
Inklusion: Welche Höranlage?

Leicht verständliche
Grundlagen,
Erklärungen
und praktische Tipps
für Kirchengemeinden

Rosemarie und Norbert Muth

evangelische
Schwerhörigenseelsorge
Württemberg

Stand: 25. Januar 2020

Barrierefreiheit

Barrierefrei sind

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

wenn sie für Menschen mit Behinderungen

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

- ✓ auffindbar,
- ✓ zugänglich und
- ✓ nutzbar

sind. Hierbei ist die Nutzung behinderungsbedingt notwendiger Hilfsmittel zulässig.

§ 4, Behindertengleichstellungsgesetz

DIN-Fachbericht 124 (2002) Gestaltung barrierefreier Produkte:

Demnach kann ein Produkt als barrierefrei bezeichnet werden, wenn es

- von möglichst allen Menschen
 - in jedem Alter
 - mit unterschiedlichen Fähigkeiten
- weitgehend gleichberechtigt und
→ ohne Assistenz

bestimmungsgemäß benutzt werden kann.

Inhaltsverzeichnis

Barrierefreiheit.....	2
Inhaltsverzeichnis	3
Vorwort.....	5
1 Höranlagen sind vorbeugende Seelsorge	6
2 keine Option: Gebärdensprache	7
3 Schriftdolmetschen.....	8
4 Was ist eine Höranlage.....	9
5 Grundlagen	13
5.1 Von Dezibel (dB), Hertz (Hz) und Pascal(Pa)	13
5.2 Was geschieht, wenn wir sprechen?.....	14
5.3 Wie funktioniert das Ohr?.....	15
5.4 Das „technische Datenblatt“ des Gehörs	17
5.5 Was passiert bei Schwerhörigkeit?.....	18
5.6 Wie funktioniert ein Hörgerät?.....	19
5.7 Was ist ein CI (Cochlea Implantat)?.....	21
5.8 Künstlicher Hall und Rückkopplungspfeifen	21
5.9 Warum verstehen Guthörende selbst in lauter Umgebung? (räumliches Hörvermögen), Cocktailparty-Effekt	22
5.10 Problematik: Hall, Echo, STI, ALcons, Nebengeräusche, Lippensynchronität.....	25
5.11 Hallradius: die physikalische Grenze eines Richtmikrofons.....	29
5.12 Die Folgen der Schwerhörigkeit für das Verstehen	34
5.13 Das Lautstärkeverhältnis von Nutz- zu Störschall	36
5.14 äußere und innere Störfaktoren beim Verstehen	37
5.15 Hilfsmöglichkeiten bei Schwerhörigkeit.....	38
6 Warum ist eine Höranlage notwendig für Schwerhörige?	39
7 Zur Technik von Hörgeräten	40
8 Wie funktioniert eine Höranlage?	46
8.1 Die verschiedenen Höragentypen.....	46
8.1.1 Analog und Digital.....	47
8.1.2 Wozu Digitalisierung der Sprachübertragung	48
8.2 Die Funk-Anlage (FM-Anlage).....	50
8.3 Die 2,4GHz-Technik (Digital).....	52
8.4 Die DECT-Technik (Digital).....	55
8.5 Der Streamer über WLAN	56
8.6 Die Infrarot-Anlage (IR)	58
8.7 Die nicht existente Bluetooth-Höranlage	59
8.8 Der Audio-Guide.....	59
8.9 Die Induktionsanlage.....	60
8.9.1 Die Induktionstechnik ist nicht veraltet!	61
8.9.1.1 Was ist eine Induktionsschleife?.....	63
8.9.1.2 Der Induktions- bzw. Schleifen-Verstärker	63
8.9.1.3 Grundprinzip der Schleifenverlegung	65
8.9.1.4 Metallverluste.....	65
8.10 (Fast) alles rund um Bluetooth	66
8.11 Die Empfängerseite einer Höranlage: der Weg ins Hörgerät ..	71
8.12 Fazit: Barrierefreiheit, Praktikabilität, Kosten etc.....	73
8.13 Höranlagen-Typ und Hörgerät passen nicht?	74
8.14 Für Schwerhörige ohne Hörgerät	78
8.15 Die Kombinationsmöglichkeiten Sender und Empfänger: vom Mikrofon zum Ohr	80

9	Nicht nur für Techniker: Wo und wie wird eine Höranlage angeschlossen?	81
9.1	Anschluss an einen Kompletterverstärker	85
9.2	Anschluss an eine Komponentenanlage	85
9.3	Anschluss an ein Mischpult	86
9.4	Eine korrekt installierte Induktionsanlage	87
10	Ein paar Anmerkungen zu Mikrofonen	88
10.1	Zur Mikrofon-Richtcharakteristik	88
10.2	Mikrofonbauart und Ausstattung	89
10.3	Das kontraproduktive Raummikrofon	91
11	T-Spule und elektromagnetische Störfelder	92
12	Induktionsschleifen und andere Gerätschaften und Situationen	93
12.1	Angrenzende Räume	93
12.2	Vertraulichkeit	94
12.3	Mikrofon/Lautsprecher-Anlage	94
12.4	Video/Beamer	95
12.5	Keine medizinische Beeinträchtigungen	95
12.6	Handy/Smartphone	96
12.7	Stromleitungen	97
12.8	Elektrischer Hausanschluss, Zähler- und Sicherungskasten, Dachständerleitung	97
12.9	Leuchtstoffröhren und Dimmer	98
12.10	Elektronische Schaltnetzteile	99
12.11	Elektrische Heizung	100
12.12	Elektrische Gitarren u.ä.	100
12.13	Brummschleifen in der Verstärkeranlage	100
12.14	Bundesbahn und Straßenbahn	101
13	Tipps: Verlegung der Induktionsschleife	102
13.1	Wo verlege ich die Schleife? Muss für die Induktions-Anlage der Boden aufgestemmt werden?	102
13.1.1	Kann die alte Schleife wiederverwendet werden?	102
13.1.2	Normalfall: Installation knapp oberhalb des Bodens	102
13.1.3	Sonderfall: im Boden	103
13.1.4	Wie dick muss das Schleifenkabel sein?	104
13.1.5	Welche Kabeltype für die Schleife	106
13.1.6	Schleifenkabel mit Erdschlüssen: Zwitschern	106
13.1.7	Sehr große Kirchen: 8-er Schleife	107
13.1.8	Warnung: keine Verlegung in Ohrhöhe	107
13.1.9	Warnung: keine Verlegung auf hoher Decke	107
13.1.10	Warnung: keine Deckenverlegung bei aufsteigenden Sitzreihen	108
13.1.11	doppelte Schleifenwindungen	109
13.2	Metallverlust	109
13.3	Die Anschlussdose	109
13.4	Die Schleifen-Zuleitungen	111
13.5	Den Schleifenverstärker anschließen	111
13.6	Der Schleifentest	111
14	Mikrofonsteuerung im Gottesdienst	112
15	Nützliches Zubehör	113
	Checkliste	114
	Stichwortverzeichnis	115
	Was können Sie von uns erwarten?	122

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.

Dies ist natürlich Werbung, und Werbung übertreibt!

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 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 heim kommen, noch so zwischen 20% und 40% voll, und hat noch Kapazität für Familie, Arbeiten, die daheim anfallen, 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.

2 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.
- **Gehörlose** Menschen sind taub geboren oder im Laufe des frühen Kindesalters ertaubt. Sie haben die Lautsprache meist nur rudimentär erlernt und kommunizieren in aller Regel mit Gebärden.

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

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

3 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 oder bei frei gehaltenen Predigten/Vorträgen oder auch beim Konfirmandenelternabend.

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

Verstehen besteht immer aus mindestens drei Komponenten:

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

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

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

Eine „kleine Lösung“:

Hilfreich ist es schon, wenn mithilfe einer Powerpoint-Präsentation der Ablauf des Gottesdienstes und die Kapitel-Überschriften der Predigt projiziert werden. Das hilft ungemein, so dass sich Schwerhörige orientieren können, denn dann ist wenigstens der Punkt 2 (Zusammenhang) erfüllt. Aber auch Gäste aus anderen Gemeinden/Landeskirchen können sich orientieren, denn sie werden den örtlichen Gottesdienstablauf eventuell nicht kennen und auch nicht die typische Struktur der Predigt der/des Pfarrers/Pfarrerin.

4 Was ist eine Höranlage

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

Höranlagen gibt es in unterschiedlichen Ausführungen:

- Induktions-Schleife
- FM-Funkanlage (analog)
- DECT-Funkanlage (1.880 bis 1.900 MHz digital, gepulste Strahlung)
- 2,4GHz-Funkanlage (digital, gepulste Strahlung) (Frequenzbereich von WLAN/Bluetooth etc.)
- Infrarot-Sendeanlage(IR)
- Streamer (WLAN, digital)
- Direkter Kabelanschluss (z.B. in Hörgeräte für Jugendliche)
- Sonderlösungen einzelner Hörgerätefirmen

Sie unterscheiden sich in:

- Barriere-Freiheit bei der Benutzung
- Nutzbarkeit: Bedienungs-Aufwand für Benutzer*innen
- Kompatibilität zwischen Hersteller und Modellserien
- Mobilität (lassen sie sich mitnehmen oder nicht)
- Mehrkanalfähigkeit (Stereo oder mehrere Sprachen)
- Vertraulichkeit (können andere mithören?)
- Unterhalts-Aufwand (Arbeiten vor und nach Benutzung)
- Wartungs-Aufwand (regelmäßige Arbeiten zum Funktionserhalt)
- Installations-Aufwand und Kosten

Hier schon einmal einen tabellarischen Überblick, weiter unten gibt es noch detailliertere Informationen.

Im Folgenden soll erläutert werden, warum eine Höranlage so wichtig und notwendig ist. Außerdem soll die Technik erklärt und 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>

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	nein spezieller Empfänger muss ausgeliehen werden	nein BYOD: zusätzlich zum Hörgerät eigenes Smartphone / Tablet notwendig
Nutzbarkeit / Usability Wie einfach ist System von Besuchern zu bedienen?	so einfach zu benutzen wie eigenes Hörgerät, wie auf T-Spule umgeschaltet wird, erklärt und schult der Hörkustiker kostenlos	mittelmäßig jedes Modell wird anders bedient, neue Geräte schwer bedienbar von motorisch eingeschränkte Personen	mittelmäßig jedes Modell wird anders bedient, schwer bedienbar von motorisch eingeschränkte Personen Zeitverzögerung (Latenzzeit)	mittelmäßig jedes Modell wird anders bedient funktioniert nur bei freier Sicht zum Sendespiegel	Nutzer*in muss die Systematik erklärt werden, nur für Apple und Android, Software-Installation auf Nutzer-Gerät notwendig, starke Zeitverzögerung (Latenzzeit) nicht lippensynchron
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 Stationärer Sender nicht für jede Anlage angeboten	nein räumlich gebunden	nein räumlich gebunden
Anzahl Nutzer und Erweiterbarkeit	Beliebig	Nur so viel wie Empfänger vorhanden (Standard 10) erweiterbar	Nur soviel wie Empfänger vorhanden, Standard: 10 Erweiterbarkeit unbekannt	Nur soviel wie Empfänger vorhanden erweiterbar	Max. 100 nicht erweiterbar bzw. nur durch weiteres Komplettsystem.
Vertraulichkeit Ist ausgeschlossen, dass Unbeteiligte mithören?	praktisch nein	praktisch nein	Nur soweit Hacker es zulassen. Sonderanfertigung evtl. möglich, dann aber hohe Latenzzeit	praktisch nein (Raum müsste lichtdicht sein)	möglich bei sicherer WLAN-Verschlüsselung und Nutzer kein Bluetooth nutzen
Mehrkanalfähigkeit	nein	ja (3-13 Kanäle)	ja (Gruppen-fähig)	ja (Stereo)	ja (4 Kanäle)

Für den Betreiber der Höranlage	Induktion	FM-Funk (analog)	2,4GHz-Funk und DECT (digital)	IR (Infrarot)	Streamer (WLAN)
Unterhalts-Aufwand Arbeiten vor und nach Gebrauch	keine	hoch: ständige Empfänger-Pflege (Akku-Laden, Ohrpads von Kopfhörern reinigen) evtl. kostenpflichtige Funkfrequenz	hoch: ständige Empfänger-Pflege (Akku-Laden, Ohrpads von Kopfhörern reinigen)	hoch: ständige Empfänger-Pflege (Akku-Laden, Ohrpads von Kopfhörern reinigen)	keine
Wartungs-Aufwand Arbeiten von Zeit zu Zeit, um Funktion zu erhalten	gering Gelegentlich auf Funktion testen: Hörgerät in T-Stellung oder Induktionsempfänger (einmalige Anschaffung ca. 100-200€)	mäßig Gelegentlich auf Funktion testen. Empfänger-Test (ab ca. 5 Jahre wird Akku schlapp)	mäßig Gelegentlich auf Funktion testen. Empfänger-Test (ab ca. 5 Jahre wird Akku schlapp)	mäßig Gelegentlich auf Funktion testen. Empfänger-Test (ab ca. 5 Jahre wird Akku schlapp)	mäßig: regelmäßige Software-Updates
Installations-aufwand	mäßig: Raum wird mit einer Ringschleife (dünner Draht) umlegt, (geringer als bei Lautsprechern)	meistens gering, manchmal mehrere Sendeleuchten 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. 9000€ zuzügl. Installation

5 Grundlagen

5.1 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.

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

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

Die Luftdruckänderung muss auch noch eine bestimmte Stärke überschreiten: das ist die Hörschwelle ($2\mu\text{Pa} = 0,000002\text{Pa}$ (1 Pascal [Pa] ist der Druck, den 1 Liter Wasser auf eine Fläche von 1qm 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 Verdoppelung der Lautstärke empfunden ($3 \times \text{Druck} = 2 \text{ Lautstärke}$), $10\text{fach Druck} = 20\text{dB SPL} = 4\text{mal so laut}$. Dafür kennen die Mathematiker das Dezibel [dB]. Das ist ein logarithmisches Verhältnismaß, das eine Multiplikation auf eine Addition vereinfacht.

Es gibt drei Skalen:

Verdopplung Schallenergie: 3 dB (wird in der Akustik kaum benötigt)

Verdopplung Schalldruck: 6 dB (gilt auch für Spannung oder Strom)

Verdopplung Lautstärke: 10 dB (psychoakustisches Maß)

vgl.: <http://www.sengpielaudio.com/Rechner-pegelaenderung.htm>

5.2 Was geschieht, wenn wir sprechen?

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

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

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

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

Zum Beispiel könnte ein bestimmter Laut so zusammengesetzt sein:

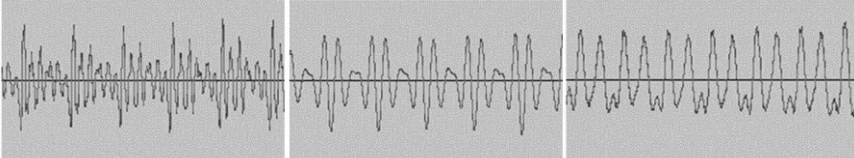
- Grundton in der Lautstärke 1
- Doppelte Frequenz vom Grundton in der Lautstärke zwischen 0,7 und 0,9
- Dreifache Grundtonfrequenz in der Lautstärke zwischen 0,4 und 0,6
- usw.

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

Viele Laute unterscheiden sich von der Frequenzanalyse kaum voneinander. So wird z.B. durch das einfache Wegschneiden von bestimmten höheren Tönen ein A zu einem O, ein I zu einem Ü. Wir kennen dies, wenn wir beim Telefonieren eine schlechte Leitung 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.

grafische Darstellung der Schallwellen (Oszillogramme)



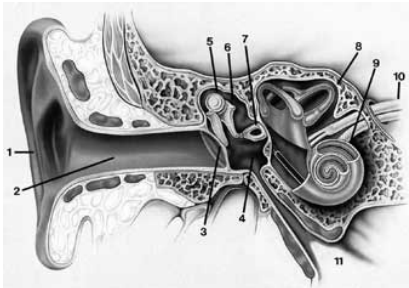
gesprochenes A

technisch bearbeitetes A
(wird als O gehört)

gesprochenes O

Töne unter 300Hz und
über 600Hz abgesenkt

5.3 Wie funktioniert das Ohr?



- 1 Ohrmuschel
- 2 Äußerer Gehörgang
- 3 Trommelfell
- 4 Mittelohr (Paukenhöhle)
- 5/6 Gehörknöchelchen
- 7 Oiales Fenster
- 8 Gleichgewichtsorgan
- 9 Hörschnecke (Cochlea)
- 10 Hörnerv

Quelle: www.hu-berlin.de

Die Schallübertragung durch die Luft

Der Schall, der tagtäglich an unser Ohr dringt, wird zunächst über die Luft ins Ohr und durch den Gehörgang ans Trommelfell geleitet. So beginnt das Trommelfell zu schwingen. Diese Schwingung überträgt sich auf die Gehörknöchelchenkette des Mittelohres und wird durch diese erheblich verstärkt. Es ist ein „akustisches Getriebe“: Ein großes Trommelfell nimmt die geringen Luftdruckschwankungen des Schalles auf, die Gehörknöchelchen übersetzen sie über Hebelbewegungen in große Schwankungen am kleinen ovalen Fenster um. Beispiele für Schädigungen:

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

Durch Flüssigkeitswellen

Die Gehörknöchelchen enden am Ovalen Fenster, dem Beginn des Innenohres, der Cochlea. Diese ist mit Flüssigkeit gefüllt und gerät nun in Schwingung, es entsteht eine Welle. Diese Welle lässt die Basilarmembran schwingen, die dafür zuständig ist, die einzelnen Frequenzen auseinander zu trennen. 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 im Innenohr sind zuständig für die Tonhöhenweitergabe, ähnlich wie eine Klavier-Tastatur. Es gibt Stützhare, die allzu laute Töne etwas abfangen und 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 Lautstärke entsprechende elektrische Impulse über Hörnerv und Nervenbahnen in das Gehirn. Dort werden diese Impulse ausgewertet. Wir „hören“ tatsächlich erst jetzt. Beispiele für Schädigungen:

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

5.4 Das „technische Datenblatt“ des Gehörs

Was kann das Gehör eines Guthörenden?

- Das Ohr ist ein Schalldruck-Wandler, genauso wie ein Mikrofon. Es wandelt unterschiedlichen Schalldruck in Nervensignale um.
- In jungen Jahren hat das Ohr ein **Frequenzspektrum** von etwa 16-20.000 Hz, mit zunehmendem Alter nimmt die obere Grenzfrequenz ab, mit 60 Jahren wird selten mehr als 12.000Hz erreicht.
- Eine Verzehnfachung des Schalldruckes wird 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 fachen oder 10 mal Ein-Billionstel eines Autoreifendruckes.
- 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 linken 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 ab 100ms Zeitunterschied wird als **Echo** empfunden, darunter wird als **Hall** empfunden. Dies hängt sehr von der Charakteristik des Schalles ab. (Testtöne, Sprache, Musikart, Musiktempo etc.)

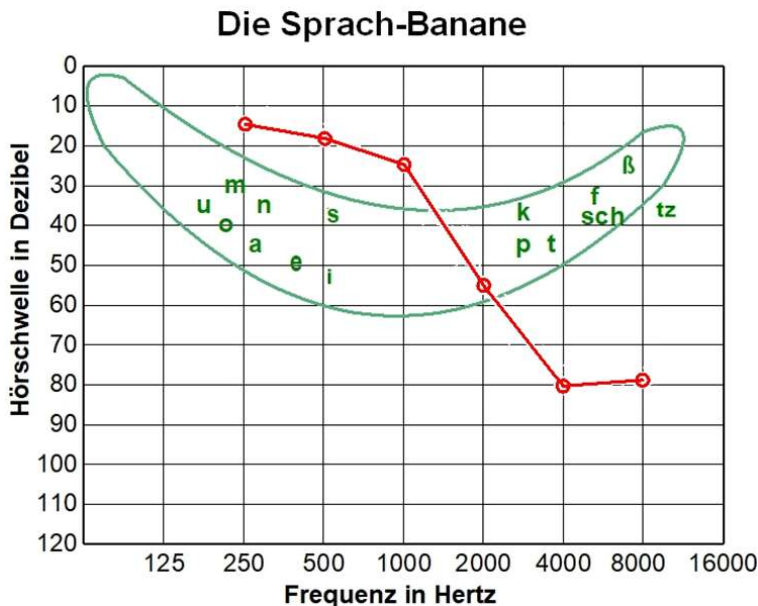
5.5 Was passiert bei Schwerhörigkeit?

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

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

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

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



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

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

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

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

Eine systematischere Darstellung der Problematik findet sich in Kapitel 5.12 - 5.14. Schwerhörigkeit geht einher mit der Einschränkung oder dem Verlust des räumlichen Hörvermögens. Wie das räumliche Hören funktioniert, findet sich in Kapitel 5.9.

