
Kompendium Höranlagen für Schwerhörige

Grundlagen, Erklärungen,
Orientierungshilfen
und praktische Tipps
für Kirchengemeinden
und Veranstalter im
öffentlichen Bereich

Die aktuellen Versionen dieser
und weiterer Broschüren
finden Sie unter:

https://t1p.de/Wissen_Hoeranlagen



Rosemarie Muth
Norbert Muth

evangelische
Schwerhörigenseelsorge
Württemberg
Stand: 25. April 2025

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 BGG Behindertengleichstellungsgesetz (D)

§ 6 Abs. 6 BGStG - Bundes-Behindertengleichstellungsgesetz (A)

(kursive Texte nicht im österreichischem Text)

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 Wann gilt man als schwerhörig?	7
2 Was heißt „Barrierefreiheit“	7
3 Die Smartphone-Barriere	11
4 Wenn Umfragen kontraproduktiv sind	14
5 Bring your own device (BYOD) kontra Inklusion	14
6 Unterschied: Hörunterstützung und Höranlage	15
7 Höranlagen sind vorbeugende Seelsorge	17
8 Höranlagen sind Kostensenker für das Gesundheitswesen	18
9 keine Option: Gebärdensprache	18
10 Schriftdolmetschen	19
11 Raumakustik und Bauakustik	20
12 Kommunikation	23
13 Von Früh- und Spätschwerhörigen	28
14 Grundlagen	31
14.1 Von Dezibel (dB), Hertz (Hz) und Pascal (Pa)	31
14.2 Was geschieht, wenn wir sprechen?	32
14.3 Was ist Hören und Verstehen?	33
14.4 Wie funktioniert das Ohr?	34
14.5 Das „technische Datenblatt“ des Gehörs	36
14.6 Was passiert bei Schwerhörigkeit?	37
14.7 Die verschiedenen Hörsysteme	39
14.7.1 Wie funktioniert ein Hörgerät?	39
14.7.2 Was ist ein CI (Cochlea Implantat)?	40
14.7.3 Was ist ein Baha	41
14.7.4 Was ist ein Mittelehrimplantat	41
14.7.5 Was ist ein Hirnstammimplantat	41
14.8 Künstlicher Hall und Rückkopplungspfeifen	42
14.9 Warum verstehen Guthörende selbst in lauter Umgebung? räumliches Hörvermögen,	43
14.9.1 Richtungshören	44
14.9.2 Entfernungshören	45
14.9.3 Cocktailparty-Effekt	47
14.10 Direktschall, frühe Reflexionen, Hall, Echo, STI, Nebengeräusche, Latenzzeit, Lippensynchronität	49
14.10.1 Direktschall, frühe Reflexionen, Echo, Hall/Nachhall	49
14.10.2 STI: Speech Transmission Index	53
14.10.3 Technisch erzeugter Hall	55
14.10.4 Nebengeräusche/Störschall	55
14.10.5 Latenzzeit	57
14.10.6 Lippensynchronität und Latenz	58
14.10.7 Latenz, Beschallungsanlagen und Schwerhörige	69
14.11 Ist Stereo für das Verstehen wichtig?	69
14.12 Hallradius: die physikalische Grenze eines Richtmikrofons	73
14.13 Störlärm: Quellen und Reduzierung	76
14.14 Die Folgen der Schwerhörigkeit für das Verstehen	81
14.15 Das Hörpuzzle	85
14.16 Das Lautstärkeverhältnis von Nutz- zu Störschall	86
14.17 äußere und innere Störfaktoren beim Verstehen	88
14.18 Hilfsmöglichkeiten bei Schwerhörigkeit	88
15 Warum ist eine Höranlage notwendig für Schwerhörige?	90

16	Zur Technik von Hörsystemen	93
16.1	Wie kommt das Audio-Signal in das Hörgerät?	93
16.1.1	Akustischer Eingang: Mikrofone	93
16.1.2	Drahtloser Eingang	94
16.1.2.1	T-Spule	95
16.1.2.2	Bluetooth	96
16.1.2.3	Spezielle Drahtlostechnik des Hörsystem-Herstellers	96
16.1.3	Kabelgebundener Eingang: Audioschuh	97
16.2	Wie wird das Audio-Signal intern verarbeitet?	97
16.3	Wie wird das Audiosignal ans Ohr geleitet?	102
16.4	Die Audioqualität der Hörgeräte-Lautsprecher	103
16.5	Woher kommt die Energie? Batterie oder Akku?	104
16.6	Fazit:	107
17	Hörgerätezubehör	108
17.1	Typisches Zubehör vom Hörgerätehersteller:	110
17.2	„freies“ Zubehör und Telefone (HAC-Norm)	113
18	Wie funktioniert eine Höranlage?	116
18.1	Die verschiedenen Höragentypen und „Fake-Höranlagen“	117
18.1.1	Analog und Digital	122
18.1.2	Wozu Digitalisierung der Sprachübertragung?	123
18.1.3	Ist digital immer besser als analog?	127
18.2	keine Höranlage: Lautsprecher/Linearrays	128
18.3	Die Funk-Anlagen	131
18.3.1	Die FM-Anlage	131
18.3.2	Die 2,4GHz-Technik (Digital)	133
18.3.3	Die DECT-Technik (Digital)	134
18.3.4	Der Streamer über WLAN	135
18.3.5	Das Bluetooth bis Version 5.1 ist nicht Höranlagen-tauglich	139
18.3.6	Auracast (BLE Audio) weckt falsche Hoffnungen	140
18.4	Die Infrarot-Anlage (IR)	151
18.5	Der Audio-Guide	151
18.6	Die Induktionsanlage	152
18.6.1	Die Induktionstechnik ist nicht veraltet!	153
18.6.2	Was ist eine Induktionsschleife?	155
18.6.3	Der Induktions- bzw. Schleifen-Verstärker	156
18.6.4	Grundprinzip der Schleifenverlegung	158
18.6.4.1	Metallverluste	158
18.6.5	Induktionsschleifen in benachbarten Räumen	160
18.6.6	Mobile Ringschleifensysteme	161
18.7	(Fast) alles rund um Bluetooth und Hörgeräte	162
18.7.1	Die Bluetooth-Classic-Fraktion: (BTC)	167
18.7.2	Die Bluetooth-Low Energy (LE)-Fraktion	168
18.8	Vor- und Nachteile der Bluetooth-Hörgeräte	174
18.8.1	Warum ist das aktuelle Bluetooth veraltete Technik?	177
18.9	Wie kommen Hörgerät und Höranlage zusammen?	177
18.9.1	Von Induktion ins Hörsystem	181
18.9.2	Vom Höranlagenempfänger induktiv ins Hörgerät	182
18.9.3	Vom Höranlagenempfänger per Draht ins Hörgerät	183
18.9.4	per Spezial-Drahtlos-Technik ins Hörgerät	183
18.9.5	Ankopplung per Bluetooth	184
18.9.6	Akustische Ankopplung	186
18.10	Fazit: Barrierefreiheit, Praktikabilität, Kosten etc.	187

19	Nicht nur für Techniker: Wo und wie wird eine Höranlage angeschlossen?.....	188
19.1	Anschluss an einen Kompletterverstärker.....	191
19.2	Anschluss an eine Komponentenanlage.....	192
19.3	Anschluss an ein Mischpult.....	192
19.4	Eine korrekt installierte Induktionsanlage.....	194
20	Ein paar Anmerkungen zu Mikrofonen.....	195
20.1	Zur Mikrofon-Richtcharakteristik.....	195
20.2	Mikrofonbauart und Ausstattung.....	196
20.3	Das kontraproduktive Raummikrofon.....	199
21	T-Spule und elektromagnetische Störfelder.....	200
22	Induktionsschleifen und andere Gerätschaften und Situationen.....	202
22.1	Angrenzende Räume.....	202
22.2	Vertraulichkeit.....	202
22.3	Mikrofon/Lautsprecher-Anlage.....	202
22.4	Video/Beamer.....	203
22.5	Keine medizinischen Beeinträchtigungen.....	203
22.6	Handy/Smartphone.....	204
22.7	Stromleitungen.....	205
22.8	Elektrischer Hausanschluss, Zähler- und Sicherungskasten, Dachständerleitung.....	206
22.9	Leuchtstoffröhren und Dimmer und LED-Lampen.....	208
22.10	Elektronische Schaltnetzteile.....	209
22.11	Elektrische Heizung.....	209
22.12	Elektrische Gitarren, Geigen, dynamische Mikrofone u.ä.....	209
22.13	Brummschleifen in der Verstärkeranlage.....	212
22.14	Bundesbahn und Straßenbahn.....	212
23	Tipps: Verlegung der Induktionsschleife.....	213
23.1	Wo verlege ich die Schleife? Muss für die Induktions-Anlage der Boden aufgestemmt werden?.....	213
23.1.1	Kann die alte Schleife wiederverwendet werden?.....	214
23.1.2	Normalfall: Installation knapp oberhalb des Bodens.....	214
23.1.3	Sonderfall: im Boden.....	214
23.1.4	Wie dick muss das Schleifenkabel sein?.....	215
23.1.5	Welche Kabeltype für die Schleife.....	217
23.1.6	Schleifenkabel mit Erdschlüssen: Zwitschern.....	218
23.1.7	Sehr große Kirchen: 8-er Schleife.....	219
23.1.8	Warnung: keine Verlegung in Ohrhöhe.....	219
23.1.9	Warnung: keine Verlegung auf hoher Decke.....	219
23.1.10	Warnung: keine Deckenverlegung bei aufsteigenden Sitzreihen.....	220
23.1.11	doppelte Schleifenwindungen.....	221
23.2	Metallverlust.....	222
23.3	Die Anschlussdose.....	222
23.4	Die Schleifen-Zuleitungen.....	223
23.5	Den Schleifenverstärker anschließen.....	224
23.6	Der Schleifentest/Einmessung.....	224
24	Mikrofonsteuerung im Gottesdienst.....	224
25	Gefahrenmeldeanlagen/Sprachalarmanlagen.....	225
26	Nützliches Zubehör.....	226
26.1	Überprüfung einer induktiven Höranlage.....	226
26.2	hörbarrierefreie Wohnungsaustattung.....	226
27	Tabellarische Übersicht über die gegenwärtigen Höranlagentechniken ...	227
	Stichwortverzeichnis.....	231

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 Hall, Echo und Störschall?

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 Wann gilt man als schwerhörig?

Als schwerhörig gilt eine Person dann, wenn am besseren Ohr der Kernbereich der Sprache (Frequenzen zwischen 500Hz und 4000Hz) an mindestens einer Stelle mit mindestens 30dB Hörverlust betroffen ist und im „Freiburger Sprachtest im Störschall“ höchstes 80% Wortverständlichkeit erreicht werden. Wie gut noch Musik gehört werden kann, interessiert nicht. Bei einer typischen altersbegleitender Schwerhörigkeit kann man oberhalb von etwa 4.000 bis 5.000 Hz nicht mehr viel erwarten.

Die allermeisten Hörgeräte/CI's übertragen maximal von etwa 250 bis bis 8.000Hz, sehr wenige gehen bis 9.500Hz. Die Zubehörteile der Hörgeräte-Konzerne wie TV-Streamer sind auf 8.000Hz begrenzt. Das ist technisch bedingt durch die Abtastrate des Analog-Digital-Wandlers. Die untere Grenze liegt rein praktisch daran, dass der Hörgeräte-Lautsprecher winzig klein ist und deshalb physikalisch bedingt die Bässe kaum übertragen kann. Beim CI hängt sie daran, wie die Elektrode in der Hörschnecke zu liegen kommt.

Jede heutige Höranlagentechnik ist vom Frequenzumfang und der Übertragungsqualität um etliches besser als die Ohren von Schwerhörigen. Aussagen wie „mit der neuen Bluetooth-Technik können Schwerhörige wieder HiFi hören“ sind da reinste Augenwischerei. Der sogenannte Flaschenhals in der Übertragungskette ist das hörgeschädigte Ohr bzw. der Lautsprecher (Hörer) des Hörgerätes. (siehe Kap. 16.4)

Solche Aussagen muten an wie die eines Autoverkäufers, dass man mit einem SUV schneller als mit einem Kleinwagen durch den morgentlichen Verkehrsstau käme, weil der SUV erheblich mehr PS habe.

2 Was heißt „Barrierefreiheit“

Normalerweise wird der Begriff der Barrierefreiheit in Bezug auf Menschen mit Körperbehinderung, meist also mit Rollstuhl, genutzt. Fehlende Rampen und hohe Bordsteinkanten sind gut vorstellbar, bei Hörbarrieren 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.: Menschen mit Gehbehinderung Rollator/Rollstuhl, Blinde Blindenstock/Blindenhund. Und Schwerhörige müssen folglich nur ihre Hörgeräte/CI 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.

Es gibt Höranlagentechniken wie „Auracast“ oder den WLAN-Streamer, die nur mithilfe eines Smartphones nutzbar bzw. sinnvoll bedienbar sind. Was es bedeutet, finden Sie im nächsten Kapitel 3.

Ein wichtiges Kriterium ist aber auch die Befindlichkeit der betroffenen Menschen, z.B. ob sie sich outen müssen oder ob sie ghettoisiert werden. Das wären 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 nur mit einer speziellen App des Schlossherstellers auf einem aktuellen Smartphone einer bestimmten Marke, 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 oder nur mit einer speziellen Smartphone-App die Höranlage nutzen können?

Als erstes: raum- und bauakustische 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 und Beachtung der Bauakustik sind also zentrale Elemente. (Kap. 11 und 12.)

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 Rollstuhl- und Toiletten-Symbol hoch.“ Zweifels-ohne ist das ein No-go, weil der Behinderungsausgleich genommen und darüber hinaus massiv in das Persönlichkeitsrecht eingegriffen wird.

Und was ist eine Höranlage, bei der Hörgeräteträger*Innen 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.16.1) 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 Rollstuhlfahrende 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/der nächsten Redner:in 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 oder mit dem kein Aufzug benutzt werden 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*innen ihre Geräte ab oder diese versagen ihren Dienst, wenn sie durchnässt oder die Batterien/Akkus leer sind. 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 tragen auch Guthörende einen Empfänger. Im Schwerhörigenverein schadet das Tragen eines Funkempfängers der Barrierefreiheit ebenfalls nicht, weil auch hier das Tragen eines Empfangsgerätes oder persönliche Funkmikrofone normal sind. Außerdem ist eine Versammlung im Schwerhörigenverein meist keine öffentliche Veranstaltung und jede:r outet sich schon durch seine Anwesenheit. Man wird eher gefragt, wenn man guthörend ist.

3 Die Smartphone-Barriere

Stellen Sie sich vor: alle Bahnbetreiber in Deutschland würden im Zuge von Kosteneinsparungen nur noch digitale Fahrscheine auf einer speziellen App auf einem Smartphone akzeptieren. Im Regionalverkehr gibt es aber verschiedene Bahnbetreiber, die jeweils mit ihren eigenen Apps arbeiten, die aus technischen Gründen nur ab iPhone® 14 funktionieren. Vor dem Fahrkartenkauf muss man also wissen, welcher Bahnbetreiber den Regionalverkehr am Fahrtziel betreibt, um die passende App herunter zu laden. Am Fahrkartenautomaten wird ein Smartphone mit einem Bluetooth-Chip ab Version 5.0 benötigt. Unter anderem aus hygienischen Gründen würden in allen Bahnhofsauzügen die Bedientasten abgeschafft und auf eine iPhone®-App umgestellt, wozu ein Bluetooth 5.2-Chip notwendig ist. Probleme sieht das Bundesverkehrsministerium nicht, denn heutzutage haben ohnehin alle ein Smartphone, und statistisch gesehen wird alle 1-2 Jahre ein neues gekauft, so dass in spätestens 10 Jahren wieder alle mit dem Aufzug fahren können. In der Zwischenzeit kann man ja andere um Hilfe bitten oder Treppen nutzen.

Es würde zu Recht sofort einen Aufschrei in ganz Deutschland geben, denn die Reisefreiheit gerade von älteren Mitbürgern wäre massiv eingeschränkt. Wie sollen Oma (beginnende Multiple Sklerose) und Opa (leicht gehbehindert) aus Hamburg wissen, welcher Bahnbetreiber den Regionalverkehr zwischen Frankfurt und Neu-Isenburg betreibt, wo sie ihren Enkel besuchen wollen. Außerdem haben sie kein aktuelles iPhone[®], sondern das alte Android-Smartphone ihres Enkels, das er nicht mehr verkaufen konnte. Damit kann Opa telefonieren und SMS schreiben, aber mehr nicht; bei Oma geht wg. der Sklerose gar nichts mehr. Sie können die Aufzüge also auch nicht mehr nutzen.

Aber so oder so ähnlich geht die Hörgeräte- und Zubehör-Industrie mit Schwerhörigen um. Es wird immer wieder so dargestellt, dass die Nutzung eines Smartphones der Barrierefreiheit keinen Abbruch täte, sogar eigentlich ein Mittel der Barrierefreiheit sei.

Das Gegenteil ist der Fall, wenn die Teilhabe am akustischen Geschehen von einem Smartphone, gar einem Gerät eines bestimmten Herstellers und noch vom neuesten technischen Stand abhängig ist. So ist es bei zwei Höranlagen-Typen: der **WLAN-Streamer** sendet grundsätzlich nur an ein Smartphone/Tablet, auf dem eine App des Herstellers des WLAN-Streamers installiert sein muss. Den muss man aber vorher in Erfahrung bringen, die App im Shop finden, installieren, die Lizenzbestimmungen lesen, ggf. Berechtigungen setzen usw. Die Bluetooth-Höranlage **Auracast** benötigt ein Hörsystem mit einem Bluetooth-Chip ab Version 5.2 (erste Chips gab es ab etwa Anfang 2022) und je nach Fähigkeit des Hörsystems eine App des Hörsystemherstellers oder ein Smartphone mit Auracast-fähigem Bluetooth-Chip und einem Auracast-Assistenten im Bluetooth-Menü vom Smartphone-Hersteller. Hier stellt das Smartphone eine zusätzliche große Hör-Barriere dar.

Normalerweise lässt sich ein Hörsystem in allen grundlegend benötigten Funktionen mit den wenigen Knöpfchen am Gerät steuern: Lautstärke-Regelung und Programmauswahl: Automatik-Programm, Richtmikrofon, Musikprogramm, T-Spule, TV-Streamer, Funkmikrofon, Telefonieren etc. Mit einer App auf dem Smartphone können noch weitere, weniger wichtige Einstellungen vorübergehend angepasst werden. Wenn jemand ein Smartphone als Fernsteuerung benutzt, weil die Hörsysteme damit für ihn/sie bequemer oder in manchen Situationen besser nutzbar sind, dann ist es ok, dann hat er/sie persönlich mehr Komfort, aber er/sie

ist dabei nicht auf das Smartphone angewiesen, es geht auch ohne Smartphone.

Aber es ist ein himmelweiter Unterschied, wenn ein Smartphone eine technische Voraussetzung für die Nutzung der Höranlage ist und damit alle Hörsystemträger*innen gezwungen sind, ein Smartphone zu nutzen, um am akustischen Geschehen teilhaben zu können. Es gibt keine Vorschrift, die den Besitz eines Smartphones und die Beherrschung seiner Bedienung vorschreibt. Ein Smartphone ist auch kein behinderungsbedingtes Hilfsmittel. Deshalb darf ein Smartphone auch keine Voraussetzung für die Teilhabe am akustischen Geschehen sein und ist in Bezug auf Inklusion ein KO-Kriterium. Sie sind sozial ausgrenzend, denn ein neues Smartphone/iPhone ist mit kleiner Rente nicht finanzierbar.

Laut einer repräsentativen Umfrage von 2021 nutzen mehr als die Hälfte aller über 65-Jährigen kein Smartphone, der Anteil an der Gesamtbevölkerung liegt immerhin noch bei 21%. (<https://www.dstgb.de/themen/digitalisierung/aktuelles/mehr-als-die-haelfte-der-ueber-65-jaehrigen-nutzt-kein-smartphone/>) Es ist davon auszugehen, dass auch von den Smartphone-Nutzern über 65 ein großer Anteil nur mit dem Smartphone telefoniert, vielleicht ein paar Fotos machen oder SMS verschicken kann, jedoch nicht in der Lage ist, Apps zu installieren, sich in fremde WLANs einzuwählen oder gar Bluetooth-Geräte anzukoppeln. Das heißt, gerade die größte Gruppe der schwerhörigen Menschen wird bei Höranlagen, die ein Smartphone zwingend voraussetzen, ausgeschlossen. Sie werden zu Bittstellern, denn sie sind auf das technische Personal angewiesen oder müssen sich vom Anlagenbetreiber Tablets/Smartphones ausleihen, mit denen sie sich noch weniger auskennen. Das ist noch weniger barrierefrei als bei Funk/Infrarot-Anlagen, die weit weniger kompliziert zu handhaben sind und trotzdem ist das Personal meist überfragt.

Das Argument, dass die „digitalen Analphabeten“ in 10-15 Jahren „gestorben“ seien, ist zynisch gegenüber den jetzigen alten Menschen und denjenigen, die aus gesundheitlichen Gründen kein Smartphone bedienen können. Und in der digitalen Welt ändern sich die Benutzeroberflächen, Software und Hardwareanforderungen so rasend schnell, dass viele Leute, die jetzt in der digitalen Welt zurechtkommen, im Alter abgehängt werden.

Was ist also eine Höranlagentechnik wie Auracast oder WLAN-Streamer, bei der weit mehr als die Hälfte der älteren Mitmenschen, ausgeschlossen sind, entweder, weil sie sich kein neues Smartphone auf

eigene Kosten leisten können oder es auch nicht beherrschen können und somit überhaupt nicht hören und am öffentlichen Leben teilhaben kann?

Fazit: Ein Smartphone darf keine technische Voraussetzung für die Nutzung einer Höranlage sein, das ist weder barrierefrei noch sozial verträglich. Dies betrifft in erster Linie den WLAN-Streamer und die Bluetooth-Anlage Auracast. (s. Kap. 18.3.4 und 18.3.6)

4 Wenn Umfragen kontraproduktiv sind

Eine Gemeinde wollte anlässlich der Renovierung auch etwas für Schwerhörige tun. Nach den Abkündigungen wurde gefragt, wer die geplante induktive Höranlage nutzen würde. Tatsächlich hatte sich dann ein Gemeindeglied geoutet und ja gesagt. Aber ein Nutzer war dem Gemeinderat zu wenig, für einen lohne sich die Anschaffung nicht.

Der Kirchengemeinderat hätte sicher nicht gefragt, ob eine Rollstuhlrampe angeschafft werden solle oder wer eine Behindertentoilette in der Kirche benötige, weil ihm der Weg ins Gemeindehaus wegen Inkontinenz zu weit sei. Zwischen diesen Fragen besteht kein prinzipieller Unterschied, gerade auch deswegen, weil gerade die Altersschwerhörigkeit mit viel Schamgefühl belegt ist. Deswegen verfängt ja auch die Reklame mit den unsichtbaren Hörgeräten so gut.

Solche Umfragen führen zu keinem sinnvollen Ergebnis, denn

- outet sich einer, stehen dahinter einige mehr, die sich nicht trauen, sich zu outen,
- wer die Vorteile einer Höranlage nicht kennt, wird sich nicht melden,
- wer im Gottesdienst wegen fehlender Höranlage nichts mehr versteht, kommt in der Regel nicht mehr in die Kirche und wird nicht gefragt. Mit Höranlage kämen diese Leute aber wieder in die Kirche.

5 Bring your own device(BYOD)kontra Inklusion

Es gibt das Konzept, dass Mitarbeiter:innen oder Gäste ihre eigenen Geräte mitbringen sollen/müssen, um an die Darbietungen ankoppeln zu können. Also z.B. eigenes Smartphone/Tablet, um im Museum die Erklärungen zum Ausstellungsstück nachlesen oder hören zu können. Das vermindert natürlich den Aufwand vom Betreiber, denn er muss keine oder nur wenige Geräte vorhalten und pflegen. Allerdings verträgt es sich nicht mit den Gedanken der Inklusion, denn der besagt, dass

Menschen mit Behinderung nur ihre behinderungsbedingten Hilfsmittel mitbringen müssen, alles andere hat die Einrichtung zu leisten.

6 Unterschied: Hörunterstützung und Höranlage

Es gibt viele Hörsituationen, in denen Schwerhörige trotz Hörgeräte/CI Schwierigkeiten haben, zu verstehen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn zu viel Störschall (Hall, Echo, Störlärm) im Raum vorhanden ist. Erst durch das Ausfiltern von Hall und anderen Umgebungsgeräuschen ist für Schwerhörige ein Verstehen möglich oder zumindest in erheblichem Maße stressärmer. Es gibt technische Lösungen, die es ermöglichen, ohne bzw. mit erheblich geringeren Stör- und Nebengeräuschen dem gesprochenen Wort folgen zu können. Dabei gibt es zwei unterschiedliche Ansätze: die individuelle Hörunterstützung für eine Person, z.B. mithilfe eines Funkmikrofons oder eine Höranlage, die weitestgehend alle Schwerhörigen im Publikum unterstützten kann.

Kann nicht überall im Publikumsbereich

- ein linearer Frequenzgang im Sprachbereich von 100 bis 5000Hz (vgl. EN 60118-4) oder
- ein STI (siehe Kap. 14.10.2) oberhalb von 0,7 (vgl. EN 60268-16)
- oder ein Störgeräusch-Abstand von 15dB (siehe Kap. 14.10.4)

gewährleistet werden, so benötigen Schwerhörige zum Verstehen bzw. für ertragbaren Hörstress eine von akustischen Störfaktoren (Kap.14.10) 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.

Nun gibt es individuelle Zusatzgeräte zum Hörsystem, die Abhilfe versprechen. Das sind insbesondere Funkmikrofone, TV-Streamer und Bluetooth-Ankopplung an Smartphones/Tablets/PC. Diese Techniken sind für den persönlichen Bedarf konstruiert und haben eine feste Kopplung mit den eigenen Hörsystemen, allenfalls für eine kleine Gruppe von Trägern von Hörsystemen desselben Herstellers. Diese Geräte sind zum Teil sehr teuer und es gibt sie auch nicht für jedes Hörsystem, sondern meist nur für die Höherpreisigen. Sie sind also nur eine individuelle **Hörunterstützung**. Sind diese vom Hörgerätehersteller, sind sie nur mit Hörsystemen dieses Konzerns nutzbar. Aber es gibt auch freie Zubehör-Hersteller, deren Geräte für die meisten Hörsysteme der unterschiedlichen Hörgerätehersteller funktionieren.

Demgegenüber gibt es **Höranlagen**, die für eine größere bis zu beliebiger Anzahl von Schwerhörigen und unabhängig vom Hörsystemhersteller konstruiert sind. Einige Anlagen-Typen können die meisten Hörgeräte und alle CI's nutzen, andere Höranlantypen jedoch benötigen spezielle Eigenschaften und/oder Zusatzgeräte zu den Hörsystemen. Höranlagen sind meist eine Zusatzeinrichtung zur bestehenden Beschallungsanlage, quasi der „Lautsprecher für Schwerhörige“.

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 Kapitel 18.9)*
- **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 bzw. kein Lautsprecher kann die Kriterien der Störungsfreiheit und Verzerrungsfreiheit erfüllen, auch nicht Linearrays mit DSP (Zeilenlautsprecher mit digitaler Klangbearbeitung). 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. (siehe Kap. 18.2)

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 18. 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>

7 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.

8 Höranlagen sind Kostensenker für das Gesundheitswesen

Es ist nachgewiesen, dass Schwerhörige mit Hörgeräten weniger oft an Demenz erkranken als unversorgte Schwerhörige bzw. Schwerhörige mit Schubladen-Geräten. Das liegt wohl daran, dass ihr Gehirn stärker aktiviert wird. Aber wenn es in der Kirche oder in der Stadthalle keine Höranlage gibt, dann werden Schwerhörige dort kaum etwas verstehen und dort auch keine Veranstaltungen besuchen. Das heißt, dass ihr Gehirn weniger aktiviert wird und damit die Gefahr von Demenz wiederum steigt. Demenz ist aber ein hoher Kostenfaktor im Gesundheitswesen. Andersherum gesagt: Wenn Höranlagen dazu beitragen, dass demenzgefährdete Menschen wieder aktiv am gesellschaftlichen Leben teilnehmen können, sinkt ihr Demenzrisiko und spart damit Kosten im Gesundheitswesen.

9 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.14.7.2)
- **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, das ist für sie die Muttersprache, die Lautsprache ist für sie im Grunde eine Fremdsprache.

Die Deutsche Gebärdensprache (DGS) hat jedoch eine völlig andere Grammatik und Denkstruktur als unsere Lautsprache. Daher ist sie selbst für gebärdensprachkompetente Schwerhörige oft nicht verständlich. Diese nutzen zusätzlich zur Lautsprache lautsprachbegleitende Gebärden (LBG), die dazu dienen, das gesprochene Wort zu verdeutlichen, 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.

10 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/Pfarrerinnen.

11 Raumakustik und Bauakustik

„Bei so viel Krach versteht man das eigene Wort nicht mehr!!!“

„Kann man denn hier nicht mehr in Ruhe zuhören?!!!“

- Die **Raumakustik** ist ein Gebiet der Akustik, das sich mit der Auswirkung der baulichen Gegebenheiten eines Raumes auf die in ihm stattfindenden Schallereignisse beschäftigt.

- **Bauakustik** ist ein Gebiet der Bauphysik bzw. der Akustik, das sich mit der Auswirkung der baulichen Gegebenheiten auf die Schallausbreitung zwischen den Räumen eines Gebäudes bzw. zwischen dem Rauminnen und der Außenwelt beschäftigt.

Für unsere Zwecke kann man das auf eine Kurzformel bringen:

- Raumakustik → Störschall von innen durch gewollte Sprache und Musik
- Bauakustik → Störschall von außen und ungewollter Schall aufgrund der Gebäudeaustattung (z.B. Laufgeräusche, Lüfter, Türeklappern, Straßenlärm)

Die Raum- und Bauakustik 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 schon sehr viel früher als bei Guthörenden. (s. Kap. 14.9)

Störlärm aus dem Publikum sind z.B. Husten, Kindergeschrei, Konfirmandengetuschel. Dagegen kann nur bedingt etwas getan werden.

Störlärm aus dem Gebäude und seiner Technik, z.B. Lüfter, Heizungsanlage, Rohrleitungen oder das Knarren der Dachbalken bei Wind kann durch richtige Gerätewahl und fachgerechte Ausführung reduziert werden. Gegen den Verkehrslärm von außen und das laute Prasseln des Regens oder lauten Trittschall helfen bauliche Maßnahmen.

Aber Hall bzw. Nachhall und Echo entstehen „wie von selbst“ durch die Raumakustik. DIN 18041 fordert für ein gutes Sprachverstehen in Räumen für Sprache und Vortrag Nachhallzeiten je nach Raumvolumen zwischen 0,45 und 0,70s. Die Formeln für $T_{60\text{soll}}$ in Sekunden für die Raumgruppen:

A2 Sprache/Vortrag: $= 0,37 * \log_{10}(\text{Volumen in m}^3) - 0,14$

A3 Sprache/Vortrag inklusiv: $= 0,32 * \log_{10}(\text{Volumen in m}^3) - 0,17$

Räume für musikalische Darbietungen brauchen für guten Klang höhere, aber je nach Art der Musik unterschiedliche Nachhallzeiten.

Um diese Nachhallzeiten zu erreichen, helfen vielfältige Maßnahmen. Der Raumakustik stehen vom Prinzip zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Schallschlucker (Absorber)
- Schalllenker (Reflektoren = Umlenker und Diffusoren = Zerstreuer)

Zu den Absorbern zählen z.B. Vorhänge, Polster, Schallschluckmatten. Schalllenker leiten den Schall in schlecht versorgte Bereiche oder zerstreuen den Schall: z.B. Schallsegel oder Regale. Diffusoren können dazu eingesetzt werden, dass der Raum größer wirkt. Schall- und Lärmschutz ist Thema der Bauakustik. Ein Teppichboden hat sogar zwei Funktionen: als Raumakustik-Element reduziert er (etwas) Hall und als Bauakustik-Element den Trittschall.

Hall und Störlärm lassen sich im Gemeinde-Saal/Kirchencafé mit geeigneten Maßnahmen 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“, denn:

„Musik lebt vom Hall, Sprache stirbt am Hall“.

Die Nachhallzeiten in Kirchen liegen 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 Menschen.

Kurz gesagt:

- *Höranlage*: in Multifunktionsräumen und „dual-use“ Räumen für Musik und Sprache von einem Vortragenden an ein Publikum (eine:r spricht, viele hören),
- *Raumakustik*: in Räumen mit individuellen Kleingruppen-Gesprächen und Musikräumen mit zu hohen Nachhallzeiten
- *Bauakustik*: überall

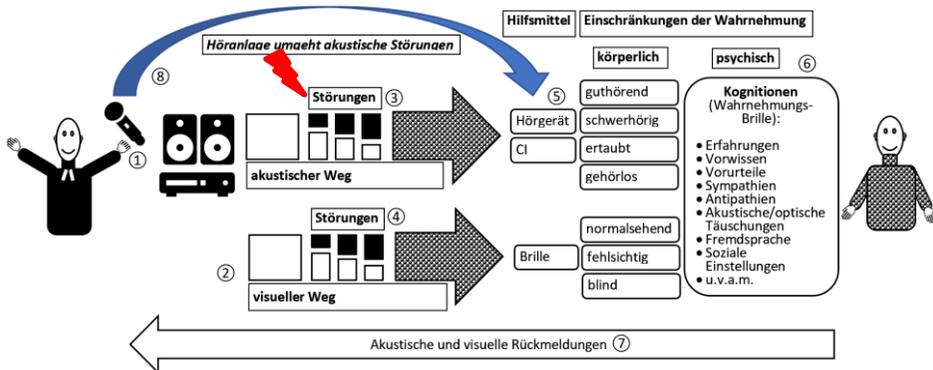
Raum- und bauakustische Maßnahmen sollten nur ausgewiesene Experten durchführen, denn dazu sind teure Messgerätschaften, sehr viel Fach- und Produkt-Wissen und jede Menge Erfahrung notwendig. Um z.B. eine Schallschluckmatte im richtigen Deckenabstand zu installieren, muss zuvor ausgemessen werden, welcher Frequenzbereich gedämpft werden muss, woraus dann der Abstand berechnet werden kann. Hinterher muss messtechnisch kontrolliert werden. Aufhängen einfach so oder gar nach optischen Gesichtspunkten führt selten oder nicht zum Ziel.

Wird z.B. der Mittel- und Hochton-Bereich gedämpft, so dominiert der Tieftonbereich: der Maskierungseffekt tritt früher ein und die Verständlichkeit wird wieder reduziert.

Viele weitere Informationen und Hörbeispiele sind hier zu finden:
www.Carsten-Ruhe.de Karteireiter Gebäude / Räume

12 Kommunikation

Kommunikation kommt aus dem Latein und heißt „Mitteilung“ und meint die Übertragung von Informationen über verschiedene Wege. Der Kognitionspsychologe Paul Watzlawick sagt, man kann nicht nicht kommunizieren, denn auch sich nicht äußern ist eine Mitteilung. Es gibt zahlreiche mehr oder weniger ausführliche Modelle, wie Kommunikation funktioniert. Für unsere Zwecke beschränken wir uns auf die, die in Kirche und Vorträgen etc. im Wesentlichen auftreten: akustische und visuelle Kommunikation. Andere, wie z.B. Geruch (Weihrauch), taktil (z.B. Handauflegen bei Segnungen) etc. vernachlässigen wir hier.



- ① akustisch: verbal (gesprochene oder gesungene Worte)
 paraverbal (Lachen, Räuspern, Schweigen etc.)
- ② visuell: nonverbal, wie z.B. Mimik, Gestik und auch die Mundbewegungen, die das Akustische durch Mundabsehen unterstützen.

Diese zwei Wege werden durch die Umwelt mehr oder weniger gestört. Die akustische Übertragung durch Störgeräusche (3) wie Hall, Echo, Krach etc., die visuelle Übertragung (4) durch schlechte Sicht (Säulen, große Entfernung, verdeckte Mundpartie etc.).

Nun treffen die „versauten“ akustischen und visuellen Signale bei den Zuhörern ein. Bei ihnen können die Empfangssinne (Augen und Ohren) mehr oder weniger stark geschädigt sein: schwerhörig, ertaubt, gehörlos,

fehlsichtig oder gar blind. Technische Hilfsmittel ⑤ (Hörgerät, CI, Brille) können dies zum Teil ausgleichen.

Die ggf. unvollständigen Informationen treffen dann im Gehirn ein. Dort werden sie verarbeitet und die Mitteilung soll wieder so verstanden werden, wie sie ursprünglich gemeint war. Fehlende akustische Informationen werden ergänzt durch visuelle Informationen (Mundabsehen, Mimik, Gestik) Aber es wirken auch unsere Kognitionen ⑥ hinein. Das ist eine Art von Wahrnehmungs-Brille, die sich im Laufe des Lebens bildet: ein weites Konglomerat aus unseren Erfahrungen, Vorwissen, Vorurteilen, sozialen Einstellungen, Sprachkenntnissen u.v.a.m.. Kenne ich die Theologie des/der Pfarrerin, erschließt das Gehirn aus der Erinnerung Worte, die durch Störungen nicht richtig angekommen sind. Manchmal liegt dann das Gehirn daneben: das sind dann die Verhörer.

Da es nicht geht, nicht zu kommunizieren, geben wir auch Rückmeldungen: bei einer langatmigen Predigt zeigen wir gelangweilte Gesichter, ist der Vortrag eine Zumutung, verlassen wir den Raum, vielleicht sogar unter verbalem Protest. Dieser kommunikative Rückweg unterliegt ebenfalls Störungen und Wahrnehmungs-Brillen wie der Hinweg.

Die Sprache ist auch davon abhängig, welche weiteren Kommunikationswege gleichzeitig genutzt werden: eine Predigt/Vortrag live vor den Hörern nutzt gesprochene Worte, Intonation, Mimik/Gestik. Eine Radioübertragung hat nur gesprochene Worte und Intonation und eine Andacht im Gemeindeblatt nur geschriebene Worte und evtl. noch eine rudimentäre visuelle Komponente mit einem passendem Bild.

In unserem Bereich ist der akustische Weg der Hauptträger für die Mitteilung (Predigt, Vortrag). Es gibt eine einfache Möglichkeit, die Störungen auf diesem Weg zu umgehen: eine Höranlage ⑧.

Woher kommen die Störungen?

Raumakustik	Hall, Echo, Interferenzen (z.B. Auslöschungen oder Raummoden = stehende Wellen)
Bauakustik	Schall von Nebenräumen, Straßenlärm, Wetter, knarrende Bauteile ...
Raumtechnik	Lüftungsanlagen, Heizung, Beamer, Computer, knarrende Bänke etc.

Beschallungstechnik	Lautsprecherverzerrungen, Brummen, schlechter Frequenzgang, Rückkopplungen ...
Publikum	Husten u.ä., Zwischenrufe, Nebengespräche, Fußescharren, Laufgeräusche etc.

Kommunikations-Situationen

Es gibt verschiedene Konstellationen zwischen Redener:Innen und Zuhörer:Innen. Das wird später relevant, wenn wir Lösungsmöglichkeiten für Probleme suchen.

		Zuhörer:innen		
Redner:innen		ein:e	wenige	viele
	ein:e	Einzelgespräch	Schulung in Arbeitsgruppe	Gottesdienst, Vortrag
	wenige	Vater/Mutter/Oma/Opa reden auf Kind ein	Familienfest, Café, Restaurant	Theater, Podiumsdiskussion
	viele	Fußballstadion gegen Schiedsrichter	Fanmeile an Fußballmannschaft	Demonstration

Verwendungszweck des Raumes

Es gibt Räume für die unterschiedlichsten Verwendungszwecke. Für einige Raumtypen legt die DIN 18041 (Hörsamkeit in Räumen) Kriterien für die Nachhallzeit fest. E VDI 256 legt Kriterien für akustische Gestaltung von Büros fest und die DIN EN ISO 1190 enthält Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Arbeitsplätze.

	kurze Zeit	längere Zeit
Sprache	Eingangshalle, Infoschalter	Hörsaal, Büro, Besprechungszimmer, Tagungsraum
Musik	Straßenmusiker in Bahnhofshalle	Konzerthalle, Disko
Sport	Fitness-Studio	Sporthalle, Trainingsraum
Funktionsräume	Kantine, Gaststätte, Wartezimmer, Bahnhofshalle, Arztzimmer	Krankenhaus, Werkstatt, Fabrikhalle

Ruheräume	Pausenraum	Bibliothek
Multifunktionsraum (Sprache, Musik, Ruhe, evtl. Sport)	Kirchenraum	Kirche, Stadthalle, Gemeindesaal, Schulaula, Festssaal, Theater, Begegnungscafé

Probleme und Problemlösungsmöglichkeiten

Betrachten wir die obere Tabelle, dann haben wir in den verschiedenen Hörsituationen eine Reihe von Möglichkeiten, das Hören und Verstehen zu verbessern. Hier ein kleine (unvollständige) Übersicht:

an der Quelle (Sprecher:innen)	auf dem Übertragungsweg	am Ziel (Hörer:innen)
Nutzung der Hilfsmittel (Mikrofon etc.)	<u>Schriftdolmetschen</u>	richtiges Hörprogramm wählen
Sprechdisziplin	Bauakustik (Schalldämmung)	Optimierung der Hörgeräte/CI
Gesten, Mimik (paraverbal)	Raumakustik (Schalldämpfung)	<u>Mundabssehen</u>
<u>Verschriftlichung</u> (Handout, Plakate)	Disziplinierung der Personen	Hörtaktik
<u>Projektion</u> (Powerpoint etc.)	Gesprächdisziplin	
<u>Gebärden</u> (LBG/DGS bedingt)	individuelle Hörunterstützung (Funkmikrofon, TV-Streamer)	
	Höranlage für alle	
Zweisinne-Prinzip: <u>kusiv und unterstrichen</u>		

Sprechdisziplin bedeutet, ruhig, deutlich, betont zu sprechen, Gesprächsdisziplin bedeutet, nicht durcheinander zu sprechen, sich kurzfassen und ausreden lassen. Optimierung der Hörgeräte bedeutet, sich nicht mit der erstbesten (first-fit)-Einstellung zufrieden zu geben.

Nicht alle diese Lösungsmöglichkeiten können überall angewendet werden, es kommt auf die Hörgelegenheit, den Raum und vieles andere an.

Im Theater kann ich nicht mein persönliches Funkmikrofon benutzen, es müsste von den Schauspielern immer wieder weitergereicht werden.

Genauso geht das nicht bei einer Podiumsdiskussion. Bei einem Vortrag kann schriftgedolmetscht werden, beim Sonntagsgottesdienst ist es sinnvoller, die Predigt auf eine Leinwand zu projizieren. (Tipps können Sie von uns bekommen.) Die Raum- und Bauakustik zu verbessern macht grundsätzlich Sinn, ist aber nicht immer möglich.

Besonders problematisch sind die Multifunktionsräume, die für Sprache, Musik und auch für Ruhe genutzt werden. In einem Kirchenraum wird gesungen und die Orgel spielt, es wird gepredigt und es gibt das stille Gebet. Nach dem Gottesdienst steht man noch zusammen und spricht mit anderen Gemeindegliedern, Pfarrer:In, Mesner:In, Organist:In. Im Gemeindehaus finden Vorträge, Arbeitskreise, Chorproben, das Begegnungscafé, der Seniorenkreis und vieles andere statt.

Jeder Verwendungszweck erfordert eine andere Raumakustik, um zur Geltung zu kommen. Sprache benötigt eine kurze Nachhallzeit, um verständlich zu sein, für Schwerhörige muss die Nachhallzeit nochmals kürzer als für Guthörende sein. Musik jedoch braucht eine längere Nachhallzeit, um gut zu klingen und die hängt sogar von der Musikrichtung ab. Spricht man von einer „guten Akustik“, so meint man damit, dass sie gut für Musik ist.

Da der Kirchenraum oder die Räume des Gemeindehauses für sehr unterschiedliche Zwecke genutzt werden und das sogar gleichzeitig, ist es so gut wie unmöglich, alles gleich optimal zu machen. Um die Kirche optimal für Sprache zu gestalten, müssten viele Schalldämpfungsmaßnahmen ergriffen werden. Das ist aber in einer Kirche praktisch unmöglich, die großen „schallharten“ Fensterflächen kann man nicht während des Gottesdienstes mit schweren Vorhängen verdecken, eine Gewölbedecke kann man nicht mit Schallschluckmatten versehen. Nicht selten hat der Denkmalschutz etwas mitzureden. Wir sind also hier in der Zwickmühle: Sprache oder Musik? Oft muss auf die Verbesserung der Raumakustik wg. Denkmalschutz, extrem hoher Kosten oder wegen Nicht-Machbarkeit aus technischen Gründen verzichtet werden.

Aber es gibt eine Rettung aus der Zwickmühle oder den Sachzwängen: für Schwerhörige gibt es die Höranlagen, die die Sprache ohne Nachhallzeit und Störgeräusche vom Mikrofon direkt ins Hörsystem überträgt. Meist ist die induktive Technik die preisgünstigste Lösung und ist darüberhinaus auch die einzige barrierefreie Technik.

Wenn das Gehör die Störschallunterdrückung nicht mehr leisten kann, die Richtmikrofone der Hörsysteme auf die Entfernung nicht mehr wirken, Hörtaktiken und das Zweisinne-Prinzip nicht mehr ausreichen und wenn raumakustische Maßnahmen nicht sinnvoll oder möglich sind, dann muss es eine technische Lösung leisten: eine Höranlage, denn sie umgeht den Hall und das Echo und zusätzlich auch noch die Störgeräusche aus Publikum, Gebäudetechnik, Umwelt.

13 Von Früh- und Spätschwerhörigen

Bisher wurden Schwerhöriger in Früh- und Spätschwerhörige unterteilt. Das Unterscheidungskriterium ist, ob die Schwerhörigkeit vor oder nach der Phase des Sprachwerberbs eingetreten ist, d.h. vor oder nach dem Alter von 5 bis 6 Jahren. Diese eher medizinische Unterscheidung ist aber nach neueren Erkenntnissen nicht maßgeblich für die soziopsychologische Eingruppierung. Vielmehr entscheidend ist der Zeitpunkt, in welchem Lebensabschnitt die Schwerhörigkeit eingetreten ist bzw. diagnostiziert wurde. Es lassen sich grob folgende relevante Gruppierungen unterscheiden:

Gruppe 1 (Kindes- und Jugendalter):

schwerhörig geboren, im Kindes/Jugendalter schwerhörig geworden

Gruppe 2 (im Berufsleben schwerhörig geworden):

im aktiven Berufsleben schwerhörig geworden, d.h. die zwischen der Zeit des Erwachsenenwerdens und gegen Ende der aktiven Erwerbstätigkeit schwerhörig geworden

Gruppe 3 (Rentenalter):

denjenigen, die altersbegleitend gegen Ende des Berufslebens oder in Rentenalter schwerhörig geworden sind.

Dies ist nur eine grobe Typisierung und wie jede sozialpsychologische Analyse eine Tendenzangabe. Es lassen sich immer einzelne Menschen finden, die nicht in diese Typisierung fallen, das ist eben menschlich und das ist auch gut so, Menschen lassen sich nicht in ein Schema pressen. Aber dennoch lassen sich Schwerhörige einigermaßen diesen drei Gruppen zuordnen, denen typischerweise bestimmte Eigenschaften und Verhaltensweisen zu eigen sind.

