbrei und verstehen: nichts! Guthörende können jedoch noch jenseits des Hallradius verstehen: ***Cocktailparty-Effekt***, (s. Kap. 7.9).



Anm. Nebengeräusch: 40dB: Raschelnde Blätter, 50dB: Kühlschrank in 1m Entfernung.


Primärschall = Direktschall
(von einer Schallquelle erzeugter Schall)
Nutzschall
erwünschter
Informationsträger
Nutz-Sprache
Musik
Externe Störgeräusche
unerwünschter
Schall
Nebengespräche
Störlärm
gleichmäßig
Natur: Wind, Regen etc.
Technik: Lüfter, entfernte Autobahn etc.
ungleichmäßig
Publikum: Husten, Laufen etc.
Technik: Türeklappern, näher Verkehrslärm etc.
berechenbarer Sekundärschall = Diffusschall
Raumakustik erzeugt aus dem Direktschall den
Diffusschall: Hall und Echo
➔ die Lautstärke ist formelmäßig berechenbar
nicht berechenbarer Sekundärschall
Raumakustik erzeugt aus den Nebengeräuschen
Diffusschall: Hall und Echo
➔ die Lautstärke ist nicht formelmäßig berechenbar
Husten
Hall
Hall
Türeklappern
Hall
Hall
Hall
Auto
Predigt
Echo
Hall
Hall
Flugzeug
Kinderheulen
Echo
Konfirmanden
Hall



Siegfried Karg/Heinz Nafzger

7.12 Die Folgen der Schwerhörigkeit für das Verstehen

Ein Phonem ist die kleinste bedeutungsunterscheidende Einheit eines Sprachsystems. Meist ist es ein Laut unserer Sprache, kann auch aus mehreren Lauten bestehen, z.B. rollendes R und Schnatter-R.

Schwerhörige haben drei grundlegende Probleme beim Hören bzw. Verstehen zu meistern:

1	Erkennen, was ein Störgeräusch oder Nutzschall ist.	= Phonem-Identifikation
2	Unterscheiden, um welchen Laut/Buchstaben es sich handelt	= Phonem-Distinktion
3	Hinzufügen von Lauten/Buchstaben, die nicht gehört werden können.	= Phonem-Supplementation

1. Phonem-Identifikation:

Erkennen, was ein Störgeräusch oder ein Phonem ist.

Störgeräusch: Hall, Echo, Nebengeräusche werden bei Guthörenden im Hörzentrum ausgefiltert, weil sie aus anderer Richtung kommen als der eigentliche Nutzschall. Schwerhörige können dies aber nicht mehr, weil ihr räumliches Hörvermögen stark eingeschränkt oder gar nicht mehr vorhanden ist. Es ist nicht mehr klar, was gehört zum gesprochenen Wort, was ist Nebengeräusch. Alles verschwimmt in einem einzigen großen Geräuschknäuel.

Beispiel: Von der Kanzel kommt der Satz „Brot und Wein gehören zum Abendmahl." Just bevor das Wort Wein gesprochen wird, kommt aus einer anderen Ecke ein Zischen. Nun wird „Brot und SchWein gehören zum Abendmahl" wahrgenommen. Jetzt gilt es, zu erkennen, ob das „Sch" ein Phonem oder ein Störgeräusch ist. Guthörende erkennen aufgrund der anderen Richtung auf Störgeräusch und sondern es völlig automatisch aus. Schwerhörigen fehlt ein Großteil der Richtungskomponente und sie müssen aus dem Zusammenhang auf Stör- oder Nutzschall erschließen. Ein Christ wird aufgrund seiner Sozialisation in einem weiteren Denkprozess das gehörte „Schwein" in das richtige „Wein" uminterpretieren. Ein Moslem, der den Satz hört, wird aufgrund seiner Sozialisation möglicherweise das „Schwein" als richtig betrachten, denn er weiß ja, dass für Christen Schweinefleisch nicht verboten ist.

2. Phonem-Distinktion:

Unterscheiden, um welchen Laut/Buchstaben es sich handelt.

Schwerhörige haben oft das Problem, dass für sie ähnliche Laute (z.B. b-p, d-t, g-k) gleich klingen („Gleichklang"). Sie müssen also ständig im

Kopf eine „**Rechtschreibkontrolle**“ durchführen. Aus dem Zusammenhang muss erschlossen werden, welcher Laut bzw. Buchstabe der richtige an dieser Stelle ist, und damit welches Wort nun gesprochen wurde. Dieses Erkennen wird umso schwieriger, je mehr Hall/Echo/Störgeräusch vorhanden ist, das ja aufgrund der fehlenden Richtungsinformation im Kopf nicht „herausgedacht“ werden kann.

Beispiel: „B“ und „M“ klingen so ähnlich, dass sie nur schwer zu unterscheiden sind. Gesagt wird: „Hol bitte die **B**utter“. Verstanden wird vielleicht: „Hol bitte die **M**utter“. Auch klingen z.B. „Na**g**el“ „Na**d**el“ „Na**b**el“ oft genug identisch. Besonders problematisch sind hochfrequente Laute zu Beginn oder Ende von einsilbigen Wörtern: Gei**st**/Gei**z,** Wi**tz**/Wi**sch** usw.

3. Phonem-Supplementation:

Hinzufügen von Lauten/Buchstaben, die nicht gehört werden können.

Schwerhörige können manche Laute/Buchstaben nicht mehr hören, sie fehlen einfach im gehörten Text; z.B. der Laut „tz“ ist sehr hochfrequent und wird oftmals nicht mehr gehört. Schwerhörige müsse also im Kopf ständig einen **Lückentext**, ausfüllen. Auch dieses Lückentext-Ausfüllen wird umso schwieriger, je mehr Hall/Echo/Störgeräusch vorhanden ist. Erst muss in Phase 1 (Phonem-Identifikation) festgestellt werden, dass an der betreffenden Stelle kein Phonem erkannt wurde. Sodann muss geprüft werden, ob da überhaupt ein Laut hingehört. Dann muss durchprobiert werden, welcher Laut aus der „Lücken-Liste“ dorthin gehört.

Zusammenfassend:

Diese drei Komponenten laufen wechselseitig ab. Wie in einer Kombination von Kreuzworträtsel und Puzzle mit fehlenden und falschen Steinen bei schlechter Vorlage muss aus dem Zusammenhang der richtige Laut an die richtige Stelle gesetzt werden. Schwerhörige können sich nie sicher sein, ob das Kreuzworträtsel-Puzzle richtig gelöst ist. Oft kann erst nach dem fertig gesprochenen Wort erschlossen werden, welcher Laut bzw. Buchstabe richtig an der Stelle ist, und damit welches Wort nun gesprochen wurde. Oftmals gelingt dies erst aus dem Zusammenhang, d.h. wenn klar ist, worüber gesprochen wird, meist erst wenn der Satz zu Ende gesprochen ist. Und nicht selten kommt der „Aha-Effekt“ erst am Ende der Rede. Und leider viel zu oft kommt er gar nicht. Verständlich, dass dies einen enormen Stress für Schwerhörige darstellt. Die schlechte Vorlage kann durch Schriftdolmetschen ausgeglichen werden.

Beispiel:

Hörschädigung: Buchstaben a/e/i/s ohne Hörgerät nicht mehr hörbar.

Fall 1: mit Hörgerät bleibt aber das „s“ trotzdem nicht hörbar.

Fall 2: mit Hörgerät: „s“ wieder hörbar, aber aus „a“ wird ein verwaschenes „o“, „e“ wird zu „ö“ und „i“ zu „ü“ (Gleichklang)

Gesprochen	: Jesus ist auferstanden
Ohne Hörgerät	: J u t uf r t nd n (starker Lückentext)
Fall 1	: Je u i t aufer tanden (teilweiser Lückentext)
Fall 2	: Jösus üst ouförstondön (Gleichklang)

Nun jeweils getrennt der Einfluss von Hall, Echo und Störgeräusche:

Hall	: JJeessuuss iisstt aauuffeerrssttaannddeenn
Echo	: JeJsues sisut sauifesrsttaanduenf e r s t a n d e n
Störschall	: JeXuY Zst auBerXtaRden

Was sich ergibt, wenn alles mehr oder weniger stark zusammentrifft, dürfen Sie sich selbst vorstellen. Es ist klar, dass das Verstehen für Schwerhörige mit sehr viel Konzentration verbunden und damit in hohem Maße tagesformabhängig ist. Das ist Hörstress pur.

7.13 Das Lautstärkeverhältnis von Nutz- zu Störschall

Wir haben oben dargestellt, dass nur 5% der Schwerhörigen ein Lautstärkeproblem haben, aber bei 95% der Schwerhörigen (vor allem bei altersbegleitender Schwerhörigkeit) das Problem nicht die Lautstärke ist, sondern, dass bestimmte Buchstaben bzw. Laute nicht mehr oder falsch gehört werden. Beispiel: *Fehlen am Klavier ein paar Tasten und sind ein paar Saiten kräftig verstimmt, dann ist eine Melodie auch nicht besser zu erkennen, wenn der Pianist lauter in die Tasten haut.*

Aber warum drehen viele (ältere) Schwerhörige ohne Hörgerät dann ihren Fernseher lauter oder verstehen besser, wenn wir lauter sprechen? Die Erklärung für dieses scheinbare Paradoxon ist verblüffend einfach: Für Schwerhörige ist es wichtig, dass die Nebengeräusche mindestens 15dB (fast 3x) leiser sind als der Nutzschall, also das, was sie hören wollen. In der Wohnung oder im Beruf können in aller Regel die auftretenden Nebengeräusche (Straßen- und Flug-Lärm, Küchengeräusche, Mitbewohner, Nachbarn, Kollegen/Kolleginnen, Telefonate, Maschinen, Computer etc.) nicht leiser gemacht werden. Also wird, wenn es geht, der Nutzschall, also z.B. der Fernseher so lange lauter gemacht, bis die Unbehaglichkeits- oder gar Schmerz-Schwelle erreicht ist.

Und dazu gibt es noch den **Maskierungseffekt**: Überschreitet die Lautstärke eines tiefen Tons (Paukenschlag oder wie in der Kirche Türeklappern) die Lautstärke der hohen Töne, so werden die hohen Töne nicht mehr wahrgenommen, somit das räumliche Hören nochmals reduziert.

Und bei einer Unterhaltung kommt noch ein weiterer Effekt hinzu: Wenn wir lauter sprechen, dann sprechen wir normalerweise automatisch langsamer und deutlicher, denn kaum eine/r kann schnell schreien (siehe Kasernenhof). Das hilft zwar einerseits, andererseits aber ist es für Schwerhörige unangenehm oder gar schmerzhaft und verschleißt die ohnehin geschädigten Hörhärchen und Hörzellen stärker als normal.

Aus dieser Erkenntnis müssen wir das obige Beispiel anders formulieren: *In einem lauten Bierkeller haben wir nur dann eine Chance, die Melodie, die der Pianist spielt, zu erkennen, wenn er die bierschwangeren Gröler übertönt. Wir werden aber die Musik kaum genießen und uns mit unserem Tischnachbarn nur schreiend unterhalten können. Auf dem Heimweg werden wir Ohrensausen haben.*

7.14 äußere und innere Störfaktoren beim Verstehen

Im Kapitel 7.12 hatten wir ja schon die drei Grundprobleme erkannt:

1. Phonem-Identifikation => Nutzschall vom Störschall unterscheiden
2. Phonem-Distinktion => Gleichklang („Rechtschreibkontrolle“)
3. Phonem-Supplementation => Lückentext

Dies können wir auch von einer anderen Seite betrachten, nämlich wo die Ursachen der Störfaktoren liegen: von außen (Umwelt) oder von innen, dem eigenen Ohr. Entsprechend gibt es auch unterschiedlich Ansätze, sie zu kompensieren.

Problem-Art	**Problem-Gruppe**	**Ursache der Störfaktoren**	**Hilfsmöglichkeit**
Störschall: Hall, Echo, Nebengeräusche	Phonem-Identifikation	außen: Umwelt	• **Höranlage** • Mundabsehen
Gleichklang: (b-p, d-t, g-k u.s.w.)	Phonem-Distinktion	innen: eigenes Gehör	• **Hörgerät** • **Schriftdolmetschen** • Mundabsehen
Lückentext: Nicht mehr gehörte Laute (z.B. „tz“)	Phonem-Supplementation		

7.15 Hilfsmöglichkeiten bei Schwerhörigkeit

Gelöst werden können die vielschichtigen Probleme der Schwerhörigen gewiss nicht. Es kann aber viel dazu beigetragen werden, dass ihnen der Stress beim Hören verringert wird und sie damit eine Chance auf besseres Verstehen bekommen.

Mundabsehen: In gewissem Rahmen kann der gesprochene Laut an der Lippenstellung und den Gesichtszügen erkannt werden: ein O unterscheidet sich deutlich von einem A, ein A unterscheidet sich aber oft kaum von einem E, und Bärte verdecken viele Gesichtszüge. Und bei größerer Entfernung oder schummriger Beleuchtung ist nicht mehr viel erkennbar. Deshalb ist es kein Witz: „Mach das Licht an, ich verstehe nichts mehr!“

O A E

Hörgerät: Es verstärkt die Frequenzen, die zu schwach gehört werden. Damit stellt es, sofern es überhaupt noch geht, wieder das richtige Verhältnis der Frequenzanteile eines Lautes her. (vgl. Kap. 7.2). Und trägt so ganz wesentlich zum Punkt 2 (Phonem-Distinktion) bei, in gewissem Rahmen aber auch zum Punkt 1 (Phonem-Identifikation); denn so kann unter Umständen auch eine Störinformation, also ein in unserer Sprache nicht vorhandener Laut, erkannt und ausgesondert werden.

Zum Punkt 3 (Phonem-Supplementation) können einige High-End-Hörgeräte beitragen. Sie können das ganze Frequenzspektrum der Sprache zusammenkomprimieren oder Teile verschieben in einen Frequenzbereich, der noch gehört wird. Allerdings hört sich die Sprache dann völlig anders an als gewohnt: Hören und Verstehen muss neu gelernt werden. Das ist mühsam und zeitintensiv und nicht alle Menschen kommen damit zurecht. (s. Kap. 9)

Höranlage: Die effektivste Hilfe ist eine richtig installierte Höranlage. Sie reduziert Hall/Echo/Störgeräusche so stark, dass die Phonem-Identi-

fikation (oben Nr.1) erheblich einfacher geht bzw. oft erst möglich ist. Gleichzeitig „verbiegt“ sie den Frequenzgang nicht, sodass die Phonem-Distinktion (oben Nr.2) verbessert wird. Zur Phonem-Supplementation (oben Nr.3) kann sie nichts direkt beitragen, denn sie kann ja nicht wissen, welche Laute die Schwerhörigen jeweils nicht mehr hören. Das ist dann die Aufgabe des Hörgeräts bzw. die Gehirnleistung.

Schriftdolmetschen:

Siehe auch Kapitel 5. Während die Höranlage dadurch unterstützt, dass sie Falsch-Information fernhält, unterstützt Schriftdolmetschen dadurch, dass es richtige Informationen anbietet. So können Schwerhörige Zweifelsfälle schneller lösen. Schriftdolmetschen ist aber kein Ersatz für eine Höranlage, weil kaum ein*e Schriftdolmetscher*in alles wörtlich mitschreiben kann und deshalb immer etwas zusammenfassen muss. Andererseits kann auch niemand so schnell lesen und das Gelesene verarbeiten, wie gesprochen wird. Schriftdolmetschen ist daher eine sinnvolle Ergänzung zur Höranlage.

8 Warum ist eine Höranlage notwendig für Schwerhörige?

Eine Höranlage dient dazu, für Schwerhörige die äußeren Störfaktoren (Hall, Echo, Nebengeräusche und Störschall) weitgehend zu reduzieren, denn – wie oben schon gezeigt – haben sie enorme Probleme, den Nutzschall, also die Worte, die sie hören wollen, aus dem „einheitlichen Schallbrei“ heraus zu filtern.

Bei einem Guthörenden können die äußeren Störfaktoren fast doppelt so laut sein, wie der Nutzschall; aufgrund des räumlichen Hörens können Guthörende dennoch verstehen. Bei Schwerhörigen sollten jedoch die äußeren Störfaktoren mindestens etwa 3mal leiser sein als der Nutzschall, damit überhaupt eine gute Chance besteht, dass der Nutzschall nach den inneren Störfaktoren bearbeitet werden kann, also der Lückentext ausgefüllt und die „Rechtschreibkontrolle“ durchgeführt werden kann, um dann zu verstehen.

Wie oben gesehen, werden Hall und Echo primär durch die Raumakustik und sekundär dann auch durch die Beschallungsanlage erzeugt. Nebengeräusche und Störschall erzeugen auch andere Personen, die Umwelt und die Gebäudetechnik. Diese Einflüsse geschehen auf dem Luftschallweg zwischen Sprecher und dem Hörgeräte-Mikrofon. Also müs-

sen wir einen Weg suchen, wie der Nutzschall des Sprechers direkt in das Hörgerät kommt, ohne dass Hall/Echo/Störschall/Nebengeräusche dazwischen gehen können oder zumindest ziemlich schwach sind. Mit der heutigen Technik ist das relativ einfach zu bewerkstelligen.

Wir sehen hier noch einen Unterschied zu einer Privatwohnung oder einem Büro: In Wohnungen/Büros treten Hall und Echo im Allgemeinen nicht so oft und meist nicht so stark auf wie in Kirchen und Hallen. Deshalb kann der „Trick“, den Nutzschall lauter zu machen (s. Kap. 7.13), in Kirchen etc. nicht funktionieren. Außerdem würden wir damit die Guthörenden auf Dauer zu Lärmschwerhörigen machen.

Wir sehen hier außerdem: Es nützt nichts, sondern schadet eher, Schwerhörige zu bitten, sich vor einen Lautsprecher zu setzen: Haben sie (noch) kein Hörgerät, dann ist das Hören schmerzhaft und ihr Gehör wird noch stärker abgenutzt. Haben sie jedoch ein Hörgerät, dann regelt es die Lautstärke automatisch hinunter, aber Hall, Echo, Nebengeräusche und Störschall bleiben bestehen. Außerdem ist der Frequenzgang eines Lautsprechers nicht linear, sondern an die Raumakustik angepasst und zwar so, wie ein Guthörender die Raumakustik in normalen Abstand wahrnimmt. Ein Hörgerät benötigt jedoch einen linearen Frequenzgang. Wir erzeugen evtl. sogar noch einen künstlichen Lückentext bzw. Gleichklang, den der/die Schwerhörige noch gar nicht kennt.

Und noch etwas rein Praktisches: Während eines Gottesdienstes oder einer Veranstaltung ergeben sich meist die unterschiedlichsten Hörsituationen. Jedes Mal muss dann am Hörgerät das dazu passende Mikrofon-Programm gesucht werden. Jede Programmumschaltung benötigt etwa zwei Sekunden und nun muss geprüft werden, ob das Programm auch passt oder es muss weitergeschaltet werden. Dann fehlen mehrere Sekunden vom Redebeitrag und Schwerhörige sind dann meist „draußen“. Wird eine Höranlage richtig benutzt, wird einmal zu Beginn auf T-Spule umgeschaltet und Schwerhörige sind dann „online“.

9 Zur Technik von Hörgeräten

Hörgeräte werden technisch immer weiterentwickelt. Bei jeder neuen Generation wird behauptet, mit der neuen Technik könne jetzt wieder ganz natürlich gehört werden. Wäre dem so, hätte die Entwicklung schon vor 15 Jahren eingestellt werden können. Aber beleuchten wir hier einmal einige der Techniken, die Hochleistungsgeräte bieten.

Software

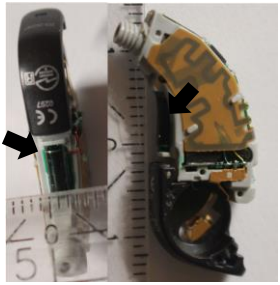
Die Digitalisierung der akustischen Information hat den Vorteil, dass das Signal per Software analysiert und angepasst werden kann: digitale Soundbearbeitung. Diese kann aber nur so intelligent sein wie das Programmierer/innen-Team und hat Grenzen in der Leistungsfähigkeit des Mikro-Computers: Das Ergebnis muss lippensynchron (Zeitverzögerung = Latenz unter etwa 50 Millisekunden) sein, sonst werden Hörgeräteträger*innen durch das unwillkürliche parallele Mundabsehen irritiert.

Mikrofone

Es gibt ein Rundempfangs- und Richtmikrofon. Miniaturisierte Richtmikrofone zu bauen ist schwierig und kostspielig. Deshalb werden zwei Rundempfangsmikrofone im Abstand von etwa 1cm benutzt. Aus den winzigen Laufzeit- und Phasenunterschieden kann dann softwaremäßig die Richtwirkung errechnet werden. Die Richtmikrofonstellung verursacht eine Latenzzeit von 1-2ms. (siehe auch Hallradius Kap.7.11). Die Wirkung des Richtmikrofons sollte allerdings nicht überschätzt werden!

T-Spule

Das ist ein analoger Eingang ins Hörgerät, der auf elektromagnetische Wellen reagiert. Ursprünglich war er entwickelt worden, um ungestört telefonieren zu können, denn Schwerhörige haben ja ein sehr eingeschränktes Richtungshören und so kann das normale Bürogeräusch nicht mehr „weggedacht“ werden. Aber schon bald nach dem Telefonieren wurde die Möglichkeit genutzt, mithilfe einer induktiven Höranlage auch störungsfrei einen Vortrag bzw. eine Predigt zu hören. Kassen/Basis-Geräte haben die T-Spule, meist muss sie nur aktiviert werden, d.h. der Software im Hörgerät muss gesagt werden, dass ein bestimmtes Hörprogramm den elektronischen Umschalter von Mikrofon auf T-Spule betätigt: ein paar Clicks am Programmiergerät beim Hörakustiker. Bei einigen Hörgerätemodellen ist die T-Spule sogar nachrüstbar.



Die T-Spule ist heutzutage zwischen 3 und 5mm lang und etwa 2mm im Durchmesser. Zum Vergleich: ein Bluetooth-Chip der neuesten Generation, bei dem der Hersteller stolz auf die gelungene Miniaturisierung ist, misst ohne Platine etc. 4x4mm zuzüglich Antenne.

Automatische Einstellung der Richtung der Richtmikrofone

Eine Software versucht zu erkennen, was der*die Hörgeräte-Träger*in hören will und was nicht. Bei Gesprächen am Konferenztisch geht sie davon aus, dass das, was gehört werden will, die lauteste Sprache ist. Das Richtmikrofon wird elektronisch also immer dorthin ausgerichtet, alle anderen Richtungen werden leiser gestellt. Nebengespräche werden schwierig oder manchmal rücken sie ungewollt in den Fokus, z.B. im Restaurant, wenn plötzlich am Nebentisch laut diskutiert wird.

Nebengeräuscherkennung,

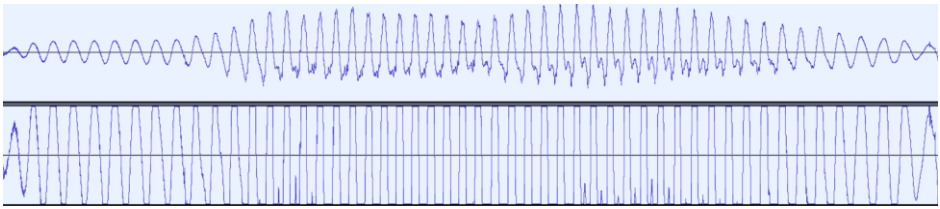
Ein Richtmikrofon lässt Nebengeräusche aus anderer Richtung nicht so stark durch. Nebengeräusche/Hall aus der Hauptrichtung kommen ungehindert durch, es gibt also immer ein „versautes Audiosignal“. Es gibt noch keine Software, die solch ein „versautes“ Audiosignal in den Urzustand zurückverwandeln kann. In der simplen (Kassen-)Variante werden einfach alle Frequenzen unterhalb einer bestimmten Lautstärke als Nebengeräusch betrachtet und nicht übertragen, selbst wenn sie doch von der Sprache kommen. In der Version für die besseren Hörgeräte werden die Sprachefrequenzen anhand typischer Merkmale erkannt und alles andere wird als Nebengeräusch per Software weggetilgt. Aber Hall und Echo der Predigt sind genauso Sprache und die Konfirmanden*innen sprechen auch miteinander. Ein Guthörender kann unterschiedliche Sprachen voneinander trennen, Hörgeräte jedoch noch nicht. Die Grundlagen für eine Software sind noch im frühen Forschungsstadium und lange noch nicht für einen Einsatz in Hörgeräten geeignet.

Lautstärke-Kompression

Schwerhörige haben eine erhöhte Hörschwelle, aber gleichzeitig eine erniedrigte Unbehaglichkeitsschwelle: leise Töne werden nicht gehört, aber schon mittelmäßig laute Töne sind unangenehm laut. Und dies ist sogar noch abhängig von der Tonhöhe. Das Hörgerät muss also die normalerweise vorkommenden Lautstärken in diesen Bereich „zusammendampfen“, d.h. komprimieren. Dazu wird die durchschnittliche Lautstärke innerhalb einer bestimmten Zeit gemessen und die Verstärkung entsprechend geregelt. Bei dieser Durchschnittsbildung werden allerdings scharfe Impulse kaum berücksichtigt. Beim Hörgerät ist diese Ausgleichszeit relativ kurz, bei einer Höranlage eher länger eingestellt.

Maximale Leistungs-Abgabe (MPO=Maximum Power Output)

Dies ist eine elektronische Schaltung, die die maximale Lautstärke ganz hat begrenzt. Setz die Funktion ein, dann wird der Ton „geclipped“, d.h.



einfach abgeschnitten. Dabei entstehen sogenannte Hörartefakte, ein starkes Gemisch von hohen Störfrequenzen. Das klingt dann so wie ein völlig übersteuerter Verstärker: es scheppert ganz fürchterlich. Die Folge ist, dass auch laute Warnrufe bis zur Unverständlichkeit verzerrt werden.

Oben laut gesprochene Silbe „will“, unten um 15dB verstärktes Wort mit Clipping

Impulsschall-Unterdrückung

Es gibt immer scharfe kurze laute Geräusche (Türenzuschlagen, hinfallende Glasflaschen etc.) Guthörende kommen damit einigermaßen klar, aber Schwerhörige haben damit praktisch immer Probleme, insbesondere bei offener Versorgung. Diese schnellen scharfen Impulse werden von der Lautstärke-Kompression wegen der Durchschnittsbildung nicht entdeckt. Deswegen wird eine andere Art von Software eingesetzt, die so schnell reagiert, dass die scharfen Lautstärkeanstiege „abgebremst“ bzw. gekappt werden. Diese ohrenschonende Software gibt es manchmal in einer sehr schwachen Version in zuzahlungsfreien Hörgeräten, funktioniert wohl aber nur bei Hörgeräten mit Zuzahlung gut.

Frequenz-Umsetzung und Frequenz-Kompression

Werden ganze Frequenzbereiche gar nicht mehr gehört, können einfache Hörgeräte natürlich nichts mehr machen. Es gibt den Ansatz der Frequenz-Umsetzung und Frequenz-Kompression. Nicht mehr gehörte Tonbereiche werden in noch gehörte Bereiche „verschoben“ oder sogar das gesamte Frequenzspektrum zusammengeschoben (komprimiert) auf den noch gehörten Bereich. Bildlich gesprochen: Buchstaben werden innerhalb der Sprachbanane verschoben oder die Sprachbanane wird elektronisch gestaucht und gequetscht. (siehe Kap.7.5) Das Verstehen muss neu erlernet werden, weil die typischen Frequenzmischungen der einzelnen Laute nicht mehr mit dem übereinstimmen, wie es im Hörzentrum abgespeichert ist. Diese Umsetzung funktioniert jedoch nicht bei jeder

Stimmlage: verschiedene Hörprogramme müssen ausprobiert werden, nicht selten muss diese Funktion auch abgeschaltet werden. Musik hört sich schrecklich an, wenn eine Oktave dann einen Ton kürzer ist.

Virtueller Raumklang

Das räumliche Hören funktioniert im Wesentlichen über die höheren Töne der Zisch- und Explosivlaute, die von der Ohrmuschel bzw. vom Gehörgang unterschiedlich verändert werden (Klangverschiebung). (Kap.7.9) Da jeder Mensch ein ganz individuell geformtes Ohr hat, hat auch jeder Mensch eine etwas andere Klangverschiebung, die Teil des räumlichen Hörens ist. Ein Hörgerät schaltet meist die Funktion der Ohrmuschel jedoch ab. Aus physikalisch-technischen Gründen muss das Mikrofon möglichst weit weg vom Schallaustritt bzw. Lautsprecher liegen, sonst kommt es leicht zum Rückkopplungspfeifen. (Kap. 7.87.8) Deshalb liegt das Mikrofon typischerweise am oberen Hörgeräterand und somit oben über der Ohrmuschel.

Es wird versucht, per Software die Ohrmuschel-Funktion zu simulieren. Das funktioniert so, dass zwei Mikrofone im Abstand von etwa 1cm eingebaut sind. Durch die Auswertung der geringen Intensitäts- und Laufzeit-Unterschiede des Schalls an den beiden Mikrofonen kann das Programm die Richtung ermitteln, aus der der Schall kommt und verändert ihn so, wie eine Ohrmuschel es täte. Aber es wird eine „Standard“-Ohrmuschel simuliert und nicht die ganz persönliche. Besonders genau kann das auch nicht sein, denn Normalhörende erkennen einen anderen Ort bei 30 Mikro-Sekunden (0,00003s) Zeitunterschied. Mit zwei Mikrofonen kann aber nur die horizontale Ebene (2D) ermittelt werden, zum räumlichen Hören müssten es mindestens 3 Mikrofone sein, es muss ja nicht nur eine Richtung errechnet werden (wie beim Richtmikrofon), sondern kugelförmig in kleinen Sektoren. Das müsste der eingebaute Micro-Computer in weit kürzerer Zeit als diese 30Mikro-Sek schaffen, da ja noch Zeit für die anderen Soundbearbeitungen bleiben muss: das wird kaum zu schaffen sein, also bleibt es bei einer groben Simulation.

Ein anderer Ansatz ist der, tatsächlich die eigene Ohrmuschelfunktion zu nutzen, indem das Mikrofon kurz vor oder gar im Gehörgang platziert wird. Diese Geräte reichen allerdings nicht für hochgradig Schwerhörige, da muss so stark verstärkt werden, dass das System praktisch nur noch gegen Rückkopplungen kämpfen müsste. (siehe nächster Punkt)

Und außerdem: die Funktion des virtuellen räumlichen Hörens nützt nur denen, die räumliches Hören mit der eigenen Ohrmuschel gelernt haben, nicht aber denen, die von Kind auf schwerhörig sind. Ebenso nützt es auch nur denen etwas, die die für das räumliche Hören notwendigen hohen Töne auch noch mit Hörgerät hören können. So berichten Träger solcher Hörgeräte aus der Praxis, dass diese Technik zwar schon sehr brauchbar ist, aber in einer Kirche trotzdem noch erhebliche Probleme auftreten und eine Höranlage nicht ersetzen kann.

Können Guthörende zwischen zwei Schallquellen einen Winkelunterschied von 3° erkennen, so geht dieser Winkel bei Schwerhörigkeit immer weiter auf, von 3° bis zu 360°, d.h. letztendlich ist keinerlei räumliches Hören mehr möglich, z.B. dann, wenn nur noch auf einem Ohr gehört wird. Es wird erkannt, dass da etwas ist, aber nicht, woher.

Feedback-Destroyer = Rückkopplungsverhinderer

Eine Software erkennt, dass eine Frequenz in Resonanz gerät, ein Ton, der ganz besonders heraussticht. Die Software reduziert dann kurzzeitig die Verstärkung des Frequenzbereiches rund um den Resonanzton soweit, dass er im Durchschnitt liegt. Normalerweise funktioniert das hinreichend gut, allerdings wird auch berichtet, dass je nach Hörsituation die Verständlichkeit reduziert wird, denn immer wieder andere Tonbereiche haben nicht mehr ihre natürliche Lautstärke, sondern sind auf einen rechnerischen Durchschnitt gesetzt, folglich immer ein neues Klangbild und damit möglicherweise ein neuer Lückentext oder Gleichklang. Ein konstanter Orgelton kann als Rückkopplungspfeifen missdeutet werden und hört sich wie ein Tremulant an. Jedes Hörgerät hat ihn, funktioniert aber auch bei teureren Geräten nicht in jeder Situation.

Bluetooth

Bluetooth ist eine digitale Funktechnik im überlasteten 2,4Ghz Bereich. Es wird immer häufiger in Hörgeräte eingebaut, weil dann das Telefonieren mit Handies bequemer funktioniert. Aber mit dem aktuellen Bluetooth kann an keine bestehende Höranlagen-Technik ohne weitere Zusatzgeräte angekoppelt werden. Bluetooth-Hörgeräte sind immer zuzahlungspflichtig und deshalb ist Bluetooth nur Zusatzausstattung, also ein Komfort-Merkmal. Weiteres siehe Kap.10.7.

Offene Versorgung:

Der Ohrkanal wird nicht mehr mit dem Ohrpassstück schalldicht verschlossen, sondern der Hörschlauch oder sogar der Hörgerätelautsprecher wird vor oder in den Ohrkanal geklemmt. Das ist manchmal aus medizinischen Gründen notwendig (enger Ohrkanal oder Entzündungsneigung), und es lässt sich auch erheblich angenehmer tragen. Nachteil ist aber, dass nicht so stark verstärkt werden kann. Gerade bei leicht- und mittelgradig Schwerhörigen mischen sich dann Original-Luftschall und Hörgeräteluftschall, der immer etwas zeitversetzt kommt. Es klingt dann oft leicht hallig. Wird die Zeitdifferenz zu hoch (z.B. bei Bluetooth-Empfang/externem Funkmikrofon), dann leidet die Sprachverständlichkeit. (siehe auch Kap. 7.10.5)

Mikrofon und Lautsprecher im Ohrkanal

Das Mikrofon am Ohrkanal-Eingang hat den Vorteil, dass die Hörcharakteristik der eigenen Ohrmuschel berücksichtigt wird. Der Lautsprecher im Ohrkanal hat den Vorteil, dass der Hörschlauch und seine Klangveränderung („Hören wie durch einen Gartenschlauch“) entfällt. Allerdings kann wegen der Rückkopplungsgefahr nicht mehr so stark verstärkt werden. Eine Software kann aus den Informationen vom Ohrkanal-Mikrofon und den Mikrofonen im Hörgerät um einiges besser feststellen, woher Stimmen und Geräusche kommen und damit besser ausfiltern. Ebenfalls kann das räumliche Hören besser simuliert werden, vorausgesetzt natürlich, dass das Hörzentrum im Gehirn etwas damit anfangen kann. (s. Kap. 7.9)

Akkutechnik

Die Akkutechnik wird als umweltfreundlich und praktisch dargestellt. Allerdings kosten Akku-Hörgeräte ab 300€ pro Paar mehr Zuzahlung als Batterietypen. Zweifelsohne haben die Akkugeräte Vorteile, wenn man selbst nicht mehr so fingerfertig ist, die kleinen Batterien zu wechseln. Ebenfalls sind sie in Pflegeheimen von Nutzen, weil das Pflegepersonal nicht so einfach feststellen kann, ob eine Batterie noch funktioniert oder schon leer ist. Das Personal kann aber davon ausgehen, wenn die Hörgeräte über Nacht in der Ladeschale liegen, sie für den Tag auch funktionieren werden.

Die Hersteller versprechen, dass die Akkus nach 5 Jahren noch ihre halbe Kapazität hätten und für einen normalen Tag noch ausreichen.

Eine Garantie geben sie aber nicht, denn es fehlen Erfahrungswerte. Garantie gibt es nur für höchstens ein Jahr, da es ein Medizinprodukt ist, danach muss jeder Akkutausch selbst bezahlt werden, die Krankenkasse beteiligt sich nicht. Notebook- oder Handy-Akkus können 500-1000mal aufgeladen werden, das wären aber beim erforderlichen nächtlichen Laden der Hörgeräte nur 2 bis 3 Jahre!

Ein Hörgerätehersteller ist verpflichtet für sechs Jahre nach dem Verkauf des letzten Gerätes der Baureihe Ersatzteile vorzuhalten. In der Regel wird eine Baureihe etwa zwei Jahre verkauft. Man kann davon ausgehen, dass nach 8 Jahren keine Akkus mehr ausgetauscht werden können. Macht der Akku schon nach 4-5 Jahren schlapp, wird der/die Hörakustiker*in zur Anschaffung eines neueren Gerätes raten. Gerade aber zuzahlungspflichtige Hörgeräte werden meist weitaus länger als 6 Jahre genutzt, mitunter sogar weit mehr als 10 Jahre, solange wird kein Akku durchhalten, wenn er täglich geladen wird und Hitze und Kälte ausgesetzt ist.

Wenn das nächtliche Aufladen des Akkus einmal vergessen wurde, dann ist er typischerweise während des Gottesdienstes oder eines Vortrages leer. Oft versagt er den Dienst, wenn der Strombedarf rapide ansteigt beim Umschalten auf Streaming zum Telefonieren oder TV, denn vor allem ältere Akkus verlieren ihre elektrische Spannung schneller als Batterien. Das kennen wir ja auch vom älteren Smartphone: läuft WLAN oder Bluetooth, leert sich der Akku rapide. Im Schnellademodus braucht es aber mindestens eine viertel Stunde bis das Hörgerät wieder einsatzfähig ist, zu lange für Predigt, TV-Nachrichten oder für einen wichtigen Anruf. Eine Batterie ist aber in längstens 1min ausgetauscht.