5.6 Wie funktioniert ein Hörgerät?

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

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

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

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

Schließlich wird das verstärkte Signal von einem kleinen Lautsprecher wieder in Schall umgesetzt. Damit es keine Rückkopplung (Kap.5.8) gibt, wird der Gehörgang durch ein Ohrpassestück schalldicht verschlossen und der Schall über einen Schlauch direkt in den Gehörgang bzw. direkt vor das Trommelfell geleitet. Eine offene Versorgung ist nur bei leicht- bis mittelgradiger Schwerhörigkeit möglich. Dabei wird z.B. ein externer Micro-Lautsprecher vor oder in den Gehörgang geklemmt.

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

Die in der Werbung im Wesentlichen herausgestellte Technik ist optimiert für Hörsituationen in einer privaten oder beruflichen Situation: Straßenverkehr, Zweier- oder Kleingruppengespräch im engen Kreis, auch in geräuschvoller Umgebung. Dazu 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 sog. T-Spule (Telefonspule/Induktionsspule). Hörakustiker*innen aktivieren sie kostenlos in wenigen Minuten.

5.7 Was ist ein CI (Cochlea Implantat)?

Bei an Taubheit grenzender Schwerhörigkeit oder Ertaubung kann sich der/die Schwerhörige für ein CI entscheiden. Dabei wird ein Bündel von bis zu 24 Elektroden in die Hörschnecke eingeschoben und mit einem unter der Haut liegendem Empfangsteil verbunden. Der Sprachprozessor wird ähnlich wie ein Hörgerät getragen und überträgt seine Signale drahtlos an das Empfangsteil. Die Elektroden stimulieren dann die Hörzellen direkt. Ein CI ist Hochton-betont.

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

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

5.8 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. Dies schaukelt sich immer mehr auf. Es gewinnt eine Frequenz die Oberhand (Resonanzfrequenz), die dann mit voller Verstärkerleistung wiedergegeben wird. Ist der zurück ins Mikrofon kommende Schall oder die Verstärkung nicht so stark, dann entsteht ein künstlicher, technisch verursachter Hall, der die Sprachverständlichkeit reduziert.

Angenommen, der Lautsprecher-Verstärker verstärkt zwischen Mikrofon und Lautsprecher 100-fach: ins Mikrofon wird mit der Lautstärke 1 hineingesprochen und aus dem Lautsprecher kommt die Stärke 100 heraus. Dabei kommt ein wenig später immer etwas Schall vom Lautsprecher über Reflexionen wieder zurück in das Mikrofon. Wenn dieser „Rückfluss“ leiser als die Lautstärke 1 ist (sagen wir 0,5), dann wird das auch wieder 100fach verstärkt, das ergibt dann an den Lautsprechern die Stärke 50, davon geht wieder etwas zurück ins Mikrofon, nämlich 0,25 usw. Es wird also immer weniger. Wir hören einen künstlichen Hall, der die Verständlichkeit des gesprochenen Wortes für alle reduziert.

Kommen aber von den 100 Lautsprecherstärke mehr als die Lautstärke 1 (sagen wir 2) zurück ins Mikrofon, dann wird dieses Mehr ja auch 100fach verstärkt. Aus 2 wird 200, davon gehen 4 zurück ins Mikrofon, verstärkt sind es 400, es gehen 16 zurück usw. Wir haben es quasi mit

einer „Kettenreaktion“ oder einem „Zins- und Zinseszins-Effekt“ zu tun, das System schwingt sich auf, eine Frequenz gewinnt die Oberhand, man nennt sie Resonanzfrequenz, und es pfeift dann, was der Verstärker hergibt. 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 nur die Schallreflexionen aus einer Richtung auf.
- 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, die erkennt, dass sich da eine Frequenz aufschaukelt und diese dann elektronisch sperrt. („Feedback-Destroyer“) Anders gesagt: Quickschnell immer Schwerhörigkeit für die Frequenz-Bereiche herstellen, die gerade pfeifen würden.

Diese Rückkopplung geht nicht nur über die Lautsprecher. Sie kann auch auf elektronischen Weg erfolgen, indem das elektrische Signal vom Ausgang des Verstärkers auf irgendeinem Weg wieder in den Eingang des Verstärkers gelangt. (Wie, das sehen wir weiter unten.)

Übrigens: Setzt ein*e Hörgeräteträger*in normale Kopfhörer über die Hörgeräte, dann kommt es meist zu einem Rückkopplungspfeifen. 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.

5.9 Warum verstehen Guthörende selbst in lauter Umgebung? (räumliches Hörvermögen), Cocktailparty-Effekt

Schon als Baby lernen wir zu erkennen, aus welcher Richtung Geräusche kommen. Dieses Richtungshören benutzt unser Gehirn um Stör- und Nutzgeräusche zu unterscheiden: was wir hören wollen wird ver-

stärkt, die Störgeräusche leiser ans Bewusstsein weitergegeben. Das Richtungshören läuft vor allem über die hohen Frequenzen. Diese sind aber bei Schwerhörigen in aller Regel gestört.

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

Komponenten des räumlichen Hörens:

- **Lautstärkeunterschied** zwischen rechtem und linkem Ohr: Ab etwa 1500Hz schattet der Kopf den Schall etwas ab. Dadurch ist der Ton auf der einen Seite etwas lauter, auf der anderen etwas leiser. Anm.: die meisten Musikaufnahmen beschränken sich auf diese Komponente, deswegen hören wir dabei nur einen Bereich von links nach rechts – Stereo –, aber keinen Raum (vorne, hinten, oben, unten, nah oder fern). (Das Verfahren nennt sich „Intensitäts-Stereophonie“.)
- **Laufzeitunterschied**: die Schallwelle hat zum einen Ohr eine größere Entfernung zurückzulegen als zum anderen Ohr. So kommt der Schall am einen Ohr einen Bruchteil einer Sekunde später an als am anderen. Eine Zeitdifferenz von 1,2 bis 1,5 Millisekunden reicht, um den Ton scheinbar von ganz links oder ganz rechts kommen zu lassen. Noch kleinere Zeiten sind für die Zwischenschritte notwendig. Das Ohr 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 und so einen Wellenberg erzeugen. Verdreht man an einem Lautsprecher die Anschlusskabel, dann erzeugt er stattdessen ein Wellental => Phasenverschiebung 180°. Das räumliche Klangbild wird verwaschen und ein klares Erkennen, wo die einzelnen Instrumente spielen, ist nicht möglich.

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

Aber warum können Guthörende trotzdem im Störschall verstehen? Das ist der **Cocktailparty-Effekt**. Im Gegensatz zu einem High-end Hörerätesystem, das nur zweidimensional (2D = horizontale Hörebene) hören kann, können Guthörende räumlich 3D (rechts, links, oben, unten, vorne, hinten, Entfernung) hören. Aufgrund dieses räumlichen 3D-Hörens sind Guthörende in der Lage, präzise zu erkennen, woher Hall, Echo und Störgeräusche und woher der Nutzsoll kommen. (z.B.: Schulkinder hören sehr genau, wann der/die Lehrer*in vor der Klassentür steht und lassen reflexartig ihre Handies verschwinden.) Durch **unwillkürliche Kopfbewegungen** ändert sich die Wahrnehmung zwischen rechtem und linkem Ohr: unterschiedliche Lautstärke, Phasenlage und Klangfarbe des Schalls ändern sich für jeden Menschen individuell charakteristisch. Aber – es muss erlernt sein. Die charakteristischen Veränderungen je nach Kopfstellung müssen im Hörzentrum abgespeichert sein. 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 dreht man den Kopf nach links, wandert der Schall nach rechts, kommt er von hinten, wandert er nach links. Dieses Erlernen des räum-

lichen Hörens geht natürlich nur, wenn das Kind nicht schon von Geburt an schwerhörig ist. Das Hörzentrum im Gehirn kann zusätzlich Informationen über die Kopfstellung, vom Gleichgewichtsorgan, den Augen u.v.a.m. auswerten. Und auch das Kurzzeit-Gedächtnis gibt seinen Teil mit: „Das Geräusch kam eben noch von dort.“

Dadurch kann das Hörzentrum im Gehirn die Schallquelle bzw. die Richtung vom Störschall lokalisieren. Es kann so für die Weiterverarbeitung Störschall erheblich leiser und Nutzschaall lauter machen. Ein Hörgerät kann die Kopfbewegungen nicht auswerten, sieht nicht durch unsere Augen, weiß nicht, wohin wir gerade den Hals verdreht haben und hat auch keinen Zugriff auf unsere Erinnerungen.

Aber: wenn ein völlig neues Geräusch auftritt, dann müssen selbst Guthörende erst einmal durch etwas längeres „Herumhorchen“ und „Herumschauen“ die Schallquelle ermitteln.

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

5.10 Problematik: Hall, Echo, STI, ALcons, Nebengeräusche, Lippensynchronität

In Räumen wird der Schall an den Wänden mehr oder weniger stark reflektiert. Es entsteht aus „natürlichen“ Gründen Hall und Echo.

Von einem **Echo** sprechen wir, wenn ein und dasselbe Schallereignis mindestens zweimal kurz hintereinander beim Hörenden eintrifft, aber jeweils als getrenntes Signal wahrgenommen wird (von Guthörenden), das sind $100\text{ms} = 0,1\text{s}$. Das ist aber abhängig von der Art des Schalles.

Hall/Nachhall entsteht, wenn Schallreflexionen mehrfach so kurz hintereinander beim Hörenden eintreffen, dass sie nicht mehr exakt auseinander gehalten werden können, ineinander verschwimmen, das sind also weniger als 100ms . Die Nachhallzeit, ist die Zeit, in der der Schallpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60dB ($=1/1000$) abgenommen hat. Wir sehen später: Guthörende können in vielen Situationen noch etwas auseinanderhalten, bei Schwerhörigen aber verschwimmt alles zu einem undefinierbaren Mischmasch.

Musik „lebt“ vom Nachhall, Sprache aber wird bei Nachhall auch für Guthörende immer unverständlicher. Je länger die Nachhallzeit, desto mühsamer wird das Verstehen auch für Guthörende. Kirchen sind gera-

de wegen der Musik auf langen Nachhall („gute Akustik“) gebaut: Ulmer Münster 12sek, Kölner Dom 13sek. Für gute Sprachverständlichkeit sollte sie bei 0,6-0,8sek (DIN 18041) liegen. Aber: Schwerhörige können allerhöchstens ca. 0,5sek vertragen. Kirchen haben typische Nachhallzeiten von 2-8sek. Nachhallzeit in der Kirche abschätzen: kostenlose App: ClapIR oder PC-Programm Audionet-Carma.

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

STI: Speech Transmission Index = Sprach-Übertragungs-Index

Dies ist ein Maß für die Sprachverständlichkeit im Störschall. Insbesondere bei Anlagen für Durchsagen oder Alarmierungen im öffentlichen Bereich ist er wichtig, z.B. Bahnhof, Einkaufszentren, Tunnels etc. Gemessen wird der Anteil der gut artikulierten Wörter, die ein Guthörender im Störschall versteht. Der ALcons ist eine andere Messmethode und ist der „Articulation Loss of Consonants“. Der mit einem technisch erzeugten Standardsprachsignal gemessene STI gilt eigentlich nur bei einem Schalldruckpegel zwischen 55 und 80dBm darunter und darüber nimmt die Verständlichkeit ab.

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 in Wort, wird es anhand der verstandenen Silben erschlossen. Fehlende

Wörter in Sätzen werden aus dem Zusammenhang erschlossen. Das geht bei Muttersprachlern natürlich besser als bei Fremdsprachlern.

Wir gehen davon aus, dass Schwerhörigen immer die beste Sprachqualität geboten werden muss, damit sie eine Chance haben, zu verstehen. Da auch nicht jedes Wort gut artikuliert ist, kann mit Fug- und Recht 15dB Signal-zu-Nebengeräusch-Abstand gefordert werden. Für die Einmessung von induktiven Höranlagen wird ein Störabstand gefordert von 22dB für kurzzeitige Benutzungen wie z.B. Schalter- bzw. Kassen-Anlagen und 32dB als brauchbar (Norm) über 43dB als gut und 47dB als hochqualitativ. Kirchen bieten auch für Guthörende durchaus nur einen STI von 0,5, d.h. nur die Hälfte der Worte wird verstanden, der Rest wird aus dem Zusammenhang bzw. daraus erschlossen, dass die Theologie der/der Pfarrer*in bekannt ist. Übrigens auch einer der Gründe, weshalb neuen Pfarrer*innen oft zu Beginn gesagt wird: „Ihre/n Vorgänger*in konnte man aber besser verstehen!“ Aber wenn schon Guthörende nur die Hälfte der Worte verstehen, so 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 – zu wenig, um einen Zusammenhang zu erkennen.

Nebengeräusche/Störschall

Bei öffentlichen Veranstaltungen wie Gottesdiensten, Vorträgen, Theater gibt es zahlreiche Nebengeräusche: Fußscharren, Husten, Türeklappen, Kommentare von Zuhörern, Tuscheln von Konfirmanden, raschelnde Kleidung, u.v.a.m.

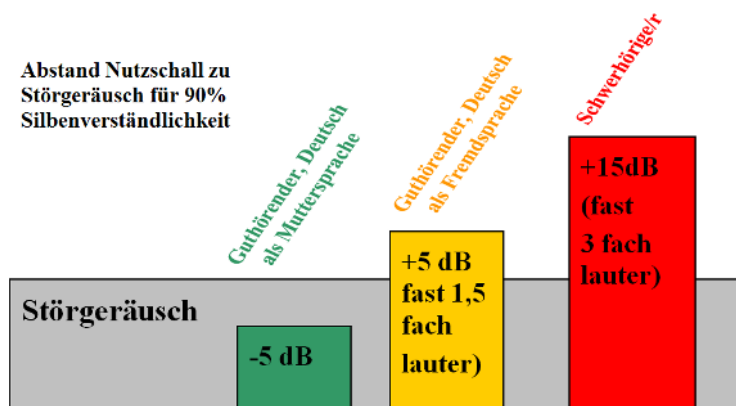
Guthörende Muttersprachler*innen können aufgrund ihres räumlichen Hörvermögens Hall, Echo und Nebengeräusche im Hörzentrum des Gehirnes ausblenden oder jedenfalls erheblich reduzieren und erreichen noch 90% Silbenverständlichkeit, wenn das Störgeräusch 5dB lauter (fast 1,5 mal so laut) ist als der Nutzschall, 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 oberhalb der Ohrmuscheln, s. Kap.7.) Das reduziert noch zusätzlich das räumliche Hörvermögen (s. Kap. 5.9). Gibt es nur eine einseitige Hörgeräteversorgung oder sind die Hörgeräte links und rechts unterschiedlich, dann gibt es mit Sicherheit auch unterschiedliche Pha-

senverschiebungen zwischen rechts und links. Und nicht selten wird eine Frequenz auf der einen Seite noch gehört, auf der anderen aber nicht mehr, z.B. 1500Hz links ja rechts nein, bei 2000Hz umgekehrt. Das bedeutet, einmal Info Ton von ganz links, einmal rechts. Aber was soll das Gehirn als richtig betrachten?

Ergebnis:

Bei Schwerhörigen schwimmen somit Nutzschall und Störschall zu einem „Einheitsbrei“, (=> „Diskriminationsverlust“). Für sie muss der Nutzschall mindestens 15dB (fast 3 mal) lauter sein als der Störschall. Es finden sich keine Angaben dazu, was schwerhörige nicht-Muttersprachler brauchen.

Die Folge der Störgeräuschen ist, dass der notwendige Nutz- zu Störsignal-Abstand von 15dB bzw. von 32dBA nach DIN EN 50118-4 nicht mehr erreicht wird und damit die Rate der verstandenen Wörter reduziert wird. Selbst wenn das Störsignal sich noch innerhalb der Norm befindet, gibt es dennoch weitere Probleme z.B. für hochgradig Schwerhörige, die auf Mundabsehen angewiesen sind. Diese Schwerhörige verbinden das gesehene Mundbild mit den wenigen gehörten Tönen. Störgeräusche passen nicht zum Mundbild und sie können das gesprochene Wort nicht erkennen, sie geraten in Stress und „sind draußen“.



Eine der Methoden, Störgeräusche etwas zu reduzieren, ist die Benutzung von Richtmikrofonen in den Hörgeräten, aber sie funktionieren nur auf kurze Entfernung bis max. 2-3m. (Siehe Hallradius Kap. 5.11)

Ist das Richtmikrofon im Hörgerät eingebaut, muss mit dem Kopf immer steif auf den Sprecher gezielt werden, um den Ton nicht zu verlieren. Ist der Sprecher zu weit weg, ist das Ziel meist ein seitlicher Lautsprecher. Abgesehen von der auffälligen Kopfhaltung wird man kaum etwas vom Geschehen vorne am Altar mitbekommen. Ein Blick ins Gesangsbuch: schon ist der Ton verloren. HighEnd-Hörgeräte können sich auf die Richtung einstellen, aus der die lauteste Sprache kommt.

Ein externes Richtmikrofon ist in der Regel per Hersteller- oder sogar Modellserien-spezifischer Funktechnik mit dem Hörgerät verbunden. Jedenfalls ist es nicht barrierefrei, denn Schwerhörige müssen die*den Sprecher*in bitten, das spezielle Funkmikrofon auf das Rednerpult/Kanzel zu stellen (man bekommt dann nur die Predigt mit), oder sich um den Hals zu hängen. Bei Gottesdiensten (z.B. Weihnachten) kämen dann mitunter mehrere Geräte zusammen, weil jedes davon einen eigenen Funkkanal haben muss, oder sie stören sich gegenseitig. Wird das Mikro auf das Rednerpult gestellt, dann muss es noch bei einer Sprechprobe richtig positioniert werden und der* die Sprecher*in gebeten werden, sich zu konzentrieren, gleichzeitig gezielt in das Funkmikro und das normale Mikro zu sprechen. Dies wird wohl kaum geschehen und so muss selbst mit der Hand gezielt werden => Reichweiteproblem.

Lippensynchronität

Jeder Mensch und insbesondere Schwerhörige sehen auch vom Mund ab. Damit wird das Verstehen der Worte unterstützt. Mimik und Gestik tragen ebenfalls einen Teil bei. Ist die Zeitverzögerung zwischen Lippenbild und Ton zu hoch (ab etwa 50 Millisekunden), dann kann nicht mehr abgesehen werden, im Gegenteil, es wird sogar noch schwieriger zu verstehen, weil gesehene Mundstellung nicht mehr zum gehörten Laut (Phonem) passt. (s. Kap. 5.12)

5.11 Hallradius: die physikalische Grenze eines Richtmikrofons

Immer wieder heißt es, mithilfe der Richtmikrofone in den Hörgeräten sei es heutzutage kein Problem, im Störschall zu hören. Hier zeigen wir auf, dass es da auch 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 Meter.

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

- **Direktschall (Nutzscha1/Primärschall):** Schall, der auf dem direkten Weg von der Quelle zum Mikrofon läuft.
→ formelmäßig berechenbar.
- **Diffusschall (Sekundärschall):** das sind Hall und Echo, die von allen Seiten hin- und hergeworfen werden.
→ formelmäßig berechenbarer Störschall.
- **Externe Störgeräusche:** → nicht berechenbarer Störschall.
- **Diffusschall der Externen Störgeräusche:** → nicht berechenbar

Quelle	einigermäßen konstant	völlig unregelmäßig
Publikum	Hintergrund-Gemurmel im Büro/Callcenter/Schalterhalle	Tuscheln, Husten, Räuspern, Aufstehen, Hinsetzen, Laufgeräusche, Stühle-Rutschen, hinfallende Gegenstände
Gebäudetechnik	laufende Lüfter, Heizungen, Brummen der Lautsprecher	Schaltgeräusche, Lüftungsklappen, Fensterklappen, quietschende Bänke
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, halbe Schalldruck. Der Diffusschall ist im ganzen Raum in etwa gleich laut verteilt, wie laut hängt von der Raumgröße und der Nachhallzeit ab.

