

Facharbeit

Andreas Ruhrmann

# In-Ear-Monitoring

Studentennummer: F – 65687  
AEDS 1206

SAE Frankfurt am Main

Datum der Fertigstellung: 30.03.2008

## Vorwort

Mit dieser Facharbeit möchte ich allen Leserinnen und Lesern einen Überblick sowie detaillierte Informationen zum Thema In-Ear-Monitoring (nachfolgend auch IEM genannt) geben.

Um mich an dieser Stelle einmal an die Musiker zu wenden: Wer kennt das Thema nicht? Der Gig ist vorbei, man kommt nach einem guten Konzert nach Hause, legt sich ins Bett und die Ohren pfeifen. Ein Problem, mit dem ich mich über Jahre nie beschäftigt hatte, weil ich es nicht anders kannte.

Dann sah ich auf Konzerten oder im Fernsehen immer mehr und mehr Musiker mit dem sogenannten „Knopf im Ohr“ und ich begann mich dafür zu interessieren, wofür dieser wohl sei.

Durch Gespräche mit anderen Musikern wurde ich somit auf das Thema In-Ear-Monitoring aufmerksam. Von nun an begann ich mich intensiv für diese Technik zu interessieren. Ich versuchte mir ein Bild darüber zu machen, wie es denn wäre, wenn ich selber mit einem IEM-System arbeite und welche Vor- und Nachteile es für mich hätte. Differenziertes Hören, eine gute Eigenkontrolle, guter Sound bei relativ leisen Lautstärken und endlich das Trommeln nach Klick ohne dabei den großen und auffälligen Kopfhörer aufsitzen zu haben.

Nach vielem Experimentieren habe ich letztendlich den für mich besten Sound gefunden und verbinde das In-Ear-Monitoring gleichzeitig noch mit Gehörschutz.

Ich weiß allerdings auch, dass zu diesem Thema – neben der ganzen Technik – auch ein enormer Aufwand an Psychologie notwendig ist um, anfangs skeptische, Musiker an diese Technik heranzuführen und sich daran zu gewöhnen.

Der Anlass, der mich dazu bewegte das Thema In-Ear-Monitoring als Facharbeitsthema auszuwählen ist der, dass ich mich mit dieser Technik schon lange beschäftige und mich das Thema sehr interessiert.

Eidesstattliche Erklärung:

Hiermit versichere ich, Andreas Ruhrmann, diese Facharbeit eigenständig und ohne fremde Hilfe verfasst zu haben.

Es wurden keine anderen, als die hier angegebenen Quellen, benutzt.

Sämtliche Quellen und Zitate sind in Ihrer Herkunft benannt.

Florstadt, 30.03.2008

Andreas Ruhrmann

## **Abstract**

Die vorliegende Facharbeit befasst sich grundlegend um das Thema In-Ear-Monitoring im Live-Bereich von Musikdarbietungen.

Da diese Art des Monitorings immer mehr Zuspruch findet und mittlerweile in den verschiedensten Anwendungsbereichen nicht mehr wegzudenken ist, werden dem Leser hiermit ein weiter Überblick sowie tiefgehende, technische und weiterführende Informationen dargestellt.

Beginnend mit der Frage „warum In-Ear-Monitoring?“ bis zur abschließenden Vorstellung über Zubehör, welches dem Nutzer eine Verbesserung des Feelings in Zusammenhang mit In-Ear-Monitoring erleben lässt, bleibt kein Thema offen.

Inhaltlich befasst sich das Thema weiterhin mit einen Überblick der sich z. Zt. auf dem Markt befindlichen In-Ear-Systeme sowie deren Funktionsweise. Anschließend wird das Prinzip der schnurlosen Signalübertragung mit weiterführender Erklärung zur notwendigen Planung und Betreuung von Sendestrecken sowie der damit zusammenhängenden Störanfälligkeit und Maßnahmen zur Vermeidung von Störungen erläutert. Ebenfalls werden dem Leser Anforderungen an die technische und menschliche Seite für den Umgang mit IEM dargestellt.

Fazit: es ist festzustellen, daß unter Beachtung von verschiedenen Kriterien, mit In-Ear-Monitoring eine deutliche Pegelreduzierung hervorgerufen und eine somit unnötige Belastung - und dadurch hervorgerufene Schädigung - des Ohres vermieden werden kann.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	Seite 1
<b>2. Aufbau des menschlichen Ohres</b>	Seite 5
<b>3. Hörgewohnheiten</b>	Seite 7
<b>4. Warum In Ear Monitoring ?</b>	Seite 8
Verbesserung des FOH Mixes aufgrund weniger Pegel von der Bühne	Seite 10
Vergleich Bühnenpegel mit und ohne Wedges	Seite 10
Vorteile	Seite 11
Nachteile	Seite 12
<b>5. Arten von In Ear Systemen und wissenswertes zum richtigen Umgang damit</b>	Seite 13
Hard Wired Systeme	Seite 13
Wireless Systeme	Seite 13
Vor- und Nachteile	Seite 13
Übertragungsbereich	Seite 14
Pegel	Seite 14
Betriebsmodus	Seite 15
Beispiele verschiedener Hard Wired Systeme	Seite 17
<b>6. Funktionsprinzip der schnurlosen Übertragung sowie technische Voraussetzungen für den Betrieb von Wireless Systemen</b>	Seite 20
Modulation	Seite 20
Frequenzmodulation	Seite 21
Intermodulation	Seite 24
Frequenzmanagement	Seite 27
Wichtige / allgemeine Informationen zum Betrieb von Wireless Systemen	Seite 28
Zugewiesene Frequenzen / Nutzfrequenzen	Seite 29
Anwender- und Nutzergruppen	Seite 30
Störfaktoren bei Wireless Systemen	Seite 31
Gegenseitige Störungen von Funkmikrofonsystemen und In-Ear-Monitoranlagen	Seite 34
Beispiele verschiedener Wireless Systeme	Seite 35
<b>7. Arten von In-Ear-Hörern</b>	
Standardhörer	Seite 38
Wie werden Standardhörer im Ohr fixiert?	Seite 39
Maßanfertigungen (Otoplastik)	Seite 41

<b>8. Anforderungen an das Monitorpult</b>	Seite 44
Was sind AUX-Wege?	Seite 45
Anforderungen	Seite 46
Mono- oder Stereo-Mix?	Seite 47
<b>9. Sonstiges</b>	Seite 50
Ambiencemikrofonie	Seite 50
Talkbackmikrofonie	Seite 50
Hilfsmittel für die Verbesserung des Bühnenfeelings	Seite 51
Shaker Amp	Seite 51
Butt Kicker	Seite 53
"Komplettpaket" für In-Ear-Monitoring	Seite 55
<b>10. Resümee</b>	Seite 56
<b>Literaturverzeichnis</b>	Seite 60
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	Seite 61

## 1. Einleitung

Grundlegend stellt sich erst einmal die Frage: was versteht man überhaupt unter dem Begriff „Monitoring“? Hiermit ist im Bereich der Tontechnik die akustische Kontrollmöglichkeit für einen Musiker oder Bühnenkünstler gemeint. Es dient dazu, sich zu kontrollieren und eine Orientierung über sein Umfeld zu bekommen. Drummer, Sänger, Bläser und meist auch Keyboarder verfügen in der Backline<sup>1</sup>, im Gegensatz zu beispielsweise Gitarristen, über keine eigenen Verstärker. Die einzige Möglichkeit sich selber und seine Mitmusiker spielen zu hören besteht über das Monitoring.

### Die Entstehung des In-Ear-Monitorings

Laut Aussagen der Firma „Hearsafe“ wurde das erste System Mitte der 80er Jahre erstmals auf der Bühne eingesetzt. Das Konzept kommt von Chrys Lindop, dem damaligen Toningenieur von Stevie Wonder. Wenn es auch schon vorher zahlreiche Versuche gab, ein solches System in diese Richtung zu bringen, scheiterten diese jedoch immer mangels Reife und wurden nie eingesetzt.

Chrys Lindop tat sich dann mit dem Briten Martin Noar zusammen, einem Tontechniker, der über umfangreiche Erfahrungen mit Sendeanlagen verfügte.

Die Arbeit der beiden führte zum ersten System der britischen Firma „Garwood“. Künstler wie z.B. Michael Bolton gingen mit diesem System auf Tournee und genossen es, stets von dem gleichen, guten Sound umgeben zu sein und mit diesem zu Arbeiten.

Die Idee des IEM ist sehr einfach. Herkömmliche Monitorboxen, die doch meist in vielen Fällen einen (teilweise) schlechten Sound bei viel zu hohen Pegeln<sup>2</sup> liefern und obendrein noch sehr anfällig gegen Feedback<sup>3</sup> sind, durch ein System zu ersetzen, das z.B. Musikern den Monitor-Mix direkt ins Ohr liefert und bei dem die Lautstärke für jeden Anwender individuell geregelt werden kann.

---

<sup>1</sup> Instrumente und Verstärker der Musiker

<sup>2</sup> Lautstärke

<sup>3</sup> Rückkopplungen

Diese Technik ist heutzutage Standard bei allen möglichen Produktionen, angefangen beim Fernsehen für z.B. unauffällige Regieanweisungen oder Zuspieler für die Moderatoren, im Theater in Verbindung mit Wireless Mikrofonsystemen bis hin zu internationalen Musikakts – wo diese Art des Monitorings nicht mehr wegzudenken ist. Selbst in der Formel 1 wird mit solchen Systemen gearbeitet, um eine Verbindung zwischen Fahrer und Ingenieuren / Boxengasse zu gewährleisten. Allerdings bezieht sich der Verfasser dieser Facharbeit nur auf den Bereich der Tontechnik in der Kategorie Bühne und vertieft diesen – wobei sich das Technische grundsätzlich auch auf alle anderen Einsatzgebiete übertragen lässt.

Das Thema IEM stellt allerdings eine Menge Anforderungen – sowohl an die technische<sup>4</sup> als auch an die menschliche Seite. Sei es als Anwender an sich selbst – und gerade hierzu wird der Autor im folgenden Abschnitt noch einiges hinzufügen - oder an den Techniker, der die Verantwortung trägt und dafür zu Sorgen hat, dass der Anwender das hört was er / sie benötigt.

Ganz besonders wichtig ist dies im Falle, dass das In-Ear-Monitoring als Eigenkontrolle beim Performen dient und der Künstler hierüber seine eigene Kontrolle über sich und seine Mitspieler<sup>5</sup> hat. Denn Fakt ist: nur wenn ein Künstler sich und das für Ihn wichtige Umfeld gut hört und wahrnimmt, kann er / sie eine gute Show abliefern.

---

<sup>4</sup> verschiedenste Arten von Systemen und dessen Handling

<sup>5</sup> beispielsweise die Band

Zum Thema Anwender hat der Verfasser in seiner eigenen Band die verschiedensten Erfahrungen machen können. Hierzu 3 Beispiele:

#### Bsp.1

Der Autor ist selbst Drummer und hat sich vor langer Zeit das Spielen nach Klick<sup>6</sup>, sowohl in der Probe als auch Live<sup>7</sup>, angewöhnt. Da er aus optischen Gründen nicht mit seinem Kopfhörer „on Stage“ sitzen wollte, hat er sich für ein In-Ear-System von Shure (PSM 200)<sup>8</sup> entschieden. Mit In-Ear-Monitoring verbindet er dreierlei Dinge: 1. seinen individuellen Monitorsound, 2. Einspielung des Klicktracks<sup>9</sup> (der Rest der Band bekommt hiervon nichts mit) und 3. Gehörschutz !

Seit seinen Erfahrungen und vor allem nach einer relativ kurzen Eingewöhnungszeit möchte er das IEM für sich persönlich nicht mehr missen.

#### Bsp.2

Der Keyboarder seiner Band war (und ist) grundsätzlich gegen ein IEM System und bevorzugt nach wie vor die klassische Monitorbox. Eines Tages kam er nun doch zum Gig<sup>10</sup> und hatte ein System von DB Technologies im Gepäck.

Dieses schlossen der Autor und er dann auf einem separaten AUX – Weg<sup>11</sup> am Mischpult an und der Keyboarder stellte sich „auf die Schnelle“ seinen Mix ein, ging an sein Instrument und spielte – genau einen halben Song lang – riss sich den In-Ear-Hörer aus den Ohren und sagte, er sei mit diesem System überhaupt nicht zufrieden und bevorzuge seine Monitorbox.

Im Laufe des Abends hörte er doch immer wieder mal in den Mix im In-Ear-Hörer hinein, änderte ein paar Einstellungen an dem AUX–Weg seines IEM Systems, spielte wieder einen halben Song usw. . Am Ende des Gigs war das Thema IEM für ihn geklärt. Er entschied sich gegen ein solches System und spielt heute noch seine Monitorbox.

---

<sup>6</sup> Metronom

<sup>7</sup> beispielsweise beim Auftritt

<sup>8</sup> kostengünstigste Version der Firma Shure

<sup>9</sup> Metronom

<sup>10</sup> Auftritt

<sup>11</sup> separater Ausspielweg am Mischpult

### Bsp.3

Die Sängerin der Band beschwerte sich von Fall zu Fall, dass sie sich nicht vernünftig höre und sich im Laufe des Abends durch „Schreien“ die Stimme kaputt mache.

Diese Beschwerden kamen immer dann auf, wenn die Band einen kleineren Gig hatte und die Bühne einen optimalen Aufbau der Wedges<sup>12</sup> nicht zuließ (Monitorboxen müssen, um sie vernünftig zu hören, in einer bestimmten Position zum Künstler aufgestellt werden). Bei richtiger Aufstellung der Monitorboxen kamen von ihr keinerlei Beschwerden. Der Vorschlag des Autors, einmal ein IEM-System zu Testen, stieß bei ihr auf offene Ohren. Nicht zuletzt auch aus dem Grund, dass sie sich erst einmal in einem ruhigen und sachlichen Gespräch mit ihm über die Vor- und Nachteile aufklären ließ.

Bislang hat sie noch kein System getestet. Der Verfasser ist sich aber sicher, dass, wenn sie sich in aller Ruhe für ein System entschieden hat und es optimal eingestellt wurde, die Sängerin erst einmal damit zufrieden ist. Gegebenenfalls können anschließend noch weitere „Verschönerungen“ an ihrem In-Ear-Mix vorgenommen werden. Nach einer kurzen Eingewöhnungsphase wird sie, so die Prognose, komplett auf In-Ear-Monitoring umstellen und von ihr werden keine Beschwerden mehr kommen, sie könne sich nicht hören.

Fazit: um z.B. als Künstler mit IEM zu arbeiten, bedarf es einer gewissen Offenheit hierfür, die Zeit, es in Ruhe zu testen und vor allem sich daran zu gewöhnen. Wenn man schon voreingenommen und gegen seinen eigenen Willen zum Testen eines solchen Systems geht, sich dann zusätzlich keine Zeit gibt / nimmt um verschiedene Einstellungen zu „korrigieren“ bzw. individueller zu gestalten, wird man nie erfahren, wie gut / angenehm ein In-Ear-Mix klingen und man auch zusätzlich noch seine Ohren schützen kann. Letzteres hängt allerdings von der eigenen Lautstärke des Mixes ab (individuell durch einen Volume- / Lautstärkeregler einstellbar). Der Verfasser kennt durchaus Musiker / Bands die mit IEM keinen Gehörschutz betreiben, weil sie Ihren Hörer mit viel zu hohem Pegel betreiben und sich somit ihr Gehör nachhaltig schädigen.

---

<sup>12</sup> Monitorbox

## 2. Das menschliche Gehör

Das Ohr ist ein Sinnesorgan, mit dem akustische Signale (Schall, Töne, Geräusche) als akustische Wahrnehmung aufgenommen und verarbeitet werden.