Rechnen wir die Batteriekosten über die versprochene Akkulebenszeit: Eine 312er Batterie reicht von einer halben bis eine Woche. Das macht für zwei Hörgeräte 2 bis 4 Stück pro Woche, also 100 bis 200 pro Jahr und 500 bis 1000 in den 5 Jahren. Ein Six-Pack kostet ab 95ct, das sind also grob gerechnet zwischen 80 und 166 € für beide Hörgeräte.

Zur Umweltfreundlichkeit gegenüber Zink-Luft-Batterien gibt es unterschiedliche Ansichten. Ein Hinweis jedoch: Eine ganz normale Alkali-mangan-AA-Batterie enthält sehr viel mehr Zink-Pulver und Schadstoffe als 30 bis 40 Hörgerätebatterien, das heißt, wer pro Jahr 5 bis 7 normale AA-Batterien einspart, tut mehr für die Umwelt als mit Hörgeräte-Akkus.

Nicht vergessen sollten wir hier, dass auch die Ladestation Akkus enthält, weil sie ja das Laden unterwegs ermöglichen muss. Statt einer flache Schachtel Batterien in der Geldbörse muss man immer daran denken, die Ladestation mit zu nehmen. Hat man sie vergessen, ist man aufgeschmissen, Hörgerätebatterien bekommt man heutzutage an sehr vielen Stellen. Eine Zweit-Ladestation kostet etwa 100-150€.

Aber eines ist klar, die Hörgeräte müssen wegen der Akkus wieder größer werden, weil Akkus sehr viel weniger Energie speichern können Batterien. Es ist schon etwas seltsam, wenn bisher das wichtigste Kriterium die Winzigkeit war, dem sogar manchmal die T-Spule geopfert wurde, plötzlich das kein Argument gegen den größeren Akku mehr ist.

Fazit:
Eines muss uns aber klar sein: nicht jedes Hörgerät kann alles, was benötigt wird, gleichzeitig. Es ist auch heutzutage illusorisch, vom „natürlichen Hören“ mit Hörgerät zu sprechen. Es wird immer Kompromisse geben und es muss auch noch bezahlbar sein, z.B. mit einer Mini-Rente.

Zusammengefasst:

Eingang ins Hörgerät:

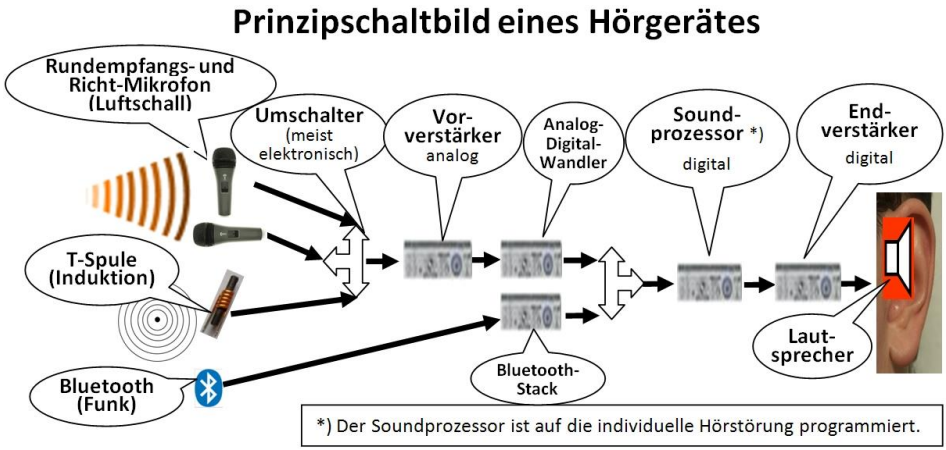
- Akustisch
  - Rundmikrofon : allgemeine Situation/Straßenverkehr
  - Richtmikrofon : direktes Gespräch im Umkreis von max.3m
- Elektronisch
  - T-Spule (analog) : Sprecher zu Auditorium (Kirche, Vortrag: Höranlagen)
  - Bluetooth(digital) : bequeme Ankopplung an Handy/Notebook etc.
  - Audioschuh (analog): Anbindung per Kabel an Handy/MP3-Player

Signalverarbeitung:

- Vor-Verstärker
- Analog-Digital-Wandler
- Soundprozessor („lippensynchrones“ Computer-Programm):
  - Ausfiltern von als Störungen betrachteten Frequenzbereichen
  - Lautstärke-Kompression, Impulsschall-/Rückkopplungs-Unterdrückung
  - Frequenzbereichs-Umsetzungen und/oder Frequenz-Kompression
  - Individuelle Höranpassung (Equalizer)
- Digital-Endverstärker

Ausgang aus dem Hörgerät:

- Lautsprecher (entweder über Schlauch/Ohrpassstück oder direkt im Ohrkanal)
- ➔ Trommelfell



10 Wie funktioniert eine Höranlage?

Eine Höranlage überträgt das, was in ein Mikrofon gesprochen wird, direkt auf das Hörgerät, ohne den Umweg über den Luftschall zu nehmen. Dadurch kann das Mikrofon des Hörgerätes abgeschaltet werden, d.h. Hall, Echo und Nebengeräusche werden nicht mehr gehört.

Höranlagen gibt es in unterschiedlichen Ausführungen:

- Induktions-Schleife
- Funkanlage
  - FM-Funkanlage (analog) => wird nicht mehr produziert
  - DECT-Funkanlage (1.880 bis 1.900 MHz digital, gepulste Hochfrequenz-Strahlung)
  - 2,4GHz-Funkanlage (digital, gepulste Hochfrequenz-Strahlung, Frequenzbereich von WLAN/Bluetooth etc.)
  - WLAN-Streamer (digitale Übertragung über WLAN auf eigenes Smartphone/Tablet: „Webradio“)
  - Bluetooth-Höranlagen gibt es nicht, die sind erst in der technischen Diskussion.
- Infrarot-Sendeanlage (unsichtbares Licht)
- Direkter Kabelanschluss (z.B. in Hörgeräten für Jugendliche)
- Sonderlösungen einzelner Hörgerätefirmen

Sie unterscheiden sich in:

- Barriere-Freiheit bei der Benutzung
- Nutzbarkeit: Bedienungs-Aufwand für Benutzer*innen
- Kompatibilität zwischen Hersteller und Modellserien
- Mobilität (lassen sie sich mitnehmen oder nicht)
- Mehrkanalfähigkeit (Stereo oder mehrere Sprachen)
- Vertraulichkeit (können andere mithören?)

- Unterhalts-Aufwand (Arbeiten vor und nach Benutzung)
- Wartungs-Aufwand (regelmäßige Arbeiten zum Funktionserhalt)
- Aufwand und Kosten bei der Installation

Eine tabellarische Übersicht über die gegenwärtigen Höranlagen-Typen findet sich im Kapitel 18.

10.1 Die verschiedenen Höranlagentypen und „Fake-Höranlagen“

Es gibt verschiedene Techniken: „Kopfhörer an Steckdose“, direkter drahtgebundener Anschluss (Audioschuh), Infrarot (IR), Funkwellen (FM, 2,4GHz, DECT, WLAN), Induktion (T-Spule) und Sonderlösungen der einzelnen Hörgerätehersteller. FM, 2,4GHz, DECT und IR-Technik benötigen spezielle Empfänger, beim Streaming über WLAN ist es ein Smartphone/Tablet-PC. Bluetooth ist eine spezielle Unterart der 2,4GHz-Technik und wird von teureren Hörgeräten dazu genutzt, um sich mit dem Smartphone/Tablet zu verbinden, aber – dies vorweg – eignet sich derzeit nicht als Höranlagentechnik. Induktion benutzt ein Magnetfeld, das direkt in die T-Spule des Hörgerätes überträgt. Die einzelnen Techniken sind untereinander nicht kompatibel, d.h. eine bestimmte Sendetechnik benötigt eine ganz bestimmte Empfangstechnik: Ein FM-Sender kann nur mit einem FM-Empfänger gehört werden, in aller Regel sogar nur mit einer bestimmten Serie des Herstellers, ein 2,4GHz Sender nur mit dem passenden Empfänger derselben Serie, ebenso wie DECT. Nur die Induktionstechnik ist universal-kompatibel, d.h. vollkommen Hersteller-unabhängig, bei allen anderen Anlagentypen legt man sich auf einen Hersteller und in der Regel auch auf eine bestimmte Serie fest. Das gilt es zu berücksichtigen, wenn nach Jahren Erweiterungen oder Ersatz-Besorgungen notwendig werden.

10.1.1 Analog und Digital

Analog bedeutet hier im Zusammenhang, dass das Mikrofonsignal kontinuierlich übertragen wird. Digital bedeutet, es wird indirekt übertragen, indem es erst in Zahlenketten verwandelt und dann übertragen wird. Der Unterschied lässt sich am einfachsten sinnbildlich erklären:

Nehmen wir einen Spielzeughund, der dann, wenn man am Kopf wackelt dieses Wackelbewegung auf den Schwanz übertragen soll.

Analog: Wir verbinden den Kopf mit einem Gestänge und Seilzügen mit dem Schwanz. Der Schwanz bewegt sich gleichzeitig und ganz ruhig genauso wie der Kopf. Oder machen wir es elektrisch: wir benutzen zwei

Drehpotentiometer. Das sind elektrische Widerstände mit Drehknopf, der die Stromstäke je nach Stellung verändert. Die bauen wir in den Kopf ein und zwar so, dass der eine sich bei der Kopfbewegung oben/unten verstellt, der andere bei rechts/links. Der Strom wird also je nach Kopfstellung stärker oder schwächer. Den Strom leiten wir nach hinten. Dort betreibt der Strom zwei Elektromagnete, die den Schwanz je nach Stromstärke weiter hoch bzw. nach links ziehen. Auch hier bewegt sich alles gleichzeitig und gleichförmig.

Digital: Wir haben am Kopf wieder die zwei Drehpotentiometer, die die Kopfstellung feststellen. Nun lesen wir jede Sekunde die Stärke des Stromes ab und übersetzen sie in eine Zahl zwischen 0 und 10. Diese Zahlen übersetzen wir jeweils in einen Morse-Code, den wir nach hinten über ein dünnes Stromkabel übertragen: erst einen speziellen Morse-Code für rechts/links, dann die Zahl, dann den Code für oben/unten und die andere Zahl. Hinten haben wir dann eine neue Maschine (Decoder), die je nach übertragener Zahl ein hinteres Drehpotentiometer entsprechend der Zahl verdreht. An dieses hintere Drehpotentiometer schließen wir wieder unseren Elektromagneten für die Schwanzsteuerung an. Und siehe da, der Schwanz bewegt sich, allerdings ein bisschen zeitversetzt und ruckelig, er ist ja digital, kann also keine Zwischenstellungen, außerdem verstellt sich der Schwanz ja nur einmal pro Sekunde.

Und was für einen Vorteil haben wir von der Digitalisierung unseres Wackelhundes? Na ja, in dem Beispiel hier keinen Vorteil, es diente ja nur zur Darstellung des Prinzips. Aber bei der Digitalisierung von Sprache gibt es tatsächlich Vorteile, aber wir werden sehen, nicht an jeder Stelle ist die Digitalisierung von Vorteil, sie hat auch gravierende Nachteile, zumindest im Zusammenhang mit Höranlagen.

10.1.2 Wozu Digitalisierung der Sprachübertragung

Heutzutage wird die analoge zugunsten der digitalen Sprachübertragung bevorzugt. Das hat aber neben einigen Vorteilen auch Nachteile. Die Hintergründe sollen hier dargestellt werden.

Wozu soll die Digitalisierung von Sprachübertragung bei Höranlagen eigentlich dienen? Ob analog oder digital: bei Funkübertragungen kann generell innerhalb der Funkreichweite nur einer auf einer Funkfrequenz senden. Bestimmten Funkfrequenzen und einem bestimmten Bereich darüber und darunter wird eine Kanal-Nr zugeordnet, d.h. eine leichter

merkbare Zahl. Senden zwei Sender gleichzeitig auf demselben Kanal bzw. Frequenzbereich, mischen sich die Signale und es gibt Chaos.

Bei Analogübertragung gibt es einen Sender und getrennte Empfänger. Es wird kontinuierlich gesendet, auch bei Sprachpausen; also geht nur ein Sender pro Kanal und natürlich mehrere Empfänger.

Mit der digitalen Übertragung wurden Techniken entwickelt, die das Chaos bei mehreren Sendern in geordnete Bahnen lenken. Damit wird erreicht, dass in einem Frequenzbereich insgesamt pro Sekunde mehr Informationen übertragen werden, als mit der analogen Technik. So werden z.B. auf einem alten analogen Fernsehkanal gleich mehrere Programme digital übertragen. Die grundlegende Idee: Jeder Sender überträgt nur kurze Zeit und die Sendezeiten werden koordiniert. Damit die Empfänger wissen, auf wen sie „hören“ sollen, bildet der Sender kleine Datenpäckchen, die seine welteindeutige Absenderadresse (MAC-Adresse, findet sich z.B. auf einem Aufkleber am PC), die Zieladresse, eine Kennung für den Datentypus, die (digitalen) Daten und Kontrolldaten (Päckchen-Nr, Prüfsumme etc.) enthält.

Als erstes muss die Sprache digitalisiert werden:

Schall und somit auch Sprache ist rein analog. Schall sind sehr schnelle kleine Veränderungen des Luftdrucks. Ein Mikrofon wandelt diese kleine Luftdruckschwankungen in eine analoge elektrische Spannung um. Ein A/D (Analog/Digital)-Wandler digitalisiert sie. Sein Prinzip ist, in bestimmten Zeitabständen die elektrische Spannung zu messen und als Zahl auszugeben. Aber er kann nicht jede Zahl ausgeben, sondern hat einen Zahlenbereich, in den er die Mikrofonspannung hineinquetschen muss und kennt auch keine Zwischenwerte, er rundet auf- und ab.

Bildlich gesprochen ist die Aufgabe: Man hat ein Abbild vom zeitlichen Verlauf der Mikrofonspannung in einem Koordinatensystem, ein ziemliches Zickzack. Gesetzt, Sie müssten am Telefon durchgeben, wie der Kurvenverlauf geht. Sie nehmen also ziemlich viele Punkte auf der Linie und lesen an der x- und y-Achse die Werte ab, Zwischenwerte werden auf- und abgerundet. Je mehr Zahlen-Paare Sie durchgeben, desto genauer kann auf der anderen Seite die Kurve nachgezeichnet werden. Die Anzahl der Werte (X-Achse) heißt Abtastfrequenz und je feiner das Raster auf der Y-Achse ist, desto genauer können Sie den y-Wert bestimmen: die Auflösung. CD-Qualität heißt, 41000mal pro Sekunde ablesen und die Y-Achse in 65535 (16 Bit) Einheiten aufteilen. Das sind ziemlich viele Zahlen. Knackpunkte: nicht kontinuierlich, sondern nur im Zeittakt, gerundete Zwischenwerte und der gültige Bereich auf der Y-Achse ist vorher festgelegt, geht es irgendwann höher hinaus, geht die Info verloren und später ist der Ton verfälscht, wird der Ton ganz leise, wird das auch nicht mehr übertragen.

Nun haben wir die Digitalisierung. Aber wir müssen uns knapp fassen, weil ja auch andere senden wollen. Wir müssen also reduzieren und komprimieren (zippen). Das

wäre z.B. eine Übereinkunft, nicht jeweils x/y-Werte zu nennen, sondern nur die y-Werte von x-Werten in 0,1er Schritten und diese Info nur hin- und wieder zu übertragen. Ich spare also: statt x/y, x/y, x/y… also nur noch y,y,y,y,y …

Die riesigen Zahlenkolonnen werden in Päckchen von bestimmten Zeiteinheiten eingeteilt, z.B. 10 Millisekunden, die dann noch auf das Wesentliche reduzieren werden. Das bewerkstelligt ein Computerprogramm vom Typ CODEC. Das entfernt „unnötige“ Informationen und komprimiert, ggf. verschlüsselt. Der MP3-Codec nutzt z.B. den Maskierungseffekt aus und lässt bei einem Paukenschlag Flöten und Geigen weg. Aber dieser ganze Prozess kostet Bearbeitungszeit. Die Übertragung der Sprache kann erst beginnen, wenn der A/D-Wandler eine Gruppe von Zahlen ermittelt hat und der CODEC sie zu einem Päckchen verarbeitet hat und es dann zur „Poststelle“ bringt. Aber die Post geht nicht sofort ab, sondern erst, wenn kein anderer sendet. Beim Empfänger läuft der Prozess umgekehrt ab: Decodieren, digitale Soundbearbeitung und wieder vom D/A-Wandler in analoge Sprache verwandeln.

Und wie „geht die Post ab“:

Das fertige Päckchen mit den Audiodaten wird der Sendeeinheit (WLAN/2,4GHz/Bluetooth/DECT etc.) übergeben. Jede Sendeeinheit hat gleichzeitig auch eine Empfangseinheit. Der Sender darf nur senden, wenn kein anderer gerade sendet. Dies prüft sein Empfänger. Trotzdem kommt es immer wieder zu einem Crash (Kollision), dann warten die Beteiligten, bis wieder Ruhe herrscht und probieren es nochmals. Im Funkbereich gibt es mehrere unterschiedliche Anwendungen (WLAN, Bluetooth, 2,4GHz-Anlagen) oder auch Selbständige“ (die analoge Mikrowelle, Sonderanwendungen, 2,4GHz-Fernsteuerungen u.v.a.m.), also könnten zwei oder mehr gleichzeitig losfunken (Kollision).

Das WLAN teilt den gesamten Frequenzbereich in 13-Kanäle (Unterfrequenz-Bereiche) auf, der dann fest eingestellt wird und sendet verschieden lange Päckchen. Die 2,4GHz-Technologie geht weiter. Dort wird der Gesamtfrequenzbereich in 79 Kanäle aufgeteilt, die alle in bestimmter Reihenfolge benutzt werden. Ein Chef (Master) verteilt innerhalb seiner Achter-Gruppe kurze Sendezeiten und die Kanalfolge. Das nennt sich Zeitscheiben- und Frequenzsprung-Verfahren, damit wird die Kollisionswahrscheinlichkeit geringer. Das führt automatisch zu einer gepulsten Hochfrequenz-Strahlung.

Zu Beginn der Übertragung müssen sich Sender und Empfänger koppeln, d.h. sie schicken sich gegenseitig Kontrollpäckchen, um festzulegen, wie die Kommunikation ablaufen soll. Nun werden die Datenpakte mit der digitalisierten Sprache gesendet. Ist das Datenpäckchen unversehrt gesendet worden, will der Absender ja auch meist wissen, ob es den Empfänger auch unversehrt erreicht hat, damit er das nächste

Päckchen losschicken oder das alte Päckchen erneut senden kann. Also schickt der Empfänger eine Quittung. Nur bei einigen Anwendungen (z.B. Streaming) ist es dem Sender egal, ob alles beim Empfänger angekommen ist, es gibt dann ggf. ein paar Musik, Sprach- oder Bild-Aussetzer, so wie wir das ja auch vom Radio/Fernseher kennen.

Immer wieder schickt der WLAN-Router eine Information heraus mit seiner Kennung, damit PC/Smartphone wissen, welche WLAN's gerade online sind. Und alle WLAN-Router im Sendebereich antworten mit ihren Kenndaten. Ebenso senden alle Bluetooth und 2,4GHz-Geräte immer wieder solche Kontroll-Informationen in die Gegend.

Weil so vieles heutzutage über 2,4GHz läuft, gilt der Frequenzbereich als bald völlig überlastet. Das WLAN könnte noch in den 5GHz-Bereich ausweichen, wenn Router und Empfangsgerät zusätzlich das teurere 5GHz-Modul haben, aber es wird vom Router abgeschaltet, sobald Radar entdeckt wird (Wetterradar, Bodenradar vom Flugzeug oder Flughafen im Umkreis von 20-30km). WLAN-Überlastung kennen wir ja: die Protokolle unseres WLAN-Routers sagen, wenn kein störungsfreier Kanal gefunden wurde, der am wenigsten schlechte genommen wurde. Entsprechend lahm ist unser WLAN, muss die Sendekapazität doch mit mehreren anderen geteilt werden. Und wenn die Funkmaus ein bisschen schwer reagiert, liegt die Ursache nicht selten an der Überlastung des 2,4GHz-Bereiches.

Nun kann der Sender auch z.B. mehrere Sprachen hintereinander senden: Päckchen deutsch, englisch, spanisch und dann wieder d/e/s etc. Der Empfänger kann dann aussuchen, welche Sprache er decodiert.

Die Digital-Technik hat also systembedingt auf der Sendeseite immer eine zeitliche Verzögerung zwischen Originalton und gehörtem Ton. Auch die Decodierung auf der Empfangsseite (Hörgerät) benötigt einige Millisekunden bis das gesamte Paket (10ms) fertig zur Wiedergabe ist. Insgesamt sind wir schnell im Bereich problematischer Latenzzeit. Diese digitale Verzögerung ist auf alle Fälle wahrnehmbar und beträgt nicht selten bis zu einem einsilbigen Wort. (Näheres siehe Kap. 7.10.4)

Die Digitalisierung hat also dort einen Sinn, wo es darauf ankommt, dass es gleichzeitig mehrere Sender oder Mehrkanalfähigkeit geben muss, also z.B. bei Konferenzanlagen. Wo aber nur ein Sender in einer Sprache notwendig ist, z.B. beim Gottesdienst, ist sie absolut nicht nötig, sondern bringt wegen der Latenzzeit nur Qualitätseinbußen.

10.2 keine Höranlage: Linearrays (Zeilenlautsprecher)

Immer wieder behaupten Elektroakustiker, die Lautsprecheranlagen und Hörgeräte seien heute so gut, dass keine Höranlagen für Schwerhörige mehr nötig seien. Sie haben die Linearrays (auch Zeilenlautsprecher genannt) im Visier, die sie in der Kirche installieren wollen. Aber Lautsprecher können aus Prinzip keine Höranlagen für Schwerhörige sein, schon alleine deshalb, weil sie nicht in der Lage sind, externe Störgeräusche (Geräusche aus Publikum, Gebäudetechnik und Außenwelt sowie deren Diffusschall) zu eliminieren. (vgl.Kap. 7.10.3)

Linearrays bestehen aus einer Kette von kleinen Lautsprechern. Das hat den folgenden Effekt. Normale Lautsprecher strahlen als Punktstrahler eine kugelförmige Schallwelle ab, deren Schalldruck je Entfernungsverdopplung um 6dB abnimmt. Linearrays sind aber Linienstrahler, so wie es auch Autobahnen oder Eisenbahnstrecken sind. Sie strahlen eine Zylinderwelle ab, deren Schalldruck bis zur frequenzabhängigen Nahfeldgrenze aber nur um 3dB je Entfernungsverdopplung abnimmt. Allerdings müssen Linearrays mindestens 2m lang sein. Haben die Lautsprecher des Linearrays jeweils einen eigenen Verstärker und/oder Waveguides, ist sogar Beamforming möglich, d.h. das Abstrahlverhalten kann gesteuert werden: ein großer Bereich kann ziemlich gleichmäßig beschallt werden. Wird die Anlage perfekt gesteuert, könnte sich auch der Hall im Raum etwas reduziert, weil die Richtwirkung des Linearrays ausgenutzt wird. (siehe Formel für Hallradius Kap. 7.117.11)

Immer wieder wird ein Linearray eines bestimmten Hörgeräteherstellers beworben und erhält gute Bewertungen bei Vorführungen. Es ist allerdings nur etwa 80cm bzw. als Doppelversion 1,6m lang, ist daher faktisch eher ein Punktstrahler oder eine Mischversion. Ein praktischer Test im direkten Vergleich hat ergeben, dass schon in etwa 3-3,5m Entfernung die Übertragungsqualität über T-Spule hörbar besser als über das Lautsprechersystem war. Woher kommen aber die guten Bewertungen? Zum einen die Tatsache, dass es mit einem hervorragenden Mikrofonsystem geliefert wird, das konstante Nebengeräusche einigermaßen eliminieren kann. Es enthält die gleiche Störschallunterdrückung wie High-End Hörgeräte. Dann spielt eine Rolle, dass bei der Aufforderung: „Nun hört einmal genau hin“, alle Anwesenden sehr leise sind, da sie ja die Qualität beurteilen wollen. Es gibt deshalb keine willkürlichen Nebengeräusche wie Husten, Laufgeräusche etc. Es gibt nur das konstante Nebengeräusch vom laufenden PC und Beamer, was das Mikrofon ja

reduzieren kann. Ebenso ist der im Raum entstehende Hall reduziert, weil er bei einer solchen Gelegenheit ziemlich voll ist und von daher dämpft. Guthörende können ohnehin nicht die alternative Qualität über T-Spule beurteilen und es gibt keinen direkten Vergleich mit guten normalen Lautsprechern.

10.3 Die Funk-Anlagen

Allen Funk-Anlagen ist gemeinsam, dass die Übertragung des Sprachsignals über Funkwellen (meist 863-865MHz, DECT, 2,4GHz/5GHz) vom Sender zum Empfänger geschieht. Die Empfänger sind bis auf wenige Ausnahmen immer gesonderte etwa Zigarettenschachtel-große Kästchen. Vom Empfänger aus wird dann über eine Mini-Halsringschleife per Induktion ins Hörgerät übertragen. Das Hörgerät braucht also eine aktivierte T-Spule. In seltenen Fällen geht auch eine drahtgebundene Übertragung auf einen vielleicht vorhandenen Audio-Schuh am Hörgerät. Fehlen die T-Spule/Audio-Schuh, kann im Notfall ein Kopfhörer genommen werden, wobei aber oft das Hörgerät aus dem Ohr entfernt werden muss und deshalb die individuelle Hörstörung wieder zutage tritt. Es gibt zwar derzeit keine Bluetooth-Höranlagen, aber Bluetooth-Hörgeräte können sich z.B. ans eigene Smartphone ankoppeln. Generell kann gesagt werden, dass diese Anlagen nie barrierefrei sind, weil sie zusätzlich zum Hörgerät noch weitere Zusatzgeräte benötigen, die in aller Regel an irgendwelchen Stellen ausgeliehen werden müssen.

10.3.1 Die FM-Anlage

FM heißt „Frequenz-Modulation“ und besagt nur die technische Art und Weise, wie das Sprachsignal aus dem Mikrofon mit der Funkfrequenz (Funkkanal) „verheiratet“ wird. Es gibt (noch immer) analog arbeitende Anlagen, digitale FM-Anlagen haben sich kaum durchgesetzt. Es gibt Anlagen für kostenlose zulassungsfreie (Jedermann-) Funkfrequenzen 863-865MHz und für kostenpflichtige Funkfrequenzen mit laufenden Gebühren. Entwickelt wurden die FM-Anlagen als Personenführungsanlage für Besichtigungen von Industrieanlagen, als Dolmetsch-Anlage oder für die Bühnen- und Studio-Technik für Regieanweisungen. Später wurde der Nebenmarkt als Schwerhörigenanlage entdeckt.

Das Prinzip der Anlage ist identisch mit einem normalen Funkmikrofon, nur mit dem kleinen Unterschied: der Sender steckt nicht in der Talartasche, sondern an der Beschallungsanlage, der Empfänger hängt beim

Schwerhörigen um den Hals. Analoge Anlagen verwenden die normale Frequenzmodulation (FM), die aus dem UKW-Rundfunk bekannt ist. Sie ist kaum abhörsicher, es reicht ein FM-Empfänger aus dem Hobby-Funkbereich zum Abhören. Aber Abhörsicherheit ist in der Kirche wohl weniger das Problem. Digitale Anlagen verwandeln das analoge Tonsignal erst in ein digitales Signal (siehe oben), was dann mit der Sendefrequenz „verheiratet“ wird, entweder mit der Frequenzmodulation (FM) oder einer Variante der Phasenmodulation. Durch die zahlreichen Variationsmöglichkeiten (Codec, Verschlüsselung, Modulationsverfahren, Sendefrequenz) ist es sehr unwahrscheinlich, dass ein Empfänger des einen Herstellers zum Sender eines anderen passt. Somit ist eine gewisse Abhörsicherheit gegeben.

Latenzzeit (Zeitverzögerung zwischen Originalton und Empfang): Die Autoren verwenden seit Jahren analoge FM-Anlagen. Praktische Untersuchungen haben ergeben, dass es keine wahrnehmbare Latenzzeit gibt.

Höranlagentauglichkeit: wenn genügend Empfänger vorhanden sind.

Barrierefreiheit: im Allgemeinen nein, denn Nutzer müssen sich einen Empfänger abholen und hinterher muss wieder eingesammelt werden. Schwerhörige müssen sich outen, was den Meisten ohnehin sehr schwerfällt. In Schwerhörigen-Vereinen ist dies aber kein Problem.

Vorteile: durch Auswahl unterschiedlicher Funkfrequenzen (Kanäle) ist Mehrsprachigkeit möglich, für normale kirchliche Zwecke aber unnötig. Zusätzlich bzw. heutzutage fast nur noch gibt es ein Handmikrofon mit eingebautem Sender oder einen batteriebetriebenen Taschensender (je ca. 500 €): die FM-Anlage wird mobil; sie funktioniert auch auf dem Friedhof oder beim Gemeindeausflug. Auch Guthörende nehmen sie z.B. bei Stadt- oder Museumsführungen gerne mit Ohrhörern, weil sie dann die beste Position zum Fotografieren suchen können und trotzdem alle Erklärungen mitbekommen.

Nachteile sind die hohen Anschaffungskosten (> 5000 € für 10 Personen), die beschränkte Anzahl der Nutzer (nur so viele wie Empfänger angeschafft wurden), der laufende Wartungsaufwand: die Empfänger müssen ständig wieder geladen werden und wenn der meist fest eingebaute Akku nach ein paar Jahren schlapp ist, ist oft eine teure Reparatur fällig. Ebenso sind die Anlagen in der Regel untereinander nicht kompatibel, das heißt, mit einem Empfänger der einen Marke oder Modell-Serie gibt es meist keinen Empfang bei einem Sender einer anderen Marke.

Grund: unterschiedliche Funkfrequenzen oder genutzte Bandbreite. Meist fehlt die für Schwerhörige sinnvolle sprachoptimierte Kompression (auch automatische Aussteuerkontrolle genannt).

Erfahrungsgemäß gehen auch Geräte verloren oder gehen kaputt, weil sie fallen gelassen werden oder der Lautstärkeregler (Drehknopf) überdreht wird. Oft werden nur Kinn-Bügel-Empfänger angeboten. Manchmal ist auch die Bedienung sehr unpraktisch und die Nutzer benötigen eine Einweisung: Die Empfänger müssen auf den exakten Sendekanal eingestellt sein, jedoch ist bei vielen Empfängermodellen die Bedienung so unklar, dass der Empfangskanal leicht verstellt und somit nichts mehr gehört wird oder die falsche Übertragung.

Die Haltbarkeit: Bei einer professionellen Anlage kann man von einer hohen Lebenserwartung des Senders ausgehen, während die Empfänger generell nicht solange „durchhalten“ wie der Sender. Durch die Inkompatibilität der Anlagen untereinander ist die Gefahr von „ökonomischem Verschleiß“ recht hoch: Ersatzteile sind irgendwann nicht mehr erhältlich oder Reparaturen am Empfänger ziemlich teuer.

10.3.2 Die 2,4GHz-Technik (Digital)

Mittlerweilen gibt es einen Trend zur sogenannten 2.4GHz-Technik. Das liegt daran, dass es auf dem Weltmarkt dafür sehr kostengünstige Standard-Module gibt. Wir müssen hier ein wenig wegen der Sprachverwirrung aufpassen. 2,4GHz bezeichnet eigentlich nur den Frequenzbereich, der weltweit frei und kostenlos nutzbar ist. Zuerst gab es die „Mikrowelle“, dann aber folgten WLAN und Bluetooth, die ihren eigenen Namen behielten. Danach kamen andere Anwendungen: Fernsteuerungen für Drohnen, Spielzeugautos, Garagentore, Gegensprechanlagen u.v.a.m. Da hat man dann keine neuen Namen gesucht, sondern sagt einfach 2,4GHz-Technologie oder fälschlicherweise Bluetooth. Im Grunde basiert Bluetooth und die 2,4GHz-Technik auf derselben Basistechnik, die für Bluetooth entwickelt wurde, nur einiges der Hardware aber vor allem auf der Software-Ebene unterscheiden sie sich. (siehe Kap. 10.1.2)

Im Prinzip unterscheidet sich die 2,4GHz-Technik von der FM-Anlage nur dadurch, dass die Transportschicht zwischen Mikrofon und Empfangsgerät ausgetauscht wurde. Es gilt also prinzipiell das, was unter der FM-Anlage schon gesagt wurde. Aber: Wenn so ein Gerät schon digitalisiert ist, so treiben es die Hersteller damit noch weiter: Es gibt keinen einfachen Drehknopf für die Lautstärke, sondern nur noch mehr oder

weniger kleine Tasten. Damit haben gerade ältere Personen, in der Sehkraft oder motorisch eingeschränkte Personen ihre Probleme. Man sieht, die Geräte sind eigentlich als Personenführungs- oder Konferenz-Anlagen konzipiert, Menschen mit Behinderungen sind da nicht im Vordergrund und wenn man tatsächlich einmal an Schwerhörige denkt, dann eben nur an deren Schwerhörigkeit, nicht aber ggf. an weitere Behinderungen, die vorhanden sein können.

Es gibt „zweigleisige“ 2,4GHz-Anlagen, bei denen der „Zuhörer“ auch Rückfragen stellen kann. Sie sind für interaktive Betriebsführungen oder Unterrichtszwecke (Lehrer und Schüler) konzipiert. Für Mehrsprachigkeit können bei der 2,4GHz-Technik keine unterschiedlichen Sendekanäle (Frequenzen) mehr vergeben werden. Das Problem ist softwaremäßig gelöst worden: zusätzlich zum codierten Audiosignal wird noch eine Gruppennummer übertragen, die am Sender und Empfänger eingestellt werden muss.

Zum praktischen Test: Wir hatten Gelegenheit, einige dieser Anlagen zu testen. Wir konnten feststellen, dass die Klangqualität zwar hervorragend ist, aber es gibt zum Teil eine wahrnehmbare Latenzzeit (Zeitverzögerung). Das heißt, die Stimme aus dem Kopfhörer/Mini-Induktionsschleife kommt eine wahrnehmbare Zeit später als der Originalton. Zwar ist die Zeitverzögerung noch innerhalb der Lippensynchronität, aber schon im Hallbereich. Die Gründe für diese Latenzzeit haben wir schon oben erklärt, die daraus folgenden Probleme: Kap. 7.10.

10.3.3 Die DECT-Technik (Digital)

DECT ist eine digitale Funktechnik, die EU-weit im Frequenzband 1.880 bis 1.900 MHz mit gepulster Strahlung sendet. Sie ist bekannt von unseren Schnurlostelefonen. Sie bietet von Haus aus eine Verschlüsselung. Die Sicherheit ist aber nur so gut, wie Hacker es nicht sind, sprich: jede Verschlüsselung wird irgendwann geknackt. Es gibt Empfänger, mit denen nur gehört werden kann und bidirektionale Ausführungen, mit denen auch Rückfragen an den Diskussionsleiter gestellt werden können. Es können bis zu 32 Gruppen gebildet werden, z.B. für den Konferenzsaal und den diversen Gruppenräumen, innerhalb der Gruppe können verschiedene Kanäle (=Untergruppen) gebildet werden: Deutsch, Englisch, Spanisch etc. Innerhalb eines Kanals können dann bis zu drei Sprecher gleichzeitig arbeiten. Die Sprachqualität soll dem Vernehmen nach sehr gut sein, über die Latenzzeit liegen uns keine genauen Angaben vor, sie dürften aber in dem Rahmen liegen wie wir das von den

DECT-Telefonen gewohnt sind. Manko: fest eingebauter Lithium-Ionen-Akku, der nur im Service ausgetauscht werden kann. Die Konfiguration ist nicht einfach. Genauere Beschreibung der DECT-Technik: https://emf3.bundesnetzagentur.de/pdf/DECT-BNetzA.pdf

Höranlagentauglichkeit: ja, Barrierefreiheit: nein (siehe FM)
➔ Wird nicht mehr produziert!

10.3.4 Der Streamer über WLAN

Diese Technik gibt es schon seit ein paar Jahren, hat sich aber nicht durchsetzen können. Sie besteht aus einem speziellen Gerät, dem „Streamer“ in Verbindung mit einem WLAN, im Prinzip ein normaler PC, der unter einer speziellen Software läuft. Das in Deutschland gängige System kann bis zu vier analoge Mono-Audioquellen verarbeiten und maximal 100 Nutzer versorgen, sofern das WLAN genügend Leistung hat. Die Audioquellen werden digitalisiert und mit einem vom Hersteller ausgewählten Codec komprimiert und über ein Hersteller-spezifisches Streaming-Protokoll im lokalen WLAN ausgestrahlt. Der Streamer wird wie alle Höranlagen an die vorhandene Beschallungsanlage angeschlossen. Im Prinzip ist der Streamer ein Web-Radio für den Live-Betrieb. (Es gibt freie Web-Radio-Software im Internet).