Der **Hallradius** ist der Abstand zwischen Schallquelle und einem (Hörgeräte)-Mikrofon, wo der Direktschall (Nutzscha1) 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. Zusätzlich brauchen wir – wie in Kap. 5.10 gezeigt – für Schwerhörige einen Abstand von Nutz- zu Störschall von 15dB. Die Formel für den nötigen Abstand zwischen Schallquelle und Hörgeräte-Mikrofon lautet:

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

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

(vgl.: <http://www.sengpielaudio.com/Rechner-RT60.htm>)

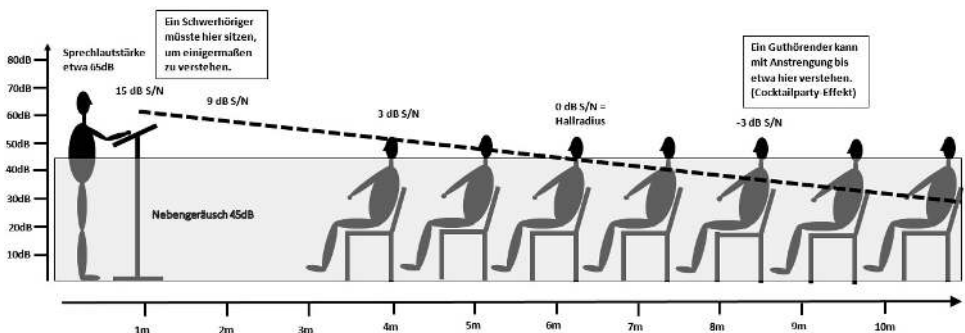
<http://www.sengpielaudio.com/BuendelungsgradBuendelungsmassMikro.pdf>

<http://www.sengpielaudio.com/RelativerAbstandsfaektor.pdf>

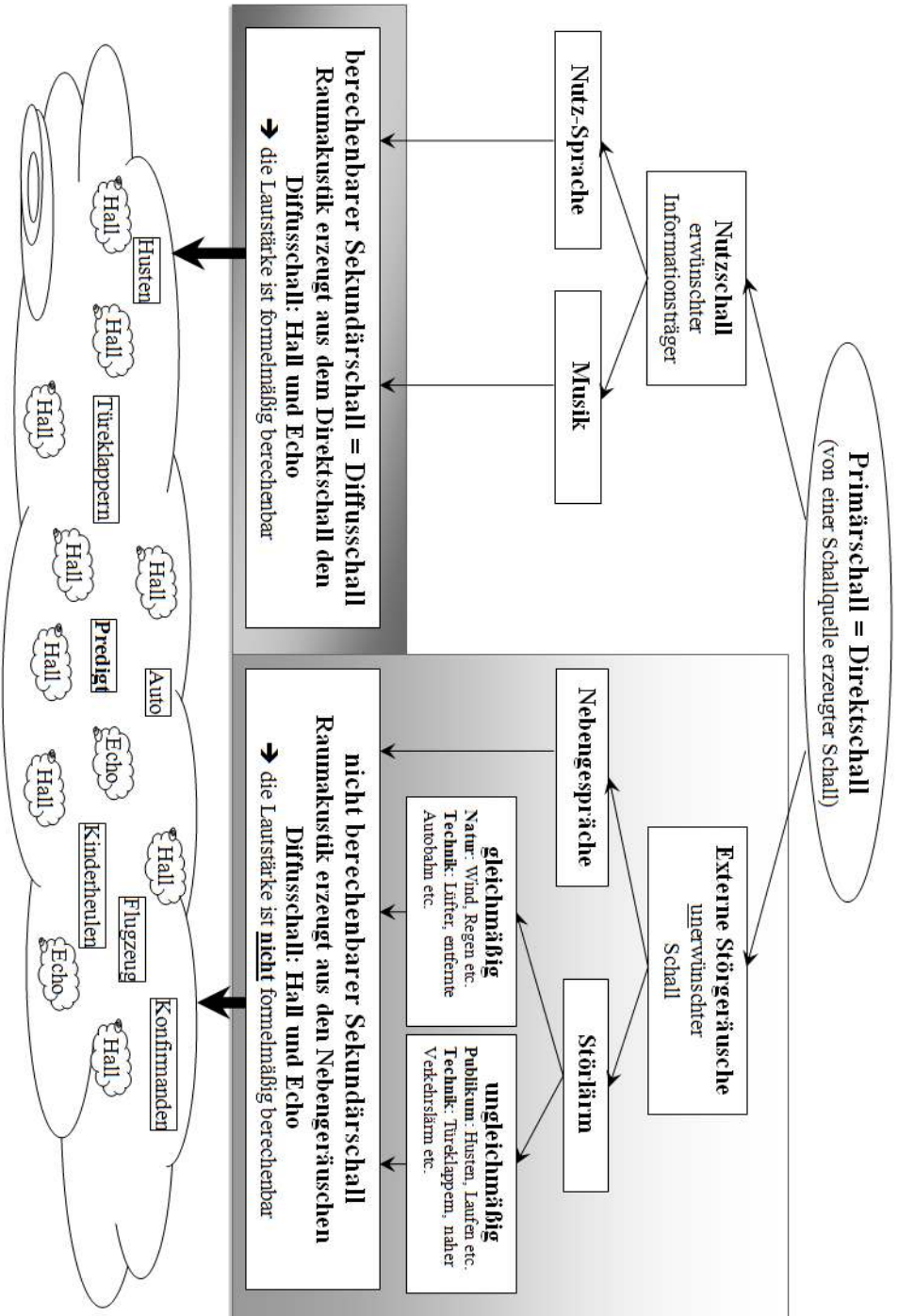
plus eigene Ergänzung des Signal/Rauschabstandes.)

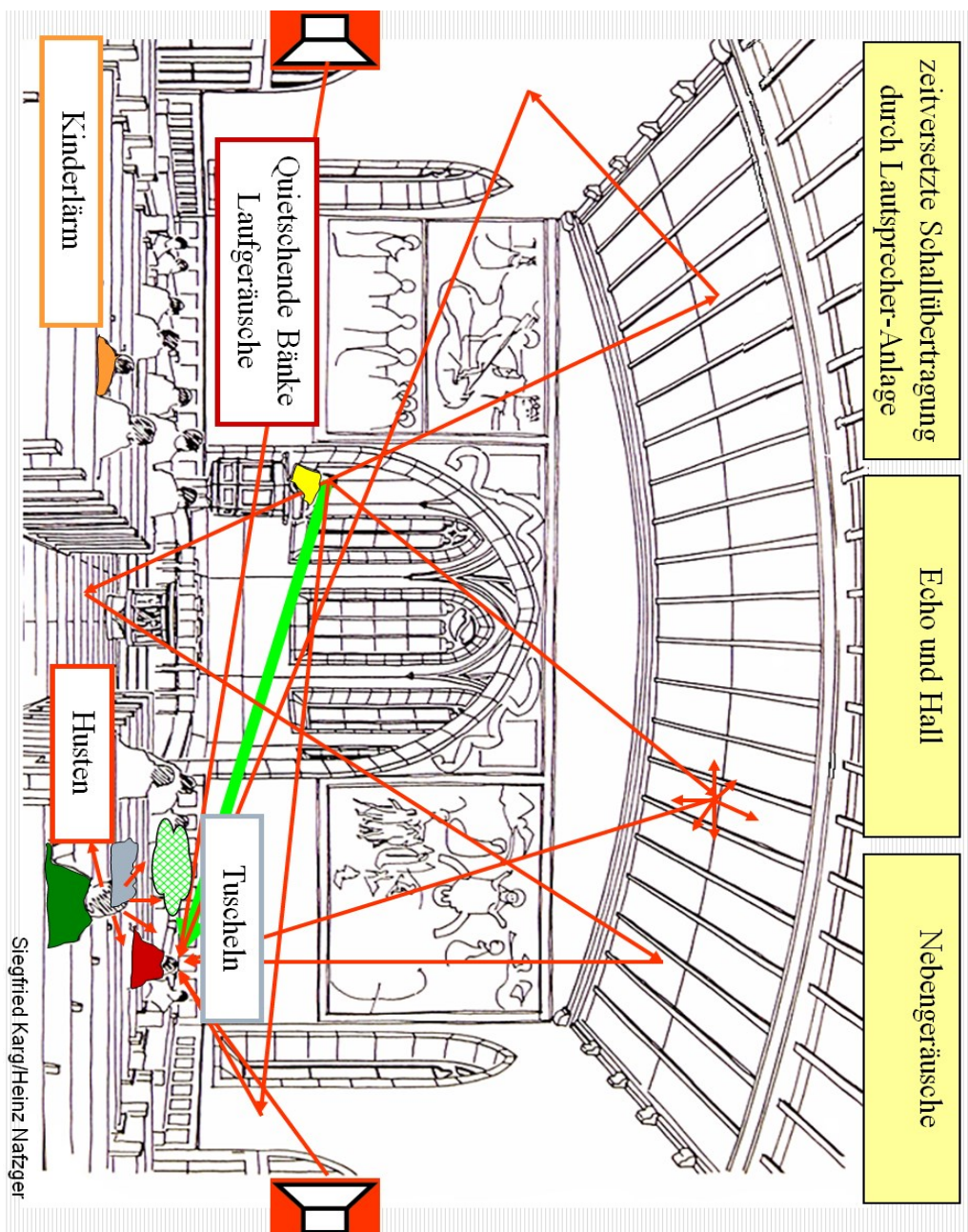
Setzen wir typische Werte für eine normale Kirche ein, lautet das Ergebnis: etwa 0,5 bis etwa 2m, dabei ist der externe Störschall noch nicht einmal berücksichtigt! Das heißt, sitzen Hörgeräteträger weiter weg, hören sie über das Hörgerätemikrofon zu viel Störschall, also den typischen Schallbrei und verstehen: nichts!

Aber warum können Guthörende trotzdem noch jenseits des Hallradius verstehen? Das ist der **Cocktailparty-Effekt**, (siehe Kapitel 5.9).



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





5.12 Die Folgen der Schwerhörigkeit für das Verstehen

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

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

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

1. Phonem-Identifikation:

Erkennen, was ein Störgeräusch oder ein Phonem ist.

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

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

2. Phonem-Distinktion:

Unterscheiden, um welchen Laut/Buchstaben es sich handelt.

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

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

Beispiel: „B“ und „M“ klingen so ähnlich, dass sie nur schwer zu unterscheiden sind. Gesagt wird: „Hol bitte die Butter“. Verstanden wird vielleicht: „Hol bitte die Mutter“. 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 usw.

3. Phonem-Supplementation:

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

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

Zusammenfassend:

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

Beispiel:

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

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

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

Gesprochen : Jesus ist auferstanden

Ohne Hörgerät : J u t u f r t n d n (starker Lückentext)

Fall 1 : Je u i t aufer tanden (teilweiser Lückentext)

Fall 2 : Jösus üst ouförstondön (Gleichklang)

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

Hall : JJeessuuss iisstt aauffeerrsstaannndeenn

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.

5.13 Das Lautstärkeverhältnis von Nutz- zu Störschall

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

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

Und dazu gibt es noch den **Maskierungseffekt**: Überschreitet die Lautstärke eines tiefen Tons (Paukenschlag oder wie in der Kirche 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 Ohrensausen haben.*

5.14 äußere und innere Störfaktoren beim Verstehen

Im Kapitel 5.12 hatten wir ja schon die drei Grundprobleme erkannt:

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

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

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

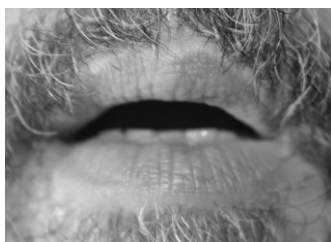
5.15 Hilfsmöglichkeiten bei Schwerhörigkeit

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

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



O



A



E

Hörgerät: Es verstärkt die Frequenzen, die zu schwach gehört werden. Damit stellt es, sofern es überhaupt noch geht, wieder das richtige Verhältnis der Frequenzanteile eines Lautes her. (vgl. Kap.5.2). Und trägt so ganz wesentlich zum Punkt 2 (Phonem-Distinktion) bei, in gewissem Rahmen aber auch zum Punkt 1 (Phonem-Identifikation); denn so kann unter Umständen auch eine Störinformation, also ein in unserer Sprache nicht vorhandener Laut, erkannt und ausgesondert werden.

Zum Punkt 3 (Phonem-Supplementation) können einige High-End-Hörgeräte beitragen. Sie können das ganze Frequenzspektrum der Sprache zusammenkomprimieren oder Teile verschieben in einen Frequenzbereich, der noch gehört wird. Allerdings hört sich die Sprache dann völlig anders an als gewohnt: Hören und Verstehen muss neu gelernt werden. Das ist mühsam und zeitintensiv und nicht alle Menschen kommen damit zurecht. (s. Kap. 7)

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

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

Schriftdolmetschen:

Siehe auch Kapitel 3. 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.

6 Warum ist eine Höranlage notwendig für Schwerhörige?

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

Bei einem Guthörenden können die äußeren Störfaktoren fast doppelt so laut sein, wie der Nutzschall; aufgrund des räumlichen Hörens können Guthörende dennoch verstehen. Bei Schwerhörigen sollten jedoch die äußeren Störfaktoren mindestens etwa 5 ½ mal 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 andere Personen in der Kirche. 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. 5.13), in Kirchen etc. nicht funktionieren. Außerdem würden wir damit die Guthörenden auf Dauer zu Lärmschwerhörigen machen.

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

Und noch etwas rein Praktisches: Während eines Gottesdienstes oder einer Veranstaltung ergeben sich meist die unterschiedlichsten Hörsituationen. Jedes Mal muss dann am Hörgerät das dazu passende Mikrofonprogramm gesucht werden. Jedes 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“.

7 Zur Technik von Hörgeräten

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

Software

Das Meiste wird heutzutage in den digitalen Geräten per Software gelöst. Diese kann aber nur so intelligent sein wie das Programmierer-Team und hat seine Grenzen in der Leistungsfähigkeit des Mikro-Computers: Das Ergebnis muss lippensynchron (Zeitverzögerung = Latenz unter etwa 50 Millisekunden) sein, sonst werden Hörgeräteträger*innen durch das unwillkürliche parallele Mundabsehen irritiert.

Mikrofone,

Es gibt ein Rundempfangs- und Richtmikrofon. Miniaturisierte Richtmikrofone zu bauen ist schwierig und kostspielig. Deshalb werden zwei Rundempfangsmikrofone im Abstand von etwa 1cm benutzt. Aus den winzigen Laufzeit- und Phasenunterschieden kann dann softwaremäßig die Richtwirkung errechnet werden. Die Richtmikrofonstellung verursacht eine Latenzzeit von 1-2ms. (siehe auch Hallradius Kap.5.11). Die Wirkung des Richtmikrofons sollte allerdings nicht überschätzt werden!

T-Spule

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

Automatische Einstellung der Richtung der Richtmikrofone

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

Nebengeräuscherkennung,

Ein Richtmikrofon lässt Nebengeräusche aus anderer Richtung nicht so stark durch. Nebengeräusche/Hall aus der Hauptrichtung kommen ungehindert durch, es gibt also ein „versautes Audiosignal“. Bisher gibt es noch keine Software, die solch ein „versautes“ Audiosignal in den Urzustand zurückverwandeln kann. Es gibt Versuche und Annäherungen. Sprache kann anhand typischer Merkmale erkannt werden und alles andere als Nebengeräusch per Software weggetilgt werden. Aber der Hall und das Echo der Predigt sind genauso Sprache und die Konfirmanden sprechen auch miteinander. Wie soll die Software also Sprache von Sprache trennen? Ein Guthörender kann das, eine Software nicht.

Lautstärke-Kompression

Schwerhörige haben eine erhöhte Hörschwelle, aber gleichzeitig eine erniedrigte Unbehaglichkeitsschwelle: leise Töne werden nicht gehört, aber schon mittelmäßig laute Töne sind unangenehm laut. Und dies ist sogar noch abhängig von der Tonhöhe. Das Hörgerät muss also die normalerweise vorkommenden Lautstärken in diesen Bereich „zusammendampfen“, d.h. komprimieren. Das Hörgerät wird individuell eingestellt und muss sehr kurzzeitig auf Lautstärkeschwankungen reagieren. Die Lautstärke-Kompression in der Höranlage ist demgegenüber eher auf längere Ausgleichszeiten eingestellt.

Impulsschall-Unterdrückung,

Es gibt immer scharfe laute Geräusche (Türenzuschlagen, hinfallende Glasflaschen etc.) Guthörende kommen damit einigermaßen klar, aber Schwerhörige haben damit praktisch immer Probleme. Deswegen wird eine einfache Software eingesetzt, die so schnell reagiert, dass die scharfen Lautstärkeanstiege „abgebremst“ werden. Diese ohrenschonende Software gibt es wohl nur mit Zuzahlung, je mehr gezahlt wurde, desto leiser wird das lauten Türeschlagen – bis zu einem leisen „Plopp“.

Frequenz-Umsetzung und Frequenz-Kompression

Werden ganze Frequenzbereiche gar nicht mehr gehört, können einfache Hörgeräte natürlich nichts mehr machen. Es gibt den Ansatz der Frequenz-Umsetzung und Frequenz-Kompression. Nicht mehr gehörte Tonbereiche werden in noch gehörte Bereiche „verschoben“ oder sogar das gesamte Frequenzspektrum zusammengeschoben (komprimiert) auf den

noch gehörten Bereich. Bildlich gesprochen: Buchstaben werden innerhalb der Sprachbanane verschoben oder die Sprachbanane wird elektrophonisch gestaucht und gequetscht. (siehe Kap. 5.5) Das Verstehen muss 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.

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. 5.9) 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. 5.8) Deshalb liegt das Mikrofon typischerweise am oberen Hörgeräterand und somit oben über der Ohrmuschel.

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

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

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

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

Feedback-Destroyer = Rückkopplungsverhinderer

Dazu wird eine Software genutzt, die erkennt, dass eine Frequenz in Resonanz gerät, das ist für sie der Ton, der ganz besonders heraussticht. Die Software schaltet dann kurzzeitig die Übertragung des gesamten Frequenzbereiches ab, in dem der Resonanzton liegt. Nutzer von solchen Hörgeräten berichten, dass diese Funktion je nach Hörsituation die Verständlichkeit reduziert, es fehlen ja immer wieder andere Tonbereiche, also immer ein neuer Lückentext oder Gleichklang. Ein konstanter Orgelton kann als Rückkopplungspfeifen missdeutet werden und hört sich wie ein Tremulant an. Dies gibt es schon ab Basisgerät, funktioniert aber auch bei Geräten mit 1500 € Zuzahlung nicht in jeder Situation.

Bluetooth

Bluetooth ist eine digitale Funktechnik im 2,4Ghz Bereich, der als überlastet gilt. Sie wird immer häufiger in Hörgeräte eingebaut, weil dann das Telefonieren mit Handies bequemer funktioniert. Aber mit Bluetooth kann keine Höranlage betrieben werden und mit Bluetooth kann an keine bestehende Höranlagen-Technik ohne weitere Zusatzgeräte angekoppelt werden. Das geht nur mit der T-Spule, die deshalb weiterhin zur

Basistechnik von Hörgeräten gehört. Bluetooth-Hörgeräte sind immer zuzahlungspflichtig und deshalb ist Bluetooth nur Zusatzausstattung, also ein Komfort-Merkmal. Weiteres siehe Kap. 8.10.

Offene Versorgung:

Das bedeutet, dass der Ohrkanal nicht mehr schalldicht verschlossen wird, sondern dass der Hörschlauch oder sogar der Hörgeräteleutsprecher vor oder in den Ohrkanal geklemmt wird. Das lässt sich erheblich angenehmer tragen, hat aber auch den Nachteil, dass nicht so stark verstärkt werden kann. Gerade bei mittelgradig Schwerhörigen mischen sich dann Original-Luftschall und Hörgeräteleuftschall, der immer etwas zeitversetzt kommt. Es klingt dann immer leicht hallig und wird die Zeitdifferenz zu hoch (z.B. bei Bluetooth-Empfang), dann leidet die Sprachverständlichkeit. (siehe auch unter Echo, Hall, STI, Lippensynchronität, Latenzzeit: Kap. 5.10)

Fazit:

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

Zusammengefasst:

Eingang ins Hörgerät:

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

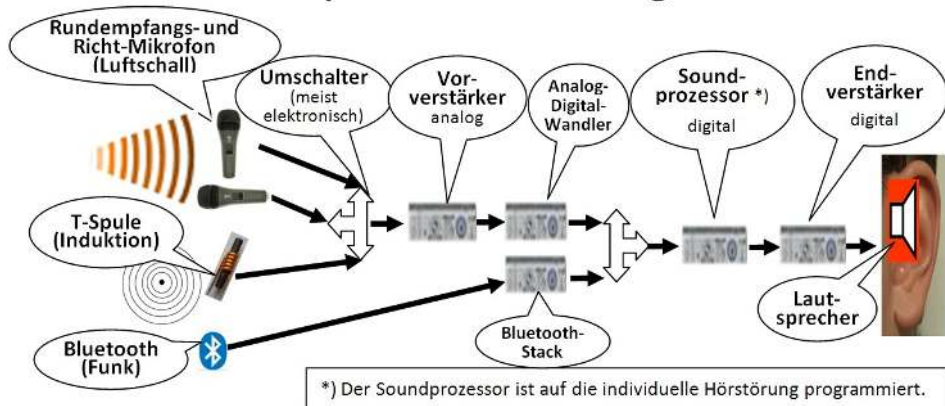
Signalverarbeitung:

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

Ausgang aus dem Hörgerät:

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

Prinzipschaltbild eines Hörgerätes



8 Wie funktioniert eine Höranlage?

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

8.1 Die verschiedenen Höranlagentypen

Es gibt verschiedene Techniken: „Kopfhörer an Steckdose“, Direkter drahtgebundener Anschluss (Audioschuh), Funkwellen (FM, 2,4GHz, DECT), Infrarot (IR), Streaming über WLAN (2,4GHz + 5GHz), Induktion (T-Spule) und Sonderlösungen der einzelnen Hörgerätehersteller. FM, die 2,4GHz, DECT und IR-Technik benötigen spezielle Empfänger, beim Streaming 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 nicht als Höranlagentechnik. 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.

8.1.1 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.