Gruppe 1 (Kindes- und Jugendalter)

- Statistischer Anteil der Schwerhörigen: unter 1%
- waren meist in Schwerhörigenschulen

- Gerade in der Pubertät fühlen sie ihren Ausschluss aus dem gesellschaftlichen Leben
- Trauerphase über ihre Schwerhörigkeit in Pubertät
- Haben ihre Schwerhörigkeit akzeptiert aber fühlen sich oft ausgegrenzt
- Sie haben nie gutes Hören kennengelernt oder erinnern sich kaum noch daran (es gab nie ein „Vorher“)
- Verhältnis zur Technik: nutzen sie im Wissen um ihre Grenzen, profitieren vom Schwarmwissen
- Barrierefreiheit der Technik an sich ist kein Thema, sondern Technik als Mittel zur Barrierefreiheit
- Outen: kein Problem, wird meist als Pflicht für jede:n Schwerhörige:n empfunden
- Organisationsgrad im Schwerhörigenbund: hoch und sehr wichtig
- Ziel: Inklusion, endlich barrierefreie Teilhabe am gesellschaftlichen Leben zu erreichen

Gruppe 2 (im Berufsleben schwerhörig geworden)

- Statistischer Anteil der Schwerhörigen: etwa 40%
- Sozialisation: guthörend. Leben teilt sich in ein Vorher (guthörend) und ein Nachher (schwerhörig).
- Schwerhörigkeit ist Schicksalsschlag und führt fast immer zu Einschränkungen im sozialen bzw. gesellschaftlichen Leben.
- Trauerphase: Depressionen und/oder Wut auf die neue Situation bedingen Umbrüche im beruflichen und persönlichen Umfeld
- Verhältnis zur Technik: Hoffnung auf Zurückbringen des früheren normalen Hörens, oft kein Problem, mit ganzem „Gerätepark“ zu arbeiten.
- Outen: zwiespältig, Schwerhörigkeit im Beruf lässt sich kaum verbergen, aber im sozialen Leben
- Organisationsgrad im Schwerhörigenbund: relativ gering
- Ziel: Mittel und Wege zu finden, Schwerhörigkeit zu „heilen“, um wieder zurück zum sozialen Leben zu kommen.

Gruppe 3 (Rentenalter)

- Statistischer Anteil der Schwerhörigen: etwa 60%
- Vermeidungsstrategie: die lange Leugnung der Schwerhörigkeit wird aufrechterhalten durch Rückzug aus gesellschaftlichem Leben, um nicht „aufzufallen“, bzw. zur Selbsttäuschung.

- Gelingt die Leugnung nicht mehr, ist die Schwerhörigkeit ein weiteres Anzeichen für den körperlichen Verfall, dass es auf das physische Ende zugeht. Trauerphase wird kaum beendet.
- Ein Zurück zum alten guten Hören: „was kann man schon tun gegen das Alter?“ => Resignation.
- Technik: Hörgerät muss unauffällig sein, kaum weitere Technik, meist schlechte Versorgung, Umschalten auf T-Spule geht noch, kaum Smartphone-Nutzung (über 50% haben gar kein Smartphone)
- Fehlende Barrierefreiheit der Technik ist ein Problem, das sie haben und sie abhält, sie zu nutzen.
- Outen: geht gar nicht, denn die Leugnung der Schwerhörigkeit muss unter allen Umständen aufrecht erhalten bleiben
- Organisationsgrad im Schwerhörigenbund: praktisch niemand
- Problem: so gut wie kein Zugang zu Informationen

Hier in diesem Zusammenhang ist das Verhältnis zur Hörtechnik relevant, also ob und wie eine im öffentlichen Rahmen angebotene Hörtechnik angenommen und genutzt wird oder verschmäht wird, egal ob aus technischen oder psychosozialen Gründen.

Hervorstechendes Merkmal ist, dass gerade die größte Gruppe der Schwerhörigen, nämlich die altersbegleitend Schwerhörigen bereit sind, nur eine sehr niederschwellige barrierefreie Hörtechnik zu nutzen. Nutzung von Smartphones, Zusatzgeräte wie Streaming-Zubehör, Bluetooth-Ankopplungen etc. sind jenseits ihres Kompetenzrahmens. Sie akzeptieren allenfalls das Umstellen ihrer Hörsysteme auf ein anderes Hörprogramm, wie Richtmikrofon oder T-Spule, sind aber nicht in der Lage, Streaming-Zubehör oder Streaming-Höranlagen zu konfigurieren oder zu nutzen.

Fazit: die größte Gruppe der Schwerhörigen, die altersbegleitend Schwerhörigen, sind angewiesen auf eine sehr niederschwellige barrierefreie Höranlagentechnik. Weiteres in den folgenden Kapiteln.

14 Grundlagen

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

Im gesamten Audibereich 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.

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

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. Die Luftdruckänderung muss auch noch eine bestimmte Stärke überschreiten: das ist die Hörschwelle ($2\mu\text{Pa} = 0,000002\text{Pa}$ (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: $1\text{m} + 3\text{m} = 4\text{m}$, sondern reagiert mit einem Verhältnis: etwa eine Verdreifachung (3,16) des Schalldruckes wird meist als Verdopplung der Lautstärke empfunden ($3 \times \text{Druck} = 2 \text{ Lautstärke}$), 10fach Druck = $20\text{dB SPL} = 4\text{mal}$ so laut. Da-

für 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.:

dB SPL : Sound Pressure Level (Schalldruck)

dB(A) : Schalldruck bewertet nach Gehörmpfindlichkeit

Das Ohr ist ein Schalldruck-Wandler (s. Kap. 14.5), 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)

14.2 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.

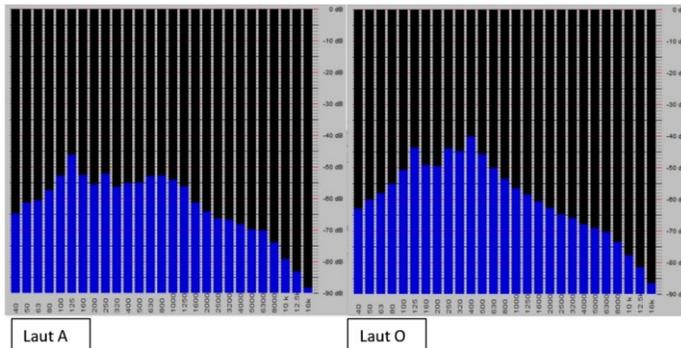
Beim Hörer geschieht das Umgekehrte. Der Schall wird im Ohr in Nervensignale umgewandelt, das Hörzentrum im Gehirn nimmt diese Nervensignale auf, analysiert sie und bildet daraus wieder Laute, Worte und Gedanken. Erst dadurch wird Hören zum Verstehen.

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 weit aus 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 oder umgekehrt. (**Lauttransformation**). Wir kennen dies, wenn wir beim Telefonieren eine schlechte Leitung erwisch haben: wir ver hören 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.

14.3 Was ist Hören und Verstehen?

Zunächst einmal wird der Schall vom Ohr aufgenommen und vom Innenohr in elektrische Impulse umgewandelt (Hören). Diese werden dann weitergeleitet ins Gehirn (Hörnerv/Hörbahn). Im Gehirn werden die elektrischen Impulse ausgewertet. Sie werden mit anderen Sinnesindrücken synchronisiert, abgeglichen, die räumlichen Informationen ausgewertet, der Störschall wird entfernt u.v.a.m. Und dann wird das so gewonnene Hörbild mit den vorhandenen Hörbildern verglichen. Als Ergebnis kommen dann Buchstaben, Wörter und Sätze heraus, die dann an andere Gehirnregionen weitergegeben werden und da entsteht dann das Verstehen, d.h. den Worten und Sätzen wird ein Sinn gegeben.

Man kann grob vergleichen:

Das Ohr ist quasi das Mikrophon, der Hörnerv das Mikrophonkabel, das Hörzentrum der Soundcomputer und die Hörbilder sind eine Datenbank die den Tönen Wörter zuordnet. An jeder Station können Fehler und Störungen auftreten.

Schwerhörigkeit sind Verarbeitungsfehler im Ohr (Mikrofon), im Hörnerv (Kabel) und die verkleinerte Datenbank mit den Hörbildern, denn als Folge von Schwerhörigkeit werden viele Hörbilder nicht mehr angesprochen (z.B. das Zirpen der Grillen) und deshalb gelöscht oder vielleicht auch nur ins Backup verschoben.

Fehlerhafte Verarbeitung im Gehirn (Soundcomputer) könnte man mit AVWS (Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungs-Störung) bezeichnen.

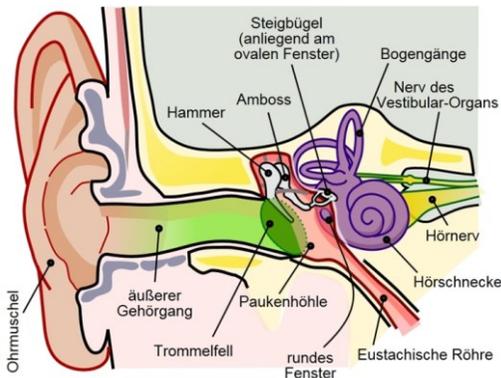
Schallleitungsschwerhörigkeit wäre also dann, wenn der Schall nicht richtig die Membran des Mikrofons bewegen kann, z.B. weil sie verklemmt ist oder die Schalleintrittsöffnung des Mikrofons verstopft ist.

Schallempfindungsschwerhörigkeit wäre es, wenn das Teil im Mikrofon defekt ist, das den Schall in elektrischen Strom verwandelt.

Für uns hier sind die Fehler im Ohr („Mikrofon“), am Hörnerv („Kabel“) und die Datenbank relevant. Mit Hörgeräten und Cochlear-Implantaten können Fehler am Ohr (Mikrofon) reduziert werden, ein defekter Hörnerv kann mit einem Hirnstammimplantat überbrückt werden. Für Fehler im Gehirn sind andere Disziplinen gefragt. Die Hörbilder-Datenbank ist wieder unser Thema: z.B. Hörtraining etc.

14.4 Wie funktioniert das Ohr?

Die Schallübertragung durch die Luft



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>

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 Luft-

druckschwankungen 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)

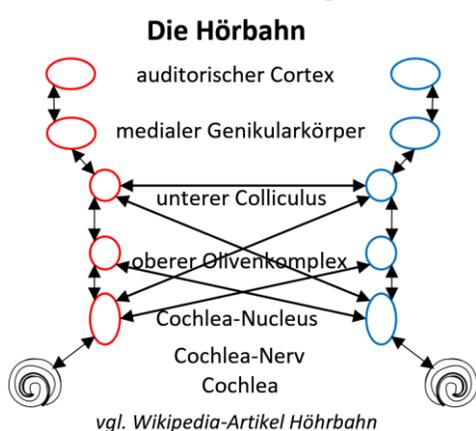
Die Hörhaarzellen im Innenohr

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 den Hör-



nerv an das Gehirn. Der Hörnerv leitet die Impulse an verschiedene Regionen im Gehirn weiter, er vernetzt quasi mehrere „Servicecenter“ im Gehirn, die dort diese Impulse auswerten und zum Teil auch über einen Rückweg Steuerimpulse an das Ohr geben. Im oberen Olivenkomplex werden z.B. die Laufzeit- und Lautstärke-Unterschiede (ITD/ILD) zwischen rechtem und linkem Ohr

ausgewertet, eine Grundvoraussetzung für das räumliche Hören.

Insgesamt wird das Nervensystem auch „Hörbahn“ genannt. 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 in bzw. durch das Gehirn.
- Die Verarbeitung im Gehirn funktioniert nicht mehr korrekt.
(AVWS = Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen)

14.5 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 $2\mu\text{Pa}$ (Mikro-Pascal, $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$, normaler Luftdruck $\approx 100.000\text{Pa} = 1\text{ bar}$). Diese $2\mu\text{Pa}$ werden mit 0dB SPL bezeichnet. Sie ist etwa das 0,000 000 000 01 fache oder 10 mal Ein-Billionstel eines Autoreifendrucks.
(dB SPL = deziBel Sound Pressure Level)
- Die **Unbehaglichkeitsschwelle** ist die Lautstärke, die als unangenehm betrachtet wird: etwa 100 bis 110 dB SPL (2Pa - $6,3\text{Pa}$).
- Die **Schmerzschwelle** wird in der Literatur unterschiedlich angegeben und liegt zwischen 120dB SPL (20Pa) und 140dB SPL (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**: $10\mu\text{s}$ (Mikro-Sekunden) ($0,00001\text{s}$) Zeitunterschied eines Schallereignisses zwischen rechtem und linkem Ohr können erkannt werden. Bei $30\mu\text{s}$ 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].

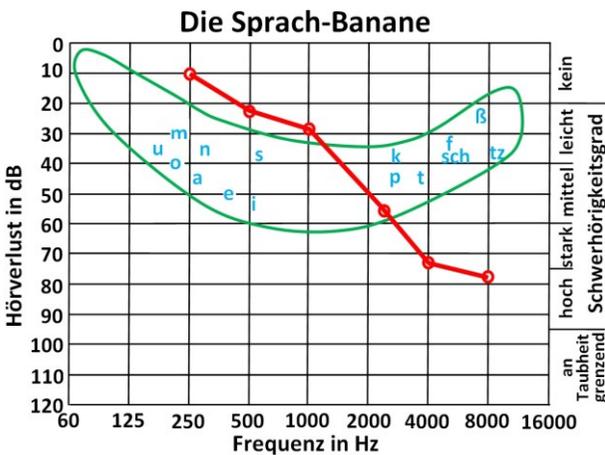
- Das einzelne Ohr kann Zeitunterschiede von etwa 30ms erkennen, aber erst etwa 50-100ms Zeitunterschied wird als **Echo** empfunden, darunter wird als **Hall** empfunden, sehr abhängig von der Charakteristik des Schalles ab. (Testtöne, Sprache, Musikart und -tempo etc.)

14.6 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 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). Bei der dritten Gruppe funktioniert die Weiterleitung des Gehörten ins Gehirn bzw. die



Verarbeitung des Gehörten im Gehirn nicht korrekt.

Die nebenstehende Grafik zeigt die Sprach-Banane. Die beispielhafte (rote) Hörkurve im Diagramm zeigt, welche Buchstaben noch gehört werden (unterhalb) und welche nicht (oberhalb).

Ursachen gibt für das fehlerhafte Hören gibt es sehr viele:

- Vererbung (etwa 250 Gene bekannt), 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
- Schädigung der auditiven Verarbeitung auf dem Weg ins Gehirn (Hörnerv) oder im Gehirn selbst, z.B. durch Unfall, Schlaganfall, Krankheit, Vererbung, psychische Ursachen etc. (z.B. AVWS)
- 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. Oder es können bestimmte Signale nicht korrekt ausgewertet werden, z.B. die räumliche Informationen. Um es mit dem oben Beschriebenen zu sagen:

Die Umsetzung des Schalls in Nervensignale und/oder ihre Auswertung im Gehirn funktioniert nicht mehr 100%ig korrekt. Manche Konsonanten/Vokale bzw. Laute kommen normal, manche verfälscht, manche gar nicht mehr an. Bei größeren Lücken hilft zum Teil ein Hörgerät/CI. Manche Informationen, z.B. die für das räumliche Hören, werden fehlerhaft oder garnicht erstellt, nicht richtig weitergeleitet oder nicht richtig im Gehirn ausgewertet. Bis zu einem gewissen Grad kann das Hörzentrum im Gehirn aus seinem Erfahrungsschatz noch ausgleichen. Dazu nutzt es in besonderem Maße auch Informationen andere Sinne hinzu, z.B. Mundbewegung, Mimik, Gestik, textliche Information (Untertitel/Schriftdolmetschung) oder auch aus dem Spürsinn, wie Vibrationen (z.B. tiefe Orgeltöne). Sogar der Riechsinn hilft, wenn man z.B. nicht gehört hat, dass eine Parfümflasche auf dem Boden zerbrochen ist.

Eine systematischere Darstellung der Problematik findet sich in Kapitel 14.9 - 14.17. Schwerhörigkeit geht einher mit der Einschränkung oder dem Verlust des räumlichen Hörvermögens. Wie das räumliche Hören funktioniert, findet sich in Kapitel 14.9.

14.7 Die verschiedenen Hörsysteme

Je nachdem, wie geartet die Hörschädigung ist, gibt es verschiedene Typen von Hörsystemen:

- Hörgerät: prädestiniert für Innenohrschwerhörigkeit und leichte Mittelohrschwerhörigkeit (Schalleitungsschwerhörigkeit)
- Cochlea Implantat (CI) für Ertaubte und resthörig Schwerhörige
- BAHA: für mittel- bis hochgradige Schalleitungsschwerhörige
- Mittelohrimplantat: für Schwerhörigkeit aufgrund defektem Mittelohr
- Hirnstammimplantat: Schwerhörigkeit bzw. Ertaubung aufgrund eines defekten Hörnerves.

14.7.1 Wie funktioniert ein Hörgerät?

Ein Hörgerät ersetzt bzw. ergänzt 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 oder eine andere drahtlose Technik (z.B. Bluetooth) umgeschaltet und diese elektrische Spannung kommt daher (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 vier auswählbare Programme, teurere Hörgeräte bieten bessere Technik, mehr und per Fernsteuerung auswählbare Programme und mehr Komfort.

Das verstärkte Signal wird wieder von einem kleinen Lautsprecher (Hörer genannt) in Schall umgesetzt. Damit es keine Rückkopplung (Kap.14.7.3) 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, bei hochgradig Schwerhörigen absolut nicht sinnvoll. Dabei wird der Hörschlauch im Ohrkanal durch ein kleines Silikon-Schirmchen fixiert oder ein externer Micro-Lautsprecher vor oder in den Gehörgang geklemmt. Die Rückkopplungsverhinderung wird dann elektronisch geregelt.

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-Auditorium-Situation (Kirche, Vorträge etc.) in ca. 80-85% der Hörgeräte die T-Spule (Telefonspule/Induktionsspule). Hörakustiker*innen aktivieren sie kostenlos in wenigen Minuten. (siehe auch Kap. 16 bzw. 16.1.2)

14.7.2 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 Hochtön-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 haben entweder eine eingebaute T-Spule oder können mit einem externen Gerät mit T-Spule verbunden werden, sodass alle induktiven Höranlagen genutzt werden können.

14.7.3 Was ist ein BAHA

Es ist die Abkürzung für „Bone attached Hearing Aid“. Bei Schwerhörigen mit einer Schalleitungsschwerhörigkeit ist die Luftschall-Leitung zwischen Außenohr und Innenohr gestört, die Hörschnecke (Cochlea) ist aber in Ordnung, sodass der schwache Körperschall, der über den Schädelknochen ins Innenohr gelangt, gehört werden kann.

Nun gibt es Geräte, die diesen Körperschall erheblich verstärken, sodass er fast normal gehört werden kann. Eine der üblichen Methoden ist, dass ein Bolzen am Schädelknochen verankert wird, an dem dann ein Gerät angekoppelt wird, das den Körperschall erzeugt. Eine andere Lösung ist eine Art von Bügel, der fest auf den Kopf gedrückt wird und den Körperschall erzeugt. Die dritte Lösung ist CI ähnlich. Der Körperschall-erzeuger wird unter die Haut implantiert und außen am Kopf wird der Sound-Prozessor über einen Magneten verbunden.

Nicht alle BAHA's haben eine eingebaute T-Spule, aber es gibt externe Möglichkeiten, an eine Induktionsschleife anzukoppeln.

14.7.4 Was ist ein Mittelehrimplantat

Diese Technik wird genutzt, wenn das Innenohr – die Cochlea – noch in Ordnung ist, aber kein normales Hörgerät oder Baha getragen werden kann. Auch bei kombinierter Schwerhörigkeit sind sie einsetzbar. Hierbei wird ein Empfangsgerät unter die Haut gelegt und ein Kabel bis in das Mittelohr gelegt. Am Ende des Kabels befindet sich dann ein Teil, das entweder am runden oder selten am ovalen Fenster angekoppelt wird. Außen am Kopf wird dann ein Prozessor ähnlich wie bei einem CI getragen.

14.7.5 Was ist ein Hirnstammimplantat

Ist der Hörnerv z.B. aufgrund einer Krankheit (z.B. Neurofibromatose Typ 2) oder eines Unfalls geschädigt, dann können die Impulse aus dem Ohr nicht mehr korrekt oder garnicht mehr das Hörzentrum im Gehirn erreichen. Dann hilft in manchen Fällen, z.B. bei völliger Ertaubung, ein

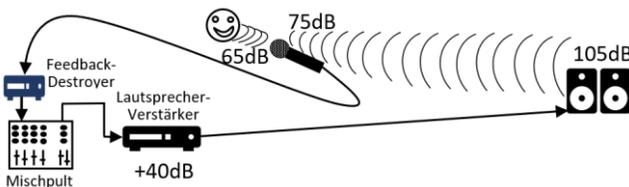
auditorisches Hirnstammimplantat. Es ist ähnlich aufgebaut wie ein CI, nur dass es nicht am Anfang des Hörnerves (in der Cochlea) ansetzt, sondern an dessen Ende im Hirnstamm. Und natürlich unterscheidet sich deshalb auch die Art der Elektrode, statt schlauchförmig wie beim CI ist sie eher ein rechteckig. Von der Operation kann man vermutlich nicht viel erwarten, meist besteht dann eine hochgradige Schwerhörigkeit.

14.8 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. (siehe auch Kap.14.10.3)

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.

14.9 Warum verstehen Guthörende selbst in lauter Umgebung? räumliches Hörvermögen,

Räumliches Hören besteht einerseits aus Richtungshören und aus Entfernungshören. 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. Entfernungshören basiert auf Unterschiede zwischen empfundener und physikalischer Lautstärke bei tiefen und sehr hohen Tönen gegenüber mittleren Tönen.

14.9.1 Richtungshören

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, auch „Gesetz der ersten Wellenfront“ bzw. „Präzedenz-Effekt“) Allerdings darf die Zeitspanne zwischen erster Schallfront und nachfolgender Schallfront nicht allzu lange dauern, man spricht von bis zu etwa 35ms, je nach Schalltypus und Inhalt.

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 an einem 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 Phasenverschiebung 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 =>

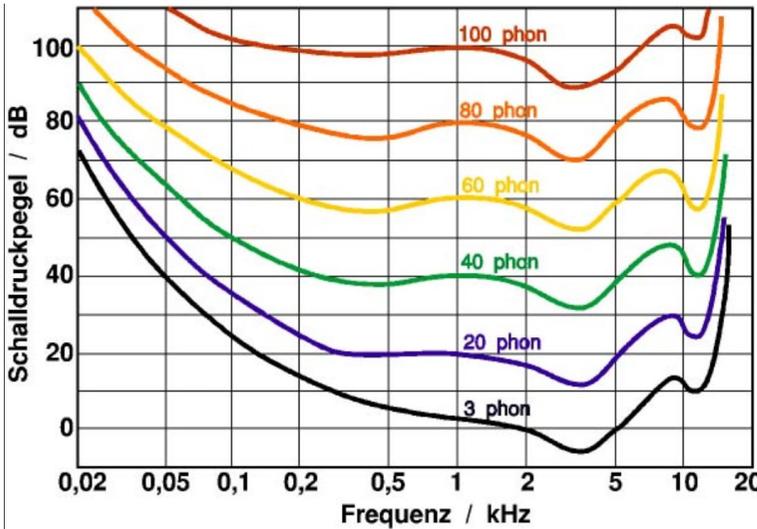
Phasenverschiebung 180° . Das räumliche Klangbild wird verwaschen und ein klares Erkennen, wo die einzelnen Instrumente spielen, ist nicht möglich.

- **Ohrmuschleinfluss 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>

14.9.2 Entfernungshören

Es gibt zwei Angaben über die „Lautstärke“ eines Schalles.

- Der physikalische Schalldruck in Pa (Pascal). Der Schalldruck ändert sich mit der Regel **1/Entfernung**. Sein Pegel (das Verhältnis zum Schalldruck der Hörschwelle $20\mu\text{Pa}$) wird in dB SPL angegeben. \rightarrow -6dB pro Entfernungsverdoppelung.
- Die menschliche Empfindung der Lautstärke (Phon bzw. Sone). Sie ist zwar für jeden Menschen und bei Musik und Sprache etwas unterschiedlich, man einigte sich auf einen bestimmten Durchschnitt. Beiden Angaben lassen sich aber nicht einfach ineinander umrechnen, denn die Umrechnung wäre abhängig von der Frequenz und vom physikalischen Schalldruck. Das liegt daran, dass das Gehör die Sprachfrequenzen im Bereich von etwa 1000-3000 Hz bevorzugt, für tiefe und hohe Töne jedoch weniger empfindlich ist. Und noch dazu werden leisere tiefe und hohe Töne auch noch einmal extra leise wahrgenommen.



Schalldruckpegel (dB) Kurven gleichen Lautstärkepegels Isophone (ISO 226:2003)
 Von Original: Lindosland in der Wikipedia auf English / Abgeleitetes Werk: Sgbeer -
 Diese Datei wurde von diesem Werk abgeleitet: Lindos1.svg, gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17465626>

Das bedeutet rein praktisch: die tiefen und ganz hohen Frequenzen werden im Vergleich zu den mittleren Frequenzen immer leiser wahrgenommen je weiter die Geräuschquelle entfernt ist. Je weiter weg, desto „dünn“ klingt das Geräusch. Das Geräusch ändert also nicht nur die Lautstärke, sondern auch noch seinen Klangcharakter. Wenn man das Geräusch kennt, also z.B. eine bestimmte Stimme, Motor- oder Laufgeräusche, dann kann man anhand von Lautstärke und Klangcharakter einigermaßen gut die Entfernung abschätzen.

Dieses Verhalten des Gehörs hat aber auch noch einen ganz anderen Effekt: Wenn man den Ton am Fernseher, MP3-Player oder Stereoanlage leiser dreht, dann simulieren wir ja damit, dass sich die Schallquelle von uns entfernt. Das führt aber dazu, dass wir die tiefen und hohen Töne leiser als die mittleren Töne wahrnehmen. Die Musik bzw. der Fernsehton klingt dann dünn und fade, es fehlen die Bässe und die Brillanz. Bessere Geräte haben da eine elektronische Schaltung, die tiefe und hohe Töne gehörriechtig entsprechend der obigen Funktions-Grafik nachregelt, sodass der Klangeindruck gleich bleibt. Fehlt diese Schaltung,

dann drehen wir instinktiv die Lautstärke wieder soweit auf, bis die Verhältnisse wieder stimmen. Das ist aber leider oft zu laut und führt auf Dauer zu Hörschäden oder zumindest für Probleme mit Mitbewohnern oder Nachbarn.

Was bedeutet das nun für Schwerhörige:

Die meisten Schwerhörigen können die hohen Frequenzen nicht mehr hören, oft sind auch schon die mittleren Frequenzen betroffen (unterhalb 4000 Hz). Die meisten Hörgeräte übertragen normalerweise die Frequenzen von etwa 200 Hz bis max. 8000 Hz, wobei die Übertragung ab etwa 5000Hz immer schlechter wird. Ergebnis: ein effektiver Hörbereich von etwa 200-4000 Hz. Und wenn man die Grafik anschaut, ist das ein Bereich, in dem einigermaßen gleichmäßig laut gehört wird, der für das Entfernungshören relevante Bereich liegt im Wesentlichen außerhalb.

Erschwerend hinzu kommt noch die Grundtätigkeit des Hörgerätes: unterschiedlich für jedes Ohr muss die Lautstärke jeder Frequenz zwischen Hörbarkeitschwelle und Unbehaglichkeitsschwelle gehalten werden. Die Verstärkung ist also von der Frequenz und der jeweiligen aktuellen Lautstärke abhängig. Es hat in den unterschiedlichen Frequenzbereichen eine getrennte „automatische Aussteuerungskontrolle“ auch Kompression genannt: leise Töne werden überproportional stark verstärkt, allzu laute Töne werden gedämpft: die obige **Regel 1/Entfernung** wird damit ausgehebelt. Und Störgeräusche müssen ausgefiltert werden. Selbst die besten Hörgeräte sind nicht in der Lage und sie dürfen es auch nicht tun: wieder die Verhältnisse herstellen, wie sie bei den ungeschädigten Ohren des Menschen einmal waren oder bei Frühschwerhörigen gewesen hätten sein sollen. Und das ist ein weiteres Problem: Es müssen die passenden Hörbilder („*Wie ändert welches Geräusch seinen Klang mit der Entfernung?*“) im Hörzentrum vorliegen, die bei Frühschwerhörigen ja in aller Regel nie gebildet worden sind und bei vielen anderen Schwerhörigen einfach vergessen wurden.

Entfernungshören ist also bei Schwerhörigen sehr stark eingeschränkt oder garnicht mehr möglich.

14.9.3 Cocktailparty-Effekt

Dieser Effekt ist der Grund, warum Guthörende trotzdem im Störschall verstehen können. Im Gegensatz zu einem High-End Hörsystem, das nur zweidimensional (2D = horizontale Hörebene) hören kann, können

Guthörende räumlich 3D hören: neben rechts, links, vorne, hinten auch noch oben und unten sowie Entfernung. 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 Handys verschwinden.)

Je nach Kopfstellung bzw. Richtung, aus der der Schall auf unsere Ohren trifft, verändert sich seine Klangfarbe durch das äußere Ohr (Ohrmuschel) ganz typisch und für jeden Menschen ganz individuell. **Unwillkürliche Kopfbewegungen** ändern die Wahrnehmung zwischen rechtem und linkem Ohr: unterschiedliche Lautstärke, Phasenlage und Klangfarbe des Schalls ändern sich. Dadurch kann die Schallrichtung und sogar die Entfernung sehr präzise bestimmt werden. Ohne diese unwillkürlichen Kopfbewegungen fällt es sehr schwer, zwischen vorne und hinten zu unterscheiden, Das haben die Kunstkopf-Untersuchungen in den 1970er Jahren gezeigt. Man musste mit der Hörerfahrung arbeiten: ein Orchester spielt immer vorne. (Kunstkopf: es wird ein natürlicher Kopf mit Ohrmuschel und der Oberkörper eines Menschen nachgebaut und sehr gute Mikrofone werden anstelle der Trommelfelle eingebaut. Hier finden Sie Hörspiele und andere Aufnahmen mit einem Kunstkopf: <https://www.ardaudiothek.de/suche/Kunstkopf/> . Man muss einem Kopfhörer nutzen. Guthörende können mit einem Kopfhörer so hören, als wären sie mitten im Geschehen, sie hören 3D. Je schwerhöriger man ist, desto schlechter gelingt das.)

Diese räumlichen Hörmuster 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. Und kommt die Mutter näher, ändert sich der Klang. 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 und -bewegung, 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 in der Weiterverarbeitung Störschall erheblich leiser und Nutzschall lauter machen. Ein Hörgerät kann die Kopfstellung nicht auswerten (manche High-End-Geräte haben allerdings schon Bewegungssensoren), sieht nicht durch unsere Augen, und hat auch keinen Zugriff auf unsere Erinnerungen oder abgespeicherte Hörmuster. Durch intelligente Verfolgung von Schallmustern kann ein High-End-Hörgerät vielleicht erkennen, in welche Richtung wir gerade den Kopf drehen, aber es weiß nicht, ob wir dort nur hinschauen wollen, aber nicht hören wollen. Das Hörzentrum kann nämlich auch sich auf ein Schallereignis aus anderer Richtung konzentrieren.

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.

Auch die Premium-Hörgerät mit künstlicher Intelligenz haben keine KI im Gerät, sondern die Software der Geräte wurde mithilfe von KI und den gesammelten Nutzerdaten der bisherigen Hörgeräte entwickelt.

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.

14.10 Direktschall, frühe Reflexionen, Hall, Echo, STI, Nebengeräusche, Latenzzeit, Lippensynchronität

14.10.1 Direktschall, frühe Reflexionen, Echo, Hall/Nachhall

Der Schall, der direkt von der Schallquelle, also dem/der Sprecher*in bzw. dem Lautsprecher zum/zur Zuhörer*in gelangt, nennt sich **Direktschall**. Aber in einem Raum wird der Schall auch von den Wänden reflektiert und gelangt nach einer Zeitverzögerung ein zweites Mal oder sogar öfters wieder zum/zur Zuhörer*in. Dieser reflektierte Schall ist der Diffusschall. Je nach Zeitverzögerung hat er unterschiedliche Auswirkungen auf unser Hören. Guthörende haben ein gutes räumliches Hören und können Direktschall und Diffusschall bis zu einem gewissen Grad anhand der unterschiedlichen Richtung auseinanderhalten (Cocktail-party-Effekt, s. Kap.14.9), sie dienen sogar dazu, Größe und Beschaffenheit des Raumes zu beurteilen: Garage, Badezimmer, Wohnzimmer, Halle, Dorf-Kirche oder Dom. Schwerhörigen gelingt das aufgrund des eingeschränkten oder garnicht vorhandenem räumlichen Hörvermögens

kaum noch. Diffusschall (Hall/Echo) sind für sie ein Störfaktor und alles verschwimmt zu einem undefinierbaren Mischmasch.

Frühe Reflexionen: das sind Reflexionen, die bei Guthörenden zusammen mit dem Direktschall verschmelzen. Der Zeitraum hängt von der Art des Schalles ab. Bei unserer Sprache endet er in etwa bei 15ms. Ist die Sprache reich an Vokalen, etwas später, enthält sie viele Explosivlaute (z.B.: p,b,t,d,k,g) enden die frühen Reflexionen sogar schon früher. Die frühen Reflexionen werden meist als Lautstärkeverstärkung wahrgenommen, vermutlich handelt es sich um eine Gehirnleistung. Untersuchungen, wie es sich bei Schwerhörigen verhält, konnten wir nicht finden. Nach den frühen Reflexionen beginnen Hall und Echo.

Hall/Nachhall sind Schallreflexionen, die nach den frühen Reflexionen eintreffen, aber nicht als wiederholtes Schallereignis erkannt werden, also eher diffus klingen (Diffusschall). Das hängt ebenfalls von der Art des Schalles (Sprache/Musik) ab. Der Bereich liegt in etwa zwischen 15 und 50ms (Sprache) oder Musik (etwa 100ms). Er entsteht, wenn Schallreflexionen mehrfach so kurz hintereinander beim Hörenden eintreffen, dass sie nicht mehr exakt auseinander gehalten werden können und ineinander verschwimmen. Die Nachhallzeit, ist die Zeit, in der der Schallpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60dB (=1/1000) abgenommen hat. Die Nachhallzeit in Kirchen beläuft sich so zwischen 1,5 bis zu etwa 12sek. Guthörende können in vielen Situationen noch etwas auseinanderhalten (Cocktailparty-Effekt, s. Kap.14.9), bei Schwerhörigen aber verschwimmt alles zu einem undefinierbaren Mischmasch. Der Hall hat einen sehr starken Einfluss auf die Sprachverständlichkeit (siehe STI Kap. 14.10.2)

Von einem **Echo** sprechen wir, wenn eine Reflexion mindestens ein zweites Mal beim Hörenden eintrifft, aber getrennt vom ersten Direktschall und gut hörbar wahrgenommen wird. Dabei spielt der sogenannte **Präzedenzeffekt** (= „Gesetz der ersten Wellenfront“ = Haas-Effekt) eine Rolle. Der besagt: man lokalisiert eine Schallquelle dort, von wo man die erste Schallfront wahrgenommen hat. Das heißt, wenn man den gleichen Schall kurz danach aus einer anderen Richtung hört, dann wird die andere Richtung nicht mehr wahrgenommen, sie erhöht allerdings die wahrgenommene Lautstärke. Das wird oft ausgenutzt bei Lautsprecheraufstellungen, indem die hinteren Lautsprecher so stark verzögert werden, dass sie erst bis zu 15ms später gehört werden als die vorderen Lautsprecher. Nun ist die Frage, wo also die Grenze ist, ab der ein Echo

wahrgenommen wird, also der Präzedenzeffekt nicht mehr auftritt. Das ist abhängig von z.B.

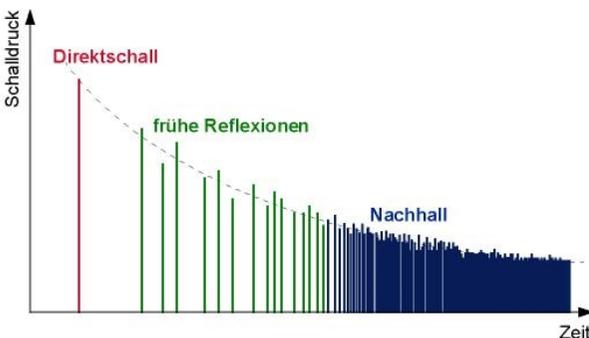
- der Art des Schalles (Klicklaute, Geräusche, Sprache, Musik etc.)
- Dauer des führenden Signals
- Unterschied der Richtung, aus der der zweite Schalleindruck kommt
- Lautstärkeunterschied zwischen führendem und Folge-Schalleindruck
- Klangunterschied zwischen führendem und Folge-Schalleindrucks
- Erwartungshaltung bzw. Aufmerksamkeit
- Aktuelle Verfassung der hörenden Person
- und je nach Untersuchungsmethode noch einiges mehr.

Man hat Werte zwischen zwischen **5ms und 50ms** ermittelt, das entspricht einer Schalllaufstrecke von etwa 1,70m bis 17m.

(vgl. Ruth Y. Litovsky; H. Steven Colburn; William A. Yost; Sandra J. Guzman: The precedence effect, The Journal of the Acoustical Society of America **106**, 1633 (1999)

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.cogsci.msu.edu/DSS/2019-2020/Hartmann/Litovsky_et_al_1999.pdf&ved=2ahU-KEwiC84SRk-IAxUtSPED-HXXCCPwQFnoECBkQAQ&usq=AOvVaw3qdQ1sHwDAz3LRxP9TEw3b

Die Norm für nationale Festnetztelefonie legt fest, dass ein Echo nicht länger als nach 25ms eintreffen darf, ansonsten sind elektronische Echounterdrückungsverfahren anzuwenden, da die Sprachverständlichkeit ansonsten leidet. (vgl. [https://de.wikipedia.org/wiki/Verz%C3%B6gerung_\(Telekommunikation\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Verz%C3%B6gerung_(Telekommunikation)) Abschnitt Nationales Festnetz) Weil ein Echo deutlich wahrgenommen wird, bedarf es einer hohen Konzentration, die zusätzliche Wiederholung des schon einmal Gehörten im Gehirn auszublenden. Eine besondere Art des Echos ist das **Flatterecho**, das entsteht, wenn der Schall mehrfach zwischen parallelen Wänden hin- und hergeworfen wird.

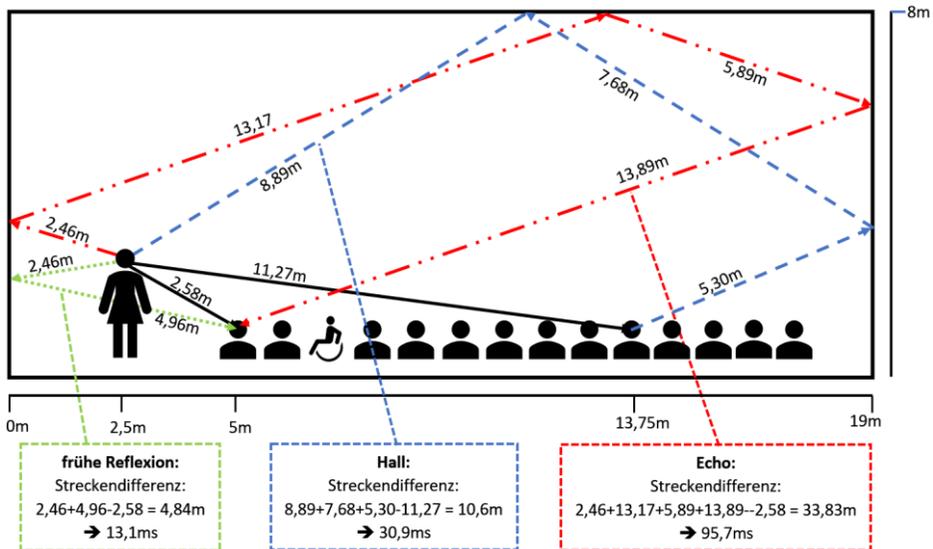


Musik „lebt“ vom Nachhall, Sprache aber wird bei Nachhall/Echo auch für Guthörende immer unverständlicher. Je länger die Nachhallzeit, desto mühsamer wird das Verstehen auch für Guthörende. Kirchen sind gerade wegen der Musik auf langen Nachhall („gute Akustik“) gebaut: Ulmer Münster 12sek, Kölner Dom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

$$A2 \text{ Sprache/Vortrag:} \quad = 0,37 * \log_{10}(\text{Volumen in m}^3) - 0,14$$

$$A3 \text{ Sprache/Vortrag inklusiv:} = 0,32 * \log_{10}(\text{Volumen in m}^3) - 0,17$$

Das ist das Problem vom Hall in Räumen für Musik und Sprache, wie Multifunktionshallen und gerade auch Kirchen. Wegen der Musik muss je nach Musikstil eine bestimmte Nachhallzeit sein, damit die Musik richtig klingt. Bei Musikaufnahmen werden oftmals die richtigen Kirchen dafür gesucht. Dann heißt es, die Kirche hat eine gute Akustik. Ist die Kirche aber gut für Musik, dann ist sie in der Regel schlecht für Sprache, weil Diffusschall (Hall/Echo) die Sprachverständlichkeit massiv reduziert.



Der Direktschall trifft immer als erstes am Hörort ein, die frühen Reflexionen treffen bis zu 15ms nach dem Direktschall ein, danach folgen Nachhall und dann ggf. noch Echos, die im Zeitraum zwischen 50ms

und 100ms einsetzen. Das hängt alles auch noch vom Schall-Inhalt ab (Sprache oder von den unterschiedlichen Musikstilen) und noch von der persönlichen Hörverfassung. Echo heißt, dass das zweite Schallereignis klar wahrgenommen wird und das ist bei jedem Menschen etwas anders.

Kirchen haben typische Nachhallzeiten von 2-8sek, manche Kathedralen bis zu 12sek. Die Nachhallzeit in der Kirche kann man mit folgende kostenlosen Apps abschätzen mit:

kostenlose App: RT 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.

14.10.2 STI: Speech Transmission Index

(Sprach-Transfer-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>

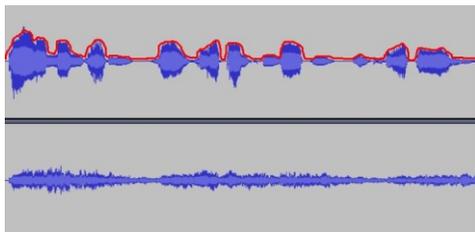
Die Silbenverständlichkeit ist jeweils am geringsten, fehlen Silben im Wort, werden sie anhand der anderen, verstandenen Silben erschlossen. Fehlende Wörter in Sätzen werden aus dem Zusammenhang erschlossen. Das Erschließen kostet jedoch Hirnleistung und Konzentration und geht bei Muttersprachlern natürlich 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 einem Sprachverständlichkeitsgrad von 40-70% im „Freiburger Sprachtest im Störlärm (5dB S/N)“ nur noch etwa ein Drittel der Worte verstehen.

Sehr viel zur Sprachverständlichkeit trägt die Hüllkurve bei. Sie spiegelt die typischen Lautstärkeschwankungen der Silben und Wörter unserer



Sprache. Die Messgeräte zur Bestimmung des STI werten u.a. die Hüllkurve eines Testsignals aus.

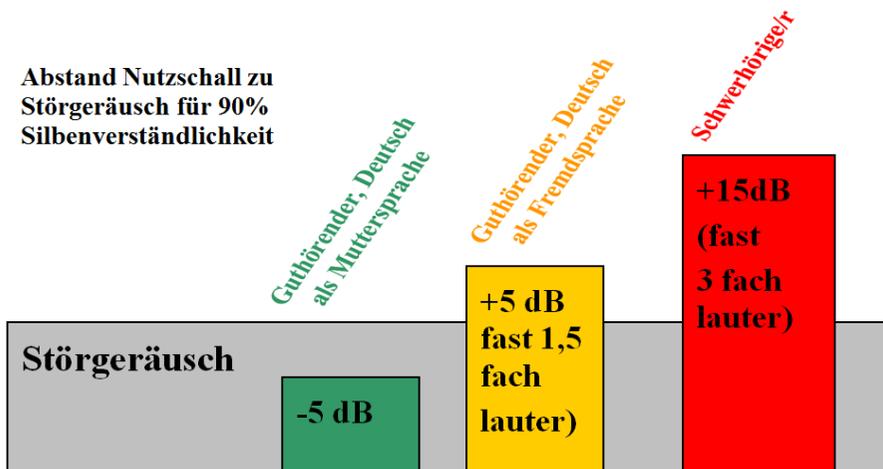
Oben ist ein Satz in einem kleinen Arbeitszimmer gesprochen, unten ist der Satz versehen mit Hall in einer typischen Kirche.

14.10.3 Technisch erzeugter Hall

Eine Hauptaufgabe von Höranlagen ist das Ausfiltern von Störlärm, Hall und Echo. Heutzutage ist es der Normalfall, dass Schwerhörige eine offene Versorgung haben und/oder die Hörgeräte haben eine Mischstellung, d.h. beim Hören über T-Spule oder Streaming ist immer das Hörgerätemikrofon zusätzlich eingeschaltet. Hat die Höranlage eine Latenzzeit, wie es digitale Anlagen systembedingt haben, dann kommt der Schall über zwei oder gar mehr Wege zu unterschiedlichen Zeiten ins Ohr. Das ist dann wieder technisch verursachter Hall, der die Verständlichkeit reduziert.

14.10.4 Nebengeräusche/Störschall

Bei öffentlichen Veranstaltungen wie Gottesdiensten, Vorträgen, Theater gibt es zahlreiche Nebengeräusche: Fußscharren, Husten, Türenklappern, Kommentare von Zuhörern, Tuscheln von Konfirmanden, raschelnde Kleidung, Handyklingeln, Rauschen der Klimaanlage u.v.a.m. Dies wirkt sich auf die Verständlichkeit aus.



Die Lautheitsangaben beziehen sich auf die psychoakustische Lautstärke-Empfindung (Kap.14.1)

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. 16.) Das reduziert noch zusätzlich das räumliche Hörvermögen (s. Kap.14.9). 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 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.14.12). 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.

14.10.5 Latenzzeit

Latenz kommt aus dem Latein und heißt Verborgensein und meint in unserem Zusammenhang den Zeitversatz, der zwischen zwei Signalen besteht. Das kann die Zeit zwischen dem Originalton und dem gehörten Ton sein oder zwischen Gesehenem und dem zugehörigen Ton, also z.B. gesehenem Mundbild und gehörtem Buchstaben (Phon). Sie umfasst also die Signallaufzeit vom Mund des/der Sprecher:in bis zum Trommelfell des/der Schwerhörigen.