Nun muss der Nutzer eine Hersteller-spezifische App auf sein Smartphone oder Tablet-PC installieren. Da es sein eigenes Gerät ist, nennt man das Prinzip auch BYOD (bring your own device) und will heißen *„Ich stelle nur den Service zur Verfügung, der Rest ist Dein Problem!“* Das Hörgerät wird dann mit einer Mini-Induktionsschleife oder ggf. über Bluetooth (Kap. 9 und 10.10) an das Smartphone/Tablet angeschlossen oder man benutzt seine eigenen Kopfhörer. Im Prinzip ist es also das Gleiche wie eine 2,4GHz-Anlage, nur dass man seinen eigenen Empfänger mitbringt. Die Bedienung des Systems geht dann so:

1. Hersteller-spezifische App installieren.
2. Smartphone/Tablet: SIM-Karte abschalten bzw. auf lautlos/ohne Vibration setzen (damit keine Anrufe stören), bei einfacheren Geräten Hintergrundprogramme „killen“, sonst könnte evtl. die Wiedergabe noch mehr „hinterherhinken“ oder Aussetzer bekommen. (Aufpassen: keine notwendigen Dienste beenden).
3. Mini-Induktionsschleife anschließen und Hörgerät auf T-Stellung bringen oder Hörgerät über Bluetooth verbinden oder Hörgeräte herausnehmen und Kopfhörer benutzen.
4. WLAN aktivieren und sich am lokalen Kirchen-WLAN anmelden.
5. App starten: sie sucht sich im lokalen WLAN den Streaming-Server
6. Einen der vier möglichen Streams auswählen.

Die Autoren konnten das Gerät ausgiebig bei einer internationalen Konferenz testen, bei der das Gerät vom Hersteller installiert wurde und vom Konstrukteur persönlich betreut wurde. (Wir haben natürlich ausgiebig mit ihm diskutiert.) Nachteile:

- Das Gerät sendet im 2,4GHz-Bereich, der zunehmend überlastet ist: Bluetooth, andere WLAN's, andere 2,4GHz-Geräte (Fernsteuerungen, Drohnen, Walki-Talkies, Mikrowellengeräte etc.)
- Empfangs-App gibt es nur für iOS (Apple) und Android, für Windows oder Linux nicht, d.h. normale Notebooks gehen nicht.
- das Empfangsgerät muss „kompatibel" sein, will heißen: mit älteren, schwächeren Geräten kann und wird es Probleme geben.
- Mitunter hohe Latenzzeit (Zeitverzögerung zwischen Originalton und Übertragung): Apple-Geräte nach Angaben vom Konstrukteur: 20-80 Millisekunden, aber bei Android-Geräten nach praktischem Test regelmäßig bei etwa einer Silbe. Damit befindet sich die Latenzzeit deutlich im Bereich Hall/Echo. Ab etwa 50ms ist es auch nicht mehr lippensynchron. Damit ist die Anlage für Schwerhörige völlig unbrauchbar. Nach Angaben des Konstrukteurs sind Probleme bei Android-Geräten von grundsätzlicher technischer Natur, weil die Hardware so heterogen ist, dass sich kaum Optimierungen programmieren lassen. Das Android-Betriebssystem verhindert auch eine schnellere Hardware-nahe Programmierung.
- Es gab häufige Verbindungsabbrüche, Ursachen nicht bekannt geworden, Vermutung: Überlastung des 2.4GHz-Bereiches: diverse WLAN's, viele Smartphones, Tablets, Notebooks und Bluetooth-Hörgeräte waren in Betrieb und andere Aussteller führten ihre 2.4GHz-Geräte vor.
- Das Standardproblem von Handy&Co ist allgegenwärtig: „Akku leer". Es wird nötig sein, zahlreiche Steckdosen und diverse Ladekabel/Netzteile für die unterschiedlichsten Geräte bereit zu halten (WLAN, Bluetooth und erhöhte CPU-Last fordern die Akku-Kapazität!) Das ist nicht barrierefrei.
- Nebenbei: Smartphone/Tablet verleiten dazu, die Aufmerksamkeit an sich zu ziehen, und wir wollen doch Konfirmanden keinen Vorwand liefern!
- ältere Kirchgänger haben Probleme mit Smartphone/Tablets. In der Regel besitzen sie auch keine neuen HighEnd-Smartphones, sondern „erben" die abgelegten (schwachen) Geräte ihrer Kinder/Enkel.
- Im Prinzip müssen sich damit auch Schwerhörige „outen": entweder man erkennt sofort die Schwerhörigkeit oder man hält ihn/sie für ein wenig seltsam, wenn er/sie im Gottesdienst am Smartphone herumfummelt, und das jenseits des Konfirmandenalters…
- Beim Streamer muss regelmäßig die Software upgedatet werden. Er muss also von einer/m Fachkundigen gewartet werden. (Service-Vertrag?)

Für Vergessliche sollten Leih-Tablets einer angemessenen Leistungsstufe bereitgehalten werden. Für Konferenzen/Kino ist das kein Problem, da ist ein Pfandsystem üblich, aber in der Kirche nicht machbar. Also kann mit einem Schwund der Leih-Tablets gerechnet werden. Auch müssen sie ständig geladen und softwaremäßig gepflegt werden.

Es muss sich hier um ein offenes, unverschlüsseltes WLAN handeln. Es gibt also all die Probleme, die wir von unserem heimischen WLAN kennen. Da es offen ist, ist es schon für den „kleinen Hacker-Lehrling“ mit seinem Smartphone möglich, es mit einer „Ping-Attacke“ so lahm zu legen, dass die Übertragung garantiert Probleme bekommt. Zusätzlich besteht noch ein erhebliches Sicherheitsproblem: Hacker können sich vor die Kirche postieren und die angemeldeten Smartphones/Tablets mit Schadsoftware infizieren oder gleich den Server, der das in Zukunft automatisch erledigt. Es reicht aber auch ein infiziertes Gerät eines ahnungslosen Nutzers. Wir bräuchten also AGB’s mit Haftungsauschluss! Damit Nutzer sich die App noch vor dem Gottesdienst installieren können, muss z.B. über ein anderes Handy eine Internetverbindung freigegeben werden und damit haben wir ein weiteres Sicherheitsloch.

Aber einen Vorteil hat dieses System: Die Audioqualität ist weit besser als die Ohren eines best-hörenden Menschen und es kann vier Kanäle gleichzeitig, man kann also vier verschiedene Sprachen unterstützen: sinnvoll für Konferenz-Systeme, für einen normalen Sonntagsgottesdienst sinnlos. Auch als Kino-System ist es geeignet, wenn man damit leben kann, dass bei einem Krimi das Opfer erst umfällt und dann der Schuss zu hören ist. Jeder Kinosaal kann sein eigenes WLAN bzw. Kanal bekommen und deshalb sind gegenseitige Störungen ausgeschlossen. Die Kino-Version dieses Systems kann sogar Film-Untertitel auf das Smartphone/Tablet streamen. Allerdings sehe ich dann entweder die Untertitel oder den Film, außer, ich kann gut schielen, was bei 3D-Filmen aber den Filmgenuss ruiniert, denn 3D sieht man nur mit zwei auf die Leinwand gerichteten nicht-schielenden Augen.

Solange die Anlage nur mit der Hersteller-spezifischen App funktioniert, besteht die Gefahr von „ökonomischem Verschleiß“: zieht der Hersteller sich aus diesem Markt zurück, wird er die Apps für spätere iOS/Android-Versionen nicht mehr anpassen. (Hinweis: Der hier beschriebene Hersteller hat die Kino-App wieder abgekündigt.) Diese Technik könnte also nur brauchbar werden, wenn die Softwareschnittstellen vereinheitlicht und zur allgemeinen Benutzung freigegeben werden, sodass freie Programmierer die Apps weiterentwickeln können.

Bei etwa 9.000 EUR Geräte-Kosten lohnt sich dann doch eher eine Induktions- bzw. FM-Anlage, da ist dann sogar der Verlust bzw. Ersatz von einem Empfänger pro Jahr auf Jahre hin verschmerzbar.

Also: Konferenzen: na-ja, Kino: na-ja, Kirche: klares nein.
Höranlagentauglichkeit: ja, Barrierefreiheit: klares nein!

10.3.5 Die derzeit nicht existente Bluetooth-Höranlage

Bluetooth bis einschließlich Version 5.1 ist nicht für Höranlagen geeignet. Erst die in Entwicklung befindliche Version 5.2 vom 6.Jan.2020 bietet nun auch die Möglichkeit, über Bluetooth-LE-Audio eine Art von Höranlage zu konstruieren. Derzeit aber gibt es keine solche Anlage und auch kein entsprechendes Hörgerät. Alle bisherigen Bluetooth-Hörgeräte können niemals direkt an einer solchen Höranlage ankoppeln, sie benötigen immer ein Konverter-Zusatzgerät, sofern der Hörgerätehersteller eines für seine alten Hörgeräte anbietet. Dabei wird die Lippensynchronität ziemlich sicher verloren gehen: das Signal muss vom LC3-Codec in den vom Hörgerät genutzten Codec umcodiert werden. Wie beim WLAN-Streamer besteht auch hier die Gefahr vom „Bluetooth Hacking“ und damit ein Datenschutz- und Haftungs-Problem.

Die bisherige Bluetooth-Technik ist veraltet, die zukünftige Version 5.2 ist bezüglich Hörgeräte nicht abwärtskompatibel.

Näheres siehe Kapitel 10.10 und Kapitel 9.

10.4 Die Infrarot-Anlage (IR)

Hier gilt vom Prinzip her dasselbe, wie bei der Funkanlage, nur dass die Übertragung nicht per Funksignal, sondern über Infrarot-Lichtstrahlen geschieht, also mit der gleichen Technik wie die Fernsteuerung vom Fernseher. Technisch gesehen wird das Audiosignal auf eine Trägerfrequenz frequenzmoduliert (so wie bei FM). Allerdings wird dieses Signal dann nicht über eine Antenne ausgestrahlt, sondern auf den Infrarotlichtstrahl amplitudenmoduliert (d.h., der Lichtstrahl wird „im Takt“ der Trägerfrequenz heller und dunkler). Bei der IR-Technik gibt es gegenüber der Funk-Technik noch zusätzliche Einschränkungen: Sie ist nicht mobil, funktioniert nur zufriedenstellend in nicht lichtdurchfluteten Innenräumen und meist nur dann, wenn es einen direkten, unverstellten Sichtkontakt zwischen Sender und Empfänger gibt. Schon ein Weihnachtsbaum oder der breite Hut in der Sitzreihe zuvor schatten das Signal ab und ein Hören ist oft nicht mehr möglich. Um das zu umgehen, müssen im Raum mehrere Sendespiegel installiert werden. Der Installationsaufwand ist in der Regel höher als bei einer Induktionsschleife: Ein IR-Steuersender wird wie jede andere Höranlage angeschlossen. Von dort

werden Hochfrequenz-Steuerleitungen zu mindestens einem weit über Kopfhöhe montierten Sendespiegel gelegt. Ggf. benötigen die Spiegel noch zusätzliche Stromversorgungen.

Vorteil: Es gibt Anlagen mit Stereo- und Mehrkanalfähigkeit.

Die Anlagen der verschiedenen Hersteller sind in der Regel untereinander nicht kompatibel, d.h. der Empfänger des einen Herstellers empfängt nichts vom Sender eines anderen Herstellers. Dadurch ist der „ökonomische Verschleiß“ vorprogrammiert. Allerdings soll es heutzutage auch einen Hersteller-übergreifenden Standard geben.
Höranlagentauglichkeit: ja, Barrierefreiheit: klares nein!

10.5 Der Audio-Guide

Ein Audio-Guide ist ein kleines Gerät („Handheld“) für Museen und kunsthistorische Kirchen. Auf ihm sind Hintergrund-Informationen zu ausgewählten Stücken oder Stationen gespeichert, die dann jeweils angehört werden können, meist nur auf einem Ohr. Meist gibt es erhebliche Nebengeräusche, insbesondere bei vielen Besuchern. Wir haben hier genau das Problem wie beim Telefonieren im Büro: die Nebengeräusche können Schwerhörige nicht mehr „wegdenken“ und sie verstehen kaum etwas (siehe Kap. 9, Abschnitt T-Spule). Diese Geräte sollten entweder von sich aus ein Induktionsfeld erzeugen oder zumindest eine Klinke-3,5 Kopfhörer-Buchse haben, an die eine Mini-Induktionsschleife (Hals-Ringschleife) oder ein Kopfhörer angeschlossen werden kann. Dazu muss das Gerät aber genügend Leistung am Anschluss aufbringen.

Oft werden die Erklärungen auch von fest installierten Geräten auf Knopfdruck vorgespielt. Hier ist die Situation für Schwerhörige erst recht problematisch: die Stimme aus dem meist ohnehin qualitativ schlechten Lautsprecher mischt sich mit allen Nebengeräuschen, bevor sie am Hörgerät ankommt. Hier gibt es eine sehr einfache Lösungsmöglichkeit: eine zusätzliche, gut gekennzeichnete Klinke 3,5-Buchse, an die eine Mini-Induktionsschleife oder ein Kopfhörer angeschlossen werden kann. Dies ist sogar nachträglich machbar. Oder es wird ein spezieller Einohr-Kopfhörer installiert, der gleichzeitig eine normgerechte Induktionsschleife enthält.

Eine weitere Möglichkeit wäre, „induktive Hotspots“ einzurichten. Das sind kleine gekennzeichnete Bereiche, in denen eine Induktionsschleife installiert ist und damit eine drahtlose Ankopplung an Hörgeräte möglich ist. Dazu gibt es von den Herstellern „Info-Point“-Sets.

Natürlich sollten immer ein paar Mini-Induktionsschleifen und Kopfhörer zur Ausleihe vorhanden sein. Auf die muss natürlich schon am Eingang auf einer Hinweistafel hingewiesen werden.

10.6 Die Induktionsanlage

Sie ist die preisgünstigste Lösung, ist weitestgehend barrierefrei, allerdings nicht mobil. Das Signal aus dem Mikrofonvorverstärker/Mischpult verstärkt ein spezieller Induktions-Stromverstärker und speist es in eine Ringschleife (normaler dünner Draht) ein, die in der Regel rund um den Kirchenraum gelegt wird. Es ist keine Funk-Technik, sondern die Ringschleife ist über das elektromagnetische Tonfrequenz-Wechsel-Feld direkt und drahtlos mit der T-Spule des eigenen auf den individuellen Hörverlust programmierten Hörgerätes verbunden, ohne dass es noch irgendwelcher sonstiger Zusatzgeräte bedarf.

Die Anlagen sind absolut kompatibel untereinander: Jede aktivierte T-Spule im Hörgerät und jeder Induktionsempfänger funktioniert mit jeder Induktionsanlage, egal welcher Hersteller, welches Modell, welche Serie oder Ausführung, egal, welches Alter und weltweit. Dadurch gibt es keinen „ökonomischen Verschleiß“. Der Schleifenverstärker ist keine Consumer-Ware, er wird also über Jahrzehnte seinen Dienst verrichten. Da dieser Höranlagentyp in fast allen Fällen der beste, barrierefreieste und sogar preisgünstigste ist, soll er hier näher beschrieben werden.

Wir beschreiben hier in erster Linie eine Anlage, mit der Sprache optimal übertragen werden kann. Sollen in einer Konzertkirche auch professionelle Konzerte über eine Induktionsanlage übertragen werden, dann wird es mit Sicherheit aufwändiger, vor allem, wenn die Kirche einen Stahlbeton-Boden hat. Für eine qualitativ hochwertige Musikübertragung muss die Schleife anders aufgebaut werden, z.B. mehrere kleinere Schleifen, die von zwei getrennten Verstärker angesteuert werden, die untereinander mit einem 90° Phasenschieber verbunden sind. Das können nur sehr wenige Firmen korrekt planen und durchführen.

Höranlagentauglichkeit: ja, Barrierefreiheit: ja

10.6.1 Die Induktionstechnik ist nicht veraltet!

Hörakustiker*innen sagen oft, die Induktionstechnik sei

- veraltet (mehr als 50 Jahre alt) und deshalb überholt,
- habe schlechte Qualität,
- sei störanfällig
- und würde ohnehin durch die Bluetooth-Technik ersetzt,

- außerdem hätte kaum noch ein Hörgerät die T-Spule.

Da können wir nur sagen, dass diese Hörakustiker*Innen entweder schlecht informiert sind oder einiges verwechselt haben:

1. Das Alter einer Technik entscheidet nicht darüber, ob sie veraltet ist. Denn dann wäre z.B. die Jahrtausende alte technische Erfindung des Rades schon längst durch die moderne Luftkissentechnik überholt. Autos mit Rädern sind also technisch veraltet und wir sollten mit moderner Luftkissentechnik ins Büro fahren. Wer sein Schnitzel am Feuer grillt ist hoffnungslos neandertalig, Mikrowelle ist angesagt! Schon vor der Eiszeit wurden Kleidungsstücke zusammengenäht, u.s.w.
2. Die Qualität ist mit einem fast linearen Frequenzgang zwischen 100 und 5000Hz erheblich besser als bei Telefon und Smartphone. Und warum überträgt ein namhafter Hörgerätehersteller das Signal seines hervorragenden Spitzenmikrofons über die T-Spule auf Hörgeräte, die nicht seinen Spezialempfänger eingebaut haben?
3. Die Induktionstechnik ist die bei Weitem unempfindlichste und wartungsärmste Höranlagentechnik. Auch Funk- oder Infrarot-Anlagen gehen korrekt verwendet als „letzte Meile“ über Induktion auf das Hörgerät.
4. Das bisherige Bluetooth ist untauglich für eine Höranlagentechnik, erst die in Entwicklung befindliche Version 5.2 vom 6.Jan.2020 hätte das Potenzial als Höranlagen-Technik, aber es gibt derzeit keine entsprechenden Sender und auch kein Hörgerät mit dieser neuen Technik. Näheres siehe auch Kapitel 10.10.
5. Dass kaum ein Hörgerät noch die T-Spule besäße, ist eine glatte Lüge. Praktisch in jeder HdO-Hörgeräte-Serie gibt es Geräte mit T-Spule. Es gibt sogar Bauserien mit nachrüstbarer T-Spule. Eine Abfrage über eine deutsche Datenbank für Hörakustiker hat ergeben, dass etwas mehr als 60% der Hörgerätemodelle die T-Spule haben, im Verkauf haben aber 85% die T-Spule, weil die am meisten verkauften Basishörgeräte immer die -Spule haben. Das einzige Problem ist, dass oft Hörakustiker*innen nicht darauf achten und die Kunden nicht über die T-Spule aufklären. Erst recht aktivieren sie nicht die T-Spule oder verweigern dies sogar gegen den Kundenwunsch. Da kommt die Frage auf, warum und wozu dieses Verhalten? Empfohlen werden stattdessen immer zuzahlungspflichtige Funkmikrofone, die der/dem Pfarrer/in um den Hals gehängt werden sollen.

Kann Bluetooth die Induktionstechnik ersetzen?

Erst einmal muss das neue Bluetooth 5.2 (BLE Audio) in die Hörgeräte eingebaut werden. Bluetooth 5.2 benötigt eine geänderte Sendeeinheit (PHY-Layer), in jedem Fall ist also eine Hardware-Änderung und eine neue im Chip eingebrannte Software (Firmware) notwendig. Alle bisherigen Bluetooth-Hörgeräte können also nicht an diese neue Technik andocken, der Hörgerätehersteller müsste für seine älteren Hörgeräte zusätzliche Konverter-Geräte anbieten, die eine höhere Latenzzeit und damit keine Lippensynchronität haben werden, weil der Ton von LC3 dekodiert und dann in Apple bzw. CVSD/mSBC umkodiert werden muss.

Erfahrungsgemäß werden neue Techniken zunächst in die Highend-Geräte eingebaut, denn die Entwicklung muss sich erst amortisieren, bevor

sie dann in die Mittelklasse und danach in die Basisgeräte eingebaut wird. Eine Hörgeräte-Generation dauert so etwa 8 Jahre, d.h. auch wenn die Krankenkasse nach 6 Jahren ein neues Basisgerät bezahlen würde, zögern Nutzer von zuzahlungspflichtigen Hörgeräten der Mittel- oder Oberklasse eine Neuanschaffung wg. der Kosten möglichst lange hinaus, mitunter sogar weit über 10 Jahre. Gerade über 80jährige kaufen oft keine neuen Hörgeräte, „denn es lohnt sich nicht mehr".

Nehmen wir einmal an, dass die ersten Hörgeräte mit Bluetooth 5.2 im Jahr 2023 auf den Markt kommen. Bis dann die Technik in allen Basisgeräten angekommen ist, müssen drei Hörgerätegeneration durchlaufen werden. Das sind dreimal 6 bis 8 Jahre, also mindestens 18 Jahre (2041), bis die Technik flächendeckend zur Verfügung stünde. Die Entwickler von BT 5.2 gehen von etwa 10-15 Jahre aus, aber Konstrukteure und Softwareentwickler sind immer optimistisch, was die Entwicklungszeit betrifft. Erste Hörgeräte mit BT 5.2 wurden schon für 2021 versprochen, allerdings sind derzeit noch nicht einmal alle technischen Spezifikationen festgelegt, geschweige denn, in einem Praxistest überprüft und von den vielen Gremien für medizintechnische Produkte zertifiziert.

Solange dürfen wir aber Schwerhörige nicht im Störschall sitzen lassen.

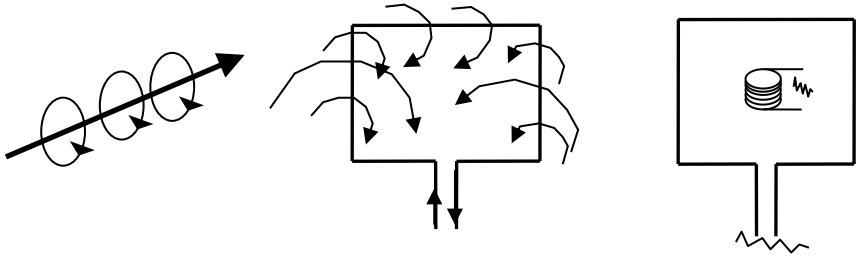
Bei einem Gespräch mit einem hochrangigen technischen Entwicklungsleiter einer deutschen Hörakustik-Kette im Januar 2020 ging auch dieser davon aus, dass es für Hörgeräte mit dem neuen Bluetooth 5.2 Zusatzgeräte geben wird, die Induktion in Bluetooth 5.2 übersetzen, d.h. die Induktionsschleifen können dann weiterhin im Einsatz bleiben. Solche Zusatzgeräte gibt es auch jetzt für eine Reihe nur-Bluetooth-Hörgeräte.

Induktion ist weiterhin die aktuelle und gleichzeitig alt-bewährte Technik für die Grundversorgung.

10.6.2 Was ist eine Induktionsschleife?

Stellen Sie sich einen einadrigen Stromdraht vor. Um jeden Stromdraht bildet sich ein kreisförmiges elektromagnetisches Feld. Wird dieses Kabel zu einem großen Kreis oder Rechteck gebogen, verstärkt sich das elektromagnetische Feld innerhalb der Schleife und außerhalb der Schleife schwächt es sich ab. Schicke ich einen Wechselstrom im Rhythmus der Sprache in diese große Schleife und halte ich eine kleine Drahtspule (z.B. T-Spule) in diese Schleife, dann entsteht in dieser kleinen Spule ebenfalls ein Strom im Rhythmus der Sprache => Induktion.

Dieser kleine Strom wird in einem Hörgerät wieder verstärkt und vom Hörgerätelautsprecher wieder in Sprache verwandelt.



10.6.3 Der Induktions- bzw. Schleifen-Verstärker

Heutzutage wird ein sogenannter Induktions-Stromverstärker benutzt, denn nur diese Technik (seit 1969 auf dem internationalen Markt) gewährleistet die normgerechte Einmessung der Anlage nach der heute aktuellsten Norm DIN EN 60118-4: 2017.

Was bedeutet „Stromverstärker“ bzw. „Spannungsverstärker“?

Ein Mikrofon erzeugt eine kleine Spannung (gemessen in Volt bzw. Milli-Volt), die ein genaues Abbild des aufgenommenen Schalls ist. Bei einem Spannungsverstärker ist die abgegebene Spannung (Volt) proportional zu dieser Mikrofonspannung, bei einem Stromverstärker ist es der Strom (Ampère).

Lautsprecher => Spannungsverstärker: Ein Lautsprecher braucht eine elektrische Leistung, die in Schall-Leistung umgesetzt wird. Die physikalische Formel: $N = U^2/R$ (Leistung = Spannung zum Quadrat durch elektrischen Wirk-Widerstand des Lautsprechers). Nur die Spannung (Volt) am Verstärkerausgang und die Eigenschaft des Lautsprechers sind maßgeblich. Um auf den langen Leitungen in einer Kirche keine großen Verluste zu erleiden, wird oft eine „Hochspannungs-Leitung“ mit 100Volt benutzt.

Induktionsschleife => Stromverstärker: Eine Induktionsschleife benötigt ein elektromagnetisches Feld, dessen Stärke sich proportional zur Mikrofonspannung verhält. Die physikalische Kurz-Formel: $H = I / 2\pi r$ (Strom [Ampere] durch: 6,28 mal Abstand vom Kabel). Wir sehen, die Feldstärke ist nur vom Strom und der Entfernung zum Kabel abhängig.

Wenn Sie ein Angebot vom Elektroakustiker erhalten, laden Sie sich von der Herstellerseite im Internet das Datenblatt herunter. Dort steht

immer die maximale Versorgungs-Fläche. Die sollte auf alle Fälle größer sein, als die Fläche der Kirche, weil noch etwas Reserve eingeplant werden soll. Meist deutet die Verstärkertype auf die Fläche hin, für die er ausgelegt ist. Beispiel:

- xxx300 oder yyy-3: 300 qm und in günstigen Fällen *) noch mehr. Der günstigste Fall steht dann im Datenblatt.
- xxx1000: 1000 qm und im günstigsten Fall *) 1300 qm.

*) spezielles Schleifenlayout mit teurem flachen Kupferband.

Faustformel: Verstärker eine Klasse höher als die Quadratmeter der Kirche. Kirche 120 qm => Verstärker für 200 oder 300qm. Die Leistungsreserve wird dann nötig, wenn die Schleife nicht optimal verlegt werden kann oder Holzbänke irgendwann durch Stahlrohrstühle ersetzt werden. Leichte Tonhöhenanhebungen benötigen schon enorme Zusatz-Leistung.

Die Installation muss eine erfahrene Elektroakustik-Firma machen, die die Messgeräte zur Einmessung nach DIN EN 60118-4: 2014 besitzt: z.B. Ampetronic FSM/Loopworks R1 zuzüglich eines CD/MP3-Players oder Tongenerators mit linearem Frequenzgang von 100-16000 Hz.

Achtung: Manche Elektroakustiker, die die technische Entwicklung seit 1970 nicht richtig mitbekommen haben, schließen die Schleife über einen NF-Leistungs-Trafo (NF=Niederfrequenz) direkt an den 100V-Ausgang des Lautsprecherverstärkers an. Das ist absolut falsch und reduziert die Sprachverständlichkeit für Schwerhörige: der Frequenzgang am Lautsprecherausgang ist nie linear und ein Lautsprecherverstärker ist kein Stromverstärker. Ein Trafo ist eine Induktivität und sein Wechselstromwiederstand wächst mit der Frequenz, hohe Töne werden also schlechter übertragen. Die Norm kann nie erfüllt werden. (s. Kap. 11)
Vgl. https://www.carsten-ruhe.de/app/download/13283409230/2007-11-01+Spannungs-+oder+Stromverst%C3%A4rker.pdf?t=1629052661

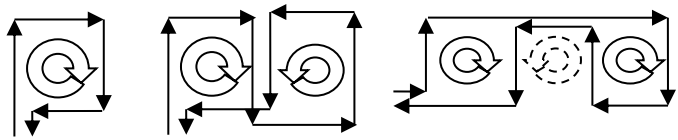
10.6.4 Grundprinzip der Schleifenverlegung

Es gibt die verschiedensten Schleifenverlegungsarten: einfaches Rechteck (Perimeter), 8er oder Doppel-Acht u.v.a.m. Das Grundprinzip ist einfach, es muss in erster Linie in den einzelnen Leitungsabschnitten nur die Stromrichtung beachtet werden:

- waagerechte Leitungen eng beieinander liegend (quasi im Kabelkanal):
    - neben denen gehört werden soll: gleiche Stromrichtung
    - neben denen nicht gehört werden muss, Stromrichtung egal. (Leitungen nach Möglichkeit verdrillen.)

- waagerechte Leitungen, weit auseinander liegend („die Leistungsträger“):
    - zwischen denen gehört werden soll: unterschiedliche, jeweils entgegengesetzte Stromrichtungen,
    - zwischen denen kaum gehört werden soll: gleiche Stromrichtung:
- Senkrechte Leitungen: egal, sie tragen zum Hören in der Regel nichts bei (Ausnahme: Zuhörer schläft ein oder Kopf/T-Spule liegen waagerecht „Nukleus-CI“) => eng beieinander liegend: verdrillen.

Oder auch anders gesagt: zwei benachbarte Segmente müssen immer umgekehrte Stromrichtungen haben:



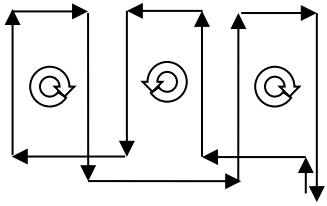
10.6.4.1 Metallverluste

Das Prinzip ist ja: eine große Spule induziert Strom in eine kleinere. Dabei wird natürlich ein klein wenig Energie aus dem erzeugten Magnetfeld in die T-Spule übertragen. Die Energie ist proportional zur Querschnittsfläche und Anzahl der Windungen der Spule. Das ist bei der kleinen T-Spule im Hörgerät so wenig, dass sich das erst mit mehreren hundert T-Spulen bemerkbar machen würde, wenn überhaupt.

Aber dieses Induktionsprinzip funktioniert auch mit allen anderen in sich geschlossenen ringförmigen stromleitenden Strukturen innerhalb der Schleife (mit dem waagerechten Anteil parallel zu der Schleife => Sinus-Satz). Das betrifft alle Metalle, nicht nur Stahl. Solche Strukturen sind in Stahlbeton-Bauteilen (z.B. Stahlmatten), abgehängte Decken, und Streckmetall zu finden. Manche Stahlrohrstühle haben solche geschlossenen Metall-Kreise. Gut ist es, wenn diese Strukturen schon in der Planungsphase elektrisch durchbrochen werden können, z.B. indem bei abgehängten Decken die Stahl- oder Alu-Träger isoliert miteinander verschraubt/vernietet werden oder Stühle ohne durchgängige horizontale ringförmige Metallstrukturen bzw. gleich Holzstühle gewählt werden.

Diese Metallstrukturen „fressen“ mehr oder weniger Energie, typischerweise werden die Frequenzen ab 1000Hz geschwächt, und die Verluste nehmen in Richtung Mitte der Schleife zu. Die Verluste der hohen Töne können durch einen entsprechenden Klangregler (MLC=Metal Loss Correction) am Verstärker ausgeglichen werden. Da hohe Frequenzen energiereicher sind, geht damit aber die Fläche zurück, die der Verstärker versorgen kann. Der Feldstärkeverlust in Richtung Mitte wird durch

ein spezielles Schleifenlayout ausgeglichen. Die effektivste Methode ist die „Phased Array Loop“, bei der zwei horizontal gegeneinander versetzte Schleifensysteme von zwei um 90° phasenversetzten Verstärkern bedient werden. Solch ein System kann nur mit einer speziellen Software von einem*r Fachmann*frau berechnet werden. Die Planung kostet derzeit pauschal etwa 695€ (zuzüglich MwSt).



Die 90°-Phasenverschiebung hat diesen Grund: die Signale der beiden Schleifensysteme können sich garantiert nicht gegenseitig auslöschen, sondern addieren sich sogar. (Addition von Sinuskurven)

Diese Grundschleife wird quasi noch einmal kopiert, dann um 180° gedreht und um einen berechneten Abstand nach rechts versetzt und dann darübergelegt und jeweils mit dem um 90° phasenversetzen Signal versorgt.

Allerdings haben phased array loops auch Nachteile: sie begrenzen das elektromagnetische Feld ziemlich scharf, außerhalb der Schleife gibt es praktisch keinen Overspill. Wird die Bankreihe versorgt, ist in den Gängen nichts zu hören, und dort sitzen meist die Rollstuhlfahrer. Wir killen dann deren Barrierefreiheit. Wird also wg. starkem Metallverlust ein loop-array notwendig, müssen wir uns etwas für die Rollstuhlfahrer überlegen.

10.6.5 Induktionsschleifen in benachbarten Räumen

Eine einfache Perimeterschleife, d.h. ein Kabel rund um den Raum oder um eine Bankreihe herum, verstreut sein Magnetfeld in etwa 1/3 ihrer Breite außerhalb des Schleifenbereiches herum (Overspill). In einer Kirche ist das kein Problem, so können auch Leute draußen vor der Kirche auch noch mithören, zwar nicht normgerecht, aber einigermaßen brauchbar. Haben wir aber ein Gemeindehaus oder ein Tagungshaus, dann ist es natürlich schlecht, wenn im Nebenraum mitgehört werden kann bzw. es zu einem Mischmasch aus dem eigenen Raum und dem Nebenraum kommt.

Immer wieder hören wir dann die Empfehlung, in einem Raum eine induktive Höranlage zu installieren und im anderen Raum eine andere Übertragungstechnik zu wählen, also Funk (FM/DECT/2.4GHz) oder Infrarot. Abgesehen davon, dass der zweite Raum dann nicht barrierefrei ist, ist dies auch technischer Blödsinn. Funk/IR-Anlagen korrekt genutzt

heißt, die „letzte Meile“ ins Hörgerät hinein ist immer induktiv, nämlich über eine Mini-Halsring-Induktionsschleife, die am Empfänger-Gerät angeschlossen wird. Im Hörgerät würden dann zwei Signale empfangen: das vom Funk/IR-Empfänger und das vom Nebenraum mit dem Ergebnis, dass sich zwei Vorträge mischen und deshalb nichts mehr verstanden wird. „Superschlaue“ Berater empfehlen Kopfhörer an die Funk/IR-Empfänger anzuschließen. In aller Regel heißt das: Hörgeräte abnehmen und nur mit Kopfhörer hören. Aber dann fehlt die individuelle Höranpassung durch das Hörgerät und ein Verstehen ist nicht gewährleistet. Hier wurde die Grundproblematik der Schwerhörigkeit nicht verstanden, denn anscheinend ist Schwerhörigkeit für diese „Superschlauen“ nur ein Problem der Lautstärke. Um hier vollständig zu sein: technisch wäre eine Notlösung möglich: den Gästen Bluetooth-Hörgeräte empfehlen und dann eine Zubehör-Geräte-Kette nach Kapitel 10.10 auf zu bauen. So können Gäste zwar über die Höranlage hören, aber die Verständlichkeit leidet wg. fehlender Lippensynchronität.

Die barrierefreie Problemlösung ist aber sehr einfach: Es gibt Schleifenlayouts, die den Overspill in eine oder alle Richtungen verhindern (z.B. eine einfache Stoploop oder ein Lowspill-Loop-Array). So ein Schleifenlayout wird jeweils in die benachbarten Räume installiert.

10.6.6 Mobile Ringschleifensysteme

Es gibt etwa 40x40cm große Kästen, in die eine kleine etwa senkrechte Ringschleife montiert ist. Auf der Rückseite ist ein Rundumempfangs-Mikrofon eingebaut. Ein kleiner akkubetriebener Induktionsverstärker versorgt die kleine Schleife. Dieser mobile Kasten soll als kleine Höranlage an Infoschaltern oder z.B. bei Seelsorgegesprächen dienen. Allerdings gibt es dabei einige praktische Probleme.

Die Wartung ist aufwändig, es muss sich jemand um dieses Gerät regelmäßig kümmern, ansonsten ist der eingebaute Akku (Haltbarkeit etwa 5 Jahre) gerade dann leer, wenn die Anlage benutzt werden soll. Oder die Anlage ist gerade nicht auffindbar, weil sie gerade woanders genutzt wird oder in der allgemeinen Hektik nicht an ihren Platz zurückgestellt wurde.

Physikalische Probleme bestehen ebenfalls. Der Hörabstand des Gerätes ist etwa 0,5-1m, die Hörfläche etwa 1,2m^2. Die Schleife kann nicht nach DIN eingemessen werden. Je näher das Gerät am Hörgerät positioniert wird, desto weiter ist das eingebaute Mikrofon von dem/der Sprecher*in

entfernt und nimmt ebenfalls alle Umgebungsgeräusche mit auf und verstärkt sie auch noch. Das eingebaute Mikrofon macht also praktisch keinen Sinn, sondern nur ein externes Mikrofon bzw. ein Headset, was aber meist nicht im Lieferumfang ist oder nicht genutzt wird.

Für ein Einzel-Seelsorgegespräch gibt es Alternativen: Hörverstärker mit Halsringschleife, an die ein kabelgebundenes externes Mikrofon bzw. angeschlossen werden kann.

An Infoschaltern herrscht oft ziemlich viel Störlärm (z.B. an Bahnhofschaltern). Sinnvoller ist immer eine fest installierte Schalterschleife, die nach DIN eingemessen werden kann. Barrierefrei ist sie nur dann, wenn sie ständig mitläuft und nicht erst auf Anforderung vom Schalterpersonal eingeschaltet wird.

Preislich liegen diese mobilen Geräte im selben Bereich wie für fest installierten Schalter-Schleifen, also etwa 50-300 €, je nachdem, ob sie im deutschen Handel oder gebraucht bei eBay aus England besorgt werden.

10.7 (Fast) alles rund um Bluetooth und Hörgeräte

Zunächst hier einige Grundlagen über die verschiedenen Bluetooth-Varianten, die für Hörgeräte vorsehen sind. Dann gibt es Infos zum täglichen Gebrauch von BT-Hörgeräten, ihre Vor- und Nachteile und warum Bluetooth (noch) nicht als Höranlagen-Technik in Frage kommt. Eines vorweg: mit Bluetooth im Hörgerät lassen sich bestimmten Situationen etwas bequemer lösen, aber nicht alle und gewiss kann Bluetooth zumindest noch eine lange Zeit die T-Spule nicht ersetzen – genauso wenig wie ein High-Tech-Küchenmixer einen Kochlöffel ersetzen kann.