8.1.2 Wozu Digitalisierung der Sprachübertragung

Wozu soll die Digitalisierung von Höranlagen eigentlich dienen? Ob analog oder digital: bei Funkübertragungen kann generell nur einer auf einem Kanal gesendet werden; senden zwei gleichzeitig, gibt es Chaos. Bei Analogübertragung wird kontinuierlich gesendet, also geht nur ein Sender. Mit der digitalen Übertragung wurden aber Techniken entwickelt, die das Chaos bei mehreren Sendern in geordnete Bahnen lenken: ein Chef verteilt Sendezeiten und jeder sendet nur dann, wenn gerade Funkstille herrscht. Im Funkbereich gibt es aber mehrere unterschiedliche Anwendungen („Chef’s“: WLAN, Bluetooth, 2,4GHz-Anlagen, DECT) oder auch „Selbständige“ (Mikrowelle, 2,4GHz-Fernsteuerungen etc.), also könnten zwei gleichzeitig losfunken: dann wartet jeder solange, bis wieder Funkstille ist. Und wenn jeder sich vorher überlegt, was er sagen will und dafür möglichst knappe Worte wählt, d.h. überflüssige Daten entfernt und sie „zipped“, können auf diese Weise auf einem Kanal insgesamt pro Sekunde mehr Informationen übertragen werden, als mit der analogen Technik. So wird z.B. auf einem alten analogen Fernsehkanal gleich mehrere Programme digital übertragen.

Was heißt das für uns: Schall und somit auch Sprache ist rein analog. Ein Ton ist eine sehr schnelle kleine Veränderung des Luftdrucks. Ein Mikrofon wandelt diese kleine Luftdruckveränderung 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.

Bildlich gesprochen ist die Aufgabe: Man hat ein Abbild vom zeitlichen Verlauf der Mikrofonspannung in einem Koordinatensystem, im Normalfall also ein ziemliches Zickzack. Stellen Sie sich vor, 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. Und schon sind Sie ein Analog-Digital-Wandler. 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. Für CD-Qualität müssen Sie 41000 mal pro

Sekunde ablesen und die Y-Achse in 65535 (16Bit) Einheiten aufteilen. Das sind ziemlich viele Zahlen. Hier haben wir zwei Knackpunkte: nicht kontinuierlich, sondern nur im Zeittakt und gerundete Zwischenwerte.

Nun haben wir die Digitalisierung. Aber oben war die Rede von: bestimmte Sendezeiten und möglichst knappe Worte. Hier sind die weiteren Knackpunkte. Ich kann nicht die ganze Zeit senden, sondern muss die Zeit mit anderen teilen und muss den Inhalt auch noch auf das Wesentliche reduzieren und komprimieren (zippen). Das wäre z.B. eine Übereinkunft, nicht jeweils x/y-Werte zu nennen, sondern x-Werte in 0,1er Schritten und nur ganze x-Werte zu nennen, ich spare also: statt x/y, x/y, x/y... also X/y,y,y,y,y,y,y,y X/y,y,y,y,y, ...

Die riesigen Zahlenkolonnen muss ich in Päckchen von bestimmten Zeiteinheiten einteilen, also z.B. 5 Millisekunden, die ich dann noch auf das Wesentliche reduzieren muss. Das bewerkstelligt ein Computerprogramm vom Typ CODEC. Das entfernt überflüssige Informationen und komprimiert, wenn gewünscht, sogar 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 ganze Prozess umgekehrt ab: Decodieren und wieder vom D/A-Wandler in analoge Sprache verwandeln. Ein Hörgerät braucht dazu mindestens 6-8 Millisekunden. Insgesamt sind wir dann schnell im Bereich, wo die Latenzzeit problematisch wird. (siehe Kap. 5.10)

Damit ist klar: die Digital-Technik hat systembedingt immer eine zeitliche Verzögerung zwischen Originalton und gehörtem Ton. Wenn ich einen Film gucke, dann kommt auch das (digitale) Bild später, also gibt es kein Problem, ich sehe im Krimi den Mord eben nur ein klein wenig später, als er gesendet wurde. Beim Telefonieren ist das kein Problem, es gibt dann nur ein paar kleine Zeitlücken zwischen Frage und Antwort. Und beim Musikhören gibt es gar kein Problem. Aber es gibt dann erhebliche Probleme, wenn Schwerhörige auf das Mundabsehen angewiesen sind und die Worte nicht mehr lippensynchron sind. Auch gibt es Probleme bei offener oder einseitiger Versorgung oder wenn die Hörge-

räte nur eine MT-Stellung haben. Dann wird ein Hall/Echo wahrgenommen und die Verständlichkeit erheblich reduziert.

Die digitale Verzögerung ist auf alle Fälle wahrnehmbar und beträgt nicht selten bis zu einem einsilbigen Wort. Angemerkt ist der Korrektheit wegen: Auch die analoge Technik hat eine Zeitverzögerung, aber nach allen Erfahrungen im absolut unkritischen Bereich.

8.2 Die Funk-Anlage (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. Die meisten älteren Anlagen arbeiten analog, aber Neu-Anlagen gibt es praktisch nur noch digital (DECT und 2,4GHz) Es gibt Anlagen, die auf kostenlosen zulassungsfreien (Jedermann-) Funkfrequenzen und welche, die auf kostenpflichtigen Funkfrequenzen mit laufenden Gebühren senden. Entwickelt wurden die FM-Anlagen als Personenführungsanlage für Besichtigungen von lauten Industrieanlagen, als Dolmetsch-Anlage oder für die Bühnen- und Studio-Technik, um Regieanweisungen durchzugeben. Später wurde der Nebenmarkt als Schwerhörigenanlage entdeckt.

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

Richtig angewendet speist der FM-Empfänger sein Ausgangssignal nicht in einen Kopfhörer (das geht zwar auch für Schwerhörige ohne Hörgerät/T-Spule), sondern in eine Mini-Induktionsschleife, die um den Hals des Schwerhörigen hängt (Hals-Ringschleife). Diese Mini-Schleife überträgt dann induktiv auf die T-Spule des Hörgerätes. Das Hörgerät braucht also eine aktivierte T-Spule.

Zusätzlich 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.

Vorteil: durch Auswahl unterschiedlicher Funkfrequenzen (Kanäle) ist Mehrsprachigkeit möglich, für normale kirchliche Zwecke aber unnötig.

Nachteile sind die hohen Anschaffungskosten (> 5000 € für 10 Personen), die beschränkte Anzahl der Nutzer (nur so viele wie Empfänger angeschafft wurden), der laufende Wartungsaufwand: die Empfänger müssen ständig wieder geladen werden und wenn der meist fest eingebaute Akku nach ein paar Jahren schlapp ist, ist oft eine teure Reparatur fällig. Ebenso sind die Anlagen in der Regel untereinander nicht kompatibel, das heißt, mit einem Empfänger der einen Marke oder Modell-Serie gibt es meist keinen Empfang bei einem Sender einer anderen Marke. Das liegt z.B. an unterschiedlichen Funkfrequenzen oder unterschiedlich genutzter Bandbreite. Außerdem fehlt ihr meist die für Schwerhörige sinnvolle sprachoptimierte Kompression (auch automatische Aussteuerkontrolle genannt).

Absolutes **Manko**: sie ist nicht barrierefrei, jeder Nutzer muss sich einen Empfänger abholen und hinterher muss wieder eingesammelt werden. Schwerhörige müssen sich outen, was den Meisten ohnehin sehr schwer fällt. Erfahrungsgemäß gehen auch Geräte verloren oder gehen kaputt, weil sie fallen gelassen werden oder der Lautstärkeregler (Drehknopf) überdreht wird. Oft werden nur Kinn-Bügel-Empfänger angeboten. Manchmal ist auch die Bedienung sehr unpraktisch und die Nutzer benötigen eine Einweisung: Die Empfänger müssen auf den exakten Sendekanal eingestellt sein, jedoch ist bei vielen Empfängermodellen die Bedienung so unklar, dass der Empfangskanal leicht verstellt und somit nichts mehr gehört wird.

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.

Analoge und Digitale Funk Technik:

Bei **analogen** Anlagen wird die normale Frequenzmodulation verwendet, 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. Analoge FM-Anlagen werden mittlerweile von den großen Markenfirmen nicht mehr hergestellt.

Digitale Anlagen verwandeln das analoge Tonsignal erst in ein digitales Signal (siehe oben). Das digitale Signal wird dann mit der Sendefrequenz „verheiratet“, entweder mit der Frequenzmodulation (FM) oder einer Variante der Phasenmodulation. Durch die zahlreichen Variationsmöglichkeiten (Codec, Verschlüsselung, Modulationsverfahren, Sendefrequenz) ist es sehr unwahrscheinlich, dass ein Empfänger des einen Herstellers zum Sender eines anderen passt. Somit ist eine gewisse Abhörsicherheit gegeben.

Latenzzeit (Zeitverzögerung zwischen Originalton und Empfang): Die Autoren verwenden seit Jahren analoge FM-Anlagen. Praktische Untersuchungen haben ergeben, dass es keine wahrnehmbare Latenzzeit gibt, während digitale Anlagen dem Vernehmen nach eine wahrnehmbare Latenzzeit haben. Genaue Daten stehen (noch) nicht zur Verfügung.

8.3 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 aber folgten WLAN und Bluetooth, die ihren eigenen Namen behielten. Danach kamen andere Anwendungen: Fernsteuerungen für Drohnen, Spielzeugautos, Garagentore, Gegensprechanlagen u.v.a.m. Da hat man dann keine neuen Namen gesucht, sondern sagt einfach 2,4GHz-Technologie oder fälschlicherweise Bluetooth. Im Grunde genommen basiert Bluetooth und die 2,4GHz-Technik auf derselben Basistechnik, nur auf der Software-Ebene unterscheiden sie sich.

Außer der Mikrowelle und einigen Sonderanwendungen arbeiten alle anderen digital. Das Verfahren ist eigentlich simpel: Zuerst teilt sich jede Anwendung den Sendebereich in einzelne „Kanäle“ = Unterfrequenzbereiche auf, damit auch mehrere Anwender gleichzeitig aktiv sein können, man teilt sich die Kapazität „brüderlich“ auf („WLAN-Kanal“). Nun gibt es ja immer mehr Anwender, also gilt die Vereinbarung, dass jeder seine Daten in kleine Päckchen verpacken muss, also quasi einen Fortsetzungsroman schreiben muss. Die kleinen Päckchen darf er dann per 2,4GHz-Funk auf die Reise schicken. Aber was passiert, wenn zwei gleichzeitig senden, quasi zwei Markschreier gleichzeitig losgebrüllt haben oder gerade ein Tiefflieger alles übertönt? Die

Lautstärke = Sendeleistung ist ja gesetzlich beschränkt. Nun, der Sender hat auch ein Ohr (= Empfänger) und er hört gleichzeitig das „Marktgeschehen“ ab. Entdeckt er, dass ihm ein anderer „hineingebrüllt“ hat, dann heißt die Marktordnung, dass jeder nach einer zufälligen Zeit erneut losbrüllen darf. Dumm gelaufen, wenn dann der Dritte/Vierte auch losbrüllt. Und noch etwas ist vereinbart: Brüllt der Marktschreier einen ganz bestimmten Kunden an (z.B. nennt er den Preis), dann wird erwartet, dass der Kunde zurückbrüllt: „Jawohl, verstanden“, und auch das muss der Marktschreier wieder verstehen, ansonsten brüllt er seinen Kunden erneut mit dem Preis an. Wenn der Marktschreier aber ganz allgemein seine Werbung herumbrüllt, dann wird das nicht erwartet (das nennt sich dann „Streaming“). Übrigens: Wenn der Marktschreier (WLAN) eigentlich gerade nichts mehr zu sagen hat, dann brüllt er hin und wieder „Hallo, meinen Gemüsestand Maier gibt es noch“. An so einer Meldung weiß unser Smartphone, dass unser Nachbar sein WLAN an hat. Wird an einem Gerät das WLAN angeschaltet, dann ruft es herum: „Hallo, hier bin ich, gibt’s da draußen jemand?“. Und alle WLAN-Router antworten. Sie sehen, es wird ganz schön viel „herumgeschrien“.

Weil so vieles heutzutage über 2,4GHz läuft, gilt der Frequenzbereich als bald völlig überlastet. Das WLAN könnte noch in den 5GHz-Bereich ausweichen, wenn Router und Empfangsgerät zusätzlich das teurere 5GHz-Modul haben, aber es wird vom Router abgeschaltet, sobald Radar entdeckt wird (Wetterradar, Bodenradar vom Flugzeug oder Flughafen im Umkreis von 20-30km). WLAN-Überlastung kennen wir ja: oft sagen die Protokolle unseres WLAN-Routers, dass kein störungsfreier Kanal gefunden wurde, der am wenigsten schlechte genommen wurde. Entsprechend lahm ist unser WLAN, muss die Sendekapazität doch mit mehreren anderen geteilt werden und jedes Datenpäckchen, das mit dem eines anderen Routers kollidiert, muss solange erneut gesendet werden, bis es eine freie Sendelücke gefunden hat. Je mehr Router einen Sendekanal teilen, desto seltener werden freie Sendezeiten. Das gleiche gilt natürlich für andere Geräte, die in diesem Frequenzbereich senden. Und wenn die Funkmaus ein bisschen schwer reagiert, liegt die Ursache nicht selten an der Überlastung des 2,4GHz-Bereiches.

Ein Mikrowellen-Gerät ist niemals 100% dicht, es entweichen immer Wellen, die andere 2,4GHz-Geräte stören können.

Die 2,4GHz-Technik verwendet als unterste Ebene der Sendetechnik praktisch immer die gleiche wie die, die für Bluetooth entwickelt wurde, nur auf der höheren Protokollebene, d.h. in der Software unterscheiden sie sich. Während WLAN konstant auf einem Kanal seine Datenpäckchen versendet, benutzt die sogenannte 2,4GHz-Technik eine Kombination von Frequenzhopping mit Zeitscheibentechnik. Das heißt, der Frequenzbereich wird in verschiedene Kanäle (= Unterfrequenzbereiche) aufgeteilt. Master(=Chef) ist in der Regel der erste und bestimmt, wie auf den Frequenzen gehüpft wird. (Anm. Das führt automatisch zu der von vielen Skeptikern befürchteten gepulsten Hochfrequenz-Strahlung.) Wer gerade das Senderecht hat, darf eine fest bestimmte Zeit (Zeitscheibe) seine Päckchen schicken. Die Hoffnung ist, dass relativ häufig ein zufällig störungsfreier Frequenzbereich erwischt wird. Zwischen den einzelnen Sendezeiten auf einem Kanal gibt es zwangsläufig Sendelücken. Ein Hörgerätehersteller hat eine Technik entwickelt, um genau diese Lücken auszunutzen. Es bleibt aber weiterhin die Konkurrenz mit WLAN und ähnlichen Techniken. Er versucht zu erreichen, dass dieses Verfahren für Hörgeräte reserviert wird und sich alle anderen Hörgerätehersteller darauf einigen. Danach sieht es aber momentan nicht aus. Weiteres im Kapitel 8.9.1.

Wir sehen, im Prinzip unterscheidet sich die 2,4GHz-Technik nur von der FM-Anlage dadurch, dass die Transportschicht zwischen Mikrofon und Empfangsgerät ausgetauscht wurde. Es gilt also prinzipiell das, was unter der FM-Anlage schon gesagt wurde. Aber: Wenn so ein Gerät schon digitalisiert ist, so treiben es die Hersteller damit noch weiter: Es gibt keinen einfachen Drehknopf für die Lautstärke, sondern nur noch mehr oder weniger kleine Tasten. Damit haben gerade ältere Personen, in der Sehkraft oder motorisch eingeschränkte Personen ihre Probleme. Allerdings nehmen wir auch wahr, dass zunehmend die alten FM-Anlagen durch neuere Modelle ersetzt werden, deren Bedienelemente digitalisiert sind. Man sieht, die Geräte sind eigentlich als Personenführungs- oder Konferenz-Anlagen konzipiert, behinderte Menschen 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 Mehrsprachig-

keit kann bei der 2,4GHz-Technik keine unterschiedlichen Kanäle mehr vergeben werden. Das Problem ist softwaremäßig gelöst worden: zusätzlich zum codierten Audiosignal wird noch eine Gruppennummer übertragen, die am Sender und Empfänger eingestellt werden muss.

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

- das Hörgerät eine „offene Versorgung“ hat: kein schalldichtes Ohrpaspstück, sondern der Hörschlauch oder der Lautsprecher werden vor dem oder in den Hörkanal geklemmt.
- das Hörgerät nur eine MT-Stellung besitzt (Mikrofon und T-Spule gleichzeitig in Betrieb)
- nur ein Ohr mit einem Hörgerät versorgt ist.

8.4 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 man auch Rückfragen an Diskussionsleiter stellen kann. Es können bis zu 32 Gruppen gebildet werden, z.B. für Konferenzsaal, Meeting-Room-1 etc., innerhalb der Gruppe können verschiedene Kanäle (=Untergruppen) gebildet werden: Deutsch, Englisch, Spanisch etc. Innerhalb eines Kanals können dann bis zu drei Sprecher gleichzeitig arbeiten. Die Sprachqualität soll dem Vernehmen nach sehr gut sein, über die Latenzzeit liegen uns keine genauen Angaben vor, sie dürften aber in dem Rahmen liegen wie wir das von den DECT-Telefonen gewohnt sind. Manko: fest eingebauter Lithium-Ionen-Akku, der nur im Service ausgetauscht werden kann.

Eine genauere Beschreibung der DECT-Technik findet sich hier:

<https://emf3.bundesnetzagentur.de/pdf/DECT-BNetzA.pdf>

8.5 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. Das ist im Prinzip ein normaler PC, der unter einer speziellen Software läuft. Das in Deutschland gängige System kann bis zu vier analoge Mono-Audioquellen verarbeiten und maximal 100 Nutzer versorgen, sofern das WLAN genügend Leistung hat. Die Audioquellen werden digitalisiert und mit einem vom Hersteller ausgewählten Codec komprimiert und über ein Hersteller-spezifisches Streaming-Protokoll im lokalen WLAN ausgestrahlt. Der Streamer wird wie alle Höranlagen an die vorhandene Beschallungsanlage angeschlossen. Im Prinzip ist der Streamer ein Web-Radio für den Live-Betrieb. (Es gibt freie Software im Internet).

Nun muss der Nutzer eine Hersteller-spezifische App auf sein Smartphone oder Tablet-PC installieren. Da es sein eigenes Gerät ist, nennt man das Prinzip auch BYOD (bring your own device) und will heißen *„Ich stelle nur den Service zur Verfügung, der Rest ist Dein Problem!“* Das Hörgerät wird dann mit einer Mini-Induktionsschleife oder ggf. über Bluetooth (Kap.7 und 8.10) an das Smartphone/Tablet angeschlossen oder man benutzt seine eigenen Kopfhörer. Im Prinzip ist es also das Gleiche wie eine 2,4GHz-Anlage, nur dass man seinen eigenen Empfänger mitbringt. Die Bedienung des Systems geht dann so:

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

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

- Das Gerät sendet im 2,4GHz-Bereich, der zunehmend überlastet ist: Bluetooth, andere WLAN's, andere 2,4GHz-Geräte (Fernsteuerungen, Drohnen, Walki-Talkies, Mikrowellengeräte etc.)

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

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

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

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

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

8.6 Die Infrarot-Anlage (IR)

Hier gilt vom Prinzip her dasselbe, wie bei der Funkanlage, nur dass die Übertragung nicht per Funksignal, sondern über Infrarot geschieht, also mit der gleichen Technik wie die Fernsteuerung vom Fernseher. Technisch gesehen wird das Audiosignal auf eine Trägerfrequenz frequenz-

moduliert (so wie bei FM). Allerdings wird dieses Signal dann nicht per Funk übertragen, 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 FM-Technik noch zusätzliche Einschränkungen: Sie ist nicht mobil, funktioniert nur zufriedenstellend in nicht lichtdurchfluteten Innenräumen und nur dann, wenn es einen direkten, unverstellten Sichtkontakt zwischen Sender und Empfänger gibt. Schon ein Weihnachtsbaum oder der breite Hut in der Sitzreihe zuvor schattet das Signal ab und ein Hören ist nicht mehr möglich. Der Installationsaufwand ist in der Regel höher als bei einer Induktionsschleife: Ein IR-Steuersender wird wie jede andere Höranlage angeschlossen. Von dort werden Hochfrequenz-Steuerleitungen zu mindestens einem weit über Kopfhöhe montierten Sendespiegel gelegt. Ggf. benötigen die Spiegel noch zusätzliche Stromversorgungen.

Vorteil: Es gibt auch Anlagen mit Stereo-Übertragung.

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.

8.7 Die nicht existente Bluetooth-Höranlage

Im Grunde genommen gehört Bluetooth nicht hier in dieses Kapitel. Aber weil immer wieder behauptet wird, die T-Spulen-Technik sei durch die modernere Bluetooth-Technik überholt, müssen wir uns an dieser Stelle damit beschäftigen. Um es vorweg zu sagen: Es gibt derzeit keine Höranlage mit Bluetooth-Technik, sie wäre derzeit technisch auch nicht möglich und auch nicht barrierefrei. Näheres siehe Kapitel 8.8.