Analoge Übertragungstechniken (FM/Induktion/Infrarot) sind praktisch latenzfrei (0,05ms laut eigenen Messungen, dies könnte auch die Messungenauigkeit sein), digitale Übertragungstechniken haben aber vom Prinzip her immer eine Latenzzeit, die von wenigen Millisekunden bis zu weit über 200/250ms reichen, das sind etwa ein Buchstaben (Phon) bis zu drei Silben. Ein Hörgerät hat ebenfalls eine Latenz, weil es heutzutage immer digital arbeiten muss. Je genauer die Hörkurve korrigiert wird und je mehr Störgeräusche ausgefiltert werden, desto höher ist die Verarbeitungszeit (Latenz) im Hörsystem. Sie liegt heutzutage zwischen etwa 3 und 10ms, je nachdem, was und wie detailliert das Gerät alles leisten muss, also z.B. in wieviele einzelne Frequenzbereiche (Kanäle) der Sprachbereich aufgeteilt wird, um die Hörkurve zu korrigieren; sind es nur 4 oder 24. Oder wie ausgeklügelt die Störschallunterdrückung arbeitet. (siehe Kapitel 14.13)

Problematisch wird die Latenz:

➔ Zwischen zwei unterschiedlichen Sinneswahrnehmungen

- **Zweisinneprinzip:** zeitliches Auseinanderklaffen der Signale von Akustik (erster Sinn) und Visuellem (zweiter Sinn: Mundbild/ Mimik/Gestik): das für Schwerhörige wichtige **Mundabsehen** wird erschwert oder nicht mehr möglich. Der vom Mund abgesehene Buchstaben (Phonem) wird sofort gesehen während der Ton dazu später eintrifft. (siehe Kapitel 14.10.6) Die beiden Wahrnehmungen müssen erst im Kurzzeitgedächtnis synchronisiert werden.

➔ Wiederholungen des Tonsignals mit einer Zeitverzögerung:

- Bei der **Kontrolle der eigenen Sprache:** Wenn die eigene Sprache später über die Hörsysteme ein zweites Mal gehört wird. (z.B. Publikumsfragen, Redebeiträge). Hier kommt man leicht unwillkürlich ins Stottern und aus dem Konzept. Das wirkt dann bei den anderen Teilnehmenden peinlich und ist deshalb diskriminierend.

- Technischen erzeugter **Hall bzw. Echo**: das tritt auf, wenn ein akustisches Signal zu unterschiedlichen Zeiten über mehr als einen Weg ins Innenohr (Cochlea) gelangt. Das ist der Fall bei:
 - **offener Versorgung** (heutzutage eher der Regelfall)
 - **einseitiger bzw. unterschiedlicher Versorgung** (Hörgerät und CI, stark unterschiedliche Hörkurven)
 - **Mischstellung**: das Hörgeräte-Mikrofon ist auch beim Umschalten auf T-Spule oder Streaming weiterhin aktiv. Das ist heutzutage meist die Standardeinstellung und muss im Hörakustikstudio oder immer wieder über eine Fernsteuer-App eigens abgeschaltet werden.
- ➔ **Verspätete Wahrnehmung des Tonsignals**:
 - beim Telefonieren die Antwort des Gegenübers so lange unterwegs ist, dass man nicht mehr mit einer Antwort rechnet und deshalb selbst weiterredet bzw. nochmals nachfragt. („Sind Sie noch da?“) Das ist ab mehr als 200ms der Fall. Die Kommunikation wird erschwert.

Hall und Echo reduzieren die Sprachverständlichkeit (siehe Kap. 14.10.2). Ein ständiges Echo erfordert eine erhebliche Leistung im Hörzentrum des Gehirns, um es auszublenden. Bei Festnetz-Inland-Telefonaten, die ja normalerweise relativ kurz sind, sagt die Norm, dass 25ms nicht überschritten werden dürfen, weil ansonsten die Sprachverständlichkeit selbst für Guthörende zu stark leidet und deshalb Echo-Canceling-Mechanismen notwendig werden. vgl. Abschnitt Nationales Festnetz [https://de.wikipedia.org/wiki/Verzögerung_\(Telekommunikation\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Verzögerung_(Telekommunikation))

14.10.6 Lippensynchronität und Latenz

Wie lang darf die Latenzzeit dauern, damit Schwerhörige noch Mundabsehen können? Oder andersherum gefragt: ab welchem Zeitversatz zwischen Gesehenem und Gehörtem ist Mundabsehen für Schwerhörige physisch nicht mehr möglich oder verursacht einen nicht mehr vertretbaren zusätzlichen Stress? Es gibt starke Hinweise, dass dann, wenn Mundbild und zugehörige Sprache auseinanderlaufen, Stress für Schwerhörige entsteht. Stress bedeutet aber z.B. erhöhter Puls und Blutdruck, auf Dauer also gesundheitsschädlich.

Wir konnten einige Richtlinien, Normen und Aussagen über Untersuchungen mit Guthörenden finden, jedoch keine Untersuchungen mit

Schwerhörigen. Auch die Hersteller von latenzbehafteten Höranlagen-techniken wie Auracast oder Wifi-Streamer haben bisher keine wissenschaftlich korrekte Untersuchungen vorgelegt. Doch bevor eine latenz-behaftete Höranlagen-Technik als bedenkenlos betrachtet werden darf, müssen die Hersteller mit solchen Untersuchungen nachweisen, in welchem Rahmen so eine Technik unbedenklich ist. Wird Auracast in Hörgeräten/CI eingebaut, unterliegt es den strengen Regeln für Medizinprodukte und sollte dann auch entsprechend zertifiziert werden.

➔ **das Zweisinneprinzip: Mundabsehen/Mimik/Gestik**

Jeder Mensch liest auch mehr oder weniger vom Mund ab, verwertet Mimik und Gestik. Guthörende sind nicht darauf angewiesen, Schwerhörige jedoch in besonderem Maße. Aber sie nutzen das Mundabsehen nicht nur zur Kontrolle wie Dolmetscher:innen (siehe weiter unten), sondern auch dazu, dass sie (vgl. Kapitel 14.17)

- Störgeräusche von Buchstaben unterscheiden (Phon-Detektion),
- Entscheiden, welcher Buchstaben es ist (Phon-Distinktion),
- nicht gehörte Buchstaben ergänzen (Phonem-Supplementation).

Schwerhörige sind darauf angewiesen, die mit Problemen behaftete akustische Wahrnehmung mit visuellen Informationen zu ergänzen und zu korrigieren. Beim Sprechen werden Mund, Lippen, Backen, Unterkiefer je nach gesprochenem Laut ganz typisch bewegt. Eine Reihe von Lauten sind gut erkennbar. Technisch ist es sogar möglich, die Muskelimpulse in Sprache um zu setzen.¹ Mimik und Gestik geben weitere Hinweise, wie das Gesprochene gemeint ist: sachlich, ironisch, verachtend: eine Grimasse, eine Handbewegung, eine Körperhaltung.

Akustische und visuelle Informationen werden als erstes in das Kurzzeitgedächtnis gespeichert, danach werden sie vom Gehirn analysiert und interpretiert, d.h. letztendlich deren Sinn verstanden (oder auch nicht).

Enthält das Akustische auch noch Hall und Echo, dann muss es erst noch bereinigt werden. Guthörende haben dazu eine gesicherte zweite Information: alles Gehörte enthält auch noch Metainformationen: die räumliche Information, d.h. die Richtung und Entfernung, aus der es

¹ https://www.wdrmaus.de/filme/sachgeschichten/lautlos_telefonieren.php5

kam. Bei Schwerhörigen ist diese zweite Information unzuverlässig oder garnicht mehr vorhanden. (siehe Kapitel 14.9)

Klaffen Akustik und Visuelles zeitlich auseinander (Latenz), so müssen erst beide Informationen synchronisiert werden. Dies wird anhand bestimmter „Marker“ gemacht, z.B. gehört wurde ein „A“, nun wird innerhalb eines bestimmten zeitlichen Bereiches im Visuellen ebenfalls ein „A“ gesucht und dann versucht, von da aus die nächsten Laute und Mundbilder in Übereinstimmung zu bekommen. Hierbei wird die Dauer eines Lautes relevant. Problematisch wird es, weil bei Schwerhörigen die akustischen Informationen nicht mehr allzu genau sind: manche Störgeräusche klingen wie Laute, manche Laute werden garnicht gehört, manche unterschiedlichen Laute klingen gleich oder sehr ähnlich, haben aber unterschiedliche Mundbilder, manche unterschiedliche Laute haben ähnliche Mundbilder.

Je mehr Akustik und Visuelles auseinander klaffen und desto unzuverlässiger das Gehörte ist, umso aufwändiger und ungenauer wird der Prozess und umso länger dauert er. Zwei Fehler-Situationen können auftreten:

- a. Die Zuordnung Akustik zu Visuellem erfolgte fehlerhaft. Ein paar Marker haben vermeintlich gepasst. Die Wahrscheinlichkeit steigt, dass an anderen Stellen das Mundbild nicht mit der Akustik übereinstimmt. Dann kann der „McGurk“-Effekt² auftreten: das Gehirn versucht unter Bevorzugung des Visuellen, zwischen Akustik und Mundbild einen Mittelweg zu finden. Man versteht an dieser Stelle dann einen ganz anderen Laut (Phon).
- b. Die Zuordnung Akustik zu Visuellem dauert zu lange, die zur Verfügung stehende Zeit ist verstrichen: Timeout. Die Passage der Rede fällt aus.

Beide Situationen führen zum Hörstress, Hörstress aber reduziert die Leistungsfähigkeit des Gehirns und führt schnell zur Ermüdung. Das aber erhöht wiederum den Hörstress und reduziert die Leistungsfähigkeit: ein Teufelskreis. Letztendliche Folge: Situationsvermeidung.

² vgl.: <https://de.wikipedia.org/wiki/McGurk-Effekt>) oder auf Youtube.

Ab einem gewissen Punkt gelingt die Synchronisation zwischen Sehen und Hören nicht mehr. Ein Kipp-Punkt wird erreicht. Das Mundabsehen wird sogar kontraproduktiv, wenn die Gesehenen nicht mehr mit den Gehörten Lauten (Phone) übereinstimmen. Sogar richtig gehörte Phoneme werden oft durch das falsche Mundbild nicht mehr verstanden.

(McGurk-Effekt)³

➔ Was sagen Vorschriften, Normen und Untersuchungen zur Lautenz?

Vorweg müssen die Rahmenbedingungen für hörakustische Versuche erläutert werden:

Praktisch alle hörakustische Versuche werden mit Guthörenden gemacht. Das liegt u.a. daran, dass Schwerhörigkeit so unterschiedlich ist, dass sie sich nicht normieren läßt, um reproduzierbare Ergebnisse zu bekommen. Guthörende sind nicht auf das Zweisinneprinzip angewiesen, also z.B. visuelle Informationen wie Mundbild, Mimik, Gestik. Das für Schwerhörige wichtige Mundabsehen bleibt bei den meisten hörakustischen Untersuchungen außer Betracht. Meist ist auch der Stresslevel nicht Gegenstand der Untersuchungen: für die Frage, ab wann ein bestimmtes akustisches Phänomen (Ton) erkannt wird, ist es irrelevant, wie sehr sich die Probanden anstrengen müssen. Niemand fragt, wie sehr der „Freiburger Sprachtest“ bei der Hörgeräteanpassung anstrengt. Die oft wenigen Probanden rekrutieren sich meist aus den Reihen der Mitarbeitenden des jeweiligen Akustik-Instituts, also meist „Ohren-Menschen“, die schon oft an ähnlichen Tests teilgenommen haben. Das ist auch nicht grundsätzlich anders als bei den meisten wissenschaftlichen Untersuchungen anderer Disziplinen, die sich um Strukturen im menschlichen Bereich kümmern, wie z.B. Medizin, Psychologie, Soziologie, Gehirnforschung etc.

a) Die Dauer eines Lautes:

Ein erster Hinweis: ein gesprochenener Laut dauert zwischen etwa 37ms (kurzes „i“) und 214ms (sehr langes „a“). <https://de.wikipedia.org/wiki/Lautdauer>

³ vgl.: <https://de.wikipedia.org/wiki/McGurk-Effekt>) oder auf Youtube.

Diese Zeiten sind relevant für das Synchronisieren zwischen Akustik und Visuellem. Da könnte es beim Satz „Ich bin Fritz“ schon bei Latenzen von 34-40ms zu Synchronisationsproblemen kommen.

b) ITU-R BT.1359 Richtlinie von 1998

Sie geht von früheren subjektiven Untersuchungen aus und definiert Grenzwerte, ab wann bei TV-Übertragungen ein Bild/Ton-Versatz (Latenz) den Betrachtern auffällt und ab wann er sie nicht mehr akzeptiert ist. Die Grenzen lauten:

	Ton vor Bild	Ton nach Bild (hier relevant)
Latenz fällt auf	45ms	125ms
Latenz wird nicht mehr akzeptiert	90ms	185ms

Es ging hier nicht um ein direktes Sehen „life vor Ort“, sondern um eine TV-Übertragung aus einer Zeit, in der pro Sekunde 25 Bilder hintereinander jeweils zur Hälfte übertragen werden konnten (technisch: 50i), d.h. ein komplettes Bild wurde für 40ms gezeigt, also ein sehr grobes Raster. Mundabsehen oder Stress war bei diesen Untersuchungen offensichtlich kein Thema. Vermutlich waren die Probanden Guthörende, die garnicht auf das Mundabsehen abgewiesen waren und es auch nicht als „Ohren-Menschen“ tun.

c) Institut für Rundfunktechnik München:

Zu dieser oben genannten Aufstellung in der ITU-Richtlinie sagt dann auch das Institut für Rundfunktechnik München: ⁴

Kapitel 2.4 Seite 6:

„Weiterhin ist zu beachten, dass nicht die Grenze, ab wann ein Betrachter den Bild/Ton-Versatz bewusst erkennt, für die Definition einer Toleranzgrenze herangezogen werden kann, sondern dass schon viel früher ein gewisses „Unwohlsein“ beim Betrachter entsteht, ohne dass ihm die Ursache bewusst wird; der Genuss des Programms ist jedoch dennoch eingeschränkt.“

⁴ Richtlinien, Erläuterungen zum Bild/Ton-Versatz vom August 2009 (herausgegeben von Institut für Rundfunktechnik München)

→ „Unwohlsein“ ist allgemein bekannt als ein Stressfaktor. Stress aber reduziert die Kapazität für das Hörpuzzle, im Endeffekt also die Sprachverständlichkeit.

d) ITU-R BR.265

Empfehlung für Filme mit 24fps: 22ms maximale Latenz

e) Dolmetschende:

Mit Guthörenden gab es wissenschaftliche Untersuchungen u.a. zur Latenz zwischen Bild (Mundbewegung/Mimik/Gestik) und Ton, nämlich im Bereich von Dolmetschenden. Einen sehr guten Anhaltspunkt geben die Normen und Vorschriften für Dolmetscher:innen, denn diese sind ebenfalls auf das Mundabsehen/Mimik/Gestik angewiesen, um im Zweifelsfall das richtige Wort zu verstehen. Die ISO-Normen für Dolmetschende:

- + Abwechseln nach 15-20min mit dem/der Partner:in
- + Kabinen müssen schallisoliert und klimatisiert sein.
- + Die Sichtverbindung zum Sprecher muss direkt und klar sein.
- + Die Audioqualität muss sehr hoch sein. Frequenzgang von mindestens 125-15000Hz ± 3 dB, Geräuschabstand >95 dB und Klirrfaktor unter 1%. (Anm. ein „tz“ geht bis zu 14.000Hz) Selbstredend muss die Übertragung Echo-frei sein. Diese Qualität erreicht kein Hörsystem und die Ohren von Schwerhörigen ohnehin nicht mehr.
- + Die Latenz über die gesamte Audiostrecke darf maximal **12ms** sein (Forderung der Dolmetscher für die ISO-Norm 20108). Die EU-Kommission schreibt sogar nur **10ms** vor.⁵

Darüberhinaus können sich Dolmetschende

- + auf den Vortrag vorbereiten, sie erhalten oft Redemanuskripte und Fachwörterlisten.
- + Und sie kommen zum Vortrag nicht des Vortrags willen, sondern nur um ihn zu dolmetschen. Sie sind auch darauf trainiert, das Gehörte in ihrem Ultrakurzzeitgedächtnis zu speichern, um Gehirnleistung zu sparen.

Der Grund für diese Begrenzung der Latenz auf 12ms: Die wissenschaftliche Versuche haben die Gehirnleistung, Stresslevel und andere

⁵ https://commission.europa.eu/document/download/c69953e1-5630-4f67-8d4e-8b0ddb55baf8_en?filename=technical-specifications-for-portable-interpreting-equipment-2018_en.pdf&prefLang=de

Faktoren bei verschiedenen Latenzzeiten zwischen Mundbild/ Mimik/ Gestik und gehörtem Ton und weiteren Parametern gemessen. Man konnte feststellen, dass die Gehirnleistung und der Stresslevel spätestens nach 12ms Latenz stark ansteigen. Also forderte man diese 12ms als Grenzwert für die Latenz, die EU-Kommission legte sie schon auf 10ms fest.

Aber es gibt Unterschiede zwischen Dolmetschenden und Schwerhörigen zu Ungunsten der Schwerhörigen:

- Schwerhörige können sich nicht nach 15/20min austauschen lassen.
- Sie sitzen nicht in Störlärm-geschützten und klimatisierten Kabinen.
- Sie hören nicht hochqualitativ, weil ihre Ohren geschädigt sind.
- Sie bekommen keine Skripte und Fachwörterlisten.
- Sie wollen den Inhalt des Vortrages verstehen und sich merken.

Das heißt, die Hör-Anforderungen für Schwerhörige sind mindestens ähnlich hoch wie bei Dolmetschenden.

f) Hörgerätetechnik

Bei einem DAGA-Vortrag eines Experten, der bei einem Hörsystemkonzern und an der Universität Darmstadt gearbeitet hat, fand sich diese Feststellung: „Die notwendige Begrenzung der Latenz auf unter 10ms führt u.a. zu Begrenzungen der erreichbaren Frequenzselektivität.“⁶

Da alle Hörsysteme heutzutage digital sind, haben sie eine Latenz. Hier wird sogar festgestellt, dass das reine Hörgerät notwendigerweise auf unter 10ms Latenz begrenzt werden muss, d.h. die Latenz zwischen Hörgerätemikrofon und Hörgeräte-Lautsprecher. Wenn aber schon das Hörgerät selbst in der Latenz auf 10ms begrenzt werden muss, bleibt praktisch ja keine Latenz mehr für eine Höranlage übrig.

g) Eigene Sprachkontrolle

Aus der Musikbranche ist bekannt, dass Musiker aus dem Takt geraten, wenn das InEar-Monitoring eine Latenz von mehr als 5-10ms hat. Das ist wichtig bei Studio-Aufnahmen, weil dort die Musiker in getrennte Aufnahmeräume platziert werden. Die Musiker hören sich dann gegen-

⁶ DAGA-Vortrag 2017 von Jens Puder (Hörgerätekonzern Sivantos und Uni Darmstadt)

seitig über das InEar-Monitoring. Quellen finden sich im Internet zu Hauf.

Ähnliches bestätigt auch das Institut für Rundfunktechnik für Sprache: 4.5.10 “Konferenzschaltung” / n-1-Signal Seite 20 ⁷:

„Neben diesen Effekten, die der Zuschauer wahrnimmt, sind Signallaufzeiten auch für den Kommentator problematisch. Nimmt z. B. ein Kommentator seine eigene Stimme um mehr als 10 ms verzögert auf dem Kopfhörer wahr, kann er dadurch irritiert werden.“

Wenn selbst professionelle Sprecher irritiert werden können, dann gilt dieses für Normal-Menschen erst recht und für Schwerhörige in besonderem Maße. Bei Publikumsfragen oder eigene Redebeiträge kommt man leicht unwillkürlich is Stottern und aus dem Konzept. Das wirkt bei anderen Teilnehmern peinlich und ist deshalb diskriminierend.

h) Hall und Echo

Sie treten auf wenn man beides, den Originalton und etwas später den verzögerten Ton über die Höranlage hören kann, sie sich also überlagern. Das wirkt wie Hall und Echo, führt ggf. zu Kammfiltereffekten und reduziert auf alle Fälle die Sprachverständlichkeit (STI=Sprach Transfer Index) (siehe Kapitel 14.10.2): Verursacht wird dies auch durch falsche Hörgeräte-Versorgung oder Hörsystem-Einstellungen:

- **einseitige** Hörgeräteversorgung (ein noch guthörendes Ohr, eines mit Hörgerät versorgt.)
- **unterschiedliche Latenzen** der Hörsystemversorgung: z.B.: Hörgerät und CI, sehr unterschiedliche Hörkurven rechts/links
- **offene Versorgung** (heutzutage eher der Regelfall)
- **Mischeinstellung** des Hörgerätes: die Hörgerätemikrofone bleiben ständig eingeschaltet, auch wenn auf T-Spule oder Streaming umgeschaltet wird. (heutzutage meist Standardeinstellung der Hörsysteme)

Die Verfolgung der Signalwege hat ergeben, dass das Tonsignal bis zu sechs Wege in das Innenohr auf einer Seite nehmen kann, und das mit unterschiedlichen Latenzzeiten. Bei zwei Ohren sind das zwölf Wege. Damit wird der eigentliche Zweck einer Höranlage zumindest zum Teil zunichte gemacht.

⁷ Richtlinien, Erläuterungen zum Bild/Ton-Versatz vom August 2009 (herausgegeben von Institut für Rundfunktechnik München)

➔ Fazit: Was bedeutet das für Schwerhörige?

Latenz bedeutet Hörstress und Probleme beim wichtigen Zweisinneprinzip (Mundabsehen/Mimik/Gestik) durch erhöhte Anforderung an die Gehirnleistung. Erst nach der Synchronisation kann der Verstehensprozess anlaufen, das heißt, das Buchstaben- und Wörter-Puzzle kann beginnen.

Je höher die Latenz ist und je geringer das Hörvermögen ist, desto aufwändiger wird die Synchronisationsleistung und umso länger braucht das Gehirn dafür.

Ab einer gewissen Latenz gelingt die Synchronisation zwischen Sehen und Hören nicht mehr. Ein Kipp-Punkt wird erreicht. Je länger Schwerhörige diesem Hörstress unterliegen, desto früher setzt dieser Kipp-Punkt ein. Das heißt, die maximal „verträgliche“ Latenzzeit verkürzt sich im Laufe des Zuhörens. Es beginnt sogar ein Teufelskreis:

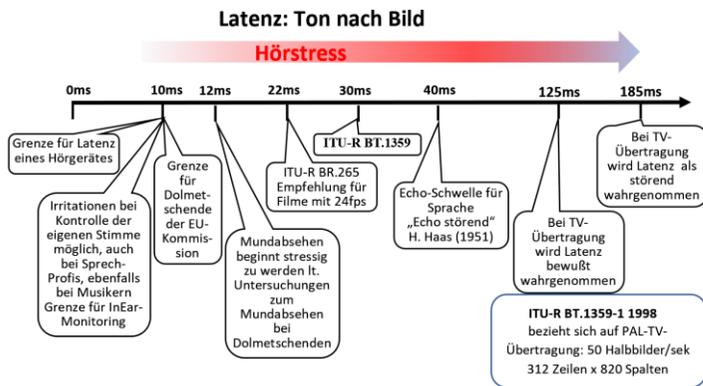
- nicht Verstehen erhöht den Stress.
- Stress zieht Gehirnleistung ab.
- Zum Hören steht weniger Gehirnleistung zur Verfügung.
- Es wird noch weniger verstanden und das führt zu noch mehr Stress.

Das Mundabsehen wird ggf. sogar kontraproduktiv, weil die gesehenen nicht mehr mit den gehörten Buchstaben (Phon) übereinstimmen.

Schwerhörige sind in der Zwickmühle: Mundabsehen zieht wegen der Latenz zu viel Hirnleistung ab, die für das Hörpuzzle benötigt werden, aber ohne die visuelle Information gelingt der Verstehensprozess nicht mehr. Die einzige Lösungsstrategie kann dann nur noch: Rückzug aus der Situation sein.

Nun gibt es Einwände, dass Schall natürlicherweise pro Meter 3ms Latenz gegenüber dem Sehen hat, Latenz also normal und deshalb unbeachtlich sei. Es ist aber falsch, Situationen aufgrund dessen, dass sie in unserer Umwelt immer vorkommen, als nicht anstrengend bzw. stressfrei zu bewerten. Bergaufwandern kommt im natürlichen Leben auch vor: strengt es deshalb grundsätzlich nicht an? In der freien Natur lebende Menschen müssen sich immer wieder vor wilden Tieren in Acht nehmen. Alles stressfrei?

Das Akkumediell: bei einem kurzfristigen Hörstress an einem Infopoint oder einer Kasse wird kaum bemerkt, dass sich ihr inner Akku etwas leert. Wenn jedoch die Hörstress-Situation bei einem Vortrag ein/zwei Stunden oder einen ganzen Tag bei einer Konferenz anhält, dann spürt man schnell, wie der Hörstress den inneren Akku belastet. Wie es aussieht, ist die technisch wie menschlich verträgliche Latenzzeit auf etwa 10ms begrenzt. Die wird aber schon praktisch vom Hörsystem ver-



braucht. Es bleibt für eine Höranlage also so gut wie keine Latenzzeit mehr übrig. Das kann nur eine analoge Höranlage leisten.

Zur Problematik von Latenz-Tests mit Schwerhörigen:

Tests, ob Schwerhörige mit einer bestimmten Latenz zurecht kommen oder nicht, dürfen also fachlich gesehen nicht mit kurzen Hörbeispielen gemacht werden, wenn die Probanden noch frisch und ausgeruht sind. Subjektive Aussagen, wie „es war gut verständlich“ oder ähnlich, sagen nichts aus. Mit dem bekannten Akku-Modell erklärt:

Zu Beginn der Tests ist der Akku voll. Ein Teil der Ladung wird ständig verbraucht, aber vom Körper wieder nachgeladen. Je anstrengender das Hören und Verstehen wird, desto eher übersteigt die Energieentnahme aus dem Akku die Nachladerate, der Akku entlädt sich allmählich. Ist die Zeit, in der verstanden werden muss, relativ kurz, dann geht der Akkustand hinunter, aber der Akku geht nicht leer. Eine Nachfrage, ob man gut verstanden hat, wird dann mit „ja“ beantwortet. Muss man aber für längere Zeit verstehen, dann leert sich der Akku immer mehr bis zur Nullmarke, ein Verstehen ist dann nicht mehr so einfach möglich. Die gleiche Frage nach der Hörqualität wird dann mit „schlecht“ beantwortet.

Man muss also mit praxisrelevanten Zeiten von etwa 1-2 Stunden prüfen und objektive Messmethoden zur Stresslevel-Messung wie z.B. Blutdruck, Pulsrate, Sauerstoffverbrauch, Hirnstrommessungen etc. verwenden. Dazu müssen die Proband:innen auch eingruppiert werden nach ihrem Schwerhörigkeitsgrad und den Mundabsehfähigkeiten.

Eine Anmerkung zum Sauerstoffverbrauch: Bei den wissenschaftlichen Versuchen mit Dolmetschenden wurde natürlich auch der Sauerstoffverbrauch als Indiz für die abgeforderte Gehirnleistung gemessen. Nach Angaben des Experten lag er über dem eines Lufthansa-Piloten und eher in der Gegend von Bundeswehr-Jet-Piloten.

Es mag sein, dass Schwerhörige für eine kurze Zeit mit einer höheren Latenz als 12ms zurecht kommen, wenn sie gerade ausgeruht sind. Aber alle Erfahrung mit Schwerhörigen in den letzten mehr als 20 Jahren haben gezeigt, dass nach etwa eine $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ -Stunde Rufe nach einer Pause oder Öffnen der Fenster beginnen oder schwerhörige Menschen sich langsam ausklinken. Es ist deshalb mehr als gerecht und sinnvoll, für Schwerhörige ebenfalls eine maximale Audio-Latenz von 12 bzw. 10ms fest zu legen.

Gesamtrechnung der Latenzzeiten:

Rechnen wir jetzt die Latenzzeiten der Übertragungstechnik zusammen:

Gerät	analoge Geräte	digitale Geräte
Sprecher-Mikrofon	0 ms	10-15ms (Funkmikro)
Mischpult	0 ms	1ms - 3ms
Höranlage	0,05 ms (FM, Induktion)	35-60ms (Auracast) 40-200ms (WLAN)
Hörsystem (digital)	3ms – 10ms	
Gesamtlatenz	3,05ms bis 10,05ms	49ms-228ms

An der Latenz von Mikrofonen, Mischpulten und Hörsystemen können wir garnichts oder nur selten etwas ändern. Als Ansatzpunkt für uns bleibt da nur die Auswahl der richtigen Höranlage.

FAZIT:

Wir müssen davon ausgehen, dass die Anforderungen bezüglich Latenz für Schwerhörige noch strenger als für Dolmetscher sein müssen.

Technisch gesehen werden diese maximale Latenz von 12ms bzw. 10ms meist schon schon zum großen Teil durch die Latenz von Mikrofontechnik (bis zu 15ms) und digitalen Hörgeräten (3-10ms) aufgeessen.

Auf gar keinen Fall darf die gesamte Audiostrecke bei Life-Veranstaltungen wie Vorträgen, Gottesdiensten etc. mehr als 12ms Latenz haben, ansonsten belasten wir Schwerhörige unnötigerweise mit zusätzlichem Hörstress und sorgen mitunter sogar dafür, dass sie nicht Verstehen. Die Folgen bleiben nicht aus: sie werden unsere Veranstaltungen nicht mehr besuchen, weil sie den Stress spüren, der zu oft an ihre Substanz geht.

Da bleibt für die Höranlage nichts mehr übrig, sie muss also latenzfrei sein. Es kann also zur Zeit nur eine analoge Anlage, z.B. eine induktive in Frage kommen.

14.10.7 Latenz, Beschallungsanlagen und Schwerhörige

Typisch ist die Argumentation, dass der Schall pro Meter Entfernung 3ms braucht und somit Latenz zwischen Mundbild und Hören völlig natürlich sei und deshalb nichts ausmachen täte. Das ist ein Trugschluss. Es ist immer eine Synchronisationsleistung im Gehirn notwendig, die umso höher und fehleranfälliger ist, je länger die Latenzzeit ist. Eine natürliche Reaktion ist z.B. auch, dass man versucht, näher an die Sprachquelle heranzurücken. Man kann auch nicht davon ausgehen, dass Trepensteigen nicht anstrengt, nur weil man das täglich macht.

14.11 Ist Stereo für das Verstehen wichtig?

Es wird in Bezug auf Höranlagen immer wieder als Nachteil der Induktions-Technik betont, dass sie nicht in Stereo übertragen kann, im Gegensatz zu FM, Infrarot und der Digital-Technik. Die letzteren könnten zwar Stereo übertragen, aber es gibt praktisch keine Anlagen, die das auch tatsächlich tun, wozu auch, wenn sie zur Sprachübertragung dienen. Oft wird dabei auch das Theater genannt, dass man nicht mehr hören kann, ob der/die rechte oder linke Schauspieler:in spricht.

Was ist Stereo? Stereo ist eine Reduktion des räumlichen 3D-Hörens (siehe Kapitel 14.9) auf eine Linie zwischen zwei Lautsprechern, also auf eine Dimension 1D. Oben, Unten und die Entfernungen werden auf diese Linie zusammengequetscht. Hinten wird durch die Aufnahmetechnik unterdrückt. Die Seiten werden in die Ecken gedrängt. Je nach Aufnahmetechnik wird der Lautstärkeunterschied oder der Laufzeitunterschied des Schalls zwischen rechts und links vernachlässigt.

Was ist Mono? Mono ist die Reduktion bdes räumlichen 3D-Hörens auf einen Punkt, also 0D.

Grundsätzlich ist das räumliche Hören (3D) sehr wichtig, um Störlärm auszublenden. (siehe Cocktailparty-Effekt Kap. 14.9) Die dazu notwendigen räumlichen Informationen sind aber im Stereo-Signal (1D) nur noch sehr eingeschränkt vorhanden.

Gibt es auch 2D-Hören?

Ja, das sind die Quadrophonie, die 4.0, 5.1, 7.1-Sourroundsoundssysteme. Die versorgen die Ebene zwischen den Lautsprechern. Die Zahl vor dem Punkt ist die Anzahl der „normalen“ Lautsprecher, die Zahl hinter dem Punkt die Anzahl der Basslautsprecher.

Zusammenfassung der Hördimensionen:

3D	natürliches gutes Hören, Kunstkopf, binaurales Hören, immersive Sound (künstliches 3D)
2D	Quadrophie (4.0 Soundsystem), 5.1 und 7.1- Sourroundsoundssysteme
1D	Stereo
0D	Mono

Braucht man bei einer Höranlage Stereo?

Schwerhörige können Störlärm beim Hören von Sprache schwer oder garnicht ausfiltern, weil die kaum noch vom Cocktailparty-Effekt profitieren können. Deswegen muss diese Ausfilterung des Störlärms eine Höranlage leisten, indem sie nur den Nutzschaall überträgt, indem sie das, was im Raum über Luftschall übertragen wird, auf einen vom Störschall nicht beeinflussbaren Weg direkt in die Hörsysteme übertragen.

Das heißt, bei einer Höranlage ist Stereo garnicht notwendig, mitunter sogar von Nachteil und kontraproduktiv, weil bei Stereo Informationen auch nur auf einer Seite übertragen werden und vielleicht die Schwerhörigkeit gerade auf dieser Seite besonders stark ausgeprägt ist und deshalb dann nichts verstanden wird.

Schauen wir nebenbei einmal darauf, was den Guthörenden geboten wird: ob die Lautsprecheranlagen in Veranstaltungsräumen in Stereo arbeiten. Das ist so gut wie nie der Fall, am Rednerpult ist meist nur ein Mikrofon, also Mono. Selbst wenn zwei oder gar vier Mikrofone verbaut sind, ist die Technik Mono. Es wird jeweils mit einer speziellen Technik blitzschnell immer nur das Mikrofon übertragen, das den besten

Empfang hat. Das gibt dem/der Redner:in die Freiheit beim Reden, den Blick auch in verschiedene Bereiche des Publikums zu richten.

Die Forderung nach Stereo für Höranlagen ist also ein reines Fake-Argument, um insbesondere die induktive Höragententechnik madig zu machen. Wir haben das Argument nur in bezug auf die Induktion gehört, aber noch nie gehört in Zusammenhang mit irgendeiner anderen Höragententechnik, auch wenn es die auch nur in mono gibt.

Und was ist mit Musik und Hörspiele?

In der Tat klingt Musik besser in Stereo oder sogar in 3D. Auch Hörspiele sind oft für Stereo konzipiert. Das kann eine Höranlage nicht leisten, dazu ist sie ja auch nicht gedacht. In einer Live-Vorstellung ist es für Schwerhörige auch sehr viel besser, Musik über ihre Hörgerätemikrofone zu genießen, denn eine Unterdrückung von Hall und Echo bei Musik ist komplett kontraproduktiv, denn „Musik lebt vom Hall“. Für den ungestörten Musik- bzw. Hörspiel-Genuss über Radio/Stereo-Anlage/MP3-Player/TV ist der TV-Streamer die erste Wahl, eine Bluetooth- bzw. Auracast-Verbindung, ein induktiver Stereo-Kopfhörer oder ein offene Kopfhörer sind zielführend. Allerdings muss man auch noch einigermaßen rechts und links verstehen können, sonst ist Stereo kontraproduktiv.

Und was ist mit Theater?

Dort wird von vielen Schwerhörigen moniert, dass sie über die Höranlage nicht hören, ob von links oder rechts gesprochen wird. Fragen wir also, was hören die Guthörenden über die Lautsprecher: ebenfalls mono. Nur die Seebühne in Bregenz hat eine 3D-Anlage. Aber warum hat auch eine große Stadtbühne keine Stereo-Anlage. Aus verschiedenen Gründen:

- Stereo kann man nur richtig hören, wenn der linke und rechte Lautsprecher sowie der/die Zuhörer:in ein gleichseitiges Dreieck bilden. Es gäbe also nur sehr wenige Sitzplätze, an denen man richtig Stereo hören kann.
- Die an der Seite sitzenden Gäste würden praktisch nur den Lautsprecher ihrer Seite hören, der der anderen Seite wäre zu leise. Dies kann man selbst ausprobieren: Man stelle im Autoradio die Balance so ein, dass man als Fahrer den Ton der Nachrichten genau in der Mitte des Armaturenbrettes hört. Nun höre man auf dem

Beifahrersitz: man hört die Stimme nicht mehr in der Mitte, sondern nur noch vom rechten Lautsprecher.

- Würde das Stereo-Mikrofon über der Bühne oder an der Bühnenkante positioniert sein, würden alle Störgeräusche wie Trittschall etc. mit übertragen und der Sinn einer Höranlage damit zunichte gemacht werden. Deshalb haben die Schauspieler ein Headset und einen Funksender (Bodypack). Dann wird die Sprache der Schauspieler in mono an das Mischpult übertragen. Da die Schauspieler sich ja auf der Bühne hin- und her bewegen, müsste nun ein Team von Veranstaltungstechniker für jeden Schauspieler am Mischpult sitzen und den „Pan-Regler“ jeweils nach links/rechts drehen, je nachdem wo sich die Schauspieler auf der Bühne befinden. Das ist rein praktisch nicht möglich, jedenfalls nicht bei einer normalen Vorstellung. Bei Aufzeichnungen für Film und Fernsehen kann man das allerdings in der Post-Production machen. Allerdings gibt es auch eine Software, die ständig die (kleinere) Bühne scannt und die Schauspieler tracked, sofern sie sichtbar sind. Aber: Nice-to-have, nicht der Normalfall. Und dann müsste jeder Gast ein Stereo-Empfangsgerät benutzen.

Und im Kino?

Im Kino gibt es Filme auch in Stereo oder sogar „imersive“ (künstliches 3D). Meist hat der Film getrennte Spuren (Kanäle) für Sprache und Musik. Die Sprache kommt praktisch immer aus der Mitte.

Wenn eine (Mono-)Höranlage installiert ist, dann müssen beide Kanäle gemischt werden und dabei kann der Sprachkanal um 3 bis 6dB angehoben werden, damit die Sprachverständlichkeit verbessert wird. Wichtig ist aber auch hier die Lippensynchronität. Dazu ist es wichtig, dass die Übertragungszeit über Höranlage bis zum Ohr einigermaßen konstant bleibt. Die Kino-Technik erlaubt es, den „Tonkopf“ (bzw. sein elektronisches Pendant) gegenüber dem Bild vor- und zurück zu schieben, so dass die Latenz so eingestellt werden kann, dass sie lippensynchron ist. Für die Lautsprecher-Hörer ist das schwierig, weil da die Schalllaufzeiten berücksichtigt werden müssen, die je nach Sitzplatz unetrschiedlich sind.

Da sind die Schwerhörigen, die mit einer analogen Höranlage (induktiv, FM, IR) hören im Vorteil. Da kann der Tonkopf so eingestellt werden, dass die Latenz 0 ist, da die analoge Höranlage keine variable Latenz

beiträgt. Für immersiven Sound kann dann eine Stereo-FM/IR-Anlage benutzt werden und Sound muss dann von dort mit individuellem latenzfreiem Zubehör in Stereo in die Hörsysteme geleitet werden, also induktiver Stereokopfhörer oder normaler offener Kopfhörer. TV-Streamer oder Bluetooth-Anbindung bringen wieder Latenz hinein.

Problematisch ist der WLAN-Streamer. Der kann zwar Stereo übertragen, aber die Latenzzeit ist je nach benutztem Smartphone immer unterschiedlich. Hier könnte nur ein ungefährender Wert eingestellt werden.

Der immersiven Sound im Kino ist wohl eine der wenigen Anwendung, wo Auracast für Guthörende wie für Schwerhörige im Vorteil ist. Die Verarbeitungszeit im Hörgerät was den Auracast-Teil betrifft, ist praktisch immer gleich, jedoch ist die Verarbeitungszeit von der Hörkuve immer unterschiedlich. Deswegen ist die Lippensynchronität immer ein Problem. Für Kopfhörer-Menschen muss es deshalb einen getrennten Stream geben. Beim Stream für Hörsystem-Menschen muss die Latenz teilweise um 8ms vorverschoben werden, also nur ein Kompromiss.

Bei einem etwa 3-wöchigen Testlauf mit einer induktiven Höranlage hat das hervorragend funktioniert, Schwerhörige waren zu Tränen gerührt, dass sie nach 20 Jahren zum ersten Mal wieder einen Kinofilm verstehen konnten. Das Kino hat sich nach dem Probelauf deshalb entschieden, alle seine drei Säle mit einer induktiven Höranlage auszustatten.

Fazit:

Wir sehen, dass es kaum Veranstaltungen gibt, wo eine Stereo-Übertragung einen Sinn machen könnte. Da ist das Kino eine kleine Ausnahme. Für das Musik-Hören im privaten Umfeld gibt es genügend Lösungen.

14.12 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. Nach Angabe eine Hörgeräteherstellers: max 1,5m.

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

Durch Formeln der statistischen Akustik 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 dieser externen Störgeräusche**

Quelle	einigermaßen konstant	völlig unregelmäßig
Publikum	Hintergrund-Gemurmel im Büro/Callcenter/Schaltherhalle	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, Hypernieren = 4).

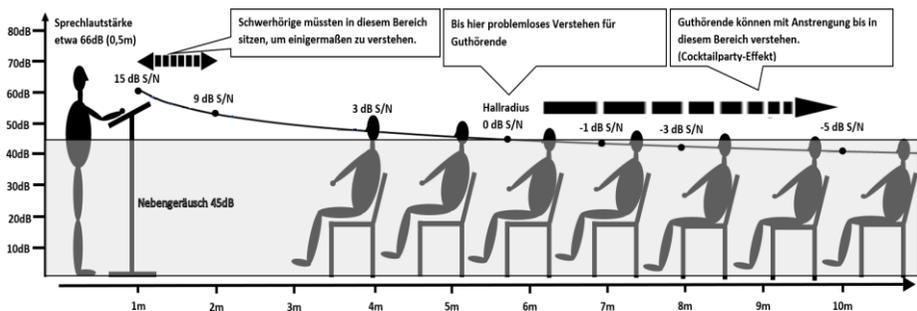
Richtlautsprecher reduzieren ebenfalls den Diffusschall. Richtlautsprecher reduzieren ebenfalls den Diffusschall. Zusätzlich brauchen wir – wie in Kap. 14.10) gezeigt – für Schwerhörige einen Abstand von Nutz- zu Störschall von 15dB. Die Formel für den maximalen Abstand zwischen Schallquelle und Hörgeräte-Mikrofon lautet:

Typische Werte für eine Kirche: etwa 0,5 bis etwa 2m, ohne Berücksichtigung vom externen Störschall! Weiter wegsitzende Hörgeräte-träger:innen hören über das Hörgerätemikrofon zu viel Störschall, also den typischen Schallbrei und verstehen: nichts! Guthörende können jedoch noch jenseits des Hallradius verstehen: **Cocktail-party-Effekt**, (s. Kap. 14.9).

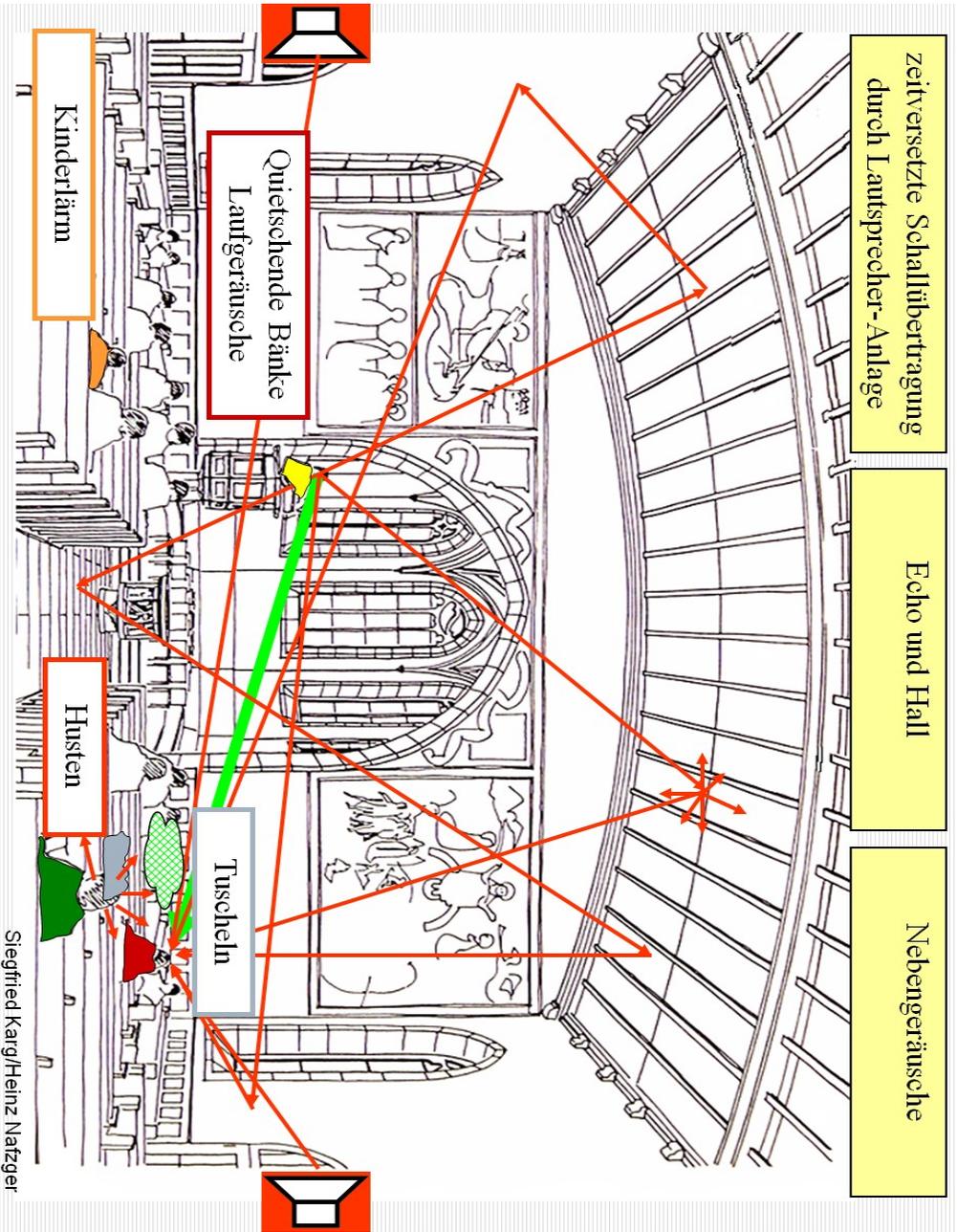
$$r_H = \frac{\sqrt{\frac{24 * \ln(10) * V * \gamma_L * \gamma_M}{16 * \pi * c * n * RT_{60}}}}{\frac{SN}{10^{\frac{20}{10}}}}$$

- V := Raumvolumen in m³
- c := Schallgeschwindigkeit 343m/s
- RT₆₀ := Nachhallzeit in s
- γ_L := Bündelungsgrad Lautsprecher
- γ_M := Bündelungsgrad Mikrofon
- n := Anzahl Lautsprecher
- SN := Signal/Nebengeräusch-Abstand (dB)

vgl.: <http://www.sengpielaudio.com/Rechner-RT60.htm>
<http://www.sengpielaudio.com/BuendelungsgradBuendelungsgradMikro.pdf>
<http://www.sengpielaudio.com/RelativerAbstandsfaktor.pdf>
 plus eigene Ergänzung des Signal/Rauschabstandes und der Anzahl der Lautsprecher



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



Siegfried Karg/Heinz Natzger

Störlärm ist unvermeidlich, aber er soll an den Ohren von Schwerhörigen möglichst gering sein, jedenfalls im Verhältnis zum Nutzscha. (Gutes S/N-Verhältnis) Da gibt es verschiedene Ansätze:

1. Quelle: möglichst kein Störlärm entstehen zu lassen
2. Transportweg: möglichst hoher Nutzscha
3. Ziel (Hörgerätetechnik): Störscha-Anteile reduzieren, Nutzscha anheben.