Der Hörbereich des menschl. Ohres liegt im Alter von 2 – 5 Jahren zwischen ca. 20 Hz bis ca. 20 KHz. Mit zunehmendem Alter lässt das Hörvermögen nach, besonders bei hohen Frequenzen.

Eine Aufgabe des Ohres ist die Orientierung im Raum. Hierzu werden Schallwellen lokalisiert. Somit können deren Entfernung und Richtung bestimmt werden.

Beispiel: von einer Seite einfallender Schall erreicht das der Schallquelle zugewandte Ohr eher, als das von der Schallquelle abgewandte Ohr. Hierdurch entstehen Laufzeit- und Pegeldifferenzen zwischen beiden Ohren. Diese werden vom Gehirn ausgewertet und zur Richtungsbestimmung benutzt. Zusätzlich erzeugt die Ohrmuschel je nach Richtung des eintreffenden Schalls spezifisch spektrale Frequenzgangveränderungen, die ebenfalls ausgewertet und zur Richtungsbestimmung genutzt werden.

### Aufbau des menschlichen Gehöres

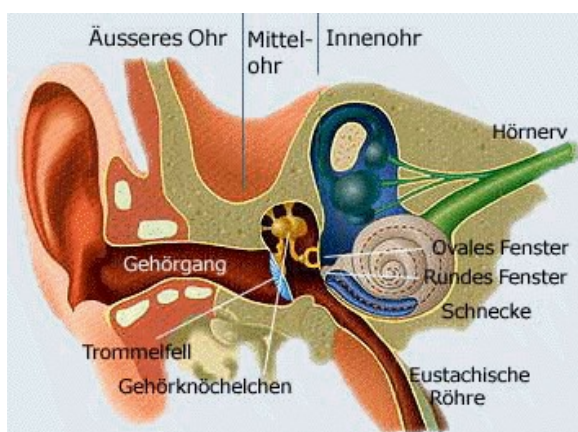


Abb.1: Querschnitt des menschl. Ohres  
Quelle: [www.hoersturz.de](http://www.hoersturz.de)

Außenohr: umfasst die Ohrmuschel, das Ohrläppchen und den äußeren Gehörgang (Ohrkanal). Dient nicht nur zum Einfangen des Schalls, sondern ebenfalls, um eine bestimmte Einfallsrichtung des Schalls zu „codieren“. Die zahlreichen Vertiefungen und Erhebungen der Ohrmuschel bilden jeweils sogenannten akustische Resonatoren, die jeweils bei Schalleinfall aus einer bestimmten Richtung angeregt werden. Hierdurch entstehen richtungsabhängige Minima und Maxima im Spektrum des Signals. Diese Minima und Maxima werden vom Gehör zur Bestimmung der Schalleinfallrichtung oben, unten, vorne und hinten genutzt.

Mittelohr: dient der Signalübertragung zwischen dem freien Luftraum des äußeren Ohres und dem mit Lymphe gefüllten System des Innenohres. Dies beinhaltet das Trommelfell, die Gehörknöchelchen<sup>13</sup>, das ovale Fenster und die eustachische Röhre<sup>14</sup>. Diese verbindet das Mittelohr mit dem Nasenrachenraum. Im Mittelohr findet eine mech. Impedanzwandlung statt, die eine optimale Übertragung des Signals vom Außenohr zum Innenohr ermöglicht.

Innenohr: ist das eigentliche Gehörorgan. Hierin befindet sich das „Cortische Organ“. Es besteht aus der Gehörschnecke, die den Schall in Nervenimpulse umwandelt, und dem Labyrinth<sup>15</sup>, das als Gleichgewichtsorgan dient. Labyrinth und Gehörschnecke sind ähnlich aufgebaut. Beide sind mit einer Flüssigkeit (Endolymphe) gefüllt und beide besitzen Haarzellen, von denen feine Härchen bis in die Endolymphe reichen. Durch Bewegungen der Flüssigkeit werden die Härchen gebogen. Hierdurch werden Nervenimpulse ausgelöst (Härchen an den Haarzellen werden abgeknickt und die hierdurch eingeleitete Reiztransformation wird über nachfolgende Zellen, die ein Aktionspotential auslösen, an den Hörnerv weitergeleitet) und zum Gehirn transportiert.

---

<sup>13</sup> bestehend aus Hammer, Amboß und Steigbügel

<sup>14</sup> auch Trompete oder Paukengang genannt

<sup>15</sup> auch Bogengänge genannt

### **3. Hörgewohnheiten**

Musikhören hat sich zu einer der liebsten Freizeitbeschäftigungen entwickelt. Es geschieht zum größten Teil bzw. beinahe ausschließlich über Medien. Dies ist auch der Grund dafür, weshalb der Mensch als Hörer im Zeitalter der CD im Laufe der vielen Jahre verwöhnt wurde. Ein Großteil der Bevölkerung stellt mittlerweile an Live-Musik den Anspruch, den Sound, den man von den Musikmedien kennt, auch im Konzertsaal zu hören – was den „Druck“ auf eine Band / Orchester und die nötige Technik erhöht. Das massenmediale Angebot in der Öffentlichkeit bzw. in den eigenen vier Wänden und das ihm gegenüber entwickelte Hörverhalten prägen das Musikverständnis und den Umgang mit Musik – wenngleich sich auch die Hörgewohnheiten im Zeitalter komprimierter Musik (z.B. MP3) nicht unbedingt zum Vorteil im Bezug „Beurteilung der Musik, beispielsweise im Punkte Dynamik“ entwickeln.

Die Hörgewohnheiten stehen in enger Beziehung zu den Funktionen, die die Hörerinnen und Hörer der Musik abverlangen (Entspannung, Ablenkung von Enttäuschungen, Aufhellung der Stimmung, zum Einschlafen oder einfach um das Alleinsein erträglich zu machen usw.).

#### 4. Warum IEM ?

Aus der Sicht des Anwenders, bieten solche Systeme den Akteuren gegenüber Vorteile, die sich mit herkömmlichen Bodenmonitoren nicht erzielen lassen. Bezogen auf die Klangqualität ist zu sagen, dass der Künstler nur das hört, was für ihn wichtig ist. Störende bzw. nervende Nebengeräusche werden vermieden. Die Lautstärke und der Klang können individuell angepasst werden (sofern sich ein EQ<sup>16</sup> im Monitorweg befindet) und der Akteur hat somit die beste Eigenkontrolle. Zur Mobilität und Beweglichkeit auf der Bühne ist zu sagen, dass z.B. Sänger an jedem Ort der Bühne bzw. auch bei einem „Ausflug ins Publikum“, überall vom gleichbleibend guten Monitorsound profitieren – was mit herkömmlichen Bodenmonitoren selbst auf der Bühne kaum denkbar und nur mit enormem Aufwand zu realisieren ist.

Stellt man sich zunächst folgendes Setup vor: eine Band (z.B. mit der Besetzung Vocals, Drums, Keyboard, Gitarre, Trompete, Posaune und Saxophon) spielt einen Gig in einem kleinen Club. Die Bühne ist relativ klein, die Band kann sich aber trotzdem sehr gut hierauf positionieren, die Wände und Decke der Bühne sind nicht mit Stoffen abgehängt, die Akustik im Club ist relativ gut (der Raum hat nur einen kurzen Eigenhall, der – wenn das Publikum im Raum ist - nicht mehr ins Gewicht fällt).

Betrachte man oben genanntes Setup zunächst einmal mit herkömmlichen Monitorboxen, dessen Voraussetzungen für einen guten (brauchbaren) Monitorsound / -mix folgende sind:

- brauchbare Akustik auf der Bühne selber, d.h. dass die Wände nicht aus nackten Betonwänden bestehen, sondern dass diese z.B. mit Stoffen oder Mollton<sup>17</sup> abgehängt sind
- gemäßigte Bühnenlautstärke, d.h., dass der Pegel und der Sound der Front PA<sup>18</sup> nicht durch den (schlechteren) Monitorsound überdeckt wird bzw. der Monitorsound den Front-Mix nicht zum Schlechteren beeinflusst

---

<sup>16</sup> Klangregler zum Absenken und Anheben von bestimmten Frequenzen

<sup>17</sup> Absorbierendes Material, welches den Schall „schluckt“

<sup>18</sup> Boxen, die in Richtung des Publikums ausgerichtet sind

- jeder Musiker / Sänger bekommt einen eigenen Monitor (die Bläsersektion kann evtl. mit einem gemeinsamen auskommen), dem individuell der persönliche Mix zugemischt wird – so dass sich jeder „wohl fühlt“
- die Monitorboxen sollten in Richtung Akteur exakt positioniert werden, damit dieser den Monitor-Mix gut hört und wahrnimmt. Nur somit ist eine gute Eigenkontrolle möglich.

### **Genau diese Situation besteht nicht!**

Die Wedges müssten aufgrund des vorhandenen Platzes entweder zum Teil eingespart oder so positioniert werden, dass die Schallwellen die Ohren der Akteure nicht so erreichen, um deren Zufriedenheit mit diesem Sound sicherzustellen (Monitorboxen sollten in einer bestimmten Position zum Künstler aufgestellt werden). Allein schon durch den Drummer, der – wie sich jeder denken kann – durch sein Instrument eine gewisse Grundlautstärke hat, muss der Monitorpegel relativ hoch sein, dass sich z.B. der Sänger gut über seine Monitorbox hört.

Diese Schallwellen treffen jetzt nicht nur die Ohren der Musiker, sondern prallen gegen die Betonwand / -decke der Bühne, werden hier reflektiert und gelangen zum einen wieder in die Mikrofone auf der Bühne (was schlimmstenfalls zu sehr unangenehmem Feedback führen kann) bzw. in den Besucherraum. Umso lauter nun der Monitor-sound ist, umso lauter muss auch der Front-Mix sein, damit dieser – wie oben beschrieben – gut klingt und nicht durch den evtl. schlechteren Monitor-sound verschlechtert / beeinflusst wird. Eine Faustregel besagt, dass man den Front-Mix bis zu 10 dB über dem Bühnen- (Monitor-) Pegel aussteuern muss um den Monitor-Mix zu überdecken.

Nachfolgend dieselbe Konstellation, nur werden nun die Monitorboxen durch In-Ear-Monitoring ersetzt:

Da die Bühne sehr klein ist, kann der zur Verfügung stehende Platz komplett durch die Akteure und deren Instrumente ausgenutzt werden – da keine Fläche für die Monitorboxen beansprucht wird. Die Schallwellen, die jetzt direkt über den In-Ear-Hörer ins Ohr der Künstler gelangen, würden an keine Fläche der Bühne strahlen und dort reflektiert werden. Hierdurch ist die Gefahr eines Feedbacks aufgrund des Monitorsounds sehr unwahrscheinlich. Des Weiteren würden sich die Akteure sehr gut hören, ohne Klangverfärbung der schlechten Bühnenakustik. Die Grundlautstärke des Drummers fällt jetzt (für den Monitorsound) nicht mehr ins Gewicht – ganz im Gegenteil. Da das Schlagzeug aufgrund der bescheidenen Bühnenakustik hier von vorne herein nicht gut klingt, kann es jetzt in den Monitorweg der Musiker problemlos zugemischt und ggf. klanglich verschönert werden. Allein schon hierdurch verbessert sich das Feeling der Musiker. Diese Vorgehensweise ist nur eines von vielen Beispielen und gilt selbstverständlich für alle anderen Instrumente genauso. Der Sänger beispielsweise wird sich durch diese Technik deutlich besser wahrnehmen und hat hierdurch eine deutlich bessere Kontrolle über sein „Instrument“ – die Stimme.

Durch den hiermit deutlich verringerten Bühnenpegel, kann auch der Pegel der Front-PA deutlich verringert werden. Der Monitorsound wird in diesem Falle den Front-Mix deutlich weniger beeinflussen (verschlechtern).

Bei einer Teilnahme an einem Mixing-Workshop der Fa. Sennheiser in Hannover, hat sich der Autor einen Eindruck über genau eine solche Situation machen können.

Messwerte mit einem Pegelmessgerät (PPM – s. Abb.2, Seite 11) ergaben, dass der Pegel des Front-Mixes ohne Monitorboxen um bis zu 8 dB verringert werden kann und der FOH-Sound hierdurch nicht beeinträchtigt wird. Um mit dieser Pegelreduzierung noch einen differenzierbaren und effektiven („gut klingenden“) Front-Mix zu erzielen, sind allerdings noch andere Faktoren wichtig.

So hat es sich z.B. bewährt, dass die Amps<sup>19</sup> des Basses und der Gitarre so platziert werden, dass sich die Musiker selber noch gut hierüber hören und diese nicht direkt ins Publikum strahlen, sondern eher seitlich in Richtung Bühne aufgestellt werden, um sie somit lauter über die Front-PA zumischen zu können.



Abb.2: Pegelmessgerät  
Quelle: www.thomann.de

### Vorteile

Diese Art des Monitorings bietet einige Vorteile, sowohl für den Künstler als auch für den Tontechniker und das Publikum.

- bei Wahl eines Wireless-Systems völlige Bewegungsfreiheit und überall gleicher Sound
- kontrollierbare Monitorlautstärken, die bei entsprechender Einstellung zu einer deutlichen Entlastung des Gehörs führen können
- verbesserter und direkterer Monitorsound als mit gewöhnlichen Monitorboxen
- reduzierte Bühnenlautstärke und somit verbesserter FOH- (Saal-) Sound
- verbesserte Performance und vor allem Tightness im Zusammenspiel der Musiker, da das Hören präziser wird
- deutlichere Einzelsignale, da keine Einstreuung der Monitorboxen in die Mikrofone
- kürzere Soundcheckzeiten (nach einer gewissen Einarbeitungsphase) da die Raumakustik<sup>20</sup> keine bedeutende Rolle mehr spielt
- durch Wegfall der Monitorboxen bzw. Sidefills<sup>21</sup> verringerte Transportmengen
- Verringerung der Feedbackgefahr, weil kein offener Lautsprecher mit einem Mikrofon rückkoppeln kann

---

<sup>19</sup> Verstärker

<sup>20</sup> die Beschaffenheit und der Klang eines Raumes

<sup>21</sup> Boxen die von den Bühnenseiten die Musiker beschallen

## Nachteile

Da man es gewohnt ist räumlich zu hören, begibt man sich mit IEM erstmals in eine eher ungewohnte Situation – nämlich sich mit „verschlossenen“ Ohren zu bewegen.

Auf der Bühne sieht es ähnlich aus. Den In-Ear-Mix nimmt man deutlich wahr, die akustische Umgebung (beispielsweise das Publikum) rückt hingegen in den Hintergrund. Publikumsreaktionen werden nur noch indirekt wahrgenommen, Absprachen zwischen den Musikern gestalten sich nur noch schwierig. Viele Künstler empfinden diese Situation der Isolation als störend.

Ein weiterer – anfangs ungewohnter – Faktor, ist die Wahrnehmung des Körperschalls. Dieser wird durch den Schädelknochen übertragen und somit direkt vom Innenohr wahrgenommen.

Um diesen Problemen Abhilfe zu schaffen, geht der Verfasser im Kapitel 9 genau auf diese Problematiken und deren Lösungen ein.

Weiterhin gibt es aus Sicht des Autors zu den Nachteilen nicht viel zu sagen. Aus eigenen Erfahrungen heraus kann er nur mitteilen, dass sich sein Höreindruck und sein eigenes Spiel, seit der Verwendung eines IEM-Systemes, deutlich verbessert hat. Lediglich die Kosten für Batterien sind seit dem gestiegen. Dies sollte aber wirklich das kleinere Übel sein, schließlich geht es um seine Ohren, die einem das Wert sein sollten.