Bluetooth ist eine digitale Funktechnik im 2,4GHz-Bereich. Es wurde entwickelt für die drahtlose Anbindung von Computer-Zubehör (Maus, Tastatur, Lautsprecher/Mikrofon=Headset, Drucker etc.), zu einer Zeit weit vor den Smartphones. Bluetooth-Chips gibt es auf dem Weltmarkt sehr klein (etwa 4x4mm) und billig oder es wird gleich im Hörgeräte-Chip integriert(on-Die). Die Antenne wird kostengünstig auf die Platine geätzt, als Folienantenne ausgeführt oder auf die Innenfläche des Gehäuses aufgedampft. Es gibt zwei grundverschiedene Bluetooth-Systeme: Das Bluetooth-Classic (BTC) und das Bluetooth-Low Energy (BLE). Sie haben im Prinzip nur einen Teil des Namens und den Funkfrequenzbereich 2,4GHz gemeinsam, aber eine grundverschiedene Software- und Sende-Struktur, sie können deshalb überhaupt nicht miteinander in

Verbindung treten. Sie sind für grundverschiedene Anwendungsszenarien konzipiert, können aber parallel arbeiten. Nicht selten werden sie sogar auf getrennten Chips hergestellt.

Bluetooth sendet im 2,4GHz-Bereich, exakt die gleiche Frequenz wie die Mikrowelle. Diese arbeitet nicht umsonst im 2,4 GHz-Bereich, denn die Funkenergie wird von Wasser in Wärme umgewandelt. Das heißt, alles, was zwischen Sendeantenne und Empfänger Wasser/Feuchtigkeit enthält, frisst Sendeenergie und reduziert die Funkreichweite: Menschen, Pflanzen, Nebel, Regen etc., aber auch andere Materialien wie Mauern, Türen und sonstiges Gebäudezubehör. Auch der eigene Kopf dämpft: das eine Hörgerät hat z.B. Empfang, das andere nicht.

Krankenkassen zahlen für Hörgeräte mit Bluetooth nur den Basispreis, weil sie Bluetooth grundsätzlich als Komfort-Merkmal betrachten, also muss zugezahlt werden. Mit einer normalen Rente können aber keine Mittelklasse oder High-End-Hörgeräte gezahlt werden,

Inzwischen gibt es 5 verschiedene Bluetooth-Varianten für Hörgeräte:

- **Bluetooth-Classic**
- **Bluetooth-LE** (BT-LE oder BLE = Low Energy = Bluetooth-Smart)
- **Bluetooth-LEA** (BT-LE mit **A**pple Erweiterung = Mfi = **M**ade **f**or **i**Phone)
- **Bluetooth-LE-ASHA** (Audio Sharing for Hearing Aids=Android-Geräte)
- **Bluetooth-LE-Audio = BLE Audio** (in Planung und Entwicklung)

Ein Hörgerät der einen Variante kann nicht mit einem Sender einer anderen Variante verbunden werden. Z.B. ein Made-for-iPhone-Hörgerät lässt sich nicht mit einem Android-Handy und erst recht nicht mit einem Festnetz-Telefon verbinden, das es nur mit Bluetooth-Classic gibt, sondern allein nur mit einem iPhone oder iPad. Eine Kopplung kann jedoch über Zusatzgeräte erfolgen, die zwischen den Welten übersetzen.

- Es wird ein Pico-Funknetzwerk mit einer 3bit Netzwerkadresse aufgebaut, heißt: maximal 8 Geräte können gleichzeitig aktiv sein (1 „Master“ und 7 „Slaves“ = Zubehörgeräte). In einem nicht genormten Scatter-Netzwerk können zwar bis zu 254 Geräte verbunden sein, aber nur 8 können aktiv sein, die Restlichen sind geparkt. Standardmäßig kann an einem Bluetooth-Sender (Notebook/Tablet/ Smartphone) jeweils **nur ein Gerät** einer Geräteklasse aktiv sein, oder anders gesagt: ein Bluetooth-Profil kann jeweils nur einem Gerät zugeordnet werden. Das kennen wir ja: Ist ein Headset mit dem

Smartphone verbunden, wird es abgemeldet, wenn ein Bluetooth-Lautsprecher verbunden wird.

- Jedes Gerät muss in der **Pairing**-Prozedur auf dem sendenden Gerät akzeptiert werden. Es wird ausgehandelt, mit welchem Profil (= Programm-Typ: z.B. Lautsprecher oder Headset) gearbeitet wird. Der Master vergibt Sendekanal und Sendezeitpunkt, die jeweils nach einem bestimmten Zeitplan wechseln (Frequenz-Hopping und Zeitscheibenverfahren), das soll die Störungs-Quote reduzieren. Folglich entsteht dadurch eine gepulste Hochfrequenzstrahlung. Zum Pairing muss der/die Anlagenbetreuer*in gebeten werden, die Anlage in den Pairing-Modus zu versetzen. Wird ein neues Hörgerät gepaired, fliegt aber ein anderes Hörgerät aus dem Pairing hinaus. Das ist nicht barrierefrei und ein absolutes no-go. Das Pairing ist bei dem in Entwicklung befindlichem BLE Audio im Broadcast-Modus nicht unbedingt erforderlich bzw. es ist ein Mehrfach-Pairing möglich, aber siehe weiter unten.
- Standard der **Reichweite** sind 10m. Es gibt zwar auch, die bis zu 100m reichen, aber die müssen dann auch vom Empfangsgerät, also dem Hörgerät unterstützt werden, was aber so gut wie nie der Fall ist und wenn, dann aber sehr viel mehr Batteriestrom zieht. Dickere Mauern (z.B. oft zwischen Verstärkeranlage in der Sakristei und Kirchenschiff) oder Wasser/Feuchtigkeit = Menschen reduzieren die Reichweite erheblich.
- **Latenzzeit**: Nicht zu vernachlässigen ist die Zeit, die Bluetooth zum Übertragen benötigt. Das Standard-Audio-Protokoll ist schon so langsam, dass weitere proprietäre Protokolle entwickelt wurden, die allerdings von Sender und Empfänger beherrscht werden müssen, was sehr oft nicht Fall ist. Beim Musikhören ist eine hohe Latenzzeit kein Problem und beim normalen Telefonieren entstehen einfach etwas längere Gesprächspausen. Aber schon beim Fernsehen ist es lästig, wenn keine Lippensynchronität mehr besteht: im Krimi fällt das Opfer um, bevor der Schuss zu hören ist. Auch bei einer „offenen Versorgung“, kann die Sprachverständlichkeit leiden. Ein Kurztest mit iPhone 5 und 7 und iPhone-Hörgeräten (Jan. 2020) bei offener Versorgung (etwa 3500€ Zuzahlung) ergab: Latenzzeit zwischen Luft-Direktschall und iPhone war deutlich im Hall- bis Echo-Bereich und in 5-10m Entfernung war die Sprachverständlichkeit mit Hörgerät sogar erheblich schlechter als ohne Hörgerät.

Diese typischen Merkmale führen dazu, dass das bisherige Bluetooth bis zur Version 5.1 garantiert nicht tauglich für eine Höranlage ist. (vgl. Kriterien in Kap. 0)

Die in Entwicklung befindliche Version 5.2 könnte zwar vom Prinzip her als Höranlagen-Technik fungieren, aber sie wird nicht barrierefrei zu bedienen sein, wie weiter unten erklärt wird. (vgl. Kriterien in Kap. 0)

Bluetooth-Classic: (BTC) Es ist die Version, mit der Mäuse, Tastaturen, Lautsprecher, Headsets, Freisprecheinrichtungen u.v.a.m. an Notebooks und Smartphones mit der Pairing-Prozedur angekoppelt werden. BTC gilt als „Batteriefresser“. Das kennen wir ja vom Smartphone: ist das Headset verbunden, geht die Akkulaufzeit rapide hinunter. Der 1mW (Milli-Watt)-Modus reicht Innen 1m, im Freien 10m, der 2,5mW-Modus reicht Innen 10m, der 100mW-Modus im Freien 100m weit. Gehen wir von einem Grundbedarf eines Hörgerätes von etwa 1,5 bis 5mW aus, dann reicht die Batterie je nach Größe (675-blau 910mWh, 13-orange 434mWh, 312-braun 252mWh, 10-gelb 140mWh, 5-rot 49mWh) für eine Laufzeit im Sendemodus 1mW zwischen 20 und 150Std, im 2,5mW-Modus etwa 12-120Std und im 100mW-Modus zwischen 1/2 und 9Std. Die meisten Geräte sind auf 2,5mW beschränkt, d.h. 10m im Innenbereich. Allerdings ist es so, dass die Bluetooth-Verbindung nur bei vollen oder fast vollen Batterien zustande kommt.
Es gibt nur von einem Hörgerätekonsortium Geräte mit eingebautem BTC. Ab Version 5.0 vom Dez. 2016 könnten z.B. zwei Headsets gleichzeitig gepaired werden, aber diesen Dual-Modus müssten alle beteiligten Geräte beherrschen und bis heute gibt es dem Vernehmen nach nur extrem wenige High-End Smartphones, die ihn beherrschen. Es gibt auch Zusatzgeräte mit Bluetooth-Classic, die dann den Ton über T-Spule, NFMI (Near Field Magnetic Induction = digitale Hochfrequenz-Induktion) oder eine spezielle Funk-Technik in das Hörgerät übertragen. „Hands-free“-Telefonieren ist kein Problem, das Hörgerät funktioniert wie ein Standard-Ohrclip-Headset, nur mit dem Vorteil: in beiden Ohren, ein klitzekleiner Vorteil für Hörgeräteträger*innen. Weil BTC aber ein „Batteriefresser“ ist, wird bis auf wenige Ausnahmen BT-Low Energy in Hörgeräte eingebaut.
=> **Fazit:** nicht Höranlagen-tauglich, nicht barrierefrei.

Die Bluetooth-Low Energy (LE)-Fraktion

Wegen des hohen Energie-Bedarfs von Bluetooth-Classic wurde Bluetooth-LE für „Wearables“, “smart home” und industrielle Anwendungen konzipiert: kurze Statusinformation von Sensoren, Geräten etc. („Internet der Dinge“ = IoT=„Internet of Things“). Die Geräte müssen gepaired werden. Von Haus aus kann es keine Audio-Übertragung, erst in der in Entwicklung befindlichen Version 5.2 (BLE Audio).

Bluetooth-LE (Low Energy) = Bluetooth-Smart. Es unterstützt bis zur aktuellen Version 5.1 keine Tonübertragung, für Höranlagen also nicht tauglich.

Heutzutage ersetzt eine App auf dem Smartphone ab Bluetooth 4.0 die Fernsteuerung des Hörgerätes. Damit wäre auch das möglich: sobald das Smartphone mit dem Internet verbunden wird, könnten die gespeicherten Nutzerdaten aus dem Hörgerät samt Namen und Seriennummer an den Hersteller übertragen werden. Außerdem könnten diese Nutzerdaten durch andere Daten aus dem Smartphone angereichert werden.

Das Internet-der-Dinge wäre auch möglich: smarte Haushaltgeräte geben ständig ihre Meldungen an das Hörgerät: Hörstress pur.

Beim Hörakustiker werden die Hörgeräte darüber programmiert und persönliche Nutzerdaten aus den Hörgeräten ausgelesen.

=> **Fazit:** nicht Höranlagen-tauglich, bedingt barrierefrei.

Bluetooth-LEA (LE mit Apple-Erweiterung) (Mfi=Made for iPhone): Das Manko der fehlenden Audioübertragung bei Bluetooth-LE hat die Firma Apple erkannt und hat in ihre Smartphones und Tablets eine patentierte Audio-Erweiterung für BT-LE eingebaut, die allerdings nur die Lautsprecher-Funktion beherrscht, nicht aber die Mikrofonfunktion. Hörgerätehersteller können diese Erweiterung ebenfalls einbauen. Obwohl Apple keine Lizenzgebühren verlangt, gibt es BT-LEA erst ab den oberen Mittelklasse-Hörgeräten mit Zuzahlung. Diese Mfi-Hörgeräte können nur an iPhones und iPads angekoppelt werden. Bei allen anderen Geräten, wie Notebooks, PC, Android-Smartphones, Festnetz-Telefone und Analog-Geräte etc. wird ein kostenpflichtiges Zubehörteil notwendig, das das Tonsignal von BT-Classic oder Analog auf die spezielle Apple-Version konvertiert oder über eine Spezialtechnik ins Hörgerät bringt. Dieses Zusatzgerät muss zusätzlich am Hals getragen werden, wenn man „hands-free“ telefonieren will, denn es enthält auch das Mikrofon. Da das Tonsignal aber konvertiert werden muss (von BT-

Classic/Analog nach BT-LEA, ggf. sogar noch über eine Zwischenversion), gibt es eine wahrnehmbare Latenzzeit.

Vom Pairing her geht gleichzeitig nur ein einziges Hörgeräte-Paar, d.h. ein iPhone/iPad und zwei Zuhörer geht nicht.

Eine andere Zusatzfunktion im iPhone erlaubt es, das Mikrofon des iPhone‘s direkt auf das Hörgerät zu übertragen. Laut Werbung würde das ein Funkmikrofon („Microlink“) ersetzen, das iPhone wird dann einfach auf das Rednerpult gelegt. Ein Test mit iPhone 5 und 7 ergab: Eine Programmumschaltung am Hörgerät ist nicht mehr möglich, wechselt der/die Redner*in den Standort (z.B. von der Kanzel zum Altar), dann kann nicht mehr auf das Hörgerätemikrofon umgeschaltet werden: man ist völlig draußen. Da kein Smartphone ein Richtmikrofon hat, kommen Nebengeräusche zu stark hinein. Und wer haftet, wenn das teure iPhone beim Umblättern des Manuskripts vom Rednerpult auf den Boden knallt? Und am Ende der Veranstaltung muss man schnellstens sein iPhone abholen, bevor es ein anderer tut ;-(Diese Funktion ist also ein Gimmick, der vielleicht für eine Unterhaltung in der Disco taugt, wenn man das iPhone seinem Gegenüber direkt vor den Mund hält.

=> **Fazit:** nicht Höranlagen-tauglich, nicht barrierefrei.

Bluetooth-LE-ASHA (LE mit Android-Erweiterung): Der Android-Hersteller Google hat zu spät erkannt, dass Apple bei betuchten Hörgeräteträgern die Nase vorne hat. Deshalb wurde die entsprechende Funktion Ende 2019 für Android nachgereicht ab Android-Version 10 und Bluetooth Version 5.0, wobei der Gerätehersteller und Mobilfunkanbieter diese Funktion freischalten müssen.*) Ein Update auf Android-10 reicht also nicht aus. Derzeit gibt es nur 28 Smartphones von drei Premium-Herstellern und nur sehr wenige High-End Hörgerätefamilien/CI, die es beherrschen. Die meisten Hörgerätehersteller haben Informationen zufolge nicht vor, ASHA einzusetzen. Es funktioniert so ähnlich wie das Bluetooth-LEA (Apple), sie sind aber nicht kompatibel, d.h. ein iPhone kann nicht mit ASHA und Android nicht mit Mfi. Deswegen können manche ASHA-Hörgeräte auch Mfi. Ein Update auf ASHA für alte Mfi-Hörgeräte ist unwahrscheinlich. ASHA dient also praktisch nur dazu, dass das neue High-End-Hörgerät auch an High-End-Android-Nutzer verkauft werden kann. Ankopplung an Festnetz-Telefone, die ja allenfalls BTC haben, geht nicht direkt, sondern nur über ein BT-Classic

Zubehör. Das Pairing geht über eine App.
*)https://www.resound.com/de-de/help/compatibility#androiddevice
=> **Fazit:** nicht Höranlagen-tauglich, nicht barrierefrei.

Bluetooth-LE-Audio = BLE Audio (Version 5.2 vom 6. Jan. 2020): Nach 7 Jahren langer Diskussionen hat es die EHIMA (Europ. Hörgerätehersteller-Vereinigung) geschafft, sich zu einigen und in der Bluetooth-SIG (Special Interest Group) einen neuen Standard durchzusetzen. Notwendig wurde das auch, weil die drahtlosen InEar-Kopfhörer mit BT-Classic eine zu geringe Akkulaufzeit haben und deshalb will man sie auf BT-LE umstellen. Derzeit ist BLE Audio aber noch in der Entwicklungsphase. Erste Chips mit der neuen Sendeeinheit (PHY-Layer) gibt es zwar, aber keine entsprechende Firmware bzw. Software dazu. Hörgeräte mit dieser Technologie wird es erst geraume Zeit später geben und dann – wie üblich – erst in den teuren High-End-Geräten. Wird das betrachtet, was BLE Audio alles so können soll, so stellt es sich als eierlegende Wollmilchsau dar. Man wird die Dinge also langsam angehen.

Neue Funktionalitäten: BLE Audio kann jetzt die Lautsprecherfunktion und in einigen Konfigurationen die Mikrofon-Funktion. Das Latenzproblem wurde angeblich gelöst, Lippensynchronität soll gewährleistet sein. Es gibt nun den neuen Broadcast-Modus, der quasi als Rundfunk auf das Pairing verzichtet. Dieser Modus soll als erstes unter dem Namen „HearStream“ fertig entwickelt werden. Streams („Sendungen“) können aber auch erst über eine Passworteingabe hörbar sein, damit niemand sich einen Eintritt sparen und außen auf der Parkbank mithören kann bzw. bei Konferenzen die Vertraulichkeit gewahrt wird. Um das auch richtig zu gewährleisten, muss wieder individuell gepaired werden, ansonsten könnte das Passwort per SMS weitergegeben werden. Ein Sender kann max. 31 Streams ausstrahlen, im Modus mit Passwort also nur an 31 einzelne Hörgeräte; sollen mehr Hörer versorgt werden, ist ein aufwändiges Multi-Sender-Netzwerk nötig. Im Broadcast kann ein Sender rein praktisch wohl nur 4-5 Streams an beliebig viele Hörgeräte senden. Es kann auch mehrere Sender parallel geben, die jeweils ein eigenes Programm im Umkreis von 100m abstrahlen können. Hörgeräteträger müssen dann den gewünschten Sender und Programm (Stream) auswählen. Wie das funktionieren soll, darüber gibt es bisher ein paar Ideen, allerdings nicht barrierefreie. Eins ist aber sicher: einem „Bluetooth-Knopf“ am Hörgerät wird es nicht geben, da bei den kleinen

Hörgeräten schon jetzt kaum Platz ist. Da am Hörgerät keine Sender und Programme angezeigt werden können und auch kein Passwort eingegeben werden kann, muss es dazu folglich eine Smartphone-App geben. Das Smartphone muss auf der einen Seite die BT 5.2 -Sender der Umgebung abhören und ihre Kennungen und Programme darstellen, andererseits mit den Hörgeräten verbunden sein, also ist wohl ein neues Smartphone mit BT-Version 5.2 fällig. Möglicherweise geht das auch mit Einscannen eines 2D-Barcode. Über eine App wird dann das Hörgerät auf den gewünschten Sender und Audio-Stream (Programm) eingestellt und ggf. das Passwort eingegeben, nachdem die Hörgeräte am Service-Point gepaired worden sind. Das ist alles viel zu aufwändig und fehleranfällig, Ausweg: bei Konferenzen kleine, von der Haustechnik konfigurierte Empfangsgeräte für Kopfhörer, an die Hörgeräteträger*innen dann ihre induktive Halsringschleife anschließen können.

Datenschutzprobleme: Bei einem verbindungslosen Mithören weiß zwar der Sender nicht, wer zuhört, aber das Hörgerät und die App auf dem Smartphone kennen den Zeitpunkt und die weltweit eindeutige Gerätenummer des Senders (MAC), die es ermöglicht, den Standort des Senders zu ermitteln. (MAC und Seriennummer sind beim Gerätehersteller hinterlegt, bei der Garantie-Registrierung wird der Betreiber mit seiner Adresse eingetragen.) Ebenfalls senden Smartphone und Hörgerät immer wieder ihre Bluetooth MAC in die Umgebung, die BT-Sender können diese registrieren. Im Übrigen hat das Smartphone ohnehin immer den Standort parat. Die App könnte diese Daten an den Hersteller weiterleiten. Ein Datenschutz ist also von der Technik her nicht gegeben.

Nachrüstungen: Den uns bekannten Informationen zufolge hat sich die Hardware der Sendeeinheit (PHY-Layer) gegenüber den Vorgänger-Versionen geändert. Damit dürfte es klar sein, dass es für bisherige Bluetooth-Hörgeräte-Modelle keine Chance geben wird, direkt an eine vielleicht einmal erhältliche BLE-Audio-Höranlage an zu koppeln; es sind immer zusätzliche kostenpflichtige Konverter-Geräte notwendig.

Bedienungsprobleme: Bisher kam als Kritikpunkt für die Induktionsschleife, dass insbesondere ältere Menschen oft nicht in der Lage seien, das Hörgerät auf T-Spule umzustellen: das sind bei einem Basishörgerät maximal 3mal (!) eine Taste am Hörgerät drücken. Aber hier bei BLE Audio ist es wesentlich umständlicher, denn diese älteren Leute müssen dann mit der Bedienung eines Smartphones zu Recht kommen und wenn die Augen auch nicht mehr so richtig mitmachen oder bei beginnender

Multipler Sklerose ist das schier unmöglich. Das heißt, die Barrierefreiheit ist dann praktisch nicht mehr gegeben. Es ist völlig unverständlich, wieso die Hörgeräteindustrie die Probleme älterer Menschen nicht im Blick hat, wo doch diese den größten Anteil ihrer Kunden ausmachen.

Kosten: Nicht nur, dass die Hörgeräte eine kräftige Zuzahlung bedeuten, hier ist auch noch ein neues Smartphone notwendig, das die Krankenkassen auch nicht übernimmt. Verbleiben leicht 3500-4500 €, für einen Normalverdiener kaum finanzierbar, mit Rente erst recht nicht.

BLE Audio-Sender („Höranlage“): Im Prinzip ist ein ähnliches Gerät wie der WLAN-Streamer (siehe Kap. 10.3.4), nur dass er statt über WLAN über Bluetooth seine Programme verschickt. Während der WLAN-Streamer über eine Art Webradio-Software läuft, bedient der BLE Audio Streamer mit dem „Rundfunkprogramm“ den Bluetooth-Stack. Aber er ist etwas komplizierter zu administrieren als der WLAN-Streamer, denn Passwörter, Protokollarten, Streams etc., also alle neuen Features, die zur Verfügung stehen, müssen verwaltet werden. Er wird vermutlich kostenmäßig im selben Rahmen liegen: etwa 5.000-8.000 € zuzüglich Schulungskosten für das Administrationsprogramm und die laufenden Kosten für einen Wartungsvertrag.

Nun bestehen aber auch technische Beschränkungen: Soll die Anlage Konferenz-tauglich sein, ist der Modus mit Passwort und Pairing nötig und der Sender erwartet für jedes gesendete Datenpäckchen die Rücksendung einer Empfangsquittung durch das Hörgerät. Hörgeräte werden bei voller Batterie weiterhin nur eine Sendereichweite von etwa 10m haben, sonst werden die Batterie „gefressen“. Die Antennen im Raum müssen also so installiert werden, dass die maximale Entfernung zu einem Hörgerät 10m beträgt, eher weniger wg. schwächerer Hörgeräte-Batterien und der Signaldämpfung durch andere Personen etc.. Bei maximal 31 Empfängern pro Sender müssen aber auch mehrere vernetzte Sender installiert werden, was die Technik nicht vereinfacht. Die Frage ist also, ob es jemals BLE Audio Konferenzanlagen geben wird, wo es doch durchaus einfachere Konferenz-Techniken gibt. Der zweite Broadcast-Modus (ohne Pairing/Quittierung) ist einfacher, da kann das Hörgerät bis zu 100m entfernt sein und es gibt praktisch etwa 4-5 übertragbare Programme. Als Empfangsgeräte sind möglich: BLE Audio Hörgerät bzw. Zusatzgerät, Smartphone mit BLE Audio, BLE Audio Kopfhörer (Hearables) oder spezielle Empfangsgeräte mit Kopfhörer.

Bisher waren außer der Induktionsschleife alle Höranlagentechniken zunächst einmal als Konferenz- oder Personenführungs-Anlagen entwickelt worden, bevor der Nebenmarkt als Höranlage für Schwerhörige entdeckt wurde. Wenn aber die BLE Audio-Technik als Konferenzsystem zu aufwändig ist, lohnt es sich ggf. für die Industrie nicht, nur für den Nebenmarkt Schwerhörige eine Höranlage zu entwickeln!

=> **Fazit:** Vom Prinzip her zwar Höranlagen-tauglich, aber überhaupt nicht barrierefrei. BLE-Audio kann sich mit den bisherigen Bluetooth-Hörgeräten nur auf dem gemeinsamen Nenner verbinden und das ist die Fernsteuerfunktion, denn die bisherigen Hörgeräte besitzen z.B. nicht den LC3-Codec und auch nicht den neuen Broadcast-Modus. Millionen von den bisherigen Hörgeräten müssten vorzeitig ausgetauscht oder mit Zusatztechnik versehen werden, sofern die Hersteller für ihre alten Geräte noch Zusatztechnik entwickeln würden.

Vor- und Nachteile der Bluetooth-Hörgeräte

Die meisten Bluetooth-Hörgerät haben die Apple-Spezialversion eingebaut, selten Bluetooth-Classic, extrem selten Bluetooth-LE-ASHA und BLE Audio gibt es noch gar nicht. Manche Hörgeräte haben auch nur BT-LE für die Fernsteuerung eingebaut.

Das Ziel eines Bluetooth-Hörgerätes ist, dass drahtlos ohne Störgeräusche gehört werden kann, und zwar beim Telefonieren, beim Fernsehen, beim Musikhören und über beide Ohren und wenn möglich in Stereo. Man braucht dann keine kabelgebundene Mini-Induktions-Schleife (Hals-Ringschleife) oder Induktionskopfhörer. Das ist dann bequemer und es gibt keine Stolperdrähte. Das Hören in öffentlichen Räumen, wie Sonntagspredigt oder Vorträge stehen nicht im Fokus.

Größter Nachteil von Hörgeräten mit Bluetooth ist, dass – obwohl es sie meist auch mit T-Spule gibt – oft die Versionen ohne T-Spule verkauft werden, weil sie ja angeblich durch Bluetooth ersetzt würde. Das ist aber falsch. Mit Bluetooth kann an keine einzige Höranlage direkt angekoppelt werden, man bräuchte dazu in den meisten Fällen zwei Zusatzgeräte und das führt zu langer Latenzzeit und damit wäre die Sprachverständlichkeit nicht mehr gegeben. (siehe Kap. 10.10)

Telefonieren:

<u>Made-for-iPhone-Hörgerät:</u>

Die meisten Bluetooth-Hörgeräte haben ja nur die Apple-Spezial-Version (MFi). Man kann aber nie wissen, mit welchem Telefon ein Gespräch geführt werden wird: mit dem eigenen oder fremden iPhone, einem Android-Smartphone, gar einem alten „Knochen“, einem Festnetztelefon daheim oder an der Telefonanlage in der Firma.

Mit einem Made-for-iPhone-Hörgerät kann aber ohne kostenpflichtigem Zusatzteil nur mit einem iPhone (ab 5) telefoniert werden, wenn es zuvor gepaired wurde, ab iPhone 6s und iOS 15.2 Hands-free: Hörgerät in den Pairingmodus versetzen (aus- und einschalten), dann am iPhone das Pairing einleiten. Sollte ich ein Telefonat mit dem iPhone einer/s Kollege/in weitergeführen, geht das nicht so schnell. Wurde gepaired, hat der/die Kollege/in dann ab sofort die Möglichkeit, meine Hörgeräte fern zu steuern. Für ein Android-Smartphone oder ein Festnetztelefon mit Bluetooth-Classic wird ein kostenpflichtiges Zwischengerät benötigt, das mit dem Telefon über BT-Classic gepaired wird und über eine herstellerspezifische Technik ans Hörgerät sendet. Einfacher und billiger ist es, eine Halsringschleife (ab 44€) an die Klinke-3,5-Buchse (bzw. am Lightning-zu-Klinke-Adapter) anzuschießen und die Hörgeräte mit wenigen Tastendrucken auf T-Spule umzustellen. An Telefonanlagen-Geräten gibt es oft Klinke-3,5 oder 2,5-Headset-Buchsen zum Anschluss der Halsringschleife. Privat-Festnetztelefone gibt es auch mit Klinke 3,5-Buchse. Zum „hands-free“ telefonieren ist immer das Zusatzgerät erforderlich, denn nur dort ist das notwendige Mikrofon eingebaut.

Bluetooth-Classic-Hörgerät:

Es kann praktisch mit jedem Gerät gekoppelt werden, das auch Bluetooth-Classic verbaut hat: iPhone, Android, MP3-Player, Fernseher, Tablets, Notebooks etc. „Hands-free“-telefonieren ist kein Problem, die Hörgeräte fungieren als Freisprecheinrichtung. Für Quellgeräte ohne Bluetooth gibt es preisgünstige Bluetooth-Transmitter, die an die Kopfhörerbuchse des Quellgerätes angeschlossen werden und alles in Stereo Bluetooth-Classic übersetzen. Aber hier ist oft die Latenzzeit das Problem. Ein BT-Classic-Hörgerät kann sich aber meist nur zwei Pairing-Partner merken, z.B. Smartphone und TV-Adapter. Wird mit einem weiteren BT-Gerät gepaired, geht eines der Vorherigen verloren und es muss beim nächsten Mal erneut gepaired werden – nicht so praktisch…

BT-LE ASHA-Hörgeräte

Es gibt derzeit nur wenige teure Hörgerätefamilien und nur ein paar teure Android Smartphones, die es unterstützen. Es gibt die gleichen

Probleme wie beim Mfi-Hörgerät, nur umgekehrt: Android statt iPhone. In der Regel haben ASHA-Hörgeräte auch MFi eingebaut.

BLE Audio-Hörgeräte

Gibt es noch nicht. Für das Telefonieren scheint es gar keine Unterstützung zu geben. Also wird ein Adapter von Analog/Bluetooth-Classic auf BLE-Audio benötigt. Vielleicht macht das auch eine Smartphone-App.

Die Zusatzgeräte:

Typischerweise gibt es TV-Adapter, Telefonclip und externe Funkmikrofone. Sie müssen jeweils mit den eigenen Hörgeräten gepaired werden. Meist übertragen sie ins Hörgerät nicht per Bluetooth (dann würden sie ja z.B. ein iPhone simulieren) sondern meist per spezieller Funktechnik (z.B. mit FM -10,2MHz, 470MHz, 2,4GHz-Technik, NFMI 13,56 MHz=Near Field Magnetic Induction). Das dient der Kundenbindung.

TV-Adapter: Sie haben einen analogen Eingang mit verschiedenen Stecker- und Adaptertypen) und meist einen optischen Eingang sowie ein Netzgerät, manche mit einen Micro-USB, sodass sie auch mit einer Powerbank mobil betrieben werden können. Manche TV-Adapter können auch mit zwei oder mehr Hörgeräten gepaired werden. Für Bluetooth-Classic-Hörgeräte tut es meist auch ein Bluetooth-Transmitter aus dem Internet ab etwa 10€.

Telefonclip: Für Bluetooth-Classic-Hörgeräte sind Telefonclips nicht notwendig. Das sind kleine Umhänge-Geräte mit eingebautem Akku. Sie haben ein Mikrofon und dienen zur Kopplung von Made-for-iPhone-Hörgeräten an Geräte mit Bluetooth-Classic, z.B. Android-Smartphone oder wenn mit einem iPhone „hands-free“ telefoniert werden soll, denn normalerweise muss noch direkt in das iPhone gesprochen werden. Selten haben diese Geräte noch einen analogen Eingang.

Funkmikrofon: Es gibt zwei Typen: reine Funkmikrofone und Multi-Mikrofone. Letztere haben noch weitere Anschlüsse: oft z.B. eine eingebaute T-Spule, einen analogen Klinke-3,5-Eingang oder einen Euro-Anschluss für spezielle Funkempfänger.

Fernsehen und Musikhören mit einem Bluetooth-Hörgerät

Kaum ein Fernseher wird die Bluetooth-Apple-Spezialversion oder gar ASHA verbaut haben, oft hat er gar kein Bluetooth.

Zu den einzelnen Hörgeräten gibt es immer einen Fernsehadapter, der über Klinke-3,5, Cinch oder SCART angeschlossen wird und den Fernsehton zum Hörgerät in der benötigten Version (Classic bzw. spezielle Funktechnik) überträgt.

Soll mobil mit einem MP3-Player ohne Bluetooth gehört werden, dann wird die gleiche Gerätekette wie beim Anschluss an eine FM-Höranlage benötigt, nur dass der FM-Empfänger durch den MP3-Player bzw. Fernseher ersetzt wird. (siehe Kap. 10.10) Wie war das mit „Bluetooth ist praktisch und bequem“? Einfacher ist da der Stereo-Induktions-Kopfhörer (ca. 20€).

Wollen gleichzeitig andere über Lautsprecher mithören, dann ist die einfachste Version ein Standard-Fernseh-Funk-System, die zum Teil mehrere Empfänger unterstützen. (ab etwa 150 €). Die gibt es mit Funkkopfhörern oder einfachen Empfängern mit Klinke-3,5-Buchse. Dort wird ein normaler Kopfhörer für Guthörende, die Halsringschleife (ab 44€) oder der Stereo-Induktions-Kopfhörer (ca. 20€) eingesteckt – oder die Geräte-Kette nach Kap.10.10, wenn die Hörgeräte nur Bluetooth haben.

Warum empfehlen Hörakustiker denn Bluetooth?

Wie schon hier leicht erkennbar, ist das gar nicht so einfach mit nur-Bluetooth-Hörgeräten. Wie sie an eine bestehende Höranlage angekoppelt werden, steht in Kapitel 10.10. Warum aber wird dann von Hörakustiker*innen seit Jahren Bluetooth als Alternative zur Induktions-Technik gepriesen? Zum Teil haben sie wohl nicht realisiert, dass es verschiedene Versionen von Bluetooth in Hörgeräten gibt. Andererseits hat es damit zu tun, dass sie in erster Linie Schwerhörige in der häuslichen oder beruflichen Umgebung im Sinn haben, und da vor allem das Telefonieren mit Smartphone (mit Festnetz geht entweder gar nicht oder nur mit Zubehörteil); denn wieder richtig telefonieren zu können, gehört zu den stärksten Wünschen. Der sonntägliche Gottesdienst-Besuch, Vortrag oder Theater gerät offensichtlich aus dem Fokus.

Und meist wissen die Hörakustiker*innen auch gar nicht, dass und wo es in öffentlichen Räumen induktive Höranlagen gibt. Und sie haben in ihrem Hörstudio in aller Regel auch nicht die Möglichkeit, die Übertragung auf die T-Spule ordentlich zu testen und richtig einzustellen, z.B.: „Halten Sie mal Ihre Uhr an‘s Ohr. Hören Sie das Ticken?“.

So haben wir schon bei unseren Beratungen bitterböse Enttäuschungen über Hörakustiker*innen gehört, weil man mit den teuren Bluetooth-Hörgeräten die Höranlage in der Kirche nicht nutzen kann und die Predigt immer noch nicht versteht.

Warum ist das aktuelle Bluetooth veraltete Technik?

Eines ist jetzt klar: die bisherige Bluetooth-Technik kann keine Höranlagentechnik sein, weil im Standard maximal zwei Teilnehmer*innen versorgt werden könnten, selbst mit Getrickse bleibt es trotzdem nur bei sieben. Bluetooth kann auch nicht ohne Zusatzgeräte an eine bestehende Höranlagen-Technik angekoppelt werden (s. Kap. 10.10), wobei es technisch bedingt immer zu Qualitätsverlusten kommt. Nun gibt es zusammen mit dem in Entwicklung befindlichen BLE Audio fünf (!) verschiedene Bluetooth-Versionen für Hörgeräte parallel, die nicht miteinander kompatibel sind, sich also gegenseitig nicht verstehen. So etwas verträgt kein Markt. Somit bleibt noch für lange Zeit die Induktion die einzige barrierefreie Höranlagentechnik. Das bisherige Bluetooth ist also veraltete Technik.

10.8 Die Empfängerseite einer Höranlage: der Weg ins Hörgerät

Es gibt unterschiedliche Wege einer Höranlage in das Hörgerät: über

- das Mikrofon
- einen Audio-Schuh
- die T-Spule
- Bluetooth (nur über Umwege)
- Sonderlösungen einiger Hersteller

Die **Sonderlösungen** fallen für öffentliche Räume schon von vorne herein weg, denn dabei handelt es sich in der Regel um spezielle Funkmikrofone oder sonstige teure Zubehörteile. Diese Zusatzgeräte sind aus Gründen der Kundenbindung in aller Regel so konfiguriert, dass sie nur mit Hörgeräten desselben Herstellers, derselben Serie funktionieren und nur in ein/zwei Hörgeräte-Paare gekoppelt werden können. Schwerhörige müssen also den*die Sprecher*in bitten, ihr spezielles Gerät um den Hals zu tragen und immer wieder an andere Akteure im Gottesdienst (➔ Schriftlesung, Abkündigungen, Sondergottesdienste) weiter zu reichen. Da könnten also mitunter mehrere Geräte dem*r Pfarrer*in um den Hals gehängt werden. Außerdem werden sie so zu Bittstellern. Das ist weder barrierefrei noch irgendwie sonst zielführend.