Es gibt dazu die unterschiedlichsten Techniken, eine unvollständige tabellarische Übersicht:

Störgeräuschunterdrückungsverfahren	eingesetzt wo	Probleme
an der Quelle:		
Störgeräusche nicht entstehen lassen		
Bau- und Raumakustik: Schall-Dämmung und -Dämpfung.	in Gebäuden	oft nicht machbar
Publikumsdisziplinierung: Gesprächsdisziplin, rhetorisch gut aufgebauter Vortrag, Redestil etc.	keine langweilige Vorträge/Predigten. Packender Redestil	unwillkürliche Geräusche aus Publikum (Husten u.ä.) können nicht unterdrückt werden.
statische Störscha-Defokussierung: durch Richtmikrofon/Headset: weniger Störscha aufnehmen	Mikrofonierung	
statische Störscha-erkennung: Bei der Konfiguration wird das Störgeräusch aufgenommen und während der Sitzung herausgerechnet	Televic/Beyerdynamic DECT-Anlage	Änderungen des Störgeräusches werden nicht erkannt und führen zu anderen Störgeräuschen

auf dem Transportweg:

Störgeräusche nicht transportieren oder Übertönen = S/N-Erhöhung

<p>Lautsprecher werden näher an die Ohren der Zuhörer gebracht:</p> <p>Störlärm wird etwas vermindert, aber nicht eliminiert.</p> <p>Wird der Hörabstand verringert, kann der Lautsprecher leiser gemacht werden, die gehörte Lautstärke bleibt dabei aber gleich. Dadurch wird aber der Störlärm (Reflexionen, Hall, Echo) geringer, den der Lautsprecher erzeugt (Sekundärschall).</p>	<p>externe Lautsprecher, Richtlautsprecher, Kopfhörer</p>	<p>Aber: je mehr Lautsprecher, desto höher der Störlärm.</p>
<p>Adaptive Verstärkung:</p> <p>Anheben der Lautstärke je nach Umgebungslärm im Raum, dadurch bleibt an einer bestimmten Position im Raum der SNR in etwa konstant.</p>	<p>adaptive Lautstärkeregelung (spezielles Lautsprechersystem)</p>	<p>Wird Störlärm entdeckt, wird der Lautsprecher lauter. Folge: der Sekundärschall steigt ebenfalls an und Personen im Raum werden ebenfalls lauter, um sich verständlich zu machen. =>Teufelskreis.</p>
<p>Höranlage/persönliche Hörunterstützung</p> <p>der Transportweg wird nicht durch Störlärm beeinflusst</p>	<p>überall</p>	<p>abhängig von der Technik</p>

auf der Empfangsseite

<p>Präsenzhebung: Anhebung der Frequenzen des Sprachkernbereiches</p>	<p>vermutlich eine spezielle TV-Bluetooth-Kompaktbox für Schwerhörige</p>	<p>Störfrequenzen im Sprachbereich werden ebenfalls verstärkt</p>
<p>statische Störschall-Defokussierung: Richtmikrofon/Headset: es wird weniger seitlicher Störschall aufgenommen</p>	<p>Basishörgeräte</p>	
<p>einfache Störschallerkennung: alle Frequenzen unterhalb einer bestimmten Lautstärke werden unterdrückt</p>	<p>einfache Störschallunterdrückung in Hörgeräten</p>	<p>leise Töne von Sprache werden ebenfalls unterdrückt</p>
<p>statische Störschallerkennung: Bei der Konfiguration wird das Störgeräusch aufgenommen und während der Sitzung wird das Störgeräusch herausgerechnet</p>	<p>Televic/Beyerdynamic DECT-Anlage</p>	<p>Änderungen des Störgeräusches werden nicht erkannt und können somit zu noch stärkeren Störgeräuschen führen.</p>
<p>intermittierende Störschallerkennung: Während der Sprachpausen werden Störgeräusche aufgenommen und in der Sprachphase herausgerechnet</p>	<p>?</p>	<p>zufällige Störgeräusche in Sprachpausen werden während der Sprache zusätzlich (umgedreht) erzeugt</p>
<p>kontinuierliche Störschallerkennung: Schallsignal wird kontinuierlich analysiert: alle Frequenzen, die in ihrem</p>	<p>High-End Hörsysteme</p>	<p>ist nur für Sprache möglich, nicht für Musik, denn die wird als Störlärm betrachtet, weil sie nicht die</p>

Frequenzband nicht die typischen Amplitudenschwankungen eines Sprachsignals haben, werden ungedrückt		sprachtypischen Eigenschaften hat
kontinuierliche Störschall-Defokussierung (Beamforming): Bei Erkennung von Störschall wird die Richtwirkung des Mikrofons erhöht, dadurch wird weniger Störschall von der Seite aufgenommen.	höherpreisige Hörgeräte	
Active Noise Cancelling: Störgeräusch aus der Umgebung wird kontinuierlich herausgerechnet, es wird quasi ein „Gegenschall“ erzeugt.	nur bei Kopfhörern, weil da der Nutzschall unabhängig vom Störschall übertragen wird.	Warntöne werden nicht gehört, weil sie als Störschall betrachtet werden. Lassen manche Chips Warntöne durch?

Sie sehen, es gibt eine Reihe von technischen Ansätzen, Störschall zu eliminieren. Aber diese Fülle zeigt, dass es noch keine Technik gibt, die es perfekt leistet.

14.14 Die Folgen der Schwerhörigkeit für das Verstehen

Ein **Laut** ist ein von einem Menschen oder Tier hervorgebrachtes Geräusch. Das kann sein:

- ein Element der gerade gesprochenen Sprache
- eine nichtsprachliche Information, z.B. das „ähhh“ kann bedeuten, meine Rede ist noch nicht zu Ende, ich muss gerade noch überlegen.
- Gar keine relevante Information.

Ein **Phon** ist ein minimales Schallsegment einer gesprochenen Sprache, das noch als selbständig wahrgenommen wird. Im Prinzip also ein Laut bzw. Geräusch, das in einer Sprache eine Bedeutung hat.

[a],[ch],[sch],[b],[p] ... Ein Phon kann in mehreren Phonemen vertreten sein: Phon [a] im Phonem /kurzes a/ und Phonem /langes a/

Ein **Phonem** ist die kleinste bedeutungsunterscheidende Gruppe von Phonemen einer gesprochenen Sprache. Z.B. haben im Deutschen die

Phone [rollendem r] und [schnatterndem r] dieselbe Bedeutung, sie sind zusammen ein Phonem. Das Phon [a] kann kurz oder lang gesprochen zu unterschiedlichen Wortbedeutungen führen: rasten: kurz: „wir rasten auf der Bank.“ Lang: „Wir rasten um die Ecke.“

*Die **Tonhöhe** hat in den europäischen Sprachen im Phonem keine Bedeutung, sie wird erst bei der Satzmelodie relevant und gibt Hinweise zum Verständnis: Aussage oder Frage, Ironie oder Anweisung etc.*

*Hier im Text verwenden wir manchmal den Begriff **Buchstabe**, um es einfacher verständlich zu machen.*

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

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

1. Phon-Detektion:

Erkennen, was ein Störgeräusch oder ein Phon ist.

Störgeräusch: Hall, Echo, Nebengeräusche werden bei Guthörenden im Hörzentrum ausgefiltert, weil sie aus anderer Richtung kommen als der eigentliche Nutzschaall. 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.“ Kurz 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 Phon 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 Nutzschaall 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. Phon-Distinktion:

Unterscheiden, um welches Phon (Laut/Buchstaben) es sich handelt.

Problem **Äquiphonie**: zwei unterschiedliche Phone werden als gleich wahrgenommen = Gleichklang von Lauten (z.B. b-p, d-t, g-k). Aber es können sich auch Laute sehr stark verändern, z.B. kann ein „A“ zu „O“, während das „O“ ein „O“ bleibt. (s. Kap. 14.2). Das Problem hat u.a. diese Ursachen:

- Die Hörgeräte werden nicht genutzt
- Die Hörgeräte können nicht exakt auf die individuelle Hörkurve eingestellt werden (zu wenige Kanäle, Grenzen der Verstärkung, Schmerzgrenze erreicht)
- Trotz Hörgeräten können bestimmte Frequenzen bzw. Frequenzbereiche gar nicht mehr gehört werden (Hörselle(n) kaputt).
- Die Übertragungskette hat keinen linearen Frequenzgang: eine Lautsprecheranlage hat keinen gleichmäßigen Frequenzgang, die Raumakustik verändert den Klang u.v.a.m. (s. Kap. 18.2)

Schwerhörige müssen also ständig im Kopf ein „**Buchstabenpuzzle**“ (*Phonem-Puzzle*) durchführen. Aus dem Zusammenhang muss erschlossen werden, welcher Buchstabe (Phon) 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 mangelhaften Richtungsinformation im Kopf nicht „herausgedacht“ werden kann. Das Problem hängt auch mit der Sprach-Qualität, -Geschwindigkeit und -Tonhöhe des/der Sprecher*In zusammen: eine ruhige Nachrichtensprecherin wird besser verstanden als ein hektischer Kirchengemeinderat mit Fremddialekt, der nicht direkt ins Mikrofon spricht.

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. „Nagel“ „Nadel“ „Nabel“ oft genug identisch. Besonders problematisch sind hochfrequente Laute zu Beginn oder Ende von einsilbigen Wörtern: Geist/Geiz, Witz/Wisch, Rad/Rat usw. Oder Nabel oder nobel, Rad/rot

3. Phonem-Supplementation:

Hinzufügen von Phonemen, die nicht gehört werden können.

Schwerhörige können manche Phone (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 (Phon-Detektion) festgestellt werden, dass an der betreffenden Stelle kein Phon erkannt wurde. Sodann muss geprüft werden, ob da überhaupt ein Phonem hingehört. Dann muss durchprobiert werden, welches Phonem aus der persönlichen „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. Zum Verstehen werden weitere Hilfsmittel nötig (siehe weiter unten).

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.

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“ (Äquiphonie)

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 (Äquiphonie)

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

Hall : JJeessuuss iisstt aauffeerrssttaannndeenn

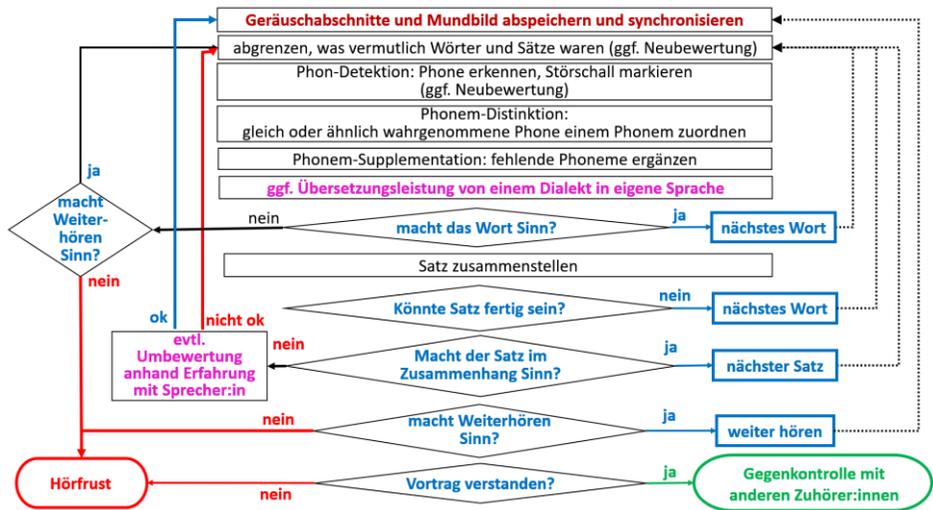
Echo : JeJsues sisut sauifesrsttaanduenf e r s t a n d e n

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.

14.15 Das Hörpuzzle

Der Ablaufplan des Sprach-Verstehens der Schwerhörigen (das Hörpuzzle) sieht in etwa so aus:



Es sind mehrere verschlungene Kreisläufe, in denen Buchstaben (Phone/Phoneme), Wörter und Sätze gepuzzled werden müssen.

Da gibt es das

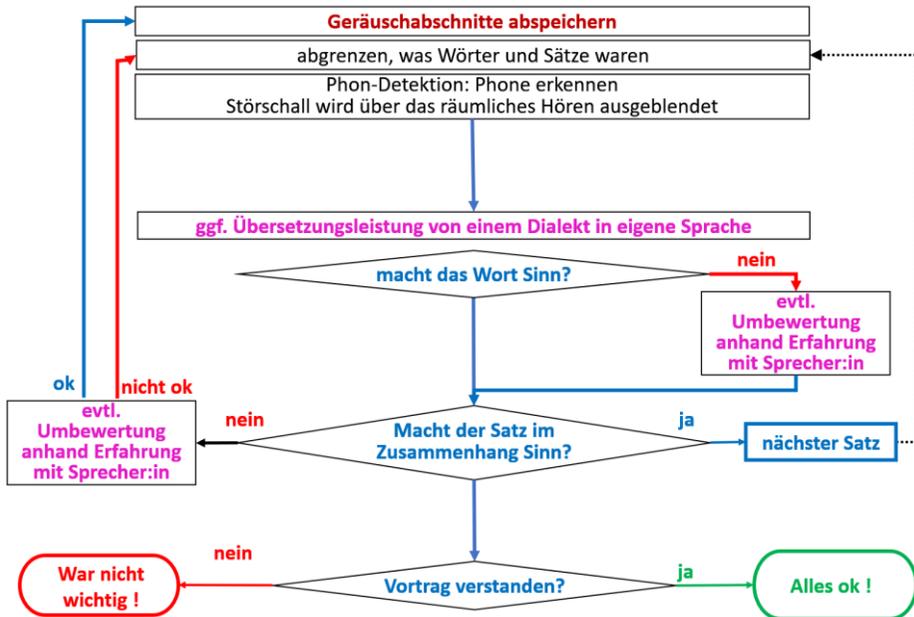
- Phonem-Puzzle
- Wörter-Puzzle
- Satz-Puzzle

Für das Satz-Puzzle stehen normalerweise nur etwa 200ms zur Verfügung, denn solange ist normalerweise die Pause zwischen zwei Sätzen. Dass das Hörpuzzle sehr viel Zeit und Anstrengung beansprucht, liegt auf der Hand. Die Wahrscheinlichkeit, links unten beim Hörfrust zu landen ist relativ hoch.

Ein wichtiger Punkt ist die **Umbewertung anhand der Erfahrung** mit dem/der Sprecher:in. Wenn Schwerhörige in der Predigt ihrer bekannten grün-alternativen Pfarrein in der Predigt folgenden Satz verstehen: „Die *Bewahrung der Schöpfung* ist keine christliche Aufgabe.“, dann kann das anhand der Erfahrung mit dieser Pfarrerin nicht richtig sein. Also

wird das verstandene „keine“ in „eine“ umgeändert, denn es muss sich um einen Verhörer handeln. Ist der Pfarrer allerdings unbekannt, bleibt der Satz zunächst einmal unverändert bestehen, bis er evtl. aus dem Gesamtzusammenhang im Nachhinein nachkorrigiert wird. Schwerhörige können sich niemals sicher sein, alles korrekt verstanden zu haben.

Im Gegensatz dazu sieht das Verstehen bei Guthörenden sehr viel einfacher aus.



Guthörende brauchen keine Phone, Phoneme und Wörter zu puzzeln und auch das Satzende erkennen sie schon frühzeitig. Auch hier gibt es die Umbewertung anhand der Erfahrung mit dem/der Sprecher:in. Allerdings geht das auch schon sehr viel früher beim Wort-Verstehen, während Schwerhörige das erst dann machen können, wenn sie den ganzen Satz oder den gesamten Vortrag vor Augen haben. Und wenn Guthörende den Vortrag nicht verstanden haben, dann zweifeln sie nicht daran, dass sie falsch gehört haben, sondern haken meist den Vortrag einfach als unwichtig ab.

14.16 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 al-

tersbegleitender 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 Türeklappen) 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 Ohrensauen haben.*

14.17 äußere und innere Störfaktoren beim Verstehen

Im Kapitel 14.14 hatten wir ja schon die drei Grundprobleme erkannt:

1. Phon-Detektion => Nutzschall vom Störschall unterscheiden
2. Phon-Distinktion => Phone voneinander unterscheiden
und richtig zuordnen:
Äquiphonie und Lauttransformation
(„Buchstabenpuzzle“)
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	Phon-Detektion	außen: Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> • Höranlage • Mundabsehen
Äquiphonie: (b-p, d-t, g-k u.s.w.)	Phon-Distinktion	innen: eigenes Gehör	<ul style="list-style-type: none"> • Hörgerät • Schriftdolmet-schen • Mundabsehen
Lückentext: Nicht mehr gehörte Laute (z.B. „tz“)	Phonem-Supple- mentation		

14.18 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!“

Zum Mundabsehen gibt es den interessanten „McGurk“-Effekt: Ein Video zeigt die Mundbewegung von „ga-ga“, der gesprochene Ton dazu

lautet aber „ba-ba“. Fast alle aber verstehen „da-da“.

(vgl.: <https://de.wikipedia.org/wiki/McGurk-Effekt> und diverse youtube-Videos mit Suchwort McGurk, z.B. <https://www.youtube.com/shorts/RfnC6HJBF18>)

Das heißt: das Gehirn versucht, Gesehenes und Gehörtes zu synchronisieren. Je höher die Latenz ist, desto höher ist die erforderliche Hirnleistung. Ab einer gewissen Latenz laufen Bild und Ton jedoch soweit auseinander, dass die Synchronisation nicht mehr gelingt. Ein Kipp-Punkt ist erreicht und dann „laviert es sich so durch“. Das Mundabsehen erschwert das Verstehen sogar noch. Bei Schwerhörigen ist ohnehin das Gehörte mit höherer Fehlerquote verbunden, also reduziert sich das Verstehen noch sehr viel deutlicher als für Guthörende im selben Fall. (s. auch Kap. 14.10.6)



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. 14.2). Und trägt so ganz wesentlich zum Punkt 2 (Phonem-Distinktion) bei, in gewissem Rahmen aber auch zum Punkt 1 (Phonem-Detektion); 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. 16)

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

Detektion (oben Nr.1) erheblich einfacher geht bzw. oft erst möglich ist. Sie „verbiegt“ den Frequenzgang nicht so wie ein Lautsprecher, 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 10. 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 mit-schreiben 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.

Hörtaktik

Sinnvoll ist, dass man sich einen Platz aussucht, der ruhig ist, d.h. z.B. weg von den Konfirmanden, die untereinander tuscheln und Kommentare abgeben. Der Platz sollte relativ weit vorne liegen, sodass das Mundabsehen noch möglich ist. Aber nicht in der ersten Reihe: hat man das Zeichen oder die Worte zum Aufstehen oder Setzen nicht mitbekommen, steht man da als einziger dumm herum. In der dritten oder vierten Reihe sieht man dann, was die Leute vorne machen.

In einen Café ist es sinnvoll, eine ruhige Ecke zu suchen und sich selbst vor das Fenster ins Gegenlicht zu setzen. Dann sitzen die Gesprächspartner im Licht und man kann besser Mundabsehen.

15 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 Nutzsall, 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 müssen 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. 14.16), 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“.

Und es gibt natürlich auch Vorschriften, z.B. hier

DIN 18040-1 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 1: öffentlich zugängliche Gebäude

4.6 Service-Schalter, Kassen, Kontrollen

Bei Service-Schaltern, Kassen, Kontrollen und ähnlichen Einrichtungen muss mindestens jeweils eine Einheit auch für blinde und sehbehinderte Menschen, Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen und Rollstuhlnutzern zugänglich und nutzbar sein.

...

Service-Schalter mit geschlossenen Verglasungen und Gegensprechanlagen sind zusätzlich mit einer induktiven Höranlage auszustatten.

Service-Schalter und Kassen in lautem Umfeld und Räume zur Verhandlung vertraulicher Angelegenheiten sollten mit einer induktiven Höranlage ausgestattet werden.

...

4.7 Alarmierung und Evakuierung

In Brandschutzkonzepten sind die Belange von Menschen mit motorischen und sensorischen Einschränkungen zu berücksichtigen, beispielsweise

- ...
- durch die Sicherstellung einer zusätzlichen visuellen Wahrnehmbarkeit akustischer Alarm- und Warnsignale vor allem in Räumen, in denen sich Hörgeschädigte allein aufhalten können, z.B. WC-Räume;

- ...

5.2.2 Informations- und Kommunikationshilfen

...

Sind elektroakustische Beschallungsanlagen vorgesehen, so ist auch ein gesondertes Übertragungssystem für Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen, das den gesamten Zuhörerbereich umfasst, einzubauen.

ANMERKUNG 3 Im Allgemeinen ist eine induktive Höranlage sowohl für die Nutzer in der Anwendung als auch hinsichtlich der Bau- und Unterhaltungskosten die günstigste Lösung. Zu den verschiedenen Beschallungssystemen (Induktiv, Funk, Infrarot) siehe DIN 18041:2004-05, Anhang C.

16 Zur Technik von Hörsystemen

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 der Jahrtausendwende eingestellt werden können. Aber beleuchten wir hier einmal einige der Techniken, die Hochleistungsgeräte bieten.

Wir können die Technik der Hörsysteme in Etwa vier Bereiche aufteilen, sie überschneiden sich jedoch etwas:

1. Wie kommt das Audio-Signal in das Hörgerät
2. Wie wird es intern verarbeitet (Software)
3. Wie wird es ans Ohr geleitet
4. Woher kommt die Energie

16.1 Wie kommt das Audio-Signal in das Hörgerät?

Bei Hörsystemen werden verschiedene Audioeingänge verwendet: Akustisch, drahtgebunden analog oder elektronisch analog bzw. digital.

16.1.1 Akustischer Eingang: 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.14.12). Die Wirkung des Richtmikrofons sollte allerdings nicht überschätzt werden!

Meistens liegen die Mikrofone oben und etwas nach hinten gerichtet. Das ist nicht so günstig für das räumliche Hören. High-End-Geräte haben deshalb ein zusätzliches Mikrofon am Ohrkanal-Eingang: die Hörcharakteristik der eigenen Ohrmuschel wird berücksichtigt. Allerdings kann wegen der Rückkopplungsgefahr nicht mehr so stark verstärkt werden. Eine Software kann aus den Informationen vom Ohrkanal-Mikrofon, den Mikrofonen im Hörgerät und den Mikrofonen des Hörgerätes

auf der anderen Seite um einiges besser feststellen, woher Stimmen und Geräusche kommen und damit besser ausfiltern. Das räumliche Hören kann besser simuliert werden, vorausgesetzt natürlich, dass das Hörzentrum im Gehirn etwas damit anfangen kann. (s. Kap. 14.9)

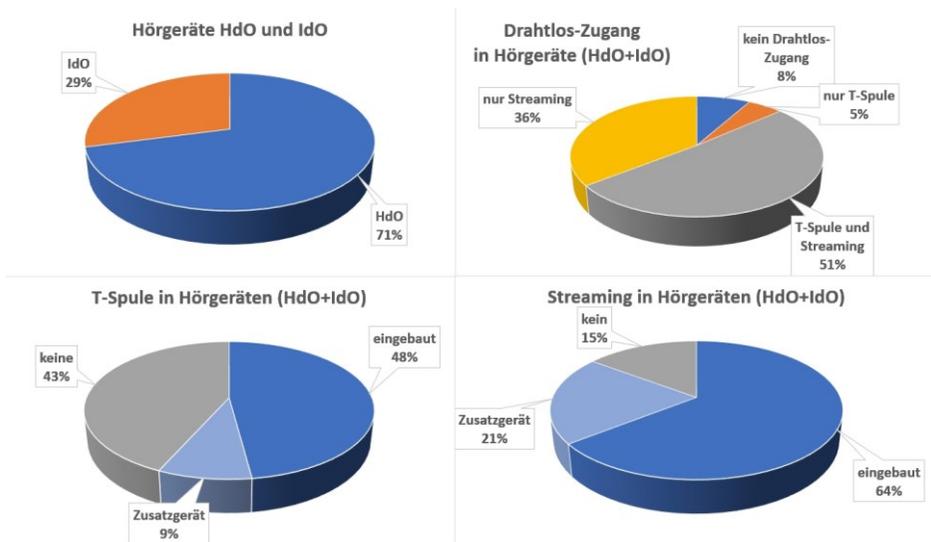
16.1.2 Drahtloser Eingang

Die meisten Hörgeräte und alle CI's haben neben den Mikrofonen auch noch einen drahtlosen Eingang. Er wird dann genutzt, wenn der akustische Weg über die Mikrofone zu viel Störschall enthält.

Die untenstehende Statistik zeigt, dass insgesamt etwa 56% der Hörgerätemodelle induktiv empfangen können, davon 9% über ein Zusatzgerät. Das sagt aber wenig darüber aus, wie viele Hörgeräte mit T-Funktionalität tatsächlich im Umlauf sind. Die Biha (Bundesinnung der Höra-kustiker) spricht von 85% der verkauften Geräte.

Einen Streaming-Zugang haben 87% der Hörgeräte.

Insgesamt haben also 92% der Hörgerätemodelle einen drahtlosen Zugang, über den eine Höranlage angekoppelt werden kann. (s. Kap. 18.9)



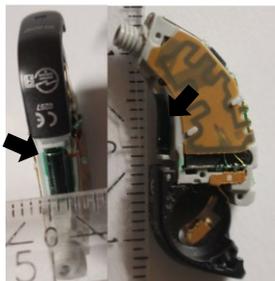
Diese Statistik beruht auf mehreren Datenbankabfragen von <https://www.hoerplus.de/hoergeraete/index.php?> am 19.Mai 2023 und Anfang März 2023.

16.1.2.1 T-Spule

Das ist ein analoger Eingang ins Hörgerät, der auf elektromagnetische Wellen im Niederfrequenz-Bereich (Tonfrequenzen etwa 100-8000Hz) 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, über 56% der Hörgeräte-Modelle und laut Biha (Bundesinnung der Hörakustiker) etwa 85% der verkauften Hörgeräte haben die T-Spule, Tendenz steigend. Bei einigen Hörgerätemodellen ist die T-Spule sogar nachrüstbar. Jedoch ist oft die Umschaltung auf T-Spule nicht von vornherein programmiert. Das erledigt ein*e Hörakustiker*in kostenlos am Computer in wenigen Minuten mit ein paar Clicks. Umgeschaltet auf T-Spule wird genauso gemacht wie Umschalten von Rundum-Mikrofon auf Richtmikrofon: ein paar Drucke am Hörgeräteknöpfchen oder auf der Fernsteuerung.

Übrigens: Der Frequenzgang der Hörgeräte-Mikrofone ist unterschiedlich zur T-Spule, dies wird aber durch die Programmiersoftware vom Hörakustiker entsprechend angepasst.



Die T-Spule (schwarze Pfeile) 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, das ist hier die große Platine mit der Zickzack-Linie. Bei der Hörgeräte-Konstruktion gibt es ein Problem:

die digitalen Chips senden Störfrequenzen in ihre Umgebung. Technisch etwas knifflig für die Konstrukteure ist, die T-Spule und Chips so zu platzieren, dass die Störungen nicht in die T-Spule gelangen, ein Grund, hier Entwicklungszeit und Kosten zu sparen.

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 für die Aktiven im Gottesdienst ein Ansteck-Mikrofon mit Taschensender – siehe Kap.24) 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 man am Smartphone über die Fernsteuer-App das Verhältnis zwischen Mikrofon/T-Spule je Hörgerät individuell einregeln. Diese Kompromisse müssen nicht sein.

Viel zu oft verschweigen Hörakustiker*innen, dass ein Hörgerät eine T-Spule hat 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.

Eine Umfrage bei allen Hörgeräte-Konzernen Anfang 2025 hat ergeben, dass alle weiterhin die T-Spule für notwendig betrachten und sie auch weiterhin unterstützen werden. <https://www.schwerhoerige-muensterland.de/wp-content/uploads/Hoeren-ohne-Barriere-Induktive-Hoeranlage.pdf>

16.1.2.2 Bluetooth

Bluetooth ist eine digitale Funktechnik im überlasteten 2,4Ghz Bereich. Es wird immer häufiger in Hörgeräte eingebaut, weil dann das Telefonieren mit Handys bequemer funktioniert. Bluetooth hat eine relativ hohe Latenzzeit (Zeitspanne zwischen Original-Ton und aus dem Hörgerät herauskommenden Ton) Hörgeräte nutzen deshalb Bluetooth lediglich für die Verbindung zu einem Smartphone oder MP3-Player, alles andere wie TV-Streamer/Funkmikrofon läuft nicht über Bluetooth, sondern über eine spezielle Drahtlostechnik des Herstellers. 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.18.7.

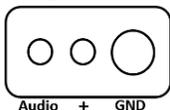
16.1.2.3 Spezielle Drahtlostechnik des Hörsystem-Herstellers

Um Zubehörteile drahtlos an zu koppeln, verwenden alle Hersteller eine eigene Drahtlostechnik, auch bzw. gerade dann, wenn das Hörgerät Bluetooth hat. Das hat marketingstrategische und technische Gründe. Kunden werden gebunden, weil sie den Zubehörpark mit den neuen

Hörgeräten weiterverwenden können, Familienangehörige bleiben beim selben Hersteller, um Zubehör gemeinsam zu nutzen. Mit der eigenen Technik kann die Übertragung so gestaltet werden, dass die Latenzzeit sehr viel kürzer ausfällt als bei Bluetooth. An Techniken werden genutzt, z.B. FM im 10GHz-Bereich, NFMI=Hochfrequenz-Induktion im 3GHz-Bereich, altbekannte Induktion oder eine 2,4GHz-Technik.

16.1.3 Kabelgebundener Eingang: Audioschuh

Das ist ein kabelgebundener analoger Eingang ins Hörgerät (line-in), auch DAI (Direct Audio Input) genannt. Den gibt es allerdings meist nur noch bei Hörgeräten für Kinder und Jugendliche, bei manchen CI's und Baha's sowie an Zubehörgeräten (z.B. Funkmikrofone bzw. Multifunktionsgeräten. Er kann nicht nachträglich montiert werden, weil Batterie-



klappe und Gehäuse darauf abgestimmt werden müssen.

An ihm kann per Kabel aus dem Zubehörhandel jeder normale Kopfhörer-Ausgang eines Audio-Gerätes angeschlossen werden, auch Stereo, wenn er sich am Hörgerät bzw. CI befindet. (allerdings darf das Kopfhörersignal nicht so stark aufgedreht werden, weil der Eingang nicht die volle Spannung eines Kopfhörersignals verträgt, d.h. Spannungsteiler ins Kabel einbauen -40 bis -70dBN = 10mV bis 0,32mV) Er hat in aller Regel den Drei-Pin Euro-Stecker. (Pinbelegung: dicker Pin: Ground, mittlerer langer Pin: Versorgungsspannung plus, kurzer dünner Pin: Audio-Signal) Den Audioschuh gibt es an Akku-Geräten konstruktionsbedingt überhaupt nicht mehr.

Dieser Eurostecker wird auch dazu genutzt, den „Roger-X“ anzuschließen. Das ist ein Empfänger für das digitale Roger-System mit der „Roger“-Funktechnik der Firma Phonak. Das System wird vor allem in Schwerhörigenschulen und deshalb auch in vielen Schwerhörigenvereinen verwendet. Der Roger-X übersetzt den Roger-Funk in ein ganz normales analoges Signal, etwas schwächer als ein Kopfhörer-Signal. Andere Hörgerätefirmen haben manchmal eine passende Buchse an ihren Funkmikrofonen. Dort kann die Buchse auch anderweitig genutzt werden, z.B. zum Anschluss eines Induktionsempfängers oder MP3-Players.

16.2 Wie wird das Audio-Signal intern verarbeitet?

Die Digitalisierung der akustischen Information hat den Vorteil, dass das Signal per Software analysiert und angepasst werden kann: digitale Soundbearbeitung (DSP). 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 50ms) sein, sonst werden Hörgeräteträger*innen durch das unwillkürliche parallele Mundabsehen irritiert oder hören bei offener oder einseitiger Versorgung einen irritierenden Echoeffekt: zuerst den Originalschall und dann Schall aus dem Hörgerät. Rein praktisch liegen die meisten Hörgeräte heutzutage bei etwa 5-10 ms intern. Aber Achtung: hinzugerechnet werden muss noch die Latenzzeit der digitalen Technik vor dem Hörgerät. Analoge Technik hat praktisch keine Latenzzeit.

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 Sprachfrequenzen 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. Bei Zubehörgeräten gibt es noch zwei weitere Techniken: die Sempel-Technik, bei der die Frequenzen des Sprachkernbereiches gegenüber den anderen Frequenzen verstärkt werde. Und die „Edel“-Technik „Active Noise-Canceling“: das Störgeräusch wird elektronisch umgedreht und somit löschen sich beide gegenseitig aus. Ein konstantes Störgeräusch wird zuvor in der Einstellungsphase vom Mikrofon ein einziges mal aufgenommen oder in Sprechpausen immer wieder neu ermittelt.

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 oder im Restaurant geht sie davon aus, dass es die lauteste Sprache ist. Das Richtmikrofon wird elektronisch also immer dorthin ausgerichtet und

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. Weiterentwicklungen sind das „Beamforming“ und das Multibeamforming mit Head-Tracking, d.h. die Kopfbewegungen werden nachverfolgt und genutzt, um die Richtwirkung zu steuern, sogar getrennt auf mehrere Sprachquellen.

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 „zusammen-dampfen“, 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 hart begrenzt. Setz die Funktion ein, dann wird der Ton „geclipped“,



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

d.h. einfach abgeschnitten. Dabei entstehen 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.

Impulsschall-Unterdrückung

Es gibt immer scharfe kurze laute Geräusche (Türenzuschlagen, hinfallende Glasflaschen etc.) Guthörende kommen damit einigermaßen klar, denn dafür ist der Stapediusreflex und die äußeren Haarzellen zuständig. Schon allein wegen der in aller Regel geschädigten Haarzellen haben

Schwerhörige 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, aber auch nur diese, „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 (Transposition) und Frequenz-Kompression

Werden ganze Frequenzbereiche gar nicht mehr gehört, können einfache Hörgeräte natürlich nichts mehr machen. Es gibt den Ansatz der Frequenz-Umsetzung (Transposition) und Frequenz-Kompression. Nicht mehr gehörte Tonbereiche werden in noch gehörte Bereiche „verschoben“ bzw. kopiert oder das Frequenzspektrums ganz oder in Bereichen zusammengeschoben (komprimiert) auf den noch gehörten Bereich. Bildlich gesprochen: Buchstaben werden innerhalb der Sprachbanane verschoben/kopiert oder die Sprachbanane bzw. Teile von ihr werden elektronisch gestaucht und gequetscht. (siehe Kap.14.6) Das Verstehen muss evtl. neu erlernt 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 um Töne kürzer ist oder ein hoher Ton nun zu einem mittleren Ton wird.

Eine Frequenzverschiebung von wenigen Hertz hat den Nebeneffekt, dass Rückkopplungsneigungen (Kapitel 14.8) erheblich reduziert werden. Man kann sich evtl. andere Techniken der Rückkopplungsverhinderung sparen.

Eine Frequenzkompression führt dazu, dass das Hörgerät weicher und angenehmer klingt, weil die hohen Töne ja nicht übertragen werden, sondern nur in einen tieferen Bereich verschoben werden. Wird das Verfahren angewandt, ohne dass es vom Hörstatus notwendig ist, besteht die Gefahr, dass intakte Hörzellen für die höheren Frequenzen total verkümmern, weil sie nicht mehr angesprochen werden; denn der Körper baut ab, was nicht verwendet wird. Allerdings können Hörzellen aus

vielen Gründen verkümmern, sodass ein Verkümmern nicht unbedingt auf die Frequenzkompression zurückführen kann.

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. 14.9) 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. 14.7.3) 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. Werden die Mikrofone vom Hörgerät der anderen Seite und ggf. sogar ein drittes Mikrofon im Gehörgang genutzt, dann ist das schon ein „Mikrofon-Array“, so ähnlich, wie es in Konferenzräumen als Decken-Mikrofon-Array genutzt wird. Durch die Auswertung der geringen Intensitäts- und Laufzeit-Unterschiede des Schalls an den 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 müssen es mindestens 3 Mikrofone sein, es muss ja nicht nur eine Richtung errechnet werden (wie beim Richtmikrofon), sondern kugelförmig in kleinen Sektoren.

Wie gut das gelingt, hängt vor allem daran, wie leistungsfähig der Micro-Computer im Hörgerät ist.

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 zwei Schallquellen bei einem Winkelunterschied von 3° unterschieden, 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 es kommt.

Feedback-Destroyer = Rückkopplungs-Verhinderer

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.

Eine andere Technik ist, diesen „Teufelskreis“ dadurch zu unterbrechen, indem die zu Rückkopplung neigenden Frequenzen elektronisch um ein paar Hertz verschoben werden (Frequenz-Transposition und -Kompression) (siehe ein paar Abschnitte zuvor).

16.3 Wie wird das Audiosignal ans Ohr geleitet?

Bei einem Hörgerät wird das Audiosignal einem Lautsprecher (Receiver, Wandler oder Hörer genannt) zugeführt, der wieder Schall daraus macht. Bei einem CI wird das Audio-Signal über eine drahtlose Technik durch die Kopfhaut an den einoperierten Decoder und Stimulator gesendet, der dann mithilfe der Elektrode die Hörzellen stimuliert.

Offene Versorgung:

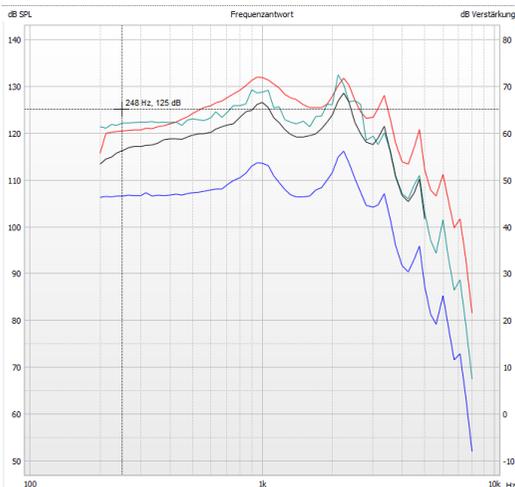
Der Ohrkanal wird nicht mehr mit dem Ohrpassstück schalldicht verschlossen, sondern der Hörschlauch oder sogar der Hörgerätelautsprecher wird vor oder in den Ohrkanal geklemmt. Das ist manchmal aus medizinischen Gründen notwendig (enger Ohrkanal oder Entzündungsneigung), und es lässt sich auch erheblich angenehmer tragen (kein Okklusionseffekt). 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. 14.10.6)

Lautsprecher im Ohrkanal (RIC)

Der Lautsprecher im Ohrkanal hat den Vorteil, dass der Hörschlauch und seine Klangveränderung („Hören wie durch einen Gartenschlauch“) entfallen. Allerdings kann wegen der Rückkopplungsgefahr nicht mehr so stark verstärkt werden. (s. Kap. 14.7.3) Das Gehäuse kann auch etwas kleiner ausfallen, weil der Lautsprecher ja nicht mehr darin ist. Allerdings sind die RIC (Receiver in Canal) um einiges verschleißanfälliger, denn Ohrschmalz ist aggressiv, um Keime abzutöten. (und Elektronik)

16.4 Die Audioqualität der Hörgeräte-Lautsprecher

Der Lautsprecher eines Hörgerätes wird Hörer genannt. Er verwandelt das elektronische Audiosignal wieder in hörbaren Schall. Er ist entweder



im Hörgerät eingebaut oder ist mit einem Kabel verbunden am Hörgerät und wird in den Ohrkanal eingeschoben. Er ist heutzutage ein Siliziumchip, bei dem eine dünne Siliziumzunge in Bewegung gebracht wird. Wir haben einmal den Frequenzgang eines WHO4-Hörgerätes getestet.

Ob der Hörer im HdO-Gerät eingebaut oder als Exhörer

ausgeführt ist, ist für die Qualität nicht entscheidend.

Bei einem solchen Test in einer Testanlage wird das Hörgerät in den Testmodus versetzt, d.h. die Hörkurve wird auf neutral (linear) eingestellt, die Kompression und Störgeräuschunterdrückung abgeschaltet. Es bestehen lediglich Mikrofon/T-Spule, gleichmäßige Verstärkung für alle Frequenzen und Ausgabe aus dem Hörer. Der Frequenzgang bei Mikrofon-Schaltung wird bei unterschiedlichen Lautstärken gemessen, bei der T-Spule wird nur bis 5.000Hz getestet, beim Mikrofon bis 8.000Hz.

Man sieht deutlich, dass die einzelnen Frequenzgänge nicht stark von einander abweichen. Gegenüber 1.000 Hz fällt der Frequenzgang bei 8.000Hz um etwa 50dB ab. Bei 4.000 Hz sind es etwa 25dB. Da der Frequenzgang über die T-Spule fast identisch zu dem über das Mikrofon ist, können wir davon ausgehen, dass das Mikrofon einigermaßen linear arbeitet. Der schlechte Frequenzgang ist also im Wesentlichen auf den Hörer zurückzuführen. Der Teil im Hauptsprachbereich kann bei der Einstellung im Hörstudio noch einigermaßen korrigiert werden. Aber im oberen Frequenzbereich ist einfach das technische Limit erreicht.

Es macht also überhaupt keinen Sinn, sich Gedanken über die Übertragungsbandbreite einer Höranlage im Bereich oberhalb von etwa 5.000-6.000 Hz zu machen, die allermeisten Hörgeräte sind überhaupt nicht in der Lage, diese Frequenzen adäquat zu übertragen und an das Trommelfell zu bringen.

Damit zeigt sich deutlich, dass HiFi-Übertragung mit Hörgeräten nicht möglich ist und deshalb nur ein Scheinargument ist, also reine Augenwischerei.

16.5 Woher kommt die Energie? Batterie oder Akku?

Bisher kam die Energie normalerweise aus einer Zink-Luft-Batterie. Die Hörgeräteindustrie und die Hörstudios wollen den Kunden heutzutage lieber Akkugeräte verkaufen und führen vor allem den Umweltschutz und Kostenvorteile an. Beleuchten wir das Thema:

Die Akkutechnik wird als umweltfreundlich und praktisch dargestellt. Allerdings kosten Akku-Hörgeräte erheblich 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. Das

Personal kann aber davon ausgehen, wenn die Hörgeräte über Nacht in der Ladeschale liegen, sie für den Tag auch funktionieren werden.

Allerdings haben Akkugeräte auch Nachteile. Sie sollten sich bei der Frage nach Akku-Hörgeräten deshalb als erstes fragen, wann und wie oft Sie schon vergessen haben, ihr Smartphone oder andere wichtige Akku-Geräte auf zu laden. Auf das Smartphone sind Sie nicht unbedingt angewiesen, aber auf Ihr Hörsystem.

Bei leerem Akku und vergessenem Ladegerät: ein Smartphone bekommen Sie fast überall aufgeladen, notfalls finden Sie jemanden mit einer Powerbank. Zum Aufladen eines Hörgerätes benötigen Sie aber ein Ladegerät, das genau auf Ihr Modell angepasst ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass Sie jemanden mit dem gleichen Hörgerät oder ein Hörstudio mit passendem Ladegerät auf Lager finden, ist praktisch gleich null. Batterien finden Sie sogar in Drogeriemärkten oder auch Tankstellen.

Die Hersteller versprechen, dass die Akkus nach 5 Jahren noch ihre halbe Kapazität hätten und für einen normalen Tag noch ausreichen. Eine rechtlich bindende Garantie geben sie aber nicht, denn es fehlen Erfahrungswerte. Es gibt vielleicht eine freiwillige Garantie von 3-5 Jahren, aber danach muss jeder Akkutauch 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! Die Bedienungsanleitung eines neuen High-End-Hörgerätes (Oktober 2023) spricht von 5 Jahren Haltbarkeit vom Akku und 5 Jahren für das gesamte Hörgerät, was wohl nur bedeuten kann, dass der Akku nicht austauschbar ist und das Hörgerät somit zum Elektroschrott wird. Was heißt dann umweltfreundliche Akkutechnik? Geht man im Schnitt von etwa 3.000€ Zuzahlung aus, dann sind das etwa 50€ pro Monat, dafür kann man viele Batterien kaufen.

Ein Hörgerätehersteller ist nicht mehr verpflichtet für sechs Jahre nach dem Verkauf des letzten Gerätes der Baureihe Ersatzteile vorzuhalten, die Zeit ist erheblich kürzer. In der Regel wird eine Baureihe etwa zwei Jahre verkauft. Man kann davon ausgehen, dass spätestens nach 5 bis 6 Jahren keine Akkus mehr ausgetauscht werden können. Macht der Akku schon nach 3-4 Jahren schlapp, wird dann eher zur Anschaffung eines neueren Hörgerätes geraten. Gerade aber zuzahlungspflichtige Hörgeräte werden meist weitaus länger als 6 Jahre genutzt, mitunter sogar weit

mehr als 10 Jahre. Nach den neuen Richtlinien der meisten Krankenkassen wird die Neuanschaffung eines Hörgerätes erst nach 9 Jahren wieder bezuschusst und nur dann, wenn das alte nicht mehr brauchbar ist. Solange wird kein Akku durchhalten, wenn er täglich geladen wird sowie Hitze und Kälte ausgesetzt ist. Kann man hier von „künstlichem Verschleiß“ bzw. „geplanter Obsoleszenz“ reden?

Wenn das nächtliche Aufladen des Akkus einmal vergessen wurde, typischerweise am Wochenende, dann ist er „garantiert“ während des Gottesdienstes oder eines Vortrages leer - oder beim Sonntags-Besuch der Familie. Oft versagt er den Dienst, wenn der Strombedarf rapide ansteigt beim Umschalten auf Streaming vom Telefon 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. Der Verschleiß-fördernde Schnelllademodus braucht aber mindestens eine viertel Stunde bis das Hörgerät wieder für kurze Zeit einsatzfähig ist: zu lange für Predigt, TV-Nachrichten oder für einen wichtigen Anruf. Eine Batterie ist aber in längstens 1min ausgetauscht, so lange wartet sogar ein Überseeanrufer.

Rechnen wir die Batteriekosten über die versprochene Akkulebenszeit: Die kleine 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. Rechnet man mit der 13er-Batterie, die etwas dicker ist, aber erheblich mehr Energie hat, dann sieht es für den Akku noch schlechter aus.



Das Foto zeigt im Hintergrund eine Schachtel mit 312er Batterien, die in etwa 4 ½ Jahren (ungefähre Akku-Lebensdauer) verbraucht wurden. Im Vordergrund Batterien, die in etwa das gleiche Volumen haben.

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 etwa drei normale AA oder zwei 9V-Batterien einspart, tut mehr für die Umwelt. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, dass auch die Ladeschale schwer oder nicht recyclebaren Plastikmüll, Schadstoffe, Elektroschrott und seltene Erden-Metalle („Coltan“) enthält. Oft hat sie ebenfalls Akkus, um das Laden fern einer Steckdose zu ermöglichen.

Hat man die klotzige Ladeschale vergessen, ist man komplett aufgeschmissen. Sie ist auf das Hörgerätemodell angepasst, man kann sich also auch keine ausleihen. Ein flacher Sixpack Batterien kostet ab 95ct und eine Batterie hält ungeöffnet mehrere Jahre, selbst 5 Jahre nach Ablaufdatum haben Batterien noch für einen ganzen Tag gereicht. Man kann sie also zur Sicherheit an vielen Stellen deponieren: Geldbörse, Handtasche, Handyhülle, Jackentasche, Handschuhfach, Reisekoffer, etc. Eine klotzige Ladeschale plus Netzteil und Ladekabel kosten etwa 100-200€, zu teuer, um überall eine als Reserve zu hinterlegen.