Ein möglicher, weiterer (Nachteil) sind die Anforderungen an das Mischpult. Dazu aber später genaueres im Kapitel 8 (Anforderungen an das Monitorpult).

## 5. Arten von In-Ear-Systemen und wissenswertes zum richtigen Umgang damit

Wie auch bei Mikrofonen, unterscheidet man bei diesen System zwischen schnurgebunden, „Hard Wired“<sup>22</sup> und schnurlos, „Wireless“<sup>23</sup>.

Beim Hard-Wired-System benötigt man im einfachsten Fall nur einen Empfänger, der fest mit dem Monitorweg verbunden ist.

Für Wireless Systeme ist immer ein Sender und Empfänger erforderlich.

### Hard Wired Systeme

Diese Systeme eignen sich vor allem für Musiker, die z.B. durch ihr Instrument „fest“ an einen Platz gebunden sind – was nicht heißen soll, das diese Musiker nicht auch mit einem Wireless-System ausgestattet werden könnten - und sich während der Show nicht von diesem fortbewegen (z.B. Drummer, Keyboarder).

### Wireless Systeme

Diese Systeme hingegen sind sinnvoll für Personen, die im Laufe einer Show auf mehrere Positionen wechseln und somit „frei“ beweglich sein müssen.

### Vor- und Nachteile

Im Bezug auf die Flexibilität liegt hier der Vorteil sicherlich beim Wireless-System, da man mit einem Hard-Wired-System doch sehr platzorientiert eingeschränkt ist. ACHTUNG: je mehr Schnurlos-Systeme in einer Produktion betrieben werden, auch in der Verbindung mit Wireless Mikrofonen, umso notwendiger ist es, sich ein Frequenzmanagement zu schaffen oder sich berechnen zu lassen. Dies ist unumgänglich, damit es nicht zu Überlappungen der Frequenzen kommt und somit keine Störungen auftreten (mehr zu diesem Thema folgt im Kapitel 6).

Über dieses Problem kann man bei Hard-Wired-Systemen getrost hinweg sehen, wobei man nach eigenen Erfahrungen des Autors nicht um Wireless Systeme herumkommt.

---

<sup>22</sup> Empfänger ist fest verkabelt

<sup>23</sup> Sender und Empfänger sind nicht fest verkabelt

### Übertragungsbereich

In der Regel liegt der Übertragungsbereich<sup>24</sup> bei Hard-Wired-Systemen zwischen 30 Hz und 20 KHz – bei Wireless System zwischen 50 Hz und 20 KHz.

Diesbezüglich ist zu erwähnen, daß hier ein Vorteil beim Hard-Wired-Systeme liegt.

### Preis:

Dass Hard-Wired-Systeme in der Anschaffung kostengünstiger sind als Wireless-Systeme, muss wohl nicht erwähnt werden. Nachfolgend sind ein paar Beispiele verschiedenster Systeme (zum Teil ohne In-Ear-Hörer, diese kommen separat hinzu) inkl. eines circa Richtpreises der Firma Thomann zusammengestellt. Letztendlich sollte allerdings der Preis nicht das ausschlaggebende Argument über die Entscheidung für ein System sein. Vielmehr sollten Pro und Contra der technischen Notwendigkeiten genauestens abgewogen werden und anhand dessen sollte auch die Entscheidung gefällt werden.

### Pegel

Wichtig im Umgang mit In-Ear-Monitoring-Systemen, ist auch der Pegel den man über längeren Zeitraum seinem Gehör zumutet. Die Occupational Safety Health Administration<sup>25</sup> (OSHA) hat hierzu Richtlinien für die maximale, zeitliche Belastung durch Schalldruckpegel erstellt, bevor es zu Hörschäden kommt.

90 dB Schalldruckpegel, max. 8 Stunden

95 dB Schalldruckpegel, max. 4 Stunden

100 dB Schalldruckpegel, max. 2 Stunden

105 dB Schalldruckpegel, max. 1 Stunde

110 dB Schalldruckpegel, max. 1/2 Stunde

115 dB Schalldruckpegel, max. 15 Minuten

**120 dB Schalldruckpegel - vermeiden, sonst können Schäden auftreten**

Quelle: [www.shure.de](http://www.shure.de)

---

<sup>24</sup> Frequenzbereich, der übertragen werden kann

<sup>25</sup> US - Arbeitsschutzbehörde

### Betriebsmodus

Eine weitere, wichtige Rolle bei der Auswahl eines Systems, spielen hier die verschiedenen Betriebsmodi<sup>26</sup>, die sowohl bei Hard-Wired als auch bei Wireless-Systemen zu finden sind. Diese sind maßgeblich dafür, ob ein System nur ein (Mono) oder gar zwei (Stereo) Audiosignale verarbeiten kann. Die Verarbeitung des Audiosignals im Empfänger ist wiederum wichtig dafür, wie man den Mix wahrnimmt. Hier gilt es zu entscheiden, welche Anforderungen man an sich und das System stellt.

Die gängigsten Systeme (Empfänger) unterscheiden heutzutage über 3 verschiedene Betriebsmodi: Mono, Stereo und Mix Mode<sup>27</sup>.

Mono: es wird nur ein Signal übertragen, welches an beiden Ohrhörern gleichermaßen anliegt.

Stereo: es werden 2 Signale übertragen, (i.d.R. über 2 Aux-Wege – einer für das Panning<sup>28</sup>, der andere für den Pegel) welche gekoppelt sind, die bei einem Stereomix in Anhängigkeit des Pannings (PAN) am Mischpult, verschiedenermaßen an den Ohrhörern anliegen

### Mix Mode:

In diesem Fall liegen am Empfänger 2 verschiedene Signale an, dessen Verhältnis sich nun der Anwender mit Hilfe eines Panorama Reglers (PAN) selber einstellen kann.

Ein weiteres Feature, welches heutzutage in keinem Empfänger mehr fehlen sollte, ist ein (zum Teil schaltbarer) Limiter. Dieser begrenzt das Eingangssignal und dient zum Schutze des Gehörs bei z.B. auftretendem Feedback.

---

<sup>26</sup> Einstellung, in welchem Modus der Empfänger betrieben wird

<sup>27</sup> Firma Shure und AKG

<sup>28</sup> Links / Rechts Verteilung des Signals

Einige Empfänger (z.B. Shure P7R) verfügen zusätzlich noch über eine Möglichkeit die Höhen anzuheben. Dies ist in zweierlei Gesichtspunkten nützlich:

1. um sich generell den Mix durch Anheben der Frequenzen etwas „schöner“ zu gestalten bzw.
2. die Sendestrecke durch Absenken der Frequenzen (z.B. anhand eines EQ's im Monitorweg) zu entlasten und sich diese dann am Empfänger wieder anzuheben. Dies ist auch im Hinblick auf die Bandbreite ein wichtiger Gesichtspunkt.

Ein weiteres, dienliches Merkmal einiger Sender ist, dass die Antennen abschraubbar sind. Somit ist es z.B. möglich, mehrere Sender und somit mehrere Frequenzen über einen sogenannten Antennen-Combiner mit den dazugehörigen Empfängern über nur eine Antenne zu verbinden. Dies verringert das Risiko von evtl. auftretenden Störungen bei mehreren Antennen in nahem Abstand.

Beispiele von verschiedenen Hard Wired Systemen

Hard-Wired-System (Taschenempfänger) der Fa. Fischer Amps



Abb.3: Fischer Amps Hard Wired Belt Pack, EUR 184 ,-  
Quelle: [www.thomann.de](http://www.thomann.de)



Abb.4: Shure P4HW ( schnurgebundener Taschenempfänger )  
Quelle: [www.shure.de](http://www.shure.de)

Hard-Wired-System (Taschenempfänger) der Fa. Fischer Amps



Abb.5: Fischer Amps Mini Bodypack mit Vol. Regler, Preis EUR 49,-  
Quelle: [www.thomann.de](http://www.thomann.de)

Hard-Wired-System (Taschenempfänger) der Fa. Fischer Amps



Abb.6: Fischer Amps (Kabelgebundenes, portables In Ear Monitor-System)  
Quelle: www.thomann.de

Features:

- Zwei direkte, symmetrische XLR-Eingänge, kein Spezialkabel notwendig (auch asymmetrisch anschließbar)
- Erheblich besserer Klang als wireless In Ear Systeme
- Zwei schaltbare Modi (Mono-Mix / Stereo)
- 2 x 40 mW Ausgangsleistung mit Limiter
- Volume- und Panorama/Mix-Regler
- Netzteilanschluss (verriegelbar) zum Anschließen von ext. DC-Netzteil (optional erhältlich).
- Laufzeit mit Alkaline Batterie ca. 12h, mit Akku ca. 8h

**Technische Daten**

Abmessungen L x B x H (in mm):	127 x 82 x 30
Gewicht:	290 g
Eingänge:	2 x Neutrik XLR Buchse 3 polig mit Verriegelung
Ausgang:	3,5 mm Stereoklinkenbuchsen
Frequenzgang:	30 Hz - 20 KHz +/- 2 dB
Minimale Anschlussimpedanz des Hörers:	12 Ohm pro Seite
Eingangsimpedanz:	15kOhm
Nominale Eingangspegel:	0 dB - +2dB (Limitierung bei +6 dB)
Nom. Eingangspegel symmetrisch:	0 dBV
Max. Eingangspegel symmetrisch:	+4 dBV
Limitierung des Eingangssignales:	ab +5 dBV
Max. Ausgangsleistung an 20 Ohm:	40 mW pro Kanal
Max. Betriebsstrom:	40 mA
Stromversorgung:	9V-Block Alkali Batterie oder 8.4V NiMH Akku
DC-Eingangsbuchse:	Externe Eingangsspannung DC 9V (Innenkontakt +, Aussenkontakt -)
Batterielebensdauer:	ca. 8 h mit 270mAh Akku, ca. 12 h mit Alkalibatterie (abhängig von Hörlautstärke)

Mit dem folgenden Gerät möchte der Autor eine weitere Variante eines Hard-Wired-Systems vorstellen. Es handelt sich hierbei um ein Gerät der Marke Fischer Amps. Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, hat die Festverkabelung der In-Ear-Geräte auch Vorteile, wie Einsparung von Funkstrecken für andere Anwendungen, höhere Dynamik und Klangqualität. Dieser In-Ear-Amp wurde beispielsweise von der Fachzeitschrift „Soundcheck“ als Nummer 1 Zubehör des Jahres 2006 ausgezeichnet.



Abb.7: Fischer Amps In-Ear-Amp

Quelle: [www.thomann.de](http://www.thomann.de)

Features:

- Zwei symmetrische Eingänge mit XLR/Klinke Kombibuchse mit Durchschleifmöglichkeit (XLR-Ausgänge)
- Gain-Einstellung zur Anpassung der Eingangssignale
- Zusätzlicher Stereo Aux Line In an der Frontseite (Klinke)
- Stereo-, Mono-Mix- und Monobetrieb schaltbar
- Ausgang zum Ansteuern eines Bass-Shaker Verstärkers
- LED Anzeige der Eingangssignale
- Hochwertige Kopfhörerendstufe mit Limiterfunktion
- Robustes 9,5"-Gehäuse mit integriertem Schaltnetzteil mit Weitspannungsversorgung von 90VAC bis 250VAC

#### Technische Daten

Abmessungen: LxBxH:	220 x 190 x 43 mm
Gewicht:	1,7 kg
Betriebsspannung:	90 bis 250 VAC (automatische Einstellung)
Netzanschluss:	Netzbuchse 2-polig
Frequenzgang:	20Hz bis 30 kHz +/- 2 dB
Leistung Kopfhöreramp:	max. 80 mW, minimale Impedanz 10 Ohm
Limiter	im Ja (fest eingestellt, nicht abschaltbar)
Kopfhöreramp:	
Eingänge:	2 x XLR/Klinke Kombi, symm., 0 dB Eingangspegel 1 x Stereo Aux-Input Klinkeasymm. auf Frontseite, -10dB
Ausgänge:	2 x XLR Link out, 1 x Line Out Shaker-Amp, Klinke
Kopfhörerausgänge:	1 x XLR männlich für Guitar In Ear Cable, 1 x Stereoklinke 6,3mm mit Adapter auf 3,5mm

## **6. Funktionsprinzip der schnurlosen (Funk-) Übertragung sowie technische Voraussetzungen für den Betrieb von Wireless-Systemen**

Nachdem jetzt verschiedene schnurgebundene Systeme vorgestellt wurden, möchte sich der Autor nun den schnurlosen ( wireless ) Systemen zuwenden. Doch zuvor soll hier das Funktionsprinzip der schnurlosen Systeme sowie alles Wissenswertes um die Funkübertragung erläutert werden. Der Verfasser möchte in diesem Kapitel darstellen, wie die schnurlose Übertragung funktioniert und wie diese technisch umgesetzt wird.

### Was versteht man unter Modulation ?

Im Allgemeinen bezeichnet der Begriff Modulation die Beeinflussung eines Trägersignals durch ein Nutzsignal. Hier wird ein hochfrequentes<sup>29</sup> Trägersignal durch ein niederfrequentes<sup>30</sup> Nutzsignal des Audiomaterials moduliert. Die NF-Informationen<sup>31</sup> gehen im Sender auf das HF-Trägersignal über und werden mit diesem zum Empfänger geleitet. In diesem findet nun eine sogenannte Demodulation statt, die genau das Gegenteil einer Modulation verrichtet. Hier wird faktisch das Nutzsignal wieder vom Trägersignal getrennt und das Nutzsignal kann so letztendlich hörbar gemacht werden. Es wird also das konstante HF-Signal vom Empfangenen subtrahiert und folglich steht so das gewünschte Nutzsignal in seiner ursprünglichen Form zur Verfügung.

Die Frequenzmodulation ist das Grundprinzip der Funkübertragung bei Wireless In-Ear-Systemen. Bei schnurlosen Mikrofonen käme noch der Aspekt der Amplitudenmodulation hinzu, den man hier getrost vernachlässigen kann, da sämtliche In-Ear-Systeme, zumindest die schnurlosen, auf dem Prinzip der Frequenzmodulation aufbauen.

---

<sup>29</sup> HF-Signal

<sup>30</sup> NF-Signal

<sup>31</sup> Audiosignale

## Frequenzmodulation

Diese ist ein Modulationsverfahren, bei dem – wie der Name schon erkennen lässt - die Trägerfrequenz (HF) durch das zu übertragende Signal (NF) verändert wird. Bei dieser Technik ist die Amplitude des Trägersignals immer gleich und bestimmt somit die stets konstante Sendeleistung. Das durch das Nutzsignal<sup>32</sup> modulierte HF-Signal weicht nun von seiner konstanten Schwingungszahl ab, und schwankt jetzt zwischen zwei Frequenzen oberhalb und unterhalb der ursprünglichen hin und her. Das Maß der Abweichung von der Trägerfrequenz wird dabei vom Pegel des aufmodulierten Signals bestimmt. Man spricht hierbei auch von einer periodischen Änderung der Frequenz durch ein Schallereignis. Anders gesagt: die Frequenz des Modulationssignals<sup>33</sup> steuert die zeitliche Frequenzänderung der Trägerwelle.

Je größer der Pegel bei dem Audiomaterial ist, umso mehr weicht die Frequenz des fertig modulierten Produktes von der des ursprünglichen Trägers ab. Die Frequenz des modulierten Signals nimmt dagegen Einfluss auf die Schnelle dieser Abweichung. Wird der Ton höher und die Schwingungszahl somit größer, passiert die genannte Abweichung schneller; wird der zu übertragende Ton tiefer und somit tieffrequenter, so weicht das Trägersignal nur langsam von seiner festen Schwingungszahl ab.