Bluetooth z.B. ist ein Funkprotokoll im 2,4 GHz-Bereich (WLAN, Mikrowelle). Es wurde als Verbindung zu Computerzubehör (Maus/ Tastatur, Drucker, Headset etc.) mit Absicht nur auf eine Reichweite von normalerweise 10m und nur für höchstens 7 Geräte, aber jeweils nur eines einer Geräteklasse konzipiert. In Entwicklung ist BLE Audio, das in bestimmter Konfiguration annähernd beliebig viele Hörgeräte gleichzeitig mit höherer Reichweite versorgen soll. (Kap. 10.3.5).

Das Hörgeräte-**Mikrofon** können wir in diesem Fall nicht nutzen, denn so kommen ja Störgeräusche/Hall/Echo etc. auch wieder mit hinein.

Der **Audio-Schuh.** Das ist eine alte Technik, die man früher in der berüchtigten Bankreihe mit den „Stöpseln“ nutzte. Der Audio-Schuh ist ein drahtgebundener Eingang („Line-in“) direkt in den Hörgerätevorverstärker mit allen elektronischen Anpassungsproblemen. Er ist nicht barrierefrei, aber einige Hörgeräte haben ihn noch. Erst muss der Audioschuh am Hörgerät angebracht werden, dann kann daran jedes Gerät mit einem Kopfhörerausgang angeschlossen werden. Probleme sind z.B.: Leicht vergisst man nach dem Gottesdienst das Kabel abzustecken: Steckdose oder Hörgerät werden beschädigt oder das Hörgerät wird schmerzhaft aus den Ohren gerissen. Eine korrekte „Stöpsel-Bank“: Es wird ein getrennter Verstärker benötigt, die Zuleitungen müssen hochwertig genug sein, dass weder Störungen eingetragen noch hohe Frequenzen beschnitten werden und der Frequenzgang linear ist. Solche Verstärker gibt es nicht in Serie, also teure Einzelanfertigung!

Die **T-Spule** (Telefonspule/Induktionsspule) ist der beste und einfachste Weg. Sie nimmt an Stelle des Mikrofons ein elektromagnetisches Feld mit dem Nutzschall-Signal auf und schickt es in den Soundprozessor des Hörgerätes. Von Hörgeräte-Mikrofon auf T-Spule umschalten ist einfach: ein Tastendruck am Hörgerät oder auf der Fernsteuerung. Über 60% der Hörgeräte-Modelle und etwa 85% der verkauften Hörgeräte haben eine T-Spule, Tendenz steigend. Jedoch ist oft die Umschaltung auf T-Spule nicht von vornherein programmiert. Das erledigt ein*e Hörakustiker*in kostenlos in wenigen Minuten – vorausgesetzt, man hat sich nicht für eines der super-kleinen Hörgeräte entschieden, die man zwar nicht gleich sehen kann, dafür aber technisch abgespeckt sind und keine T-Spule besitzen. Übrigens: Der Frequenzgang der Hörgeräte-Mikrofone ist unterschiedlich zur T-Spule, dies wird aber durch die Programmiersoftware vom Hörakustiker ganz exakt ausgeglichen.

FM-, DECT-, InfraRot- oder 2,4GHz-Sender können nicht direkt in die T-Spule des Hörgerätes übertragen. Zu diesen Anlagen gibt es jeweils kleine Empfänger, die eine Standard-3,5-Klinken-Buchse für Kopfhörer haben. An diese Buchse wird dann eine **Mini-Induktionsschleife** (auch Hals-Ringschleife) (ab 44 EUR + Porto) angeschlossen, die um den Hals getragen wird. Beim WLAN-Streamer dient eine App auf einem Smartphone/Tablet als Empfänger, an dem die Halsringschleife angeschlossen wird. Für die evtl. zukünftige BLE Audio-Sender wird es ebenfalls Receiver geben, die für normale Kopfhörer gedacht sind. Derzeit gibt es diese Bluetooth-Receiver in Version 4.2 bis 5.1 für ein paar EUR bei eBay. Statt Kopfhörer wird die Halsringschleife angeschlossen.

Wichtig: In T-Stellung kann nur das gehört werden, was über die Induktionsschleife übertragen wird. Das ist ja der Sinn, dass andere Schallwellen ausgeblendet werden. D.h., spricht der*die Pfarrer*in nicht ins Mikrofon (z.B. bei einer Taufe am Taufstein oder bei einer Trauung), kommt auch nichts bei Schwerhörigen an. (Wir empfehlen deshalb ein Ansteck-Mikrofon mit Taschensender – siehe Kap.16) Manche Hörgeräte bieten noch eine MT-Stellung an, d.h., es wird noch etwas Mikrofon-Schall eingemischt. Dann haben wir aber wieder Nebengeräusche und die Sprachverständlichkeit leidet darunter, insbesondere bei hochgradig Schwerhörigen. Bei manchen Hörgeräten kann noch an einem Ohr auf T-Spule und am anderen auf Mikrofon geschaltet werden. Um in solchen Situationen doch noch etwas verstehen zu können, muss man „Hörschielen“ können. Diese Kompromisse müssen nicht sein.

10.9 Fazit: Barrierefreiheit, Praktikabilität, Kosten etc.

Alle Höranlagentechniken außer der Induktion benötigen beim Hörgeräteträger Zusatzgeräte. Diese müssen (bis auf Smartphone/Tablet) vor Ort gewartet und ausgeliehen werden. Erfahrungsgemäß bestehen aber hohe psychische Barrieren, sich bei dem*der Mesner*in so ein Gerät auszuleihen. Diesen Schritt gehen meist nur die, die offensiv mit ihrer Schwerhörigkeit umgehen. Das heißt, alle Techniken, bei denen Zusatzgeräte benutzt werden müssen, sind <u>nicht</u> barrierefrei, auch nicht der WLAN-Streamer oder das in Entwicklung befindliche Bluetooth BLE Audio: man muss Zwischengeräte selbst mitbringen und hat technische Hürden, z.B. muss eine Hersteller-spezifische App installieren und bedienen, also erst recht nicht barrierefrei (siehe Kap. 1 und 0)

Wir erkennen: der sinnvollste und einzige barrierefreie Weg in das Hörgerät ist die induktive Technik über die T-Spule. Warum Umwege über FM, Infrarot, oder WLAN-Smartphone-Bluetooth, wenn es billiger, barrierefreier und universal kompatibel direkt über eine Induktionsschleife geht? Für Menschen ohne Hörgerät gibt es Induktionsempfänger mit Kopfhörer bzw. induktive Kinnbügelempfänger.

Besitzer*innen von technisch abgespeckten Hörgeräten mit Bluetooth ohne T-Spule haben evtl. die Möglichkeit, ein Zubehörteil zu ihrem Hörgerät mit eingebauter T-Spule zu kaufen (oft ist es ein externes Funkmikrofon). Oder sie nehmen einen Induktionsempfänger, den sie an ihr Bluetooth-Zubehörteil zum Hörgerät mithilfe eines kleinen Klinke-3,5-zu-Klinke-3,5/2,5-Kabels verbinden. Notfalls nehmen sie eine Zwischenstation mit einem handelsüblichen Bluetooth-Classic-Sender. Allerdings ist mit einer höheren Zeitverzögerung zu rechnen. (siehe Kap. 10.10) Auf gleiche Art wird auch eine FM- oder Infrarotanlage angeschlossen, statt des Induktionsempfängers wird der FM- bzw. IR-Empfänger angeschlossen.

10.10 Wie passen Hörgerät und Höranlagen-Typ?

*Immer wieder hören wir, dass Schwerhörige die vorhandene Höranlage nicht nutzen können, weil sie ihre Hörgeräte nicht ankoppeln können. In sehr vielen Fällen gibt es aber dennoch eine Möglichkeit, die wir hier aufzeigen wollen. Diese Anleitung kann dann das Gemeindemitglied zum/r Hörakustiker*in mitnehmen, damit der beste Weg gefunden werden kann. Dazu kreuzen Sie bitte in der unteren Tabelle den vorhandenen Höranlagen-Typ an und ob bzw. welche Empfängertypen vorhanden sind oder beschafft werden können.*

Wie wir bisher gesehen haben, gibt es verschiedene Höranlagen-Typen und die Hörgeräte haben unterschiedliche Ausstattungen. 85% der Hörgeräte haben eine (zwar oft nicht aktivierte) T-Spule und passen ideal an eine Induktionsanlage und es ist barrierefrei: Hörgeräte auf das T-Programm umstellen, fertig, alles funktioniert.

Aber so ideal ist es leider nicht immer. Für Infrarot-Anlagen oder Funk-Anlagen (FM, 2,4GHz, DECT, WLAN) haben die Hörgeräte keine eingebauten Empfänger, das aktuelle Bluetooth kann an keine bestehende Höranlagen-Technik direkt ankoppeln. Selbst mit externen Funkmikrofonen ist man meist aufgeschmissen, denn es hat eine begrenzte

akustische Reichweite (siehe Kap.7.11) und die Funkweite liegt oft bei max. 20m bei freiem „Sichtkontakt“.

Bei fast allen der aufgezeigten Vorgehensweisen muss leider die Barrierefreiheit leiden, weil meist Zusatzgeräte notwendig sind, die oft sichtbar um den Hals gehängt werden müssen, die Träger outen sich. Das verletzt das Selbstbestimmungsrecht und ist deshalb nicht barrierefrei.

Als erstes sollte geprüft werden, ob die Hörgeräte nicht doch T-Spulen haben oder nachgerüstet werden können. Viel zu oft verschweigen Hörakustiker*innen diese Tatsache und klären darüber nicht auf. Der bestmögliche Behinderungsausgleich ist nicht gewährleistet und die Beratung ist folglich nicht korrekt - vermutlich ein Grund, die Hörgeräte gegen volle Kostenerstattung zurückgeben zu können oder darauf zu bestehen, die notwendigen Zubehörgeräte kostenlos zu erhalten.

Für die meisten Hörgeräte gibt es drahtlose Zusatzgeräte: Fernsteuerungen, TV-Adapter, Funkmikrofone oder Telefonclips (Bluetooth-Classic-Adapter). Den Telefonclip benötigen MFi-Hörgeräte (MFI=Made for iPhone) zur Ankopplung an Android-Smartphones. Einige dieser Zusatzgeräte haben eine eingebaute T-Spule und/oder einem analogen Standard-Audio-Eingang (Klinke-3,5/2,5), an den jeder normale Kopfhörer-Ausgang angeschlossen werden kann, sodass dann statt über Kopfhörer drahtlos über die Hörgeräte gehört werden kann.

Zu jedem Höranlagentyp gibt es Empfangsgeräte, die das Signal in verschiedenen Formen zur Verfügung stellen.

Höranlagentyp WLAN-Streamer:
Hier ist der Empfänger ein normales Smartphone/Tablet (Apple oder Android) mit der entsprechenden App. Bei einem Hersteller gibt es auch kleine „Standard-Empfänger“. Mit der App wird der Stream eingestellt.

Höranlagen-Typen Induktion, FM, Infrarot, 2,4GHz, DECT:
Hier gibt es prinzipiell zwei Typen von Empfängern. Die Anlagen-Betreuung muss am Empfänger die richtige Kanal- bzw. Gruppen-Nummer einstellen.

- Der **Kinnbügel-Empfänger**: Das ist im Prinzip ein Stethoskop-Kopfhörer (so ähnlich wie beim Arzt), nur unten ist ein Empfangsteil mit Akku oder Batterie angebaut. Meist werden bei Infrarot oder FM-Anlagen 10 Exemplare mitgeliefert. Sie sind wartungsintensiv und nicht barrierefrei. Akkus müssen geladen und nach ein paar Jahren ggf. beim Service ausgetauscht werden. Es gibt Hygieneprobleme: die Ohrpads müssen nach jeder Benutzung

hygienisch gereinigt werden. Nebenbei: der Tragekomfort ist nach Tests der Autoren oft schlecht ausgefallen: Druckgefühl am Ohr, Herumgebammel am Kinn, Geräusche, wenn sie an der Kleidung vorbeirutschen etc. Sie können meist nicht zusammen mit Hörgeräten genutzt werden.

- Der **Standard-Empfänger**: Sie sind zwischen Streichholz- bis Zigarettenschachtel groß und haben einen Klinke-3,5-Anschluss, aus dem ein analoges Standard-Tonsignal herauskommt, mit dem ein Kopfhörer, eine Mini-Halsring-Induktionsschleife oder weitere Audio-Geräte versorgt werden können.

  Im Internet gibt es Induktions-Empfänger ab ca. 40€. Sie funktionieren mit jeder Induktionsanlage und können deshalb auch privat besorgt werden. Sie haben eine bevorzugte Empfangsrichtung: senkrecht oder waagerecht. Bei allen anderen Anlagen sind die Empfänger Hersteller- oder sogar Serienspezifisch und müssen von der Kirchengemeinde vorgehalten werden.

  Bei Infrarot/Funk-Anlagen werden meist 10 Empfänger mitgeliefert. Ist die Anlage zu alt, gibt es wahrscheinlich bei Nachbestellungen keine Geräte mehr. Dann können evtl. vorhandene Kinnbügelempfänger umgebaut werden, indem eine Klinke-3,5-Stereo-Buchse eingebaut wird, die beim Einstecken eines Kabels die eingebauten Ohrhörer abschaltet.

  Die Anschlussbuchsen von Funk/IR-Empfängern können trickhaft beschaltet sein, damit nur Kopfhörer und Mini-Induktionsschleifen des Herstellers funktionieren oder Adapter (meist Mono-auf-Stereo) nötig sind.

Die weiteren Zusatzgeräte:

BT-Transmitter: Das sind kleine Bluetooth-Classic-Sender mit einen analogen Klinke-3,5-Eingang. Sie senden das Audio-Signal über Bluetooth-Classic weiter. Sie sollen ältere Fernseher, Stereoanlagen oder MP3-Player Bluetooth-fähig machen, damit man über normale Bluetooth-Kopfhörer hören kann. Wir ersetzen hier aber die Kopfhörer direkt durch das Hörsystem, benötigen aber meist noch ein weiteres Zwischenteil, dem Telefonclip. Wir benötigen eines mit eingebautem Akku und er muss mindestens das HSP-Profil (Headset-Profil) unterstützen. Diese gibt es im Internet, so ab etwa 10€.

Telefonclip: Das gibt es nur vom Hörgerätehersteller passend zum Hörgerät. Damit kann man mit MFi-Hörgeräten über Android-Smartphones telefonieren oder sich mit dem Navi verbinden. Es stellt sich auf der einen Seite als normales Bluetooth-Headset dar (HSP-Profil), auf der anderen Seite überträgt er mit einer Hersteller-spezifischen Funktechnologie ins Hörgerät. Manchmal sind Telefonclip und Funkmikrofon ein gemeinsames Gerät. Telefonclip und BT-Transmitter können sich also über das HSP-Profil koppeln. Telefonclip, Hörgeräte und BT-Transmitter müssen gekoppelt werden, der/die Hörakustiker/in hilft ggf. weiter.

Zusatzgerät mit analoger Anschlussbuchse: Das gibt es von den Hörgeräteherstellern passend zum Hörgerät. Diese Geräte haben auf der einen Seite einen analogen Klinke-3,5-Eingang, an dem jeder Kopfhörer-Ausgang angeschlossen werden kann. Auf der anderen Seite übertragen sie das Audio-Signal über eine Hersteller-spezifische Funktechnik an die Hörgeräte. Es ist meist ein externes Multifunktions-Funkmikrofon oder der Telefonclip. Auf alle Fälle hat der TV-Streamer einen analogen Eingang, manchmal nur mit Cinch-Buchsen, allerdings sind die meisten Geräte wegen des Netzteils nicht mobil. Einige TV-Streamer haben aber eine USB-Stromanschluss. Dort kann dann eine Powerbank angeschlossen werden und damit wird er mobil. Zusatzgerät und Hörgeräte werden vom Hörakustiker miteinander gekoppelt.

Anschlusskabel: In aller Regel ist es mit einem Klinke-3,5-zu-Klinke-3,5-Kabel getan. Das ist im Internet für wenige EUR oder in Baumärkten etc., zu bekommen. Zu einem BT-Transmitter oder Zusatzgeräten mit Klinke-3,5-Eingang wird es meist mitgeliefert. Der TV-Streamer hat ebenfalls Kabel und Adapter dabei. Bei einem Audio-Schuh wird ein Kabel mit Klinke-3,5 und Euro-Stecker benötigt. Das sollte beim Audio-Schuh mitgeliefert werden. Wird das Anschlusskabel an einen Standard-Empfänger mit Klinke-3,5-Mono-Buchse angeschlossen, dann ist muss entweder ein Mono-auf-Stereo-Adapter zwischengeschaltet werden oder das Kabel braucht auf der einen Seite einen Mono-Stecker.

Halsringschleife: Diese haben heutzutage meist einen Klinke-3,5-Stereo-Anschluss. Das geht auf alle Fälle an ein Smartphone/Tablet. Bei iPhones wird ggf. ein Lightning-zu-Klinke-3,5-Adapter benötigt. Bei Funk/IR-Empfängern muss geklärt werden, ob sie eine Mono- oder Stereo-Buchse haben und die Schleife entsprechend besorgt oder umgearbeitet werden. Das ist aber Aufgabe des Lieferanten der Höranlage.

Die Kombinationsmöglichkeiten:

Die folgenden Tabellen listen alle in der Praxis vorkommenden Kombinations-Möglichkeiten zwischen Hörgeräte-Typus und Höranlagen-Typen auf. Man gehe bei der Tabelle vom Anlagen-Typus von oben bis unten durch. Fett gedruckt ist der Typus des Hörgerätes. Ein Hörgerät kann auch mehreren Typen angehören, z.B. ein Bluetooth-Hörgerät mit T-Spule und externem Zubehör mit analogem Klinke-3,5-Anschluss und einer T-Spule. In den nachfolgenden Zeilen sind dann die notwendigen Zusatzgeräte gelistet. Ist davon eines nicht vorhanden oder nicht beschaffbar, dann gehe man weiter zum nächst passenden Hörgerätetypus.

induktive Höranlage					
1. Gerät	**2. Gerät**	**3. Gerät**	**4. Gerät**	**Ziel**	**Kommentar**
Hörgerät hat eingebaute aktivierte T-Spule					
keine Geräte notwendig, da drahtloser Empfang von Sendetechnik				HG	barrierefrei
Hörgerät hat T-Spule in einem Zusatzgerät (Fernsteuerung/Funkmikro etc.)					
Zusatzgerät				HG	
Hörgerät hat Audioschuh					
Induktionsempfänger*)	Anschlusskabel	Audioschuh		HG	1)
Hörgerät hat Zusatzgerät mit analoger Anschlussbuchse					
Induktionsempfänger*)	Anschlusskabel	Zusatzgerät		HG	
Hörgerät hat BT-Classic eingebaut (derzeit nur mit Sonova-SWORD-Chipsatz)					
Induktionsempfänger*)	Anschlusskabel	BT-Transmitter		HG	
Hörgerät hat Zusatzteil zur Ankopplung eines Smartphones über Bluetooth-Classic (Telefonclip, Kombigerät Funkmikro/Telefonclip und Ähnliches)					
Induktionsempfänger*)	Anschlusskabel	BT-Transmitter	Zusatzteil	HG	5)
Hörgerät hat nur Mikrofon					
Induktionsempfänger*)	Kopfhörer			HG	6)
Kinnbügel-Empfänger	In der Regel Hörgeräte herausnehmen			Ohr	7)
Kein Hörgerät					
Induktionsempfänger*)	Kopf/Ohrhörer			Ohr	6)
Kinnbügel-Empfänger				Ohr	6)
*) mit analogem Audio-Ausgang für Kopfhörer, meist Klinke-3,5 in Mono oder Stereo. In einigen Fällen ist ein Adapter notwendig oder der Anschluss des Verbindungskabels bzw. von Halsring-schleife oder Kopfhörer muss angepasst werden.					

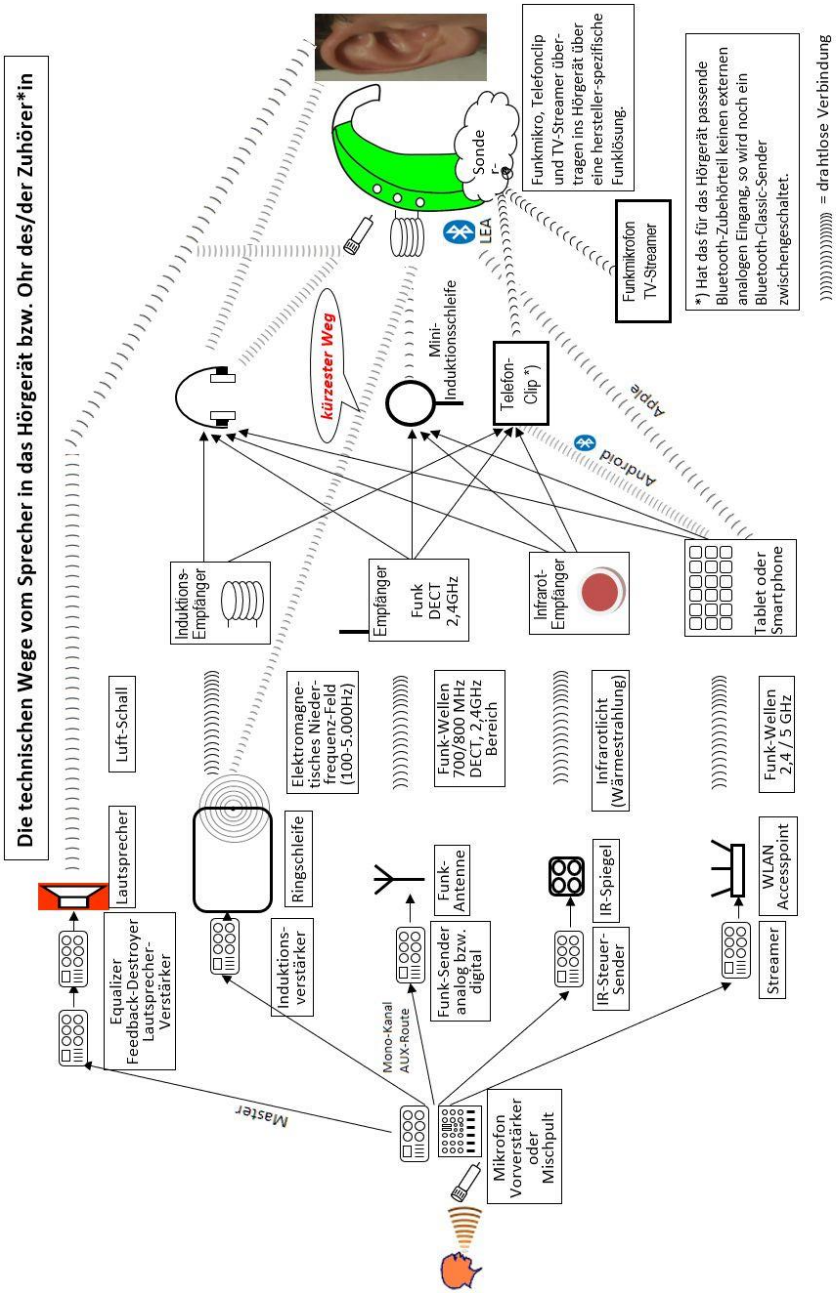
Funk-Anlage (FM/DECT/2,4GHz) und Infrarot-Anlage					
1. Gerät	**2. Gerät**	**3. Gerät**	**4. Gerät**	**Ziel**	**Kommentar**
Hörgerät hat eingebaute aktivierte T-Spule					
Funk/IR-Empfänger*)	Halsringschleife			HG	
Hörgerät hat Audioschuh					
Funk/IR-Empfänger*)	Anschlusskabel	Audioschuh		HG	1)
Hörgerät hat Zusatzgerät mit analoger Anschlussbuchse					
Funk/IR-Empfänger*)	Anschlusskabel	Zusatzgerät		HG	
Hörgerät hat T-Spule in einem Zusatzgerät (Fernsteuerung/Funkmikro etc.)					
Funk/IR-Empfänger*)	Halsringschleife	Zusatzgerät		HG	2)
Hörgerät hat BT-Classic eingebaut (derzeit nur mit Sonova-SWORD-Chipsatz)					
Funk/IR-Empfänger*)	Anschlusskabel	BT-Transmitter		HG	
Hörgerät hat Zusatzteil zur Ankopplung eines Smartphones über Bluetooth-Classic (Telefonclip, Kombigerät Funkmikro/Telefonclip und Ähnliches)					
Funk/IR-Empfänger*)	Anschlusskabel	BT-Transmitter	Zusatzteil	HG	5)
Hörgerät hat nur Mikrofon					
Funk/IR-Empfänger*)	Kopfhörer			HG	6)
Kinnbügel-Empfänger	In der Regel Hörgeräte herausnehmen			Ohr	7)
Kein Hörgerät					
Funk/IR-Empfänger*)	Kopf/Ohrhörer			Ohr	6)
Kinnbügel-Empfänger				Ohr	6)
*) mit analogem Audio-Ausgang für Kopfhörer, meist Klinke-3,5 in Mono oder Stereo. In einigen Fällen ist ein Adapter notwendig oder der Anschluss des Verbindungskabels bzw. von Halsring-schleife oder Kopfhörer muss angepasst werden.					

WLAN-Streamer					
1. Gerät	**2. Gerät**	**3. Gerät**	**4. Gerät**	**Ziel**	**Kommentar**
Hörgerät hat eingebaute aktivierte T-Spule					
Smartphone/Tablet	Halsringschleife*)			HG	8)
Hörgerät hat Audioschuh					
Smartphone/Tablet	Anschlusskabel	Audioschuh		HG	1) 8)
Hörgerät hat Zusatzgerät mit analoger Anschlussbuchse					
Smartphone/Tablet	Anschlusskabel	Zusatzgerät		HG	8)
Hörgerät hat spezielle Apple®-Erweiterung (MFi = Made for iPhone)					
iPhone®/iPad®				HG	4)
Hörgerät hat BT-Classic eingebaut (derzeit nur mit Sonova-SWORD-Chipsatz)					
Smartphone/Tablet				HG	BT-Classic 3)
Hörgerät hat Zusatzteil zur Ankopplung eines Smartphones über Bluetooth-Classic (Telefonclip, Kombigerät Funkmikro/Telefonclip und Ähnliches)					
Smartphone/Tablet	Zusatzteil			HG	5)
Hörgerät hat T-Spule in einem Zusatzgerät (Fernsteuerung/Funkmikro etc.)					
Smartphone/Tablet	Halsringschleife*)	Zusatzgerät		HG	2)
Hörgerät hat nur Mikrofon					
Smartphone/Tablet	Kopfhörer			HG	6)
Kein Hörgerät					
Smartphone/Tablet	Kopf/Ohrhörer			Ohr	6)
*) Das Smartphone/Tablet benötigt ggf. einen Adapter auf Klinke-3,5. Die Halsringschleife sollte einen Klinke-3,5-Anschluss in Standard-Stereo-Beschaltung haben.					

Anmerkungen:

1) Den Audioschuh gibt es extrem selten. Er hat in der Regel den 3-Pin-Euro-Anschluss.
2) Das Zusatzgerät muss innerhalb der Halsringschleife an der Kleidung befestigt werden und so gedreht werden, dass es guten Empfang hat.
3) Das Hörgerät muss zuerst mit dem Smartphone/Tablet über Bluetooth-Classic verbunden werden, normalerweise als Headset.
4) Es wird über die spezielle Apple-Erweiterung von Bluetooth-LE verbunden.
5) Es ist mit einer etwas höheren Latenzzeit zu rechnen.
6) Das sind die denkbar schlechtesten Möglichkeiten, da die Störgeräusche nur sehr wenig ausgeblendet werden und Kopfhörer zusätzliche Verzerrungen erzeugen. Es besteht Rückkopplungsgefahr.
7) Hier fällt auch noch der Behinderungsausgleich weg, nämlich die individuelle Hörunterstützung.
8) Eine analoge Ankopplung ans Hörgerät hat eine geringere Latenzzeit. Bei einer digitalen Ankopplung muss das Signal weitere Male umcodiert werden: vom internen digitalen Format des Smartphones in das verwendete Bluetooth-Format und im Empfangsteil (Hörgerät oder Zusatzteil) vom Bluetooth-Format ggf. über einen Zwischenschritt in das interne Hörgeräte-Format.

10.11 Die Kombinationsmöglichkeiten Sender und Empfänger: vom Mikrofon zum Ohr



11 Nicht nur für Techniker: Wo und wie wird eine Höranlage angeschlossen?

*Nicht nur Elektroakustiker*innen sollten wissen, wie und wo eine Höranlage angeschlossen wird. Gerade diejenigen, die im Kirchengemeinderat für die Technik zuständig sind, sollten das Wissen haben, denn oftmals werden Höranlagen falsch angeschlossen, aus Unkenntnis oder Bequemlichkeit. An den Kosten liegt es nicht, denn es ist kein Kostenfaktor, ein Anschlusskabel mit einem anderen Stecker an eine andere Anschlussbuchse zu stecken. Manchmal wird es sogar billiger, weil teure Übertrager gespart werden. Selbst renommierte Elektroakustikfirmen haben schon auf ihrer homepage falsche Angaben gemacht. Eine falsch angeschlossene Höranlage verliert zwangsläufig an Qualität.*

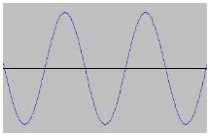
In praktisch jeder Kirche gibt es eine Beschallungsanlage. Jede Höranlage, ob Induktion, Infrarot, Funk oder Streamer, muss direkt am ungeregelten Ausgang des Mikrofon-Vorverstärkers (noch vor dem Equalizer und Endverstärker) bzw. bei einem Mischpult/Mischverstärker auf einem von den Lautsprechern unabhängigen Kanal angeschlossen werden. Warum, sehen wir bald. Von dort wird das elektrische Signal genommen und über einen akustisch unbeeinflussbaren Weg ins Hörgerät geschickt.

Ungeregelt heißt, dass der Ausgang von der Lautstärke- und Klangeinstellung der Lautsprecher unabhängig sein muss. Eine Tonregelung direkt im Eingangskanal ist jedoch sinnvoll, wenn sie dazu dient, die unterschiedlichen Eigenschaften der Mikrofone und evtl. der Sprecher*innen auszugleichen, das nützt natürlich auch Schwerhörigen. Aber eine Klangregelung, die der Anpassung der Lautsprecher dient (Klangregelung im Mischpult-Master bzw. Equalizer vor dem Lautsprecherendverstärker) ist kontraproduktiv: Schwerhörige werden trotz Hörgerät wieder technisch in eine Schwerhörigkeit versetzt. Dies zeigt symbolisch die weiter unten folgende Grafik.

Warum darf die Höranlage nicht parallel zu den Lautsprechern angeschlossen werden?

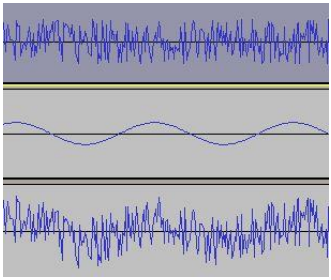
Parallel zu den Lautsprechern heißt: alle Anpassungen, die die Lautsprecher betreffen, betreffen genauso auch die Höranlage: werden die Lautsprecher lauter gedreht oder der Klang angepasst, (z.B. mehr oder weniger Besucher, Wintermäntel oder Sommer-T-Shirts, neue Lautsprecher etc.), verändert das ebenfalls die Höranlage. Das ist grundfalsch, denn:

- Hörgeräte erwarten ein gleichbleibendes Eingangssignal. (Induktion: Feldstärke 100 bis 400 mA/m). Dies würde sich aber ändern.
- Lautsprecher sind immer nach dem Haupt-Equalizer = EQ (Klangregelstufe) angeschlossen. (Achtung: auch wenn Sie in Ihrer Verstärkeranlage kein sichtbares gesondertes Gerät dafür haben: selbst ältere Verstärker aus den 1960/70er Jahren haben oft einen intern eingebauten Equalizer, der bei der Installation einjustiert wurde.) Dieser EQ verändert den Frequenzgang so, dass die Eigenheiten der Lautsprecher und der Raumakustik in dieser speziellen Kirche ausgeglichen werden. Das Hörgerät aber erwartet einen gleichmäßigen (linearen) Frequenzgang, denn die Raumakustik spielt für die Höranlage ja keine Rolle mehr. Die individuelle Hörgeräteeinstellung wird durch den falschen Anschluss durcheinander gebracht, Schwerhörige fallen leicht wieder in ihr Problem: bestimmte Laute werden nicht mehr erkannt und andere Laute klingen wieder gleich. (Kap. 7.12) Und das ändert sich jedes Mal, wenn der Equalizer verstellt wird. Schwerhörige stehen evtl. sogar vor einem unbekannten Lückentext bzw. anderen Gleichklang. Und dann gibt es ja auch noch den Maskierungseffekt (siehe Kapitel 7.4): oft übertragen die Lautsprecher die tiefen Töne nicht so gut. Im Equalizer werden also die Tiefen verstärkt, damit die Lautsprecher natürlicher klingen. Nun werden aber in der Höranlage die Tiefen überbetont und der Maskierungseffekt tritt relativ leicht ein, hohe Töne werden überdeckt und eine Reihe von Buchstaben werden nicht mehr erkannt.
- Lautsprecher- bzw. Mikrofonverstärker oder Mischpulte haben oft keine Dynamik-Kompression(„AGC“=Automatic Gain Control = automatische Aussteuerungskontrolle), Hörgeräte benötigen sie aber. Fast alle Induktionsverstärker haben einen speziell auf Sprache und Hörgeräte optimierten Dynamikkompressor, andere Höranlagentypen meist nicht. Leise Stellen werden etwas in der Lautstärke angehoben und laute Stellen etwas hinunter geregelt. Zweck ist die Reduktion des physikalisch bedingten Grundrauschen und ein Ausgleich zwischen leisen und lauten Worten. Die Kunst ist, die Kompression so einzustellen, dass leise Störgeräusche (Atmen, Umblättern etc.) nicht verstärkt werden, aber leise Worte wiederum doch. Somit verschwinden leise Stellen nicht im Grundrauschen und laute Stellen werden nicht durch „Clipping“ verzerrt. Clipping entsteht, wenn die Verstärkung an die technische Obergrenze stößt.



reiner Sinuston

Sinuston verzerrt durch Clipping



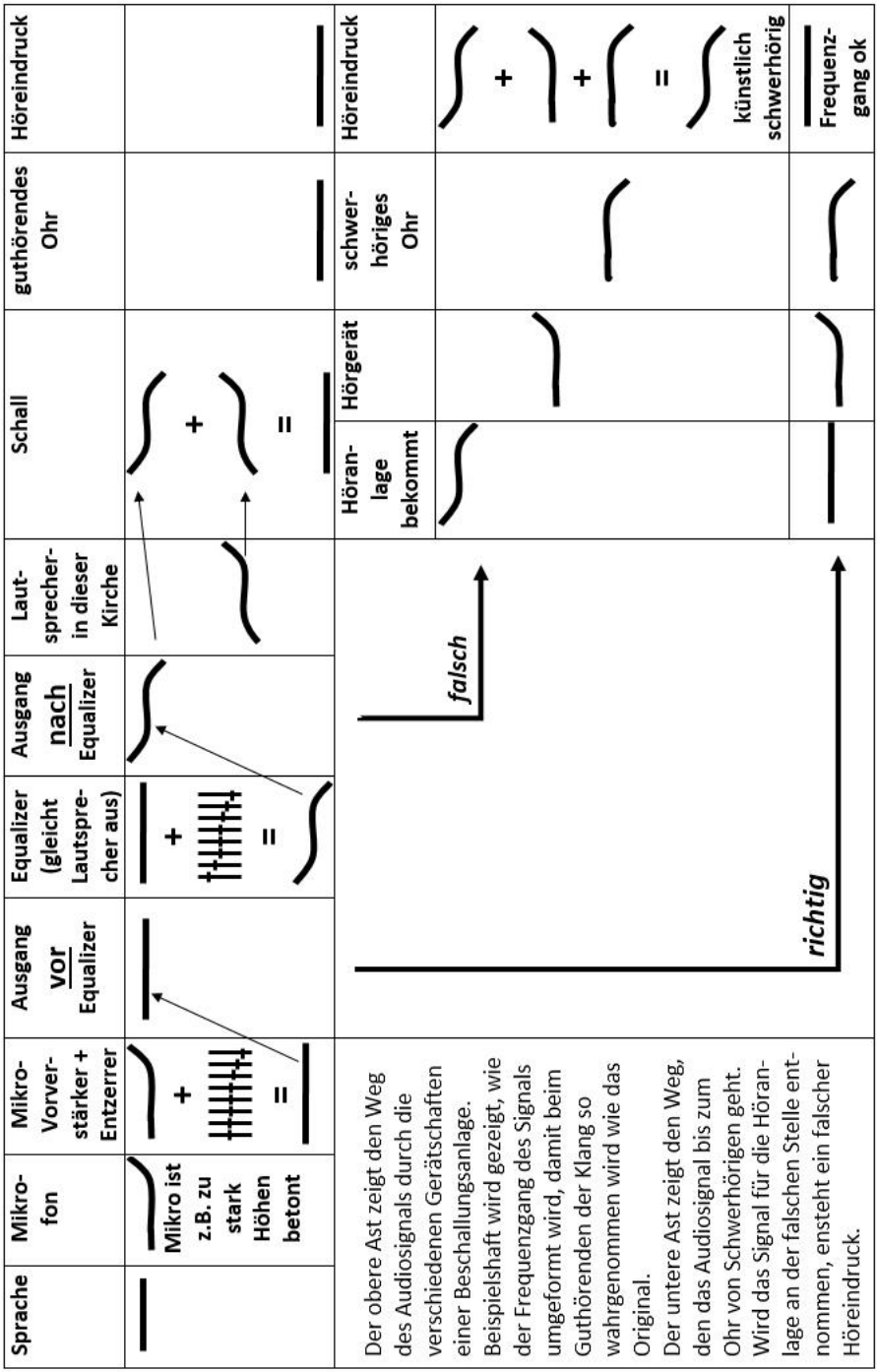
Oben : Rauschen
Mitte : reiner Sinuston
Unten: Sinuston verschwindet im Rauschen

- Moderne Anlagen haben „Feedback-Destroyer“ = FBD = Rückkopplungs-Verhinderer. Sie überwachen das Tonsignal, beginnt es zu pfeifen, wird diese Frequenz (und ein wenig darüber und darunter) so stark hinunter geregelt, bis es nicht mehr pfeift. Die Höranlage sollte im Signalfluss nach dem FBD abgezweigt werden, denn dann greift er ein, egal, auf welchem Wege die Rückkopplung stattfindet. Siehe auch Kapitel 14.12.
- Manche Elektroakustiker*innen machen noch einen Zusatzfehler: sie schließen die Höranlage über einen kleinen NF-Trafo (NF=Niederfrequenz) am 100Volt-Ausgang des Verstärkers an; schnell, simpel, aber grundfalsch: jede Änderung der Klangregelung oder Lautstärke zerstört die aufwändige Einmessung nach DIN. Außerdem steigt das Rauschen zwangsläufig an. Dies ist nur absolute Notlösung.