8.8 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 hört man die Informationen 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. 7, Abschnitt T-Spule). Diese Geräte sollten entweder von sich aus ein Induktionsfeld

erzeugen oder zumindest eine Klinke-3,5 Buchse haben, an die eine Mini-Induktionsschleife (Hals-Ringschleife) oder ein Kopfhörer angeschlossen werden kann.

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.

8.9 Die Induktionsanlage

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

Die Anlagen sind absolut kompatibel untereinander: Jede aktivierte T-Spule im Hörgerät und jeder Induktionsempfänger funktioniert mit jeder Induktionsanlage, egal welcher Hersteller, welches Modell, welche Serie oder Ausführung, egal, welches Alter und weltweit. Dadurch gibt es keinen „ökonomischen Verschleiß“. Der Schleifenverstärker ist keine Consumer-Ware, er wird also über Jahrzehnte seinen Dienst verrichten. Da

dieser Höranlage typ 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.

8.9.1 Die Induktionstechnik ist nicht veraltet!

Von Hörakustikern kommt oft die Aussage, 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 entweder schlecht informiert sind oder einiges verwechselt haben:

1. Das Alter einer Technik entscheidet nicht darüber, ob sie veraltet ist. Denn dann ist z.B. die Jahrtausende alte technische Erfindung des Rades schon längst durch die moderne Luftkissentechnik überholt. Autos mit Rädern sind technisch veraltet und wir sollten mit moderner Luftkissentechnik ins Büro fahren. Wer sein Schnitzel am Feuer grillt ist hoffnungslos neandertalig, Mikrowelle ist angesagt! u.s.w.
2. Die Qualität ist mit einem fast linearen Frequenzgang zwischen 100 und 5000Hz erheblich besser als bei Telefon und Smartphone. Und warum überträgt ein namhafter Hörgerätehersteller das Signal seines hervorragenden Spitzenmikrofons induktiv 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 als „letzte Meile“ über Induktion auf das Hörgerät.
4. Bluetooth ist eine spezielle Variante der 2,4GHz-Technologie und kann maximal zwei Hörgeräte verbinden. Hier wird Bluetooth mit der 2,4GHz-Technik verwechselt. Näheres siehe Kapitel 8.10.
5. Dass kaum ein Hörgerät noch die T-Spule besäße, ist eine glatte Lüge. Praktisch in jeder HdO-Hörgeräte-Serie gibt es Geräte mit T-Spule. Es ist sogar so, dass es Bauserien mit nachrüstbarer T-Spule gibt. Das einzige Problem ist, dass oft Hörakustiker*innen nicht darauf achten, die Kunden nicht über die T-Spule aufklären und erst Recht nicht die T-Spule aktivieren, oder sich sogar gegen den Kundenwunsch weigern. Da kommt die Frage auf, warum und wozu dieses Verhalten?

In der Tat gibt es verschiedene Versuche, die Induktionstechnik durch eine Variante der 2,4GHz-Technik zu ersetzen. Jeder Hersteller kocht da sein eigenes Süppchen. Ein Gremium von hochrangigen Experten geht von mindestens 10-15 Jahre aus, bis die Entwicklung fertig sein könnte. Siehe: <https://www.carsten-ruhe.de/downloads/induktive-hoeranlagen/>
Dokument: 2019-08 Erklärung des Internationalen Komitee für barrierefreien Hör-Zugang (IHAC). Erst muss eine zuverlässige und praxistaugliche Technik entwickelt werden, die weder andere Geräte stört, noch von anderen Geräten gestört wird, z.B. medizinische Geräte im Krankenhaus. Alle Hörgerätehersteller müssen sich darauf einigen, einige werden ihre Micro-Chips neu entwickeln müssen. Eine Norm muss entwickelt und durch die internationalen Gremien verabschiedet werden. Technische Messvorschriften müssen erarbeitet und Messgeräte entwickelt und produziert werden, die die Einhaltung der Norm überprüfbar machen. Diese Norm muss in viele nationale Vorschriften übernommen werden. Hörgeräte mit der neuen Technik müssen auf allen internationalen Märkten typgeprüft werden und eine Musterzulassung erhalten. Ist es dann soweit, wird diese Technik zunächst in die Highend-Geräte eingebaut, denn die Entwicklung muss sich erst amortisieren, bevor sie dann in die Mittelklasse und danach in die Basisgeräte eingebaut wird. Eine Hörgeräte-Generation dauert so etwa 8 Jahre, d.h. auch wenn die Krankenkasse nach 6 Jahren ein neues Basisgerät bezahlt; Nutzer von zuzahlungspflichtigen Hörgeräten der Mittel- oder Oberklasse zögern eine Neuanschaffung wg. der Kosten möglichst lange hinaus. Wir können davon ausgehen, dass es nochmals 15-20 Jahre dauern wird, bis die Technik in den Basisgeräten angekommen sein wird. Das sind gnädig gerechnet mindestens 20-25 Jahre, bis eine neue Technik flächenmäßig nutzbar ist. Das sind mehrere Generationen von Schwerhörigen, die wir solange nicht im Störschall stehen lassen dürfen.

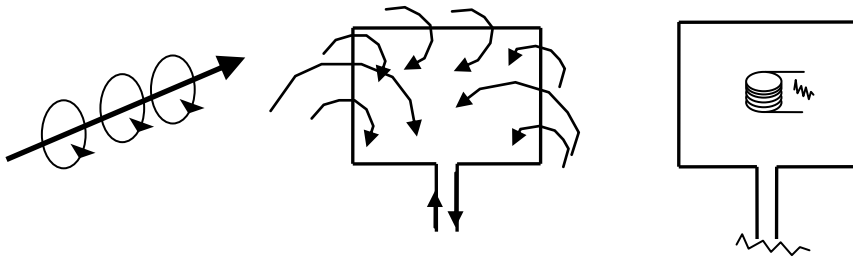
Und wenn es dann die neue Technik gibt, dann wird es kleine Zusatzgeräte geben, die das Signal einer Induktionsschleife auf die neue Technik umsetzt. Die Induktionsschleifen können dann weiterhin im Einsatz bleiben.

Zur Praxistauglichkeit gehört, dass diese Technik mindestens so praktisch sein muss wie die Induktionstechnik: Hörgerät mit einem Tastendruck am Hörgerät umschalten und fertig: ich habe automatisch das, was ich in diesem Raum hören will. Es dürfen keine Zusatzgeräte, Pairing-Prozeduren, Code-Eingaben oder ähnliches in ein Zusatzgerät/Fern-

steuerung/Smartphone-App eingegeben werden müssen, wie es bei den bisher angebotenen „Alternativen“ der Fall ist; ansonsten ist die Technik nicht barrierefrei und bedeutet Komfort-Verlust gegenüber der T-Spule. Die Induktion ist weiterhin aktuelle Technik für die Grundversorgung.

8.9.1.1 Was ist eine Induktionsschleife?

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



8.9.1.2 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 aufgenommen Schalls ist. Bei einem Spannungsverstärker ist die abgegebene Spannung (Volt) proportional zu dieser Mikrofonspannung, bei einem Stromverstärker ist es der Strom (Ampère).

Lautsprecher => Spannungsverstärker: Ein Lautsprecher braucht eine elektrische Leistung, die in Schall-Leistung umgesetzt wird. Die

physikalische Formel: $N = U^2/R$ (Leistung = Spannung zum Quadrat durch elektrischen (Wechselstrom-)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 Formel: $H = I / 2\pi r$ (Strom [Ampere] durch: 6,28 mal Abstand vom Kabel). Wir sehen, die Feldstärke ist nur vom Strom und der Entfernung zum Kabel abhängig.

Wenn Sie ein Angebot vom Elektroakustiker erhalten, laden Sie sich von der Herstellerseite im Internet das Datenblatt herunter. Dort steht immer die maximale Versorgungs-Fläche. Die sollte auf alle Fälle größer sein, als die Fläche der Kirche, weil noch etwas Reserve eingeplant werden soll. Meist deutet die Verstärkertype auf die Fläche hin, für die er ausgelegt ist. Beispiel:

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

*) spezielles Schleifenlayout mit teurem flachen Kupferband.

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

Die Installation muss eine erfahrene Elektroakustik-Firma machen, die die Messgeräte zur Einmessung nach DIN EN 60118-4: 2014 besitzt. (Besitzt nicht jede Firma, da sie um die Tausend EUR kosten und regelmäßig geeicht werden müssen. (z.B. Ampetronic FSM/Loopwork R1 oder UNIVOX FSM 2.0 zum Preis von etwa 300-700€ zuzüglich eines CD-Players mit linearem Frequenzgang zwischen 100 und 16000 Hz.)

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

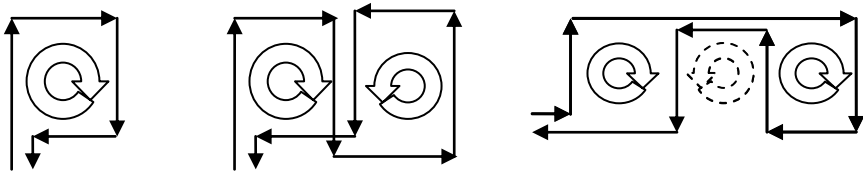
falsch und reduziert die Sprachverständlichkeit für Schwerhörige, weil der Frequenzgang am Lautsprecherausgang nie linear ist und ein Trafo die wichtigen hohen Frequenzen beschneidet. So kann nie die Norm erfüllt werden. Siehe auch Kap. 9.

8.9.1.3 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/Spule liegen waagrecht „Nukleus-CI“) => eng beieinander liegend: verdrehen.

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



8.9.1.4 Metallverluste

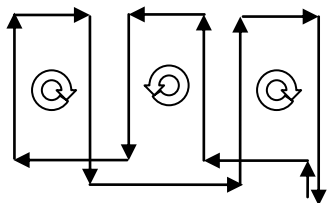
Das Prinzip ist ja: eine große Spule induziert Strom in eine kleinere. Dabei wird natürlich ein klein wenig Energie aus dem erzeugten Magnetfeld in die T-Spule übertragen. Die Energie ist proportional zur Querschnittsfläche und Anzahl der Windungen der Spule. Das ist bei der kleinen T-Spule im Hörgerät 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 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 dem 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 Schleifensystem 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 darüber gelegt und jeweils mit dem um 90° phasenversetztem Signal versorgt.

8.10 (Fast) alles rund um Bluetooth

Zunächst hier ein paar Grundlagen über Bluetooth, dann gibt es Infos über den Aufbau eines Bluetooth-Hörgerätes, Vor- und Nachteile der Technik und warum Bluetooth nicht als Höranlagen-Technik in Frage kommt. Eines aber vorweg: mit Bluetooth im Hörgerät lassen sich ein paar Probleme elegant lösen, aber nicht alle und gewiss kann Bluetooth die T-Spule nicht ersetzen – genauso wenig wie ein High-Tech-Küchenmixer einen Kochlöffel ersetzen kann.

Bluetooth ist eine digitale Funktechnik im 2,4GHz-Bereich. Es wurde entwickelt für die drahtlose Anbindung von Computer-Zubehör (Maus, Tastatur, Lautsprecher/Mikrofon (Headset), Drucker etc.), zu einer Zeit weit vor den Smartphones. In einem Umkreis von normalerweise 10m wird ein Pico-Funknetzwerk mit einer 3bit Netzwerkadresse aufgebaut, heißt: maximal 8 Geräte können gleichzeitig aktiv sein (1 „Master“ und 7 „Slaves“ = Zubehörgeräte). Jeder Slave muss in der Pairing-Prozedur vom Master akzeptiert werden. Der Master vergibt dann Sendekanal und Sendezeitpunkt, die jeweils nach einem bestimmten Zeitplan wechseln (Frequenz-Hopping und Zeitscheibenverfahren), das soll die Störungsfreiheit erhöhen. Dadurch entsteht eine gepulste Hochfrequenzstrahlung. Anm.: Ein dänischer Hörgerätehersteller hat eine schnelle Technik entwickelt, die die Sendelücken, die bei diesem Verfahren entstehen, ausnutzen kann.

Standardmäßig kann an einem Bluetooth-Gerät (Notebook/Smartphone) nur jeweils ein Gerät einer Gerätekategorie aktiv sein, oder anders gesagt: ein Bluetooth-Profil kann jeweils nur einem Gerät zugeordnet werden. Das kennen wir ja: Ist ein Headset mit dem Smartphone verbunden, wird es abgemeldet, wenn ein Bluetooth-Lautsprecher verbunden wird. Zwei Headsets an einem Handy sind erst ab Version vom Dez. 2016 möglich, das reicht aber nicht für eine Höranlage.

Bluetooth (Classic), gilt als „Batteriefresser“. Das kennen wir ja vom Smartphone, ist das Headset verbunden, geht die Akkulaufzeit rapide hinunter. Die meisten Geräte arbeiten im 1mW-Modus (im Innenraum 1m, im Freien 10m Reichweite), um die Batterien zu schonen. Es könnte auch mit 100mW funken, das reicht im Freien 100m weit, die Regel ist aber die Begrenzung auf 10m im Innenbereich = 2,5mW.) Bei vollen 100mW Sendeleistung reicht die Energie der üblichen Hörgerätebatterie Type-10 für 1½ Stunden Bluetooth-Senden, die Type-5 reicht für ½ Std. Die Zeiten sind praktisch etwas länger, weil im Prinzip mehr empfangen als gesendet wird. Hinzu kommt aber noch der Verbrauch des Hörgerätes selbst. Deshalb wurde für „Wearables“ und „Smart Home“ (Fitness-Uhren, „Internet-of-Things“ etc.) das Bluetooth-Low-Energy bzw. Bluetooth-Smart entwickelt. Dieses kann aber keine Tonübertragung. Dieses Manko hat die Firma Apple erkannt und hat in sein Betriebssystem iOS eine Audio-Erweiterung eingebaut, die die Lautsprecher-Funktion beherrscht, nicht aber die Mikrofonfunktion. Hörgerätehersteller können diese Erweiterung ebenfalls einbauen („made for iPhone“).

Bluetooth-Chips gibt es auf dem Weltmarkt extrem klein und billig oder Bluetooth wird gleich im Hörgeräte-Chip integriert(on-Die). Die Antenne wird kostengünstig auf die Platine geätzt oder aufgedampft.

Es gibt diese unterschiedlichen Bluetooth-Systeme:

- **Bluetooth-Classic:** wie wir es vom PC/Notebook/Smartphone her kennen. Es beherrscht die Tonübertragung (Stereo-Lautsprecher und Mikrofon).
- **Bluetooth-LE(Low Energy)**=Bluetooth-Smart, unterstützt keine Tonübertragung, es ist für „Wearables“ und „smart home“ konzipiert: kurze Statusinformation von Sensoren und Geräten etc. („Internet der Dinge“= IoT = „Internet of Things“)
- **Bluetooth-LEA:** patentierte Spezialversion von Apple, unterstützt auch die Lautsprecher-Funktion, nicht aber Mikrofon. Funktioniert nur mit iPhone/iPad, nicht mit Android, nicht mit Windows oder Linux.
- Noch nicht oder gerade eben erschienen: **Bluetooth-LE?** mit Audioerweiterung für Android ab Version 10.
Wenn es erscheint, benötigt das Hörgerät ein Firmware-Update und das Smartphone ein Betriebssystem-Update. Für nicht mehr aktuelle Geräte also unwahrscheinlich.

Wie ist ein Bluetooth-Hörgerät aufgebaut?

Das Ziel eines Bluetooth-Hörgerätes ist, dass wir beim Telefonieren den Ton drahtlos empfangen können und nicht erst eine Mini-Induktions-Schleife (Hals-Ringschleife) anschließen müssen, also Ziel: Telefonier-Komfort.

Bluetooth-Classic gilt als Batterie-Fresser. Es gibt nur drei Hörgeräte-Modelle mit eingebautem Bluetooth-Classic, eines davon mit T-Spule. Wollen wir nur mit einem iPhone telefonieren, reicht ein „made-for-iPhone“-Hörgerät. Wollen wir aber auch noch „hands free“ (d.h. Handy in der Tasche lassen) oder auch mit älteren Apple oder nicht-Apple-Geräten telefonieren bzw. Musik hören, dann brauchen wir ein Zusatzgerät mit Mikrofon, das Bluetooth-Classic empfängt und das Signal dann weiter sendet an das Hörgerät. Manchmal hat dieses Zusatzgerät auch einen Klinke-3,5-Anschluss, über den ein anderes Audiogerät ohne Bluetooth angeschlossen werden kann. Mitunter ist dafür aber ein zweites Gerät notwendig: der TV-Adapter, der allerdings nicht mobil ist.

Bei Zusatzgeräten geht das Laden des oft fest eingebauten Akkus genauso „problemlos“, wie wir das von unseren Smartphones gewohnt sind. Es kann lässig mit einem praktischen Clip am T-Shirt-Kragen oder mit einer Schlaufe um den Hals getragen werden.

Und nun ist die Frage, wie schickt das Zusatzgerät den Ton ans Hörgerät weiter:

- **T-Spule:** Das Zusatzgerät hat eine praktische Umhängeschleife, in die eine Mini-Induktionsschleife eingebaut ist. Bei neuen Geräten aber selten.
- **Bluetooth-LEA:** das Zusatzgerät wird auf der einen Seite mit dem „made-for-iPhone“-Hörgerät mit Bluetooth-LEA gepairt, auf der anderen Seite mit dem Bluetooth-Classic-Smartphone, MP3-Player etc. Es sind also schon 4 Bluetooth-Geräte aktiv: der Sender als erstes, das Zusatzgerät enthält zwei unterschiedliche Bluetooth-Einheiten: 1xEmpfänger, 1xSender und das Hörgerät als Nummer 4.
- **Spezielle Funktechnik:** Da gibt es keinen Standard. Es könnte z.B. eine FM-Funktechnik z.B. mit 10,2MHz, 470MHz oder sonst eine Funktechnik sein.

Was kann noch über Bluetooth gelöst werden?

Die Fernsteuerung eines Hörgerätes kann durch eine App auf dem Smartphone ersetzt werden und kann dann auch sehr viel mehr anpassen, als es die wenigen Tasten einer Standard-Fernsteuerung können. Die Fernsteuerung läuft nicht unbedingt über Bluetooth, sondern über einen 15000Hz Pfeifton, den Schwerhörige nicht hören können. Läuft sie über Bluetooth, wäre damit 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 die Nutzerdaten durch andere Daten aus dem Smartphone angereichert werden. Ebenso wäre das „Internet der Dinge“ möglich: ich kann ständig Meldungen meiner smarten Haushaltsgeräte auf's Ohr bekommen: Hörstress pur.

Es wird noch ein Vorteil genannt: Mit der entsprechenden App könne das Smartphone in bestimmten Situationen ein kleines Funk-Richtmikrofon ersetzen, das ich einem Redner um den Hals hängen kann und das dann meine ganz persönliche Höranlage ist. Allerdings hat kein Smartphone ein Richtmikrofon, Nebengeräusche kommen also vermehrt durch. (=Kompromiss) Nebenbei: Bei dieser Anwendung liegt das Smartphone vorne auf dem Rednerpult. Bewegt der/die Redner*in sich weg, ist man außen vor. Und nach der Veranstaltung sollte man schleunigst sein Smartphone abholen, bevor es ein anderer tut :-(

Bluetooth und Höranlagen

Grundsätzlich kann Bluetooth die T-Spule nicht ersetzen, weil einerseits Bluetooth sich nicht als Höranlagen-Sende-Technik eignet und andererseits Bluetooth sich nicht direkt mit irgendeiner bestehenden Höranla-

gen-Technik verbinden kann. Indirekt und mit Verlust der Barrierefreiheit geht es aber mithilfe eines Standardempfängers der jeweiligen Höranlage, der einen nutzbaren Kopfhörerausgang besitzt. Dazu weiter unten oder unser gesondertes Infoblatt.

Warum aber wird dann von Hörakustikern Bluetooth als Alternative zur Induktions-Technik gepriesen? Das hat damit zu tun, dass sie in erster Linie Schwerhörige in der häuslichen oder beruflichen Umgebung im Sinn haben, und da vor allem das Telefonieren; denn wieder richtig telefonieren zu können, gehört zu ihren stärksten Wünschen. Den sonntäglichen Gottesdienst-Besuch, Vortrag oder Theater verlieren sie offensichtlich aus dem Fokus.

Im Übrigen ist ein Hörgerät mit Bluetooth immer zuzahlungspflichtig mit mindestens 500€ pro Gerät. Das heißt, es ist keine Technik für die Grundversorgung, sondern nur eine Zusatz-Option.

Warum kann Bluetooth keine Höranlagen-Sende-Technik sein?