Die Frequenzmodulation ermöglicht gegenüber der Amplitudenmodulation einen höheren Dynamikumfang und ist weniger anfällig gegen Störungen. Grund hierfür ist folgender:

Äußere Störungen beeinflussen in erster Linie die Amplituden. Da bei der Frequenzmodulation - wie bereits erwähnt - die Frequenz die eigentliche Information beinhaltet, bleibt sie von dieser Störungsart unberührt. Ein gut gefertigter FM – Empfänger ist gegen solche Störungen nicht anfällig, wenn er auf ein FM – Signal mit ausreichender Stärke eingestellt ist.

Bezüglich des Dynamikumfanges ist zu erklären, daß bei diesem Verfahren keine Einschränkung einer max. Amplitude erfolgt und somit ein höherer Dynamikumfang gegenüber der Amplitudenmodulation möglich ist.

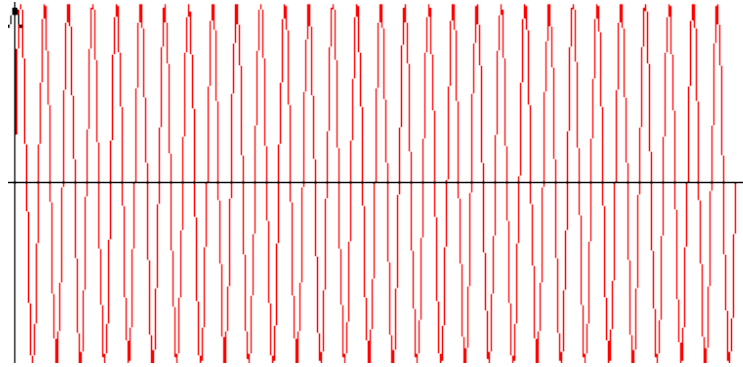
---

<sup>32</sup> NF-Signal

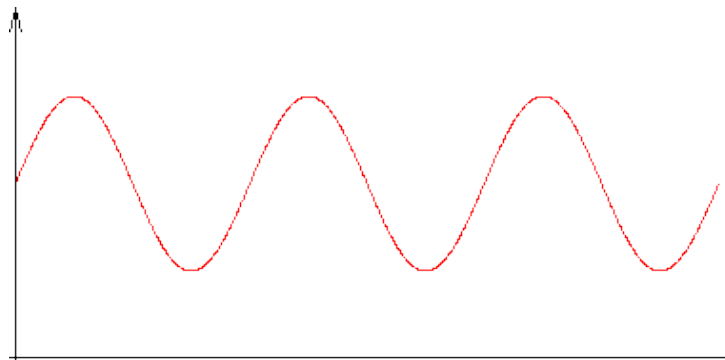
<sup>33</sup> Nutzsignal

## Schaubild zur Frequenzmodulation

Trägersignal (HF-Signal):



Nutzsignal (NF-Signal):



Moduliertes Trägersignal:

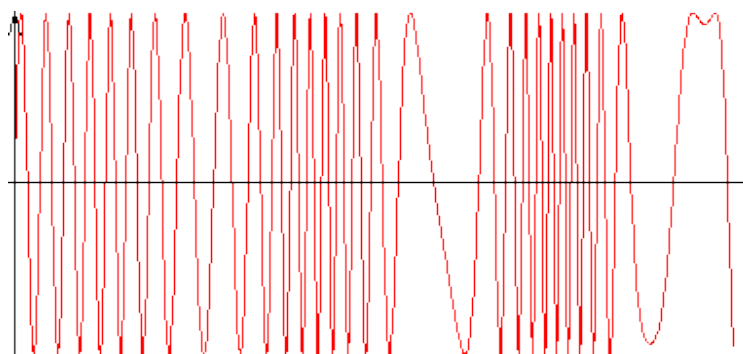


Abb. 8  
Quelle: [www.fkg-wuerzburg.de](http://www.fkg-wuerzburg.de)

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass die Frequenz des aufmodulierten NF-Signals in unmittelbarem Zusammenhang Einfluss auf die Schnelle der Änderung im Trägersignal nimmt. Ergänzend dazu, legt die Amplitude des NF-Signals den Betrag der Abweichung<sup>34</sup> fest. Durch diesen Hub ergeben sich im Amplitudenspektrum der Frequenzmodulation nun wieder zwei Seitenbänder. Dadurch, dass bei der Frequenzmodulation mehr Bandbreite pro übertragendem Kanal benötigt wird, kommt hierfür nur ein Bereich in Frage, in dem dafür genügend Platz zur Verfügung steht. Die Nutzung beschränkt sich in Folge dessen auf den VHF Bereich bei 87,5 – 1000 MHz und im UHF Bereich bei 300 – 3000 MHz. Auch noch zu erwähnen gibt es, dass die Frequenzmodulation eine hohe Übertragungsqualität sicherstellt. Laut Dickreiter, können bei diesem Modulationsverfahren Frequenzen im Bereich von 40 Hz bis 15 KHz übertragen werden.

---

<sup>34</sup> HUB

## Wissenswertes zu Wireless Systemen

### Intermodulation

Da – wie soeben erwähnt – die Wireless Systeme sogenannte Trägerfrequenzen nutzen, um das Audiosignal zu übertragen, muß man beim Betrieb mehrerer Systeme ein paar Dinge zwingend beachten. Es können nicht einfach beliebige Frequenzen genutzt werden. Der größte limitierende Faktor sind die sogenannte Intermodulationen.

### Was sind Intermodulationen?

Breibt man mehrere Sendeanlagen mit unterschiedlichen Trägerfrequenzen, bilden sich durch Korrelation der HF-Signale sogenannte Intermodulationen.

Hiermit sind Summen- und Differenzprodukte einzelner Trägerfrequenzen bzw. deren Harmonische gemeint. In den nicht linearen Schaltungen in Empfängern, vor allem in deren Mischstufe, entstehen somit völlig neue Frequenzen, welche unter Umständen genau in die Nutzfrequenz anderer Sendestrecken des Systems fallen und diese hierdurch massiv stören. So entstandene Frequenzen werden als Intermodulationsprodukte bezeichnet.

Man spricht von unterschiedlichen Ordnungen.

Intermodulationen 2ter Ordnung sind „einfache“ Summen- und Differenzprodukte.

Bsp. : Summe  $f_1 + f_2$  oder die 1. Harmonische  $f_1 + f_1$

Bei Intermodulationen 3. Ordnung kommt noch eine Summe bzw. eine Differenz hinzu.

Bsp.:  $f_1 + f_1 - f_2$

### Wo tauchen Intermodulationen auf?

Sie werden in jedem nichtlinearen Übertragungssystem produziert.

Ein lineares Übertragungssystem zeichnet sich dadurch aus, dass sich der Ausgang proportional zum Eingang verhält.

Bei jedem Verstärker handelt es sich jedoch um ein nicht lineares Übertragungssystem, in dem Summen- und Differenzprodukte generiert werden. Da diese Verstärker in allen Sendern und Empfängern verwendet werden, ist somit beim Betrieb von mehr als einem Wireless-System auf Intermodulationen zu achten.

### Welche Intermodulationen sind wirklich störend?

Wie bereits erwähnt, erzeugen Verstärker (HF) in hoher Kapazität Intermodulationen. Wirklich störend allerdings sind nur die Intermodulationen 3. Ordnung.

Hierzu ein Beispiel ( s. Abb.9 + 10):

man betreibt 2 Sender, deren Trägerfrequenz bei 800 MHz und 801 MHz liegt.

In einem Verstärker wird nun die Summe ( $800 + 801 = 1601$  MHz) sowie die Differenz (1 MHz) – also die Intermodulationen 2. Ordnung – produziert. Diese Frequenzen liegen fern ab unserer eigentlichen Trägerfrequenz, so dass diese Störungen beruhigt vernachlässigt werden können.

Die Frequenzen bei 2402 MHz (2,4 GHz) können immer noch getrost vernachlässigt werden.

Problematisch wird es allerdings bei den Frequenzen 799 MHz und 802 MHz.

Schaubilder des zuvor genannten Beispiels für Intermodulationen

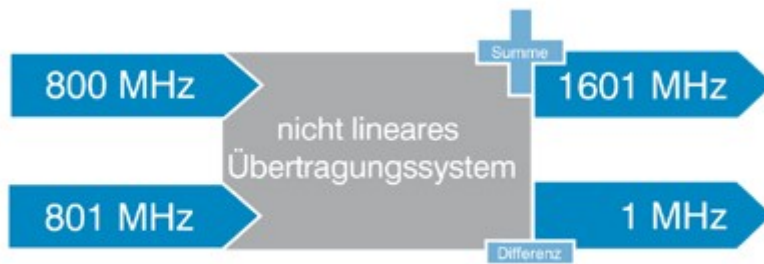


Abb. 9 – Intermodulationen 2. Ordnung  
Quelle: www.shure.de

Betrachtet man nun dieses Beispiel mit Intermodulationen 3. Ordnung.

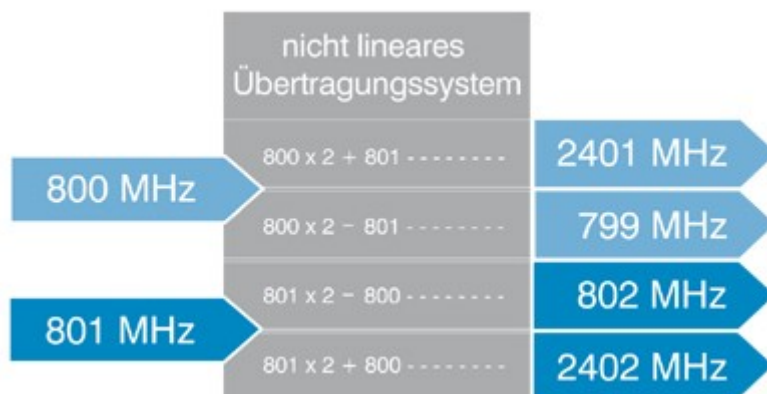


Abb.10 – Intermodulationen 3.Ordnung bei 2 Frequenzen  
Quelle: www.shure.de

Fazit: beim Betrieb 2er Wireless Systeme bei 800 MHz und 801 MHz kommt es zu keinen Störungen. Wäre hier nun ein System im Bereich 799 MHz oder 802 MHz im Einsatz, käme es zu Beeinträchtigungen. Das Dritte System müsste nun beispielsweise auf 801,750 MHz oder 799,150 MHz programmiert werden. Es sei denn, mehrere Empfänger wollten den gleichen Mix eines Senders nutzen.

Aus diesem Grund ist beim Einsatz von mehreren Wireless Systemen ein Frequenzmanagement unabdingbar.

## Frequenzmanagement

Was ist mit Frequenzmanagement genau gemeint?

Hierzu fand der Autor eine Abhandlung, die es treffender nicht beschreiben könnte. Das Frequenzmanagement verfolgt eigentlich nur ein paar einfache Ziele:

*„Ich will von niemandem gestört werden. Nach Möglichkeit möchte ich auch niemanden stören – bei einer Ausgangsleistung von 20 – 50 Milliwatt allerdings ein eher unwahrscheinlicher Fall. Als Betreiber von multiplen Funkkanälen möchte ich auch nicht mit mir selbst interferieren. Und wenn es sich einrichten lässt, möchte ich mit meinem System innerhalb legaler Grenzen funken“.*

(Zitat von Jens Geiger – Dipl. Audio Engineer, SAE Frankfurt)  
Quelle: Production Partner, Ausgabe 10/2004

Wie bereits mehrfach erwähnt, können Funkfrequenzen nicht beliebig miteinander kombiniert werden. Weiterhin genügt es nicht, die Systeme nur auf unterschiedliche Frequenzen zu programmieren, das Thema Intermodulation wurde im letzten Abschnitt ausführlich behandelt.

Aus diesem Grund müssen beim Einsatz mehrerer Wireless Systeme oder gar eines Mehrkanal-Wireless-Systems ALLE Frequenzen sorgfältig koordiniert werden!

Sofern man selber nicht über die notwendigen Kenntnisse verfügt, sich die Frequenzen zu errechnen, bieten namhafte Hersteller wie Shure, Sennheiser, AKG (um nur ein paar zu nennen) die Möglichkeit, sich eine Frequenztafel von Ihnen erstellen zu lassen.

Anbei ein Beispiel eines Frequenzmanagements in einem Theater:

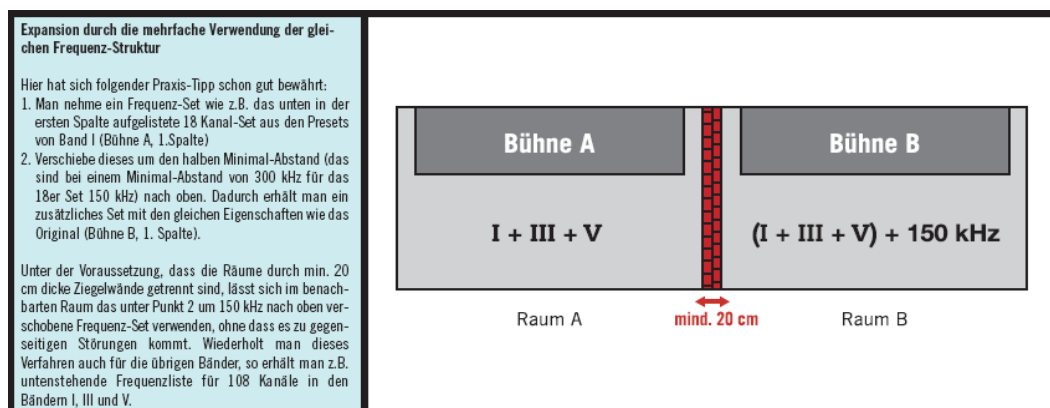


Abb. 11: Prinzip einer Frequenzaufteilung  
Quelle: www.akg.com

Frequenzmanagement im Theater						
	Bühne A AT 1 Presets			Bühne B AT 1 Presets erhöht um 150 kHz		
	Band I	Band III	Band V	Band I + 0,15	Band III + 0,15	Band V + 0,15
1	650,850	720,700	790,900	651	720,85	791,05
2	651,350	721,200	791,400	651,5	721,35	791,55
3	654,850	724,700	794,900	655	724,85	795,05
4	656,350	726,200	796,400	656,5	726,35	796,55
5	667,950	737,800	808,000	668,1	737,95	808,15
6	673,250	743,100	813,300	673,4	743,25	813,45
7	650,150	720,000	790,200	650,3	720,15	790,35
8	665,050	734,900	805,100	665,2	735,05	805,25
9	666,050	735,900	806,100	666,2	736,05	806,25
10	675,450	745,300	815,500	675,6	745,45	815,65
11	672,450	742,300	812,500	672,6	742,45	812,65
12	676,050	745,900	816,100	676,2	746,05	816,25
13	650,450	720,300	790,500	650,6	720,45	790,65
14	652,450	722,300	792,500	652,6	722,45	792,65
15	658,150	728,000	798,200	658,3	728,15	798,35
16	661,950	731,800	802,000	662,1	731,95	802,15
17	663,350	733,200	803,400	663,5	733,35	803,55
18	671,150	741,000	811,200	671,3	741,15	811,35

Abb. 12: Frequenzmanagement im Theater  
Quelle: www.akg.com

### Wichtige / allgemeine Informationen zum Betrieb von Wireless Systemen

Zum 1.1.2006 trat eine Allgemeinzuteilung der Fernsehkanäle 61 – 63 (die im Frequenzband 790 – 814 MHz liegen) und 67 – 69 (Frequenzband 838 – 862 MHz) in Kraft. Eine Anmeldung der genutzten Kanäle von Schnurlossystemen seitens des Anwenders bei der Bundesnetzagentur ist dementsprechend nicht notwendig. Jeder Nutzer hat lediglich dafür zu sorgen, dass er allgemein zugeweilte Frequenzen seiner Nutzergruppe wählt.