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

16.6 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
 - zwei oder mehrere Rundum-Mikrofone (Abstand etwa 1cm)
- Elektronisch
 - T-Spule (analog) : Sprecher zu Auditorium (Kirche, Vortrag: Höranlagen)
 - Bluetooth(digital) : bequeme Ankopplung an Handy/Notebook etc.
 - Konzernspezifische Funktechnik: für herstellereigene Zubehör-Geräte
 - Audioschuh (analog): Anbindung per Kabel an Handy/MP3-Player

Signalverarbeitung:

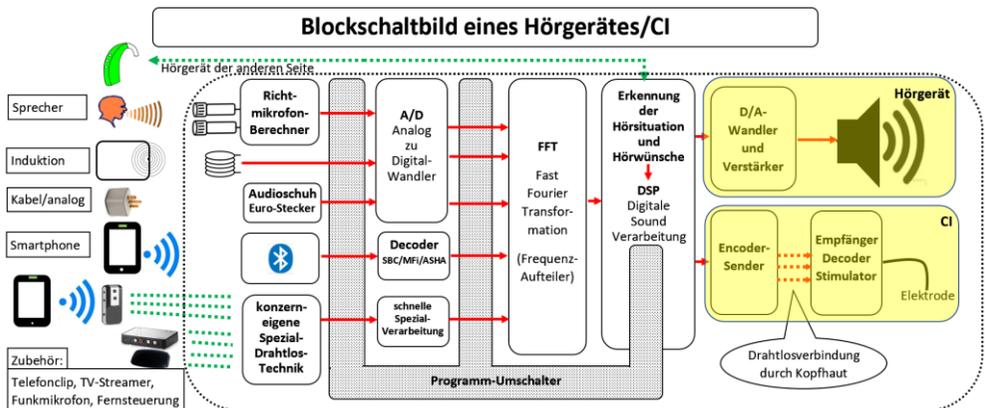
- Vor-Verstärker

- mindestens zwei Analog-Digital-Wandler
- Soundprozessor („lippensynchrones“ Computer-Programm):
 - Frequenz-Analyse (Fourier-Transformation)
 - Richtwirkung der Mikrofone berechnen
 - Ausfiltern von als Störungen betrachteten Frequenzen
 - Lautstärke-Kompression, Impulsschall-/Rückkopplungs-Unterdrückung
 - Frequenzbereichs-Umsetzungen und/oder Frequenz-Kompression
 - Individuelle Höranpassung (Equalizer)
 - Frequenz-Synthese (umgekehrte Fourier-Transformation)
- Digital/Analog-Wandler und Endverstärker

Ausgang aus dem Hörgerät:

- Lautsprecher (entweder über Schlauch/Ohrpasstück oder direkt im Ohrkanal)
- → Trommelfell

„Lippensynchron“ ist die hohe Kunst, denn jede digitale Technik hat immer eine Latenz. „Latenz entsteht insbesondere durch frequenzselektive Verarbeitung, die meist in Hörgeräten eingesetzt wird. Die notwendige Begrenzung der Latenz auf unter 10ms führt u.a. zu Begrenzungen der erreichbaren Frequenzselektivität.“ Henning Puder (Sivantos und TU Darmstadt): Hörgeräte heute und in Zukunft ..., DAGA 2015, Vortrag 000481. Mit anderen Worten: je besser die Sprachqualität des Hörgerätes, desto länger die Verarbeitungszeit, desto schlechter die Lippensynchronität. Da muss dann irgendwo ein Kompromiss gefunden werden.



17 Hörerätezubehör

Für Hörgeräte gibt es ein großes Angebot an Zubehör. Einerseits gibt es vom Hörgerätehersteller eigenes Zubehör, was auf die Hörgeräte zugeschnitten ist. Meist überträgt es drahtlos ins Hörgerät. Aus marketing-

strategischen und rein technischen Gründen überträgt es in aller Regel über eine konzernspezifische Drahtlostechnik ins Hörgerät.

Freie Hersteller bieten auch zahlreiches Zubehör an. Da sie aber die konzernspezifische Drahtlostechnik nicht nutzen dürfen, benutzen sie eine allgemein verfügbare Technik, meist also die Induktion oder über einen akustischen Weg wie Kopfhörer, Letzteres ist aber mit Qualitäts- einbußen verbunden.

Wie in Kapitel 4 beschrieben, ist das Zubehör auf die persönliche Hör- unterstützung ausgerichtet.

Die Zusatzgeräte:

Typischerweise gibt es TV-Adapter, Telefonclip, externe Funkmikro- fone und Fernsteuerungen. Sie müssen jeweils mit den eigenen Hörgerä- ten gepaired werden. Entgegen von anderslautenden Aussagen von Hör- akustiker*innen und anderen „Experten“ übertragen sie ins Hörgerät nicht per Bluetooth, denn dann müssten sie allgemein auch mit Geräten von anderen Herstellern funktionieren und man müsste diese Zusatzge- räte in den Bluetooth-Einstellungen eines Smartphones sehen. Aber das einzige, was wir sehen können, ist die Seite des Telefonclips, die für die Kopplung an Smartphones zuständig ist (siehe weiter unten), die zweite Seite Richtung Hörsystem bleibt im Dunklen. Als Drahtlostechnik könn- ten z.B. genutzt werden:

- FM -10,2MHz, 470MHz,
- NFMI=Near Field Magnetic Induction, 3 oder 13,56 MHz-Bereich
- 2,4GHz-Technik

Das hat technische und marketingstrategische Gründe:

Marketing: Es bindet Kunden: beim Wechseln der Hörgerätemarke müsste der Zubehörgerätepark ebenfalls neu gekauft werden. Familien- mitglieder bleiben bei der Marke, weil sie Zubehör mitnutzen können.

Technik: Einige Gründe: Bluetooth hat ein festes Korsett an Regeln und Festlegungen, denn es ist ein verbindlicher Standard, der universell funktionieren muss. Z.B. werden Audiodaten standardmäßig über einen alten betagten Codec namens SBC kodiert. Ein Codec lässt z.B. Audio- Daten zusammenschrumpfen, so wie z.B. MP3. Der SBC ist so langsam, dass die Latenzzeit so hoch wird (z.B. 60-250ms), dass eine Lippen syn- chronität nicht mehr gewährleistet ist. Verwendet nun der Konzern einen Codec, der speziell an die Technik in ihren Hörgeräten angepasst ist, o- der verzichtet ganz auf einen Codec und optimiert noch andere Stellen, kann die Übertragungszeit auf ca. 20-25ms reduziert werden.

17.1 Typisches Zubehör vom HörerätHersteller:

TV-Adapter: Das Gerät überträgt den TV-Ton über eine konzernspezifische Drahtlostechnik in die Höreräte. Sie haben einen analogen Eingang mit verschiedenen Stecker- und Adaptertypen (Klinke-3,5, Cinch, SCART) und meist einen optischen Eingang sowie ein externes Netzgerät, meist mit einem Micro-USB, sodass sie auch mit einer Powerbank mobil betrieben werden können. Manche TV-Adapter können auch mit zwei oder mehr Höreräten gepaired werden. Er arbeitet so flott, dass die Lippsynchronität erhalten bleibt (meist 20-25ms Latenz) Für Bluetooth-Classic-Höreräte tut es meist auch ein Bluetooth-Transmitter, allerdings ist die Latenzzeit damit höher. (siehe Kap. 17.2)

Funkmikrofon: Sie sind dazu gedacht, sie in geräuschvoller Umgebung einem Vortragenden/Gesprächspartner um den Hals zu hängen oder bei einer Besprechung mitten auf den Tisch zu legen. Sie sind dann eine kleine private ein-Personen-Höranlage. Sehr gute Erfahrung wurde z.B. bei Chorproben gemacht, wenn der/die Chorleiter*in ein einzelnes Funkmikro um den Hals trägt. Aber schon bei einem Vortrag sind sie nicht barrierefrei, weil man sich als schwerhörig outen muss. In einer Kirche machen sie selten Sinn, denn der/die Pfarrer*in hätte dann bis zu 20 Funkmikrofone um den Hals und diese klappern aneinander, was man in den Höreräten laut hört. In einer Podiumsdiskussion sind sie vollends untauglich, denn das Weiterreichen der Mikrofone wird nicht funktionieren. Nach der Veranstaltung müsste man seinem Gerät hinterherrennen und es von baugleichen Geräten Anderer unterscheiden.

Nach den akustischen Gesetzmäßigkeiten machen sie nur dann einen Sinn, wenn die Entfernung zwischen Sprecher und Funkmikrofon erheblich kürzer ist als zwischen Sprecher und Hörerät/CI. Wird es bei einer Besprechung mitten auf den Tisch gelegt, schaltet es in den Rundumempfangsmodus, d.h. alle Umgebungsgeräusche und zusätzlich der Körperschall vom Tisch (z.B. Abstellen eines Trinkglases) werden auch noch eingefangen. Da sind die Richtmikrofone des Hörerätes im Vorteil. Ein Tischmikrofon muss eine Richtcharakteristik haben, die sich automatisch auf den aktuellen Sprecher einstellt. Mit dem Hörerät-richtmikrofon würde man aber auch hier seine Tischnachbarn besser hören (Hörabstand geringer). Funkmikros machen also meist nur Sinn, wenn der/die Sprecher*in direkt hineinspricht.

Es gibt zwei Typen: reine Funkmikrofone und Kombigeräte, die weitere Anschlüsse haben: z.B. T-Spule, einen analogen Klinke-3,5-Eingang, einen Euro-Anschluss für spezielle Funkempfänger oder auch die Funktion eines Telefonclips. Manchmal ist der analoge Eingang nicht mit Klinke-3,5 ausgeführt, sondern läuft über die USB-Ladebuchse. Dann wird ggf. ein USB-zu-Klinke-3,5-Kabel vom Hersteller benötigt, denn dazu gibt es keine Norm.

Telefon-Adapter: „Made-for-iPhone“-Hörgeräte („MFi“) können nur mit iPhones direkt telefonieren, nicht mit Android-Geräten. Dafür wird dieses Akku-betriebene Zwischengerät benötigt. Sie simulieren Richtung Smartphone einen Bluetooth-Classic-Kopfhörer bzw. ein Headset/Freisprecheinrichtung. Auf der anderen Seite koppeln sie die Hörgeräte als Lautsprecher mithilfe der konzernspezifischen Drahtlostechnik an. Selten haben diese Geräte noch einen analogen Eingang. Wird er zum Telefonieren genutzt, muss er um den Hals getragen werden, weil er als Freisprecheinrichtung das Mikrofon enthält. Je nach Hersteller gibt es Kombigeräte, z.B. mit Funkmikrofon oder mit einfacher Fernbedienung. Der Telefonadapter verursacht allerdings eine höhere Latenzzeit, da das Tonsignal ziemlich oft konvertiert werden muss:

1. Smartphone
 - a. von Telefon-Signal (Telefon-Codec) zu Smartphone-intern
 - b. Smartphone-intern zu Bluetooth-Classic-SBC-Codec
2. Telefonclip
 - a. Bluetooth-Classic-SBC-Codec zu Telefonclip-intern
 - b. Telefonclip-intern zu Hersteller-Spezial-Format
3. Hörgerät
 - a. Hersteller-Spezial-Format zu Hörgeräte-intern

Erst dann erfolgt die normale Soundbearbeitung im Hörgerät, die ebenfalls ihre Zeit benötigt.

Der Telefonclip kann auch dazu genutzt werden, drahtlos an andere Geräte mit Bluetooth anzukoppeln: MP3-Player, PC, Notebook oder einen Bluetooth-Transmitter (siehe weiter unten im Kapitel 17.2)

Für Bluetooth-Classic-Hörgeräte sind Telefonclips nicht notwendig, denn sie können sich direkt über Bluetooth-Classic mit jedem Bluetooth-Gerät, das Audio ausgibt, verbinden.

Fernsteuerung: Die meisten Fernsteuerungen nutzen heutzutage die konzerneigene Drahtlostechnik. Manche Fernsteuerungen funktionieren auch noch mittels eines 15kHz-Pilottones, der für die meisten Schwerhörigen unhörbar, aber für junge Leute ein grässliches Piepsen ist. Die

Smartphone-Apps zur Fernsteuerung nutzen Bluetooth-LE, sogar bei Hörgeräten, die für die Audioübertragung Bluetooth-Classic nutzen.

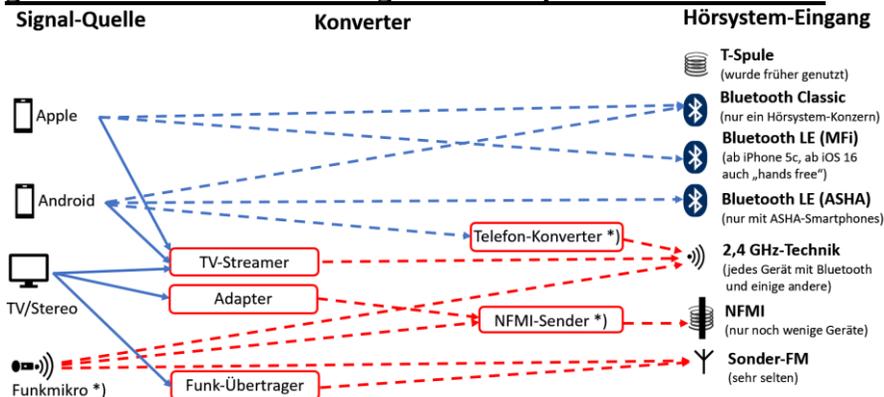
Audioschuh: Er wird praktisch nicht mehr angeboten, bei Akku-Hörgeräten generell nicht mehr. Er hat einen Anschluss für den analogen Euro-Dreizack-Stecker. Der Audioschuh muss mit dem Hörgerät mitbestellt werden, weil dann die Batteriekappe und das Gehäuse entsprechend angepasst wird. Mit einem Klinke-3,5-zu-Euro-Stecker werden normale analoge Geräte wie MP3-Player etc. angeschlossen.

Kabel und Adapter: sie werden immer dann benötigt, wenn der Ton aus irgendeinem Audio-Gerät ins Hörgerät gelangen soll. Das Kabel wird dann zwischen dem analogen Audiogerät (z.B. MP3-Player) und einem Zubehörgesetz gesteckt. An typischen Kabeln/Adaptern gibt es:

- Klinke 3,5-zu-Klinke-3,5 (meist nur kurzes Kabel mitgeliefert)
- USB-zu-Klinke-3,5 (passend zum Zubehör-Gesetz extra bestellen)
- Klinke 3,5-zu-Cinch (Baumarkt/Elektro-Markt/Internet/Flohmarkt)
- Klinke-3,5-zu-Euro-Dreizack (im Hörstudio mitbestellen)
- Apple-Lightning-zu-Klinke-3,5-Buchse (analoger Anschluss am iPhone)
- USB-C-zu-Klinke-3,5
- SCART-zu-Cinch-Adapter für TV (Baumarkt etc.)

Hörgeräte-Programmierung: Wenn die Hörgeräte einen Bluetooth-Chip verbaut haben, werden sie im Hörstudio mithilfe des „Noahlink-Wireless“ über Bluetooth-LE programmiert. Bei der Programmierung über das Internet läuft die Verbindung ebenfalls über Bluetooth-LE. Ansonsten gibt es kabelgebundene Programmiergeräte.

grafische Zusammenfassung herstellerspezifisches Zubehör:



* Zubehörgesetze haben zum Teil Mehrfachfunktionen, z.B.: Mikrophon, Fernsteuerung, externe T-Spule, analogen Eingang (Klinke 3,5 oder dreipoliger Euro-Stecker) oder Bluetooth-Classic-Eingang.

17.2 „freies“ Zubehör und Telefone (HAC-Norm)

Es gibt eine Reihe freie Zubehörhersteller, die nicht von den Hörgeräte-Konzernen abhängig sind. Deshalb können sie nicht auf die spezielle „geheime“ Funktechnik der Konzerne zugreifen. Ihnen bleibt derzeit für die Übertragung ins Hörsystem nur die einzige genormte induktive Technik (T-Spule).

Telefone: am besten ist eine induktive Übertragung vom Telefon in die T-Spule des Hörsystems. Meist wird aus der Kennzeichnung „HAC ...“ geschlossen, dass dies möglich sei. Dem ist aber nicht so. Die HAC-Bezeichnung geht zurück auf die amerikanische ANSI Norm C63.19-2011 und handelt von der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Sie besagt also nur, wie hoch bzw. gering sich die Störstrahlung eines Telefons auf ein typisiertes analoges (!!!) Hörgerät im M (Mikrofon) oder T (T-Spulen) Modus auswirkt. T3 und T4 bedeutet z.B., dass dann, wenn das Hörgerät auf T geschaltet ist, die Störsignale, die das Telefon in die Hörgeräteelektronik einstreut, sich in erträglichem Rahmen hält, bei T1/T2 ist das nicht der Fall. Die sagt aber nichts darüber aus, ob das Telefonat induktiv gehört werden kann, das muss man in den technischen Daten suchen, beim Hersteller erfragen oder einfach im Fachgeschäft ausprobieren. Vom Personal in Elektromärkten erhält man nur die meist falsche Auskunft über die HAC-Einstufung. Was tatsächlich über die T-Spulen-Kompatibilität aussagt, ist der European Telecommunication Standard ETS 300 381 (Dezember 1994).

Kopfhörer: in seltenen Fällen müssen Schwerhörige zu einem Kopfhörer greifen. Die beste Option ist ein Active-Noise-Cancelling-Kopfhörer, der unterdrückt die meisten Störgeräusche. Danach kommen ohrumschließende Kopfhörer und dann offene Kopfhörer. Allerdings muss vorher geprüft werden, ob die Hörgeräte nicht in eine Rückkopplung fallen und es schrecklich pfeift, dann muss das Hörgerät herausgenommen werden und der individuelle Hörausgleich ist weg. Kopfhörer sind z.B. dann von Nöten, wenn überhaupt kein Hörgerät vorhanden ist oder das Hörgerät außer einem Mikrofon keine weiteren Eingänge hat, z.B. bei einem Mini-Im-Ohr-Kanal-Hörgerät.

Halsringschleifen: diese sind Mini-Induktionsschleifen zum Umhängen um den Hals. Sie erzeugen das elektromagnetische Feld wie eine Induktionsschleife im Raum, aber nur im engen Umkreis um den Hals. Sie haben meist einen Klinke-3,5-Stecker, entweder Stereo oder Mono. Das ist

manchmal ein Problem: je nach Beschaltung des Stereo-Steckers oder der Geräte-Buchse funktioniert es nicht. (Adapter Mono/Stereo nötig)
Zum störungsfreien Hören werden sie in den Kopfhöreranschluss des Audio-Gerätes gesteckt und das Hörgerät auf T umgestellt.

Die technischen Daten einer typischen passiven Halsringschleife:

Frequenzbereich: 300-10.000Hz (Angabe mit Vorsicht zu genießen)

Impedanz: 46 Ohm

Leistung für normgerechte Feldstärke 100mA/m am Ohr: 10mVA
(rechnerisch eine Spannung von 0,22 Volt am Kopfhörerausgang)

Ist der Audio-Anschluss des Gerätes zu schwach für die passive Version, gibt es aktive Induktionsschleifen, die einen Batterie- oder Akkubetriebenen Verstärker eingebaut haben. Sie können z.T. auch als kabelgebundene Freisprecheinrichtung genutzt werden. (Geemarc iLoop Plus). Sie kosten so etwa 50€ im Internet.

Induktionskopfhörer: Die gibt es in Stereo und Mono (Geemarc Hook) Kleine Haken werden hinter das Ohr neben den Hörgeräten gehängt. Mit Brille und Corona-Maske wird es etwas unbequem, aber man kann Stereo in Ruhe hören. Sie kosten etwa 20-25€.

Induktionsempfänger: Diese Geräte gibt es ab etwa 35€ bei ebay in England. In Deutschland gibt es andere Modelle ab etwa 100€. Das sind etwa Zigarettenschachtel-große Geräte, die eine eingebaute T-Spule haben und das Signal so verstärken, dass es an einer Klinke-3,5-Buchse für einen Kopfhörer zur Verfügung steht. Manche sind ziemlich universell, haben z.B. ein eingebautes Mikrofon oder einen Mikrofonanschluss für ein Mikrofon mit langem Kabel. Statt in einen Kopfhörer kann man das Signal aber auch in Hörgeräte leiten, die keine T-Spule haben. Wie das geht, sehen wir später in Kap. 18.9.

Funk-/IR-Empfänger: Infrarot oder Funkanlagen jeder Art sind hersteller- oder serienspezifisch. Sie werden auf den richtigen Kanal eingestellt und stellen das Audiosignal an einer Klinke-3,5-Buchse zur Verfügung. Bei Hörgeräten mit T-Spule wird an dieser Buchse eine Halsringschleife angeschlossen. Hat das Hörgerät keine T-Spule, werden andere Gerätschaften angeschlossen. Welche und wie, sehen wir in Kap. 18.9.

Funk-Mikrofon: Es gibt noch einen Hersteller, der ein Funkmikrofonsystem anbietet. Es überträgt vom entfernten Funkmikrofon in ein Empfangsgerät und über eine Halsringschleife ins Hörsystem.

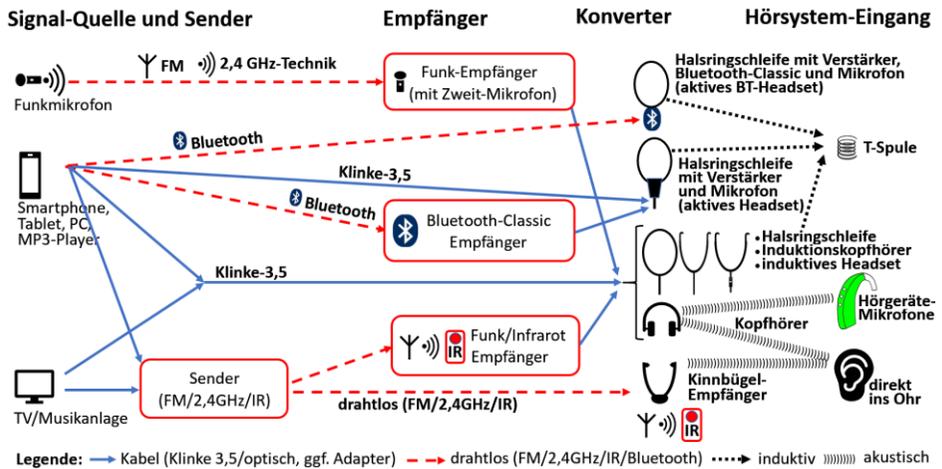
TV-Übertrager : Die meisten Geräte übertragen in einen festen Kopfhörer. Das macht für Hörgeräteträger kaum einen Sinn. Richtig sind Geräte, die per analogem Funk (863-865MHz) oder Infrarot auf einen Empfänger senden, an dem eine Halsringschleife oder ein Stereo-Induktions-Kopfhörer angeschlossen werden kann. Digitale Geräte, vor allem mit Bluetooth, haben mitunter so eine hohe Latenzzeit, dass Filme sehen keinen Spaß macht. Bei Infrarot hört man nichts mehr, wenn man den Raum verlässt, bei Funk kann man während der Werbepause den Raum verlassen und hört, wenn der Film weitergeht. Für öffentliche Räume sind sie nicht geeignet, weil sie von der Haustechnik an die Beschallungsanlage angeschlossen werden müssen und ihre Reichweite sehr beschränkt ist, denn sie sind nur für eine Wohnzimmer-Nutzung gedacht.

Bluetooth-Transmitter : Das sind kleine Geräte mit einem analogen Klinke-3,5-Anschluss. Das Signal, das dort hineingeht, wird mit dem offiziellen Codec SBC in ein Standard Bluetooth-Classic-Signal verwandelt. Diese Transmitter beherrschen meist das R2DP-Profil für Stereo-Kopfhörer, oft aber auch das HFP/HSP-Profil. Das heißt, sie simulieren quasi ein Bluetooth-Handy oder einen Bluetooth-MP3-Player. Sie sind dazu gedacht, alte Stereoanlagen oder Fernseher zu einer Bluetooth-Anlage zu verwandeln. Man kann sie also mit einem Bluetooth-Kopfhörer verbinden oder mit dem Telefonclip (siehe oben) koppeln.

Sie gibt es mit eingebautem Akku oder einem USB-Anschluss im Internet schon für unter 10€.

Kabel und Adapter: meist werden passende Kabel zum Zubehörgerät geliefert. Manchmal sind aber leider passende Kabel oder notwendige Adapter nicht dabei. (siehe Abschnitt Kabel in Kap. 17.1)

grafische Zusammenfassung Zubehör von freien Herstellern:



18 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 Neben- und Störgeräusche werden kaum noch gehört.

Wichtig ist, dass ins Mikrofon gesprochen wird, alles andere wird grundsätzlich nicht über eine Höranlage übertragen. Wichtig ist also, dass auch am Taufstein oder bei einer Trauung bei Brautpaar ein Mikrofon verwendet wird. Auch andere Akteure im Gottesdienst brauchen ein Mikrofon.

Höranlagen gibt es in unterschiedlichen Ausführungen:

- Induktions-Schleife
- Funkanlage
 - FM-Funkanlage (analog) => wird mehr oft 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 (Auracast) gibt es als professionelle Anwendunge und für den Heimgebrauch
- Infrarot-Sendeanlage (unsichtbares Licht)

- Direkter Kabelanschluss (Audioschuh) (z.B. in Hörgeräten für Jugendliche, wird nicht mehr angeboten.)
- Sonderlösungen der Hörgeräte-Hersteller

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 27.

18.1 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.

Im Grunde genommen gibt es unterschiedliche Anwendungsbereiche für Schallübertragungsanlagen und damit auch unterschiedliche

Anforderungen und Techniken. Man kann da verschiedene Typisierungen machen. Dies gilt es zu beachten, wenn vermeintliche Nachteile bestimmter Techniken genannt werden. Z.B. Wird ständig als Nachteil von induktiven Höranlagen genannt, dass sie nicht in Stereo übertragen können und nicht abhörsicher sind. Dass aber praktisch keine andere Hörunterstützende Technik für den öffentlichen Bereich ebenfalls nicht in Stereo übertragen und auch nicht abhörsicher sind, das wird denen nicht als Nachteil angekreidet. Einzig der TV-Streamer für private Zwecke kann Stereo übertragen und der induktive Kopfhörer.

Hörunterstützungstechniken	
Technik	Definition und ggf. nähere Information
individuelle Hörunterstützung	Gerätschaften, die in der Regel drahtlos an das persönliche Hörsystem (Hörgerät/CI/Baha etc.) gekoppelt sind und eine Verbindung zu einer Audioquelle bieten: TV-Streamer, Funkmikrofone, Telefon-Adapter. <i>Es werden auch kleine Höranlagen (z.B.induktiv) genutzt.</i>
Personenführungs-Anlage	Mobiles drahtloses Übertragungssysteme auf Funk-Basis zur Übertragung von vornehmlich sprachlichen Informationen an mehrere bis beliebig viele mobile Empfangs-Geräte. Sie besteht aus Funkmikrofon und Empfangsgeräten. Die Empfangsgeräte sind meist in der Lage, an Hörsysteme weiter zu übertragen, z.B. über induktive Halsrinschleifen. <i>Sie wird oft auch als Höranlage genutzt.</i>
Schalter-Anlage	Meist fest installiertes System zur drahtlosen Übertragung von einem Infopoint/Schalter/Kasse etc. an Hörsysteme im begrenzten engen Umkreis.
Durchsage-Anlage	Ist ein System zur Übertragung von akustischen Nachrichten (Hinweisen oder Warnungen) in einem festgelegten Umkreis an <ul style="list-style-type: none"> • beliebig viele Empfänger, z.B. akustisch Bahnhof/ Flughafen-Durchsagen, Sprachalarmanlagen etc. • für einen bestimmten Personenkreis z.B. über Funk evtl. mit Rückkanal-Möglichkeit.
Betriebs-funk	System zur Übertragung von akustischen Nachrichten an einen bestimmten Kreis von Bediensteten.
Konferenz-Anlage	Fest installiertes System zur Übertragung von akustischen Inhalten an berechnigte Empfänger, meist in Form von Funk oder Infrarot-Sendern an meist mobile

	Empfangsgeräte für die Teilnehmenden. <i>Für einfachere Ansprüche werden oft Personenführungsanlagen oder Höranlagen genutzt.</i>
Höranlage	Eine Höranlage überträgt das, über Luftschall an Gut-hörende übertragen wird, auf einen akustisch nicht beeinflussbaren Weg in die Hörsysteme von Hörsystem-trägern. Über Empfangsgeräte können auch Kopfhörer genutzt werden. „ <i>Lautsprecher für Schwerhörige</i> “

	übliche Techniken	typische Latenz
individuelle Hörunterstützung	digital: 2,4GHz analog/digital: NFMI	20-25ms ?
Personen-Führungsanlage	analog: FM 883-865MHz akustisch (Megafon)	0
	digital: 2,4GHz, DECT, Auracast ^{*)}	ca. 20-85ms und höher
Schalter-Anlage	analog: Induktion, akustisch	0 – 2,5ms
	digital: Auracast ^{*)}	ca. 35-85ms und höher
Durchsage-Anlage	analog: akustisch, Funk	0-? (Schalllaufzeit)
	digital: Auracast ^{*)}	ca. 35-85ms und höher
Betriebsfunk	analog und digital	?
Konferenz-Anlage	analog: Infrarot, FM	0
	digital: DECT, WiFi	ca. 15 bis etwa 300ms
Höranlage	analog: Induktion, FM	0
	analoge Induktion mit digitaler DSP	2,5 ms
	digital: WiFi/WLAN, Auracast	40-200 ms 30-80ms + Hörsystem
*) Auracast ist vorgeschlagen, Machbarkeit noch nicht erwiesen		

Definitionen typisierender Eigenschaften	
Transportabilität	Die Gerätschaft ist an unterschiedlichen Orten mit zumutbarem Aufwand ab- und wiederaufbar. Während des Transportes besteht keine Funktionalität.
Mobilität	Die Anlage ist mobil nutzbar.
Abhörsicherheit	Nur zugelassene Personen können den Inhalt mithören. Mit normalen Mitteln kann die Übertragung nicht abgehört werden.
Mehrkanalfähigkeit	Sende- und Empfangsgeräte können auf unterschiedliche Kanäle bzw. Gruppen zusammengefasst werden, sodass das System von unterschiedlichen Gruppen parallel genutzt werden kann, z.B. mehrere Gruppen bei Museumsführungen oder mehrere Sprachen parallel.
Rückkanalfähigkeit:	Teilnehmer:innen können Rückfragen an den/die Sprecher:in oder in die Gruppe stellen. D.h. die Empfangsgeräte haben z.B. auch eine Sendeeinheit mit Mikrofon oder Rückfragen sind auf anderem Weg möglich.
Stereo	für Musikübertragungen kann auf Stereo geschaltet werden.

erforderliche Eigenschaften der Hörunterstützungstechnik						
	Trans- porta- bilität	Mo- bili- tät	Ab- hör-si- cher- heit	Mehr- kanalfä- higkeit	Rück- ka- nal- fähig- keit	Ste- reo
individu- elle Hörunter- stützung	ja	je nach Geräte- Typ	je nach Geräte- Typ	nein	nein	ja
Personen- Führungs- anlage	ja	ja	optio- nal	ja	optio- nal	nein
Schalter- Anlage	nein	nein	ja ¹⁾	nein	ja	nein
Durch- sage-An- lage	nein	nein	nein	optional ja ²⁾	meist: nein	nein
Betriebs- funk	ja	ja	ja	ja	optio- nal	nein
Konfe- renz-An- lage	optio- nal	nein	meist: ja	meist: ja	nein	nein
Höranlage	optio- nal	nein	nein	nein	nein	nein
Lautspre- cher-An- lage ³⁾	<i>optio- nal</i>	<i>nein</i> ⁴⁾	<i>nein</i> ⁵⁾	<i>nein</i>	<i>nein</i>	<i>nein</i>
¹⁾ Die Abhörsicherheit muss nicht stärker sein als die Abhörsicherheit der akustischen Kommunikation. ²⁾ z.B. pro Bahnhofs-Gleis, Flughafen-Terminal oder je nach Gruppe der Bediensteten (Sicherheitsdienst, Wartungsdienst etc.) ³⁾ hier nur zum Vergleich, denn Lautsprecher sind vom Prinzip her keine Hörunterstützungstechnik für Schwerhörige ⁴⁾ mobile Lautsprecheranlagen (z.B. Megafon) sind Personenführungsanlagen ⁵⁾ Abhörsicherheit betrifft nicht die Anlage, sondern den Raum.						

18.1.1 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 diese 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 Stromstärke 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.

18.1.2 Wozu Digitalisierung der Sprachübertragung?

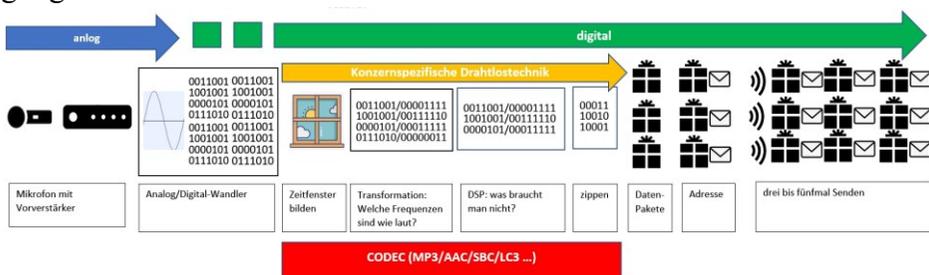
Heutzutage wird oft die digitale Sprachübertragung gegenüber der analogen bevorzugt. Das hat aber neben einigen Vorteilen auch erhebliche Nachteile. Die Hintergründe sollen hier dargestellt werden.

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, denn Funkwellen sind immer analog, nur die aufmodulierte Information kann digital oder analog sein.

Bei Analogübertragung überträgt der Sender kontinuierlich auch in Sprachpausen an die Empfänger. Es geht also nur ein Sender pro Kanal.

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, weil z.B. der Sender bei Sprechpausen abgeschaltet wird. 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 weltweit eindeutige 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.

Zunächst einmal ein Schaubild, das das Prinzip einer digitalen Übertragung darstellt:



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 er 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 ziemlicher Zickzack. Gesetzt, Sie müssten am Telefon durchgehen, 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 durchgehen, 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 ...

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 verschiedenen lange Päckchen. Die 2,4GHz-Technologie geht weiter. Dort wird der Gesamtfrequenzbereich in 40 Kanäle aufgeteilt (Bluetooth-Classic sogar 79), 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 meist Sender und Empfänger koppeln, d.h. sie schicken sich gegenseitig Kontrollpäckchen, um festzulegen, wie die Kommunikation ablaufen soll, nur bei Auracast verzichtet man auf die Kopplung. Nun werden die Datenpakete 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, Auracast) 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 Digital-Radio im Auto kennen.

Immer wieder schickt ein 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 und neuerdings 6GHz-Bereich ausweichen, wenn Router und Empfangsgerät zusätzlich das teurere 5GHz bzw. 6GHz-Modul haben, aber das 5GHz-Modul wird vom Router abgeschaltet, sobald Radar entdeckt wird (Wetterradar, Bodenradar vom Flugzeug oder Flughafen im Umkreis von 20-

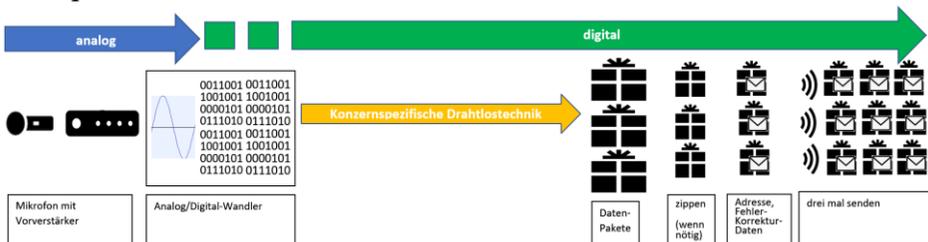
30km). WLAN-Überlastung kennen wir ja: die Protokolle unseres WLAN-Routers sagen, wenn kein störungsfreier Kanal gefunden wurde und der am wenigsten schlechte genommen wurde. Entsprechend lahm ist unser WLAN, muss die Sendekapazität doch mit mehreren anderen geteilt werden. Und wenn die Funkmaus ein bisschen schwer reagiert, liegt die Ursache nicht selten an der Überlastung des 2,4GHz-Bereiches. Schriftdolmetscher verwenden deshalb keine Funkmäuse oder Funktastaturen.

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 (z.B. 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. 14.10.5)

Die bisherige Bluetooth-Technik war den Hörgerätekonzernen zu stark Latenz-belastet. Für Musikhören oder Telefonieren ist die hohe Latenzzeit von Bluetooth noch tolerierbar, aber sie überall dort gestört, wo man auch Mundbild/Mimik/Gestik benötigt hat, also bei TV und bei Life-Veranstaltungen. Sie haben deshalb für ihre Zubehörteile (Funkmikro, TV-Streamer eine eigene Drahtlostechnik entwickelt.

Die konzernspezifische Drahtlostechnik funktioniert meist vom Grundkonzept ähnlich wie Auracast. Nur wird meist auf einen Codec ver-



zichtet, weil der zuviel Zeit frisst. Stattdessen begrenzen sie die Datenmenge dadurch, dass sie auf Qualität verzichten (Übertragung nur bis 8.000 Hz, keine tiefen Töne etc.). Damit kommen sie auf eine Latenz von etwa 17 bis 20ms, die zum großen Teil von der Sendezeit („air time“ beansprucht wird. Aber auch diese 17-20ms sind schon

problematisch. Hinzu kommt noch die Latenz vom Hörsystem (etwa 3-10ms). Siehe auch Kapitel 14.10.5 und 14.10.6.

18.1.3 Ist digital immer besser als analog?

Ein digitales System hat also immer eine Latenzzeit (Zeitverzögerung zwischen Eingang und Ausgang), die nicht verhinderbar ist. Demgegenüber hat ein analoges System praktisch keinerlei Latenz. Eine digitale Klangbearbeitung (DSP) hat jedoch erhebliche Vorteile gegenüber einer analogen Klangbearbeitung. Es kommt also darauf an, wo die Digitalisierung Vorteile bietet und wo sie Nachteile mit sich bringt.

Im Umfeld von Höranlage und Hörsystemen ist das einfach beantwortbar. Wir haben hier zwei Äste: Das Hörsystem selbst und der Übertragungsweg in das Hörsystem.

Digitalisierung **im Hörgerät** bietet riesige Vorteile, z.B. Amplituden-Kompression, Rückkopplungsverhinderung, Nebengeräuschreduzierung, Frequenz-Kompression und Frequenz-Transposition, genauere Hörkurvenkorrektur u.v.a.m. Das wiegt den Nachteil der Latenz bei Weitem auf. Ein Hörgerät hat aufgrund der Digitalisierung eine Latenz von etwa 3-10ms.

Eine Höranlage benötigt aber auf dem **Übertragungsweg** von der Quelle, also z.B. Mikrofon, bis zum Hörgerät keine oder nur sehr geringe Klangbearbeitung, die problemlos auch analog zu lösen ist. Das wäre z.B. ein Trittschallfilter. Alle andere Klangbearbeitung leisten der Induktionsverstärker (z.B. Kompression) oder das Hörsystem, das dabei die individuelle Hörstörung berücksichtigt. Da hat die Digitalisierung auf dem Übertragungsweg nur den Nachteil der Latenz. Das Signal wird zudem auf dem Weg mehrfach von einem Format ins andere konvertiert und das kostet ebenfalls Latenzzeit und verbessert das Signal nicht.

Höranlagen haben u.a. die Aufgabe, den von der Raumakustik erzeugten Hall auszublenden. Digitale Höranlagen erzeugt aber aufgrund ihrer Latenz wieder einen Teil des Halles, wenn Schwerhörige das Audiosignal über mehr als einen Weg erhalten, was heutzutage der Standardfall ist. Bei hochgradig Schwerhörigen ist die Versorgung meist geschlossen, bei leicht bis mittelgradig Schwerhörigen ist die Versorgung ist meist offen, sodass über die „Nebenluft“ noch Lautsprecherschall ans Ohr dringt. Bei Stellung auf T-Spule oder Streaming ist standardmäßig das Mikrofon zugeschaltet, sodass auch über diesen Weg Lautsprecherschall mit einer

anderen Latenz übertragen wird. Beim Mundabsehen stört ebenfalls die Latenz. (s. Kap. 14.10.6)

Die hochgradig Schwerhörigen werden beim Mundabsehen gestört, die mittel bis leichgradig Schwerhörigen durch den technisch verursachten Hall.

Die Digitalisierung hätte also nur dort einen Sinn, wo es darauf ankommt, dass es gleichzeitig mehrere Sender oder Mehrkanalfähigkeit geben muss, also z.B. bei Konferenzenanlagen und evtl. bei Personalführungsanlagen (mehrsprachige Firmenführungen). Wo aber nur ein Sender in einer Sprache notwendig ist (z.B. in der Kirche, Theater oder Stadthalle), ist sie absolut nicht nötig, sondern bringt wegen der Latenzzeit nur Qualitätseinbußen.

Grob gesagt: digital im Hörgerät = hui, digital vor dem Hörgerät = meistens pfui.

18.2 keine Höranlage: Lautsprecher/Linearrays

Immer wieder behaupten Laien und Elektroakustiker, die Lautsprecheranlagen und Hörgeräte seien heute so gut, dass keine Höranlagen für Schwerhörige mehr nötig seien. Sie haben die Linearrays (auch Zeilen-

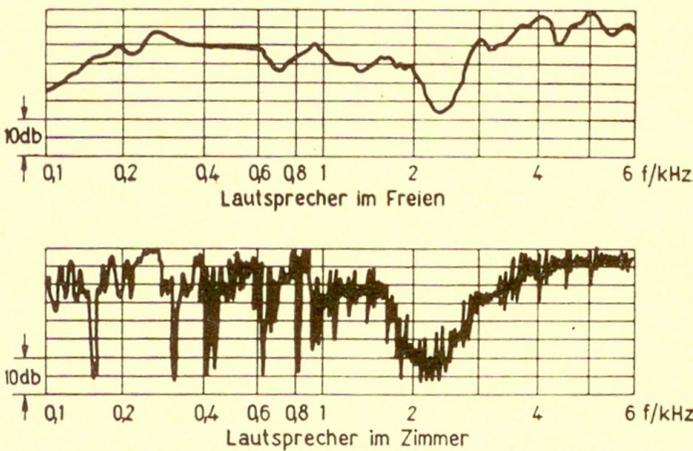


Abb. 20: Frequenzgang eines Lautsprechers, abhängig vom Frequenzgang des Raumes (nach A. Darré, 1952).

Quelle: A. Darre: Ausgleichvorgänge bei der Schallübertragung, 1952
 zit. nach: Friedrich Blume: Die Musik in Geschichte und Gegenwart,
 allgemeine Enzyklopädie der Musik, Band 11,
 Kassel/Basel/London/New York 1963, Stichwort Schall, Spalte 1566

lautsprecher genannt) im Visier, die sie in der Kirche installieren wollen. Aber Lautsprecher können aus Prinzip keine Höranlagen für Schwerhörige sein, schon alleine deshalb, weil kein Lautsprecher in der Lage ist, externe Störgeräusche (Geräusche

aus Publikum, Gebäudetechnik und Außenwelt sowie deren

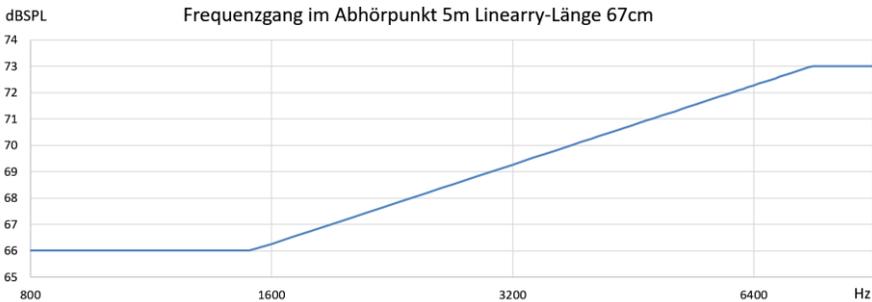
Diffusschall) zu eliminieren. (vgl. Kap. 14.10.4) Außerdem regen Lautsprecher immer die Raumakustik an, d.h. sie erzeugen Hall, Echo, Resonanzen, Raummoden (stehende Wellen) und sonstige Klangverzerrungen.

Im obigen Bild ist exemplarisch der Frequenzgang eines normalen Lautsprechers gezeigt: oben im Freien (bzw. im technischen Messraum) und unten in einem normalen Wohnraum. Die „Krakelkurve“ ist an jeder Stelle des Raumes anders.

Bei Linearrays bzw. Zeilenlautsprechern ist das prinzipiell nicht anders. 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. Die Nahfeldgrenze errechnet sich aus $l^2 * f / (2 * c)$ Länge zum Quadrat mal Frequenz durch 2mal Schallgeschwindigkeit). Im Fernfeld verhält sich ein Linearray wie ein normaler Lautsprecher, also mit 6dB pro Entfernungsverdopplung. Das Nahfeld endet für tiefe Frequenzen früher als für hohe, das hängt mit der Länge der Lautsprecherkette zusammen. Deswegen sagen Experten, Linearrays müssen mindestens 2m lang sein, damit die hinteren Reihen nicht zu wenig mittlere und tiefe Töne bekommen. Haben die Lautsprecher des Linearrays jeweils einen eigenen Verstärker und/oder Waveguides, ist sogar Beamsteering 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 Hallradius Kap. 14.12)

Immer wieder wird ein Linearray eines bestimmten Hörgeräteherstellers beworben und erhält gute Bewertungen bei Vorführungen. Es hat allerdings nur eine Lautsprecherkette von 67cm bzw. als Doppelversion entsprechend länger. Es ist daher faktisch eher ein Punktstrahler oder eine Mischversion. Bei 1000Hz endet das Nahfeld schon bei 66cm, bei 5000Hz jedoch bei 3,30m. D.h. in den hinteren Reihen ist der Klang hochtonbetont, die Tiefen und mittleren Töne sind zu schwach. Im

gesamten Hörbereich ist der Frequenzgang also nicht mehr linear und Schwerhörige haben überall eine andere Hörsituation



theoretisch berechneter Frequenzgang eines kleinen Linearrays

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? Als erstes: Schwerhörige bekommen einen Empfänger mit Halsringschleife, sie hören also nicht über das Lautsprechersystem. Der Lautsprecher hat eine „adaptive“ Lautstärkeregelung. Je mehr Störlärm im Raum ist, desto lauter wird er. Damit erzeugt er allerdings selbst wieder Störlärm (Hall, Echo) und diejenigen, die im Publikum durch Seitengespräche den Störlärm produzieren, reagieren mit lauterem Seitengesprächen. Es entsteht ein Teufelskreis. 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. 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: im Elektronik-Handel wird immer zwischen verschiedenen Lautsprechersystem hin- und her geschaltet. Niemand läuft prüfend umher, weil kaum jemand weiß, dass die Klangqualität bei solchen Lautsprechern (Linearrays) vom Abhörort abhängig ist: je weiter weg, desto mehr fehlen Tiefen und Mitten, hinten im Saal klingt alles „dünn“. Ein Vertreter hat sogar seinen „Trick“ verraten: Er stelle zu Beginn der Veranstaltung das Mikro aus, das Publikum versteht nichts. Dann schaltet er das Mikro an und alle seien begeistert, nun etwas zu verstehen.