Bluetooth ist immer eine 1:1 oder ab Version 4.2 eine 1:2-Verbindung. Das heißt, es könnten mit einem Bluetooth-Sender maximal zwei Hörgeräte verbunden werden. Es gibt zwar ein Gerät eines dänischen Hörgeräteherstellers, das mehrere Bluetooth-Hörgeräte ankoppeln kann. Dabei ist aber unklar, ob nur Geräte dieses Herstellers gekoppelt werden können. Aber: es bleibt immer die so verhasste Pairing-Prozedur. In der Kirche wollen aber mehrere Hörgeräteträger zuhören, das ist eine 1-zu-n-Beziehung: geht nicht mit Standard-Bluetooth. Praktisch müssen Bluetooth-Sender und Bluetooth-Empfänger in den Pairing-Modus versetzt werden. Dabei kappt der Sender automatisch eine der ggf. zuvor bestehenden Verbindungen.

Nur jeweils der letzte, der sich verbindet, könnte zuhören oder wenn der Sender technisch manipuliert wird, evtl. nur sieben (s.o.: Es gibt nur 8 Netzwerkadressen, 1x master, 7x slaves). Gesetzt den Fall, es gäbe eine Bluetooth-Höranlage, so müsste sich jede*r Nutzer*in erst einmal bei der*m Anlagenbetreuer*in melden, dass die Anlage in den Pairingmodus versetzt wird und dann die Pairing-Prozedur am Hörgerät starten und ggf. den Pairing-Code eintippen, bevor das Hörgerät akzeptiert würde. => nicht barrierefrei/“no-go“. Bluetooth eignet sich also überhaupt nicht für eine Höranlage.

Weitere Probleme: **Latenzzeit:** Nicht zu vernachlässigen ist die Zeit, die Bluetooth zum Übertragen benötigt. Das Standard-Audio-Protokoll ist

schon so langsam, dass weitere Protokolle entwickelt wurden. In der Pairing-Prozedur wird ausgehandelt, mit welchem Protokoll gearbeitet wird. Beim Musikhören ist das kein Problem und beim normalen Telefonieren entstehen einfach etwas längere Gesprächslücken. Aber schon beim Fernsehen ist es lästig, wenn keine Lippensynchronität mehr besteht: im Krimi fällt das Opfer um, bevor der Schuss zu hören ist. Auch bei einer „offene Versorgung“, kann die Sprachverständlichkeit leiden. (siehe weiter unten).

Geräte ohne Bluetooth (Fernseher, Stereo-Anlage etc.): hat das Zusatzgerät zum Telefonieren (s.o.) keinen externen analogen Audio-Eingang (z.B. Klinke 3,5/2,5) wird meist ein weiteres Gerät benötigt, das einen analogen externen Eingang hat (meist Klinke 3,5). (z.B. unter dem Namen „Streamer“, „Beamer“) Habe ich ein solches Zusatzgerät nicht, könnte evtl. ein Standard Bluetooth-Classic-Audio-Sender aus dem Internetshop weiterhelfen. Dann läuft die Kette: Fernseher analog per Kabel an Bluetooth-Classic-Sender. Dieser per Bluetooth-Funk an Hörgeräte-Bluetooth-Zusatz-Gerät. Und dieses dann an Hörgerät. Wie war das mit „Bluetooth ist praktisch und bequem“?

8.11 Die Empfängerseite einer Höranlage: der Weg ins Hörgerät

Es gibt unterschiedliche Wege einer Höranlage in das Hörgerät: über

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

Die **Sonderlösungen** fallen für öffentliche Räume schon von vorne herein weg, denn dabei handelt es sich in der Regel um spezielle Funkmikrofone oder sonstige teure Zubehörteile. Oft sind diese Zusatzgeräte so konfiguriert, dass sie nur mit Hörgeräten desselben Herstellers, derselben Serie oder gar nur mit individuell „verhandelten“ Hörgeräten funktionieren. Schwerhörige müssen also den*die Sprecher*in bitten, ihr spezielles Gerät um den Hals zu tragen und immer wieder an andere Akteure im Gottesdienst (→ Schriftlesung, Abkündigungen, Sondergottesdienste) weiter zu reichen. Da könnten also mitunter mehrere Geräte dem*r Pfarrer*in um den Hals gehängt werden. Außerdem werden sie so zu Bittstellern. Das ist weder barrierefrei noch irgendwie zielführend.

Bluetooth z.B. ist ein Funkprotokoll im 2,4 GHz-Bereich (WLAN, Mikrowelle). Es wurde als Verbindung zu Computerzubehör (Maus/ Tastatur, Drucker, Headset etc.) mit Absicht nur auf eine Reichweite von normalerweise 10m und nur für höchstens 7 Geräte, aber jeweils nur eines einer Geräteklasse konzipiert. (Kap.8.10).

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

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

Die **T-Spule** (Telefonspule/Induktionsspule) ist der beste und einfachste Weg. Sie nimmt an Stelle des Mikrofons ein elektromagnetisches Feld mit dem Nutzschall-Signal auf und schickt es in den Soundprozessor des Hörgerätes. Von Hörgeräte-Mikrofon auf T-Spule umschalten ist einfach: ein Tastendruck am Hörgerät oder auf der Fernsteuerung. Etwa 80% der Hörgeräte haben eine T-Spule, Tendenz steigend, jedoch ist oft die Umschaltung auf T-Spule nicht von vornherein programmiert. Das erledigt ein*e Hörakustiker*in kostenlos in wenigen Minuten – vorausgesetzt, man hat sich nicht für eines der super-kleinen Hörgeräte entschieden, die man zwar nicht gleich sehen kann, die dafür aber technisch abgespeckt sind und keine T-Spule besitzen. Übrigens: Wer hier aufmerksam liest, wird das Problem sehen, dass die T-Spule ja auch als Spule höhere Frequenzen dämpft. Das wird aber durch den Soundprozessor des Hörgerätes ganz exakt ausgeglichen.

Eine FM- oder InfraRot-Anlage, die 2,4GHz-Sender oder der Streamer können nicht direkt in die T-Spule des Hörgerätes übertragen. Zu diesen

Anlagen gibt es jeweils kleine Empfänger, die eine Standard-3,5-Klinken-Buchse für Kopfhörer haben. An diese Buchse wird dann eine **Mini-Induktionsschleife** (auch Hals-Ringschleife) (ab 60 EUR) angeschlossen, die um den Hals getragen wird.

Wichtig: In T-Stellung kann nur das gehört werden, was über die Induktionsschleife übertragen wird. Das ist ja der Sinn, dass andere Schallwellen ausgeblendet werden. D.h., spricht der*die Pfarrer*in nicht ins Mikrofon (z.B. bei einer Taufe am Taufstein oder bei einer Trauung), kommt auch nichts bei Schwerhörigen an. (Wir empfehlen deshalb ein Ansteck-Mikrofon mit Taschensender – näheres weiter unten.) 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. Manche Schwerhörige schalten auch beim einen Ohr auf T-Spule und am anderen Ohr das Mikrofon ein, um in solchen Situationen doch noch etwas verstehen zu können. Diese Kompromisse müssen nicht sein. Zudem muss man „Hörschielen“ können.

8.12 Fazit: Barrierefreiheit, Praktikabilität, Kosten etc.

Alle Höranlagentechniken außer der Induktion benötigen beim Hörgeräteträger Zusatzgeräte. Diese müssen (bis auf Smartphone/Tablet) vor Ort gewartet und ausgeliehen werden. Erfahrungsgemäß bestehen aber hohe psychische Barrieren, sich bei dem*der Mesner*in so ein Gerät auszuliehen. Diesen Schritt gehen meist nur die, die offensiv mit ihrer Schwerhörigkeit umgehen. Das heißt, alle Techniken, bei denen Zusatzgeräte benutzt werden müssen, sind nach der Gesetzeslage nicht barrierefrei, auch nicht die Streamertechnik: man muss sein Zwischengerät selbst mitbringen und hat technische Hürden: erst muss eine App installiert und bedient werden, also erst recht nicht barrierefrei (siehe Seite 2)

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

Besitzer von technisch abgespeckten Hörgeräten mit Bluetooth ohne T-Spule, nehmen einen Induktionsempfänger, den sie an ihr Bluetooth-Zubehörteil zum Hörgerät mithilfe eines kleinen Klinke-3,5-zu-Klinke-

3,5/2,5-Kabeln verbinden. Notfalls nehmen sie eine Zwischenstation mit einem handelsüblichen Bluetooth-Classic-Sender. Allerdings ist mit einer höheren Zeitverzögerung zu rechnen. (siehe Kap.8.13) Auf gleiche Art wird auch eine FM- oder Infrarotanlage angeschlossen, statt des Induktionsempfängers wird der FM- bzw. IR-Empfänger angeschlossen.

8.13 Höranlagen-Typ und Hörgerät passen nicht?

Eine induktive Höranlage und ein Hörgerät mit aktivierter T-Spule passen ideal zusammen, es ist barrierefrei: Hörgerät auf T umstellen, fertig, alles funktioniert.

Gibt es einen anderen Höranlagen-Typ (FM, Infrarot, 2,4GHz, DECT, WLAN etc.) oder hat das Hörgerät nur Bluetooth, dann klappt die Verbindung nicht mehr barrierefrei: es werden Zusatzgeräte benötigt. Aber immerhin, prinzipiell gehen alle Kombinationen. Der „Trick“ ist der: Wir müssen der vorhandenen Höranlage ein Standard-Tonsignal „entlocken“, das wir dann auf geeignetem Weg ins Hörgerät schicken. Wie, das beschreiben wir hier.

Zum Höranlagen Typ WLAN-Streamer ist der Empfänger ein normales Smartphone/Tablet mit der entsprechenden App. Zu den Höranlagen-Typen FM, Infrarot, 2,4GHz gibt es prinzipiell zwei Sorten von Empfängern:

- Der **Kinnbügel-Empfänger**: Das ist im Prinzip Stethoskop-Kopfhörer (so ähnlich wie beim Arzt), nur dass unten kein Schlauch, sondern ein Empfangsteil mit Akku oder Batterie angebaut ist. Sie sind wartungsintensiv und nicht barrierefrei: Akkus müssen immer wieder geladen und nach ein paar Jahren ggf. beim Service ausgetauscht werden. Und es gibt Hygieneprobleme: die Ohrpads müssen nach jeder Benutzung hygienisch einwandfrei gereinigt werden. Nebenbei: der Tragekomfort ist nach Test der Autoren oft schlecht ausgefallen: Druckgefühl am Ohr, Herumgebammel am Kinn, Geräusche, wenn sie an der Kleidung vorbeirutschen etc.
- Der **Standard-Empfänger**: , Das ist ein kleines Kästchen, etwa Zigarettenschachtel-groß, manchmal auch etwa 6cm rund. Es hat einen Klinke-3,5-Anschluss, an dem ein normaler Kopfhörer angeschlossen werden kann. Allerdings kann gerade bei FM-Empfängern die Buchse trickhaft beschaltet sein, damit nur Kopfhörer und Mini-Induktionsschleifen des Herstellers funktionieren oder teure Adapter gekauft werden müssen. (Hinweis für Elektroniker: Entweder Standard-Mono/Stereo-Beschaltung oder Spezial: Tip ist meistens Signal, Ring Signal oder Ground, Shaft fast immer Ground.)

Die Geräte muss die Kirchengemeinde vorhalten und jede*r kann den eigenen Standard-Kopfhörer anschließen. Ein paar Ein-EUR-Ohrhörer sollten für Vergessliche im Vorrat gehalten werden.

So einen Standardempfänger benötigen wir hier, denn aus dem Klinke-3,5-Anschluss kommt das benötigte Standard-Tonsignal heraus.

Für Induktionsanlagen gibt es zahlreiche Varianten im Internet ab ca.30€ und sie funktionieren mit jeder Induktions-Anlage.

Alle anderen Anlagen sind Hersteller- bzw. Serien-spezifisch. Sind keine Standard-Empfänger vorhanden, müssen sie beim Hersteller bzw. einem seiner Händler besorgt werden. Ist die Höranlage zu alt, gibt es wahrscheinlich keine Geräte mehr. Aber auch einen Kinnbügel-Empfänger kann ein Elektroniker bzw. Elektronik-Bastler zu einem Standard-Empfänger umbauen: er lötet einen „Klinke-3,5-Anschluss mit Umschalter“ ein. Bauteilekosten sind ca. 2-3€. Die Schaltung ist einfach: Wird der Stecker in die Buchse gesteckt, werden die eingebauten Kopfhörer-Kapseln abgeschaltet.

Nun gibt es verschiedene „Sorten“ von Hörgeräten:

- **Kategorie I** : T-Spule vorhanden
- **Kategorie II** : Audio-Schuh vorhanden
- **Kategorie III** : Nur Bluetooth vorhanden
- **Kategorie IV** : Weder T-Spule noch Bluetooth

Kategorie I: Hörgerät mit T-Spule

Das ist die einfachste Variante. Manchmal hat die Fernsteuerung des Hörgerätes eine T-Spule eingebaut. Bei einer Induktions-Anlage benötigen wir nichts weiter, bei einer FM, Infrarot oder 2,4GHz-Anlage benötigen wir deren Standard-Empfänger, beim WLAN-Streamer benötigen wir ein Handy/Tablet mit der passenden App. Am Klinke-3,5-Ausgang schließen wir eine Mini-Induktions-Schleife (auch Halsringschleife genannt) an. Die gibt es im Internet ab ca. 60€. Sie wird einfach um den Hals getragen und erzeugt ein kleines Induktionsfeld, das die T-Spule aufnimmt. Hörgerät ganz normal auf T umstellen, Standardempfänger einschalten und die richtige Lautstärke einstellen. Ist die T-Spule in der Fernsteuerung, müssen wir sie ebenfalls um den Hals hängen, damit sie innerhalb der Schleife hängt. Beim FM/Infrarot-Empfänger muss ggf. noch der richtige Kanal bzw. bei der 2,4GHz-Anlage die Gruppennummer eingestellt werden, das ist normalerweise voreingestellt oder der/die Anlagenbetreuer*in zeigt es.

Kategorie II: Hörgerät mit Audio-Schuh

Dazu gibt es immer ein passendes Anschlusskabel mit Klinke-3,5-Stecker. Der wird einfach in den Standard-Empfänger eingesteckt, das Hörgerät auf Audio-Schuh umgestellt, der Standardempfänger ggf. auf richtigen Kanal/Gruppennummer und die passende Lautstärke eingestellt.

Kategorie III: Hörgerät hat nur Bluetooth

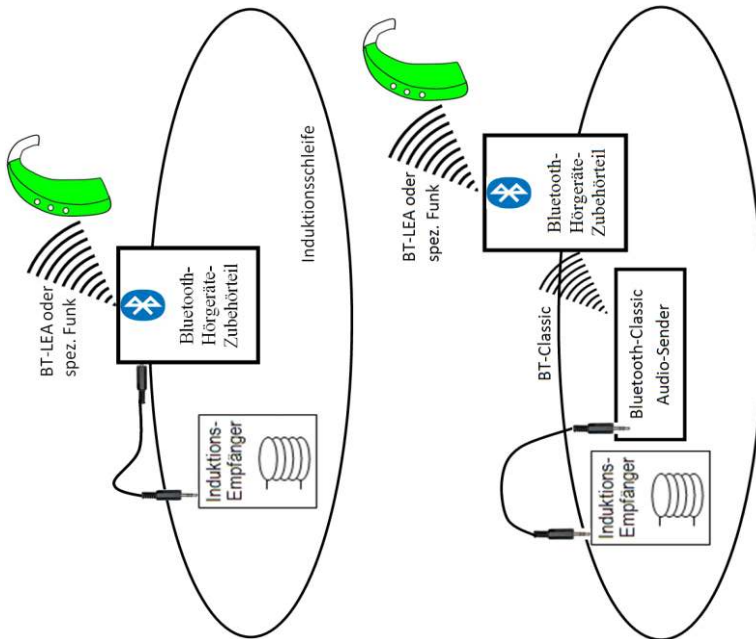
Hier müssen wir das Signal aus dem Kopfhöreranschluss vom Standard-Empfänger in das Bluetooth-Hörgerät hinein bekommen.

Für viele dieser technisch reduzierten Highend-Hörgeräte ohne T-Spule gibt es ein zuzahlungspflichtiges Bluetooth-Classic-Zusatzteil mit Batterie/Akku. Nun hängt es davon ab, was dieses Zusatzgerät bietet:

- a) Hat das Bluetooth-Zusatzteil einen externen Eingang (Klinke-3,5 oder 2,5), dann verbinden wir mithilfe eines passenden Klinke-zu-Klinke-Kabels den Standardempfänger mit dem Zusatzteil. Normalerweise sollte dies klappen. Wenn nicht, ist der Sender Mono oder Spezial-beschaltet. Dann benötigen wir noch einen Stereo-zu-Mono-Adapter oder Spezial-Adapter (siehe Tipp oben).
- b) Hat das Bluetooth-Zusatzteil keinen externen Eingang, so müssen wir das Signal aus dem Standardempfänger eben selbst als Bluetooth-Classic auf das Hörgeräte-Zusatzteil senden. Das ist einfach: Es gibt in Internet-Shops sogenannte Bluetooth-Transmitter oder Sender, mit Akku (ab 7€). Die Geräte haben einen Stereo-Klinke-3,5-Audioeingang und wandeln das eingehende Audiosignal in Bluetooth um. Sie sind dazu gedacht, den Fernsehton an Bluetooth-Kopfhörer zu senden. So gesehen ist das Bluetooth-Hörgerät doch eigentlich ein speziell für mich angepasster Bluetooth-Kopfhörer in „besonderer Bauform“.
- Den Standard-Empfänger und den Bluetooth-Sender verbinden wir mit dem mitgelieferten Klinke-zu-Klinke-Kabel, ggf. wird noch ein Adapter benötigt. (siehe Tipp oben)
- Den Bluetooth-Sender mit unserem Hörgeräte-Zusatzteil pairen, so, wie wir das auch mit einem Smartphone oder MP3-Player machen täten. Wie der Bluetooth-Sender in den Pairing-Modus geschaltet wird, sagt seine Bedienungsanleitung. Hat er keine Knöpfe, geht er beim Einschalten in den Pairing-Modus.
- Den Standard-Empfänger einschalten ggf. Kanal/Gruppennummer einstellen und Lautstärke einregeln.

Der Standard-Empfänger kann mit dem Bluetooth-Sender mit einem selbstklebenden Klettband praktisch verbunden werden. Das geht allerdings oft nicht, denn mancher Bluetooth-Sender produziert im Nahbereich Störfrequenzen, die der Standard-Empfänger dann mit überträgt. Dann müssen so etwa 8-15 Zentimeter Abstand sein. Mit einem dünnen Nylon-Seil hängen wir das Pärchen um den Hals oder stecken es einfach in die Tasche.

Die folgenden Zeichnungen stellen die Version a) und b) mit einem Standard-Induktionsempfänger dar. Der steht dort sinnbildlich und kann durch einen FM, Infrarot oder 2,4GHz-Empfänger, Smartphone/Tablet ersetzt werden.



Kategorie IV: Hörgerät hat weder T-Spule noch Bluetooth

Der/die Hörakustiker*in muss erklären, wie externe Audiosignale in das Hörgerät gelangen, vielleicht ein Zusatzgerät mit spezieller Funktechnik, an dem der Standard-Empfänger angeschlossen wird.

Gibt es keine Lösung, probieren wir einen Kopfhörer aus. Geschlossene Kopfhörer haben einigermaßen schalldichte Plastik-Schalen, offene Kopfhörer haben ein schalldurchlässiges Schaumstoffpolster.

Gibt es mit dem geschlossenen Kopfhörer kein Rückkopplungspfeifen, ist das die Wahl, weil dann weniger Störgeräusche zu hören sind. Ansonsten probieren wir den offenen Kopfhörer. Gibt es mit ihm ebenfalls Rückkopplungspfeifen, müssen wir den Kopfhörer ohne Hörgerät ausprobieren.

Reicht die Verständlichkeit nicht, war die Hörgeräte-Beratung offensichtlich unzureichend. Entweder wird die 6-Jahres-Krankenkassen-Frist für ein neues Hörgerät abgewartet oder man besorgt sich privat einfache günstige Hörgeräte mit T-Spule für den sonntäglichen Gottesdienst.

8.14 Für Schwerhörige ohne Hörgerät

Besitzt der/die Schwerhörige kein Hörgerät, ist eine Möglichkeit das Hören über Kopfhörer. Das gilt auch dann, wenn das Hörgerät herausgenommen werden muss, weil es nur über ein Mikrofon, aber keinen anderen Zugang wie T-Spule, Bluetooth etc. verfügt und es zu Rückkopplungen kommt, wenn es mit Kopfhörer benutzt wird.