Eine detaillierte Frequenzliste würde den Rahmen dieser Facharbeit überschreiten. Diese Listen kann man sich z.B. bei: [www.shure.de/stellent/groups/public/@gms\\_gmi\\_web\\_ug/documents/web\\_resource/us\\_pro\\_allgemeinzuteilung06\\_ug.pdf](http://www.shure.de/stellent/groups/public/@gms_gmi_web_ug/documents/web_resource/us_pro_allgemeinzuteilung06_ug.pdf)

oder auf den Seiten der Bundesnetzagentur downloaden (660 Seiten).

Trotz alledem, hier einmal zur Veranschaulichung ein Auszug der Frequenzliste, die den öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten zugeteilt sind.

Dies sind je Kanal 13 intermodulationsfreie<sup>35</sup> Nutzfrequenzen:

Kanal	61	62	63	67	68	69
<b>Frequenz ( MHz )</b>						
<b>1</b>	790,100	798,100	806,100	838,100	846,100	854,100
<b>2</b>	790,500	798,500	806,500	838,500	846,500	854,500
<b>3</b>	791,050	799,050	807,050	839,050	847,050	855,050
<b>4</b>	791,750	799,750	807,750	839,750	847,750	855,750
<b>5</b>	792,175	800,175	808,175	840,175	848,175	856,175
<b>6</b>	792,750	800,750	808,750	840,750	848,750	856,750
<b>7</b>	793,575	801,575	809,575	841,575	849,575	857,575
<b>8</b>	794,675	802,675	810,675	842,675	850,675	858,675
<b>9</b>	795,200	803,200	811,200	843,200	851,200	859,200
<b>10</b>	795,950	803,950	811,950	843,950	851,950	895,950
<b>11</b>	796,425	804,425	812,425	844,425	852,425	860,425
<b>12</b>	797,400	805,400	813,400	845,400	853,400	861,400
<b>13</b>	797,900	805,900	813,900	845,900	853,900	861,900

Abb.13: zugeteilte Frequenzen  
Quelle: www.shure.de

Solche Frequenzlisten gibt es weiterhin für z.B. private Programmanbieter, Programmproduzenten und sonstige professionelle Veranstalter, wobei deren zugeteilte Frequenzen noch einmal in Frequenzgruppen A – D<sup>36</sup> unterteilt.

Darüber hinaus gilt eine solche Frequenzzuteilung auch im Bereich von 863 – 865 MHz. Innerhalb dieses Bereiches sind keine Nutzergruppen zugewiesen; somit kann jede beliebige Frequenz innerhalb dieses Bereiches genutzt werden.

<sup>35</sup> siehe Abschnitt Intermodulation

<sup>36</sup> siehe Abschnitt Anwender und Nutzergruppen

## Anwender und Nutzergruppen

Die verschiedenen Anwender, die Wireless Systeme betreiben, werden in sogenannte Nutzergruppen eingeteilt. Diese sind:

- a & b: Öffentlich-Rechtliche und private Rundfunkanstalten
- c: PA – Rental Firmen
- d: Bands, Diskotheken
- e: Stadthallen, Theater, usw.

Zu den jeweiligen Nutzergruppen gehören wiederum bestimmte Frequenzbereiche.

Zusätzlich zur allgemeinen Zuteilung, gibt es auch noch sogenannte Einzelzuteilungen, die für den vorübergehenden Betrieb von Wireless Systemen von der Bundesnetzagentur vergeben werden. Diese sind nicht, wie die vorher genannten allgemeinen Zuteilungen, an Nutzergruppen oder TV Kanäle gebunden – gelten allerdings nur für 14 Tage an einem festgelegten Ort und müssen nach Ablauf dieser Zeit wieder neu beantragt werden. Hierfür werden auch nur Frequenzen zugeteilt, die nicht schon von anderen Anwendern an diesem Ort belegt sind.

Die Preise für die Zuteilung belaufen sich auf € 130,- für die erste beantragte Frequenz. Jede weitere wird mit € 50,- berechnet.

## Störfaktoren bei Wireless Systemen

Um einen Ausfall zu verhindern und den möglichst ungestörten Betrieb seines Wireless Systems zu gewährleisten, ist es zwingend notwendig, auf einige Faktoren zu achten. Nichtbeachtungen können schneller als geahnt, schwere Störungen des Systems, sowie Ausfälle des selbigen zur Folge haben.

Die am meisten auftretenden Symptome für einen nicht idealen Betrieb sind Rauschen und Brummgeräusche im Hörer, die sich schlimmstenfalls bis zu totalen, momentanen Empfangsausfällen<sup>37</sup> auswirken können.

So sollte beispielsweise darauf geachtet werden, dass sich keine Geräte, die eine sog. HF-Strahlung mit sich bringen (Handy, Laptop usw.), in unmittelbarer Nähe von Sendern und Empfängern befinden. Weiterhin ist von elektronischen Transformatoren, Starkstromleitungen und Lichtanlagen in der Nähe der Geräte Abstand zu nehmen. Selbst CD-Player, die schlecht abgeschirmt sind, können zu Störungen in den Systemen führen.

Weiterhin ist ein gewisser Mindestabstand der Frequenzen einzuhalten. Nach Rücksprache mit verschiedenen Fachleuten auf der Internationalen Musikmesse in Frankfurt, kam der Autor zu dem Ergebnis, dass ein Mindestabstand von 150 KHz zwischen 2 Frequenzen ausreichen sollte, damit diese sich nicht gegenseitig stören. Um auf Nummer sicher zu gehen, ist allerdings ein Abstand von 300 KHz empfehlenswert. Trotz alledem sind auch beim Einhalten der Mindestabstände Frequenzstörungen möglich.

Sicherlich ist es auch dienlich, den oder die Sender etwas erhöht<sup>38</sup> zu platzieren oder gar mit einer externen Antenne zu arbeiten, über die sich zum einen mehrere Geräte gleichzeitig ansteuern lassen und die zum anderen eine höhere Sendeleistung besitzt. Je höher die Sendeleistung ist, desto geringer ist das Risiko von Störungen. Weiterhin sind mit einer größeren Sendeleistung größere Entfernungen realisierbar und zusätzlich werden hiermit auch äußere Störeinflüsse wie z.B. durch HF-Einstrahlung verringert.

ACHTUNG: der Einsatz von zu vielen Senderantennen kann die Leistung vermindern. Zur Kombination mehrerer Antennen gleichen Systems eignen sich Antennenverteiler.

---

<sup>37</sup> Dropout

<sup>38</sup> Sichtkontakt zum Empfänger

Hier ein paar Beispiele:

### PA765E – Antennen-Combinder



Abb. 14: Antennen-Combinder  
Quelle: [www.shure.de](http://www.shure.de)

Diese Antennenweiche der Fa. Shure ermöglicht den Betrieb von bis zu 4 PSM-Sendern an einer einzelnen Antenne. Sie minimiert die Intermodulationsverzerrungen und sorgt für mehr Ordnung auf der Bühne

#### Produkt-Details

##### Technische Daten

- UHF Betrieb (800-870 MHz).
- Minimale Intermodulationsverzerrungen und reduziertes Rauschen.
- Klares Signal bei minimaler Verzerrung.
- Microstrip-Technologie für Signalbündelung und Filterung.
- Vier Push/Pull-Verstärker für verbesserten Linearbetrieb.

## PA805WB - Richtantenne



Abb. 15: PA805 WB – Richtantenne  
Quelle: www.shure.de

Diese Richtantenne ist bestimmt für den Einsatz mit Shure Wireless Systemen. Sie besitzt ein log. – periodisches Dipolfeld und arbeitet im Bereich von 470 – 870 MHz. Im Vergleich zu einer Rundstrahl – Halbwellenantenne liefert die Nierencharakteristik dieser Antenne eine verbesserte Flächendeckung, eine größere Reichweite und verminderte Mehrweginterferenzbedingungen.

### Produkt-Details



#### Technische Daten

Frequenzbereich: 470 - 870 MHz

## PA705WB Richtantenne



Abb. 16: PA705WB – Richtantenne  
Quelle: www.shure.de

Diese UHF – Richtantenne von Shure wurde speziell für den Einsatz von Wireless PSM Systemen (Shure) entwickelt, kann aber ebenfalls in Verbindung mit Wireless Mikrofon – Systemen verwendet werden. Sie weist ein log. – periodisches Dipolfeld auf und kann im Frequenzbereich von 620 – 870 MHz betrieben werden. Ihre Nierencharakteristik liefert eine größere Bereichsabdeckung als eine Rundstrahl – Halbwellenantenne. Des Weiteren liefert sie eine größere Reichweite und reduzierte Mehrweginterferenzbedingungen.



Technische Daten Frequenzbereich: 620 - 870 MHz

## Gegenseitige Störungen von Funkmikrofonsystemen und IEM-Anlagen

Diesem Thema möchte sich der Verfasser auch kurz widmen, denn die Wahrscheinlichkeit, auf ein solches Setup zu stoßen, liegt bei 100%.

Die Gefahr einer Störung, beim gleichzeitigen Betrieb von Bodypacks<sup>39</sup> und Taschensendern für Headsets oder Instrumentenmikrofone, ist sehr hoch. Grund hierfür ist der geringe Abstand beider Komponenten, da diese meist am Gürtel oder am Bund getragen werden und der Abstand i.d.R. zwischen 30 und 40 cm liegt. Um gegenseitige Beeinflussungen zu minimieren, sollte der Abstand der Geräte so groß wie möglich sein.

Da dies meist nicht möglich ist, muss man sich technischer Hilfsmittel bedienen.

Als Grundlage für einen ungestörten / unbeeinflussten Betrieb beider Komponenten hat sich ein Mindest - Frequenzabstand von 16 MHz etabliert. In diesem Fall arbeiten beide Systeme ungestört in Ihrem Frequenzband und ein Übersprechen tritt kaum noch auf. Besonders wichtig für die gleichzeitige, störungsfreie Nutzung beider Systeme ist auch die Positionierung der Mikrofonempfänger bezüglich der In-Ear-Sender. Diese gehören keinesfalls in ein gemeinsames Rack. Ein Mindestabstand beider Systeme von 3 – 4 Meter ist zwingend einzuhalten.

---

<sup>39</sup> In-Ear-Empfänger

Im folgenden Abschnitt werden ein paar Beispiele für verschiedene Wireless-Systeme sowie deren ungefähren Preise<sup>40</sup> aufgeführt.

### Wireless-Systems (Shure PSM 400)



Abb. 17: Shure PSM 400 (wireless)  
Quelle: [www.shure.de](http://www.shure.de)  
Preis ca. 800,- (Sender und Empfänger)

### Auszug aus dem Datenblatt des Systems Shure PSM 400

#### Drahtloses Personal Monitor System

HF-Trägerfrequenzbereich: 722 - 865 MHz (verfügbare Frequenzen abhängig von nationalen Vorschriften) / Frequenzwahl: 16 Frequenzen pro System, davon bis zu 8 kompatibel (länderspezifisch) Reichw. 100 m unter normalen Bedingungen / Signalrauschabstand: typisch 80 dB (Bewertungskurve A) / Übertragungsbereich: Kabellos 50 Hz - 15 kHz (+/- 3 dB); Kabelgebunden 20 Hz - 20 kHz / Kopfhörerbuchse: 3,5 mm Stereo / HF-Ausgangsleistung: 20 mW / Eingangsbuchse: 6,3 mm TRS, elektronisch symmetriert / Limiter: Interner Peak-Limiter (>10:1 Hard-Knee-Kompression) / Eingangsimpedanz: >10 kOhm / Maximaler Eingangspegel: +12 dBV / Loop Out Buchsen: 6,35 mm TRS elektronisch symmetriert / Abmessungen (H x B x T): 43,6 x 219,2 x 136,5 mm

#### Drahtloser Taschenempfänger (P4R)

Batteriebetriebener UHF Taschenempfänger für drahtlose Audioübertragung im UHF Bereich / Gehäuse: ABS Kunststoffausführung / Batterielebensdauer: Bis zu 8 Stunden mit einer 9V Alkali-Batterie / Gewicht (ohne Batterien): 125 g / Abmessungen (H x B x T): 82,6 x 63,5 x 26,2 mm / Übertragungsbereich: 50 Hz bis 15 kHz (+/- 3 dB) / Ausgangspegel: + 4 dBV

#### Drahtgebundener Taschenempfänger (P4HW)

Batteriebetriebener Taschenempfänger für drahtgebundene Audioübertragung / Gehäuse: ABS Kunststoffausführung / Batterielebensdauer: bis zu 8 Stunden mit einer 9V Alkali-Batterie / Abmessungen (H x B x T): 82,6 x 63,5 x 26,2 mm / Übertragungsbereich: 20 Hz bis 20 kHz / Maximaler Eingangspegel: + 5 dBV ohne Eingangsdämpfung; +18 dBV mit Eingangsdämpfung / Maximaler Ausgangspegel: + 3 dBV / Schutz vor Phantomspeisung: Bis zu 60 V DC

#### Infos zum Taschensender P4HW

Drahtgebundener Stereo Taschenempfänger mit Mix-Mode. Im Mix-Mode Betrieb liegen zwei Signale gleichzeitig an (z.B. Gesang und Band-Mix). Über den Balance Regler kann der Künstler das Verhältnis der beiden Signale individuell einstellen. Betriebsarten: Stereo, Mono, Mix-Mode, Schaltbarer Limiter, Lautstärkereglung, Balanceregler, Schaltbare Höhenanhebung, Hintergrundbeleuchtetes LCD, Batteriestandsanzeige, Kanalanzeige, Robustes Kunststoffgehäuse

Quelle: [www.shure.de](http://www.shure.de)

---

<sup>40</sup> Stand: 20.03.2008

### Wireless System EW300 (Evolution Serie) der Fa. Sennheiser



Abb. 18: Sennheiser EW 300 (Wireless System)

Quelle: [www.thomann.de](http://www.thomann.de)

Preis: ca. 777,- (Sender + Empfänger)

### Wireless System der Fa. AKG



Abb.19: AKG IVM 4 (Wireless System)

Quelle: [www.thomann.de](http://www.thomann.de)

Preis: 1469,-

## 7. Arten von In-Ear-Hörern

In diesem Kapitel möchte sich der Verfasser mit einem weiteren, sehr wichtigen Thema beim In-Ear-Monitoring befassen – den Ohrhörern.

Bevor er sich den verschiedenen Hörern zuwendet, möchte er anmerken, dass es bei folgendem Kapitel wichtig ist, sich eine Sache immer vor Augen zu halten – das Ohr eines jeden Menschen bzw. dessen Gehörgang ist immer unterschiedlich, kein Gehörgang gleicht dem eines Anderen.

Bei den In-Ear-Hörern gibt es eine Menge Unterschiede. Angefangen von den kostengünstigsten Standardhörern, wobei sich hier die Frage stellt, ob es wirklich noch kostengünstig ist bzw. ob einen selber die kostengünstigen Modelle soundtechnisch zufrieden stellen, bis hin zu angepassten In-Ear-Hörern, die sich mit Hilfe einer sogenannten Otoplastik genau in den Gehörgang einfügen.