18.3 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-Halsring-schleife 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 Audioschuh am Hörgerät. Fehlen die T-Spule/Audioschuh, 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 nur Prototypen einer Auracast-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.

18.3.1 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. Entwickelt wurden die FM-Anlagen als Personenführungsanlage für Besichtigungen von Industrieanlagen, als Dolmetsch-Anlage oder für das professionelle In-Ear Monitoring (Regieanweisungen etc. in der Bühnen- und Studio-Technik). Später wurde der Nebenmarkt als Schwerhörigenanlage entdeckt. Es gibt (noch immer) analog arbeitende Anlagen, digitale FM-Anlagen gibt es vor allem im professionellen Bereich. Es gibt Anlagen für kostenlose zulassungsfreie (Jedermann-) Funkfrequenzen 863-865MHz und für anmeldungs- oder kostenpflichtige Funkfrequenzen.

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. Messen konnten wir 0,05ms, also praktisch latenzfrei.

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) sind Mehrsprachigkeit und parallele Veranstaltungen 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 bis zu 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 Kinnbügel-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.

18.3.2 Die 2,4GHz-Technik (Digital)

Mittlerweile 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 folgten nach den ersten Funkprotokollen, WLAN und Bluetooth, die ihren eigenen Namen behielten. Danach kamen andere Anwendungen: Fernsteuerungen für Drohnen, Spielzeugautos, Garagentore, Gegensprechanlagen, Hausautomatisation u.v.a.m. Da hat man dann oft keine neuen Namen gesucht, sondern sagt einfach 2,4GHz-Technologie oder fälschlicherweise Bluetooth. Zum Teil nutzt die 2,4GHz-Technik Verfahren und Hardware, die für Bluetooth entwickelt wurden, sie sind aber grundverschieden (siehe Kap. 18.718.1.2)

Im Prinzip unterscheidet sich die 2,4GHz-Technik von der FM-Anlage dadurch, dass die Transportschicht zwischen Mikrofon und Empfangsgerät ausgetauscht wurde. Die neue Transportschicht aber benötigt die Digitalisierung der Audiodaten. Die Digitalisierung benötigt jedoch Verarbeitungszeit, die umso länger dauert, je besser die Qualität sein soll. Verarbeitungszeit bedeutet aber Latenz, und das ist für Schwerhörige wegen des Mundabsehend schlecht. (s. Kap. 14.10.5 u. 14.10.6)

Weiterhin gilt auch 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 (zum Teil sogar mehrfach belegt) und man muss sich erst durch ein kleines Menü hangeln. 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 wird softwaremäßig gelöst: zusätzlich zum 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 sehr gut 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. Die Latenzzeit überschreitet in aller Regel die Grenze von 12ms und liegt oft schon im Hallbereich. Die Gründe für diese Latenzzeit haben wir schon oben erklärt, die daraus folgenden Probleme: Kap. 14.10.

18.3.3 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, die Latenzzeit liegt nach Aussagen bei 15ms. 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)

18.3.4 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. Je nach Gerät bzw. Hersteller wird das System von der Software her oder durch die Kapazität des WLAN-Systems auf eine maximale Nutzerzahl begrenzt. Meist kann es mindestens zwei analoge Audioquellen verarbeiten. 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/die Nutzer:in eine Hersteller-spezifische App auf sein Smartphone oder Tablet-PC installieren. Da es sein/ihr 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. 16 und 18.9) 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 WLAN anmelden.

5. App starten: sie sucht sich im lokalen WLAN den Streaming-Server
6. Einen der angebotenen 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:

- **Er ist vom Konzept her nicht barrierefrei**, weil ein Smartphone benötigt wird (vgl. Kapitel 1 und 3). Hier ist das Smartphone sogar eine absolute Notwendigkeit!
- das Empfangsgerät (=Smartphone) muss „kompatibel“ sein, will heißen: mit älteren, schwächeren Geräten kann und wird es Probleme geben. Die typischen Höreräteträger:innen sind ältere Kirchgänger:innen und sie haben oft genug Probleme mit Smartphone/Tablets. In der Regel besitzen sie auch keine neuen HighEnd-Smartphones, sondern „erben“ die abgelegten, leistungsschwachen und akkuschlappen Geräte ihrer Kinder/Enkel. Vorzugsweise sollte es aber ein neueres iPhone sein, denn mit Android-Geräten gibt es mehr Probleme.
- Empfangs-App gibt es **nur für iOS (Apple) und Android**, für Windows oder Linux nicht, d.h. normale Notebooks gehen nicht. Eine spezielle App, die genau zu dem Streamer der Herstellerfirma gehört, muss erst korrekt aus dem AppStore/PlayStore auf das Smartphone geladen und eingerichtet werden. Mesner/Mesnerinnen werden laufend gebeten, bei der Einrichtung/Nutzung der App behilflich zu sein. Kommen z.B. die Großeltern von außerhalb zur Taufe/Hochzeit/Konfirmation, müssen sie sich schon daheim darum kümmern, ihre Smartphones einzurichten. Wochen vor den großen Festtagen müssen Hinweiszettel mit technischen Dingen verteilt werden, denn ein „Kommen, Hörgeräte auf Höranlage einstellen und Teilhabe“ gibt es hier nicht, sondern eher „Kommen, Fummeln, Nachfragen, nix-geht, nix-Hören, nur-Frust“.
- **Exklusion**: Alle schwerhörigen Menschen, die kein neueres iPhone haben bzw. sich nicht besonders mit der Smartphonetechnik auskennen oder auch keines nutzen können wegen weiterer Einschränkungen (Augen/Hände), sind außen vor.
- Hohe **Latenzzeit**, d.h. die Zeitverzögerung zwischen Eingang des analogen Originaltons in den Audioeingang des Streamers und ausgegebenen Ton am analogen Kopfhörerausgang des Smartphones beträgt nach Herstellerangaben zwischen 40 und 80ms, das ist nicht mehr lippensynchron. Ins Hörgerät wird der Ton dann per Kopfhörer oder induktiver Halsringschleife übertragen. Mundabsehen bei hochgradiger Schwerhörigkeit ist nicht

mehr möglich. Android-Smartphones haben systembedingt immer eine höhere Latenzzeit als iPhones, weil sich bei Android nicht hardware-optimierend programmieren lässt.

- Ein Kopfhörer ist entweder ziemlich auffallend, lässt Nebengeräusche zu stark hinein oder führt zu Rückkopplungen.
- Für eine Halsringschleife müssen die Hörgeräte eine aktivierte T-Spule haben, dann macht aber statt des WLAN-Streamers eine Induktionsschleife mehr Sinn, da damit die Latenzzeit praktisch null ist.
- Werden Bluetooth-Kopfhörer genutzt, geht die Latenzzeit weit über die angegebenen 80ms hinaus.
- Sollen die Hörgeräte drahtlos über Bluetooth angekoppelt werden, sind ggf. noch Zusatzgeräte für die Hörgeräte zu Preisen in der Gegend von jenseits 200€ notwendig. Außerdem geht die Latenzzeit bis zu mehr als 260ms hinauf, das ist weit im Echobereich. Das sind ganze Silben oder Wörter zu spät. (260ms entspricht einer Sprecher-Entfernung von etwa 90m.) Bei einseitiger oder offener Hörsystem-Versorgung führt das zur Unverständlichkeit der Sprache. (siehe Kapitel 14.10.5 und 14.10.6)
- 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.) Damals gab es häufige **Verbindungsabbrüche**, Ursachen unbekannt geblieben, 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**“. WLAN, Bluetooth und erhöhte CPU-Last fordern die Akku-Kapazität! Allerdings nach Akku-leer muss erst einmal eine längere Ladephase folgen, in der man offline ist. Die Kirchengemeinde sollte einige geladene Powerbanks bereithalten und eine Bank mit Steckdosen und diverse Ladekabel/Netzteile für die unterschiedlichsten Geräte ausstatten: die alte „Stöpsel“-Bank kehrt in neuer Form zurück. Das ist nicht barrierefrei.
- Smartphone/Tablet verleiten dazu, die Aufmerksamkeit an sich zu ziehen. Damit **outen** sich auch Schwerhörige: 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... Und umgekehrt: wenn schon Erwachsene im Gottesdienst mit Smartphones rumspielen, dann überträgt sich das auch auf die Konfirmanden und wir wollen doch Konfirmanden keinen Vorwand liefern!

- Beim Streamer muss regelmäßig die Software upgedatet werden. Er muss also von einer/m Fachkundigen gewartet werden. (**Service-Vertrag?**)
- **Datenschutz-Probleme:** Da es ein offenes WLAN sein muss, bietet es Hackern einen bequemen Angriffspunkt für die Infizierung der angemeldeten Smartphones.

Wir sehen, zur Nutzung des WLAN-Streamers ist es mitunter nötig, mit einem ganzen Gerätepark anzureisen. Es gibt noch weitere negative Aspekte, z.B. im Bereich der Wartung und Administration.

Klar, der Preis klingt verlockend, man spart vermeintlich etwa 1000€, aber das ist für unsere Begriffe Sparen am falschen Platz. Kabel müssen aber auch gelegt und Löcher durch Wände gebohrt werden: die Verstärkeranlage steht ja meist in der Sakristei, die WLAN-Accesspoints müssen aber in der Kirche oberhalb der Köpfe hängen.

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 Haftungsausschluss! 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 mehrere Kanäle gleichzeitig, man kann also zwei oder mehr 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 ehemalige Kino-Version eines dieser Systeme konnte 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. (Die Untertitelfunktion wurde durch die Greta-App ersetzt.)

Solange die Anlagen nur mit einer Hersteller-spezifischen App funktionieren, 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. Diese Technik könnte also nur brauchbar werden, wenn die Softwareschnittstellen vereinheitlicht und zur allgemeinen Benutzung freigegeben werden, sodass freie Programmierer:innen die Apps weiterentwickeln können, sodass die Latenzzeit in akzeptable Bereiche kommt.

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

Höranlagentauglichkeit: nein, wegen zu hoher Latenz,

Barrierefreiheit: klares überdeutliches nein!

18.3.5 Das Bluetooth bis Version 5.1 ist nicht Höranlagen-tauglich

Bluetooth bis einschließlich Version 5.1 ist nicht für Höranlagen geeignet. Das liegt daran, dass es nur über eine 1:1 Verbindung Daten austauschen kann, also für eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Telefonieren: ja, zu dritt einen Vortrag hören: nein. Jeder Empfänger braucht einen eigenen Sender, mit dem er sich pairen muss. Hörgeräte simulieren immer nur für jeweils ein einzelnes Smartphone/MP3-Player ein Bluetooth-Headset oder Bluetooth-Kopfhörer. Nur die energiehungrige Variante „Classic“ kann nach offiziellem Standard Audio übertragen und das auch nur an ein (primäres) Hörgerät. Bei Stereo muß also ein Trick angewendet werden: der Sender muss den rechten und linken Kanal ineinander verwoben an dieses eine Gerät übertragen. Den einen Kanal gibt es selbst aus und überträgt den anderen Kanal über eine andere Technik ans andere Gerät. Bei Kopfhörern mit Bügel wird einfach im Bügel ein Kabel verlegt. Bei Hörgeräten oder „Ohrknöpfen“ muss irgendeine Drahtlostechnik verwendet werden. Wird eine Technik im 2,4GHz-Bereich gewählt, gibt es Probleme bei feuchten Haaren, weil jede Feuchtigkeit die 2,4GHz-Strahlung in Wärme umwandelt (Mikrowelle).

Problem: Batterie/Akku und die Elektronik des primären Gerätes werden stärker belastet, weil es nicht nur Daten empfangen muss, sondern auch an das andere Gerät senden muss.

Eine Audio-Übertragung kann nach offiziellem Standard nur die Bluetooth-Classic-Variante.

Für die energiesparsamere Bluetooth-LE-Variante entwickelten 2013/2014 die Firmen Apple und GN Resound die nicht Höranlagen-taugliche Bluetooth-LE(MFi)-Modifikation für Hörgeräte, auf die Apple „den Daumen draufhält“, 2019/2020 kam noch ASHA von Google für Android-Geräte nachgeschoben.

Hörantagetauglichkeit: klares nein, Barrierefreiheit: klares nein!

18.3.6 Auracast (BLE Audio) weckt falsche Hoffnungen

Wenn über Auracast berichtet wird, dann liest man solche Formulierungen wie: „*Auracast Broadcast Audio versetzt somit die Träger eines bluetoothfähigen Kopfhörers oder Hörsystems in die Lage, Audiosignale ... zu empfangen.*“

Das suggeriert, dass jedes bluetoothfähige Hörsystem von nun an von Auracast profitieren und von einem Auracast-Sender das Audiosignal empfangen und deshalb auf die T-Spule verzichten könnte. Das ist ein Trugschluss durch geschicktes Zurückhalten von Informationen.

Um es zu Beginn deutlich zu sagen: Auracast ist nur ein Bedienungs- und Steuerungs-Konzept der Broadcast-Funktionalität der dahinterliegenden Audio-Übertragungstechnik „BLE Audio“ (=Bluetooth-Low Energy Audio). Auracast wird jedoch oft als Wortmarke für das ganze System benutzt.

Fake-Argumente

Das Hauptargument der Auracast-Advokaten im Schwerhörigenbereich heißt „Auracast hat Potential“. Aber hier geht es nicht um potentielle Möglichkeiten in der Zukunft, sondern um Fakten im gegenwärtigen Zustand der Technik, denn um was für ein Potential es sich handelt und ob es sich realisieren läßt, ist nicht bekannt.

Auch wird allen Ernstes behauptet, dass die höhere Audioqualität das Mundabsehen für Schwerhörige überflüssig machen würde. Das ist eine bewußte Irreführung. Wer sich mit Schwerhörigkeit auskennt, weiß, dass Mundabsehen gerade für hochgradig Schwerhörige in jeder Situation unabdingbar ist, das ist ja einer der Gründe, dass Schwerhörige

ungern telefonieren, weil sie dabei nicht Mundabsehen können. Die meisten Hörsysteme übertragen ab etwa 5.000 Hz nur noch schwach und die technische Grenze ist meist bei 8.000Hz. Schwerhörige haben schon unterhalb von 4.000Hz Hörprobleme, sonst bekommen sie keine Hörgeräte. Die Übertragungsbandbreite ist also kein entscheidender Faktor, sondern der „Flaschenhals“ ist das geschädigte Ohr. Man könnte Auracast als „Funkkabel“ zum Hörgerät betrachten. Was also das Ohr nicht mehr hören kann, kann auch ein besseres Kabel hörbar machen. Man kann die fehlende Information nur auf anderen Wegen erlangen, z.B. durch das Mundabsehen. Das wird aber durch die hohe Latenz von Auracast erschwert oder unmöglich gemacht. (siehe weiter unten)

Kleiner historischer Abriss:

Das offizielle Bluetooth war bis zur Version 5.1 aus technischen Gründen nie tauglich für eine Höranlage. (siehe vorheriges Kapitel 18.3.5)

Der Kopfhörermarkt benötigt aber eine akku-schonende Technik und für die Erlebniswelten des „Immersive Sound“ („umhüllender Raumklang“) in Kinos etc. das Ankoppeln vieler „Ohrstöpsel“ an die zentrale Audioanlage (=Broadcast). Im Kino sind die vielen Lautsprecher der 3D-Soundanlage auf ein statisches, nach vorne blickendes Publikum eingeregelt und das 3D funktioniert auch nur richtig für die Wenigen, die in der Mitte sitzen. Ein im Urwald hinten auftauchender Tiger wandert beim Kopfdrehen aber nicht korrekt mit, das geht nur mit Kopfhörer, die die Kopfbewegung erkennen und den Sound entsprechend umrechnen. Zielrichtung: Virtual-Reality. Hörgeschädigte spielen eine Nebenrolle.

Also erhielt Anfang 2020 Bluetooth mit der Version 5.2 einen optionalen technischen Rahmen für eine Audioübertragung auf der Bluetooth-LE-Übertragungstechnik unter dem Marketing-Namen „BLE Audio“. Jedoch wollte man für Hörsysteme noch eine barrierefreie Bedienlösung ohne Smartphone, denn auch die Bedienung eines Smartphones kommt nicht in jedem öffentlichen Raum gut an. Das entsprechende Projekt „Hearstream“ der EHIMA (euop. Hörsystem-Hersteller-Vereinigung) verlief im Sand. Der Marketing-Begriff „BLE Audio“ zündete auch nicht richtig. Mitte 2022 wurde dann von der Bluetooth-SIG „Auracast“ als Bedienkonzept festgelegt: man braucht nun doch einen „Assistenten“ (eine App auf dem Smartphone), um aus den angebotenen Sedestreams der Umgebung den passenden heraus zu suchen und das Hörsystem darauf einzustellen: am Hörgerät gibt es keinen Bildschirm und keine Tastatur zum Eingeben eines Passwortes.

Welche Geräte gibt es überhaupt?

Welche Geräte es gibt, die Auracast empfangen (Receiver) oder senden (Transmitter) können und welche (wenigen High-End Premium) Smartphones den notwendigen Assistenten (Assistant) haben, ist hier zu finden: <https://www.bluetooth.com/de/auracast/find-a-product/> Unter den Hörsystemen gibt es nur wenige Premium Geräte im hohen Zuzahlungsbereich. Beispiele: als Sender gibt es: den AURI (professionelle Sender von Ampetronic/Listen Technologies), den Home-TV-Streamer+ von GN Re-sound und ein paar China-Produkte, die auch unter anderen Namen vertrieben werden.

Der AURI-Sender hat inkl. Empfangsgerät eine gemessene Latenz von 35ms (sofern er nur für Hörgeräte konfiguriert wurde), der Home-TV-Streamer+ hat laut Datenblatt eine Sendereichweite von 7m (wg. Heimbetrieb) und eine Latenz von 43ms. Zur Latenzzeit muss noch die normale Verarbeitungszeit des Hörsystems für Hörkurve etc. von 5-10ms, manchmal 15ms hinzu gerechnet werden: rund 40-58 ms und das ist nicht mehr lippen-synchron. (s. Kap. 14.10.5 und 14.10.6)

Technische Voraussetzungen

Technisch absolute Voraussetzung für Audio-Übertragung über Auracast ist, dass sowohl Sender als auch Empfänger einen Bluetooth-Chipsatz ab der Version 5.2 mit der Option BLE Audio sowie die Auracast-API (=Programmier-Schnittstelle) haben.

An eine Auracast-Höranlage kann keines der bisherigen Hörsysteme direkt ankoppeln, denn die haben ja weder den neuen LC3-Codec noch beherrschen sie den neuen Broadcast-Modus. Die Hörsysteme müssen sehr viel mehr beherrschen, als nur „bluetoothfähig“ zu sein. Bisherige Geräte benötigen immer ein Konverter-Zusatzgerät, sofern der Hörgerätehersteller eines für seine alten Hörgeräte anbieten würde.

Der Auracast-Assistent

Zur Steuerung der Hörgeräte wird ein Smartphone benötigt, das die Auracast-Sendestreams der Umgebung so darstellt, dass das gewünschte Programm bequem ausgewählt werden kann. Je nach Technik im Hörgerät und den Fähigkeiten des Smartphones sind gibt es zwei sehr unterschiedliche Verfahren (nicht einfach für Anwender:innen):

- das Smartphone sucht die Umgebung nach Sendern und Programme ab. Es benötigt dann es einen Auracast-fähigen Bluetooth-Chip und

vom Smartphone-Hersteller den Auracast-Assistenten im Bluetooth-Menü.

- oder das Hörgerät sucht die Umgebung ab und überträgt die Information über Sender und Programme an das Smartphone. Das aber muss die Software im Hörgerät beherrschen. Aussagen dazu stehen allerdings nur vage verklauusliert in den technischen Unterlagen. In diesem Fall muss die Fernsteuer-App das alles leisten. Dieses Verfahren aber verlangt der Hörgeräte-Batterie/Akku viel Energie ab.

Hat man ein Hörsystem, das nicht selbst scannen kann und das Smartphone kann auch nicht scannen (z.B. derzeit ein Apple-iPhone oder ein günstigeres oder älteres Android-Smartphone), dann kann das Hörsystem noch so lange Auracast beherrschen, es ist aber nicht einschaltbar.

Auf alle Fälle wird auf dem Smartphone der gewünschte Sender/Programm ausgewählt und dann schaltet es per Fernsteuerung die Hörsysteme um.

		Auracast-fähiges Hörsystem	
		kann scannen	kann nicht scannen
Smartphone	hat scann-fähigen Auracast-Assistent	funktioniert	funktioniert
	hat keinen scann-fähigen Auracast-Assistent	spezielle Hörsystem-App muss steuern	Auracast-Funktionalität nicht nutzbar

Die Latenz:

Erste Test mit einem professionellen Sender und Empfänger haben gezeigt, dass das System eine Latenzzeit von mindestens 35ms hat. Nach der technischen Dokumentation heißt es, dass mit perfekter Optimierung man an die 30ms herankommen könnte. 30ms sind aber nicht mehr lip-pensynchron, wenn man bedenkt, dass auch das Hörgerät eine Latenz von 3-10ms, manchmal 15ms, hat und das normalerweise vorhandene digitale Mischpult ebenfalls 1-3ms Latenz beisteuern. (s. Kap. 14.10.5 und 14.10.6) Test mit anderen Gerätekombinationen haben Latenzen bis zu 60ms und mehr ergeben.

Und was kostet das für Schwerhörige?

Will man Auracast nutzen, muss das gesamte Hörsystem (Hörgeräte bzw. CI-Prozessoren) ausgetauscht und in aller Regel auch ein neues

Smartphone angeschafft werden. Da Auracast zunächst einmal in die High-End-Hörsysteme und High-End-Smartphones eingebaut werden wird, sind hohe Zuzahlungen fällig, man muss mit mehreren tausend Euro rechnen. Die Krankenkasse betrachtet Bluetooth grundsätzlich als Luxus und zahlt nur den Basisbetrag, sie wird den Austausch der CI-Prozessoren wegen Auracast ebenfalls ablehnen. Damit ist Auracast auch sozial ausgrenzend. Die T-Spule gibt es jedoch immer kostenlos für Jeden.

Technische Voraussetzungen:

Es gibt zwei Sendeverfahren: Broadcast und Multicast. Broadcast sendet öffentlich, entweder unverschlüsselt oder verschlüsselt, der Schlüssel kann z.B. per 2D-Barcode über ein Smartphone eingelesen oder per Hand auf der Bildschirmtastatur des Smartphones eingetippt werden. Das ist zu unsicher für interne Firmen-Konferenzen. Deswegen gibt es das Multicast, es sendet nur an bestimmte gekoppelte Geräte (geschlossene User-Gruppe). Bis zu 31 Geräte (rechts/links zählen getrennt) können gekoppelt werden, trotzdem zu wenig für eine Konferenz. Dies ist aber in Auracast noch nicht implementiert.

BLE Audio ist eine Option ab Bluetooth 5.2-Chips. Es wird von Android ab Version 13 unterstützt. Das iPhone 14 hat zwar einen Bluetooth 5.3-Chip, aber von Unterstützung von BLE Audio/Auracast war nichts zu erfahren. Windows 11 hat Auracast ab Version 22H2. Hinzu muss noch die Auracast-API (=Programmier-Schnittstelle) kommen.

Auch hier besteht die Gefahr vom „Bluetooth Hacking“ und damit ein Datenschutz- und Haftungs-Problem.

Über die Barrierefreiheit:

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass über Auracast/BLE Audio rein praktisch nicht telefoniert werden kann, denn dazu müsste das Smartphone auf alle Fälle den neuen Auracast-fähigen Bluetooth-Chip haben. Und in der ersten Version beherrscht es nur den Broadcast-Modus, d.h. das öffentliche Senden des Audio-Signals zum Empfang für Jedermann. Die Übertragung kann zwar mit Passwort gesichert werden, aber jeder, der das Passwort erraten kann, kann mithören. Das Telekommunikationsgeheimnis wäre nicht gewahrt. Die Hörsysteme müssen also weiterhin noch zusätzlich die bisherige Bluetooth-Techniken enthalten und das Zubehörteil „Telefonclip“ wird in vielen Konfigurationen weiterhin

benötigt. Die Bedienung der gesamten Bluetooth-Technik wird dadurch noch sehr viel komplexer als bisher.

Als Argument gegen die T-Spule wird immer wieder die Behauptung aufgestellt, dass gerade ältere Menschen nicht in der Lage seien, zur Umstellung auf die T-Spule zwei- oder dreimal das Programm-Knöpfchen am Hörgerät oder auf der Fernsteuerung zu drücken. Und genau diese älteren Menschen, die angeblich nicht beim Drücken eines Knöpfchens bis drei zählen können, wären dann bei Auracast tatsächlich in der Lage, das komplexe Bluetooth-System ihrer Hörsysteme mithilfe eines Smartphones zu verwalten? Jetzt echt? Wirklich? Im Ernst? ... Nein, sicherlich nicht! Aber als Lösung wird ensthaft ins Feld geführt, dass Auracast auch von Kopfhörer-Menschen genutzt wird. Deshalb können älteren Menschen von denen um Rat ersucht werden, wie ihr Hörgerät bzw. CI an Auracast angekoppelt werden kann. Abgesehen davon, dass sogar auch nicht jeder Hörakustik-Meister ein Hörgerät an ein Smartphone koppeln kann, dürfte den allermeisten Kopfhörer-Menschen garnicht bekannt sein, dass zur Kopplung von Smartphone und Hörsystem oft das Akkuladegerät mit Stromanschluss nötig ist. Und woher soll eine um Hilfe gebetene Person wissen, ob das Hörsystem scannen kann soll oder das Smartphone (siehe obigen Abschnitt „der Auracast-Assistent“). In der gesetzlichen Definition von Barrierefreiheit (§4 Behindertengleichstellungsgesetz (siehe Kapitel 2) heißt es auch deshalb eindeutig „ohne fremde Hilfe“! Hier wird also der Teufel mit Belzebub ausgetauscht.

Auracast heißt: hohe Kosten für neue High-End/Premium Hörsysteme und ggf. neues Smartphone. Die ersten stationären Sender werden vermutlich so um die 2.000 bis 3.000 € kosten – zuzüglich Ladestation, evtl. Wallboxen, Installation, Wartungsvertrag und Mitarbeiterschulung. Für Schwerhörige ohne Auracast-Hörgeräte gibt es kleine Empfänger zum Stückpreis von etwa 350 € plus dazu passender Halsringschleife (ca. 200€). Üblicherweise werden die Sender noch über längere Zeit mit Problemen zu kämpfen haben und ständig Updates benötigen. Sie werden anfangs auch nicht den Multicast-Modus beherrschen.

Auracast ist also das Gegenteil von Inklusion, es schließt einen Großteil der schwerhörigen Menschen von einer effizienten Hörunterstützung aus. Auracast ist eine Technik der Exklusion! Die Technik ist nicht barrierefrei, da ein Smartphone benötigt wird. Siehe Kapitel 3.

Die Hoffnung, dass sich Auracast in Hörsystemen relativ schnell etablieren könnte, weil Hörgeräte nach 6 Jahren gewechselt werden können, hat sich durch den neuen Vertrag der Biha (Bundesinnung der Hörakustiker) mit den VdK-Krankenkassen wohl zerschlagen: man hat nicht mehr das Anrecht auf ein neues Hörgerät nach 6 Jahren, sondern erst nach 9 Jahren oder dann, wenn das Hörgerät verloren oder unreparierbar defekt ist oder es nach Ohrenarzt-Attest nicht mehr ausreichend ist.

Unzuverlässige Übertragungstechnik und Reichweite

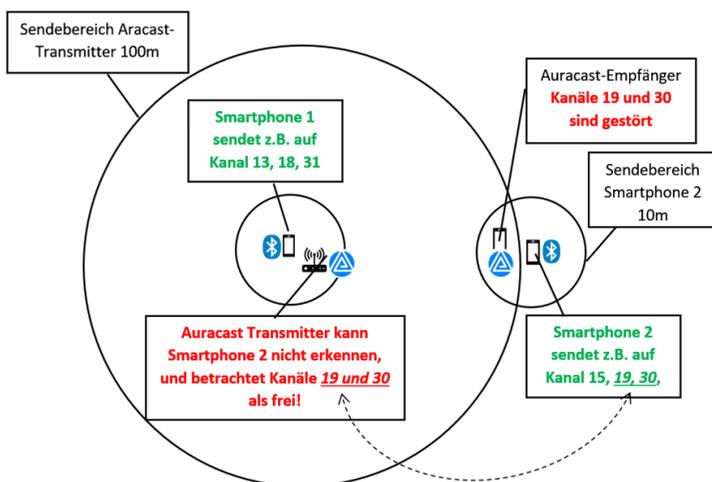
Allgemein gilt der 2,4GHz-Frequenzbereich als überlastet. Nicht umsonst ist das WLAN auf 5GHz und jetzt auch 6GHz ausgewichen. Aber Auracast hat noch ein prinzipielles Problem. Es heißt, dass Auracast eine Reichweite von 100m habe (Klasse-1-Sender), aber es wird schon behauptet, dass man 300m auf einem Flughafen erreicht hätte und auch die 400m-Grenze sei schon erreicht worden. Das kann aber sicherlich nur nachts auf dem freien Rollfeld gewesen sein, nicht aber tagsüber in der Flughafen-Halle, wo jede Menge Bluetooth und WLAN-Geräte im Betrieb sind. Auracast sendet nämlich im Modus „wird schon gutgehen“.

Den 2,4GHz-Bereich unterteilt Auracast in 40 Unterkanäle, davon haben 3 Kanäle eine Sonderfunktion. Vor dem Senden wird erst einmal abgehört, welche Kanäle gerade frei sind, also nicht von anderen Sendern belegt sind. Dann werden auf den freien Kanälen der Reihe nach die Sendepäckchen verschickt. Wenn nun ein Smartphone mit Sendeklasse 2 (10m Reichweite) im Abstand von vielleicht 6m zum Sender steht, dann kann der Auracast-Transmitter die von ihm benutzten Kanäle berücksichtigen. Er kann aber ein 50m entferntes Smartphone nicht berücksichtigen, da es zu weit weg liegt. Die von diesem Smartphone belegten Kanäle werden folglich vom Auracast als angeblich freie Kanäle benutzt. Allerdings werden die darüber gesendeten Datenpäckchen von einem Auracast-Empfänger, der in der Nähe dieses zweiten Smartphones hören will, gestört. Deshalb lag in der Praxis auf einer Messe die Reichweite des Auracast-Senders nur zwischen 20 und 30m.

Auch die Bluetooth-SIG bestätigt inzwischen in ihren FAQ's, (https://www.bluetooth.com/blog/answers-to-commonly-asked-questions-about-auracast-broadcast-audio/?utm_source=hearingtracker.com) dass der Versorgungsbereich von Auracast 30.000 square feet erreichen kann, abhängig von Sendestärke und Antennendesign. Square feet = Quadrat-Fuß, ein Fuß sind 30,5cm. Das heißt, der Versorgungsbereich ist ein Kreis mit etwa 30m Radius. $\text{Radius [in Meter]} = 0,305 * \text{Wurzel (Fläche/pi)}$.

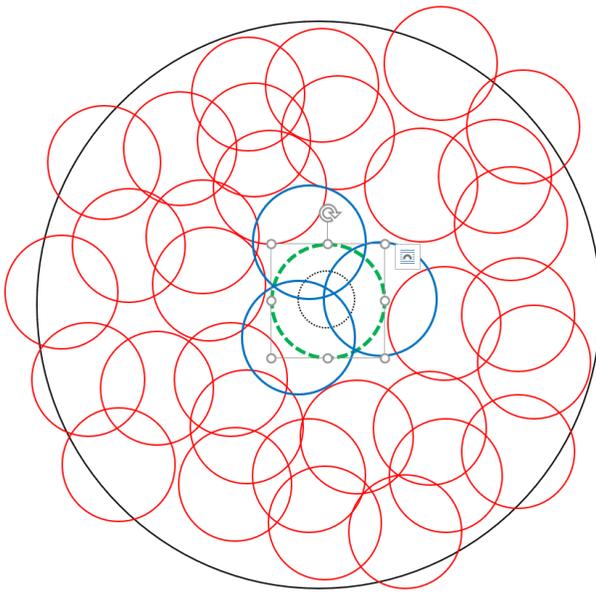
Das heißt aber auch: auf einem Flughafen, einem Bahnhof etc. müsste ein Netz von Auracast-Sendern mit einer Maschenweite von maximal 30m gewoben werden. Das dürfte ziemlich aufwändig werden. Die Verbindung untereinander geht definitiv nicht mit Bluetooth-Mesh.

Und die Frage, ob die Nutzer dann, wenn sie sich aus dem Sendebereich eines Transmitters in den nächsten Transmitter einwählen müssen, ist nicht beantwortet. Das könnte heißen: auf dem langen Weg vom Flughafen-Bahnhof bis zum Terminal müßte man alle 30m sein Smartphone zücken und seine Hörsysteme auf den nun zuständigen Sender schalten.



Zeichnen wir das einmal anders:

In der untenstehenden Zeichnung ist die schwarze Linie der 100m Sendebereich, die gestrichelte grüne Linie ist ein 20m-Umkreis, den der Auracast-Sender noch kontrollieren könnte. Die dünnen rote Kreise sind Smartphones oder andere 2,4GHz-Geräte (WLAN, Fernsteuerungen, Gebäudeautomatisierung etc.), die als Klasse-2 Gerät nur einen Umkreis von 10m erreichen bzw. nur bis zu etwa 70m in den 100m-Auracast-Kreis hineinreichen. Nur das Gebiet innerhalb des grünen Kreises kann mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit einen sauberen Empfang von Auracast-Streams erwarten. Mit Bluetooth-Mesh geht es definitiv nicht, das ist dafür nicht ausgelegt. Eine Sonderlösung hat der Ampetronic Auri-Empfänger: Er geht automatisch auf den stärksten Sender mit demselben Stream-Namen → leichtes Spiel für Fake-Sender. Ein weiterer Einflussfaktor sind die anwesenden Menschen. Ein Mensch besteht



zu 90% aus Wasser und Wasser schluckt die Energie der 2,4GHz Wellen. Das Wasser im Körper wird so wie in einer Mikrowelle in Wärme umgesetzt.

Das Problem der Fake-Sender:

Das sind Sender, die falsche Nachrichten übertragen und damit z.B. auch Paniken auslösen können bzw. sollen. Bisherige Höranlagen oder Durchsageanlagen können nur schwer „überlistet“ werden. Man muss schon in die Technikräume eindringen, die entsprechenden Geräte identifizieren und sie manipulieren. Das geht praktisch nur mit Insiderwissen vorbei an Sicherheitseinrichtungen. Bei Auracast ist das technisch sehr einfach. Ein Akku-betriebener Sender passt in jede Aktentasche. Es gibt mehrere Möglichkeiten, dass Gäste auf den falschen Sender hören:

- Es wird ein Stream mit fast identischem Namen erstellt, der im Auracast-Assistenten vor dem offiziellen Sender angezeigt wird. Die Wahrscheinlichkeit, dass dieser ausgewählt wird, ist ziemlich hoch.
- Schalten die Empfänger automatisch auf den stärksten Sender mit gleichem Stream-Namen, dann braucht man nur einen besonders starken Sender und muss einfach nur näher bei den Gästen sein.
- Der „Chaos Computer Club“ hat nachgewiesen, dass mit einem normalen Notebook, einem USB-Stick für Bluetooth-Entwickler, der zugehörigen Software und einer herunterladbaren Text-Datei mit einer Auflistung der Software-Befehle sogar bei verschlüsselten Streams folgendes möglich ist: Man kann die Übertragung des offiziellen

Senders einfach für beendet erklären, dann werden alle Gäste einfach stummgeschaltet. Man kann aber auch einfach in einer Sendelücke des offiziellen Senders ein Steuersignal senden, das alle Gäste einfach auf den eigenen Fake-Sender umschaltet. <https://media.ccc.de/v/38c3-auracast-breaking-broadcast-le-audio-before-it-hits-the-shelves#!=deu&t=1704>

Als Lösung aus diesem Dilemma wird angeführt, dass die Gäste sich ja nicht nur auf die Auracast-Übertragung verlassen sollten, auf Flughäfen, Bahnhöfen etc. haben sie ja auch noch die Video-Anzeige-Tafeln oder die Lautsprecher-Durchsagen zur Kontrolle. Wenn das also nötig ist, weil man der Übertragung über Auracast nicht trauen darf, wozu dann eine Übertragung über Auracast? Und bekannt ist, dass nur einige Menschen nötig sind, um eine Panik auszulösen. Das zeigen tragische Beispiele bei Großveranstaltungen mit Todesopfern.

Installationskosten:

Die 2,4GHz-Frequenz verhält sich wie alle elektromagnetischen Wellen, also auch ähnlich wie Infrarot-Licht. Je nach Frequenz unterscheiden sie sich beim Auftreffen auf das Material von Hindernissen die Verhältnisse zwischen Reflektion, Transmission (Eindringen in das Material) und Absorption (Schlucken durch das Material). Infrarot wird je nach Material unterschiedlich reflektiert und beim Eindringen mehr oder weniger absorbiert. 2,4GHz wird stark von Feuchtigkeit geschluckt, durchdringt andere Materialien jedoch relativ gut. Es macht bei Installationen also technischen Sinn, dass der Sender so wie der Infrarot-Spiegel über den Köpfen der Gäste installiert wird, sodass immer eine praktisch unverstellte „Sichtverbindung“ besteht: in der Mitte des Raumes an der Decke. Diese ist in Veranstaltungsräumen meist weit mehr als 3m hoch. Es ist also nötig, dass zur Installation des Senders aus Arbeitsschutzgründen ein absturzsicheres Gerüst installiert wird. Das ist nicht billig und blockiert den Raum für mehrere Tage. Wegen der langen Strecke müssen bis dorthin LAN-Kabel und ggf. Stromversorgung (wenn Power over Ethernet nicht möglich) gelegt werden. Bei Reparaturen ist das Gerüst ebenfalls wieder notwendig.

Die Installationskosten sind also doch nicht so gering wie immer suggeriert. Bei Induktionsschleifen sind alle Teile (Schleife, Zuleitungskabel, Verstärker, Anschlusskabel) in aller Regel ohne Gerüst erreichbar.)

Weiteres siehe Kapitel 18.9 und Kapitel 16.

Fazit:

Schlagwortartig gesagt:

➤ **Vorteile von Auracast:**

- **genormte** Technik: sollte eigentlich immer funktionieren, egal von welchem Hersteller Sender oder Empfänger kommen. (Erste Tests hatten aber erhebliche Probleme aufgezeigt)
- **mobiler** Empfang ähnlich wie bei FM/IR im Funkbereich möglich (Kehrseite: keine Eingrenzung des Empfangsbereiches möglich)
- **Mehrkanalfähigkeit:** ähnlich wie bei FM/IR mehrere Sprachen, Programme oder Qualitätsstufen möglich
- **Jeder** (privat oder öffentlich) kann einen Auracast-Sender mit einem geeigneten Smartphone/Tablet oder Auracast-Transmitter (ab etwa 70\$) aufmachen
- **kein zusätzlicher Platzverbrauch** im Hörgerät/CI gegenüber Standard-Bluetooth

➤ **Nachteile von Auracast sind:**

- **keine barrierefreie** Höranlagentechnik, da Smartphone/Tablet/Smartwatch notwendig
- **Abhängigkeit** von einem weiteren Gerät, dem Smartphone/Tablet/Smartwatch oder einem speziellen Auracast-Empfänger
- **sozial ausgrenzend** wegen hoher Zuzahlungen für Hörgeräte, nicht verfügbar in Basis Hörgeräten
- problematisch für Mundabsehen und eigene Sprachkontrolle (**hohe Latenz** = Zeitverzögerung)
- **keine Kompatibilität** für bisherige (Bluetooth) Hörsysteme
- mögliche Probleme beim **Datenschutz**, weil App auf Smartphone/Tablet/Smartwatch notwendig
- **keine zuverlässige Übertragungstechnik**, da 2,4GHz
- nicht für sicherheitsrelevante Bereiche wegen **Fake-Sendern**
- **Installationskosten** können exorbitant hoch werden.

➔ Es spricht nichts dagegen, wenn zusätzlich zu einer induktiven Höranlage einen Auracast-Sender für die wenigen betuchten Hörgeräte-Besitzer mit Auracast-fähigen Hörgeräten ohne T-Spule zu installieren. Auracast ohne Induktive Höranlage ist aber nicht zielführend.

Eine ausführlichere Broschüre zu Auracast findet sich auf unserem Cloudspeicher (siehe Deckblatt).

Höranlagentauglichkeit: nein, weil kaum Jemand ankoppeln kann und Latenz zu hoch ist.

Barrierefreiheit: klares nein! Soziale Ausgrenzung: ja!

18.4 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. (= hohe Installationskosten)

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!

18.5 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.16.1.2). 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.

18.6 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, denn als einzige Höranlagentechnik ist sie international genormt (EN 60118-4) und jeder Hersteller hält sich auch an die Norm. 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: uneingeschränkt ja, Barrierefreiheit: ja

18.6.1 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 von 100 und 5000Hz ± 3 dB erheblich besser als bei Telefon und Smartphone. Und warum überträgt ein namhafter Hörgerätehersteller das Signal seines 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 Höranlagentechnik, aber es gibt derzeit keine entsprechenden Sender und auch kein Hörgerät mit dieser neuen Technik. Näheres siehe auch Kapitel 18.9.

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 56% der Hörgerätemodelle die T-Spule haben, im Verkauf haben aber 85% die T-Spule, weil die am meisten verkauften Basishörgeräte immer die T-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 Pfarfer/in um den Hals gehängt werden sollen. Bei einer Podiumsdiskussion müssen dann mehrere Funkmikrofone der Gäste von den Debattierenden in der Hitze der Diskussion jeweils diszipliniert heringereicht werden ;-)

Die Induktion ist die absolut perfekte Umsetzung des modernen BYOD-Prinzips: Jede:r bringt sein eigenes Empfangsgerät (Hörsystem) mit und kann es nahtlos an das Übertragungssystem ankoppeln ohne Eingreifen durch den Anlagenbetreiber. Das ist sehr viel besser als beim WLAN-Streamer, wo der Anlagenbetreiber ständig um Einrichtungshilfe gebeten wird.

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 neue Hardware und eine neue im Chip eingebrannte Software (Firmware). 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 in die Konzern-spezifische Drahtlostechik 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 (in Zukunft mindestens 10 Jahre), d.h. auch wenn die Krankenkasse bisher nach 6 Jahren (in Zukunft 9) 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“.

Die ersten Hörgeräte mit Auracast-Vorbereitung sind Ende 2023 auf den Markt gekommen, ihnen fehlt aber noch die Firmware und die Software für die Smartphone-App. Bis dann die Technik in allen Basisgeräten angekommen ist, müssen drei Hörgerätegenerationen durchlaufen werden. Das sind dreimal 9 bis 12 Jahre, also mindestens 27 Jahre (2050), 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 im Juli 2022 (vorerst) letzte technische Spezifikationen festgelegt worden. Sie sind aber in keinem Praxistest überprüft und noch nicht von den vielen Gremien für Medizin-Produkte zertifiziert.

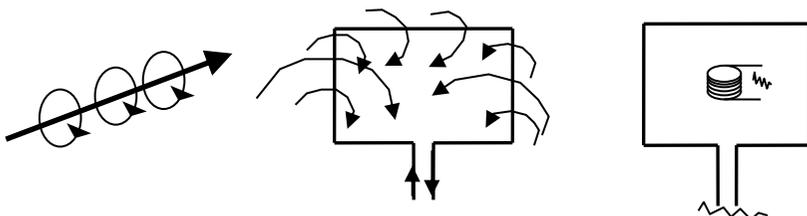
Solange dürfen wir aber Schwerhörige nicht im Störschall sitzen lassen.

Da sich BLE Audio nicht zum Telefonieren mit bisherigen Telefonen eignet, muss in den Hörsystemen weiterhin auch die bisherige Bluetooth-Technik verbleiben. Es wird also weiterhin möglich sein, mit Bluetooth-Hörgeräten an eine Induktionsanlage anzukoppeln. (s. Kap. 18.9 bzw. 18.9.5)

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

18.6.2 Was ist eine Induktionsschleife?

Stellen Sie sich einen einadrigen Stromdraht vor. Um jeden stromdurchflossenen Draht 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 verstärkt und vom Hörgerätelautsprecher wieder in Sprache verwandelt.



18.6.3 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 Schalldruckes 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: 6,28mal Abstand vom Kabel). Wir sehen, die Feldstärke ist nur vom Strom und der Entfernung vom 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.

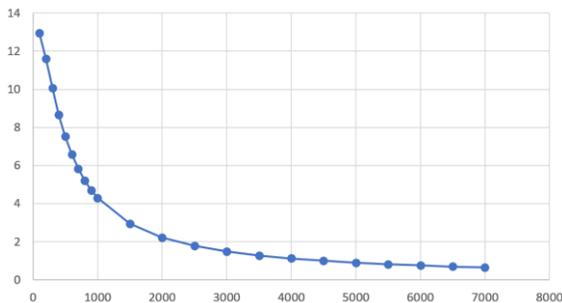
Achtung: Manche Elektroakustiker, die die technische Entwicklung seit 1970 nicht richtig mitbekommen haben, schließen die Schleife über einen NF-Leistungs-Trafo (NF=Niederfrequenz) direkt an den 100V-Ausgang des Lautsprecherverstärkers an. Das ist absolut falsch und reduziert die Sprachverständlichkeit für Schwerhörige:

1. Der Frequenzgang am (belasteten) Lautsprecherausgang ist nie linear
2. Ein Lautsprecherverstärker ist ein Spannungsverstärker. Die Induktionsschleife haben eine Induktivität: der Wechselstromwiderstand steigt mit der Frequenz und je höher der Widerstand, desto weniger Strom fließt und desto geringer ist die Feldstärke. Die Feldstärke folgt also nicht mehr korrekt dem Schalldruck am Mikrofon und im Hörgerät kommen die hohen Töne zu schwach an. Die Norm kann nie erfüllt werden. (s. Kap. 19) Es kann sogar zum Verdeckungseffekt kommen (s. Kap. 14.5 und 14.16).

Die Näherungsformel dazu:
$$H = \frac{U}{2\pi r \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}} \quad (L = \text{Spulenstärke}).$$

Vgl. <https://www.carsten-ruhe.de/app/download/13283409230/2007-11-01+Spannungs-+oder+Stromverst%C3%A4rker.pdf?t=1629052661>

Strom in Abhängigkeit zur Frequenz



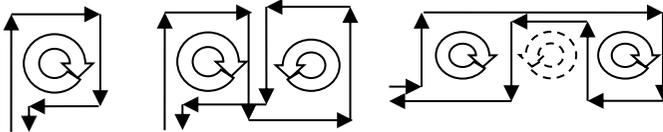
Hier die Berechnung des Frequenzganges des Stromes in einer Induktionsschleife der Größe etwa 12x20m mit einer Kabelstärke von 2,5mm² und einer Versorgungsspannung von 10 Volt. Hier ist nur die Schleife selbst berücksichtigt, noch nicht einmal der Trafo, der nochmals einen negativen Einfluss hat.

18.6.4 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 verdrehen.)
- 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 waagrecht „Nukleus-CI“) => eng beieinander liegend: verdrehen.