Nun wird ein passender Kinnbügelempfänger (siehe weiter unten bzw. Kap.8.13) oder ein Standard-Empfänger mit Kopfhörer benutzt. Dies hat aber entscheidende Nachteile gegenüber der T-Spule im Hörgerät:

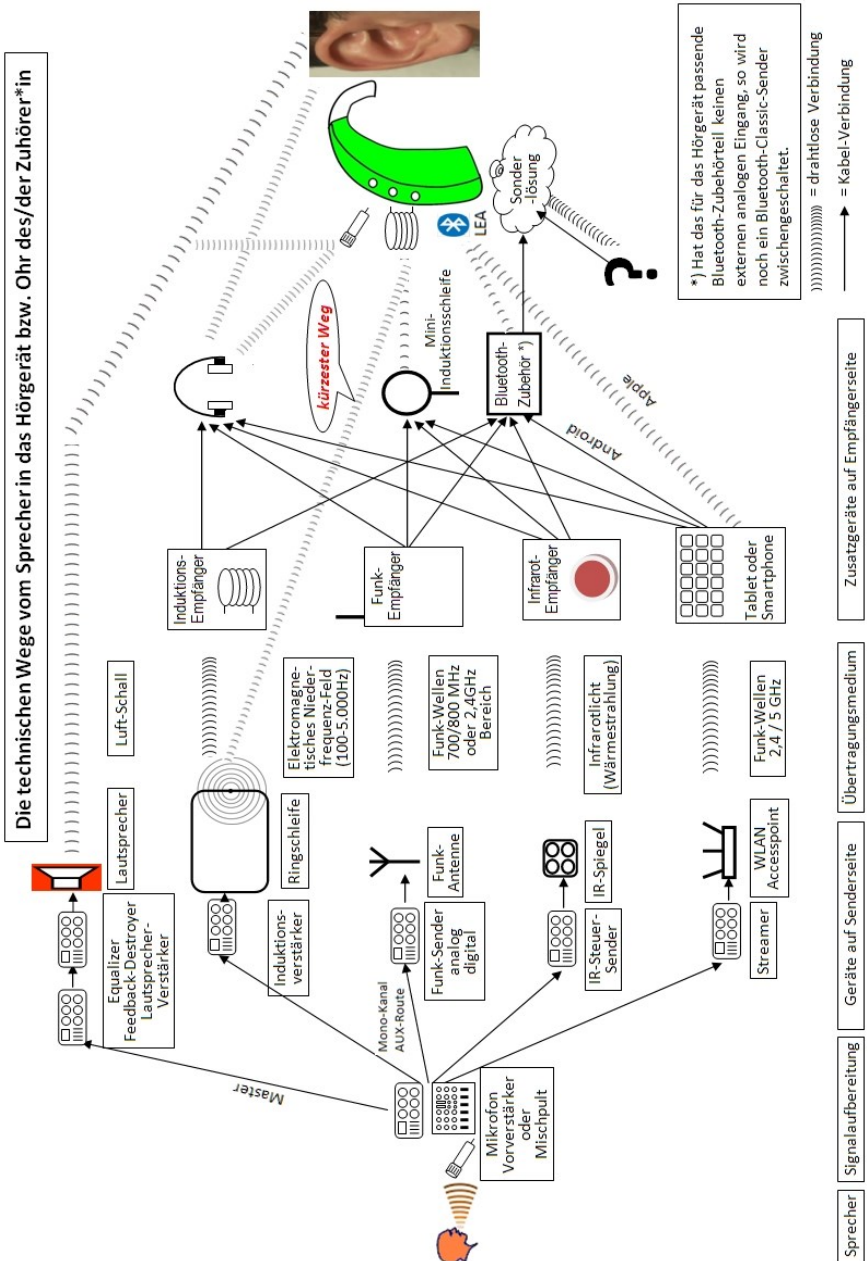
- Das individuell angepasste Hörgerät wird herausgenommen bzw. gibt es nicht. Zwar wird das Problem Störschall (Hall/Echo/Nebengeräusch) gemindert, aber die Probleme Lückentext und Gleichklang sind wieder bzw. noch immer da (wie eben ohne Hörgerät!). (s. Kap. 5.14)
- Oft ist es so, dass ein Hörgeräteträger ohne Hörgerät, aber mit Kopfbügel etwas besser hört als nur mit seinem Hörgerät (ohne Höranlage). Das hängt aber von der Stärke der Probleme „Gleichklang“ und „Lückentext“ ab.
- Manchmal reicht die Verstärkungsleistung nicht aus, um die notwendige Lautstärke zu erreichen.
- Für Nicht-Hörgeräteträger können sie eine echte Verbesserung sein.

Kinn-Bügel-Empfänger: Ein Empfänger für eine Induktionsanlage kann mit jeder Induktionsanlage eingesetzt werden und kann von Schwerhörigen auch selbst angeschafft werden. (Im Internet etwa 100€ plus 70€ Ladestation) Bei allen anderen Anlagentypen sind sie speziell für diese Anlage und müssen von der Kirchengemeinde gestellt und gewartet werden.

Standard-Empfänger: Auch hier ist der Empfänger für die Induktionsanlage universell verwendbar. Es gibt sie auch mit eingebautem Mikrofon, sodass sie auch privat einsetzbar sind. (im Internet ab ca. 30€ bis zu 200€ und mehr, z.B. ebay: „induction loop“ weltweit) Alle anderen

Höranlagen benötigen speziell auf den Anlagentyp angepasste Geräte und müssen von der Kirchengemeinde gestellt und gewartet werden. Der Kopfhörer ist immer ein Standard-Kopf- bzw. Ohrhörer. Die sollten die Gemeindemitglieder wegen der Hygiene selbst mitbringen. Ein paar Ein-EUR-Ohrhörer können für Vergessliche im Vorrat gehalten werden.

8.15 Die Kombinationsmöglichkeiten Sender und Empfänger: vom Mikrofon zum Ohr



9 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.*

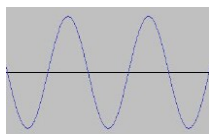
In praktisch jeder Kirche gibt es eine Beschallungsanlage. Jede Höranlage, ob Induktion, Infrarot, Funk oder Streamer, muss direkt am unregelmäßigten Ausgang des Mikrofon-Vorverstärkers (noch vor dem Equalizer und Endverstärker) bzw. bei einem Mischpult/Mischverstärker auf einem von den Lautsprechern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

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

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

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

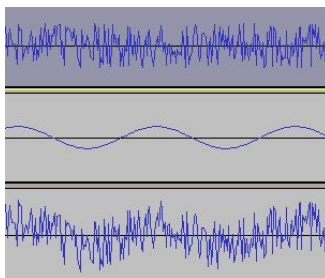
- Hörgeräte erwarten ein gleichbleibendes Eingangssignal. (Induktion: Feldstärke 100 bis 400 mA/m). Dies würde sich aber ändern.
- Lautsprecher sind immer nach dem Haupt-Equalizer = EQ (Klangregelstufe) angeschlossen. (Achtung: auch wenn Sie in Ihrer Verstärkeranlage kein sichtbares gesondertes Gerät dafür haben: selbst ältere Verstärker aus den 1960/70er Jahren haben oft einen intern eingebauten Equalizer, der bei der Installation einjustiert wurde.) Dieser EQ verändert den Frequenzgang so, dass die Eigenheiten der Lautsprecher und der Raumakustik in dieser speziellen Kirche ausgeglichen werden. Das Hörgerät aber erwartet einen gleichmäßigen (linearen) Frequenzgang, denn die Raumakustik spielt für die Höranlage ja keine Rolle mehr. Die individuelle Hörgeräteeinstellung wird durch den falschen Anschluss durcheinander gebracht, Schwerhörige fallen leicht wieder in ihr Problem: bestimmte Laute werden nicht mehr erkannt und andere Laute klingen wieder gleich. (Kap. 5.12) Und das ändert sich jedes Mal, wenn der Equalizer verstellt wird. Schwerhörige stehen evtl. sogar vor einem unbekannten Lückentext bzw. anderen Gleichklang. Und dann gibt es ja auch noch den Maskierungseffekt (siehe Kapitel 5.4): oft übertragen die Lautsprecher die tiefen Töne nicht so gut. Im Equalizer werden also die Tiefen verstärkt, damit die Lautsprecher natürlicher klingen. Nun werden aber in der Höranlage die Tiefen überbetont und der Maskierungseffekt tritt relativ leicht ein, hohe Töne werden überdeckt und eine Reihe von Buchstaben werden nicht mehr erkannt.
- Lautsprecher- bzw. Mikrofonverstärker oder Mischpulte haben oft keine Dynamik-Kompression („AGC“=Automatic Gain Control = automatische Aussteuerungskontrolle), Hörgeräte benötigen sie aber. Fast alle Induktionsverstärker haben einen speziell auf Sprache und Hörgeräte optimierten Dynamikkompressor, andere Höragentypen 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 sogenannte „Feedback-Destroyer“ = Rückkopplungspfeifen-Verhinderer. Sie überwachen die Tonausgabe in etwa 20 Frequenzbereichen. Beginnt es in einem der Bereiche zu pfeifen, sperren sie diesen Bereich (erzeugen dort quasi Schwerhörigkeit). Sie können aber immer nur einen Bereich gleichzeitig sperren. Wichtig ist, dass die Höranlage vom Signalfuss vor diesem Feedback-Destroyer abgezweigt wird, denn Rückkopplung ist hier nur ein Problem der Lautsprecher, nicht der Höranlage.
- 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: bei Trafos sinkt die Übertragung mit der Frequenz, sie dämpfen hohe Töne. Außerdem steigt das Rauschen zwangsläufig an.

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- Vorver- stärker + Entzerrer	Ausgang vor Equalizer	Equalizer (gleicht Lautspre- cher aus)	Ausgang nach Equalizer	Laut- sprecher- in dieser Kirche	Schall	guthörendes Ohr	Höreindruck	
	 Mikro ist z.B. zu stark Höhen betont	 +		 +	 =	 ↑	 +	 =		
 <i>falsch</i> <i>richtig</i>										
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. 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.										
							Hör- lage bekommt	Hörgerät	Höreindruck	
										 + + + =
										 künstlich schwerhörig
										 Frequenz- gang ok

9.1 Anschluss an einen Komplettverstärker

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

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

Meist gibt es drei Gruppen von Reglern:

- Lautstärke-Regler der einzelnen Mikrofone
- Klangregler (meist einfache Tiefen- und Höhen-Regler)
(bei einer oft in Kirchen anzutreffenden Bauserie der 1960/70er Jahre ist die Klangregelstufe nur nach Öffnen des 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, Pin-3=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 Gesamtlautstärkereglern. Bei ihnen muss die Stellung der Mikrofonregler spätestens beim Einmessen deutlich markiert werden, ansonsten wird kaum mehr der richtige Zustand wieder hergestellt werden können.

9.2 Anschluss an eine Komponentenanlage

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

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

9.3 Anschluss an ein Mischpult

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

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

Die richtige Lösung:

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

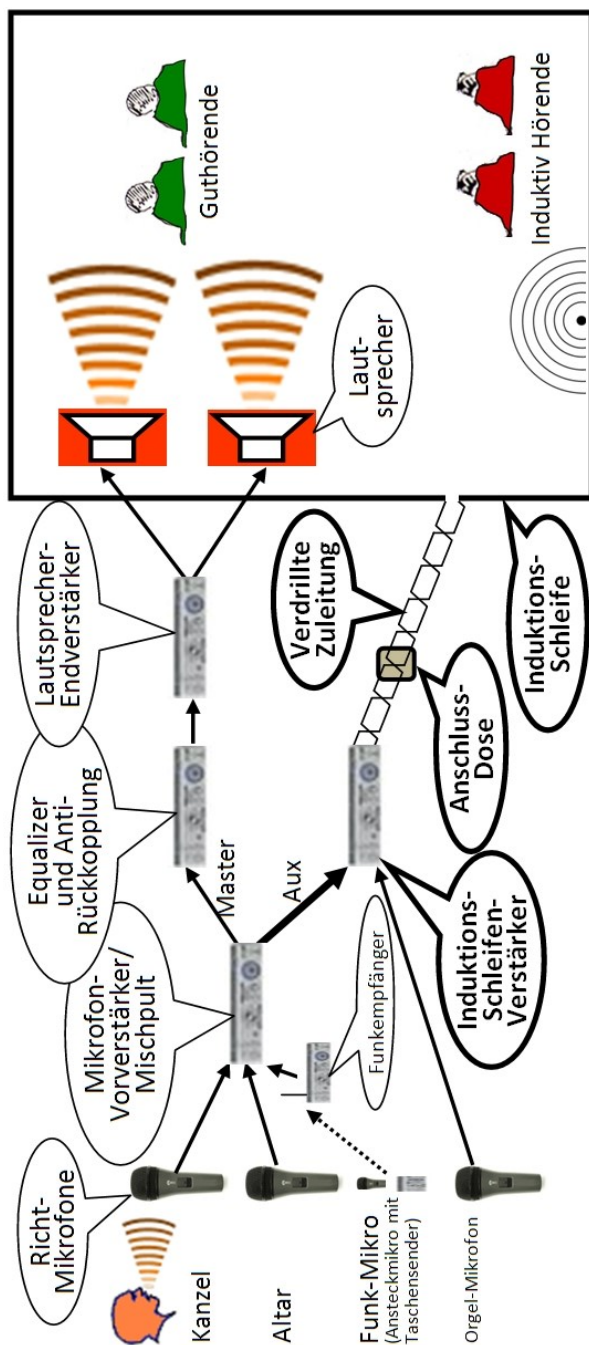
9.4 Eine korrekt installierte Induktionsanlage

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.

Prinzip Schaltbild einer korrekt installierten Induktions-Anlage



10 Ein paar Anmerkungen zu Mikrofonen

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

Meist kein neuer Mikrofonverstärker

Eine Höranlage lässt sich im Prinzip an jede neue und jede alte Beschallungsanlage anschließen. Einzig sollte sie einen „ungeregelten Ausgang“ zum Anschluss der Höranlage bieten (siehe Kap. 9). Normalerweise kann die ganz normale Anlage weiter verwendet werden. Selbst Verstärker aus den 1960/70er Jahren haben genügend gute Klang-Qualitäten. Oft kann aber an den Mikrofonen verbessert werden:

10.1 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 ist im Stande, Hintergrundgeräusche zu unterdrücken, wenn sie über einen gewissen Zeitraum kon-

stant 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.

10.2 Mikrofonbauart und Ausstattung

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

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

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 bestimmten 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 ei-

nen 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 Hörgeräträger 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!*“

10.3 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 jeden Teilnehmer.

11 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 das Gerät defekt ist und Teile vom Strom über die Erde ableitet. Eine ordnungsgemäße Elektroinstallation im Gebäude stört nicht. Typische Störungen entstehen 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. 12.13) Bei professionellen Elektroakustikern ist das ausgeschlossen, das wird bei der Einmessung der Schleife sichergestellt.

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

Der elektromagnetische Störabstand wird so qualifiziert:

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

Die Folge eines zu geringen Störabstandes für das Verstehen von Schwerhörigen finden sich in Kapitel 5.10.

12 Induktionsschleifen und andere Gerätschaften und Situationen

12.1 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.

12.2 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.

12.3 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 verdreht, Kap.13.4)

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

12.4 Video/Beamer

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt: In sehr seltenen Konstellationen könnte es zu Nebenwirkungen kommen, nämlich dann, 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.

12.5 Keine medizinische 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.

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>

12.6 Handy/Smartphone

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

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

Im Verstärker findet sich meist irgendein Schaltkreis, der das Störsignal in den Hörbereich übertragen (demodulieren) kann. D.h. Handys stören wenn, 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. Das heißt, wenn die vorhandene Beschallungsanlage nicht durch Handys gestört wird, wird auch die richtig installierte Induktionsanlage einwandfrei funktionieren können.

12.7 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.

12.8 Elektrischer Hausanschluss, Zähler- und Sicherungskasten, Dachständerleitung

Rein praktisch konnte festgestellt werden, dass im Umkreis von 1-2m um einen Zählerkasten ein recht starkes Netzbrummen (50Hz) besteht, (unabhängig von einer Induktionsschleife). Im Sicherungskasten wird

der Strom auf dem Hinweg durch die Sicherungen geleitet, auf dem Rückweg endet er aber an anderer Stelle auf der N-Schiene. Hin- und Rückleitung bilden im Zählerkasten also eine Induktionsschleife.

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

Allerdings gibt es Probleme mit Dachständerleitungen, bei der die Stromversorgung (der Nachbarschaft) am Kirchendach befestigt ist: drei Hinleitungen, eine Rückleitung. Vier einzelne Kabel mit Abstand ergeben eine klassische Induktionsschleife zwischen den Leitungen, die wegen des starken Stromes bis in die Bankreihen reicht. Ein 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 – ja 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.

12.9 Leuchtstoffröhren und Dimmer

Dimmer können immer wieder Problemfälle werden. Meist werden Phasenanschnitts- oder Phasenabschnitts-Dimmer eingesetzt. Sie funktionieren so, dass der Stromfluss 100 mal in der Sekunde für kurze Zeit ein- bzw. ausgeschaltet wird. Je länger er ausgeschaltet ist, desto mehr wird die Lampe gedimmt. Allerdings erzeugt jedes Ein- bzw. Ausschalten ein Knacken, was von der Stromleitung abgestrahlt wird. (Die physikalische Erklärung sparen wir uns hier.) Dieses Knacken hören wir manchmal auch im Fernseher oder in der Stereo-Anlage, wenn wir im Zimmer das Licht ein- oder ausschalten. Im Wohnzimmer machen wir das nur einmal, aber der Dimmer macht das permanent 100mal in der Sekunde und

das wird dann gegebenenfalls auch von der T-Spule empfangen. Je nach Leitungsführung und Stärke der Lampen kann sich die Störung mehr oder weniger stark im Hörgerät bemerkbar machen. Auch Leuchtstoffröhren mit ihrem Vorschaltgerät können Störstrahlung verursachen. Ob die Störungen den zulässigen Bereich überschreiten und Maßnahmen erforderlich werden, wird bei der Beratung mit einem entsprechenden Messgerät festgestellt.

Lösungsmöglichkeiten:

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

12.10 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.

12.11 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 Brummtönen 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 Perimeter-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.

12.12 Elektrische Gitarren u.ä.

Ist der Gitarrenabnehmer ein „Single Coil“ Abnehmer, dann kann es zu einer Rückkopplung mit der Induktionsschleife kommen. Es gibt dann nur ein Rückkopplungspfeifen innerhalb der Schleife, in den Lautsprechern ist nichts zu hören. Ein „Humbucker“ ist so konstruiert, dass es keine Rückkopplung gibt. Piezokristall-Abnehmer sind gegen Induktion völlig unempfindlich. Kommt es bei Single Coil zu einer Rückkopplung, dann hilft nur eines: Induktionsverstärker während der Musikedarbietung ausschalten bzw. am Mischpult hinunterregeln. Hörgeräteträger müssen dann auf Mikrofon umschalten. Musik klingt ohnehin über Mikrofon wegen des „voluminöseren Raumklanges“ besser: „Musik lebt vom Hall, Sprache stirbt am Hall.“

12.13 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 Mikrofonanla-

ge 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. Näheres: wikipedia.de unter Brummschleife.

12.14 Bundesbahn und Straßenbahn

Liegt die Kirche unmittelbar neben einer elektrifizierten Bahnstrecke, dann kann es zu zwei Typen elektromagnetischer Störstrahlung kommen.

Die erste entsteht dadurch, dass der Fahrstrom über die Oberleitung hin zur Lokomotive bzw. Motorwagen geleitet wird und dann von dort über die Schienen und Erde zurück zum Bahnstromwerk geleitet wird. Es entsteht also wiederum eine klassische Induktionsschleife (Hin- und Rückleitung verlaufen nicht im engen Abstand im selben Kabel), die mit der Bahnstromfrequenz und deren Obertönen in die T-Spulen der Hörgeräte ein Störsignal einstreut. Wie dieses Problem gelöst werden kann, ist derzeit noch in der technischen Klärung.

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

Den Fahrplan der Bundesbahn können wir nicht ändern, aber man könnte bei der Straßenbahn vielleicht den Fahrplan so legen, dass wenigstens während der Predigt keine Bahn vorbeifährt. Ist die Störstrahlung nicht allzu stark, hilft manchmal auch der „Kasseler Trick“: die Induktionsschleife sehr viel stärker machen und die Hörgeräte hinunter regeln, dann vergrößert sich der Störabstand wieder. Dies geht aber nur, wenn wir einen „geschlossenen Teilnehmendenkreis“ haben, denn man kann ja nicht einfach auf T umstellen, dann wird es viel zu laut. Man muss erst das Hörgerät leiser stellen, 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 FM-Technik oder IR-Technik mit einem Hörgeräte-tauglichem Kopfhörer kombiniert (keine Halsringschleife!). Damit kann dann wenigstens Hall und Echo und ein Teil der akustischen Störgeräusche reduziert werden.

13 Tipps: Verlegung der Induktionschleife

13.1 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.

13.1.1 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.

13.1.2 Normalfall: Installation knapp oberhalb des Bodens

In der Regel reicht für eine normale Kirche eine einfache Schleife (Perimeterschleife) rund um die Wand oder rund um das Bankpodest völlig aus, am Besten in einem kleinen Kabelkanal. An Türen gibt es meist irgendwelche Boden-Fugen, die man leicht mit der Flex aufschlitzen kann, das Kabel darin versenkt und hinterher mit Fugenmasse wieder abdichtet. Oder man legt über das Kabel eine flache Teppichleiste aus Kunststoff (Baumarkt). Ist dies nicht möglich, dann ist es ein gängiger

Kompromiss, das das Kabel einfach am Türrahmen entlang über die Türe zu verlegen. Dann gibt es evtl. ein paar Plätze nahe der Tür, bei denen der Empfang nicht optimal ist, aber am Kircheneingang sollte ohnehin ein Plan mit den Plätzen mit gutem Empfang aushängen.