Fazit: Wird falsch, also parallel zu den Lautsprechern angeschlossen, ist nach jeder Nachregelung sofort die aufwendige und teure Einmessung „hinüber“, die Norm wird nicht mehr erfüllt. Der Frequenzgang ist nicht mehr „glatt“, er ist „verbogen“. Die meisten Induktionsverstärker haben zwar eine Klangregelung speziell für Korrekturen bei Stahlbeton (MLC, dazu später), aber hier wäre ein mehrkanaliger EQ nötig. Andere Höranlagentypen haben meist gar keine Klangregelungsmöglichkeiten.

Ob der richtige Anschluss gefunden ist, zeigt ein erster Test: Lautsprecher leise bzw. ausstellen: die Lautstärke in der Höranlage darf sich nicht verändern.

Die nächste Grafik zeigt symbolisch, warum es kontraproduktiv ist, wenn eine Höranlage parallel zu den Lautsprechern angeschlossen wird.



Der obere Ast zeigt den Weg des Audiosignals durch die verschiedenen Gerätschaften einer Beschallungsanlage. Beispielshaft wird gezeigt, wie der Frequenzgang des Signals umgeformt wird, damit beim Guthörenden der Klang so wahrgenommen wird wie das Original.
Der untere Ast zeigt den Weg, den das Audiosignal bis zum Ohr von Schwerhörigen geht. Wird das Signal für die Höranlage an der falschen Stelle entnommen, ensteht ein falscher Höreindruck.

11.1 Anschluss an einen Komplettverstärker

Ein Komplettverstärker ist ein Gerät, das Mikrofon-Vorverstärker, oft auch einen Equalizer und den Lautsprecher-Endverstärker in einem Gehäuse enthält, manchmal Mischverstärker genannt.

Hier ist es sinnvoll, die Bedienungsanleitung genauer zu Rate zu ziehen. Allgemeine Hinweise:

Meist gibt es drei Gruppen von Reglern:

- Lautstärke-Regler der einzelnen Mikrofone
- Klangregler (meist einfache Tiefen- und Höhen-Regler)
  (bei einer oft in Kirchen anzutreffenden Bauserie der 1960/70er Jahre ist die Klangregelstufe nur nach Öffnen des Gehäuse zugänglich.)
- Gesamt-Lautstärke-Regler

Es gibt die verschiedensten Ausgangsbuchen: DIN(Pin-2=Gnd, Pin-1/4=Signal, selten Pin-3/5=Signal), Cinch, XLR-männlich (Pin-1= Schirmung, Pin-2=Signal, Pin3=Gnd), Klinke (verschiedene Versionen), Phönix etc. Findet sich kein Ausgang, der mit „Line-Out“ oder „Konstant-Spannung“ oder ähnlich bezeichnet ist, dann gibt es oft einen Kassettenrekorder-Anschluss, der normalerweise von der Stellung der Gesamtlautstärke und der Klangregler unabhängig ist. Meist reicht ein einfaches Adapterkabel, in seltenen Fällen muss in den Anschlussstecker ein kleiner Spannungsteiler eingelötet werden: zwei Widerstände aus dem Elektronik-Laden zu etwa 10-30 Cent, Berechnung anhand der Datenblätter der Verstärker und einer kostenlosen App (z.B. ElectroDroid).

Manche Geräte haben zudem noch einen Anschluss, um mehrere Verstärker zu koppeln, einer ist der „Master“ und alle anderen die „Slaves“. Diese Ausgänge sind typischerweise elektrisch gesehen direkt hinter dem Mikrofonverstärker angeordnet. Ein passendes Kabel kann aus wenigen Bauteilen gelötet werden, Teilekosten unter 10 €.

Es gibt Verstärker ohne Gesamtlautstärkeregler. Bei ihnen muss die Stellung der Mikrofonregler spätestens beim Einmessen deutlich markiert werden, ansonsten wird kaum mehr der richtige Zustand wieder hergestellt werden können.

11.2 Anschluss an eine Komponentenanlage

Diese Anlage besteht aus einem eigenen Mikrofonvorverstärker, an dem ggf. ein Equalizer (Klangregelverstärker) und danach ein Lautsprecher-Leistungs-Verstärker angeschlossen ist.

Hier ist klar, der richtige Anschlusspunkt ist elektrisch gesehen direkt hinter dem Mikrofon-Vorverstärker. Gibt es keine zweite Ausgangs-Buchse, muss ein Y-Kabel zwischengeschaltet werden. Das ist nicht teuer bzw. aus wenigen Bauteilen leicht zusammenzulöten.

11.3 Anschluss an ein Mischpult

Mischpulte sind von der Ausstattung sehr unterschiedlich. Es gibt sehr einfache, die nur ein paar Schieberegler für die einzelnen Mikrofone und einen Summenregler (Master) haben, und es gibt komplexe Geräte mit unübersehbar vielen Knöpfen, Reglern, Schiebern, Tasten und Steckern. Empfehlenswertes Video zur Einführung:

https://youtu.be/2nRDtL1yLRs (Mischpult für Anfänger)

Die richtige Lösung:

Die Lautsprecher sind normalerweise am Master-Kanal angeschlossen, die Höranlage muss davon unabhängig sein, deswegen wird der Mono-kanal oder eine AUX-Route, notfalls die Effekt-Route (aber ohne interne Effekte) für sie reserviert. Alle Eingänge werden darauf gelegt und zwar <u>After Fade Listening (AFL)</u>, d.h., wenn das einzelne Mikrofon mit dem Fader (Lautstärkeschieberegler) leiser gemacht wird oder mit dem Mute-Schalter abgeschaltet wird (z.B. das Kanzelmikrofon nach der Predigt), dann ist es auch für die Höranlage weggeschaltet und das ist ja auch richtig. Alle Regler der gewählten Route sollten dieselbe Position haben, am besten voll aufgedreht (auf Übersteuerung prüfen), auf alle Fälle der Mono/AUX-Summenregler, dies lässt sich am einfachsten wiederherstellen. Die richtige Austeuerung wird an der Höranlage gemacht und basiert darauf, dass das Signal vom Mischpult bei gleicher Sprechlautstärke immer gleich bleibt. Sollte es einmal vorkommen, dass wir die Lautsprecher über den Masterregler auf stumm bringen müssen, müssen wir uns kurz überlegen, ob auch die die Höranlage stumm sein soll, und dann den Mono/AUX-Kanal ebenfalls auf 0 stellen. Nachher findet sich die richtige Stellung wieder einfach, wenn wir die Anlage bei voll aufgedrehtem Regler eingemessen haben. Gibt es keine andere Chance als einen Anschluss parallel zu den Lautsprechern am Master-Kanal, so muss die Lautstärke der Lautsprecher am Endverstärker geregelt werden und nicht am Mischpult, ansonsten müsste die Höranlage neu eingemessen werden. Tipp: Aufkleber erleichtern das Leben: alle wichtigen Einstellungen und Kabel markieren. Ferienvertretungen können die Grundeinstellungen wiederherstellen und herausgerutschte Kabel wieder korrekt anschließen.

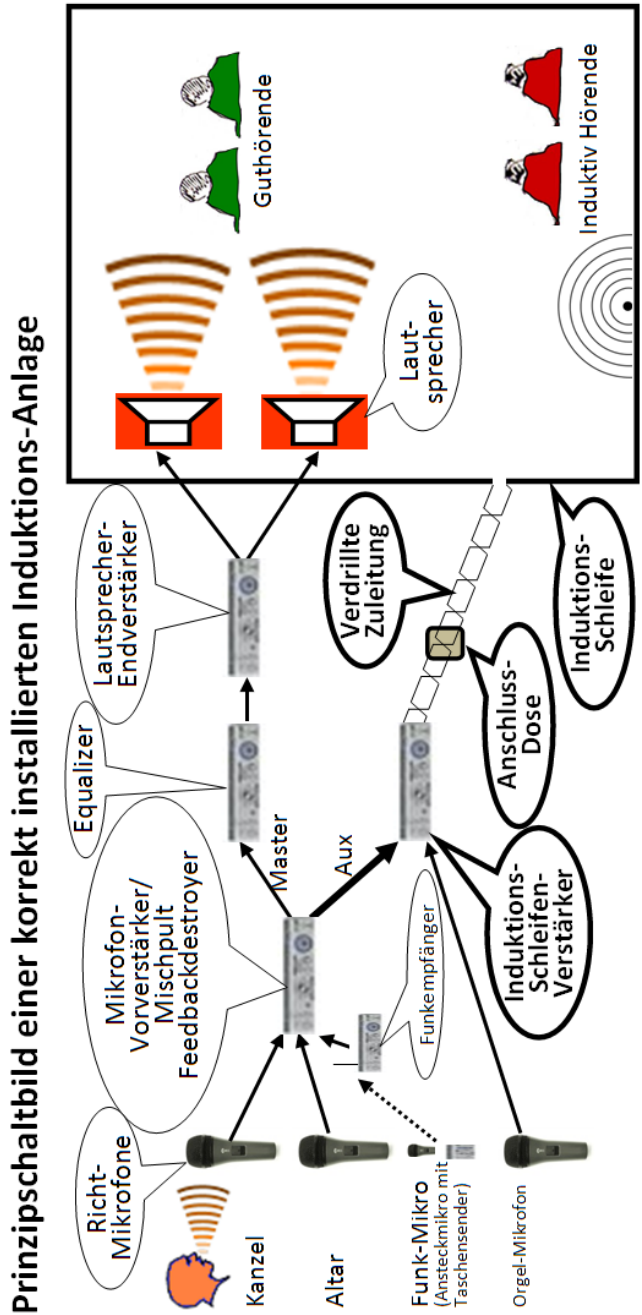
11.4 Eine korrekt installierte Induktionsanlage

Hinweis:

Der Höranlagenverstärker gehört in unmittelbarer Nähe zur Verstärkeranlage. Das Audiosignal büßt Qualität durch lange Leitungen zwischen den Verstärkern ein, während eine längere Zuleitung zur Schleife keine Probleme macht, ein Stromverstärker gleicht das automatisch aus.

Ein Verstärker gehört auch nicht auf den Dachboden, wo die Temperatur von -20° bis über 50° schwanken können.

Auch sollte er nicht auf Dauer eingeschaltet sein.



12 Ein paar Anmerkungen zu Mikrofonen

Sinn einer Höranlage ist, dass das – und nur das –, was ins Mikrofon gesprochen wird, auf ungestörtem Weg direkt in das Hörgerät der Schwerhörigen gelangt. Den Weg vom Mikrofon zum Hörgerät haben wir nun ausgiebig beleuchtet. Bleibt nun noch zu klären, wie wir erreichen, dass nur das gesprochene Wort und nichts anderes in das Mikrofon gelangt. Je weniger Nebengeräusche ins Mikrofon gelangen, desto besser ist die Sprachverständlichkeit auch für Guthörende, die über die Lautsprecher hören. Eine Verbesserung in diesem Punkt wird also allen Gemeindemitgliedern zu Gute kommen.

Meist kein neuer Mikrofonverstärker

Eine Höranlage lässt sich im Prinzip an jede neue und jede alte Beschallungsanlage anschließen. Einzig sollte sie einen „ungeregelten Ausgang“ zum Anschluss der Höranlage bieten (siehe Kap.11). Normalerweise kann die ganz normale Anlage weiterverwendet werden. Selbst Verstärker aus den 1960/70er Jahren haben genügend gute Klang-Qualitäten. Oft kann aber an den Mikrofonen verbessert werden:

12.1 Zur Mikrofon-Richtcharakteristik

Sinnvoll sind Richtmikrofone mit Nieren- bzw. besser noch Supernieren-Charakteristik. Hypernieren oder gar Keule sind zwar sehr gut, aber es muss ziemlich geübt werden, um damit umzugehen. Leicht wird gerade von Ungeübten (Kirchengemeinderäte, aktive Gemeindemitglieder bei Sondergottesdiensten) durch Senken des Kopfes (Ablesen vom Text) der Empfangsbereich verlassen, und der Ton ist weg. Generell nicht sinnvoll sind Kugel-Charakteristik-Mikrofone: sie nehmen Hall, Echo und Störgeräusche aus allen Richtungen auf und bringen diese sogar noch verstärkt in den Vorverstärker und damit in Lautsprecher- und Höranlage. Damit wird der Sinn der Höranlage gerade zunichte gemacht. Auch für Guthörende kommen dann Hall und Echo aus derselben Richtung wie der Nutzschall, nämlich dem Lautsprecher. Guthörenden nützt ihr Richtungshören somit nichts mehr und auch sie verstehen schlechter. Außerdem steigt die Gefahr von Rückkopplungspfeifen.

Manchmal werden auch spezielle Mikrofone eines wohlbekannten Hörgeräteherstellers in der Regel noch zusammen mit einer speziellen Lautsprechersäule empfohlen. Das Mikrofon ist im Stande, Hintergrundgeräusche zu unterdrücken, wenn sie über einen gewissen Zeitraum

konstant bleiben, also Ventilatorbrummen, Maschinengeräusche etc. Das Mikrofon stellt sicherlich ein Non-plus-Ultra auch für Guthörende dar, allerdings sind die Nebengeräusche in einer Kirche ziemlich unregelmäßig und damit ist der Nutzen schon in Frage gestellt. (s. Kap.12.2)

12.2 Mikrofonbauart und Ausstattung

Dynamische Mikrofone sollten überprüft werden; es besteht die (extrem seltene) Möglichkeit, dass die magnetische Abschirmung nach vielen Jahren im Gebrauch nicht mehr hinreichend gut ist, sodass es zu Rückkopplungen mit der Induktionsschleife kommen könnte. (siehe auch Kap.14.12) Wenn sie ersetzt werden: Empfehlenswert sind die modernen Kondensator- oder Elektret-Mikrofone mit eingebautem **Popp-Schutz** (unterdrückt das „Bollern“ bei Explosivlauten wie „P“) und **Körperschallunterdrückung** (unterdrückt die Geräusche beim Anfassen des Mikrofons, z.B. beim Einstellen auf die Sprechhöhe oder beim Ausschalten). Hat das Mikro auch einen Wind-Schutz, lässt es sich auch beim Gemeindefest draußen verwenden. So ein Mikro ist nicht billig, lohnt sich aber in jedem Fall. Wichtig: Das Mikrofon muss **abschaltbar** sein, am besten am Mikrofon selbst. Ansonsten mischt sich der Hall aus dem Raum z.B. während der Predigt über das Altar-Mikrofon in die Anlage, so dass ein künstlicher Hall entsteht, der auch Guthörenden die Verständlichkeit reduziert. Für Mikros ohne Ausschalter gibt es Mikrofonkabelstecker mit Ausschalter (ca.15 €), Schalter zum Zwischenstecken, sogar automatische An/Aus-Schalter, die per Infrarotsensor erkennen, ob jemand vor dem Mikrofon steht. Sinnvollerweise sollte das Mikrofon auswechselbar sein, wenn z.B. normalerweise ein Supernieren-Mikrofon verwendet wird, aber bei einem Sondergottesdienst die aktiven Gemeindemitglieder damit nicht zu Recht kommen, und auf das ältere Nierenmikrofon ausgewichen wird. Es gibt sogar Mikrofone, deren Richtcharakteristik sich per Schalter umstellen lässt von Niere bis zu Keule, es kann also auf Sprech-Profis (Keule) bis zu aufgeregten Mikrofonneulingen eingestellt werden. Ist das Mikrofon fest mit dem Schwanenhals „verwachsen“ und hat es keinen Ausschalter, muss der*die Mesner*in am Verstärker/Mischpult schalten. Manch moderne Mischverstärker haben eine Funktion, die feststellt, ob gerade das Mikrofon benutzt wird und schalten automatisch ein und aus. Diese Funktion muss aber sehr gut einjustiert werden, sonst wird bei Sprechpausen zu früh abgeschaltet und beim nächsten Wort der Anfang abgeschnitten.

Empfehlenswert sind längere **Schwanenhälse** für die Mikrofone, dann lässt sich das Mikrofon leichter an die Größe der Sprecher*innen anpassen, als wenn erst Klemmschrauben gelöst werden müssen. Der Schwanenhals sollte so lang sein, dass sich das Mikrofon möglichst nahe am Mund des größten anzunehmenden Sprechers bringen lässt. Je geringer der Abstand Mikro-zu-Mund, desto besser die Qualität, allerdings sollte der Mund vom Mikro nicht verdeckt werden, sonst kann nicht vom Mund abgesehen werden; hier sind also kleine Elektret-Mikrofone von Vorteil. Der Umgang mit Richtmikrofonen sollte mit Mitarbeiter*innen geübt werden. Oft sind diejenigen, die die Schriftlesung halten oder Abkündigungen verlesen, ungeübt und stehen zu weit weg vom Mikrofon, sprechen zu leise oder zu hastig. Eine Mikrofonschulung bringt den Mitarbeiter*innen auch im persönlichen und beruflichen Leben Vorteile.

Sinnvoll sind auch **Ansteck-Funkmikrofone** (Lavalier-Mikrofone) oder Kopfbügelmikrofone (Headsets). Bei einem Ansteckmikrofon wird von hinten kommender Hall vom ganzen Körper abgeschattet. Das ergibt auch für Guthörende ein sehr viel gleichmäßigeres Hörbild. Außerdem kann sich der*die Sprecher*in frei im Raum bewegen.

Funkfrequenzen für Mikrofone: (ohne Gewähr)

Frequenzbereich		**genehmigt bis**	**Anmerkung (gilt nur für D, außer es ist anders angemerkt)**
von	**bis**		
32,475MHz	34,325MHz	31.12.2025	1) Vfg Nr. 53 / 2015
36,610MHz	38,125MHz	31.12.2025	2) Vfg Nr. 53 / 2015
174Mhz	230MHz	31.12.2025	3) Vfg Nr. 59 / 2015
470 MHz	608 MHz	31.12.2030	4) Vfg. 34 /2020 nur professioneller Einsatz
614 MHz	694 MHz	31.12.2030	4) Vfg. 34 /2020 nur professioneller Einsatz
823MHz empfohlen: 825MHz	832MHz empfohlen: 828MHz	31.12.2025	5) Vfg Nr. 2 / 2015 D/CH=frei, A=anmeldepflichtig
863MHz	865MHz	31.12.2028	6) Vfg Nr. 107 / 2018 Europa-weit frei
1,785GHz	1,805GHz	31.12.2025	7) Vfg Nr. 3 / 2015

1,880GHz	1,900GHz	31.12.2025	8) Vfg Nr. 25 / 2015 nur DECT-Technologie
2,4 GHz	2,4835GHz	31.12.2023	9) Vfg 64/2018 WLAN, Bluetooth u.v.a.m. weltweit frei
5,150 GHz	5,725 GHz	31.12.2028	10) Vfg. 151/2018 WLAN, Teilbereich auch Radar, weltweit frei

Zu beachten bei Mikrofonen ganz besonders im 2,4GHz-Bereich: Die Funkstrahlung wird von jedem Wasser/Feuchtigkeit im Funkweg gedämpft, also auch vom eigenen Körper oder Leuten zwischen Mikrofon und Empfänger. (Hinweis: Die Mikrowelle heizt das Wasser auf.) Die Empfangsantenne sollte auf Sichtkontakt zum Sendemikrofon angebracht werden, also in der Regel über den Köpfen.

Die meisten Funkmikrofonempfänger haben einen Regler für die **Rauschsperre/Rauschschwelle** (auch Squelch = SQ). Dieser Regler dient dazu, die Empfangsstärke einzustellen, die den Sendebereich markiert. Wird die Sendestärke unterschritten, wird der Ton abgeschaltet, damit kein starkes Rauschen entsteht. Wir konnten im praktischen Betrieb aber auch feststellen, dass dann, wenn die Schwelle zu hoch gesetzt wird, oft nach Sprechpausen der Anfang der ersten Silbe „verschluckt“ wird. Wenn gerade wegen der Schwerhörigen etwas langsamer gesprochen wird, dann geschieht das mitunter bei sehr vielen Wörtern. Für Schwerhörige ist das dann eine Zumutung. Hier muss dann dieser Regler sorgfältig einjustiert werden. (Oder auf Minimum: in einer Kirche kommt man mit geladenem Akku kaum aus dem Empfangsbereich.)

Für jeden Höranlagentyp gilt: Eine Musikdarbietung muss **mono-kompatibel** sein: Mikrofone müssen so aufgestellt werden, dass sich die Signale unterschiedlicher Mikrofone nicht gegenseitig auslöschen. Das ist dann der Fall, wenn eine bestimmte Frequenz beim ersten Mikrofon gerade einen Wellenberg hat, am zweiten Mikrofon ein Wellental, Ergebnis wäre eine Stille. Da das aber frequenzabhängig ist, könnte sich die Musik etwas rau anhören. (Manche Mischpulte haben deshalb einen Schalter zur Phasenumkehr.) Bei einer kleinen Musik-Gruppe oder einem Klein/Solo-Künstler ist es meist mit einem oder zwei Mikrofonen getan, da ergeben sich praktisch keine Probleme; und wenn, können sie in der Generalprobe gelöst werden: über die Höranlage kontrollieren und ggf. ein Mikrofon etwas versetzen oder gegen ein Richtmikrofon

tauschen. Beim Kirchenchor/Posaunenchor oder einer kleinen Musikgruppe in der Kirche gibt es praktisch nie Probleme. Bei einem richtigen Orchester werden mehrere Mikrofone notwendig, die ein Tonmeister aufbauen sollte. Für eine normale Kirche kann man das Thema hochqualitative Musik über eine Höranlage vergessen, aber natürlich nicht bei einer Konzerthalle oder einer Konzertkirche. Meistens schalten Hörgeräteträger deshalb bei reiner Musik auf ihre Mikrofone um, während sie bei Sprache oder Sologesang auf die Höranlage angewiesen sind. Die Regel heißt ja ***„Musik lebt vom Hall, Sprache stirbt am Hall!“***

12.3 Das kontraproduktive Raummikrofon

Immer wieder gibt es Kirchen oder auch Vortragsräume, in denen ein Raummikrofon installiert ist. In Kirchen soll es dazu dienen, dass die Orgel besser auf Kassettenaufnahmen zu hören ist. Im Vortragsraum sollen Publikumsbeiträge über die Höranlage mit übertragen werden. Manchmal wird ein Mikrofon von der Decke hinunter auf die Mitte eines Konferenztisches gehängt.

Wie wir zuvor schon erkannt haben, kommen dann aber auch alle Störgeräusche mit in die Höranlage bzw. auf die Kassettenaufnahme. Gerade dies aber ist für Hörgeschädigte kontraproduktiv. Auch entsteht durch das Raummikrofon – je nach Schaltung – ein zusätzlicher (technisch verursachter) Hall, der die Verständlichkeit nochmals reduziert.

Wir sehen, ein Raummikrofon bringt nur Nachteile. Der einzige Sinn wäre ein Richtmikrofon, das auf die Orgel gerichtet ist und nur in die Höranlage überträgt, wenn die Orgel spielt. Die meisten Schwerhörigen aber empfinden die Orgel sowieso als zu laut und daher schmerzhaft. Meist reicht das Altarmikrofon hier völlig. Für den Posaunenchor oder den Kirchenchor im Altarraum kann ebenfalls das normale Altarmikrofon oder ggf. noch ein weiteres Zusatzmikrofon benutzt werden.

Bei einem Vortrag sollten die Gäste ins Publikumsmikrofon sprechen, das herumgereicht wird. Natürlich bedarf es dann etwas mehr Disziplin, aber auch die guthörenden Teilnehmer werden dies danken.

Auf den Konferenztisch gehört eine Konferenz-Mikrofon-Anlage mit je einem Mikrofon für ein bis drei Teilnehmer.

13 T-Spule und elektromagnetische Störfelder

Immer wieder werden wir gefragt, ob nicht Stromleitungen in die Induktionsschleife hinein stören, also wieweit die Schleife von der

Elektroinstallation Abstand bräuchte. Hier möchten wir einmal erklären, wie sich elektromagnetische Störfelder verhalten.

Elektromagnetische Störfelder entstehen meist durch Elektroinstallationen, bei denen der Weg vom Sicherungskasten hin zum Elektrogerät und zurück zum Sicherungskasten nicht im selben Kabel verläuft oder der Strom auf Hin- und Rückweg nicht mehr dieselbe Stärke hat, weil ein Gerät defekt ist und Teile vom Strom über die Erde ableitet. Eine ordnungsgemäße Elektroinstallation im Gebäude stört nicht. Typische Störungen entstehen auch dadurch, dass der Stromfluss regelmäßig unterbrochen wird (z.B. nicht entstörte Motoren, Dimmer etc.), die Strom-Hinleitung und Rückleitung nicht eng beieinander liegen (z.B. bei älteren Dachständerleitungen) oder durch Verluste gegen Erde, so dass auf der Rückleitung weniger Strom als auf der Hinleitung fließt.

Gesetzt den Fall, wir haben so ein elektromagnetisches Störfeld. Das aber geht nicht den Umweg erst in die Schleife und dann ins Hörgerät. Störfelder sind unabhängig von der Schleife und gehen den direkten Weg in die T-Spule. Das lässt sich ganz leicht zeigen:

Erstens: Störfelder werden vom Elektroakustiker gesucht, bevor überhaupt eine Schleife gelegt wird. Dazu haben die entsprechenden Messgeräte eine eigene Programm-Stellung. Die Störfelder sind im Hörgerät oder mit einem Induktionsempfänger hörbar und zwar gleich, egal ob die Schleife eingeschaltet, ausgeschaltet oder noch gar nicht gelegt ist.
Zweitens: Gesetzt die Hypothese, die Störungen würden den Umweg über die Schleife machen, dann würde die Schleife selbst ja zum Störsender. In der gesamten Schleife verhält sich der elektrische Strom aber exakt identisch. Folglich müssten sich die Störungen im ganzen Schleifenbereich exakt genauso verhalten wie das Nutzsignal aus der Schleife: Feldstärke Nutz- zu Störsignal überall im identischen Verhältnis und identische Feldstärke-Änderungen beim vertikalen Kippen der T-Spule. Das haben die Autoren in einer Kirche mit Störstrahlung über die Dachständerleitung bei laufender Induktionsschleife selbst nachverfolgt und es war nicht der Fall: Hypothese also falsch.

Drittens: Wir haben heutzutage Stromverstärker. Diese messen kontinuierlich den Strom in der Schleife, ob er noch exakt proportional zum Eingangssignal ist. Ist das nicht der Fall, wird automatisch nachgeregelt. Gesetzt also der hypothetische Fall, eine Störquelle würde einen Störstrom in die Schleife einbringen. Dann ist der Schleifenstrom aber nicht

mehr proportional zum Eingangssignal und die Störung würde vom Verstärker völlig automatisch ausgeglichen.

Elektromagnetische Störfelder gehen direkt in die T-Spule und mischen sich dort mit dem Nutzsignal aus der Induktionsschleife. Dadurch wird der notwendige Nutz- zu Störsignalabstand von 15dB nicht mehr erreicht und die Verständlichkeit der Sprache reduziert.

Eine Schwachstelle jedoch könnte es geben. Die Störstrahlung könnte allerdings in den Verstärker selbst oder den Eingangskabeln bzw. in die Verstärkertechnik der Beschallungsanlage einstreuen, wenn diese defekt bzw. falsch angeschlossen sind. (Siehe z.B. Kap. 14.13) Bei professionellen Elektroakustikern ist das ausgeschlossen, das wird bei der Einmessung der Schleife sichergestellt.

Übrigens: wie die Quelle der Störstrahlung ausfindig gemacht wird, basiert genau auf dem Effekt, dass die Lautstärke im T-Spulenempfänger stärker wird, je näher die Störquelle ist. (einfaches Abstandsgesetz: halbe Entfernung, doppelte Feldstärke) Durch horizontales und vertikales Kippen und Drehen der T-Spule wird dann die Störquelle ermittelt.

Der elektromagnetische Störabstand wird so qualifiziert:

hochqualitativ:	< -47dB(A) re 400mA/m
gut:	< -43dB(A) re 400mA/m
brauchbar (Norm):	< -32dB(A) re 400mA/m
tolerabel:	< -30dB(A) re 400mA/m
kurzzeitige Nutzung:	< -22dB(A) re 400mA/m

Die Folgen eines zu geringen Störabstandes für das Verstehen von Schwerhörigen finden sich in Kapitel 7.10.

14 Induktionsschleifen und andere Gerätschaften und Situationen

14.1 Angrenzende Räume

Eine einfache Schleife, die einmal um die Bankreihen geht (Perimeter-Schleife) streut ein breites Feld. Man kann sagen, dass sie rundherum und nach oben und unten etwa 3 bis 4-mal so weit reicht, wie sie breit ist. In dieser Entfernung kann man zwar nichts mehr deutlich verstehen, aber man hört dann etwas, was man als Störgeräusch wahrnimmt. Meist kann man also mit einem Hörgerät auch draußen vor der Kirche der

Predigt folgen, was eher für den*die Pfarrer*in erfreulich ist. Auch werden wir selten ein Gemeindehaus antreffen, in dem es zwei große Säle mit Induktionsschleifen gibt, in denen gleichzeitig Veranstaltungen stattfinden. Aber auch für solche Fälle gibt es Lösungsmöglichkeiten: es gibt spezielle low-spill-Schleifenlayouts, die ggf. mit zwei Verstärkern angesteuert werden und sogar Kino-tauglich sind, d.h. kein Streufeld in die Nachbar-Räume zulassen. Zur Berechnung solcher Schleifensysteme werden natürlich die absoluten Spezialisten benötigt.

14.2 Vertraulichkeit

In der Regel wird mit vertretbarem Aufwand mit einer Induktionsschleife keine Vertraulichkeit erreicht werden, aber auch nicht mit einer FM- oder IR-Anlage, letztendlich auch nicht mit DECT oder WLAN-Streamer. Deshalb muss beim vertraulichen Teil der Kirchengemeinderatssitzung ein anderer Weg gesucht werden z.B. Verschriftlichung. (Die Autoren haben dazu auch recht einfache Lösungen.) In einer engen Seelsorgebeziehung zu zweit oder zu dritt (z.B. Eheberatung) werden in aller Regel keine Hilfsmittel benötigt, sondern meist nur deutliche Sprache und Hörtaktik. Gerne beraten wir Sie auch diesbezüglich.

14.3 Mikrofon/Lautsprecher-Anlage

Immer wieder hört man die Befürchtung, dass die Induktionsschleife die Lautsprecheranlage negativ beeinflusst. Dem ist aber nicht so: Denn: Die Lautsprecheranlage läuft in Kirchen meist mit einer Spannung von 100 Volt, unter anderem wegen der erheblich geringeren Störempfindlichkeit. Die Induktionsanlage arbeitet mit Spannungen von etwa 10 - 30 Volt, da kann nicht viel beeinflusst werden. Und selbst wenn es eine Beeinflussung gäbe: Auf der Lautsprecherleitung ist zur selben Zeit das identische Signal wie auf der Induktionsschleife. Simpel gesagt: Wenn zwei zur selben Zeit dasselbe sagen: Wo ist da ein Problem?

Die Schleife selbst ist also grundsächlich nie ein Problem, allerdings kann es in seltenen Fällen innerhalb vom Verstärkerschrank zu Rückkopplungen kommen, wenn die Induktionsanlage nicht korrekt installiert wird. (Schleifenanschlusskabel nicht verdrillt, Kap. 15.4)

Andererseits könnte es auch zu einer elektrischen Rückkopplung kommen, wenn die Mikrofonleitungen schadhaft sind oder nicht korrekt verdrahtet sind. Das muss aber dann ohnehin repariert werden.

14.4 Video/Beamer

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt: In sehr seltenen Konstellationen könnte es zu Nebenwirkungen kommen, wenn die Verkabelung des Beamer nicht korrekt ausgeführt wurde und so quasi selbst eine T-Spule bildet (auch Erdschleife genannt). Es könnte dann zu streifigen Bildstörungen im Rhythmus der Sprache kommen. Abhilfe ist einfach: Die Videoleitung zum Beamer muss nur im engen Abstand zur Stromleitung zum Beamer gelegt werden. Allerdings haben die Autoren bei weit über 100 Gottesdiensten mit Hörschleife und Beamer noch nicht ein einziges Mal ein solches Problem beobachtet, auch wenn die Beamer-Verkabelung nicht immer optimal sein konnte.

14.5 Keine medizinischen Beeinträchtigungen

Die von einer Induktionsschleife abgegebenen elektromagnetischen Wellen haben eine Feldstärke, die meist weit unterhalb von Feldstärken liegt, die normalerweise in einem Haushalt auftreten. Ein normaler Stereo-Lautsprecher erzeugt ein wesentlich höheres elektromagnetisches Feld als eine Induktions-Schleife: Ein Messgerät der Autoren überschreitet in 25cm Entfernung zu einem Stereo-Lautsprecher den Messbereich (999nT=795mA/m). Auch konnte festgestellt werden: Personen, die sich innerhalb der Schleife beeinträchtigt fühlten, hatten außerhalb der Schleife keine Probleme, trotz des Spill-Overs. (=> elektromagnetisches Feld außerhalb der Schleife.) Bei Herzschrittmachern wird empfohlen, mindestens 30cm von Elektrogeräten Abstand zu halten. Das ist in jedem Fall gewährleistet. Die 400mA/m maximale Schleifen-Feldstärke wurde nach der Stärke des Streufeldes eines Telefonhörers festgelegt und Herzschrittmacher-Patienten wird schließlich auch nicht das Telefonieren verboten; oder das Rasieren: Ein Rasierapparat hat ein bis zu 18mal stärkeres Feld. Wenn Sie die Werte der Haushaltsgeräte in der Tabelle durch 4 teilen, entspricht das einer Entfernung von 1,20m, da hat ein Staubsauger oder die Mikrowelle noch ein stärkeres Feld als die Induktionsschleife.

Gerät in 30cm Entfernung	**Magnetische Flussdichte in** µT (micro Tesla)
Computer	< 0,01
Haarföhn	0,01–**7**
Kühlschrank	0,01–0,25
Fernsehgerät	0,04–**2**
Rasierapparat	0,08–**9**
Bügeleisen	0,12–0,3

Höranlage (direkt am Ohr)	***0,12–0,5***
Waschmaschine	0,15–
Leuchtstofflampe	0,5–2
Geschirrspüler	0,6–3
Radio (tragbar)	1
Bohrmaschine	2–3,5
Staubsauger	2–**20**
Mikrowellengerät	4–**8**
Erdmagnetfeld in Europa	**48** (allerdings nur statisches Feld)
Kernspintomographie/MRT	500.000-7.000.000
Grenzwerte nach 26. BlmSchV (Bundes-Immissionsschutz Verordnung)	
50 Hz (normaler Netzstrom)	200
16,5 Hz (Bahnstrom)	300

vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetische_Umweltvertr%C3%A4glichkeit
https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetresonanztomographie
https://de.wikipedia.org/wiki/Erdmagnetfeld

14.6 Handy/Smartphone

Immer wieder wird befürchtet, Handys könnten die Induktionsschleife stören. Das ist grundsätzlich nicht der Fall. Hörgeräte sind heutzutage gegen Handy-Einflüsse abgesichert. Handys arbeiten im Bereich ab 800 MegaHertz mit Funkwellen, die Schleife mit elektromagnetischen Wellen zwischen 100 und 5000 Hz. Das heißt, die Schleife an sich ist störsicher. Ein Störeinfluss könnte allerdings von der anderen Seite kommen. Ganz allgemein ist bekannt, dass Handys, insbesondere eine beliebte Smartphonemarke, in ältere Beschallungsanlagen oder Funkmikrofone Störungen einbringen können, welche dann über die Lautsprecher (und damit auch über die Höranlage) hörbar sind. Ein Handy/Smartphone erzeugt zahlreiche Zwischenfrequenzen und auch der verbaute Mikroprozessor erzeugt, wie bei jedem Computer, eine modulierte Störstrahlung. Diese Störstrahlung kann

- die Funkstrecke von drahtlosen Mikrofonen stören,
- direkt in ungeschützte Verstärker (älterer Konstruktion) eindringen
- indirekt in den dagegen ungeschützten Eingang des Mikrofonverstärkers eindringen und zwar über
    - nicht dagegen geschützte (ältere) Mikrofone
    - defekte oder nicht stark genug geschirmte Kabel

Im Verstärker findet sich meist irgendein Schaltkreis, der das Störsignal in den Hörbereich übertragen (demodulieren) kann. D.h. wenn Handys stören, dann nur die Verstärker-Eingänge, aber nicht die Ausgänge.