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



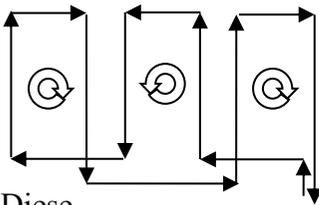
18.6.4.1 Metallverluste

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.

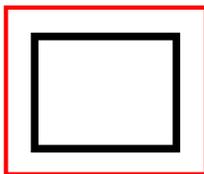
Diese Metallstrukturen „fressen“ mehr oder weniger Energie, typischerweise werden die Frequenzen ab 1000Hz geschwächt, und die Verluste nehmen in Richtung Mitte der Schleife zu. Die Verluste der hohen Töne können durch einen entsprechenden Klangregler (MLC=Metal Loss Correction) am Verstärker ausgeglichen 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).



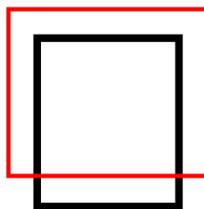
Die 90° -Phasenverschiebung hat diesen Grund: die Signale der beiden Schleifensysteme können sich garantiert nicht gegenseitig auslöschen, sondern addieren sich sogar. (Addition von Sinuskurven)

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° phasenversetzten Signal versorgt.

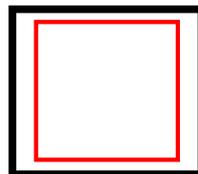
Allerdings haben phased array loops auch Nachteile: sie begrenzen das elektromagnetische Feld ziemlich scharf, außerhalb der Schleife gibt es



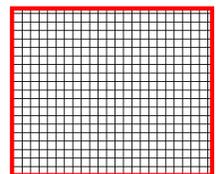
massiver
Stahlrahmen liegt
vollständig in
Schleife
→ Metallverlust



massiver
Stahlrahmen wird
von Schleife nur
angeschnitten
→ kein Metallverlust



massiver
Stahlrahmen
außerhalb Schleife
→ wenig
Metallverlust



Stahlmatte innerhalb
Schleife
→ mittlerer
Metallverlust

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*innen überlegen.

Weil es eine geschlossenen Kreislauf innerhalb der Schleife geben muss, gibt es weniger Probleme, wenn z.B. ein Stahlrahmen nur angeschnitten wird. Es kann also durchaus sein, dass die Schleife erheblich besser funktioniert, wenn sie ein Stückchen kleiner gemacht wird. Das muss also meist vor Ort ausprobiert werden.

18.6.5 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 „Superschlaunen“ 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 18.9 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 Stopploop oder ein Lowspill-Loop-Array). So ein Schleifenlayout wird jeweils in die benachbarten Räume installiert.

18.6.6 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 1,2m². 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.

Allerdings sehen wir hier auch ein Problem: ordnungsgemäß fest installierte Schalteranlagen müssen vor allem in öffentlichen Einrichtungen einen langen Genehmigungs-, Planungs- und Ausschreibungsprozess durchlaufen. Das kann Jahre dauern. Da ist so ein mobiles Gerät eine Zwischenlösung, denn lieber sofort ein Kompromiss als lange nichts.

18.7 (Fast) alles rund um Bluetooth und Hörgeräte

Gemeinhin glaubt man, dass Bluetooth gleich Bluetooth ist. Aber sehr weit gefehlt! Bluetooth gibt es als Varianten, Versionen, Modifikationen, mit Optionalem und Profilen. Und alles muss passen. Zunächst also einige Grundlagen aus der Bluetooth-Welt, die für Hörgeräte vorgesehen 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 lässt es sich etwas bequemer mit einem Smartphone telefonieren und Musik hören. Aber gewiss kann Bluetooth noch eine lange Zeit die T-Spule nicht ersetzen – genauso wenig wie ein High-Tech-Küchenmixer einen Kochlöffel ersetzen kann.

Im 2,4GHz-Bereich gibt es zahllose verschiedene Funktechniken, z.B. die Microwelle, WLAN, Fernsteuerungen, Hausautomation etc.; Bluetooth ist nur eine der vielen Techniken. Es wurde in den 1990er Jahren entwickelt für die drahtlose Anbindung von Computer-Zubehör (Maus, Tastatur, Lautsprecher/Mikrofon=Headset, Drucker etc.). Billige Bluetooth-Chips gibt es auf dem Weltmarkt sehr klein (etwa 4x4mm) 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 (Varianten): 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. Nicht verwechselt werden darf Bluetooth mit der allgemeinen

2,4GHz-Technik. Alle Hörsystem-Konzerne haben eigene Funktechniken im 2,4GHz-Bereich für ihre Zusatzgeräte entwickelt. (siehe Kap. 17.1)

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, ganz besonders mit feuchten Haaren: 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.

Es gibt in der Bluetooth-Welt Varianten, Versionen, Optionen und Modifikationen und Profile.

- Die **Varianten** sind Bluetooth-Classic und Bluetooth-LE. Sie sind technisch so verschieden, dass überhaupt keine Verbindung möglich ist, z.B. wird der 2,4GHz Bereich von Classic in 79 und LE in 40 Kanäle aufgeteilt.
- Die **Versioenen** sind technische Entwicklungsstufen, bei denen jeweils die ein oder andere Funktionalität hinzukommt oder verbessert wurde. Generell gilt, dass dann, wenn sich innerhalb einer Variante zwei Versionen verbinden, sie miteinander nur Funktionalitäten der kleineren Version ausführen können.
- Innerhalb der Varianten gibt es je Versionen bestimmte Funktionalitäten, d.h. Dinge, die man mit Bluetooth machen kann. Darunter gibt es verpflichtende und einige, die optional, also freiwillig sind: **Optionen**. Das dient dazu, die Chips und Geräte zu optimieren. Bluetooth-LE-Blutzuckersensoren brauchen keine Audioübertragung, folglich ist BLE Audio/Auracast optional und wird nur in Chips für zukünftige Kopfhörer und Hörgeräte eingebaut und natürlich in High-End-Smartphones für die Steuerung.
- **Modifikationen** sind zusätzliche Funktionalitäten, die irgendwelche Firmen „eigenmächtig“ hinzugefügt haben. Hier sind es Apple/GNResound, die 2014 für iPhones eine Bluetooth-LE-Audio-Funktion (MFi) für Hörgeräte entwickelt haben. Ende 2019 ist dann Google mit ASHA für Android hinterher gezogen. Diese Funktionalitäten sind deshalb nur „innerhalb der Familie“ nutzbar, wenn beide Geräte dieselbe Modifikation haben.

- **Bluetooth-Profile** sind Anwendungs-Szenarien, z.B. in Bluetooth-Classic HFP/HSP für Telefonieren mit Headset oder R2DP zum Musikhören mit Bluetooth-Kopfhörer. Damit ein App-Entwickler nicht alles neu erfinden muss und für jeden Bluetooth-Chip der verschiedenen Hersteller eine eigene App programmieren muss, hat man eine Zwischen-Software definiert, die bestimmte Funktionen anbietet, z.B. „dieses Päckchen Audiodaten an Kopfhörer senden“. Wie nun die Hardware das hinüber bringt, regelt das Profil im Hintergrund zusammen mit der Hardware. Es gibt zahlreiche solcher Profile für alle möglichen Anwendungen.

Damit zwei Bluetooth-Geräte sich mit allen ihren Funktionalitäten verbinden können, müssen Variante, Modifikation, Version, Optionen, und Profil zusammenpassen, ansonsten einigen sich die Geräte auf einen gemeinsamen Nenner, wenn sie überhaupt zusammenkommen können. Normalerweise funktioniert jeder Bluetooth-Lautsprecher oder Headset mit jedem Bluetooth-Gerät, warum gibt es da bei Hörsystemen Probleme? Ganz einfach: alle bisherigen Bluetooth-Lautsprecher/Headsets funktionieren mit Bluetooth-Classic und das von Anfang an. Hörgeräte unterscheiden sich aber schon in der Variante: die einen benutzen Bluetooth-Classic, die anderen Bluetooth-LE, sogar mit unterschiedlichen Modifikationen.

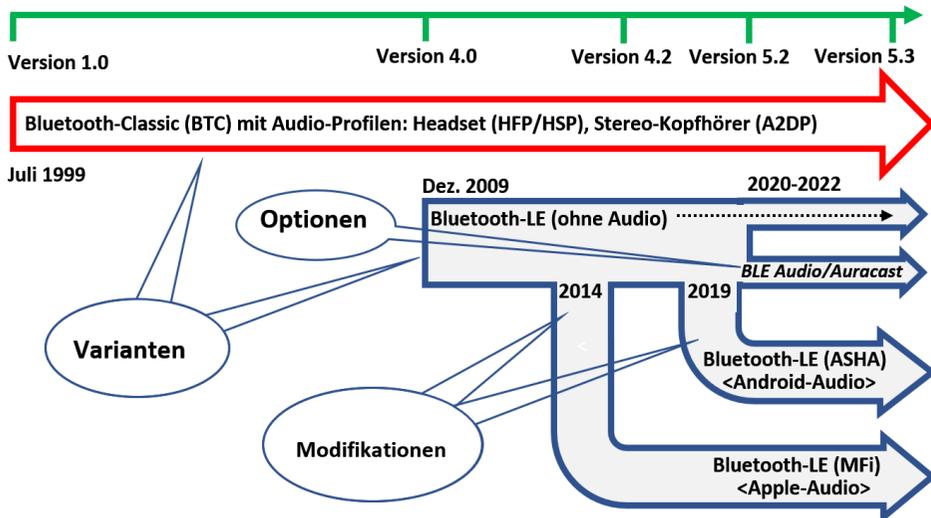
Blickt man auf Bluetooth- Varianten, -Versionen, -Modifikationen und -Option, so gibt es 6 Typen von Bluetooth für Hörsysteme.

- **Bluetooth-Classic**
- **Bluetooth-LE** (BT-LE oder BLE = Low Energy = Bluetooth-Smart)
- **Bluetooth-LE-MFi** (mit Apple Erweiterung = MFi = **M**ade **F**or **i**Phone)
- **Bluetooth-LE-ASHA** (Audio Streaming for Hearing Aids=Android-Geräte)
- **Bluetooth-LE-Audio**
- **Auracast: ein speziell über ein API^{*)} definiertes Subset von Bluetooth-LE-Audio**

Alle ASHA-Geräte haben auch MFi verbaut.

*) ein API = „Application Programming Interface“ ist eine Art von Software, die nur Filter und Algorithmen (Verfahrensweisen) für eine Basis-Software enthält. Bluetooth-LE Audio enthält viele Funktionalitäten, z.B. auch eine Audioübertragung zwischen mehreren verbundenen Geräten (Multicast). Das Auracast API filtert aber nur die Funktionalitäten aus, die für das Broadcast notwendig sind und stellt typische Algorithmen zur Verfügung, um eine Einheitlichkeit der Verfahren zu gewährleisten, damit Geräte unterschiedlicher Hersteller auch untereinander funktionieren. Nun scheint es sich anzudeuten, dass es Hörsystemhersteller gibt, die in ihren Produkten auch Teile von LE Audio nutzen, die es nicht in Auracast gibt. Damit wäre es theoretisch möglich, z.B. mit einem Standard-Bluetooth-Chip quasi ein Konzern-spezifisches „Auracast“ zu entwickeln. Man spart sich dann die Entwicklung eines eigenen Chips.

Der Audio Stammbaum von Bluetooth (1999 bis heute)



Ein MFi-Hörgerät kann sich z.B. nicht mit einem Android-Smartphone zum Telefonieren verbinden, weil die Modifikation nicht übereinstimmt. Nötig ist ein Umweg über ein Hilfsgerät: den Telefonclip. Auf der einen Seite hört er auf eine Sprache, die Android kennt, das ist Bluetooth-Classic. Auf der anderen Seite muss er in einer Sprache sprechen, die das MFi-Hörgerät versteht. Das könnte MFi sein, ist es aber nicht. Aus marketingstrategischen, technischen und lizenzrechtlichen Gründen hat jeder Konzern eine andere Übertragungstechnik und eine eigene Sprache dazu entwickelt.

Wie funktioniert Bluetooth?

- Jedes Gerät muss in der **Pairing**-Prozedur auf dem sendenden Gerät akzeptiert werden, außer für den Bluetooth-LE-5.2-Broadcast-Modus. Dabei wird ausgehandelt, mit welchem Profil (z.B. Lautsprecher oder Headset) gearbeitet wird. Der Master vergibt für die Hardware Sendekanal und Sendezeitpunkt, die jeweils nach einem bestimmten Zeitplan wechseln (Frequenz-Hopping und Zeitscheibenverfahren), das soll die Störungs-Quote reduzieren, aber es 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.

- Es wird ein Pico-Funknetzwerk mit einer 3bit Netzwerkadresse aufgebaut: maximal 8 Geräte können gleichzeitig aktiv sein (1 „Master“ und 7 „Slaves“ = Zubehörgeräte). Standardmäßig kann an einem Bluetooth-Sender (Notebook/Tablet/Smartphone) jeweils **nur ein Gerät** einer Geräteklasse aktiv sein, 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.
- Standard der **Reichweite** sind 10m. Es gibt zwar auch Sender, 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 liegt daran, dass das Programm, was die Audiodaten auf der Senderseite zusammenschumpft und auf der Empfängerseite wieder zurückverwandelt (der SBC-Codec) sehr ineffektiv arbeitet und viel Zeit benötigt; und jedes Datenpäckchen muss vom Empfänger quittiert werden. Deswegen hat jeder Hörgerätekonzern für seine Zusatzgeräte (Funkmikrofon, TV-Streamer, Telefonclip und Fernsteuerung) eine eigene Drahtlostechnik entwickelt. Beim Musikhören ist eine hohe Latenzzeit kein Problem, beim Telefonieren entstehen einfach etwas längere Gesprächspausen. Aber schon beim Fernsehen ist es lästig, wenn keine Lippsynchronität 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: Obwohl das MFi-System moderner ist, war die Latenzzeit zwischen Luft-Direktschall und iPhone 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 incl. der Version 5.1 garantiert nicht tauglich für eine Höranlage ist. (vgl. Kriterien in Kap. 3) Sie führen auch dazu, dass die Hörgerätehersteller Bluetooth nur für die Verbindung mit Smartphones/MP3-Playern einsetzen, aber ansonsten eine eigene Drahtlos-Technik nutzen.

Die in Entwicklung befindliche Version 5.2 könnte zwar vom Prinzip her als Höranlagen-Technik fungieren, aber sie wird nicht barrierefrei zu bedienen sein. (siehe Kap. 18.3.6 und vgl. Kriterien in Kap. 1+3)

18.7.1 Die Bluetooth-Classic-Fraktion: (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. Der gesamte 2,4GHz-Bereich wird in 79 einzelne Kanäle aufgeteilt, die beim Senden nach einem bestimmten Muster gewechselt werden (Frequenz-Hopping und Zeitscheiben). 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 vom 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 in der Praxis so, dass die Bluetooth-Verbindung nur bei vollen oder fast vollen Batterien zustande kommt.

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.

Weil BTC aber ein „Batteriefresser“ ist, wird es nur von einem Konzern in Hörsysteme eingebaut, alle anderen nutzen BT-Low Energy. Dieser Konzern sagt, dass sein Chip so gut optimiert sei, dass er ähnlich wenig Strom verbraucht wie ein Bluetooth-LE-Chip. Dennoch verfügt deren Chip über BLE für Fernsteuerung und Hörgeräteprogrammierung.

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

18.7.2 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 gibt es keine Audio-Übertragung, erst in der in Entwicklung befindlichen Version 5.2 (BLE Audio). Im Gegensatz zu BTC wird der Funkbereich in 40 Kanäle aufgeteilt, deshalb können BL-LE-Geräte und BTC-Geräte niemals in Verbindung treten.

Bluetooth-LE (Low Energy) = Bluetooth-Smart. Es unterstützt bis zur 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 haben die Firmen Apple und GN Resound erkannt und haben 2014 für Bluetooth-LE eine patentierte Modifikation für eine Audio-Erweiterung vorgestellt. Sie ist in allen iPhones ab 5, iPads und iPodTouch eingebaut, allerdings nur die Lautsprecher-Funktion, nicht aber die Mikrofonfunktion, die gibt es nur bei wenigen Hörgeräten und nur ab iPhone 11 und ab iOS 15.2. (siehe <https://support.apple.com/de-de/HT210386>) Hörgerätehersteller können diese Erweiterung kostenlos einbauen. BT-LEA gibt es erst ab den oberen Mittelklasse-Hörgeräten mit Zuzahlung. Diese Mfi-Hörgeräte können nur an iPhones/iPads/iPodTouch angekoppelt werden. Bei allen anderen Geräten, wie Notebooks, PC, Android-Smartphones, Festnetz-Telefone und Analog-Geräte etc. wird der Telefonclip notwendig, ein kostenpflichtiges Zubehörteil, das das Tonsignal von BT-Classic über eine Konzern-spezifische Drahtlostechnik 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 mehrfach konvertiert werden muss gibt es eine wahrnehmbare Latenzzeit. (siehe Kapitel 17.1)

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. (Es kann sein, dass dieses Fehlverhalten bei neueren Geräten geändert wurde.) 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 diese Funktion gesondert von Google lizenzieren und in das Smartphone einbauen müssen.^{*)} Ein Update auf Android-10 reicht also nicht aus. Derzeit gibt es nicht viele Smartphones von 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 haben ASHA-Hörgeräte in der Regel auch Mfi. Ein Update auf ASHA für alte Mfi-Hörgeräte hat es nie gegeben. 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 (Telefonclip) Das Pairing geht über eine App.

*)<https://www.resound.com/de-de/help/compatibility#androiddevice> (11.10.2022)

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

Auracast Es ist ein speziell über ein API (Application Programming Interface) definiertes Subset von Bluetooth-LE-Audio. Hörgeräte mit dieser Technologie gibt es wie üblich erst in den teuren High-End-Geräten. Es stellt ein Juli 2022 veröffentlichtes Bedienkonzept für Teile von Bluetooth-LE Audio dar.

=> **Fazit:** Höranlagen-tauglich, aber nicht barrierefrei und sozial ausgrenzend (siehe Kapitel 18.3.6).

Bluetooth-LE-Audio (Version 5.2 vom 6. Jan. 2020): Nach 7 Jahren langer Diskussionen hat es die EHIMA (Europ. Hörgerätehersteller-Vereinigung) geschafft, einige ihrer Forderungen in der Bluetooth-SIG (Special Interest Group) beim neuen Standard durchzusetzen. Notwendig wurde der neue Standard, weil die drahtlosen Kopfhörer mit BT-Classic eine zu geringe Akkulaufzeit haben und man sie auf BT-LE umstellen will. Der Broadcast-Modus kann für ein perfekteres „Immersive Sound“-Erlebnis im Kino genutzt werden. Musikveranstaltungen können mehr Effekte bieten, wenn alle über drahtlose Kopfhörer hören. 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.

Einige 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. Im Juli 2022 wurde das Bedienkonzept „Auracast“ festgelegt. Auracast funktioniert nur mithilfe eines Smartphones mit Bluetooth-5.2-Chip. Da ein nicht behinderungsbedingtes Gerät benutzt werden muss, ist das Konzept nicht barrierefrei. (siehe Kapitel 3) Das Smartphone empfängt die notwendigen Informationen von den umliegenden Bluetooth-Sendern. Nutzer*innen müssen in der Auracast-App dann den gewünschten Sender und den Stream („Sendung“) auswählen, z.B. auch über das Auslesen eines Barcodes oder an

einem NFC-Tag. Die Hörgeräte werden dann vom Smartphone ferngesteuert.

Streams können auch verschlüsselt werden. Der notwendige Schlüssel wird vom Smartphone eingelesen (z.B. Barcode) und dem Hörgerät weitergeleitet, das dann zusätzlich auch die Entschlüsselungsarbeit leisten muss. Ein Datenschutzproblem besteht, wenn der Schlüssel per SMS/eMail weitergeleitet wird. Jemand kann sich den Eintritt sparen und außen auf der Parkbank mithören oder mitschneiden. Für vertrauliche Konferenzen ist das untauglich. Aber es gibt eine Art geschlossene Benutzergruppe, in der wie bisher individuell gepaired werden muss. Maximal 31 Geräte (linkes und rechtes Hörgerät zählen getrennt) sind möglich, zu wenig für eine Konferenztauglichkeit, dazu wäre ein aufwändiges Multi-Sender-Netzwerk nötig. Im Broadcast kann ein Sender rein praktisch wohl nur 4-5 Streams senden.

Das ist alles viel zu aufwändig und fehleranfällig, Ausweg: bei Konferenzen kleine, von der Haustechnik konfigurierte Empfangsgeräte für Kopfhörer oder induktive Halsringschleife.

Datenschutzprobleme: Auch im Bluetooth-Bereich werden immer wieder Sicherheitslücken bekannt. Ein besonderes Problem besteht darin, dass es selten möglich ist, die im Chip eingebrannte Firmware nachträglich zu korrigieren. Ein sicherer Datenschutz ist also von der Technik her nicht gegeben. Bei einem Hörgerät/CI könnte ein Hacker Daten auslesen und Einstellungen ändern. Bei einem zum Betrieb von BLE Audio notwendige Smartphone könnten Hacker noch sehr viel mehr schädigen, bis zu finanziellem Schaden. Alle beteiligten Geräte haben jeweils eine weltweit eindeutige Nummer, die MAC. Diese wird bei vielen Gelegenheiten in die Umgebung gefunkt. Diese MAC ist in den Datenbanken der Hersteller zusammen mit den Garantie-Registrierungsdaten hinterlegt. Das Smartphone hat ohnehin Zeitpunkt und Standortdaten parat.

Nachrüstungen: Die Hardware und Firmware von Bluetooth 5.2 haben sich gegenüber den Vorgänger-Versionen geändert, z.B. der neue Broadcast-Modus und der LC3-Codec. 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 anzukoppeln. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, dass Hörgerätehersteller für ihre alten Hörgeräte Zusatzgeräte entwickeln, das BLE Audio empfängt und mit der konzerneigenen Drahtlostechnik ins Hörgerät überträgt. Die

Hersteller wollen ja neue Hörgeräte verkaufen und nicht die Lebensdauer der alten Geräte verlängern.

Bedienungsprobleme: Bisher kam von Seiten Nicht-Hörgeräteträger:innen als Kritikpunkt an Induktionsschleifen, 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. Die EHIMA (Europ. Vereinigung der Hörgeräte-Industrie) hatte unter dem Namen „*Hearstream*“ ein Bedienkonzept ohne Smartphone erarbeiten wollen, weil gerade älteren Leute nicht mit der Bedienung eines Smartphones zu Recht kommen wollen oder können, z.B. bei gleichzeitiger Sehschwäche oder bei beginnender Multipler Sklerose. Von diesem Projekt hört man inzwischen nichts mehr. Nun ist die Bluetooth-SIG (quasi der Bluetooth-Normenausschuss) im Sommer 2022 mit dem Konzept „*Auracast*“ vorgeprescht, das ein Smartphone zur Bedienung von BLE Audio vorsieht (der „Assistent“). Der „Assistent“ auf dem Smartphone ist zwar keine Pflicht, aber bei einem Hörgerät praktisch nicht anders machbar. Das heißt, die Barrierefreiheit ist somit nicht mehr gegeben. (siehe Kap. 1 und 3) Nachdem also BLE Audio als Meilenstein für Hörgeräte angekündigt wurde, werden nun die Bedürfnisse der größten Gruppe der Hörgeräteträger:innen, nämlich älteren Menschen, ignoriert zugunsten der Nutzer von „Hearables“, den drahtlosen Kopfhörern, also vornehmlich der Technik-affinen Jüngeren.

Kosten: Nicht nur, dass die Hörgeräte eine kräftige Zuzahlung bedeuten, hier ist wahrscheinlich noch ein neues Smartphone notwendig, das die Krankenkassen auch nicht übernimmt. Verbleiben leicht 3500-7500 €: kaum oder nicht finanzierbar für Normalverdiener oder Rentner. Das bedeutet auch noch, soziale Ausgrenzung.

BLE Audio-Sender („Höranlage“): Im Prinzip ist er ein ähnliches Gerät wie der WLAN-Streamer (siehe Kap. 18.3.4), 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 wie Anfangs der WLAN-Streamer: etwa 5.000-8.000 € zuzüglich Installation,

Schulungskosten für das Administrationsprogramm und die laufenden Kosten für einen Wartungsvertrag.

Nun bestehen aber auch technische Beschränkungen: Soll die Anlage Konferenz-tauglich sein, ist aus Sicherheitsgründen der Modus mit Passwort und Pairing nötig, wobei der Sender für jedes gesendete Datenpäckchen die Rücksendung einer Empfangsquittung durch das Hörgerät erwarten wird. Hörgeräte werden bei voller Batterie weiterhin nur eine Sendereichweite von etwa 10m haben, sonst werden die Batterien „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/schlappe Akkus und der Signaldämpfung durch andere Personen, Wände 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 einfachere und etablierte Konferenz-Techniken gibt.

Der 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. Bei Auracast wird nicht geprüft, ob die Sendung auch korrekt ankommt: es wird jedes Datenpaket 4 bis 5mal gesendet, in der Hoffnung, dass es auch unversehrt ankommt. Wie bei einem normalen Rundfunksender kann der Sender nicht prüfen, ob der Radioempfänger im lokalen Umfeld gerade in einem Funkloch steckt oder von umgebenden 2,4GHz-Sendern gestört wird. Der Sender überprüft nur, ob der Funkbereich in seiner unmittelbaren Umgebung gerade frei ist.

Als Empfangsgeräte sind möglich: BLE Audio Hörgerät, Smartphone mit BLE Audio, BLE Audio Kopfhörer (Hearables) oder spezielle Empfangsgeräte für Kopfhörer/Halsringschleife.

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 absolut nicht barrierefrei. Alle Bluetooth-Classic-Hörsystem können sich gar nicht verbinden, die bisherigen Bluetooth-MFi/ASHA-Geräte können sich mit

BLE-Audio nur auf dem gemeinsamen Nenner verbinden: die Fernsteuerfunktion. Millionen von den bisherigen Hörgeräten müssten vorzeitig ausgetauscht oder mit Zusatztechnik versehen werden, sofern die Hersteller für ihre alten Geräte noch Zusatztechnik entwickeln würden.

18.8 Vor- und Nachteile der Bluetooth-Hörgeräte

Die meisten Bluetooth-Hörgeräte haben die Apple-Modifikation (MFi) eingebaut, seltener Bluetooth-Classic, ebenfalls selten Bluetooth-LE-ASHA. Und BLE Audio/AuraCast gibt es noch gar nicht. Manche Hörgeräte haben auch nur BT-LE für die Fernsteuerung eingebaut.

Das Ziel eines Bluetooth-Hörgerätes ist, drahtlos mit dem Smartphone zu telefonieren oder mit ihm in Stereo Musik zu hören. Der TV-Streamer oder die Funkmikrofone laufen nicht über Bluetooth, sondern über eine Hersteller-spezifische Funktechnik. Das hat technische und marketingstrategische Gründe. Wäre es Bluetooth, wären TV-Streamer oder Funkmikrofon in den Bluetooth-Einstellungen des Smartphones zu sehen und die Geräte müssten aufgrund der Bluetooth-Regularien auch mit Hörgeräten anderer Konzerne funktionieren. Der Telefonclip empfängt auf der einen Seite Bluetooth-Classic von Android-Geräten bzw. MP3-Playern, sendet es dann aber mit der Spezial-Technik an die MFi-Hörgeräte. Bluetooth hat also nur den Vorteil, dass man zum Telefonieren/Musikhören keine kabelgebundene Mini-Induktions-Schleife (Hals-Ringschleife) oder Stereo-Induktionskopfhörer braucht, stattdessen braucht man aber meist den Telefonclip um den Hals. Das ist dann etwas bequemer und es gibt ggf. 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 braucht dazu in den meisten Fällen zwei oder drei Zusatzgeräte und das führt zu längerer Latenzzeit und damit wäre die Sprachverständlichkeit oft nicht mehr gegeben. (siehe Kap. 18.9)

Telefonieren:

Made-for-iPhone-Hörgerät:

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 11 und iOS 15.2 Hands-free: Hörgerät in den Pairingmodus versetzen (aus- und einschalten), dann am iPhone das Pairing einleiten. Sollte ein Telefonat mit dem iPhone einer/s Kollege/in weitergeführt werden, 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 herstellereigene Technik ans Hörgerät sendet. Einfacher und billiger ist es, eine Halsringschleife (ab 44€) an die Klinke-3,5-Buchse (bzw. am Lightning/USB-C zu Klinke-Adapter) anzuschließen und die Hörgeräte mit wenigen Tastendruckern 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 (bis auf iPhones ab 11 und iOS 15.2) 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 MP3-Player. 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 aber ASHA-Hörgeräte deshalb auch MFi eingebaut.

Für normale MP3-Player, die ja nur Bluetooth-Classic haben, wird immer das Zusatzgerät „Telefonclip“ benötigt.

BLE Audio-Hörgeräte

Gibt es noch nicht. Für das Telefonieren scheint es zunächst gar keine Unterstützung zu geben, denn zunächst sollte mit dem Broadcast-Modus begonnen werden und niemand möchte, dass beim Telefonieren öffentlich mitgehört und mitgeschnitten werden kann. Deswegen wird BLE Audio nur ein Zusatz in den bisherigen Hörgeräten bleiben.

Fernsehen und Musikhören mit einem Bluetooth-Hörgerät

Kaum ein Fernseher wird die Bluetooth-LE(MFi) oder gar ASHA verbaut haben, oft sogar gar kein Bluetooth.

Zu den meisten Hörgeräten gibt es einen TV-Adapter, der über Klinke-3,5, Cinch, SCART oder optisch angeschlossen wird und den TV-Ton zum Hörgerät mit einer Hersteller-spezifischen Funktechnik überträgt.

Soll mobil mit einem MP3-Player ohne Bluetooth gehört werden, dann wird die gleiche Geräteketten wie beim Anschluss an eine FM-Höranlage benötigt, nur dass der FM-Empfänger durch den MP3-Player bzw. Fernseher ersetzt wird. (siehe Kap. 18.9.5/18.9) Wie war das mit „Bluetooth ist praktisch und bequem“? Einfacher ist da der Stereo-Induktions-Kopfhörer (ca. 20 - 25€).

Wollen gleichzeitig andere über Lautsprecher mithören, dann ist die einfachste Version ein Standard-Funk-System für den TV-Ton, 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 eingesteckt – oder die Geräte-Kette nach Kap. 18.9.5 bei nur-Bluetooth-Hörssystemen.

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 angeschlossen werden, steht in Kapitel 18.9.5. 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 Varianten, Modifikationen und 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, Podiumsdiskussionen oder Theater geraten 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? Ja, alles ok!“.

So haben wir schon bei unseren Beratungen bitterböse Enttäuschungen über Hörakustiker*innen gehört, weil der/die Hörakustiker*in nicht weiß, wie man mit den teuren Bluetooth-Hörgeräten die Höranlage in der Kirche nutzen und deshalb die Predigt immer noch nicht versteht. Dann wird schnell noch ein Funkmikro verkauft, das dem/der Pfarrer/in um den Hals gehängt werden soll. Meist klappt es aber nicht oder es gibt Störgeräusche, weil es an der Kleidung scheuert. Spätestens bei einer Podiumsdiskussion wird man abgewiesen.

18.8.1 Warum ist das aktuelle Bluetooth veraltete Technik?

Die bisher in Hörsystemen verbaute Bluetooth-Technik kann keine Höranlagentechnik sein, weil damit 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. 18.9), wobei es technisch bedingt immer zu Qualitätsverlusten kommt. Nun gibt es zusammen mit dem in Entwicklung befindlichen BLE Audio fünf (!) verschiedene Bluetooth-Techniken für Hörgeräte parallel, die sich 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.

18.9 Wie kommen Hörgerät und Höranlage zusammen?

Immer wieder hören wir, dass Schwerhörige die vorhandene Höranlage nicht nutzen können, weil sie ihre Hörgeräte nicht ankoppeln können. Meist liegt es daran, dass die Hörgeräte nur noch Mikrofone und Bluetooth zum Telefonieren haben, aber keine aktivierte T-Spule. In fast

allen Fällen gibt es aber dennoch eine Möglichkeit, die wir hier aufzeigen wollen.

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 anknüpfen. Mit externen Funkmikrofonen ist man meist aufgeschmissen, denn sie haben eine begrenzte akustische Reichweite (siehe Kap.14.12) und die Funkweite liegt oft bei max. 20m bei freiem „Sichtkontakt“. Außerdem hört man alles, was hineinkommt, also neben dem Hineingesprochenen auch Störgeräusche. Aber alles, was nur über die Beschallungsanlage übertragen wird, hört man nur mit sehr schlechter Qualität.

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

Persönliche Funkmikrofone fallen von vorne herein weg, denn es ist kaum machbar, das Funkmikro den/der Vortragenden um den Hals zu hängen und zu bitten, das allen anderen Vortragenden auch weiter zu reichen. Erstens muss man sich outen und zweitens: Bei größeren Veranstaltungen kämen dann leicht 20 verschiedene Funkmikros zusammen, die um den Hals getragen werden sollten. Und nun stellen Sie sich eine hitzige Podiumsdiskussion vor, bei der auch nur ein einziges Funkmikro herumgereicht werden soll und das auch noch bei Publikumsbeteiligung. Sie werden so gut wie nichts verstehen und nach der Veranstaltung Ihr Funkmikro suchen. Es geht auch nicht, dass z.B. der private TV-Streamer vom technischen Personal an die Mikrofonanlage angeschlossen wird, denn erstens wird der sich meist weigern, meist sind Fremdgeräte auch nicht zulässig oder der eigene Sitzplatz liegt außerhalb der Funk-Reichweite.

Hier ist also die Aufgabe, den möglichst besten Weg vom Audio-Ausgang der Höranlage in den Audio-Eingang des Hörsystems zu finden.

Dies gelingt nicht immer auf direktem Wege, aber es stehen ein paar Zwischenstationen in Form von herstellerspezifischen oder „freien“ Zubehörgeräte zur Verfügung: Verbinder, Adapter und Konverter.

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.

Die Audio-Eingänge ins Hörsystem (s. Kap. 16.1)

Ein Hörsystem hat mindestens einen der dieser Audio-Eingangstypen:

- akustisch (Mikrofon)
- induktiv (T-Spule, intern/extern)
- galvanisch=kabelgebunden (Audioschuh)
- herstellerspezifische Drahtlostechnik
- Bluetooth in den Varianten Classic und LowEnergy, letztere in den Modifikationen MFi (Apple) und ASHA (Google)

Die Audio-Ausgänge aus den Höranlagen (s. Kap. 18.1) sind:

- elektromagnetisch (Induktions-Schleife)
- elektronisch analog (Kopfhörersignal z.B. am Höranlagenempfänger)
- elektronisch digital (beim WLAN-Streamer: Bluetooth vom Smartphone/Tablet in den Varianten Classic oder LE(MFi) bzw. (ASHA))
- akustisch (Kinnbügelhörer)

Die Zubehörgeräte (Verbinder, Adapter und Konverter) (Kap. 17):

- Verbindungskabel (Klinke-Klinke, USB-Klinke, Klinke-Euro-3-Zack)
- Adapter (Lightning/USB-C zu Klinke-3,5-Buchse)
- Konverter:

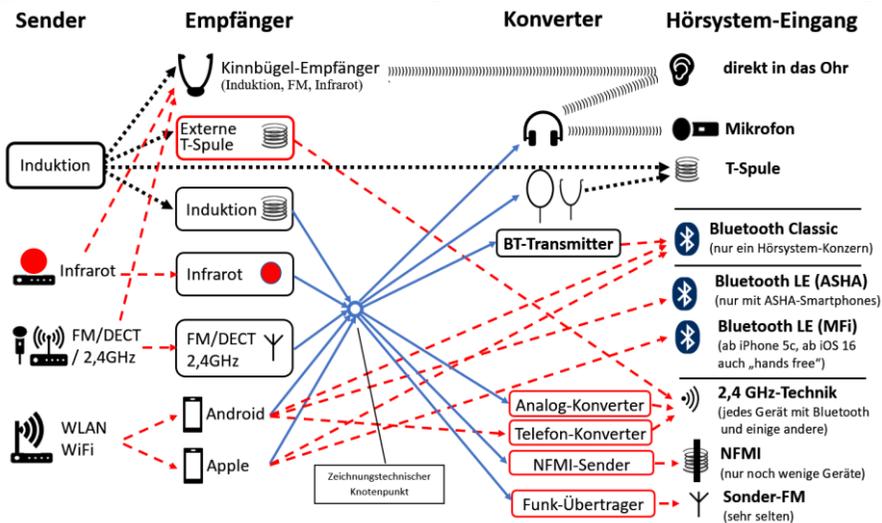
von ↓	nach			
	induktiv	Hersteller-spezifische Drahtlostechnik	Bluetooth-Classic	akustisch
elektronisch analog	Halsring-schleife (passiv und aktiv) Induktionskopfhörer (Stereo)	Zusatzgerät mit analogem Eingang: * Multi-Gerät * TV-Streamer	Bluetooth-Transmitter	Kopfhörer
Bluetooth-Classic		Telefonclip		

Darüber hinaus ist das Smartphone ein Konverter von elektronisch digital (WLAN) in elektronisch analog oder Bluetooth-Classic und bei Apple auch in Bluetooth-LE(MFi).

Wir haben nun folgende Systemmatrix (Verweise auf Kapitel):

Ausgang Hör-anlage	Hörsystem-Eingang				
	induktiv	Kabel	Hersteller Drahtlos	Blue-tooth	akus-tisch
induktiv	18.9.1	18.9.3	18.9.4	18.9.5	18.9.6
elektronisch analog (Klinke)	18.9.2	18.9.3	18.9.4	18.9.5	18.9.6
elektronisch digital (WLAN)	18.9.2	18.9.3	18.9.4	18.9.5	18.9.6

grafische Übersicht über den Signalfluss der aktuellen Höranlagen



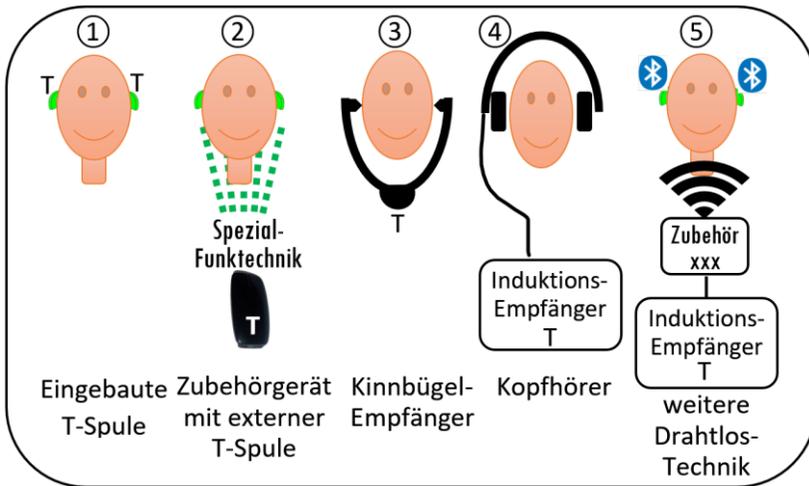
18.9.1 Von Induktion ins Hörsystem

Hat das Hörsystem eine eingebaute und aktivierte T-Spule, ist dies praktisch immer der beste drahtlose Eingang. Er hat keine zusätzliche Latenz, die Lippensynchronität ist gewährleistet. Das Hörgerät wird auf „T“ umgestellt und fertig. In der unten stehenden Grafik ist es der Fall ①.

Gibt es zum Hörsystem ein Zubehörteil mit externer T-Spule, so wird das Zubehörteil nach Bedienungsanleitung bzw. Erklärung im Hörstudio mit den Hörgeräten verbunden und auf „T“ gestellt. Je nach Ankopplungsart zwischen Zubehörteil und Hörsystem muss mit einer Latenz von bis zu 25ms gerechnet werden, d.h. noch im lippensynchronen Bereich. In der Grafik der Fall ②.

Hat das Hörsystem keine Möglichkeit der induktiven Anbindung (in der Grafik der Fall ⑤), so muss die Verbindung auf anderem Wege laufen. Das wird in Kapitel 18.9.4 und 18.9.5 beschrieben.

Hat das Hörgerät nur noch ein Mikrophon oder ist der Akku des Hörgerätes leer, so bleibt nur die akustische Anbindung (in der folgenden Grafik Fälle ③ und ④) und sie wird im Kapitel 18.9.6 beschrieben.)



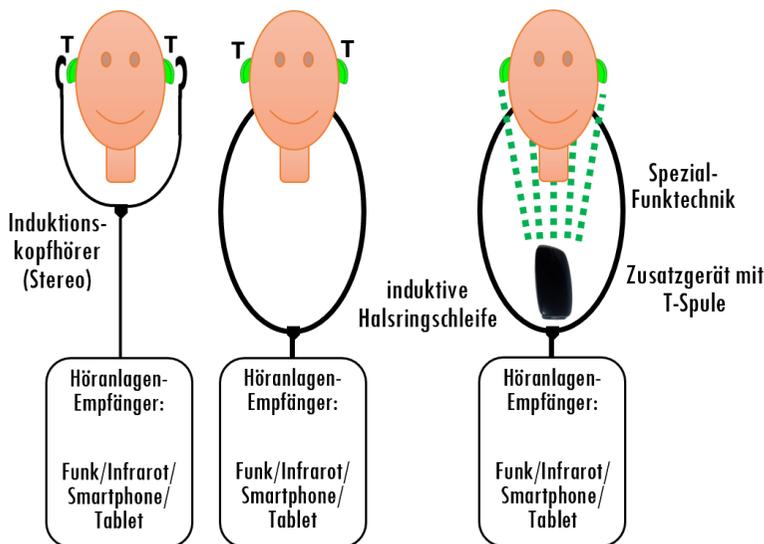
18.9.2 Vom Höranlagenempfänger induktiv ins Hörgerät

Haben wir eine Höranlage auf Funk- oder Infrarot-Basis, dann haben die Hörsysteme keine eingebaute Empfangstechnik dazu. Die Hörgerätehersteller bieten auch keine Zusatzgeräte, die die Funk- bzw. Infrarotsignale von Geräten des Herstellers XY in die eigene Drahtlostechnik übersetzen, allenfalls umgekehrt: von der eigenen Spezial-Drahtlostechnik auf elektronisch analog mit einem Empfänger mit dem Euro-Dreizack-Stecker, den man in einen Audioschuh oder in manches Zubehörgerät von anderen Hörsystemherstellern stecken kann. Wir „schmoren“ also mit einer FM/DECT/2,4GHz/IR-Anlage zunächst einmal „im Topf“ des Herstellers.

Aber wir können den „Deckel öffnen“. Zu praktisch jeder Funk/IR-Höranlage gibt es kleine etwa zigaretenschachtelgroße Empfänger mit Kopfhöreranschluss, beim WLAN-Streamer ist es unser Smartphone/ Tablet. Alle haben einen „elektronisch analogen“ Ausgang, dem Klinke-3,5-Kopfhöreranschluss, oder es gibt einen Adapter von Lightning oder USB-C auf Klinke-3,5.

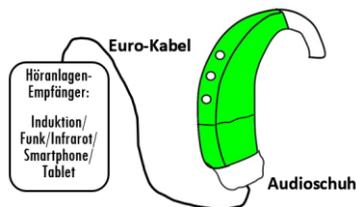
Das Hörgerät hat eine interne oder externe T-Spule. Der Konverter ist die induktive Halsringschleife bzw. der Induktionskopfhörer. Ist das Smartphone zu schwach, wird eine aktive Halsringschleife mit eingebautem Verstärker nötig. Das Zubehörgerät mit der externen T-Spule überträgt ins Hörgerät mit einer „geheimen“ konzernspezifischen

Drahtlostechnik. Das Gerät muss innerhalb der Halsringschleife an befestigt und so ausgerichtet werden, dass es optimal empfängt.



18.9.3 Vom Höranlagenempfänger per Draht ins Hörgerät

Hat das Hörgerät einen Audioschuh, kann per Draht übertragen werden. Dazu wird ein Kabel Klinke-3,5 zu Euro-Dreizack-Stecker benötigt. Die gibt es auch in Stereo-Ausführung.

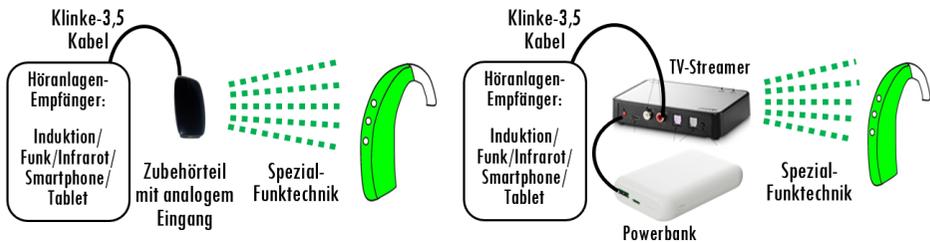


18.9.4 per Spezial-Drahtlos-Technik ins Hörgerät

Alle Hörsysteme, die auch Bluetooth haben, haben auch eine „geheime“ konzerneigene Drahtlostechnik ins Hörsystem, sei es FM im 10GHz-Bereich, NFMI=Hochfrequenzinduktion im 3MHz-Bereich, die 2,4GHz-Technik oder sonst etwas. Gegenüber Bluetooth hat sie den Vorteil einer recht geringen Latenz meist nur bis zu etwa 25ms.

Was nun benötigt wird, ist eine Konvertierung vom elektronisch analogen Signal aus dem Höranlagenempfänger in den sonstigen Drahtloseingang ins Hörsystem.

Für die meisten Hörsysteme gibt es einen TV-Streamer, der dazu gedacht ist, den elektronischen analogen Ton aus dem Fernseher (Klinke, Cinch oder SCART) drahtlos ins Hörgerät zu bringen. Da diese Geräte heutzutage zur Stromversorgung eine Micro-USB-Buchse haben, werden sie mithilfe einer Powerbank mobil. Aber einige Hörsystemhersteller bieten auch akkubetriebene Zusatzgeräte mit analogem Eingang an, z.B. mit Klinke 3,5-Anschluß oder mithilfe einer USB-zu-Klinke-Kabels.



18.9.5 Ankopplung per Bluetooth

Die Bluetooth-Technik ist eigentlich nur für die Übertragung von Smartphone/Tablet gedacht. Bluetooth-Classic kann aber auch von einem Bluetooth-Transmitter angesprochen werden. Bluetooth-LE(MFi) jedoch nur von Apple-Geräten (iPhone ab 5, iPad, iPodTouch). Bluetooth hat den Nachteil einer sehr hohen Latenz.

In Hörsystemen werden zwei verschiedene Audio-fähige Bluetooth-Varianten eingesetzt: Bluetooth-Classic und Bluetooth-LE(MFi). Bluetooth-Classic kann eine Audio-Verbindung mit jedem anderen Bluetooth-Gerät eingehen, während Bluetooth-LE(MFi) nur von Geräten von Apple Audio übertragen kann. Deshalb gibt es für Bluetooth-LE(MFi)-Hörsystemen Konverter, die Bluetooth-Classic in die konzernspezifische Drahtlostechnik übersetzen (Telefonclip).

Trotz der zu erwartenden hohen Latenzzeit eine Bluetooth-Verbindung zu wählen, macht nur dann Sinn, wenn es keine andere Lösung gibt. Das wäre dann der Fall, wenn weder eine T-Spule noch ein Zubehörgerät mit analogem Eingang zur Verfügung steht.