Egal für welche Art von Typ Hörer man sich entscheidet, wichtig bei der Auswahl eines Hörers ist folgendes:

- fühlt man sich mit dem „Knopf“ im Ohr wohl
- sitzt der Hörer so gut, dass Bewegungsfreiheit gewährleistet ist, ohne den Eindruck zu haben, dass irgend etwas stört oder die Gefahr besteht, den Hörer während des Auftrittes zu verlieren (man den Eindruck hat, der Hörer droht ständig herauszufallen)
- dämpft der Hörer so gut, dass der Pegel<sup>41</sup> nicht so groß sein muss, um einen guten Soundeindruck zu haben oder wird trotz In-Ear-Hörer das Umfeld noch „fast normal“ wahrgenommen
- möchte man überhaupt eine hohe Dämpfung

---

<sup>41</sup> Lautstärke

Um es auf den Punkt zu bringen. Man sollte – auch hierzu gehört sicherlich eine gewisse Zeit und der Wille zur Gewöhnung – sich einfach wohlfühlen und ungestört „Arbeiten“ können, so als ob keine Knopf im Ohr vorhanden ist.

Die einfachste Hörervariante sind die Handelsüblichen Walkman–Hörer. Von diesen sei allerdings an dieser Stelle abzuraten, die diese aufgrund Ihrer Eigenschaften nicht zum Zwecke des In-Ear-Monitorings dienen. Zum einen sitzen diese nicht so sicher im Ohr und verrutschen leicht. Zum weiteren lassen diese Hörer sehr viel Umgebungsschall passieren, was dazu führt, dass der Hörer - um den Monitor-Mix gut wahr zu nehmen - auf einer lauten Bühne so laut eingestellt werden muss, dass diese Lautstärke gehörschädigend wirkt.

### Standardhörer

Hier möchte der Verfasser anhand verschiedener Beispiele, und den dazu gehörigen Daten, einen Einblick über Standardhörer geben. Leider fehlen bei verschiedenen Quellen wichtige Angaben wie beispielsweise die bereits o.g. Außendämpfung. Diese wurde lediglich bei Modellen der Fa. Ultimate Ears recherchiert. Die Außendämpfung beträgt beispielsweise beim Modell UE SF 5-pro -26dB.

Abhängig und maßgeblich für den Sound der Hörer ist die sogenannte Treiber- bzw. Mehrwegtreibertechologie. Dies ist eine Technik, bei der für verschiedene Frequenzbereiche, ein bzw. mehrere „Treiber“ und noch zum Teil Frequenzweichen (je nach Art des Herstellers und Modells) im Hörer direkt verantwortlich sind.

War dies alles bei einfachen Hörern (z.B. Shure E2, Sennheiser IE-4, Ultimate Ears super.fi3) mit nur einem Treiber für den kompletten Frequenzbereich realisiert, hat sich die Mehrwegtreibertechologie bei etwas komfortableren Hörern ab der Mittelklasse durchgesetzt und profiliert. Durch diese Technik bekommt der Hörer im Bassbereich wesentlich mehr Druck und liefert ein präziseres Abbild des Gesamteindrucks

Ein enorm wichtiger Punkt im Thema Sound und Dämpfung ist der Sitz des Hörers im Ohr. Nur bei richtiger Positionierung im Gehörgang entwickelt der Hörer seine vollen Klangeigenschaften. Dies ist ganz deutlich im Bassbereich hörbar. Durch eigene Erfahrungen kann der Autor sagen, dass Ihm beim Test mehrerer Hörer, bei vielen eindeutig die gute Präsenz des Bassbereiches gefehlt hat (für Ihn als Drummer / Schlagzeuger besonders wichtig).

Dies ließ sich zurückführen auf den (teilweise) falschen Sitz des Hörers. Berührt man dann, beispielsweise mit dem Zeigefinger, den Hörer und verschiebt diesen minimal im Gehörgang, sind die Änderungen des Klanges deutlich hörbar.

#### Wie werden nun die Standardhörer im Ohr fixiert?

Der Sitz der Hörer und der daraus resultierende Tragekomfort werden durch mehrere Komponenten beeinflusst. Wie Eingangs diese Kapitels erwähnt, spielt der Gehörgang auch hier eine entscheidende Rolle. Weiterhin ist der Sitz davon Abhängig, ob die Standardspitzen der Hörer aus Silikon oder Schaumstoff sind und in welchen Mengen ein Mensch transpiert. Beide Standardspitzen bieten in 90% aller Fälle eine gute Handhabung, einen sicheren Sitz und erreichen somit eine gute Außendämpfung. Der Tragekomfort kann jeweils auf einer Skala von total ungeeignet, mäßig, ganz o.k. bis hin zu einem angenehmen Sitz reichen. Wichtig ist es letztendlich, dass der Hörer, trotz beispielsweise der Bewegung des Kopfes, fest fixiert im Gehörgang sitzt. Nur so lässt sich ein gleichbleibender, guter Sound erzielen.



Abb. 20: Schaumstoff-Standard-Spitzen  
Quelle: [www.hearsafe.de](http://www.hearsafe.de)



Abb. 21: Silikon-Standard-Spitzen  
Quelle: [www.hearsafe.de](http://www.hearsafe.de)

Aus eigener Erfahrung des Verfassers lässt sich sagen, dass er bei seinen Hörern mit beiden Standardspitzen keinen zufriedenstellenden Höreindruck hatte. Sowohl die Schaumstoff- als auch die Silikonspitzen boten zwar eine hervorragende Dämpfung, verrutschten allerdings nach ein paar Drehungen des Kopfes bzw. wandten sich aus dem Gehörgang heraus, so dass er sich für eine Anpassung des Hörers mit einer Otoplastik entschied.

### Shure SCL-3



**Frequenzgang:** 25Hz - 18.5kHz

**Treiber:** Breitband Mikro-Treiber

**Gewicht:** 28 g

Abb. 22

Quelle: [www.shure.de](http://www.shure.de)

### Shure SCL – 4



**Frequenzgang:** 22Hz - 19kHz

**Treiber:** High-Definition Treiber mit Tuned-Port Technologie

**Gewicht:** 31 g

Abb. 23

Quelle: [www.shure.de](http://www.shure.de)

## Ultimate Ears super.fi 5 pro



**Frequenzgang:** 20Hz – 16kHz

**Treiber:** passive Frequenzweiche, je ein Druckkammertreiber für Bass und Mid/High

**Aussendämpfung:** ca. 26dB

Austauschbares Kabel

Abb. 24

Quelle: [www.musik-produktiv.de](http://www.musik-produktiv.de)

## Maßanfertigungen (Otoplastik)

Mit einer solchen Anfertigung, lässt sich – unabhängig vom Gehörgang – ein perfekter und exzellenter Tragekomfort des Hörers im Ohr erreichen, der auch über einen längeren Zeitraum einen fast unbemerkten Sitz erreicht, selbst jeder Bewegung trotzt und einen somit gleichbleibenden, guten Soundeindruck zur Folge hat.

Hierzu ist zu sagen, dass sich fast alle Standardhörer in bzw. an eine solche Otoplastik anpassen lassen. Auch in diesem Bereich hat der Verfasser bei der Fa. Hearsafe sehr gute Erfahrungen machen können. Hierzu ist lediglich eine Abdrucknahme erforderlich. Dieser wird dann gemeinsam mit dem Standardhörer eingeschickt, bei Hearsafe angepasst und zurückgesendet. Sollte etwas nicht in Ordnung sein, kann man mit dem Team sehr gut arbeiten. Schlimmstenfalls ist ein 2tes Einschicken erforderlich.

Die Abdrucknahme selbst ist ein völlig schmerzloser (dem ein oder anderen evtl. ein wenig unangenehmer) und ungefährlicher Vorgang. Dieser darf nur von Fachleuten – in der Regel Hörgeräteakustiker – durchgeführt werden und beschädigt das Ohr nicht. Nach einer kurzen Untersuchung des Gehörgangs, wird ein kleines Stück Schaumstoff (an dem sich ein längerer Faden befindet, der aus dem Ohr herausragt) bis kurz vor das Trommelfell in den Gehörgang eingeführt. Der Schaumstoff dient als Schutz für das Trommelfell. Danach wird ein silikonartiges Material mit einer Art Spritze in den Gehörgang bis zum Außenohr gegossen, welches hier ein paar Minuten, bis zur völligen Aushärtung, verweilt. Nach Aushärtung wird dieser Abdruck dann herausgenommen. Somit ist der Vorgang der Abdrucknahme beendet. Anhand des fertigen Abdrucks kann nun die Otoplastik erstellt, und der Standardhörer entsprechend eingepasst werden.

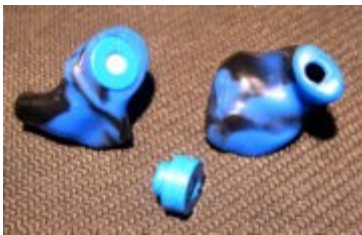


Abb. 25: Otoplastik für Gehörschutz mit int. Filter  
Quelle: [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)



Abb. 26: angepasste Hörer (Ultimate Ears UE 10 pro)  
Quelle: [www.fischer-amps.de](http://www.fischer-amps.de)

Ein Thema, welches die Nutzer von Otoplastiken immer wieder beschäftigt, ist die Frage, ob es möglich ist, außer dem Monitor-Mix noch etwas von der Umgebung wahrzunehmen / zu hören.

Das ist es – und zwar auf verschiedene Arten.

Zum einen lassen sich mit Otoplastiken oder den Standardspitzen der Hörer sehr unterschiedliche Dämpfungscharakteristiken erreichen, so dass vom Umgebungssound dementsprechend mehr oder weniger “übrig bleibt”. Weiterhin lässt sich der Ambiente- und der Bassanteil ggf. auch noch über zusätzliche Bohrungen fein einstellen (Ambience-Bohrung). Je nach Durchmesser der Bohrung wird somit mehr oder weniger der Umgebung / des Bühnensounds wahrgenommen.

Die andere Methode arbeitet mit Ambiente-Mikros, die irgendwo auf der Bühne oder in der Nähe des Publikums stehen und dem eigentlichen Monitor-Mix hinzugefügt werden. Mehr dazu im Kapitel 8.

So oder so, es gilt, einen guten Kompromiss zwischen Lautstärkereduzierung und räumlichem Sound zu finden, damit der Monitor-Mix inspiriert, aber bei moderatem Pegel gehört werden kann und somit nicht schädlich ist.

Eine weitere Methode, die von einigen Künstlern praktiziert wird, ist, mit nur einem In-Ear-Hörer zu arbeiten. Bei dieser Arbeitsweise betreibt man einen Mix aus In-Ear-Monitoring und Monitoring mit herkömmlichen Wedges. Viele Künstler empfinden diese Art des Monitorings deutlich angenehmer als das Arbeiten mit 2 Hörern, da somit die Möglichkeit besteht, sich selbst und das nähere Umfeld über den Hörer wahrzunehmen und zu kontrollieren (beispielsweise als Sänger), andererseits jedoch über das „freie“ Ohr ihr Umfeld 1:1 zu registrieren.

Zusätzlich erleben die Künstler hiermit noch ein „spüren“ der Musik (näheres hierzu im Kapitel 9).

Allerdings sollte man sich hierbei im Klaren sein, dass sich u.a. die Feedbackgefahr wieder vergrößert und der Monitor-sound ggf. den FOH-Mix beeinflusst (siehe Kap. 4 – warum IEM?)

## **8. Anforderungen an das Monitorpult**

Bevor wir uns diesem Thema zuwenden, sei gesagt: für ein gutes In-Ear-Monitoring ist ein separates Monitorpult nicht zwingend erforderlich – allerdings sehr hilfreich. Letztendlich ist dies auch ein Thema, welches unter die Rubrik „Budget“ fällt. Bei großen Produktionen sowie im Profi – Bereich ist ein Monitorpult heutzutage nicht mehr wegzudenken und gehört zum Standard eines jeden Setups; bei semiprofessionellen oder gar kleinen Club Gigs wäre ein Monitorpult ein nettes Zubehör. Hier wird aber in der Regel der Monitor durch den FOH<sup>42</sup> (sofern überhaupt vorhanden) geregelt, es sei denn, die Band mischt sich – wie im Falle des Verfassers – noch selbst von der Bühne.

Das „selber Mischen von der Bühne aus“<sup>43</sup> lässt sich folgendermaßen erklären: das Mischpult steht auf der Bühne in unmittelbarer Nähe der Band. Zum Soundcheck geht ein Bandmitglied vor die Bühne, ein anderes Bandmitglied an das Mischpult. Nun werden nach und nach die einzelnen Instrumente angespielt. Der Kollege vor der Bühne gibt nun dem Kollegen am Mischpult die nötigen Anweisungen, was am Pult einzustellen ist. Nach Abarbeitung aller Instrumente wird nun ein Song zusammen gespielt und noch ggf. ein paar Feineinstellungen vorgenommen. Da hier kein Techniker am FOH sitzt, ist es notwendig, daß im Laufe des Abends von Zeit zu Zeit immer wieder ein Bandmitglied vor die Bühne geht und ggf. anschließend den Sound am Mischpult nachregelt. Diese Variante des Mischens wird meist von beispielsweise Tanzbands praktiziert um Kosten zu sparen.

Gesetzt dem Fall, dass ein Monitorpult vorhanden ist, können die Aux-Wege<sup>44</sup> getrost NUR für Monitorzwecke benutzt werden, da hier kein Effekt pro Channel angesteuert werden muss.

Wird der Monitor vom FOH Pult aus bedient, stellt sich die Frage: wie viele Effektgeräte sind anzusteuern und wie viele Monitorwege sollen separat zur Verfügung stehen? – Ergo: wie viele Aux-Wege benötigt das Mischpult (Monitorwege und Effektgeräte werden in der Regel über sog. Aux-Wege angesteuert)?

---

<sup>42</sup> Front of House = Techniker, der mit seinem Equipment im Publikumsbereich positioniert ist und von dort aus die Band mischt

<sup>43</sup> gilt für FOH- und Monitor-Mix

<sup>44</sup> Auxillary Send = separate Ausspielwege am Mischpult

## Was sind AUX-Wege?

Diese befinden sich bei gängigen Mischpulten a) in jedem Kanal und b) in der sogenannten Mastersection. Dies ist der Bereich eines Pultes, wo letztendlich der Mix nach draußen (auf die Verstärker und Boxen) gesendet und dort hörbar gemacht wird. Genau wie für den gesamten Mix (die Audio Signale) gibt es auch für die Aux-Wege einen sogenannten Summenfader. Dieser regelt den Summenausgang eines AUX-Weges. Somit kann (siehe a) jeder Kanal<sup>45</sup> individuell auf einen AUX-Weg gesendet werden. Wichtig bei den Aux-Wegen ist, dass diese für Monitoring Zwecke „pre Fader“<sup>46</sup> schaltbar sind. Dies gilt für alle Arten des Monitor-Mixes, egal ob dieser mit einem separaten Monitorpult oder vom FOH aus geregelt wird.

Neben der Verwendung als Monitorweg, werden hierüber auch Effektgeräte angesteuert, die individuell<sup>47</sup>, mehr, weniger oder gar nicht zum Einsatz kommen.

Beispiel: eine 4-köpfige Band möchte sich komplett auf In-Ear umstellen, sich ein Mischpult zulegen, hat allerdings nicht die Möglichkeit eines separaten Monitorpultes und wird durch einen FOH abgemischt. Jeder Musiker möchte seinen individuellen Monitor-Mix. Als Effektgeräte sind ein Multieffektgerät sowie ein Delay vorhanden.