Es ist davon auszugehen, dass die modernen Induktionsschleifen-Stromverstärker der renommierten Hersteller gegen Handy-Störeinflüsse abgesichert sind. Wenn also die vorhandene Beschallungsanlage nicht durch Handys gestört wird, wird auch die richtig installierte Induktionsanlage einwandfrei funktionieren können.

14.7 Stromleitungen

Eine normale 3, 4 oder 5-adrige Stromleitung führt nicht zu einer Störung. Es gibt in ihr die Hinleitung (Phase – braune, schwarze, graue Adern) und die Rückleitung (Neutralleiter – blaue Ader). Beide erzeugen ein elektromagnetisches Feld von 50 Hz, aber in entgegengesetzter Richtung, sie heben sich gegenseitig auf. Nach unseren Tests ist im Abstand von 2-3 cm mit einer T-Spule absolut kein Brummen vernehmbar. Zu Problemen könnte es dann kommen, wenn die Rückleitung von einem Gerät nicht denselben Weg nimmt wie die Hinleitung oder das angeschlossene Gerät elektrisch undicht ist und ein Teil des Stromes über die Erde, d.h. Gebäudeteile, abfließt. Dann kann sich das elektromagnetische Feld der Hin- und Rückleitung nicht gegenseitig aufheben. Wir haben dann im Prinzip eine Induktionsschleife, die einen Brummton von 50Hz erzeugt, der mit der Differenz der Stromstärken zunimmt. Aber hier muss der*die Elektriker*in ohnehin reparieren.

Zu Beginn der 50er Jahre wurden manchmal in Treppenhäusern die Wechselschaltungen für das Licht mit getrennter Hin- und Rückleitung ausgeführt, um eine Stromader zu sparen; mit dem gefährlichen Nachteil, dass die Lampe auch unter Strom stehen kann, wenn sie nicht leuchtet. In Kirchen haben wir solche Schaltungen noch nie beobachtet. Sollte eine solch gefährliche Schaltung doch einmal zu ernsthaften Störungen führen, dann kann/muss jede*r Elektriker*in Abhilfe schaffen.

14.8 Elektrischer Hausanschluss, Zähler- und Sicherungskasten, Dachständerleitung

Rein praktisch konnte festgestellt werden, dass im Umkreis von 1-2m um einen Zählerkasten ein recht starkes Netzbrummen (50Hz) besteht, (unabhängig von einer Induktionsschleife). Im Sicherungskasten wird der Strom auf dem Hinweg durch die Sicherungen geleitet, auf dem Rückweg endet er aber an anderer Stelle auf der N-Schiene. Hin- und Rückleitung bilden im Zählerkasten also eine Induktionsschleife.

Ähnlich ist es mit der Hauszuleitung. Im Hausübergabepunkt werden Neutralleiter (N) und Schutzerde (PE) getrennt. Meist nimmt der grüngelbe Schutzleiter einen anderen Weg wie der blaue Neutral-Leiter. Es gibt aber immer kleinere Leckströme: ein Teil des Stromes fließt einen anderen Weg hin als zurück => eine klassische Induktionsschleife. Wir haben hier nur einmal ein praktisches Problem festgestellt.

Allerdings gibt es Probleme mit Dachständerleitungen, bei der die Stromversorgung (der Nachbarschaft) am Kirchendach befestigt ist: drei Hinleitungen, eine Rückleitung. Vier einzelne Kabel mit Abstand ergeben eine klassische Induktionsschleife zwischen den Leitungen, die wegen des starken Stromes bis in die Bankreihen reicht. Ein verdrilltes vieradriges Kabel hat dieses Problem nicht, ein Fall für das E-Werk.

Ein weiteres Problem können die „vagabundierenden“ Ströme sein: Ein Teil des Stromes läuft über die Erde zurück zur Trafostation, das ergibt ein weiteres Störfeld, insbesondere bei Dachständeranschlüssen. Bei Erdkabeln kann es – je nach Leitungsführung und Hauserdungspunkt – ebenfalls dazu kommen.

Wegen der heute häufigen „nicht-linearen“ Verbraucher (Schaltnetzteile, Leuchtstoffröhren etc.) entsteht neben dem 50Hz-Brummton auch ein 150Hz-Brummton. Allerdings überträgt der Lautsprecher des Hörgerätes wg. seiner kleinen Baugröße erst ab 200Hz gut. Außerdem werden so tiefe Töne nicht so stark als störend empfunden.

14.9 Leuchtstoffröhren und Dimmer

Dimmer können immer wieder Problemfälle werden. Meist werden Phasenanschnitts- oder Phasenabschnitts-Dimmer eingesetzt. Sie funktionieren so, dass der Stromfluss 100mal in der Sekunde für kurze Zeit ein- bzw. ausgeschaltet wird. Je länger er ausgeschaltet ist, desto mehr wird die Lampe gedimmt. Allerdings erzeugt jedes Ein- bzw. Ausschalten ein Knacken, was von der Stromleitung abgestrahlt wird. (Die physikalische Erklärung sparen wir uns hier.) Dieses Knacken hören wir manchmal auch im Fernseher oder in der Stereo-Anlage, wenn wir im Zimmer das Licht ein- oder ausschalten. Im Wohnzimmer machen wir das nur einmal, aber der Dimmer macht das permanent 100mal in der Sekunde und das wird dann gegebenenfalls auch von der T-Spule empfangen. Je nach Leitungsführung und Stärke der Lampen kann sich die Störung mehr oder weniger stark im Hörgerät bemerkbar machen. Auch Leuchtstoffröhren mit ihrem Vorschaltgerät können Störstrahlung verursachen. Ob die

Störungen den zulässigen Bereich überschreiten und Maßnahmen erforderlich werden, wird bei der Beratung mit einem entsprechenden Messgerät festgestellt.

Lösungsmöglichkeiten:

- Entstörte Dimmer einbauen (Flankenanstiegszeit von mindestens 70 bis 100 Mikrosekunden) oder Entstörglieder hinter die Dimmer schalten. Man sagt auch manchmal „fernsehtaugliche Dimmer“ dazu. Das kann eine Elektrofachfirma erledigen.
- Dimmer mit sehr viel höherer Schaltfrequenz einbauen. Sie stören dann nicht mehr im Hörbereich. Allerdings stören diese Dimmer im Frequenzbereich eines Funkmikrofons bzw. einer FM-Höranlage. Sie sind selten und erheblich teurer.
- Abgeschirmte und gut geerdete Kabel und Lampen verwenden.
- Auf einen Dimmer verzichten:
  - einfach mehr oder weniger Lampen anschalten
  - Das altbekannte Prinzip eines Kronleuchters anwenden: Lampen mit drei Birnenfassungen einsetzen und entweder 1, 2 oder 3 Birnen leuchten lassen. Drei verschiedenen Birnenstärken (25/40/60Watt) geben sieben verschiedene Helligkeitsstufen.
- Leuchtstoffröhren mit entstörten Vorschaltgeräten verwenden oder durch störungsfreie LED-Lampen ersetzen.

14.10 Elektronische Schaltnetzteile

Zu erkennen sind diese Geräte auf dem Typenschild an dem Zeichen: ⎓ Sie funktionieren ähnlich wie Dimmer, nur dass sie den Strom sehr viel häufiger pro Sekunde ein- und ausschalten. Entsprechend gibt es sehr viel mehr „Knackser“, die sich zu einem Summen verbinden. Verwendet werden sie heutzutage bei fast allen elektronischen Geräten, z.B. als Steckernetzteile von Computern, Handys etc. Die besseren Exemplare haben einen Filter, der das Summen unterdrückt.

Praktisches Abhören mit einem T-Spulenempfänger hat ergeben, dass das Summen nach wenigen Zentimetern Abstand vom Netzteil nicht mehr hörbar ist. Sollte es trotzdem in der Praxis zu Problemen kommen, hilft ein Netzfilter, den man zwischenschaltet.

14.11 Elektrische Heizung

Im Prinzip ist eine elektrische Heizung ein elektrischer Draht, der durch den durchfließenden Strom erhitzt wird. Hier gilt das gleiche, wie schon

unter Stromleitungen dargestellt wurde:
Liegt die Hinleitung (Phase) eng parallel zur Rückleitung (Neutralleiter), gibt es keine Probleme. Ist die Heizung nicht korrekt beschaltet, gibt sie einen Brummton von sich. Dann ist als erstes zu prüfen, ob er überhaupt stark genug ist, um im Hörgerät anzukommen (Test mit Hörgerät, einem T-Spulen-Empfänger oder einem Feldstärke-Messgerät). Ist das der Fall, kann ein*e Elektriker*in die Heizung korrekt beschalten. Die Autoren konnten allerdings noch nie eine solche störende Elektroheizung in Kirchen beobachten. Es gibt aber Flächenheizsysteme, bei denen konstruktionsbedingt die Hin- und Rückleitung in einem Abstand von 30-40cm liegen. Es handelt sich hierbei also um eine klassische Perimter-Induktions-Schleife, die folglich bis zu einem Abstand von 1,20 bis 1,40m eine Störstrahlung verteilt, d.h. genau in Ohrhöhe. Dies gilt es beim Einbau solcher Heizungen zu beachten.

14.12 Elektrische Gitarren, Geigen, dynamische Mikrofone u.ä.

Instrumente und Gesangs-Mikrofone können so angeschlossen werden:

A: über ein Mischpult an der normalen Haus-Beschallungsanlage
B: über eine eigene Verstärkeranlage mit Lautsprechern

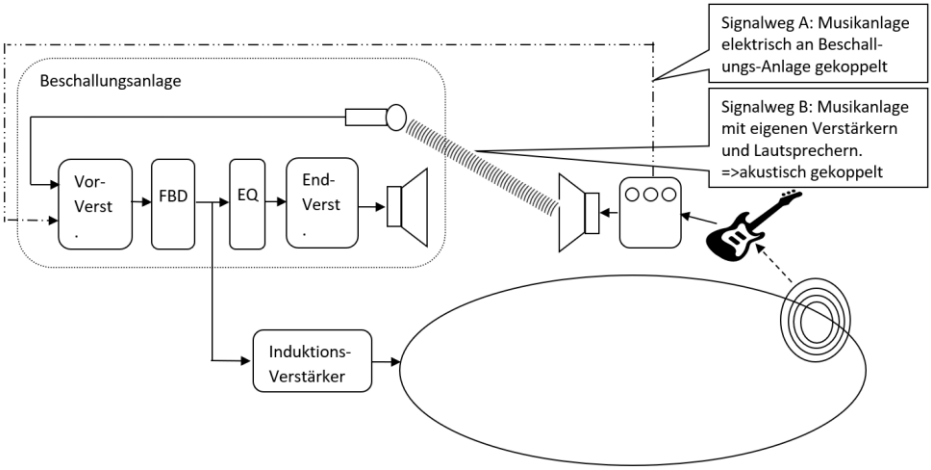
Bei Piezo-Kristall-Abnehmern (meist E-Geigen) kommt es in sehr seltenen Fällen zu Rückkopplungen in der Konfiguration A. Der Abnehmer wirkt wie ein zweites Mikrofon, das den Lautsprecher-Schall aufnimmt.

Dynamische Mikrofone haben intern ebenfalls eine Spule. Theoretisch könnte diese Spule zu einer Rückkopplung führen, rein praktisch haben wir noch keinen Fall erlebt, bei dem es dazu kam, auch nicht mit einem Billig-Mikrofon, das innerhalb der Schleife benutzt wurde. Normalerweise haben sie eine Rückkopplungsfestigkeit von etwa 40dB. Rückkopplungen könnten passieren, wenn das Mikrofon beschädigt ist.

E-Gitarren haben meist Abnehmer-Spulen: Single-Coil oder Humbucker (Doppelspulen-System). Im Bild ist links der Humbucker und rechts zwei Single-Coils zu sehen. Humbucker sind konstruktionsbedingt unempfindlich gegen elektromagnetische Einstreuungen, Single-Coils aber sind empfindlich darauf. Bei Single-Coils könnte es in

beiden Fällen A und B zu Rückkopplungen kommen, wenn die Gitarre zu nah an der Schleife spielt. Da die Tonabnehmerspulen beim Spielen aber waagerecht liegen, wird in ihnen so gut wie nichts von der Induktionsschleife induziert, denn deren Feldlinien verlaufen in etwa senkrecht. Eine Rückkopplung kann in der Regel nur dann entstehen, wenn die Gitarre nach dem Spiel flach liegt. Wird der Humbucker benutzt oder die Gitarre nur in den Ständer gestellt oder wird nach der Musik die Lautstärke hinunter gedreht (an Gitarre oder Mischpult), dann sind die meisten Fälle erledigt.

Für den Rest der Fälle kann ein sehr schneller Feedback-Destroyer (FBD) helfen, der rechtzeitig bemerkt, wenn es droht, zu pfeifen. Er regelt dann genau die pfeifende Frequenz soweit hinunter, dass die Rückkopplung aufhört. So ein FBD ist in vielen digitalen Vorverstärkern serienmäßig eingebaut. Das Höranlagensignal muss dann vom Signalweg zwischen FBD und Equalizer abgegriffen werden. Hinweis: manche FBD's erkennen Rückkopplungen nicht in Musik/Sprachpausen.



Wenn in extrem seltenen Fällen diese Maßnahme nicht greifen sollte, dann hilft nur eines: Induktionsverstärker während der Musik ausschalten bzw. am Mischpult hinunter regeln („muten"). Hörgeräteträger müssen dann auf Mikrofon umschalten. Musik klingt ohnehin über Mikrofon wegen des „voluminöseren Raumklanges" besser: „Musik lebt vom Hall, Sprache stirbt am Hall."

Es gibt also keinen Grund, die Hör-Barrierefreiheit für sämtliche Veranstaltungen aufzugeben und die Induktionsschleife z.B. in die hinteren Bänke zu verbannen, nur um für die wenigen Gottesdienste im Jahr, an denen eine Musikband spielt, 150% sicher zu gehen, dass es nicht zu einer Rückkopplung kommen kann. Wir verzichten ja auch nicht auf ein Umhängemikrofon, nur weil es vorkommen kann, dass es zu Rückkopplungen kommen könnte, wenn man zu nah an die Lautsprecher kommt.

Anmerkung: Die Autoren haben diese Analyse mit einem Testaufbau einer einfachen Ringschleife sorgfältig ausprobiert. Der Test mit einem LowSpill-Looparray, das phasenverschoben betrieben wird, steht noch aus. So gibt es auch Gutachten von Experten, die eine andere Erfahrung haben. Das heißt, dass im konkreten Fall die Situation sorgfältig ausgetestet werden muss und ggf. den Musikern Hinweise gegeben werden müssen. Es sollte geprüft werden, ob der Altarraum mit der Schleife versorgt werden muss, wenn dort die Musiker spielen. Ggf. sollte eine „Cancellation Loop“ vorgesehen werden.

14.13 Brummschleifen in der Verstärkeranlage

Manchmal kann es vorkommen, dass es im Eingang eines Induktionsverstärkers zu einer Brummschleife kommt, wenn die Schleife nicht von einem professionellen Elektroakustiker installiert wird. Brummschleifen entstehen, wenn Abschirmungen der Verbindungskabel quasi eine T-Spule nachbilden, z.B. manchmal dann, wenn der Netzstecker des Induktionsverstärkers nicht an derselben Steckdose wie die Mikrofonanlage angeschlossen ist. Abschirmungen müssen sternförmig von einem einzigen gemeinsamen Erdungspunkt ohne Ringschlüsse verlegt sein, wenn sich also zwei Abschirmungen am Anfang und Ende der Leitung berühren. Das kann auch über mehrere Geräte geschehen, sodass es nicht leicht erkennbar ist. Eine Abhilfe kann eine „DI-Box“ vor dem Eingang des Induktionsverstärkers sein. Es gibt sie in Internetshops für Bühnen-Musiker schon ab knapp über 10€. Näheres: wikipedia.de unter Brummschleife.

14.14 Bundesbahn und Straßenbahn

Liegt die Kirche unmittelbar neben einer elektrifizierten Bahnstrecke, können zwei Typen elektromagnetischer Störstrahlung auftreten.

Die erste entsteht dadurch, dass der Fahrstrom über die Oberleitung hin zur Lokomotive bzw. Motorwagen geleitet wird und dann von dort über

die Schienen und Erde zurück zum Bahnstromwerk geleitet wird. Es entsteht also wiederum eine klassische Induktionsschleife (Hin- und Rückleitung verlaufen nicht im engen Abstand im selben Kabel), die mit der Bahnstromfrequenz und deren Obertönen in die T-Spulen der Hörgeräte ein Störsignal einstreut. Wie dieses Problem gelöst werden kann, ist derzeit noch in der technischen Klärung.

Die zweite entsteht dadurch, dass der Stromfluss zwischen Oberleitung und Stromabnehmer-Bügel für ein paar Millisekunden unterbrochen wird. Wir sehen dann diese kleinen Lichtblitze. Wie unter Dimmer beschrieben, entsteht dann ein Knacksen. Weil es sich beim Fahrstrom um Hochspannung handelt, sind die elektromagnetischen Störsignale so stark, dass sie nicht mehr abgeschirmt oder ausgefiltert werden können. Eine induktive Übertragung ist in diesen (extrem seltenen) Fällen nicht mehr möglich.

Den Fahrplan der Bundesbahn können wir nicht ändern, aber man könnte bei der Straßenbahn vielleicht den Fahrplan so legen, dass wenigstens während der Predigt keine Bahn vorbeifährt. Ist die Störstrahlung nicht allzu stark, hilft manchmal auch der „Kasseler Trick“: die Induktionsschleife sehr viel stärker machen und die Hörgeräte hinunter regeln, dann vergrößert sich der Störabstand wieder. Dies geht aber nur, wenn wir einen „geschlossenen Teilnehmendenkreis“, haben, denn man kann ja nicht einfach auf T umstellen, dann wird es viel zu laut. Alle Teilnehmenden müssen das Prozedere kennen und jedes Mal rechtzeitig erinnert werden, bevor die Induktionsanlage eingeschaltet wird. Erst werden die Hörgeräte leiser gestellt, dann auf T umstellen und dann die Lautstärke wieder einregeln.

Ist die Störstrahlung zu stark, gibt es eine Kompromiss-Lösung, nicht perfekt und nicht barrierefrei, aber weniger schlecht als gar nichts. Es wird die Funk/IR-Technik mit einem Hörgeräte-tauglichen Kopfhörer kombiniert (keine Halsringschleife!). Damit kann dann wenigstens Hall und Echo und ein Teil der akustischen Störgeräusche reduziert werden.

15 Tipps: Verlegung der Induktionsschleife

15.1 Wo verlege ich die Schleife? Muss für die Induktions-Anlage der Boden aufgestemmt werden?

Aus früheren Zeiten stammt die Aussage, eine Induktionsschleife müsse im Boden verlegt werden. Das ist prinzipiell nicht (mehr) der Fall. Eine Schleife kann etwa 1,4m (10-15% der Schleifenbreite) unterhalb oder oberhalb Kopfhöhe platziert werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob sie im oder auf dem Boden liegt.

Im Boden ist nur dann nötig, wenn in sehr seltenen Fällen ein spezielles Schleifenlayout (z.B. 8er-Schleife oder Phased-Loop-Array) notwendig wird und es dadurch zu Stolperfallen kommen würde. Normalerweise sind also keine „baulichen Maßnahmen“ erforderlich. Die Installation einer Beschallungsanlage ist in der Regel aufwändiger.

15.1.1 Kann die alte Schleife wiederverwendet werden?

In aller Regel liegen alte Schleifen im Boden und nur um wenige Bankreihen herum, das Kabel ist meist entweder zu dünn oder zu dick, jedenfalls dürfte es kaum den optimalen Querschnitt für den neuen Verstärker haben. Die Isolierungen der alten Kabel sind oft schon Jahrzehnte alt, die Wahrscheinlichkeit, dass es in den nächsten Jahren zu Erdschlüssen kommt, ist hoch. Wir empfehlen deshalb, eine neue Schleife zu verlegen. Meist sind damit auch keine allzu hohen Kosten verbunden.

15.1.2 Normalfall: Installation knapp oberhalb des Bodens

In der Regel reicht für eine normale Kirche eine einfache Schleife (Perimeterschleife) rund um die Wand oder rund um das Bankpodest völlig aus, am Besten in einem kleinen Kabelkanal. An Türen gibt es meist irgendwelche Boden-Fugen, die man leicht mit der Flex aufschlitzen kann, das Kabel darin versenkt und hinterher mit Fugenmasse wieder abdichtet. Oder man legt über das Kabel eine flache Teppichleiste aus Kunststoff (Baumarkt). Ist dies nicht möglich, dann ist es ein gängiger Kompromiss, das das Kabel einfach am Türrahmen entlang über die Türe zu verlegen. Dann gibt es evtl. ein paar Plätze nahe der Tür, bei denen der Empfang nicht optimal ist, aber am Kircheneingang sollte ohnehin ein Plan mit den Plätzen mit gutem Empfang aushängen.

Nach Möglichkeit die Schleife ein paar Zentimeter oberhalb des Bodens verlegen, z.B. unter der Altarstufe oder auf der Oberkante vom Bodensims, dann gibt es keine Beschädigungen durch die Bodenputzmaschine.

Kann die Schleife 1,4 m oberhalb Kopfhöhe (= etwa 2,40-2,60 m) verlegt werden, wird in manchen Fällen auch die Empore mitversorgt, wenn auch nicht unbedingt normgerecht. Wichtig dabei ist, dass die Höhe relativ gleichmäßig eingehalten wird, was aber meist wegen der Fenster nicht möglich ist.

15.1.3 Sonderfall: im Boden

In seltenen Fällen ist eine 8er-Schleife, ein Phased-Loop-Array oder eine sonstige besondere Verlegungsform notwendig. Bei dieser Sonderverlegungsform könnte das Schleifenkabel an manchen Stellen zu einer Stolperfalle werden. Wenn eine Teppichschiene aus Kunststoff nicht möglich ist, ist es notwendig, das Kabel ganz oder teilweise im Boden zu verlegen. Oft findet sich jedoch eine Fuge zwischen den Bodenplatten, die mit einer dünnen Flex-Trennscheibe aufgeschlitzt, das Kabel darin versenkt und mit Fugenacryl wieder versiegelt werden kann. Ist die Kirche unterkellert, reicht auch ein kleines Loch hinunter in den Keller und unter der Sakristei wieder hinaus. Solche Fälle sind in normalen Kirchen relativ selten. Ist die Kirche voll unterkellert und hat der Boden keinen Stahl, kann die Schleife auch an der Kellerdecke verlegt werden.

Sollten aus einem anderen Grund Baumaßnahmen am Boden geplant sein, kann man sich auch für eine Verlegung im Boden entscheiden. Es muss dann aber schon in der Planungsphase mit der Elektroakustik-Firma geklärt werden, welcher Verstärker eingesetzt werden wird und welche Kabelstärke benötigt wird. Außerdem muss auch dann schon der Schleifenverlauf festgelegt werden.

Es ist ratsam, Kunststoff-Leerrohre von etwa 20mm Querschnitt zu verlegen und an einigen Stellen einen Kontrollschacht anzulegen, sodass das Schleifenkabel auch nachträglich ausgetauscht werden kann. Der Kontrollschacht muss wasserdicht sein, sonst läuft Putzwasser hinein. Vor Bodenverlegung prüfen, ob die Rohre durchgängig sind. Während der Bodenverlegung ebenfalls kontrollieren, denn auch beim Bodenverlegen wird die ein oder andere Schraube in den Boden versenkt und die kann dann noch rechtzeitig entfernt werden.

Hinweis: Ist der Grund für die Im-Boden-Verlegung mögliche Stolperfallen, dann gibt es für viele Fälle eine „Rettung“: spezielle Kupfer-Flachleitungen werden auf dem Boden geklebt und können unter einem Teppich „verschwinden“. Damit werden Stolperfallen vermieden und eine Verlegung im Boden wird vermieden.

15.1.4 Wie dick muss das Schleifenkabel sein?

Selbst von eigentlichen Fachleuten wird immer noch empfohlen, das Schleifenkabel ordentlich stark zu bemessen. Folge ist, dass Bauplaner ohne Rücksprache mit dem Elektroakustiker selbst in kleinen Räumen Kabelstärken vom 10 mm^2 vom Elektriker verlegen lassen. Das ist leider völlig falsch. Vor der Schleifenverlegung muss der passende Verstärker, die Verlegeform und der passende Kabelquerschnitt ermittelt werden. Das geschieht in der Regel mit einer Software der Premium-Hersteller. Auf alle Fälle muss mit einer Probeverlegung festgestellt werden, ob der Verstärker die Normwerte erreichen wird.

Stromverstärker benötigen einen Gleichstrom-Widerstand(DC) von etwa 0,3 bis 3 Ohm und einen max. Wechselstromwiderstand(AC) von etwa 1 bis 4 Ohm. In der Praxis ergeben sich dann Leiter-Querschnittsflächen von 0,5 mm^2 bis 4 mm^2, meist 1,5 - 2,5 mm^2. Beim Einschalten testet der Verstärker, ob die Schleife innerhalb der erlaubten Werte lieg, anderenfalls geht die Fehler-Leuchte an. Ist das Schleifenkabel zu dick, ist der Gleichstrom-Widerstand zu gering und der Verstärker schaltet ab, bevor er durchbrennen würde. Ist das Kabel zu dünn, ist der Widerstand zu hoch. Nach dem ohmschen Gesetz (U=R*I) müsste der Verstärker seine Ausgangs-Spannung höher steigern, als sein Netzteil hergibt, um den Strom proportional zur Mikrofonspannung zu halten. Das Netzteil kann aber keine höhere Spannung liefern, es kommt zum Clipping, d.h. lautere Stellen werden verzerrt, weil die Wellenspitzen gekappt werden. Achtung: Oft ist die angegebene max. Spannung leider nur eine Leerlaufspannung, unter realer Belastung bricht sie bei Netzteilen mit zu geringer Leistung ein. Datenblätter nennen oft nicht alle Werte und ihre Randbedingungen, die für eine Berechnung notwendig sind.

Ziel der Querschnittsberechnung ist, dass der Verstärker seinen maximalen Strom in die Schleife abgeben kann, ohne dass der Widerstand unter den Mindestwiderstand des Verstärkers fällt. Regel: je dicker und breiter ein Kabel ist, desto geringer die Impedanz (Wechselstromwiderstand) und desto besser ist die Hochton-Wiedergabe. Je dicker das Kabel, desto

geringer ist die Spannung (Volt) und Leistung (Watt), die der Verstärker aufbringen muss, um den notwendigen Strom durch die Schleife zu treiben. Je geringer die Spannung, desto geringer die Gefahr von Clipping. Andererseits sind dickere Kabel teurer. Der ökonomische Querschnitt wäre das dünnste Kabel, das es dem Verstärker erlaubt, seinen vollen Strom abzugeben. Wir empfehlen eher dem maximalen Querschnitt, weil dadurch weniger Strom verbraucht, weniger Abwärme erzeugt wird und damit der Verstärker weniger verschleißt.

Spezifischer Widerstand Kupfer: 0,01724 Ohm mm² pro Meter, heißt: ein Kupferdraht mit 1mm² Querschnittsfläche (Q) hat pro Meter 0,01724 Ohm.

Querschnitt in mm²	Impedanz pro Meter bei 1600Hz in Ohm/m	Querschnitt in mm²	Impedanz pro Meter bei 1600Hz in Ohm/m
0,5	0,0399	2,5	0,0194
0,75	0,0305	4,0	0,0186
1,00	0,0265	1,8 Flachband	0,0150
1,5	0,0223		

Diese Tabelle ist eine ungefähre Angabe für Schleifen mit einer einzigen Windung. Für eine genauere Berechnung gibt es bei den Autoren eine Excel-Tabelle.

a) max.Querschnitt (DC) = 0,01724 * Kabellänge in Meter / untere-Verstärkergrenze
b) min.Querschnitt(DC) = 0,01724 * Kabellänge in Meter / obere-Verstärkergrenze
c) min.Querschnitt(AC): Kabellänge * Impedanz aus obiger Tabelle; der kleinste Querschnitt, der die maximale Impedanz des Verstärkers unterschreitet.
d) min.Querschnitt für max.Strom: 0,01724 * Strom * Länge / (Minimum(Spannung; Leistung/Strom))

=> ökonomischer Querschnitt ist der größte der letzten drei Werte. Wenn der den ersten Wert überschreitet, ist der Verstärker ungeeignet.

Beispiel:
Schleifenlänge: 55m
Verstärker-Grenzen: 0,3 Ohm bis 3,0 Ohm, max. Impedanz: 2 Ohm,
max. Strom: 8A max. Spannung: 25V max. Leistung: 60VA

max.Querschnitt (DC) = 0,01724 * 55 / 0,3 = 3,161 mm² => **2,5**
min.Querschnitt(DC) = 0,01724 * 55 / 3 = 0,316 mm² => 0,5
min.Querschnitt(AC): 55*0,0305 = 1,6775 => 0,75
min.Querschnitt für max.Strom: 0,01724*8*65/Minimum(25;60/8) = 1,195 => 1,5
Das ergibt einen Querschnitt von 0,5 bis 2,5 mm² für den Gleichstrom, Wechselstrom 0,75, aber 1,5 zum Ausnutzen der vollen Leistung, Fazit: ökonomisch:1,5 mm².

Ist das Kabel zu dünn, kann nur die Suche nach einem Verstärkertyp helfen, der damit noch zurechtkommt, in der Regel also ein paar Stufen größer als für den Raum nötig, weil größere Verstärker in der Regel ein Netzteil mit höherer Spannung haben. Meist ist aber eine Neuverlegung der Schleife sinnvoller.

Kann ein im Boden fest verlegtes zu dickes Kabel nicht mehr ausgetauscht werden, gibt es eine günstigere Rettung: Der notwendige Widerstand muss zwischen Verstärker und Schleifeneingang hergestellt werden. Der Widerstand wird selbst gebaut, indem ein entsprechend langes dünneres Kabel in der Mitte gefaltet wird, miteinander verdrillt, auf Armlänge aufgewickelt und mit ein paar Kabelbinder in einem Stück Kabelkanal fixiert wird. Diese Konstruktion könnte etwas die Höhen wegnehmen, weshalb der Frequenzgang ggf. korrigieren werden muss. Auch das berechnet die oben erwähnte Excel-Tabelle.

15.1.5 Welche Kabeltype für die Schleife

*Grundsätzlich muss ein*e zugelassene/r Elektriker*in/Elektroakustiker*in anhand der lokalen Verhältnisse entscheiden, was für eine Kabeltype verwendet werden muss. Wir können hier nur allgemeine Hinweise geben, die es ihm*ihr erleichtern, die passende Type zu finden.*

Die elektrische Größenordnung: Die elektrische Belastung richtet sich nach dem verwendeten Verstärker und ist abzulesen in der Schleifenberechnung des Verstärkerherstellers. Grobe Anhaltspunkte: bis zu $10A_{eff}$ und bis zu etwa $40V_{eff}$, aber in der Regel weit unter 100 Watt.

Grundsätzlich kommt das Schleifenkabel mit irgendwelchen Bausubstanzen in Berührung. Es muss resistent dagegen sein, besonders dann, wenn es im Boden einbetoniert oder in die Wand eingegipst wird. Ein normaler Kabelkanal schützt vor diesen Bausubstanzen. CCA-Lautsprecherkabel ist ungeeignet, der Widerstand ist zu hoch. Ein grober unverbindlicher Hinweis ohne Garantie: H07V-K oder H07V2-K.

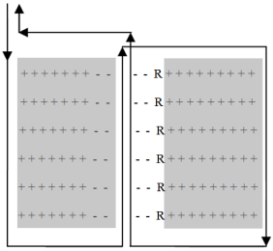
15.1.6 Schleifenkabel mit Erdschlüssen: Zwitschern

Kabelisolierungen altern mit der Zeit und werden an irgendwelchen Stellen brüchig. Kommt dann noch Feuchtigkeit ins Spiel, z.B. an den Eingängen, wo Regen und Schnee hereingetragen werden, dann gibt es einen Erdschluss, d.h. kleine Leckströme „verschwinden“ im Boden. Die technisch unausweichliche Folge ist, dass es in der Schleife anfängt, zu „zwitschern“, es gibt Nebengeräusche. Auch aus diesem Grund sollte die Schleife von Zeit zu Zeit „abgehört“ werden.

Es ist natürlich sehr schwer, die defekte Stelle zu finden, besonders dann, wenn das Kabel im Boden fest einbetoniert wurde. Deswegen empfehlen wir ja eine Montage oberhalb des Bodens, denn dann ist die Suche und Reparatur erheblich einfacher.

Wenn aber eine Verlegung im Boden unumgänglich ist, z.B. wegen Stolperfallen oder einer speziellen Verlegetechnik, dann empfehlen wir großzügig bemessene Kunststoff-Leerrohre mit Kontrollschächten. Denn erstens schützt auch das Leerrohr vor dem befürchteten Erdschluss und zweitens ist es sehr viel einfacher, die betroffene defekte Stelle zu finden und den Kabelstrang auszutauschen.

15.1.7 Sehr große Kirchen: 8-er Schleife



In sehr großen bzw. breiten Kirchen bietet sich die 8-er Schleife als Verlegeform an. Das bedeutet rein praktisch: linke und rechte Bankseite erhalten elektrisch gesehen jeweils eine eigene Schleife. Vorteil ist, dass die Feldstärke in Mittelgangnähe nicht so stark abfällt. Wichtig ist, dass in der Mitte die Stromrichtung in beiden Ästen in dieselbe Richtung verläuft, der Mittelgang wird also von einer Schleife mit versorgt und bleibt somit für Rollstuhlfahrer*innen mit Hörgerät nutzbar (im Bild R). Manchmal haben die Plätze im Bereich von etwa 50-60cm rechts/links vom mittleren Doppelkabel etwas schlechteren Empfang (im Bild mit -Zeichen). Aber mit diesem Kompromiss leben wir gerne, da auch Rollstuhlfahrer*innen Anspruch auf Hör-Barrierefreiheit haben.

15.1.8 Warnung: keine Verlegung in Ohrhöhe

Gelegentlich wird versucht, die Schleife in Ohrhöhe zu verlegen. Dies führt aber dazu, dass sich die Feldstärke (=> Lautstärke) zwischen Sitzen und Stehen sehr stark ändert.

15.1.9 Warnung: keine Verlegung auf hoher Decke

Immer wieder sehen wir, dass die Schleife, meist aus optischen Gründen, sehr weit oben an die Decke bzw. auf dem Dachboden verlegt wird. Da – wie schon zu Anfang erklärt – es sich nicht um eine Funktechnik handelt, ist das extrem ungünstig, denn erstens nimmt die Feldstärke (=> Lautstärke) mit der Entfernung ab und zweitens ändert sich die Empfangsstärke der T-Spule mit dem Sinus vom Einfallswinkel: direkt unter bzw. über dem Schleifenkabel gibt es 0-Empfang (sin 0° = 0). Je weiter weg die Leitung liegt, desto kleiner ist der Winkel, desto weniger kommt im Hörgerät an. Das heißt, das Schleifensignal wird zweifach geschwächt: große Entfernung und ungünstiger Winkel.

Die Verlegung in 17m Höhe bedeutet je nach Breite der Kirche eine Verdopplung bis Verdreifachung der Entfernung zwischen Schleife und Hörgerät (Satz vom Pythagoras) und einer Verschlechterung des Empfangswinkels um den Faktor 3 (0,3 gegen etwa 0,95).

Konkrete Rechnung mit unserem Schleifenberechnungsprogramm: Schleife 25x7m korrekt auf dem Boden: 3,3A => 17W, in 17m Höhe 66A => 6900W bzw. als Doppelschleife 33A => 5240W, solch leistungsfähige Verstärker gibt es nicht.

Folglich kommt so gut wie kein Signal im Hörgerät an. Es muss also bis an die Leistungsgrenze verstärkt werden, das physikalische Grundrauschen wird ebenfalls verstärkt, der Signal-Rausch-Abstand nimmt ab, der Nutzschall kann leicht im allgemeinen Rauschen verschwinden. Hörgerät- und Schleifen-Verstärker müssen an ihrer Leistungsgrenze arbeiten, d.h. Verzerrungen nehmen zu. Die Gefahr, dass der Schleifenverstärker in eine ältere Mikrofonanlage rückkoppelt, nimmt ebenfalls zu (siehe weiter unten unter Zuleitungen). Die Feldstärke in der Mitte einer Induktionsschleife berechnet sich so:

$$H = \frac{2 * I * n}{\pi} * \frac{l * b}{\sqrt{l^2+b^2+4h^2}} * \left(\frac{1}{b^2+4h^2} + \frac{1}{l^2+4h^2}\right)$$

H := magnetische Feldstärke I := elektrische Stromstärke
l := Länge der Schleife b := Breite der Schleife
h := Abstand der senkrecht stehenden T-Spule zur Schleifenebene
n := Anzahl der Schleifenwindungen
Hergeleitet aus der Grundformel des Biot-Savart-Gesetzes lt. Wikipedia.

Die Formel zeigt: Der Abstand zwischen Hörebene und Schleifenebene teilt die Feldstärke etwa mit dem vierfachen seines Quadrates!