Die hohe Latenz von Bluetooth ist nicht so tragisch, wenn es nur eine Audio-Übertragung gibt, z.B. Telefonieren oder Musikhören.

Haben wir einen Funk/Infrarot- oder Induktions-Empfänger, so müssen wir das elektrische analoge Audiosignal erst in Bluetooth konvertieren.

Diese Konverter gibt es für Bluetooth-Classic als Bluetooth-Transmitter. Den müssen wir jetzt irgendwie mit dem Hörsystem koppeln. Bluetooth-Classic-Hörsysteme können direkt ankoppeln, bei Bluetooth-LE(MFi)-Hörsystemen wird noch ein weiterer Konverter benötigt, der Bluetooth-Classic in die „geheime“ konzerneigene Drahtlostechnik übersetzt. Das ist der „Telefonclip“. Bei so viel Konvertierungen sammeln sich schnell Latenzzeiten an, sodass dies nur eine Kompromisslösung darstellt.

Bluetooth-Classic-Hörsystem (Sonova-Konzern):



Der BT-Transmitter wird mit den Hörgeräten gepaired. Wie das geht, sagen die Bedienungsanleitungen oder der/die Hörakustiker:in. Am Höranlagen-Empfänger wird eine angenehme Lautstärke eingestellt.

Bluetooth-LowEnergy(MFi)-Hörsysteme (alle anderen Konzerne):

Der Telefonclip wird im Hörakustikstudio mit den Hörgeräten und dem Bluetooth-Transmitter gekoppelt. Der Höranlagen-Empfänger wird per Klinke-3,5-zu-Klinke-3,5-Kabel am Bluetooth-Transmitter angeschlossen. Alle Geräte werden eingeschaltet. Das Hörgerät wird ggf. automatisch auf das „Streaming“-Programm geschaltet. Am Höranlagen-Empfänger wird eine angenehme Lautstärke eingestellt.



Manche Bluetooth-Transmitter geben um Umkreis von etwa 15cm ein Störsignal ab, das in einen Induktions- oder Funk/Infrarot-Empfänger einstreut. Dann müssen die Geräte etwa 15-30cm auseinandergehalten werden. Hier gibt es hohen Latenzzeit bis zu 260ms.

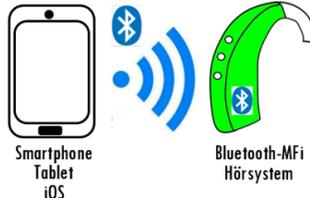
Audio-Quelle hat selbst Bluetooth:

Das ist bei Smartphones/Tablets der Fall, die bei einer WLAN-Höranlage benötigt werden. Hier kommt es im Grunde genommen auf die Hersteller bzw. Betriebssystem von Smartphone/Tablet und Hörsystem an:

- Smartphone/Tablet von Apple (iOS) oder nicht (Android)
- Hörsystem Sonova-Konzern oder nicht (Bluetooth-Classic oder BT-LE(MFi))

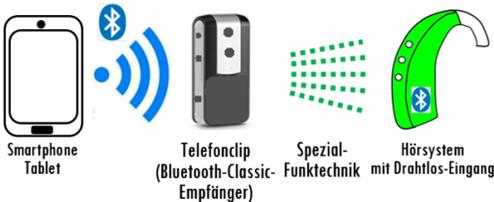


Sonova mit allen Smartphones



andere ohne Zusatzgerät nur mit Apple (iOS)-Geräten

Hörsysteme aus dem Sonova-Konzern können über Bluetooth-Classic mit Apple (iOS) und Android koppeln. Hörsysteme der anderen Konzerne können nur mit Apple (iOS) direkt koppeln, benötigen aber für Android den Telefonclip.



alle anderen Hörsysteme mit Telefonclip an alle Smartphones/Tablets

18.9.6 Akustische Ankopplung

Die akustische Ankopplung ist die schlechtesten Variante, die leider dann genutzt werden muss, wenn:

- kein Hörgerät vorhanden ist bzw. deren Akkus leer sind,
- das Hörgerät nur ein Mikrofon hat,
- es nur Kinnbügelempfänger gibt (oft bei Infrarot-Anlagen) und es keinen anderen Weg ins Hörsystem gibt

Ein Kopfhörer wird an den Höranlagen-Empfänger bzw. beim WLAN-Streamer ans Smartphone/Tablet angeschlossen. Es sollten Kopfhörer in der folgenden Reihenfolge ausprobiert werden, denn manchmal entstehen Rückkopplungs-Pfeifen oder Qualitätseinbußen. Welche geeignet

sind, hängt auch vom Hörgeräte-Typ ab: HdO, IdO, CIC. Gibt es nur Kinnbügelempfänger ohne Klinke-3,5-Ausgang, dann muss ausprobiert werden, ob das Hörgerät drin gelassen werden kann, was oft bei Hörgeräten mit Mikrofon im Ohrkanal der Fall ist.

- Active Noise-Cancelling-Kopfhörer (teuer)
- Geschlossene Kopfhörer (mit großen Ohrmuscheln)
- Ohrhörer („Knopf-im-Ohr“) (nur möglich bei CIC)
- Kinnbügelempfänger
- Offener Kopfhörer



18.10 Fazit: Barrierefreiheit, Praktikabilität, Kosten etc.

Nicht immer konnten wir hier einen optimalen Weg finden, manchmal lässt die Störgeräusch-Unterdrückung zu wünschen übrig, manchmal ist die Latenzzeit zu hoch, dass die Lippensynchronität nicht mehr gegeben ist, manchmal brauchen wir einen „ganzen Fuhrpark“ an Zubehör, so dass es etwas unpraktisch ist und die Barrierefreiheit leidet.

Aber simpel gesagt: wer sich Hörsysteme ohne T-Spule verkaufen lassen hat, hat immer mit Kompromissen zu leben. Und wenn am Veranstaltungsort keine Induktionsschleife liegt, dann ist die Barrierefreiheit auch nicht mehr gegeben. (siehe Kapitel 1 und 3) Alle Höranlagentechniken außer Induktion benötigen Zusatzgeräte, die man selbst mitbringen muss und ggf. noch mit Geräten ergänzen muss, die vor Ort gewartet und ausgeliehen werden müssen. Erfahrungsgemäß bestehen aber hohe psychische Barrieren, sich so ein Gerät auszuleihen. Diesen Schritt gehen meist nur die, die offensiv mit ihrer Schwerhörigkeit umgehen.

Für die Kirchengemeinde heißt das: Warum Umwege über FM, Infrarot, oder WLAN-Smartphone-Bluetooth gehen, wenn es billiger, barrierefreier und universal kompatibel direkt über eine Induktionsschleife geht? Für Menschen ohne Hörgerät gibt es Induktionsempfänger mit Kopfhörer bzw. induktive Kinnbügelempfänger.

19 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.*

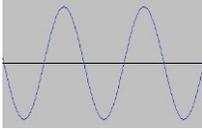
In praktisch jeder Kirche gibt es eine Beschallungsanlage. Jede Höranlage, ob Induktion, Infrarot, Funk oder Streamer, muss direkt am unregulierten Ausgang des Mikrofon-Vorverstärkers (noch vor dem Equalizer und Endverstärker) bzw. bei einem Mischpult/Mischverstärker auf einem von den Lautsprechern unabhängigen 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.

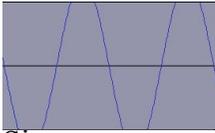
Warum darf die Höranlage nicht parallel zu den Lautsprechern angeschlossen werden?

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:

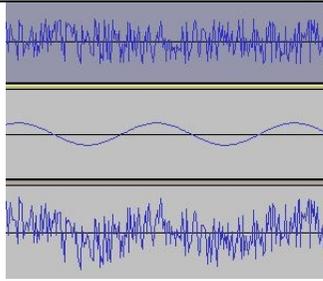
- Hörgeräte erwarten ein gleichbleibendes Eingangssignal. (Induktion: Feldstärke 100 bis 400 mA/m). Dies würde sich aber ändern.
- Lautsprecher sind immer nach dem Haupt-Equalizer = EQ (Klangregelstufe) angeschlossen. (Achtung: auch wenn Sie in Ihrer Verstärkeranlage kein sichtbares gesondertes Gerät 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 Hörereinstellung 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. 14.14) Und das ändert sich jedes Mal, wenn der Equalizer verstellt wird. Schwerhörige stehen evtl. sogar vor einem unbekanntem Lückentext bzw. anderen Gleichklang. Und dann gibt es ja auch noch den Maskierungseffekt (siehe Kapitel 14.5): 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 14.7.322.12.
- 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.

Sprache	Mikrofon	Mikro-Vorverstärker + Entzerrer	Ausgang vor Equalizer	Equalizer (gleich Lautsprecher aus)	Ausgang nach Equalizer	Lautsprecher in dieser Kirche	Schall	guthörendes Ohr	Höreindruck	
	Mikro ist z.B. zu stark Höhen betont									
<p>Der obere Ast zeigt den Weg des Audiosignals durch die verschiedenen Gerätschaften einer Beschallungsanlage. Beispielhaft wird gezeigt, wie der Frequenzgang des Signals umgeformt wird, damit beim Guthörenden der Klang so wahrgenommen wird wie das Original.</p> <p>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, entsteht ein falscher Höreindruck.</p>							Höranlage bekommt	Hörgerät	schwerhöriges Ohr	Höreindruck

19.1 Anschluss an einen Kompletterverstärker

Ein Kompletterverstärker 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 Gehäuses zugänglich.)
- Gesamt-Lautstärke-Regler

Es gibt die verschiedensten Ausgangsbüchsen: 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.

19.2 Anschluss an eine Komponentenanlage

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

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

19.3 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:

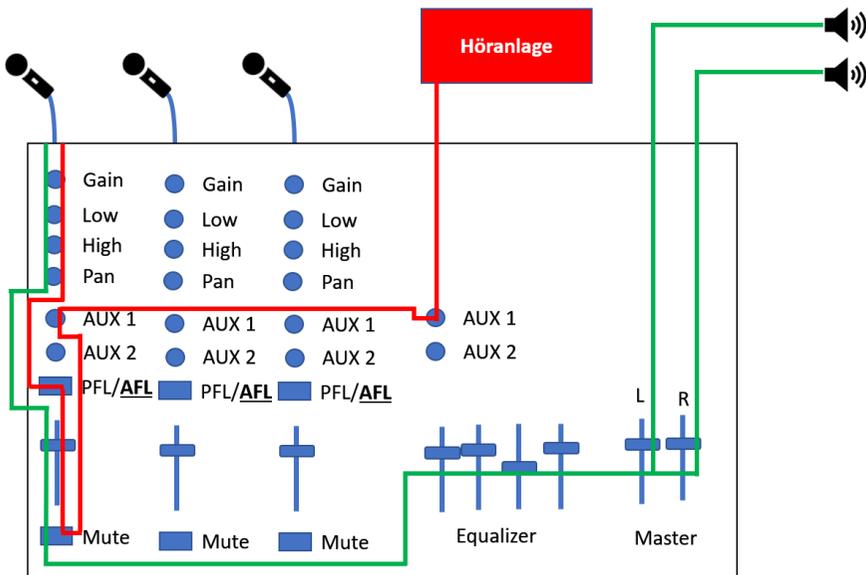
<https://youtu.be/2nRDtL1yLRs> (Mischpult für Anfänger)

Die richtige Lösung:

Die Lautsprecher sind normalerweise am Master-Kanal angeschlossen, die Höranlage muss davon unabhängig sein, deswegen wird der Monokanal oder eine AUX-Route, notfalls die Effekt-Route (aber ohne interne Effekte) für sie reserviert. Alle Eingänge werden darauf gelegt und zwar After Fade Listening (AFL), 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 gleichbleibt. Sollte es einmal vorkommen, dass wir die Lautsprecher über den Masterregler auf stumm bringen müssen, müssen wir uns kurz überlegen, ob auch 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.



19.4 Eine korrekt installierte Induktionsanlage

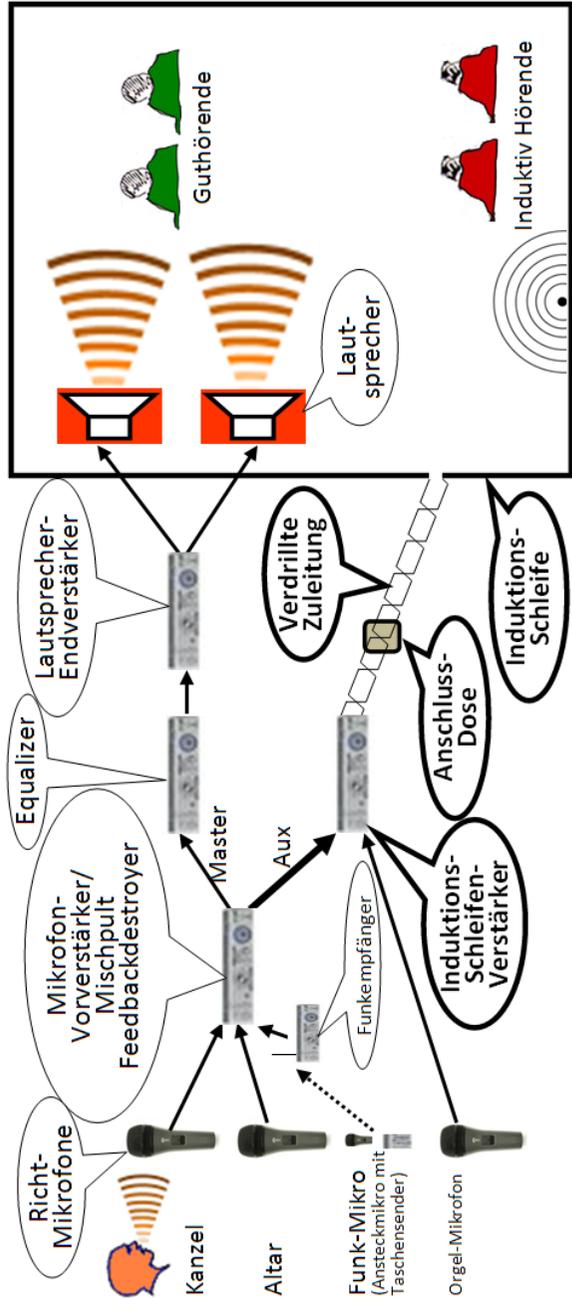
Hinweis:

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.

Prinzipaltbild einer korrekt installierten Induktionsanlage



20 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 neues Mikrofon

Wenn Schwerhörige schlecht über die Lautsprecheranlage verstehen, verlangen sie oft, dass ein besseres Mikrofon angeschafft wird. Man sollte sich darüber im Klaren sein, dass das Mikrofon meist nur einen Anteil von bis zu 8% an der gesamten Sprachverständlichkeit bringt. Der maßgeblich Teil sind die Lautsprecher und ihre Wechselwirkung mit dem Raum, also der Raumakustik. Ein normal gutes Mikrofon mit Nieren-Richtcharakteristik reicht meistens aus.

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.19). 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:

20.1 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 (Ablese 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 soll Hintergrundgeräusche 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.20.2)

20.2 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. 14.7.3) 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 Anfasen 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 Gemeindeglieder 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

Mikrofonneulungen 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 **Schwanenhäse** 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 34,530MHz 36,610MHz	34,325MHz 34,950MHz 38,125MHz	31.12.2032	Vfg Nr. 25/2022
174Mhz	230MHz	31.12.2025	Vfg Nr. 59/2015
470 MHz 614 MHz	608 MHz 694 MHz	31.12.2030	Vfg. 34/2020 u. 99/2022 nur professioneller Einsatz
736 MHz	753 MHz	31.12.2032	Vfg. 100/2022 nur professioneller Einsatz

823MHz empfohlen: 825MHz	832MHz empfohlen: 828MHz	31.12.2025	Vfg Nr. 2/2015 D/CH=frei, A=anmeldepflichtig
863MHz	865MHz	31.12.2028	Vfg Nr. 107/2018 Europa-weit frei
1350 MHz	1400 MHz	31.12.2032	Vfg. Nr. 6/2022 nur im Innenraum
1,785GHz 1,795GHz	1,805GHz 1,800GHz	31.12.2025 31.12.2030	Vfg Nr. 3/2015 Vfg. Nr. 43/2020 Audio-Streaming
1,880GHz	1,900GHz	31.12.2025	Vfg Nr. 25 / 2015 nur DECT-Technologie
2,4 GHz	2,4835GHz	31.12.2033	Vfg 128/2023 WLAN, Bluetooth u.v.a.m. weltweit frei
5,150 GHz 5,470 GHz	5,350 GHz 5,725 GHz	31.12.2032	Vfg. 49/2023 WLAN, Teilbereich auch Radar, weltweit frei
5,945GHz	6,425GHz	31.12.2024	Vfg. Nr. 55/2021 WLAN in Europa

Quelle: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Telekommunikation/Frequenzen/Allgemeinzuteilungen/start.html>

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 **Rauschsperr**e/**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!*“

20.3 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.

21 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. 19) 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 14.10.

22 Induktionsschleifen und andere Gerätschaften und Situationen

22.1 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.

22.2 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.

22.3 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. Sempel gesagt: Wenn zwei zur selben Zeit dasselbe sagen: Wo ist da ein Problem?

Die Schleife selbst ist also grundsätzlich 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. 19)

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

22.4 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.

22.5 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 ($999\text{nT}=795\text{mA/m}$). Auch konnte festgestellt werden: Personen, die sich innerhalb der Schleife beeinträchtigt fühlten, hatten außerhalb der Schleife keine Probleme, trotz des Spill-Overs. (\Rightarrow 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. Aber: sicherheitshalber beim Arzt oder Hersteller nachfragen.

$$0,5\mu T = 397,89 \text{ mA/m} \approx 400\text{mA/m}$$

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. BImSchV (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>

22.6 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 störischer. 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.

22.7 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 Brummtönen 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.

22.8 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 grün-gelbe 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.

In alten Hausinstallationen, bei denen Neutralleiter und Schutzleiter zusammen als eine Leitung (PEN) geführt werden, gibt es ebenfalls die Möglichkeit von Brummfeldern. Hier ist der PEN am Hausübergabepunkt meist noch über die Wasserleitung geerdet. Jeder noch so kleine Isolationsschaden an einem Elektrogerät lässt einen Teil des Rückstromes einen anderen Weg über Gebäudeteile, Wasserrohre etc. nehmen.

Auch 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 verdrehtes 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-Brummtönen auch ein 150Hz-Brummtönen. 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.



Dachständerleitung Einzelkabel: Störungen zu erwarten (von uns nachgeprüft)



Dachständerleitung mit verdrehtem Kabel: keine Störungen bei korrekter Hausinstallation (von uns nachgeprüft)

Bei Dachständerleitungen mit getrennten Leitungen gibt es zwei Gründe für das Störfeld:

- Hin- und Rückleitung sind nicht eng miteinander verdreht.
- Wenn Strom auf Hin- und Rückleitung unterschiedlich sind, d.h. dass ein Teil des Stromes über den Schutzleiter über die Erde zur Trafo-Station bzw. E-Werk zurückläuft.

Allerdings: 50Hz wird kaum ein Hörgerät übertragen und wenn, dann nur sehr leise und tiefe Frequenzen stören nicht so stark.

22.9 Leuchtstoffröhren und Dimmer und LED-Lampen

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 oder LED-Lampen können Störstrahlung verursachen. LED-Lampen haben Schaltnetzteile im Gehäuse oder in der Birne. 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.

22.10 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.

22.11 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 Brummtton 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 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.

22.12 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.

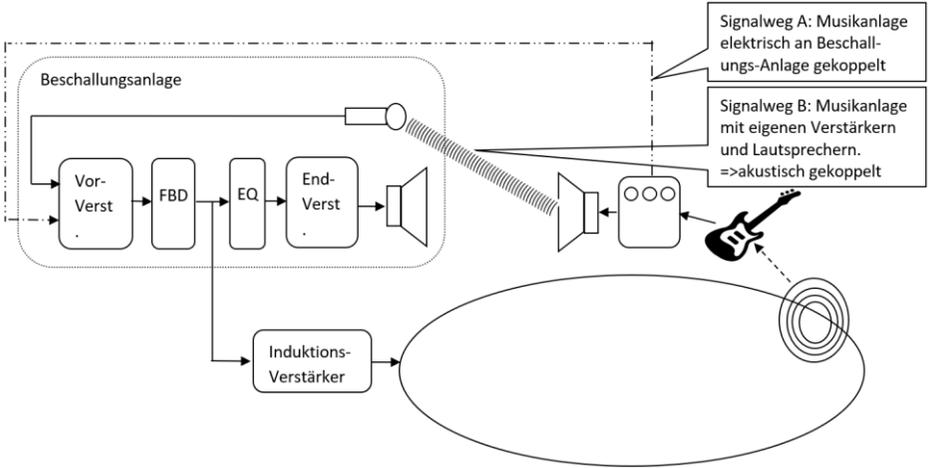
Dynamische Mikrofone haben intern ebenfalls eine Spule. Theoretisch könnte diese Spule zu einer Rückkopplung führen, rein praktisch haben wir noch keinen Fall erlebt, bei dem es dazu kam, auch nicht mit einem Billig-Mikrofon, das innerhalb der Schleife benutzt wurde. Normalerweise haben sie eine Rückkopplungsfestigkeit 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 waagrecht liegen, wird in ihnen so gut wie nichts von der Induktionsschleife induziert, denn deren Feldlinien verlaufen in etwa senkrecht, außer eben am Rand oder auf der Schleife. 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“). Hörergeräteträger 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 getestet 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.

22.13 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.

22.14 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. Läuft die Straßenbahn auf Gleichstrom, so wird der normale 50Hz Drehstrom mit verschiedenen Methoden gleichgerichtet. Dabei entsteht eine Restwelligkeit mit der Frequenz 300 oder 600Hz plus ein paar Oberwellen. Beide Frequenzen sind oberhalb der Mindest-Übertragungs-Frequenz eines Hörgerätes und können – je nach Stärke – einen nervigen Ton im Hörgerät ergeben. Wie dieses Problem gelöst werden kann, ist schon längere Zeit in der technischen Klärung, bisher leider ohne Ergebnis.

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.

23 Tipps: Verlegung der Induktionsschleife

23.1 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.

23.1.1 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.

23.1.2 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 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.

23.1.3 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. (siehe auch Kap. 23.1.5)

23.1.4 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 mm² bis 4 mm², meist 1,5 - 2,5 mm². Beim Einschalten testet der Verstärker, ob die Schleife innerhalb der erlaubten Werte liegt, andernfalls 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 ($U=R \cdot I$) 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 Hochtton-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 den maximalen Querschnitt, weil dadurch weniger Strom verbraucht und 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 mm ²	Impedanz pro Meter bei 1600Hz in Ohm/m	Querschnitt in mm ²	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) = $0,01724 \cdot \text{Kabellänge in Meter} / \text{untere-Verstärkergerneze}$
 b) min.Querschnitt(DC) = $0,01724 \cdot \text{Kabellänge in Meter} / \text{obere-Verstärkergerneze}$
 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: $0,01724 \cdot \text{Strom} \cdot \text{Länge} / (\text{Minimum}(\text{Spannung}; \text{Leistung}/\text{Strom}))$

=> 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) = $0,01724 \cdot 55 / 0,3 = 3,161 \text{ mm}^2$ => **2,5**

min.Querschnitt(DC) = $0,01724 \cdot 55 / 3 = 0,316 \text{ mm}^2$ => **0,5**

min.Querschnitt(AC): $55 \cdot 0,0305 = 1,6775$ => **0,75**

min.Querschnitt für max.Strom: $0,01724 \cdot 8 \cdot 65 / \text{Minimum}(25; 60/8) = 1,195$ => **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 verdreht, 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.

23.1.5 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 $10A_{\text{eff}}$ und bis zu etwa $40V_{\text{eff}}$, 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.

Achtung: ein Kupferflachkabel, das die Verstärker-Hersteller anbieten, eignet sich nicht für die Verlegung im Estrich, es ist für „unter dem Teppich“. Wir haben schon zwei Fälle vorliegen, bei denen die Schleife nach Abbinden des Bodens unterbrochen war und nicht mehr reparierbar ist. Für solchen Einsatzfall gibt es DBC-Kabel (Direct-Burial-Cable), was eine dicke Gummiumhüllung hat. Ebenfalls ist möglich und billiger, normale Plastik-Leerrohre zu verlegen und darin dann ein H07V-K zu verlegen, wenn man will: zur Reserve doppelt. Nutzt man die Reserve, dann kann ggf. sogar ein kleinerer Verstärker eingesetzt werden. Es ist aber unwahrscheinlich, dass man das Kabel im Leerrohr auswechseln kann. Das Leerrohr dient nur dem Schutz des Kabels.

23.1.6 Schleifenkabel mit Erdschlüssen: Zwitschern

Kabelisierungen 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.

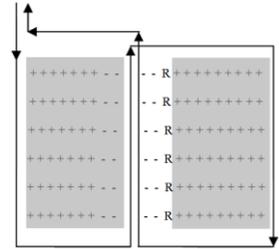
Es ist natürlich sehr schwer, die defekte Stelle zu finden, besonders dann, wenn das Kabel im Boden fest einbetoniert wurde. Deswegen empfehlen wir ja eine Montage oberhalb des Bodens, denn dann ist die Suche und Reparatur erheblich einfacher.

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.

23.1.7 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.



23.1.8 Warnung: keine Verlegung in Ohrhöhe

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

23.1.9 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 (\Rightarrow 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 ($\sin 0^\circ = 0$). 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 nach der untenstehenden Formel.

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

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

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.

23.1.10 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.

23.1.11 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, außer, 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 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 Verstärkerdaten (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.

23.2 Metallverlust

Siehe Kapitel 18.6.4.1 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.

23.3 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 verdreht 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 verdrehten) 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 wenige Euro 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 muss – 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 beschwerten, 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.

23.4 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.

23.5 Den Schleifenverstärker anschließen

Siehe dazu Kapitel 19.

23.6 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>

24 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.

25 Gefahrenmeldeanlagen/Sprachalarmanlagen

In größeren Gebäuden mit Publikumsverkehr muss es ein Konzept geben, dass gefährdete Personen schnell und wirksam über einen bestehenden Gefahrenzustand informiert werden und was sie zu tun und zu lassen haben. Gefahrenzustände sind z.B. Feuer, Unwetter, Chemieunfälle, Bombenalarm, Amok-Läufe.

Eine Sirene und rotes Blinklicht reichen da nicht. Üblicherweise sollen Sprachalarmanlagen (SAA) (DIN VDE 0833-4) und Elektroakustische Notfallwarnsysteme (ENS) (DIN EN 50849/VDE0828-1) die Lücke füllen. Eine normale Lautsprecheranlage darf allerdings nicht dazu genutzt werden, weil sie nicht feuersicher genug ist. Aber die Höranlage ist normalerweise mit der Lautsprecheranlage verbunden, nicht mit der Sprachalarmanlage. Wer also über die Höranlage hört, kann die Durchsagen aus der Sprachalarmanlage nicht hören.

Hochgradig Schwerhörige, Ertaubte und Gehörlose haben aber gerade in solchen Stresssituationen wie einem Alarm besondere Schwierigkeiten, einer Lautsprecherdurchsage zu folgen, denn sie hören entweder gar nichts oder ihnen fehlt das Mundabsehen. Bemerkenswerterweise die Alarmsituation, müssen sie auf Mikrofon umstellen. Dann aber haben sie das Problem, dass sie so gut wie nichts verstehen, weil in so einem Fall jede Menge Störlärm durch Panikschreie, Laufgeräusche etc. entsteht. Da hilft auch nichts, wenn der Sprachtransferindex (STI) (siehe Kapitel 14.10) für Guthörende innerhalb der Norm liegt, für Schwerhörige ist der STI immer bedeutend niedriger als für Guthörende, was allerdings in der Norm nicht berücksichtigt wird.

Sinnvoll wäre, wenn die Höranlagen in das SSA- und ENS-System eingebunden wären. Aber das reicht insgesamt auch nicht, denn Gänge, Treppen und Nebenräume sind üblicherweise nicht mit Höranlagen ausgestattet. Es wird deshalb eine Hör-Unterstützung durch das Zweisinneprinzip benötigt. Das heißt, sie brauchen Bildschirme, auf denen alles zusätzlich verschriftlicht ist und gebärdet wird. Da böten sich die Anlagen des Digital-Signage (Bildschirme z.B. für Videoreklame) an. In Nebenräumen wie Toiletten und Waschräumen müssen Lichtblitzanlagen eine Gefahrensituation signalisieren.

26 Nützliches Zubehör

26.1 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 im Normbereich liegt. Der Ampetronic ILR 3+ liegt im Preis etwa bei 150-170€, ist sehr stabil und kann über drein farbige LED's anzeigen, ob die Schleife normgerecht arbeitet. Das gleiche kann auch der Phoenix ILA-E.

26.2 hörbarrierefreie Wohnungsaustattung

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, denn ein Hörgerät überträgt normalerweise maximal 8000Hz, das Gehör ist aber schon unterhalb von 4000Hz geschädigt. Schwerhörige ohne Sehprobleme nehmen aber 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. (siehe auch Kapitel 25).

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.

27 Tabellarische Übersicht über die gegenwärtigen Höranlagentechniken

In der folgenden Übersicht ist die Auracast-Technologie noch nicht aufgeführt. Da der professionelle Sender von Ampetronic/Listen Technologies erst vor kurzem zur Verfügung steht, liegen praktische Erfahrungen liegen nicht vor. Weitere Infos über Auracast gibt es im Kapitel 18.3.6 und in einer Broschüre in unserem Cloud-Speicher (s. Deckblatt).

Es gibt derzeit wenige Auracast-Sender. Vorgestellt wurden der TV-Streamer+ von GN Resound für privat und ein professioneller Sender von Ampetronic/Listen Technologies. Technische Daten liegen wenige vor. Der TV-Streamer hat eine Reichweite von 7m und eine Latenzzeit von 43ms, also nicht mehr lippensynchron. Er benötigt eine Pairing-Prozedur mit den Hörgeräten, was seltsam klingt, da Auracast ja ein offenes Sendeprotokoll ist ohne Kopplungsnotwendigkeit. Der Grund wird sein, dass das Hörgerät sich den privaten Streamer merkt, sodass auf ihn mit den Steuertasten am Hörgerät umgeschaltet werden kann. Wie bisher wird die Lautstärke mit einer App am Smartphone eingestellt. Er funktioniert also wie ein stinknormaler bisheriger TV-Streamer, nur dass die Latenzzeit praktisch doppelt so hoch ist. Diese Umschaltung mit den Hörgerätetasten wird im öffentlichen Bereich nicht funktionieren, weil dort die individuellen Hörgeräte nicht gepaired werden können.

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 <i>Wird nicht mehr produziert!</i>	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 Höra-kustiker 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 erklären werden, nur für Apple und Android, Software-Installation auf Nutzer-Gerät notwendig, starke Zeitverzögerung (Latenzzeit) nicht lippensynchron
Kompatibilität 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. Taschensender 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-Ver-schlüsselung 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)
Unterhaltsaufwand 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
Wartungsaufwand 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 (dünnere Draht) umlegt, (geringer als bei Lautsprechern)	meistens gering, manchmal mehrere Sendantennen 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 Installationskosten	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. 1000-5000€ zuzügl. Installation

Stichwortverzeichnis

- 10 - 30 Volt 202
 100 bis 400 mA/m 189
 100 und 5000 Hz 204
 100 Volt-Ausgang 202
 2,40 m 214
 2,4GHz 133
 2,4GHz Überlastung 126
 800 MegaHertz 204
 A/D-Wandler 124
 Abschirmung 212
 Abschlusstest 224
 Achter-Schleife 219
 AfterFadeListening/AFL 192
 Akku 107
 Akkulebenszeit 106
 Akku-Modell 67
 Akkutechnik 104
 Akustik, gute 52
 ALcons 53
 Altermikrofon 224
 Altersschwerhörigkeit 37
 Analog/Digital-Technik 122
 Analog-Digital-Wandler 39
 Android 136
 Anschlussdose 222
 Aquiphonie 83
 Assistenz-Personen 10
 Audio-Ausgänge 179
 Audio-Eingänge 179
 Audio-Guide 151
 Audioschuh 97, 112, 117, 183
 Audiostrecke 69
 Auf-Boden-Verlegung 214
 Auracast 12, 140, 227
 AVWS 34, 36, 38
 barrierefrei 2, 40, 56, 117,
 132, 137, 152
 Barrierefreiheit 8, 9, 187
 Bärte 88
 Basilmembran 35
 Batteriekosten 106
 Batterien 106
 Bauakustik 21
 Baumaßnahmen 215
 Beamer 203
 Beamforming 81, 99
 Bedienungsaufwand 117
Behinderungsausgleich 9
 Beleuchtung 88
 Beschallungsanlage 16
 Beteiligung von
 Höreräteträgern 224
 Bluetooth 96, 117, 133, 135,
 162, 184
 Bluetooth-ASHA 169
 Bluetooth-Classic 162, 164
 Bluetooth-Classic(BTC) 167
 Bluetooth-Hörgeräte 174
 Bluetooth-LE 162, 168
 Bluetooth-LE/Low Energy
 164
 Bluetooth-LEA=Mfi=made für
 iPhone 168
 Bluetooth-LEA=Mfi=made für
 Iphone 164
 Bluetooth-LE-Audio 170
 Bluetooth-Pairing 165
 Bluetooth-Profile 164
 Bluetooth-Reichweite 166
 Bluetooth-Transmitter 115,
 185
 Bodenputzmaschine 214
 Bodenverlegung 215
 Broadcast 144
 Brummschleifen 212
 Brummtön 205, 209
 Bluetooth 154
 Bündelungsgrad 74
 Bundesbahn 212
 BYOD 135, 154
 CI, Cochlea-Implantat 40
 Clipping 189, 216
 Cochlea 35
 Cocktailparty-Effekt 44, 47
 Cocktailparty-Effekt 75
 CODEC 124
 Dachboden 219
 Dachständerleitungen 206
 DAI 97
 Datenschutz 138, 168
 DBC-Kabel 218
 Decke, hohe 219
 Decken, abgehängte 158
 Deckenmontage 219, 220

-
- DECT 116, 131, 134
 - DGS 19
 - Diffusschall 74
 - Digitalisierung 123, 127
 - Digital-Sinage 226
 - Dimmer 208, 212
 - DIN 18040-1 92
 - DIN EN 50849 225
 - DIN EN 60118-4: 2014 156, 157
 - DIN VDE 0833-4 225
 - DIN18040-1 5.2.2 6
 - DIN-Buchse 191
 - Direct Audio Input 97
 - Direktschall 49, 74
 - Diskriminationsverlust 56
 - Drahtlostechnik 96, 109, 183
 - Drahtspule 155
 - Dynamikkompression 189
 - Echo 37, 50, 58, 82, 84, 91, 195
 - E-Gitarre 210
 - eigene Sprachkontrolle** 64
 - Einfallswinkel 219
 - Einmessung 156
 - Elektrischer Hausanschluss 206
 - Elektroakustik-Firma 157
 - elektromagnetische Wellen 204
 - Empore 214
 - EN 60118-4 152
 - Enfernungshören** 45
 - ENS 225
 - Equalizer 189, 191, 192
 - Equalizer, intern eingebaut 189
 - Erdschluss 214, 218
 - Erdungspunkt 212
 - Ertaubte 19
 - Exklusion 136
 - Fake-Höranlagen 117
 - Feedback-Destroyer 43, 102
 - Fehlerkontroll-Leuchte 216
 - Feld, elektromagnetisches 152, 155, 205
 - Feldstärke 219
 - Feldstärke, genormt 189
 - Fernsteuerung 111
 - Feuchtigkeit 218
 - FM 97, 116
 - FM-Funkanlage 131
 - Frequenzanalyse 33
 - Frequenzen, hohe 43, 221
 - Frequenzgang 129, 189
 - Frequenzgang, linear 189
 - Frequenzmodulation 131
 - Friedhof 132
 - Frühe Reflexionen 50
 - Funk-/IR-Empfänger 114
 - Funkanlage 131
 - Funkfrequenz 131
 - Funkkanal 131
 - Funkkanal, zulassungsfreie 131
 - Funkmikrofon 110, 131, 178, 197, 224
 - Funkmikrofone Störungen 204
 - Funkstrecke 204
 - Funkwellen 204
 - Gebärdensprache 18, 19
 - Gefahrenmeldeanlagen 225
 - Gehörlose 19
 - Gemeindeausflug 132
 - Geräuschknäuel 82
 - Gesetz der ersten Wellenfront 44, 50
 - Gitarren, elektrische 211
 - Gleichklang 83
 - Grundrauschen 189, 220
 - Grundversorgungstechnik 155
 - Haas-Effekt 44, 50
 - Hacker 138
 - HAC-Norm 113
 - Hall 37, 50, 82, 84, 91, 195
 - Hall, technisch verursacht 53, 225
 - Hallradius 73, 74
 - Halsringschleife 113
 - Handfunkmikrofon 224
 - Handmikrofon 132
 - Handy 204
 - Hausübergabepunkt 206
 - Head-Tracking 99
 - Hearstream 172
 - Heizung, elektrische 209
 - Herzschrittmacher 203
 - Hilfsmittel 10
 - Hochzeiten 224
 - Höranlage 89, 195
 - Höranlage, Definition 16
 - Höranlage, Demonstration 17
 - Höranlagentypen 117
 - Hörbahn 36

- Hörgerät 39, 89, 204
Hörgerät, Mikrofon 91, 93
Hörgeräteeinstellung,
individuelle 189
Hörgerätausprecher 155
Hörgeräte-Programmierung
112
Hörgeräte-Technik 93
Hörgerätezubehör 108
Hörhaarzellen 35
Hörnerv 35
Hörschwelle 36
Hörstörung, individuelle 40
Hörstress 69
Hörzellen 35
Hörzentrum 49, 55, 82
Hüllkurve 54
Humbucker 210
Hut 151
im Boden-Verlegung 214
Impulsschall 99
Induktion 155
Induktionsanlage 152, 202
Induktionsempfänger 114,
152, 187
Induktionskopfhörer 114
Induktionsschleife 116, 155,
187, 203, 205, 206, 223
Induktionstechnik, Alter 153
Induktionsverstärker 156
Induktivität 221
Infrarot-Anlage 116, 151
Innenräume, lichtdurchflutet
151
Installationsaufwand 151
Installations-Aufwand 117
iOS 136
IoT 168
Kabel, zu dickes 217
Kabelquerschnitt 216
Kanzel 56
Kanzelmikrofon 224
Kassetten-Rekorder 191
Kino 199
Kipp-Punkt 66
Kirche, sehr große 219
Klangregelstufe 189
Klangregler 39
Klangverschiebung 101
Kognitionen 24
Kommunikation 23
Kompatibilität 117, 132, 151,
152
Kompression, Frequenz 100
Kompression, Lautstärke 99
Konfirmanden 137
Kontrollschacht 215
Konverter 179
Konzert 199
Kopfbewegung, unwillkürliche
48
Kopfhörer 113
Kopfhörer, Hörgeräte-tauglich
213
Körperschall 45, 48, 196
Kunststoff-Leerrohre 215
Kupferflachkabel 218
Kupfer-Flachleitungen 215
Ladegerät 105
Ladeschale 107
Latenz 57, 127
Latenztest 67
Latenzzeit 132, 136
Latenzzeit, Bluetooth 166
Laufzeitunterschied 44
Lautsprecheranlage 202
Lautstärkeunterschied 44
Lauttransformation 33
LBG 19
Leckströme 206
LED 208
Leuchtstoffröhren 208
Lichtblitzanlagen 226
Lichtsignalisierung 226
Linearrays 128
Linienstrahler 129
lippensynchron 98
Lippensynchronität 58
Lückentext 84
Luftschall 45
Luftschallweg 91
Maskierungseffekt 36, 87, 189
McGurk“-Effekt 60
McGurk-Effekt 88
Mehrkanalfähigkeit 117
Mehrsprachigkeit 132
Messbereich 203
Meßgeräte 157
Metallverlust 158, 222
Mikrofon, abschaltbar 196
Mikrofonanlage 188
Mikrofonausschalter 196

- Mikrofone, Kugelcharakteristik 195
 Mikrofonschulungen 224
 Mikrofonsteuerung 224
 Mikroprozessor 204
 Mischpult 192
 Mischverstärker 191
 Mitarbeiter*innen-Schulung 197
 MLC 159
 mobile Ringschleifen 161
 Mobilität 117, 152
 Modifikationen 163
 Modulationsart 132
 Mono-Kompatibilität 199
 MPO 99
 Multicast 144
 multiple Behinderungen 10
Mundabsehen 59, 88, 98
 Mundbild 60
Mundbsehen 58
 Musikübertragung 153
 Nachhallzeit 50
 Nahbesprechungs-Mikrofon 224
Nebengeräusch 55, 82, 91
 Nebengeräuscherkennung 98
 Netzteil, elektronisches 209
 Neutralleiter 206
 NFMI 97
 NF-Trafo 157, 190
 Notfallsituation 10
 Nutzerdaten 168
 Nutzschall 82, 86, 220
 Oberleitung 212
 Obsoleszenz, geplante 106
 offene Versorgung 103
 Ohr, Funktionsweise 34
 Ohrhöhe 219
 Orgel-Mikrofon 225
 paraverbal 23
 Perimeterschleife 214
 Personenführungsanlagen 131
 Pflegeheim 104
 Phasenschieber 153
 Phasenverschiebung 44, 56
 Phonem-Detektion 82
 Phonem-Distinktion 83
 Phonem-Supplementation 83
 Ping-Attacke 138
 Popp-Schutz 196
Präzedenzeffekt 50
 Präzedenz-Effekt 44
 preisgünstig 153
 Produkte barrierefrei 2
 Putzwasser 215
 Pythagoras 219
 Quadrat der Entfernung 43, 219
Rauchgasmelder 226
 Rauchmelder 226
Raumakustik 9, 21, 91, 189
 Räume, angrenzende 202
 Raumklang, virtuell 101
 räumliches Hören 36, 43, 44, 55
 Raummikrofon 199
 Rauschsperrung 198
 Reflexionen 43
 Resonanzfrequenz 42
 RIC 103
 Richtlautsprecher 75
 Richtmikrofon 40, 43, 56, 98, 195, 224
 Richtmikrofon, Reichweite 56
 Richtungshören 43, 196
 Ringschluss 212
 Rückkopplung 42, 43, 101, 102, 196, 203, 210, 220, 222, 223
 Rundempfangsmikrofon 40
 SAA 225
 Sakristei 222
 Satzverständlichkeit 54
 Schallbrei 75
 schallempfindungsschwerhörig 37
 schallleitungsschwerhörig 37
 Schallquelle orten 49
 Schleife, alt 214
 Schleifenhöhe 214
 Schleifenkabel, Querschnitt 215
 Schleifenlayout 158, 213
 Schleifentest 224
 Schleifenverlauf 215
 Schleifenverstärker 156
 Schleifenwindungen, doppelte 221
 Schmerzschwelle 36
 Schriftdolmetschen 19, 90
 Schutzerde 206
 Schwanenhals 196, 197, 224
 Schwerhörige 19

- Schwerhörigkeit 37
Seelsorge, persönliche 202
Seelsorge, vorbeugende 17
Sekundärschall 74
Sicherungskasten 206
Sichtkontakt 151
Signalabschattung 151
Signal-Rausch-Abstand 220
Silbenverständlichkeit 54
Single-Coil 210
Smartphone 11, 204
Sondergottesdienst 224
Sonderlösungen 117
Sonderverlegungsform 214
Spannungsteiler 192
Spannungsverstärker 156
Speech Transmission Index 53
Sprachalarmanlagen 225
Sprach-Banane 38
Sprache 32
Sprachverständlichkeit 53
Sprecher*in, Größe 197
Sprecher-zu-Auditoriums 40
Squelch 198
Stahlbeton 153, 158
Stahlrohrstühle 158
statistische Akustik 74
Steckernetzteile 209
Stereo 69
STI 53
Stolperfalle 213, 214, 215
Störfeld 212
Störfelder 200
Störgeräusch 23
Störgeräusche 84, 195
Störgeräusche, externe 74
Störgeräuschunterdrückungsverfahren 78
Störschall 55, 82, 86, 91
Störschall, externer 75
Störsignalabstand 201
Straßenbahn 212
Streamer 116, 135
Streaming 125
Streckmetall 158
Stress 58
Stresslevel-Messung 68
Stromdraht 155
Stromleitung 205
Stromverstärker 152, 156, 215
Taufen 224
Telefonclip 111
Telefone 113
Telefonieren 174
Trommelfell 40, 45
T-Spule 40, 95, 113, 152, 155, 212, 219
T-Spulenempfänger 209
Türrahmen 214
TV-Adapter 110, 176
TV-Streamer 6, 178
TV-Übertrager 115
Übertragungstechnik 16
Übertragungsweg 127
Umweltfreundlichkeit 106
Unbehaglichkeitsschwelle 36
ungeregelter Ausgang 188
Unterhalts-Aufwand 117
Ursachen Schwerhörigkeit 38
VDE0828-1 225
verbal 23
Verdrillung 222
Verhältnis Nutz- zu Störschall 86
Verschleiß, ökonomischer 133, 139, 151, 153
Vertraulichkeit 117, 202
Verzerrungen 220
visuell 23
Vorschaltgeräte, entstört 208
Wände, schallschluckende 43
Wartungsaufwand 132
Wartungs-Aufwand 117
Wechselschaltungen 205
Wechselstrom 155
Wechselstromwiderstand 221
Weihnachtsbaum 151
weltweit 153
Widerstand, ohmscher 215
Windschutz 136
Windschutz 196
Winkel 219
WLAN 133, 135
WLAN-Streamer 186
Wort, gesprochenes 82
Wortverständlichkeit 54
Zählerkasten 206
Zeilenlautsprecher 128
Zubehörgeräte 179
Zuleitung, verdrillte 223
Zuleitungen 223
Zweisinneprinzip 59, 226

Weiterführende Links

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

www.Carsten-Ruhe.de	Raumakustik
www.Sengpielaudio.com	Grundlagen der Akustik
www.schwerhoerigen-netz.de	Deutscher Schwerhörigenbund e.V.
https://dcig.de/	Deutsche Cochlea Implantat Gesellschaft e.V.
www.taubenschlag.de	Seite für Hörgeschädigte
www.doofe-ohren.de	
hoerbehindertenselbsthilfe.de	Dachverband der Selbsthilfegruppen

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

Weitere Broschüren und Infoblätter von uns

Auracast™, Problemfelder und Eignungsbereiche, eine kritische Analyse	ausführlichere Darstellung der Probleme und Vorzüge dieser neuen Technik
Welche Höranlage ist barrierefrei	kurze Übersicht über Thema Inklusion und Barrierefreiheit der verschiedenen Höranlagen-Typen
Wie Kommen Hörgeräte und Höranlagen zusammen	Hilfestellung, wie Hörgeräte der unterschiedlichen Ausstattungen an die unterschiedlichen Höranlagen-Techniken angeschlossen werden können. Eine Auflistung der dabei ggf. notwendigen Zusatzgeräte der einzelnen Hörgeräte-Hersteller dient auch als Hilfestellung für Ihre:n Hörakustiker:in.

Notizen

Notizen

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 dicke 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 die Höranlage hinweisen und anmerken, dass eine vorhandene T-Spule kostenlos im Hörstudio 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.

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
Sperlingweg 6
72760 Reutlingen
eMail: Rosemarie.Muth@elkw.de
Tel. 07121-330150 Fax 07121-372701
www.schwerhoerigenseelsorge-wuerttemberg.de