---

<sup>45</sup> Channel

<sup>46</sup> Abgriff VOR dem Channelfader

<sup>47</sup> pro Channel

Anforderung: pro Effektgerät wird je ein, bei reinen Stereoeffekten zwei, Aux-Wege benötigt – pro Musiker je ein weiterer. Folglich muss das anzuschaffende Mischpult mindestens über 6 Aux-Wege verfügen, die sinnvoller Weise noch alle (zumindest 4 davon) pre Fader schaltbar sind. Pre Fader aus diesem Grund, dass das Monitor-signal unabhängig vom Channelfader regel- und einstellbar ist. Somit wäre ein individueller In-Ear-Mix einstellbar – allerdings nur mono.

Die Vor- und Nachteile für einen Mono- oder Stereo-Mix werden später noch erläutert.

Weiterhin sollte das Mischpult die Möglichkeit haben, in die einzelnen Aux-Wege hinein zu hören. Nur durch diese Funktion hat der Techniker die Möglichkeit, die einzelnen Monitorwege zu beurteilen bzw. die Änderungen an einem Monitor-Mix direkt zu hören.

Grundsätzlich gilt - in Betrachtung zuvor genannter Kriterien – hier folgendes: je mehr Musiker Ihren individuellen Mix möchten, umso mehr Aux-Wege sind erforderlich (pro Musiker mind. einer).



Abb. 27: Mischpult GL2800M  
Quelle: [www.allen&heath.com](http://www.allen&heath.com)

Zuvor abgebildete Darstellung zeigt das Mischpult GL2800 von Allen & Heath. Dieses Mischpult eignet sich beispielsweise bestens als Monitorpult. Es ist einfach zu bedienen und verfügt über umfangreiche Funktionen, welche konventionelles und In-Ear-Monitoring möglich machen. Der Mixer verfügt über 16 Aux-Wege, die entweder einzeln oder je als Pärchen geschaltet werden können. Somit sind entweder beispielsweise 16 Mono- bzw. 8 Stereo-Mixe realisierbar. Im Falle, daß die AUX-Wege als Pärchen geschaltet werden, wird einer der beiden Regler zum PAN-, der andere zum Lautstärkeregler (Bsp.: AUX 1= Lautstärke, AUX 2 = PAN).

Über einen „Stereo-AFL“<sup>48</sup> können die Aux-Mixe schnell und kompromisslos überwacht und kontrolliert werden.

### Mono oder Stereo ?

Hierzu gibt es folgendes zu sagen.

Stereo ermöglicht dem Musiker ein räumlicheres, natürliches Hören. Dies erfordert jedoch die doppelten Mixes ( AUX-Wege), wobei die meisten Mischpulte schnell an ihre Grenzen stoßen. Ob ein Musiker seinen Mix Mono oder Stereo haben möchte, liegt letztendlich am Einzelnen selber. Beim Kauf eines IEM-Systems, ganz gleich ob Wireless oder Hard-Wired, ist es wichtig, sich im Vorfeld detailliert Gedanken zu machen. Wie auch im Abschnitt „Verschiedene Arten von Systemen“ erwähnt, spielt für den ein oder anderen das Thema Preis eine entscheidende Rolle. Dieser sollte allerdings diesbezüglich auch hier nicht die letzte Überlegung zum Kauf eines Systems sein.

Im Zeitalter digitaler Medien, den modernsten Audioausstattungen in unseren PKW's und Surroundmischungen bis ins heimische Wohnzimmer, haben sich unsere Ohren und unsere Hörgewohnheiten sehr geändert. Wir sind, um es einmal bescheiden auszudrücken, sehr verwöhnt (oder durch komprimierte Medienformate wie z.B. MP3 entwöhnt) – wie man es auch sehen mag.

---

<sup>48</sup> AFL= After Fader Listening; das Abhören geschieht nach den Fadern

Blickt man noch einmal zurück auf die im vorherigen Kapitel beschriebene Situation. Selbst wenn man das modernste IEM System mit einer Möglichkeit einen Stereo-Mix übertragen zu können hätte – es würde in diesem Fall nichts nützen, da man nur, aufgrund der beschränkten Aux-Wege, die Möglichkeit eines individuellen Mono-Mixes pro Musiker hätte. Aber einmal angenommen, das Mischpult würde irgendwann einmal ausgetauscht oder es käme ein separates Monitorpult – beide mit der Möglichkeit pro Musiker einen Stereo-Monitor-Mix zu erstellen - hinzu, dann würde sich die Situation schlagartig ändern. Nun wäre man in der Lage, vom einen Gig zum nächsten einen besseren Monitor-Mix zu hören. Ist man jetzt von vornherein im Besitz eines Gerätes, welches nur im Monobetrieb arbeitet, wird man immer nur Mono hören und die Seite des Stereohörens geht an einem vorüber.

Zurück zum eigentlichen Thema. Man sollte sich also im Vorfeld darüber klar werden, was und vor allem wie man seinen Monitor-Mix hören möchte (techn. Voraussetzungen einmal inbegriffen). Für den Raumklang ist das Stereobild sehr wichtig. Was und vor allem wo möchte man evtl. ein bestimmtes Instrument hören, meinen Background Chor, der evtl. hinten links auf der Bühne steht, möchte ich auch überwiegend auf dem linken und nicht auf beiden Ohren hören, dafür den Gitarrist auf meiner rechten Seite vermehrt auf dem rechten Ohr usw.. Um sich – und da spricht der Autor aus eigener Erfahrung – richtig wohlzufühlen, strebt man doch eher ein gewohntes Umfeld – wie man quasi sein Umfeld auf der Bühne wahrnimmt – an.

Dieses stereofone Hören ist mit einem Mono Mix nicht realisierbar. Sollte man sich im Vorfeld klar darüber sein, daß man diesen Stereoklang nicht unbedingt benötigt, kann man sich durchaus mit einem Mono-Mix zufrieden geben.

Hat man allerdings erst einmal seine Band oder einfach einmal ein paar verschiedene Audiosignale im Stereovergleich dazu gehört, möchte man das stereofone Bild nicht mehr missen, dies ist zumindest die Aussage des Verfassers.

Etwas irritierend mag es evtl. sein, wenn man sich bei einem Stereo-Mix auf der Bühne umdreht (z.B. Blickrichtung nach hinten zum Schlagzeug) und somit die Seiten vertauscht sind. Aus diesem Grund bevorzugen einige Künstler ein enges Stereo- oder Monoklangbild.

Letztendlich ist hier ein ganz wichtiger Punkt: man nehme sich Zeit und Ruhe, zwei bis drei der verschiedensten Systeme, und jemanden, der sich mit der Materie auskennt. Und dann gilt nur testen, testen, testen – bis man das für sich am besten geeignete System gefunden hat.

## 9. Sonstiges

Nachdem man nun viel über die Arten und Unterschiede der Systeme und Hörer gelesen hat, stellt sich abschließend noch die Frage: welche Möglichkeiten und Lösungen gibt es, trotz IEM noch das Feeling für das Publikum zu bekommen, mit- bzw. untereinander zu kommunizieren ohne sich „anzuschreien“ – da die Hörer, wie bereits erwähnt, eine gute Außendämpfung besitzen und somit eine „normale“ Kommunikation schwierig machen. Weiterhin werden in diesem Abschnitt noch Möglichkeiten dargestellt, mit denen es ohne Monitorboxen möglich ist, ein gewisses „Spüren der Musik“ zu erleben bzw. warum manche Musiker nach wie vor auf herkömmliche Wedges nicht verzichten möchten.

### Ambiencemikrofonierung

Wie sicherlich jeder weiß, gibt es für einen Künstler nichts schöneres, als sich vom Publikum „tragen“ zu lassen – sei es durch Applaus, Jubelschreie, Mitgesänge oder ähnliches. Dies wahrzunehmen gestaltet sich mit IEM teilweise schwierig für den Akteur, da – wie bereits geschildert – die In-Ear-Hörer eine gewisse Außendämpfung besitzen.

Um nun dem Musiker doch dieses Gefühl zu vermitteln, sprich das Publikum „einzufangen“, behilft man sich hierbei der sog. Ambiemikrofonie. Hierbei werden 2 oder mehr Mikrofone ins Publikum gerichtet bzw. über ihm verteilt. Deren Signale werden dann zu einem gewissen Teil zum Monitorsignal hinzugemischt.

Mehrere IEM Mixes fordern den Tontechniker heraus: Er muss jede Quelle (auch das "Ambience") ausgewogen einpegeln und die Lautstärken für jeden Musiker individuell anpassen.

### Talkbackmikrofone

Nach einigen Gesprächen, die der Autor mit verschiedenen Live-Engineers geführt hat, lässt sich hierzu sagen, dass für die Kommunikation untereinander sogenannte Talkbackmikrofone zum Einsatz kommen. Diese sind nur auf dem Monitormix der Musiker und des Monitorengineers zu hören und folglich nicht auf die Front-PA geschaltet.

## Hilfsmittel für die Verbesserung des Bühnenfeelings

In diesem Abschnitt geht es darum, wie es möglich ist, die Musik trotz IEM's zu spüren. Mit Verwendung von herkömmlichen Monitorboxen ist eine gewisse Wahrnehmung des Körperschalls verbunden. Es gibt immer wieder Künstler, die sagen: „die Luft vibriert“. Vor allem im Bassbereich ist dieses Spüren der Musik deutlich zu erfahren, und viele Musiker benötigen genau dieses Gefühl, um sich wohl zu fühlen.

Nun geht der Verfasser aber davon aus, dass die Monitorboxen nicht vorhanden sind – und somit auch die Luft nicht bewegt werden kann.

Um nun dem oder den Musikern ein ähnliches Gefühl zu vermitteln, behilft man sich eines anderen Hilfsmittels – dem sog. Bass Shaker.



Abb. 28: Bass Shaker  
Quelle: [www.fischer-amps.de](http://www.fischer-amps.de)

## Shaker Amp<sup>49</sup>



Abb. 29: Shaker Amp (Vorderseite)  
Quelle: [www.fischer-amps.de](http://www.fischer-amps.de)

<sup>49</sup> erhältlich ab Mai 2008



Abb. 30: Shaker Amp (Rückseite)  
Quelle: [www.fischer-amps.de](http://www.fischer-amps.de)

Der Shaker Amp ist eine Endstufe im 9,5" Format zum Antreiben von Bass-Shakern mit einer Leistung von 300W an 2 Ohm bzw. 250 W an 4 Ohm. Dieser Amp besitzt einen Mikrofon-Preamp<sup>50</sup> mit zuschaltbarer 48V-Phantomspeisung und -16dB Pad-Schalter, so dass auch Bass-Drum Mikrofone direkt angeschlossen werden können. Die XLR-Klinke-Kombibuchse besitzt zum Weiterschleifen des Eingangssignals einen Parallel-Out. Die eingebaute zuschaltbare aktive Frequenzweiche (Tiefpass regelbar von 40 bis 200 Hz / 12 dB/Okt) und ein zuschaltbarer Hochpass mit 20 Hz korrigieren das Signal bei Bedarf auf die optimale Arbeitsfrequenz des Shakers. Die Verwendung eines Bass-Shakers eignet sich perfekt in Kombination mit dem In-Ear-Amp von der Firma Fischer Amps, da diese Systeme aufeinander abgestimmt sind. Selbstverständlich kann dieses System auch durch ein Mischpult anderer Hersteller angesteuert werden.

Weiterhin kann der Shaker Amp auch zum Antreiben des neuen Butt Kicker Mini oder ein bis zwei „Bass-Pump Bass-Shakern“ verwendet werden. Adapter zur Montage in ein 19" Rack oder zur Montage zusammen mit den In-Ear-Amp zu einem 19"-1HE Gerät sind im Lieferumfang enthalten.

Ganz besonders Drummer oder Bassisten schätzen dieses Gerät. Man kann es relativ problemlos an dem Drummersitz befestigen. Der Bass-Shaker wird immer in Verbindung mit einem Shaker-Amp betrieben, welcher es anhand verschiedener Einstellung möglich macht, den Bass-Shaker optimal auf die gewünschte Arbeitsfrequenz<sup>51</sup> einzustellen.

---

<sup>50</sup> Vorverstärker

<sup>51</sup> bis 200 Hz

Die Funktionsweise des Shakers ist nun beispielsweise folgende: der Shaker ist an einem dazugehörigen Verstärker angeschlossen. An dem Verstärker liegt das Signal der Bass-Drum an (vorzugsweise über einen AUX-Weg oder ein separates Mikrofon an der Bass-Drum).

Tritt der Schlagzeuger auf die Bass-Drum, wird die Frequenz an den Shaker-Amp weitergeleitet. Dieser erkennt die Frequenz, arbeitet in seinem Frequenzbereich<sup>52</sup> und setzt nun den Shaker in Aktion. Dieser hat dann immer bei dem eingestellten Frequenzbereich ein Vibrieren zur Folge und somit bekommt der Drummer das Gefühl vermittelt, dass er den Sound spüren kann.

Eine Weiterentwicklung des Bass-Shakers ist der Butt Kicker Concert, der im Bereich von 40 – 80 Hz mehr Power besitzt als der Bass Shaker.

### Butt Kicker



Abb. 31: Butt Kicker  
Quelle: [www.fischer-amps.de](http://www.fischer-amps.de)



Abb. 32: Butt Kicker (am Hocker montiert)  
Quelle: [www.fischer-amps.de](http://www.fischer-amps.de)

<sup>52</sup> ist vom Anwender einstellbar, nach Rücksprache mit Jochen Fischer i.d.R. im Bereich von 70-90 Hz

Um, wie erwähnt, auch Bassisten ein besseres Feeling mit diesen Hilfsmitteln zu ermöglichen, kann es sehr hilfreich sein, eine Version des Shakers beispielsweise an die Unterseite des Risers<sup>53</sup> zu schrauben, auf dem der Bassist steht. Somit wird durch vorher eingestellte Frequenzen das Podest zum Vibrieren gebracht. Bezüglich eines Interviews mit Markus Pohl, behilft sich der Bassist der Band Skooter dieses Hilfsmittels.

Nach wie vor ist es aber auch durchaus möglich, dass sich z.B. Drummer mit diesem Hilfsmittel nicht zufrieden geben und klassisch auf Ihre Monitorbox beharren – trotz IEM.

Bertram Engel beispielsweise, wurde auf der „Begegnungen“ Tour mit Peter Maffay im Jahr 2007 zusätzlich zum In-Ear-Monitoring noch mit einem herkömmlichen, 2 x 15“ Subwoofer versorgt (Bericht Produktion Partner, Ausgabe 10 / 2007).

Die auf folgender Seite gezeigte Abbildung zeigt ein von der Fa. Fischer Amps angepriesenes Komplettpaket für den Schlagzeuger in Punkto In-Ear-Monitoring. Speziell was den Bassbereich betrifft, hat der Drum In-Ear-Amp durch seinen Bass-Shaker ein echtes Plus gegenüber einem herkömmlichen In-Ear-System. Durch diesen Bass-Shaker, der am Hocker befestigt wird, kann der Drummer den Beat eindrucksvoll spüren - gehörschonend. Die eingebauten Limiter verhindern einen zu hohen Pegel für den Bass-Shaker sowie für den integrierten Kopfhörerverstärker.

Mit 4 getrennten Eingangskanälen ist man flexibel genug, um auch noch z.B. ein Klicksignal dem Monitorsignal beizumischen.