15.1.10 Warnung: keine Deckenverlegung bei aufsteigenden Sitzreihen

Es gibt einige Konzert-Kirchen, bei denen die Sitzreihen nach hinten aufsteigen, so wie es bei Kinos, Theatern und Zuschauertribünen üblich ist. Manche Installateure fürchten sich, die Schleife auf einen ansteigenden Boden zu verlegen und wählen deshalb eine Deckenmontage. Das ist aber grundfalsch. Gerade bei solchen ansteigenden Sitzreihen muss auf dem schrägen Boden installiert werden. Wie wir oben gesehen haben, nimmt die Feldstärke grob gesehen in etwa mit dem Quadrat der Entfernung zur Schleife ab: Stellt man den Verstärker auf die hinteren Reihen ein, ist die Feldstärke in den mittleren und vorderen Reihen zu gering. Richtet man den Verstärker für die vorderen Reihen ein, sind die

mittleren und erst recht die hinteren Reihen übersteuert. Es wird also immer ein sehr schlechter Kompromiss herauskommen. Legt man die Schleife auf den schräg liegenden Boden, dann verläuft die Schleife zwar nicht im optimalen Winkel zur T-Spule im Hörgerät, aber diese Abweichung geht mit dem Cosinus-Satz und ist für jeden Sitzplatz immer identisch, weil der Winkel (bzw. die Bodenschräge) ja immer gleichbleibt. Bei einem Bodenwinkel von 20° sind das gerade einmal 6%, bei 45° sind es 30%Verlust. Dieser gleichmäßige Verlust kann problemlos durch das Aufdrehen der Verstärkerleistung oder einen größeren Verstärker ausgeglichen werden. Die erste und letzte Reihe ist wegen der Querteile der Schleife vom Verlust nicht so stark betroffen.

15.1.11 doppelte Schleifenwindungen

In manchen Fällen ist es notwendig, eine Doppelschleife zu legen, bei gleichem Strom wird die doppelte Feldstärke erreicht. Allerdings wächst die Impedanz = Wechselstromwiderstand der Schleife überproportional an, also um mehr als das Doppelte. Formel: $Z^2 = R^2 + X^2$ (Z=Impedanz, R=Gleichstromwiderstand, X=Blindwiderstand). R verdoppelt sich, es denn, man nimmt dickeres Kabel. Formel Blindwiderstand $X=2\pi fL$ (f=Frequenz, L=Induktivität=“Spulenstärke“). Das L ist u.a. abhängig von Kabelsorte sowie Schleifengeometrie und steigt ungefähr im Quadrat der Windungsanzahl an. Insgesamt heißt das, dass der Verstärker ggf. eine mehr als doppelt so hohe Spannung aufbringen muss, um den Strom durch die Schleife zu treiben, d.h. die abgeforderte Leistung geht genauso hoch, da gehen die Netzteile vieler Verstärker in die Knie. Ebenfalls werden die hohen Frequenzen schwächer, weil die Schleife für sie einen höheren Wechselstromwiderstand hat. Das wird dann mithilfe eines Feldstärke-Messgerätes und passenden Testtönen am Induktionsverstärker mit dem MLC-Regler ausgeglichen, aber irgendwann ist auch der am Ende. Da die hohen Töne aber energiereicher sind, wird noch mehr Leistung vom Netzteil gefordert.

Damit ist klar, dass die Berechnung der Schleife mithilfe von Programmen der Premium-Hersteller erfolgen muss, damit Kabellänge, Kabelquerschnitt, Schleifengeometrie und Verstärkerkenndaten (Maximalwerte für Strom, Spannung, Leistung, zulässige Bereiche für Widerstand und Impedanz) passen. So kann dieselbe Doppelschleife mit einem bestimmten Verstärker funktionieren, nicht aber mit einem Konkurrenzmodell. Der Normal-Fall sollte deshalb die einfache Schleife sein.

15.2 Metallverlust

Siehe Kapitel 10.6.4.1 Bei Bodenrenovierung darauf achten, dass nach Möglichkeit kein Streckmetall verwendet wird. Mit dem Architekten bzw. Baustatiker überlegen, ob Betonstahl/Stahlmatten durch Stahlfaserbeton (Stahlstifte) oder Glasfaser ersetzt werden können. Jedes Metall, nicht nur Stahl, kann einen Feldstärkeverlust hervorrufen.

15.3 Die Anschlussdose

Normalerweise liegt die Schleife in der Kirche an der Wand entlang. Nun müssen Schleifen-Anfang und Ende noch in die Sakristei zum Verstärker gelangen. Dazu wird – je nach baulicher Gegebenheit – an der nächsten Stelle ein kleines Loch durch die Wand gebohrt und die Zuleitung durchgeschoben. Aber Achtung: die Hin- und Rückleitung müssen miteinander verdrillt werden, sonst haben wir hier eine kleine Induktionsschleife, die über die Mikrofonkabel in den Mikrofonverstärker rückkoppeln kann. (Bisher hatten wir nur zwei Fälle.)

Wichtiger Tipp:

Die beiden Enden sollten in der Nähe der Verstärkeranlage (meistens Sakristei) in einer Wanddose enden. Ein bisschen Reservekabel sollte verbleiben und dann wird eine einfache Lüster- oder Wago-Klemme (bei phased-array-loops ein verpolungssicheres Kupplungs-Stecker-Paar) zum Anschluss der (natürlich verdrillten) Leitung zum Verstärker benutzt. Auf der Wanddose sollte innen wie außen deutlich „Induktionsschleife“ stehen und das Schleifenlogo aufgeklebt sein. Wer will, kann auch eine professionelle Neutrik-Steckdose (NL2 oder NL4) verwenden. Diese kosten so etwa 10-20 € und sind vor allem dann sinnvoll, wenn die Verstärkeranlage in der Kirche steht und immer wieder einmal abgeklemmt werden muss. Der Grund für diese Anschlussdose:

Oft wird bei Renovierungen aus der Sakristei alles ausgeräumt und somit auch die Mikrofonanlage mit Schleifenverstärker oder oft noch ein Trafo aus alten Zeiten. Die zwei „elektrischen Kabel“ der Induktionsschleife hängen einfach aus der Wand. Diese können Elektriker*innen oft nicht zuordnen und erkennen eine nicht fachgerechte Elektroinstallation: zwei Stromleitungen mit derselben Farbe und noch nicht einmal der dritte grün-gelbe Schutzleiter. Diese <u>muss</u> – das ist für Elektriker*innen zwingende Vorschrift – abgetrennt und isoliert werden, bevor sie dann unsichtbar in der Wand verschwinden.

Beim Wiedereinbau der Beschallungsanlage (meist wird sie ja auch erneuert) fällt dann gar nicht auf, dass die Induktionsschleife fehlt. Über Sinn und Zweck eines Trafos in der Kiste mit der alten Verstärkeranlage macht sich ohnehin keiner mehr Gedanken.

So werden die Autoren oft zu Beratungen gerufen, bei denen es heißt, dass früher die Höranlage funktioniert habe, aber sich inzwischen Leute beschweren, dass sie nichts mehr hören. Wir sollten einmal überprüfen. Die erste Frage lautet dann: „Wann wurde das letzte Mal renoviert?“ Und fast immer trifft die Frage ins Schwarze: Die Schleife wurde bei der Renovierung abgeschnitten und keiner weiß mehr, wo sie liegt. Das kann mit einer simplen Anschlussdose für 1-2 € verhindern werden. **Wichtig**: Auf und in die Anschlussdose gehört das Hörschleifen-Logo.

15.4 Die Schleifen-Zuleitungen

Praktisch immer wird vergessen, die Zuleitung zu verdrillen. Das kann zu Rückkopplungen in den Mikrofonverstärker führen, vor allem wenn die Schleife mit einer hohen elektrischen Leistung betrieben wird.

Wird die Leitung zwischen Verstärker und der eigentlichen Ringschleife in der Kirche nicht verdrillt, bildet die Zuleitung schon hinter dem Verstärker eine Induktionsschleife. Ist der Mikrofon/Lautsprecherverstärker nicht gut genug abgeschirmt und geerdet oder sind die Zuleitungen von Mikrofonen oder deren Anschlussstecker nicht 100%ig abgeschirmt, dann entsteht eine klassische Rückkopplung.

Eine verdrillte Zuleitung lässt kaum ein Induktionsfeld entstehen, weil sich die elektromagnetischen Felder der Hin- und Rückleitung gegenseitig weitestgehend auslöschen. Sollte das in Extremfällen nicht ausreichen, so kann die Zuleitung auch zusätzlich abgeschirmt werden. In Elektronikzubehörhandel gibt es Kupfernetz-Schläuche als Meterware. Dort wird die verdrillte Zuleitung eingeschoben. Das Ganze wird dann nochmals in einen Kunststoffschlauch (ebenfalls Meterware) eingeschoben, damit es keine ungewollten Erdungspunkte gibt. Am Ende Richtung Kirche wird alles mit einem Stück Schrumpfschlauch fixiert, am Verstärker-Ende wird das Erdungskabel angelötet und alles mit einem Schrumpfschlauch so fixiert, dass keine Kurzschlüsse möglich sind. Das Erdungskabel wird mit dem zentralen Erdungspunkt verbunden. Auch könnte manchmal geschirmtes Lautsprecher-Koaxial-Kabel helfen.

15.5 Den Schleifenverstärker anschließen

Siehe dazu Kapitel 11.

15.6 Der Schleifentest/Einmessung

Die fertige Anlage muss nun nach DIN EN 60118-4: 2014 eingemessen werden. Beim Abschlusstest sollten unbedingt ein/zwei Schwerhörige mit aktivierter T-Spule beteiligt werden. Unbedingt wichtig ist, dass das Hörgerät nicht in MT-Stellung, sondern in reine T-Stellung gebracht wird. Die MT-Stellung streut in das T-Spulen-Signal noch einen gewissen Mikrofon-Anteil hinein, sodass das Testergebnis verfälscht wird. Auch muss darauf geachtet werden, dass die Test-Schwerhörigen keinen Sichtkontakt zum Sprecher haben, sonst sehen sie instinktiv vom Mund ab, auch das verfälscht wiederum das Testergebnis. Weitere Hinweise:

https://www.carsten-ruhe.de/app/download/13459179830/2010-03-29+Abnahme+von+IndukTiven+Hoeranlagen.pdf?t=1629052661

16 Mikrofonsteuerung im Gottesdienst

Eine Idealvorstellung, von der natürlich in der Praxis nicht alles erfüllt werden kann, wäre das folgende.

Die beste Hörsituation für Guthörende und Schwerhörige ergibt sich, wenn der*die Pfarrer*in ein Funkmikrofon trägt, dann kann er*sie sich frei im Raum bewegen und auch die Worte am Taufstein, bei einer Trauung oder der Konfirmanden-Einsegnung sind klar verständlich. Das Kanzel- und Altarmikrofon sind Richtmikrofone (ideal: ein kleines Richtmikrofon mit Nieren oder Supernieren-Charakteristik mit Popp- und Körperschall-Schutz, evtl. sogar ein Nahbesprechungs-Mikrofon). Ein langer Schwanenhals ermöglicht es allen am Gottesdienst aktiv Beteiligten, das Mikrofon problemlos auf ihre Größe einzustellen. Bei Taufen/Hochzeiten richtet ein*e Helfer*in ein Richtmikrofon auf Taufpaten bzw. Brautpaar, wenn sie sprechen. Und in Sondergottesdiensten wird ein Handfunkmikrofon unter den Akteuren herumgereicht. Von Zeit zu Zeit werden für Mitarbeiter*innen Mikrofonschulungen gemacht.

Das Funkmikrofon des*der Pfarrer*in wird sinnvollerweise während der Lieder ausgeschaltet, damit die Gesangsstimme des*der Pfarrer*in nicht durch die Lautsprecher den Gesang der Gemeinde übertönt. Nun können Schwerhörige aber die Orgel nicht mehr über die Höranlage hören.

Lösung: Das Altar- oder Kanzel-Mikrofon (sofern sie keine Nahbesprechungsmikrofone sind) oder ein gesondertes Orgel-Mikrofon während der Lieder einschalten, dann ist die Orgel wieder für Schwerhörige über die Höranlage hörbar. Wichtig: nach dem Lied wieder ausschalten, sonst gibt es wieder technisch verursachten Hall, weil dann über zwei räumlich auseinander liegende Mikrofone übertragen wird.

Heutige Induktionsverstärker haben in der Regel einen zweiten Eingang für Mikrofone. Dort könnte ein Richtmikrofon angeschlossen werden, das auf die Orgel gerichtet ist bzw. von der Decke her auf die Orgel gerichtet ist. Wenn es gut eingerichtet ist (je nach Verhältnisse auf -10dB oder weniger), kann es ständig mitlaufen und es entfällt das ständige Ein- und Ausschalten. Bietet der Mikrofonverstärker oder das Mischpult eine automatische Ein-Ausschaltung, wird das Orgelmikro hier angeschlossen und nur auf den Ausgang für die Höranlage aufgeschaltet.

Der (zweite) Mikrofoneingang kann auch so genutzt werden:
Gibt es Blinde und Sehbehinderte in der Gemeinde, so kann z.B. bei einer Bildmeditation eine Audiodeskription darüber eingesteuert werden. Diese ist dann nur über die T-Spule hörbar. Blinde und Sehbehinderte bekommen einen Induktionsempfänger mit Kopfhörer. Damit wird dann für die Guthörenden die meditative Stille nicht gestört. Bekommen Hörgeräteträger entsprechende Hinweise, können sie ihre Hörgeräte während der Audiodeskription auf Mikrofon umstellen; somit nehmen sie auch an der meditativen Stille teil.

17 Nützliches Zubehör

17.1 Überprüfung einer induktiven Höranlage

Zur eigenen Überprüfung der Induktionsanlage empfiehlt sich der Induktionsempfänger Audioropa „PROLOOP FSMplus“ mit kalibrierter Anzeige der Feldstärke (zwischen etwa 170-200€). Es kann Störfelder messen und ob die Feldstärke der im Normbereich liegt. Der Ampetronic ILR 3+ liegt im Preis etwa bei 150-170€, ist sehr stabil und kann über farbige LED’s anzeigen, ob die Schleife normgerecht arbeitet. Das gleiche kann auch der Phoenix ILA-E.

17.2 barrierefreien Gebäudeaustattung

Es empfiehlt sich generell, für Nebenräume wie Toiletten etc. per Funk vernetzte **Rauchgasmelder mit Lichtsignalisierung** einzubauen. Bei einer Reihe von Gelegenheiten (z.B. beim Haarekämmen) nehmen

manche Schwerhörige ihr Hörgerät bzw. CI ab, es könnte z.B. auch die Batterie leer sein. Aber selbst mit Hörgerät können sie oft das schrille Pfeifen der Standard-Gefahrenmelder nicht hören, aber sie nehmen die Lichtblitze wahr. Z.B. bietet Humantechnik solche Melder an.

Haben Sie Übernachtungsgäste oder wird woanders übernachtet (Konfi-Freizeit, Kirchengemeinderatswochenende, Gemeindeausflug etc.), so muss gewährleistet sein, dass im Gefahrenfall auch Schwerhörige rechtzeitig gewarnt werden. Die Durchsagen einer Sprachalarmanlage (SAA) müssen auch für Schwerhörige verständlich sein. Hochgradig Schwerhörige verstehen meist nur mit zusätzlichem Mundabsehen, sie benötigen deshalb eine persönliche Begleitung.

Zum Wecken benutzen viele Schwerhörige einen Wecker mit Vibrationskissen. Den gibt es als Set im gut transportablen Koffer. Der lässt sich auch mit einem funkbasierten Rauchgasmelder koppeln. Haben Sie ein Gästezimmer, sollte eine Anschaffung erwogen werden.

18 Tabellarische Übersicht über die gegenwärtigen Höranlagentechniken

Für den Nutzer der Höranlage	**Induktion**	**FM-Funk (analog)**	**2,4GHz-Funk und DECT (digital)**	**IR (Infrarot)**	**Streamer (WLAN)**
Barrierefreiheit	ja normalerweise keine zusätzlichen Gerätschaften notwendig	nein spezieller Empfänger muss ausgeliehen werden	nein spezieller Empfänger muss ausgeliehen werden ***Wird nicht mehr produziert!***	nein spezieller Empfänger muss ausgeliehen werden	nein BYOD: zusätzlich zum Hörgerät eigenes Smartphone / Tablet notwendig
Nutzbarkeit / Usability Wie einfach ist das System von Besuchern zu bedienen?	so einfach zu benutzen wie eigenes Hörgerät, wie auf T-Spule umgeschaltet wird, erklärt und schult der Hörakustiker kostenlos	mittelmäßig jedes Modell wird anders bedient, neue Geräte schwer bedienbar von motorisch eingeschränkten Personen	mittelmäßig jedes Modell wird anders bedient, schwer bedienbar von motorisch eingeschränkten Personen wahrnehmbare Zeitverzögerung (Latenzzeit)	mittelmäßig jedes Modell wird anders bedient funktioniert nur bei freier Sicht zum Sendespiegel	Nutzer*in muss die Systematik erklärt werden, nur für Apple und Android, Software-Installation auf Nutzer-Gerät notwendig. starke Zeitverzögerung (Latenzzeit) nicht lippensynchron
Komaptibilität mit Geräten anderer Hersteller / Modellen / Serien?	universal jedes Hörgerät mit T-Spule funktioniert mit jeder Schleife weltweit	kaum nur wenn zufällig ein Kanal gleiche Sendefrequenz	sehr unwahrscheinlich	kaum	nein jeder Streamer benötigt auf Empfängerseite eine Hersteller-spezifische App.

Für den Nutzer der Höranlage	**Induktion**	**FM-Funk (analog)**	**2,4GHz-Funk und DECT (digital)**	**IR (Infrarot)**	**Streamer (WLAN)**
Mobilität Anlage an anderen Orten/unterwegs nutzbar?	bedingt normalerweise räumlich gebunden, es gibt auch transportable Ausführungen, unterwegs nicht möglich.	ja Mobiler Hand- bzw. Taschen-Sender ca. 500€	ja Standard sind Handsender Stationärer Sender nicht für jede Anlage angeboten	nein räumlich gebunden, nur in Innenräumen	nein räumlich gebunden
Anzahl Nutzer und Erweiterbarkeit	Beliebig	Nur so viel wie Empfänger vorhanden (Standard 10) erweiterbar	Nur so viel wie Empfänger vorhanden, Standard: 10 Erweiterbarkeit unbekannt	Nur so viel wie Empfänger vorhanden, erweiterbar	Max. 100 nicht erweiterbar bzw. nur durch weiteres Komplettsystem.
Vertraulichkeit Ist ausgeschlossen, dass Unbeteiligte mithören?	praktisch nein	praktisch nein	Nur soweit Hacker es zulassen. Sonderanfertigung evtl. möglich, dann aber hohe Latenzzeit	praktisch nein (Raum müsste lichtdicht sein)	möglich bei sicherer WLAN-Verschlüsselung und Nutzer kein Bluetooth nutzen
Mehrkanal-Fähigkeit	nein	ja (3-13 Kanäle)	ja (Gruppen-fähig)	ja, je nach Anlage bis 15 Kanäle oder Stereo	ja (4 Kanäle)

Für den Betreiber der Höranlage	**Induktion**	**FM-Funk (analog)**	**2,4GHz-Funk und DECT (digital)**	**IR (Infrarot)**	**Streamer (WLAN)**
Unterhalts-Aufwand Arbeiten vor und nach Gebrauch	keine	hoch: ständige Empfänger-Pflege (Akku-Laden, Ohrpads von Kopfhörern reinigen) evtl. kostenpflichtige Funkfrequenz	hoch: ständige Empfänger-Pflege (Akku-Laden, Ohrpads von Kopfhörern reinigen)	hoch: ständige Empfänger-Pflege (Akku-Laden, Ohrpads von Kopfhörern reinigen)	keine
Wartungs-Aufwand Arbeiten von Zeit zu Zeit, um Funktion zu erhalten	gering Gelegentlich auf Funktion testen: Hörgerät in T-Stellung oder Induktionsempfänger (einmalige Anschaffung ca.100-200€)	mäßig Gelegentlich auf Funktion testen. Empfängertest (ab ca. 5 Jahre wird Akku schlapp)	mäßig Gelegentlich auf Funktion testen. Empfängertest (ab ca. 5 Jahre wird Akku schlapp)	mäßig Gelegentlich auf Funktion testen. Empfängertest (ab ca. 5 Jahre wird Akku schlapp)	mäßig: regelmäßige Software-Updates
Installationsaufwand	mäßig: Raum wird mit einer Ringschleife (dünner Draht) umlegt, (geringer als bei Lautsprechern)	meistens gering, manchmal mehrere Sendeantennen notwendig (Diversity)	meistens gering, möglicherweise nicht überall installierbar.	mäßig: mind. ein Sendespiegel mit Ton- und Stromzuleitung nötig	normalerweise gering, evtl. mehrere WLAN-Accesspoints
System- und Installations-Kosten	ca. 2000-3000€ incl. Installation (Gerät/Material: meist weniger 1800 €)	über 5000€ für 10 Personen zuzügl. Kosten für stationäre Installation	ca. 4000€ für 10 Personen zuzügl. Kosten für stationäre Installation	Mehr als 3500€ für 10 Personen zuzügl. Installation	ca. 1000-9000€ zuzügl. Installation

Checkliste

Planung und Einrichtung:

- Planung und Durchführung mit einer erfahrenen Fachfirma
- Probeverlegung der Schleife
- auf Einmessung nach DIN EN 60118-4: 2014 und schriftlichem Protokoll bestehen.
- Hörgeräteträger (mit aktivierter T-Spule, nicht MT) beteiligen
- Verstärker
  - Im Datenblatt des Verstärkers auf der Hersteller-Internetseite prüfen, ob die gesamte Kirche versorgt werden kann (Standard).
  - Stromverstärker (keine Trafo-Anlage)
  - Anschluss am ungeregelten Ausgang des Mikrofonverstärkers
  - Anschluss nach Feedback-Destroyer, aber vor dem Equalizer
  - Zuleitung zwischen Verstärker und eigentlicher Schleife in der Kirche verdrillen
- Schleife
  - Immer ganze Kirche versorgen (Barrierefreiheit)
  - Schleife auf dem Boden (Bodensockel) oder in etwa 2,4m Höhe, jedenfalls nicht höher als ca. 3m und in der Regel nur eine einzige Windung. Wenn ohnehin Bodenarbeiten gemacht werden: 20mm-Leerrohre mit Kontrollschächten.
  - Kabelstärke auf Verstärker anpassen (keine zu dicken Kabel!)
  - Anschlussdose mit Hörschleifen-Logo an der Wand anbringen, von dort getrenntes verdrilltes Anschlusskabel zum Verstärker
- Kanzel/Altarmikrofon mit Richtcharakteristik Niere/Superniere, langem Schwanenhals und Ein/Aus-Schalter am Mikrofon
- Ansteck-Funkmikrofon/Headset erwägen
- Hinweisschilder anbringen, evtl. mit Sitzplan, auf dem die Sitzplätze je nach Schleifenstärke in Ampelfarben markiert sind.
- Örtliche Hörakustiker informieren, damit sie Kunden auf die T-Spule aufmerksam machen.

Regelmäßig:

- In Gemeindebriefen immer auf induktive Höranlage hinweisen und anmerken, dass eine vorhandene T-Spule kostenlos bei der*dem Hörgeräte-Akustiker*in aktiviert werden kann.
- Schleife regelmäßig auf Funktionstüchtigkeit prüfen (lassen).
- Bevorzugt Ansteck-Funkmikrofon/Headset benutzen.
- Nicht genutzte Mikrofone abschalten.
- Darauf achten, dass die Orgel noch über die Höranlage hörbar ist.
- Regelmäßige Mikrofon-Schulungen für Mitarbeiter*innen.

Stichwortverzeichnis

10 - 30 Volt 115
100 bis 400 mA/m 102
100 und 5000 Hz 117
100 Volt-Ausgang 115
2,40 m 126
2,4GHz 61
2,4GHz Überlastung 57
800 MegaHertz 117
A/D-Wandler 55
Abschirmung 123
Abschlusstest 135
Achter-Schleife 130
AfterFadeListening/AFL 106
Akkuhörgeräte 49
Akustik, gute 29
ALcons 29
Altarmikrofon 135
Altersschwerhörigkeit 21
Analog/Digital-Technik 53
Analog-Digital-Wandler 23
Android 64
Anschlussdose 133
Assistenz-Personen 9
Audio-Guide 67
Audio-Schuh 90
Auf-Boden-Verlegung 125
barrierefrei 2, 23, 32, 52, 60, 64, 68
Barrierefreiheit 7
Barrierefreiheit 91
Bärte 41
Basilarmembran 19
Baumaßnahmen 126
Beamer 116
Bedienungsaufwand 52
Behinderungsausgleich 8
Beleuchtung 41
Beschallungsanlage 11
Beteiligung von Hörgeräteträgern 135
Bluetooth 48, 53, 61, 63, 76, 90, 92
Bluetooth-ASHA 81
Bluetooth-ASHA=Android-Version 77
Bluetooth-Classic 76, 77
Bluetooth-Classic(BTC) 79
Bluetooth-Hörgeräte 85
Bluetooth-LE 76, 79, 80
Bluetooth-LE/Low Energy 77
Bluetooth-LEA=Mfi=made für iPhone 80
Bluetooth-LEA=Mfi=made für Iphone 77
Bluetooth-LE-Audio 82
Bluetooth-LE-Audio = BLE Audio 77
Bluetooth-Pairing 78
Bluetooth-Reichweite 78
Bodenputzmaschine 126
Bodenverlegung 126
Brummschleifen 123
Brummton 118, 121
Buetooth 66, 69
Bündelungsgrad 34
Bundesbahn 123
BYOD 63
CI Cochlea Impantat 24
Clipping 102, 127
Cochlea 19
Cocktailparty-Effekt 26, 27
Cocktailpaty-Effekt 34
CODEC 56
Dachboden 130
Dachständerleitungen 119
Datenschutz 80
Decke, hohe 130
Decken, abgehängte 73
Deckenmontage 130, 131
DECT 52
DECT-Anlage 62
Diffusschall 33
Digitalisierung 54
Dimmer 119, 124
DIN EN 60118-4: 2014 71, 72
DIN18040-1 5.2.2 6
DIN-Buchse 105
Direkter Kabelanschluss 52
Diskrimationsverlust 31
Drahtspule 70
Dynamikkompression 102
Echo 20, 28, 37, 39, 43, 108
Einfallswinkel 130
Einmessung 71

Elektrischer Hausanschluss 118
Elektroakustik-Firma 72
elektromagnetische Wellen 117
Empore 126
Equalizer 102, 105
Equalizer, intern eingebaut 102
Erdschluss 125, 129
Erdungspunkt 123
Fake-Höranlagen 53
Feedback-Destroyer 25, 48
Fehlerkontroll-Leuchte 127
Feld, elektromagnetisches 68, 70, 118
Feldstärke 130
Feldstärke, genormt 102
Feuchtigkeit 129
FM 52
FM-Funkanlage 52, 59
Frequenzanalyse 17
Frequenzen, hohe 26, 132
Frequenzgang 102
Frequenzgang, linear 102
Frequenzmodulation 59, 60
Friedhof 60
Funkfrequenz 59
Funkkanal 59
Funkkanal, zulassungsfreie 59
Funkmikrofon 59, 110, 135
Funkmikrofone Störungen 117
Funkstrecke 117
Funkwellen 117
Gebärdensprache 13
Gehörlose 13
Gemeindeausflug 60
Geräuschknäuel 37
Gitarren, elektrische 122
Gleichklang 39
Grundrauschen 102, 131
Grundversorgungstechnik 70
Hacker 65
Hall 20, 28, 29, 37, 39, 43, 108
Hall, technisch verursacht 29, 136
Hallradius 33, 34
Hals-Ringschleife 91
Handfunkmikrofon 135
Handmikrofon 60
Handy 117
Hausübergabepunkt 119
HearStream 82
Heizung, elektrische 120
Herzschrittmacher 116
Hilfsmittel 9
Hochzeiten 135
Höranlage 41, 108
Höranlage, Definition 10
Höranlage, Demonstration 12
Höranlage, Sonderlösungen 89
Höranlagentypen 53
Hörgerät 22, 41, 117
Hörgerät, Mikrofon 42, 44
Hörgerät, Technik 43
Hörgeräteeinstellung, individuelle 102
Hörgerätelautsprecher 71
Hörhaarzellen 19
Hörnerv 19
Hörstörung, individuelle 23
Hörzellen 19
Hörzentrum 28, 31, 37
Hut 66
im Boden-Verlegung 126
Impulsschall 46
Induktion 70
Induktionsanlage 68, 115
Induktionsempfänger 68, 92
Induktionsschleife 52, 70, 92, 116, 118, 119, 134
Induktionstechnik, Alter 68
Induktionsverstärker 71
Induktivität 132
Infrarot-Anlage 52, 66
Innenräume, lichtdurchflutet 66
Installationsaufwand 53, 66
iOS 64
IoT 80
Kabel, zu dickes 129
Kabelquerschnitt 127
Kanzel 32
Kanzelmikrofon 135
Kassetten-Rekorder 105
Kinnbügel-Empfänger 93
Kino 112
Kirche, sehr große 130
Klangregelstufe 102
Klangregler 23

Klangverschiebung 47
Kompatibilität 52, 60, 67, 68
Kompression, Frequenz 46
Kompression, Lautstärke 45
Kontrollschacht 126
Konzert 112
Kopfbewegung, unwillkürliche 27
Kopfhörer, Hörgeräte-tauglich 124
Kopfstellung 28
Körperschall 27, 109
Kunststoff-Leerrohre 126
Kupfer-Flachleitungen 127
Latenzzeit 32, 60, 64
Latenzzeit, Bluetooth 78
Laufzeitunterschied 26
Lautsprecheranlage 115
Lautstärkeunterschied 26
Leckströme 119
Leuchtstoffröhren 119
Linearrays 58
lippensynchron 32, 44, 64
Lückentext 38, 39
Luftschall 27
Luftschallweg 42
Maskierungseffekt 20, 40, 102
Mehrkanalfähigkeit 52
Mehrsprachigkeit 60
Messbereich 116
Meßgeräte 72
Metallverlust 73
Mikrofon 90
Mikrofon, abschaltbar 109
Mikrofonanlage 101
Mikrofonausschalter 109
Mikrofone, Kugelcharakteristik 108
Mikrofonschulungen 135
Mikrofonsteuerung 135
Mikroprozessor 117
Mini-Induktionsschleife 91
Mischpult 106
Mischverstärker 105
Mitarbeiter*innen-Schulung 110
MLC 73
mobile Ringschleifen 75
Mobilität 52, 68
Modulationsart 61
Mono-Kompatibilität 111
multiple Behinderungen 9
Mundabsehen 41, 44
Musikübertragung 68
Nachhallzeit 29
Nahbesprechungs-Mikrofon 135
Nebengeräusch 30, 37, 43
Nebengeräuscherkennung 45
Netzteil, elektronisches 120
Neutralleiter 119
NF-Trafo 72, 103
Notfallsituation 10
Nutzerdaten 80
Nutzschall 37, 39, 131
Oberleitung 124
offene Versorgung 49
Ohr, Funktionsweise 18
Ohrhöhe 130
Orgel-Mikrofon 136
Perimeterschleife 125
Personenführungsanlagen 59
Phasenschieber 68
Phasenverschiebung 26, 31
Phonem 37
Phonem-Distinktion 37
Phonem-Identifikation 37
Phonem-Supplementation 38
Ping-Attacke 65
Popp-Schutz 109
preisgünstig 68
Produkte barrierefrei 2
Putzwasser 126
Pythagoras 131
Quadrat der Entfernung 25, 130
Rauchmelder 136
Raumakustik 8, 15, 42, 102
Räume, angrenzende 114
Raumklang, virtuell 47
räumliches Hören 20, 26, 31
Raummikrofon 112
Rauschsperre 111
Rechtschreibkontrolle 38
Reflexionen 25
Resonanzfrequenz 25
Richtlautsprecher 34
Richtmikrofon 23, 25, 32, 45, 108, 135
Richtmikrofon, Reichweite 32

Richtungshören 26, 108
Ringschluss 123
Rückkopplung 24, 25, 47, 48, 108, 115, 131, 133, 134
Rundempfangsmikrofon 23
Sakristei 133
Satzverständlichkeit 30
schallempfindungsschwerhörig 21
schallleitungsschwerhörig 21
Schallquelle orten 28
Schleife, alt 125
Schleifenhöhe 126
Schleifenkabel, Querschnitt 127
Schleifenlayout 72, 125
Schleifentest 135
Schleifenverlauf 126
Schleifenverstärker 71
Schleifenwindungen, doppelte 132
Schriftdolmetschen 14, 42
Schutzerde 119
Schwanenhals 109, 110, 135
Seelsorge, persönliche 115
Seelsorge, vorbeugende 12
Sicherungskasten 118
Sichtkontakt 66
Signalabschattung 66
Signal-Rausch-Abstand 131
Silbenverständlichkeit 30
Smartphone 117
Sondergottesdienst 135
Sonderlösungen 52
Sonderverlegungsform 126
Spannungsteiler 105
Spannungsverstärker 71
Speech Transmission Index 29
Sprach-Banane 22
Sprache 17
Sprachverständlichkeit 29
Sprecher*in, Größe 110
Sprecher-zu-Auditoriums 23
Squelch 111
Stahlbeton 68, 73
Stahlrohrstühle 73
Standard-Empfänger 94
Steckernetzteile 120
STI 29
Stolperfalle 125, 126, 127
Störfeld 123
Störfelder 112
Störgeräusche 39, 108
Störschall 30, 37, 39, 43
Störschall, externer 34
Störsignalabstand 114
Straßenbahn 123
Streamer 52, 63
Streckmetall 73
Stromdraht 70
Stromleitung 118
Stromverstärker 68, 71, 127
Taufen 135
Trommelfell 23, 27
T-Spule 23, 44, 68, 70, 90, 92, 123, 130
T-Spulenempfänger 120
Türrahmen 125
ungeregelter Ausgang 101
Unterhalts-Aufwand 53
Ursachen Schwerhörigkeit 22
Verdrillung 133
Verhältnis Nutz- zu Störschall 39
Verschleiß, ökonomischer 61, 65, 67, 68
Vertraulichkeit 115
Verzerrungen 131
Vorschaltgeräte, entstört 120
Wände, schallschluckende 25
Wartungsaufwand 60
Wartungs-Aufwand 53
Wechselschaltungen 118
Wechselstrom 70
Wechselstromwiderstand 132
Weihnachtsbaum 66
weltweit 68
Widerstand, ohmscher 127
Windows 64
Windschutz 109
Winkel 130
WLAN 61, 63
Wort, gesprochenes 37
Wortverständlichkeit 30
Zählerkasten 118
Zuleitung, verdrillte 134
Zuleitungen 134

Weiterführende Links

Im Internet finden sich zahlreiche verstreute Informationen über Schwerhörigkeit, Raumakustik, Höranlagen etc. Gute Einstiegspunkte sind z.B.

www.Carsten-Ruhe.de	Raumakustik, Höranlagen u.v.a.m.
www.Sengpielaudio.com	Grundlagen der Akustik
www.schwerhoerigen-netz.de	Deutscher Schwerhörigenbund e.V.
https://dcig.de/	Deutscher Cochlea Implantat Gesellschaft e.V.
www.taubenschlag.de	Seite für Hörgeschädigte

Diese Auflistung ist absolut nicht vollständig, sondern ist gerade im Aufbau. Wer hier genannt werden will, sollte sich bitte melden. Email-Adresse auf der Rückseite.

Notizen

Was können Sie von uns erwarten?

- Wir sind zuständig für die ev. Landeskirche/Diakonie Württemberg, außerhalb nur nach Absprache.
- Alle unsere Dienste sind für Sie kostenlos und unverbindlich.
- Gerne machen wir mit Ihnen einen individuellen Beratungstermin bei Ihnen vor Ort aus. (Nehmen Sie sich 1 bis 2 Std. Zeit.)
- Wir beraten Sie Hersteller- und System-unabhängig.
- Wir prüfen mit zwei verschiedenen kalibrierten Messgeräten auf evtl. vorhandene Störstrahlungen und lokalisieren diese ggf.
- Wir stellen Ihnen Höranlagen (FM und Induktion) live vor, Sie können sie ausprobieren, auf Wunsch können wir Ihnen die professionelle Anlage auch für ein paar Sonntagsgottesdienste zum Praxistest leihen.
- Wir können eine Induktionsanlage bis 1000m² probelegen und verschiedene Schleifen-Layouts austesten, ob die Norm erreicht wird.
- Wir kontrollieren bestehende Höranlagen auf Funktionstüchtigkeit und prüfen mit unseren kalibrierten Messgeräten die Einhaltung der Norm.
- Auf Ihren Wunsch überprüfen wir Angebote von Elektroakustikern.
- **Gerne halten wir im Seniorenkreis oder Mitarbeiterkreis kurzweilige Vorträge rund um das Thema Schwerhörigkeit.**

Was wir nicht tun:

- Wir verkaufen keine Höranlagen und vermitteln auch keine. Sie sind nach unserer Beratung selbst in der Lage, entsprechende Angebote von Elektroakustikern einzuholen.
- Wir installieren keine Höranlagen, das ist Aufgabe eines zugelassenen Elektroakustikers.

Evangelische Schwerhörigenseelsorge in Württemberg
Pfarrerin Rosemarie Muth
Robert-Mayer-Str. 37
72760 Reutlingen
eMail: Rosemarie.Muth@elkw.de
Tel. 07121-330150 Fax 07121-372701
www.schwerhoerigenseelsorge-wuerttemberg.de

© 2015-2022 Rosemarie und Norbert Muth