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

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

13.1.3 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.

13.1.4 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 Querschnittsflächen von $0,5 \text{ mm}^2$ bis 4 mm^2 , meist 1,5 oder $2,5 \text{ mm}^2$. Beim Einschalten testet der Verstärker, ob die Schleife innerhalb der erlaubten Werte liegt, anderenfalls geht die Fehlerkontroll-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. Oft ist die angegebene max. Spannung eine Leerlaufspannung, unter realer Belastung bricht sie bei Netzteilen mit zu geringer Leistung ein. Datenblätter nennen oft nicht alle Werte und ihre Randbedingungen, die für eine Berechnung notwendig sind.

Ziel der Querschnittsberechnung ist, dass der Verstärker seinen maximalen Strom in die Schleife abgeben kann, ohne dass der Widerstand unter

den Mindestwiderstand des Verstärkers fällt. Regel: je dicker und breiter ein Kabel ist, desto geringer die Impedanz (Wechselstromwiderstand) und desto besser ist die Hochton-Wiedergabe. Je dicker das Kabel, desto geringer ist die Spannung (Volt) und Leistung (Watt), die der Verstärker aufbringen muss, um den notwendigen Strom durch die Schleife zu treiben. Je geringer die Spannung, desto geringer die Gefahr von Clipping. Andererseits sind dickere Kabel teurer. Der ökonomische Querschnitt wäre das dünnste Kabel, das es dem Verstärker erlaubt, seinen vollen Strom abzugeben. Wir empfehlen eher dem maximalen Querschnitt.

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		

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

=> 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.

13.1.5 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.

13.1.6 Schleifenkabel mit Erdschlüssen: Zwitschern

Kabelisolierungen altern mit der Zeit und werden an irgendwelchen Stellen brüchig werden. 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.

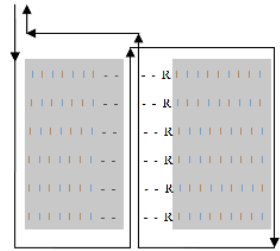
Es ist natürlich sehr schwer, die defekte Stelle zu finden, besonders dann, wenn das Kabel im Boden fest einbetoniert wurde. Deswegen empfehlen wir ja eine Montage oberhalb des Bodens, denn dann ist die Suche und Reparatur erheblich einfacher.

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.

13.1.7 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. Zwischen den beiden Mittel-Ast-Schleifenteilen besteht kein oder nur ein sehr schwaches Feld, weil sich der rechte und linke Ast im Mittelfeld gegenseitig auslöschen. Also müssen beiden Äste ganz eng zusammengelegt werden, der Gang wird also von einer Schleife mit versorgt. Somit bleibt der Mittelgang für Rollstuhlfahrer*innen mit Hörgerät nutzbar. (im Bild R) Allerdings sind dann die Plätze am mittleren Rand der „kleineren“ Schleife evtl. unterversorgt, da zu nahe an der Schleife. Aber mit diesem Kompromiss leben wir gerne, da auch Rollstuhlfahrer*innen Anspruch auf Barrierefreiheit haben. Schlechter Empfang ist etwa 50-60cm rechts/links vom Doppelkabel.



13.1.8 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.

13.1.9 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). Das bedeutet gnädig gerechnet 2-3fache Stromstärke wg. der Entfernung und nochmals ein Faktor von etwa 3 für den ungünstigen Winkel, also 6-9facher Strom, wozu die 6-9fache Spannung benötigt wird ($U=R*I$). Das bedeutet also die 36-81-fache Leistung ($N=U*I$), die der Verstärker aufbringen muss. Konkrete Rechnung: Schleife 25x7m korrekt auf dem Boden: 5,5 Watt, in 17m Höhe mit 4fach dickerem Kabel: 830 Watt bzw. als Doppelschleife 336W, solch leistungsfähige Verstärker gibt es nicht.

Folglich kommt nur ein schwaches 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 so:

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

H := magnetische Feldstärke I := elektrische Stromstärke

l := Länge der Schleife b := Breite der Schleife

h := Abstand der senkrecht stehenden T-Spule zur Schleifenebene

n := Anzahl der Schleifenwindungen

Hergeleitet aus der Grundformel des Biot-Savart-Gesetzes lt. Wikipedia.

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

13.1.10 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: Jetzt könnte ich den Verstärker so einstellen, dass die hinteren Reihen gut versorgt sind, dann haben die mittleren und vorderen Reihen zu wenig Feldstärke. Richte ich 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. Lege ich 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 etwas größeren Verstärker ausgeglichen werden.

13.1.11 doppelte Schleifenwindungen

In manchen Fällen ist es notwendig, eine Doppelschleife zu legen, bei gleichem Strom wird die doppelte Feldstärke erreicht. Allerdings wächst die Induktivität (Wechselstromwiderstand) im Quadrat der Windungszahl und die hohen Frequenzen werden schwächer. Dies wird mithilfe eines Feldstärke-Messgerät (Messbereich 100-5000Hz) und passenden Testtönen am Induktionsverstärker mit dem MLC-Regler ausgeglichen. Die Berechnung der Schleife erfolgt mithilfe von Programmen der Premium-Hersteller, denn Kabellänge, Kabelquerschnitt und Verstärkerdaten (Maximalwerte für Strom, Spannung, Leistung, Widerstand und Impedanz) müssen passen. So könnte dieselbe Doppelschleife mit einem bestimmten Verstärker, nicht aber mit einem Konkurrenzmodell funktionieren. Der Normal-Fall sollte jedoch die einfache Schleife sein.

13.2 Metallverlust

Siehe Kapitel 8.9.1.4 Bei Bodenrenovierung darauf achten, dass nach Möglichkeit kein Streckmetall verwendet wird. Mit Architekt bzw. Baustatiker könnte überlegt werden, ob Betonstahl/Stahlmatten durch Stahlfaserbeton (Stahlstifte) oder Glasfaser ersetzt werden können.

13.3 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 Zulei-

tung 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 so etwa 10-20 € und sind vor allem dann sinnvoll, wenn die Verstärkeranlage in der Kirche steht und immer wieder einmal abgeklemmt werden muss. Der Grund für diese Anschlussdose:

Oft wird bei Renovierungen aus der Sakristei alles ausgeräumt und somit auch die Mikrofonanlage mit Schleifenverstärker oder oft noch ein Trafo aus alten Zeiten. Die zwei „elektrischen Kabel“ der Induktionsschleife hängen einfach aus der Wand. Diese können Elektriker*innen oft nicht zuordnen und erkennen eine nicht fachgerechte Elektroinstallation: zwei Stromleitungen mit derselben Farbe und noch nicht einmal der dritte grün-gelbe Schutzleiter. Diese 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.

13.4 Die Schleifen-Zuleitungen

Praktisch immer wird vergessen, die Zuleitung zu verdrehen. 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 verdreht, 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 verdrehte 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 verdrehte 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.

13.5 Den Schleifenverstärker anschließen

Siehe dazu Kapitel 9.

13.6 Der Schleifentest

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.

14 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.

15 Nützliches Zubehör

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

Es empfiehlt sich generell, für Nebenräume wie Toiletten etc. per Funk vernetzte **Rauchgasmelder mit Lichtsignalisierung** einzubauen. Manche Schwerhörige können das schrille Pfeifen der Standard-Melder nicht hören, aber sie nehmen die Lichtblitze wahr. Z.B. bietet Humantechnik solche Melder an.

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 unregelmäßigen Ausgang des Mikrofonverstärkers
 - Anschluss vor dem Equalizer/Feedback-Destroyer
 - Zuleitung zwischen Verstärker und eigentlicher Schleife in der Kirche verdrillen
- Schleife
 - Immer ganze Kirche versorgen (Barrierefreiheit)
 - Schleife auf dem Boden (Bodensockel) oder in etwa 2,4m Höhe, jedenfalls nicht höher als ca. 3m und in der Regel nur eine einzige Windung. Wenn ohnehin Bodenarbeiten gemacht werden: 20mm-Leerrohre mit Kontrollschächten.
 - Kabelstärke auf Verstärker anpassen (keine zu dicken Kabel!)
 - Anschlussdose mit Hörschleifen-Logo an der Wand anbringen, von dort getrenntes verdrehtes Anschlusskabel zum Verstärker
- Kanzel/Altarmikrofon mit Richtcharakteristik Niere/Superniere, langem Schwanenhals und Ein/Aus-Schalter am Mikrofon
- Ansteck-Funkmikrofon/ Headset erwägen
- Hinweisschilder anbringen, evtl. mit Sitzplan, auf dem die Sitzplätze je nach Schleifenstärke in Ampelfarben markiert sind.
- Örtliche Hörakustiker informieren, damit sie Kunden auf die T-Spule aufmerksam machen.

Regelmäßig:

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

Stichwortverzeichnis

- 10 - 30 Volt 94
- 100 bis 400 mA/m 82
- 100 und 5000 Hz 96
- 100 Volt-Ausgang 94
- 2,40 m 103
- 2,4GHz 52
- 2,4GHz Überlastung 53
- 800 MegaHertz 96
- A/D-Wandler 48
- Abschirmung 100
- Abschlusstest 111
- Achter-Schleife 107
- AfterFadeListening/AFL 86
- Akustik, gute 26
- Altarmikrofon 112
- Altersschwerhörigkeit 18
- Analog/Digital-Technik 47
- Analog-Digital-Wandler 20
- Android 57
- Anschlussdose 109
- Audio-Guide 59
- Audio-Schuh 72
- Auf-Boden-Verlegung 102
- barrierefrei 2, 9, 20, 29, 51, 57, 59, 60
- Barrierefreiheit 73
- Bärte 38
- Basilarmembran 16
- Baumaßnahmen 103
- Beamer 95
- Bedienungsaufwand 9
- Beleuchtung 38
- Beteiligung von Hörgeräteträgern 111
- Bluetooth 44, 46, 52, 54, 56, 59, 66, 72, 73
- Bluetooth-Classic 67
- Bluetooth-Sender 76
- Bodenputzmaschine 103
- Bodenverlegung 103
- Brummschleifen 100
- Brummtön 97, 100
- Buetooth 59
- Bündelungsgrad 31
- Bundesbahn 101
- BYOD 56
- CI Cochlea Implantat 21
- Clipping 82, 104
- Cochlea 16
- Cocktailparty-Effekt 22, 24
- Cocktailparty-Effekt 31
- CODEC 49
- Dachboden 107
- Dachständerleitungen 98
- Decke, hohe 107
- Decken, abgehängte 66
- Deckenmontage 107, 108
- DECT 9
- Diffusschall 30
- Digitalisierung 48
- Dimmer 98, 101

-
- DIN EN 60118-4: 2014 63, 64
 - DIN18040-1 5.2.2 5
 - DIN-Buchse 85
 - Direkter Kabelanschluss 9
 - Diskriminationsverlust 28
 - Drahtspule 63
 - Dynamikkompression 82
 - Echo 17, 25, 34, 36, 40, 88
 - Einfallswinkel 107
 - Einmessung 63
 - Elektrischer Hausanschluss 97
 - Elektroakustik-Firma 64
 - elektromagnetische Wellen 96
 - Empore 103
 - Equalizer 82, 85
 - Equalizer, intern eingebaut 82
 - Erdschluss 102, 106
 - Erdungspunkt 101
 - Feedback-Destroyer 22, 83
 - Fehlerkontroll-Leuchte 104
 - Feld, elektromagnetisches 60, 63, 97
 - Feldstärke 107
 - Feldstärke, genormt 82
 - Fernsteuerung 69
 - Feuchtigkeit 106
 - FM 9
 - FM-Empfänger 50
 - FM-Funkanlage 9, 50
 - Frequenzanalyse 14
 - Frequenzen, hohe 23, 109
 - Frequenzgang 82
 - Frequenzgang, linear 82
 - Frequenzhopping 54
 - Frequenzmodulation 50, 51
 - Friedhof 50
 - Funkfrequenz 50
 - Funkkanal 50
 - Funkkanal, zulassungsfreie 50
 - Funkmikrofon 50, 90, 112
 - Funkmikrofone Störungen 96
 - Funkstrecke 96
 - Funkwellen 96
 - Gebärdensprache 7
 - Gehörlose 7
 - Gemeindeausflug 50
 - Geräuschknäuel 34
 - Gitarren, elektrische 100
 - Gitarrenabnehmer 100
 - Gleichklang 36
 - Grundrauschen 82, 108
 - Grundversorgungstechnik 63
 - Hacker 57
 - Hall 17, 25, 34, 36, 40, 88
 - Hall, künstlicher 21
 - Hall, technisch verursacht 21, 26, 112
 - Hallradius 29, 30
 - Hals-Ringschleife 73
 - Handfunkmikrofon 112
 - Handmikrofon 50
 - Handy 96
 - Hausübergabepunkt 98
 - Heizung, elektrische 100

-
- Herzschrittmacher 95
Hochzeiten 112
Höranlage 38, 88
Höranlage, Demonstration 9
Höranlage, Sonderlösungen 71
Höranlagentypen 46
Hörgerät 19, 29, 38, 96
Hörgerät, Mikrofon 39
Hörgerät, Technik 40
Hörgeräteeinstellung,
 individuelle 82
Hörgerätelautsprecher 63
Hörgerät-Mikrofon 41
Hörhaarzellen 16
Hörnerv 16
Hörstörung, individuelle 20
Hörzellen 16
Hörzentrum 25, 27, 34
Humbucker 100
Hut 59
im Boden-Verlegung 103
Impulsschall-Unterdrückung
 42
Induktion 63
Induktion, Alternative 62
Induktionsanlage 60, 94
Induktionsempfänger 60, 73
Induktionsschleife 9, 63, 73,
 95, 97, 98, 111
Induktionstechnik, Alter 61
Induktionsverstärker 63
Induktivität 109
Infrarot-Anlage 9, 58
Innenräume, lichtdurchflutet
 59
Installationsaufwand 9, 59
iOS 57
Kabel, zu dickes 106
Kabelquerschnitt 104
Kanzel 29
Kanzelmikrofon 112
Kassetten-Rekorder 85
Kinnbügel-Empfänger 74, 78
Kino 91
Kirche, sehr große 107
Klangregelstufe 82
Klangregler 20
Klangverschiebung 43
Kompatibilität 9, 51, 59, 60
Kompression, Frequenz 42
Kompression, Lautstärke 42
Kontrollschacht 103
Konzert 91
Kopfbewegung, unwillkürliche
 24
Kopfhörer 78
Kopfhörer, Hörgeräte-tauglich
 102
Kopfstellung 24
Körperschall 24, 89
künstlicher Hall 21
Kunststoff-Leerrohre 103
Kupfer-Flachleitungen 104
Latenzzeit 52, 57, 70

-
- Laufzeitunterschied 23
 - Lautsprecheranlage 94
 - Lautstärkeunterschied 23
 - Leckströme 98
 - Leuchtstoffröhren 99
 - lippensynchron 29, 41, 57
 - Lückentext 35, 36
 - Luftschall 24
 - Luftschallweg 39
 - Maskierungseffekt 17, 37, 82
 - Mehrkanalfähigkeit 9
 - Mehrsprachigkeit 50
 - Messbereich 95
 - Meßgeräte 64
 - Metallverlust 65
 - Mikrofon 72
 - Mikrofon, abschaltbar 89
 - Mikrofonanlage 81
 - Mikrofonausschalter 89
 - Mikrofone, Kugelcharakteristik 88
 - Mikrofonschulungen 112
 - Mikrofonsteuerung 112
 - Mikroprozessor 96
 - Mini-Induktionsschleife 50, 73
 - Mischpult 86
 - Mischverstärker 85
 - Mitarbeiter*innen-Schulung 90
 - MLC 66
 - Mobilität 9, 60
 - Modulationsart 51
 - Mono-Kompatibilität 90
 - Mundabsehen 38, 41
 - Musikübertragung 61
 - Nachhallzeit 25
 - Nahbesprechungs-Mikrofon 112
 - Nebengeräusch 27, 34, 40
 - Nebengeräuscherkennung 42
 - Netzteil, elektronisches 99
 - Neutralleiter 98
 - NF-Trafo 83
 - Nutzerdaten 69
 - Nutzschall 34, 36, 108
 - Oberleitung 101
 - Ohr, Funktionsweise 15
 - Ohrhöhe 107
 - Orgel-Mikrofon 112
 - Perimeterschleife 102
 - Personenführungsanlagen 50
 - Phasenschieber 61
 - Phasenverschiebung 23, 28
 - Phonem* 34
 - Phonem-Distinktion 34
 - Phonem-Identifikation 34
 - Phonem-Supplementation 35
 - Piezokristall 100
 - Ping-Attacke 57
 - Popp-Schutz 89
 - preisgünstig 61
 - Produkte barrierefrei 2
 - Putzwasser 103
 - Pythagoras 108

- Quadrat der Entfernung 22, 107
- Rauchmelder 113
- Raumakustik 39, 82
- Räume, angrenzende 93
- Raumklang, virtuell 43
- räumliches Hören 22, 23, 27
- Räumliches Hören 17
- Raummikrofon 91
- Rauschsperrung 90
- Rechtschreibkontrolle 35
- Reflexionen 22
- Resonanzfrequenz 22
- Richtlautsprecher 31
- Richtmikrofon 20, 22, 29, 41, 88, 112
- Richtmikrofon, extern 29
- Richtmikrofon, Reichweite 28
- Richtungshören 22, 88
- Ringschluss 101
- Rückkopplung 21, 22, 43, 44, 88, 94, 108, 110, 111
- Rückkopplungs-Verhinderer 83
- Rundempfangsmikrofon 20
- Sakristei 109
- Schallempfindungsschwerhörigkeit 18
- Schallleitungsschwerhörigkeit 18
- Schallquelle orten 25
- Schleife, alt 102
- Schleifenhöhe 103
- Schleifenkabel, Querschnitt 104
- Schleifenlayout 65, 102
- Schleifentest 111
- Schleifenverlauf 103
- Schleifenverstärker 63
- Schleifenwindungen, doppelte 109
- Schriftdolmetschen 8, 39
- Schutzerde 98
- Schwanenhals 89, 90, 112
- Seelsorge, persönliche 94
- Sendelücken 54
- Sicherungskasten 97
- Sichtkontakt 59
- Signalabschattung 59
- Signal-Rausch-Abstand 108
- Single Coil 100
- Smartphone 96
- Sondergottesdienst 112
- Sonderlösungen 9
- Sonderverlegungsform 103
- Spannungsteiler 85
- Spannungsverstärker 63
- Sprach-Banane 19
- Sprache 14
- Sprecher*in, Größe 90
- Sprecher-zu-Auditoriums 20
- Squelch 90
- Stahlbeton 61, 66
- Stahlrohrstühle 66
- Standard-Empfänger 74, 78

-
- | | |
|--|---|
| Steckernetzteile 99 | Verdrillung 110 |
| Stolperfalle 102, 103, 104 | Verhältnis Nutz- zu Störschall 36 |
| Störfeld 101 | Verschleiß, ökonomischer 51, 58, 59, 60 |
| Störfelder 92 | Vertraulichkeit 94 |
| Störgeräusche 36, 88 | Verzerrungen 108 |
| Störgeräusche ausblenden 28 | Vorschaltgeräte, entstört 99 |
| Störschall 27, 34, 36, 40 | Wände, schallschluckende 22 |
| Störschall, externer 31 | Wartungsaufwand 51 |
| Störsignalabstand 93 | Wartungs-Aufwand 9 |
| Straßenbahn 101 | Wechselschaltungen 97 |
| Streamer 9, 56, 71 | Wechselstrom 63 |
| Streaming 53 | Wechselstromwiderstand 109 |
| Streckmetall 66 | Weihnachtsbaum 59 |
| Stromdraht 63 | weltweit 60 |
| Stromleitung 97 | Widerstand, ohmscher 104 |
| Stromverstärker 60, 63, 64, 104 | Windows 57 |
| Taufen 112 | Windschutz 89 |
| Telefonieren 68 | Winkel 107 |
| Trommelfell 20, 24 | WLAN 52, 54, 56 |
| T-Spule 20, 41, 50, 60, 63, 72, 73, 100, 107 | Wort, gesprochenes 34 |
| T-Spulenempfänger 99 | Zählerkasten 97 |
| Türrahmen 103 | Zeitscheibentechnik 54 |
| ungeregelter Ausgang 81 | Zuleitung, verdrillte 111 |
| Unterhalts-Aufwand 9 | Zuleitungen 111 |
| Ursachen Schwerhörigkeit 19 | |

Was können Sie von uns erwarten?

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

Was wir nicht tun:

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

Evangelische Schwerhörigenseelsorge in Württemberg

Pfarrerin Rosemarie Muth

Robert-Mayer-Str. 37

72760 Reutlingen

eMail: Rosemarie.Muth@elkw.de

Tel. 07121-330150 Fax 07121-372701

www.schwerhoerigenseelsorge-wuerttemberg.de