---

<sup>53</sup> Podest

## „Komplettpaket“ für In-Ear-Monitoring



Abb.33



Abb.34



Abb. 35

Komplettpaket für Drummer (In-Ear-Amp inkl. Bass Shaker)  
Quelle: [www.fischer-amps.de](http://www.fischer-amps.de)

### **Features:**

- Druckvoller Sound durch sehr hochwertige und leistungsfähige Kopfhörerendstufe
- Ultrakompakt, sehr schneller Auf- und Abbau
- Mixer mit 4 symmetrischen Line-Eingängen (nicht für Mikrofone geeignet)
- 2 verschiedene Modes für jeden Kanal (Mono-Mix, Stereo)
- Kopfhöreramp mit 2 x 150mW und Limiter
- LED-Anzeige für die Pegel-Aussteuerung
- Eingebaute 75Watt-Endstufe mit aktiver, durchstimmbarer Frequenzweiche von 40-200Hz für den Bass Shaker
- Zusätzlicher Line-In vor der Frequenzweiche Shaker/Verstärker zum separaten Ansteuern des Shakers
- Halterung für Hihatständer oder Schlagzeugrack für optimalen Bedienkomfort
- Der Bass-Shaker mit Universalhalterung für jeden Drumhocker wird mitgeliefert (auch optional ohne Bass Shaker erhältlich)

## **10.Resümee**

Nach all den aufgeführten Punkten lässt sich nun sicher feststellen, dass das Thema In-Ear-Monitoring und alles was damit zusammenhängt, sehr umfangreich ist und man sich mit der Materie tiefgehend beschäftigen sollte.

Man muss sich grundlegend immer vor Augen halten, dass das Ohr eines jeden Menschen unterschiedlich ist und keines dem anderen gleicht. Im Bezug auf die In-Ear-Hörer sei an dieser Stelle einmal erwähnt, dass diesbezüglich keine Aussage getroffen werden kann, welcher Hörer nun besser oder schlechter sei – zumal auch hier die Höreigenschaften jeder Person unterschiedlich sind und die Erwartungen und Vorstellungen über das Hören teilweise auseinander gehen. Die Ansprüche an ein IEM System werden auch von Person zu Person teilweise sehr unterschiedlich sein.

Genügt dem einen ein Hard-Wired-System, benötigt der andere ein Wireless-System. Bezüglich des Hörers gibt sich der eine mit einem Ein-Weg-Treiber zufrieden, weil ihn oder sie das Gehörte und der Klang zufrieden stellt, andere benötigen aufgrund der Klangvorstellung und des Hörvermögens einen Mehrwegtreiber. Gibt sich der eine mit einem einfachen, aber dennoch ausgewogenen Mono-Mix zufrieden, benötigt der andere aus irgend einem Grund einen Stereo-Mix.

Wie sich aus zuvor genannten Beispielen ableiten lässt, gibt es eine Menge Gründe, wofür und weshalb sich Musiker für eine Variante des IEM entscheiden.

Bei all den verschiedenen System- und Hörervarianten sollte man sich allerdings immer die technische Seite mit vor Augen halten. Denn diese spielt hierzu eine maßgebliche Rolle – gerade wenn man sich für ein Wireless-System entscheidet. Hier gibt es doch eine ganze Menge zu berücksichtigen und zu beachten.

Aus technischer und preislicher Sicht hat sich hier in den letzten Jahren sehr viel getan. Konnten sich anfangs nur „echte Profis“ diese Technik leisten, ist heutzutage eine solche Anschaffung auch schon für Low Budget User erhältlich. Sicherlich haben diese „kostengünstigen“ Geräte im Bezug auf Geräte der etwas kostenintensiveren Variante nicht alle Vorteile, die einem wichtig und maßgeblich für seine Arbeit notwendig sind. Aber dem ein oder anderen erweisen diese Einsteigergeräte schon einen guten Dienst. Und um überhaupt einmal einen Eindruck über die Arbeitsweise und das Sound erleben mit IEM zu bekommen bzw. Erfahrungen mit dieser Technik zu machen, sind die Geräte des unteren Preissegmentes durchaus einen Test wert.

Bezüglich der Entscheidung, ob schnurgebunden oder schnurlos, empfiehlt es sich wirklich, sich für das System zu entscheiden, welches einen am meisten anspricht – warum auch immer. Und wenn nun mal ein Drummer oder ein anderer Musiker, der aufgrund seiner Bühnenposition gut und gerne mit einem schnurgebundenen System auskommen würde, ein Schnurlossystem wünscht – na bitte. Zu beachten sind hierbei nur alle Richtlinien für den Betrieb von Wireless-Systemen.

Was die In-Ear-Hörer anbelangt, empfiehlt es sich ebenfalls, im Vorfeld ein paar Gedanken darüber zu machen, welche Art man möchte. Prinzipiell empfehle ich jedem, der sich ein IEM System zulegen möchte, zuerst die (teilweise) im Grundpaket mitgelieferten Hörer zu testen. Vielleicht genügen ja diese schon den ersten Ansprüchen. Im Falle einer Entscheidung für eine Otoplastik steht einem hierfür - im Nachhinein bzw. nach einer gewissen Eingewöhnungs- und Testzeit - zu einem späteren Zeitpunkt nichts im Wege.

Man sollte sich auch vor jedem Kauf immer die einem zu Verfügung stehenden Möglichkeiten vor Augen halten.

Sicherlich ist es hierzu empfehlenswert, sich über das eigene Equipment und die Möglichkeiten vorab sehr gut zu informieren bzw. seinen Techniker bei der Auswahl eines Systems vorab beratend zu kontaktieren oder - besser noch - ihn ratschlagend zur Seite zu nehmen.

Sicherlich können einem die Fachhändler viel über die Systeme vermitteln, sie kennen aber meist nicht die jeweiligen, zur Verfügung stehenden Möglichkeiten – sprich das Mischpult und die damit gegebenen Möglichkeiten einen In-Ear-Mix zu realisieren.

Abschließend möchte ich noch erwähnen, dass diese Technik in vielerlei Hinsicht revolutionär und nicht mehr wegzudenken ist. Auch im Hinblick darauf – wenn auch in dieser Ableitung nur auf den Einsatz in der Musikbranche bezogen – dass das IEM zum weit verbreiteten Einsatz kommt.

Verbindet man nun noch das In-Ear-Monitoring mit geeigneter und vernünftiger Lautstärke, steht einem gesunden Musizieren nichts mehr im Wege und man genießt und profitiert über längere Zeit über ein gesundes und ausgeprägtes Hörvermögen.

Folgende Quellen wurden für die Entstehung dieser Facharbeit verwendet:

Dickreiter, Michael – Handbuch der Tonstudioteknik  
6. Auflage, K. G. Saur  
Band 1 + 2

Friesecke, Andreas – die Audioenzyklopädie  
K. G. Saur  
Oktober 2007

Geiger, Jens (Dipl. Audio Engineer)  
www.lite-tech.de  
Drahtlose Signalübertragung bei Funkmikrofonie und In-Ear-Monitoring  
Facharbeit SAE – 2004

Pieper, Frank – das P.A. Handbuch  
GC Carstensen Verlag

Production Partner  
Ausgabe 10/07 - Bericht: Produktionen ( Peter Maffay – Begegnungen )

AKG – www.akg.com

Allen & Heath – www.allen&heath.de

Fischer Amps – www.fischer-amps.de

Friedrich König Gymnasium Würzburg – www.fkg.wuerzburg.de

Hearsafe – www.hearsafe.de

Hörsturz – www.hoersturz.de

Musik Produktiv – www.musik-produktiv.de

Sennheiser – www.sennheiser.de

Shure – www.shure.de

Thomann – www.thomann.de

Wikipedia – www.wikipedia.de

## **Abbildungsverzeichnis**

Querschnitt des menschl. Ohres <a href="http://www.hoersturz.de/Das_Ohr.htm">http://www.hoersturz.de/Das_Ohr.htm</a>	Seite 5
Pegelmeßgerät NTI ML1 Minilyzer <a href="http://www.thomann.de/de/neutrik_ml1_minilyzer.htm">http://www.thomann.de/de/neutrik_ml1_minilyzer.htm</a>	Seite 11
Fischer Amps In-Ear-Monitor Belt Pack <a href="http://www.thomann.de/de/fischer_amps_inear_monitor_bp.htm">http://www.thomann.de/de/fischer_amps_inear_monitor_bp.htm</a>	Seite 17
SHURE Drahtgebundener Stereo Taschenempfänger <a href="http://www.shure.de/ProAudio/Products/PersonalMonitorSystems/de_pro_P4HW_model">http://www.shure.de/ProAudio/Products/PersonalMonitorSystems/de_pro_P4HW_model</a>	Seite 17
Fischer Amps Mini Bodypack mit LS Regler <a href="http://www.thomann.de/de/fischer_amps_mini_bodypack_mit_lsregler.htm">http://www.thomann.de/de/fischer_amps_mini_bodypack_mit_lsregler.htm</a>	Seite 17
Fischer Amps Hard-Wired Belt Pack <a href="http://www.thomann.de/de/fischer_amps_inear_monitor_bp.htm">http://www.thomann.de/de/fischer_amps_inear_monitor_bp.htm</a>	Seite 18
Fischer Amps In-Ear-Amp <a href="http://www.thomann.de/de/fischer_amps_in_ear_amp.htm">http://www.thomann.de/de/fischer_amps_in_ear_amp.htm</a>	Seite 19
FK Würzburg Schaubild zur Erläuterung der Frequenzmodulation <a href="http://www.fkg-wuerzburg.de/schule/faecher/physik/lk/material/m12/fm_alt.php">http://www.fkg-wuerzburg.de/schule/faecher/physik/lk/material/m12/fm_alt.php</a>	Seite 22
SHURE Intermodulationen 2. Ordnung <a href="http://www.shure.de/ProAudio/MagazinesAndNewsletters/InstallationNotesArchiv/de_pro_installnotes_3_wissen">http://www.shure.de/ProAudio/MagazinesAndNewsletters/InstallationNotesArchiv/de_pro_installnotes_3_wissen</a>	Seite 26
SHURE Intermodulationen 3. Ordnung <a href="http://www.shure.de/ProAudio/MagazinesAndNewsletters/InstallationNotesArchiv/de_pro_installnotes_3_wissen">http://www.shure.de/ProAudio/MagazinesAndNewsletters/InstallationNotesArchiv/de_pro_installnotes_3_wissen</a>	Seite 26
AKG Ratgeber zur Drahtlostechnik in der Praxis <a href="http://www.akg.com/mediendatenbank2/psfile/datei/4/wms_catalo4071356dc1185.pdf">http://www.akg.com/mediendatenbank2/psfile/datei/4/wms_catalo4071356dc1185.pdf</a>	Seite 27
AKG Ratgeber zur Drahtlostechnik in der Praxis <a href="http://www.akg.com/mediendatenbank2/psfile/datei/4/wms_catalo4071356dc1185.pdf">http://www.akg.com/mediendatenbank2/psfile/datei/4/wms_catalo4071356dc1185.pdf</a>	Seite 28
SHURE Intermodulationsfreie Nutzkanäle <a href="http://www.shure.de/stellent/groups/public/@gms_gmi_web_ug/documents/web_resource/de_pro_article_nutzergruppen.pdf">http://www.shure.de/stellent/groups/public/@gms_gmi_web_ug/documents/web_resource/de_pro_article_nutzergruppen.pdf</a>	Seite 29
SHURE Antennen Combinder <a href="http://www.shure.de/ProAudio/Products/Accessories/de_pro_PA765E_model">http://www.shure.de/ProAudio/Products/Accessories/de_pro_PA765E_model</a>	Seite 32

SHURE Richtantenne PA805 WB	Seite 33
<a href="http://www.shure.de/ProAudio/Products/Accessories/de_pro_PA805WB_model">http://www.shure.de/ProAudio/Products/Accessories/de_pro_PA805WB_model</a>	
SHURE Richtantenne PA705 WB	Seite 33
<a href="http://www.shure.de/ProAudio/Products/Accessories/de_pro_PA705_model">http://www.shure.de/ProAudio/Products/Accessories/de_pro_PA705_model</a>	
SHURE PSM 400	Seite 35
<a href="http://www.shure.de/ProAudio/Products/PersonalMonitorSystems/de_pro_PSM400_content">http://www.shure.de/ProAudio/Products/PersonalMonitorSystems/de_pro_PSM400_content</a>	
SENNHEISER EW300	Seite 36
<a href="http://www.thomann.de/de/sennheiser_ew_300_iem_g2eband.htm">http://www.thomann.de/de/sennheiser_ew_300_iem_g2eband.htm</a>	
AKG IVM 4	Seite 36
<a href="http://www.thomann.de/de/akg_ivm_4.htm">http://www.thomann.de/de/akg_ivm_4.htm</a>	
HEARSAFE Schaumstoff Standard Spitzen	Seite 39
<a href="http://www.meineohren.de/zubehoere.html">http://www.meineohren.de/zubehoere.html</a>	
HEARSAFE Silicon Standard Spitzen	Seite 39
<a href="http://www.meineohren.de/zubehoere.html">http://www.meineohren.de/zubehoere.html</a>	
SHURE SCL 3	Seite 40
<a href="http://www.shure.de/ProAudio/Products/PersonalMonitorSystems/de_pro_SCL3_model">http://www.shure.de/ProAudio/Products/PersonalMonitorSystems/de_pro_SCL3_model</a>	
SHURE SCL 4	Seite 40
<a href="http://www.shure.de/ProAudio/Products/PersonalMonitorSystems/de_pro_SCL4_model">http://www.shure.de/ProAudio/Products/PersonalMonitorSystems/de_pro_SCL4_model</a>	
ULTIMATE EARS Super.fi 5 pro	Seite 41
<a href="http://www.musik-produktiv.de/ultimate-ears-sf5-pro-sw.aspx">http://www.musik-produktiv.de/ultimate-ears-sf5-pro-sw.aspx</a>	
WIKIPEDIA Otoplastik	Seite 42
<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Geh%C3%B6rschutz-Otoplastiken_mit_Elacin_ER-25_Filterelement.JPG">http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Geh%C3%B6rschutz-Otoplastiken_mit_Elacin_ER-25_Filterelement.JPG</a>	
ULTIMATE EARS UE10-pro	Seite 42
<a href="http://fischer-amps.de/index.php?ue-10_pro">http://fischer-amps.de/index.php?ue-10_pro</a>	
ALLEN&HEATH GL2800M	Seite 46
<a href="http://www.allen-heath.com/de/gl2800m.asp">http://www.allen-heath.com/de/gl2800m.asp</a>	
FISCHER AMPS Bass Shaker	Seite 51
<a href="http://fischer-amps.de/index.php?id=bass-shaker_basspump">http://fischer-amps.de/index.php?id=bass-shaker_basspump</a>	
FISCHER AMPS Shaker Amp	Seite 51
<a href="http://fischer-amps.de/index.php?89">http://fischer-amps.de/index.php?89</a>	

FISCHER AMPS Shaker Amp <a href="http://fischer-amps.de/index.php?89">http://fischer-amps.de/index.php?89</a>	Seite 52
FISCHER AMPS Butt Kicker <a href="http://fischer-amps.de/index.php?buttkicker">http://fischer-amps.de/index.php?buttkicker</a>	Seite 53
FISCHER AMPS Butt Kicker <a href="http://fischer-amps.de/index.php?buttkicker">http://fischer-amps.de/index.php?buttkicker</a>	Seite 53
FISCHER AMPS In-Ear-Amp <a href="http://fischer-amps.de/index.php?drum_inear_amp">http://fischer-amps.de/index.php?drum_inear_amp</a>	Seite 55
FISCHER AMPS In-Ear-Amp <a href="http://fischer-amps.de/index.php?drum_inear_amp">http://fischer-amps.de/index.php?drum_inear_amp</a>	Seite 55
FISCHER AMPS Bass Shaker am Hocker <a href="http://fischer-amps.de/index.php?drum_inear_amp">http://fischer-amps.de/index.php?drum_inear_amp</a>	Seite 55