

Einführung in die Grundlagen der Tontechnik



Dieses Skript stellt eine Kurz- Zusammenfassung einiger Seminarinhalte dar. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit; und ohne allzu tief auf technische Details und elektrotechnische/- elektronische Zusammenhänge einzugehen, soll es anhand einiger Stichpunkte und praktischer Anwendungsbeispiele tontechnische Zusammenhänge verdeutlichen und in Verbindung mit eigenen Aufzeichnungen als Gedächtnisstütze dienen. Aus Gründen des Umfangs sind die Themengebiete: „Wahrnehmung“, „Raumakustik“, „Effekte“ und „Digitalisierung“ hier nicht berücksichtigt.

Inhalt

- Seite 1 Akustik
 - physikalische Betrachtung von Schall
 - Pegelrechnung
- Seite 2 Signaltechnik
 - Grundlegender Aufbau einer Verkabelung
 - Symmetrische Kabelführung
- Seite 3 Anschluss technik
 - Standard- Steckverbindungen
 - Standard- Kabeltypen
- Seite 4 Aufbau eines Kanalzuges
 - Typischer Aufbau und Funktionsweise eines Mischpult- Kanals
- Seite 5 Klangregelung
 - unterschiedliche Ausführungsformen und Anwendungsgebiete
- Seite 6 Mikrofontechnik
 - Unterschiedliche Mikrofontypen
 - Richtcharakteristika
- Seite 7 Checkliste
 - kurze Checkliste für einen typischen, kleinen Live- Aufbau
- Seite 8 Diverses
 - Raum für eigene Notizen
 - Literatur- Tips

Schallausbreitung

Schall breitet sich im Medium Luft als longitudinale Dichteschwingung aus. Im Umgang mit der Tontechnik sind vorwiegend folgende Größen interessant:

- Wellenlänge: λ (m)
- Frequenz: f (Hz); (Hz = 1/ s)
- Periodendauer: T (s)
- Ausbreitungs/- Schallgeschwindigkeit: c (m/s); in Luft: $c \approx 344$ m/s
- Schalldruck: p (Pa)
- Schallintensität: I (W/m²)
- Schalleistung: P (W)

Um den Zusammenhang dieser Größen zu verdeutlichen, seien hier einige Formeln angegeben:

$$c = f * \lambda$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$I_{ideal} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$t = \frac{s}{c}$$

Anhand der letzten Formel erkennt man, dass die Schallausbreitung über eine Strecke: s (m) stets mit einer Laufzeit: t (s) verbunden ist. Dieser Zusammenhang ist beispielsweise bei der korrekten Berechnung einer Delay- Line wichtig.

Das menschliche Gehör

Das menschliche Tonhöhenempfinden umfasst einen Frequenzbereich von: ca. **20 Hz bis 20 kHz** (diese Angabe ist jedoch stark altersabhängig; Bsp.: im Alter von 50 Jahren: ca. 20 Hz– 15 kHz).

Die menschliche „Lautstärkeempfindlichkeit“ bewegt sich zwischen zwei Grenzwerten:

- **Hörschwelle:** $p_0 = 2 * 10^{-5}$ Pa oder $I_0 = 10^{-12}$ W/m²
- **Schmerzgrenze:** $p_{max} = 20$ Pa oder $I_{max} = 1$ W/m²

Um diesen enormen Dynamikumfang besser überblicken zu können, bedient man sich der Pegelrechnung (Angabe in dB).

Der Schall (-druck) -Pegel ist ein logarithmisches Vergleichsmaß, das als Referenzwerte die Daten der Hörschwelle nutzt:

$$L = 10 * \log\left(\frac{I}{I_0}\right) * dB = 20 * \log\left(\frac{p}{p_0}\right) * dB$$

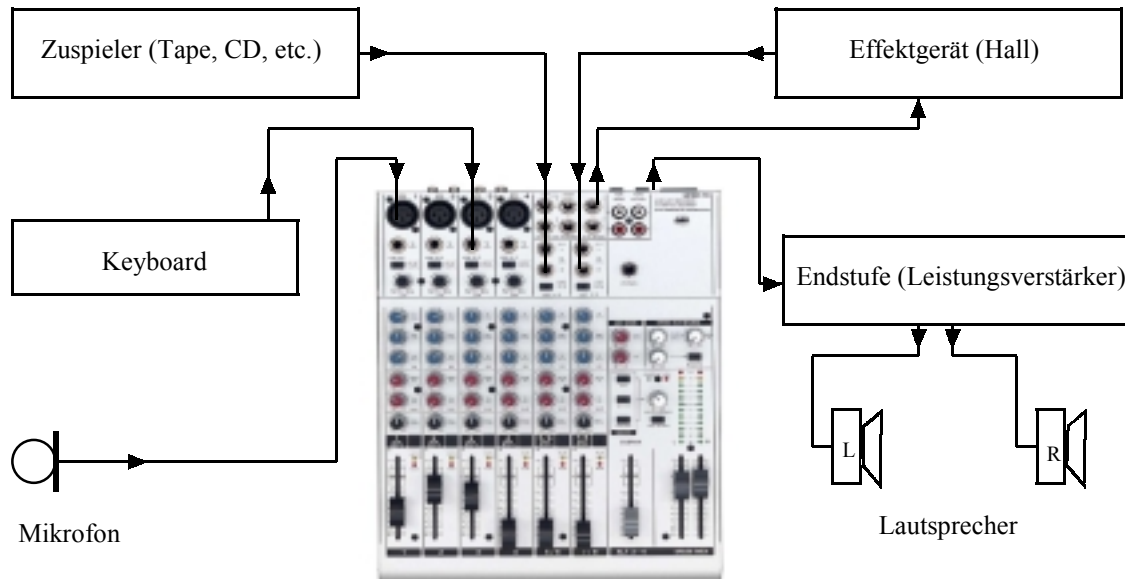
$$L = 20 * \log\left(\frac{u}{u_{Ref}}\right) * dB_u$$

Bezogen auf die Schmerzgrenze als Maximalwert weist das menschliche Gehör somit einen Dynamikumfang von ca. **120 dB** auf (!! Die Werte beziehen sich auf empirische Studien bei einer Referenzfrequenz von 1 kHz {phon- Skala}; in anderen Frequenzbereichen können deutlich abweichende Werte relevant sein {„Kurven gleicher Lautheit“}).

In der Tontechnik verwendet man häufig den „**absoluten Spannungspegel (dB_u)**“ (letzte Formel). Hier bezieht man sich auf einen Referenzwert von $u_{Ref} = 775$ mV.

Anschluss/- Signaltechnik

Der im Folgenden dargestellte Beispielaufbau einer Anlage zeigt, dass das Mischpult das Herzstück einer Installation ist, an dem sich die wesentlichen Einstellungen vornehmen lassen.



Innerhalb der Signalkette erfüllt das Mischpult eine Reihe von Funktionen:

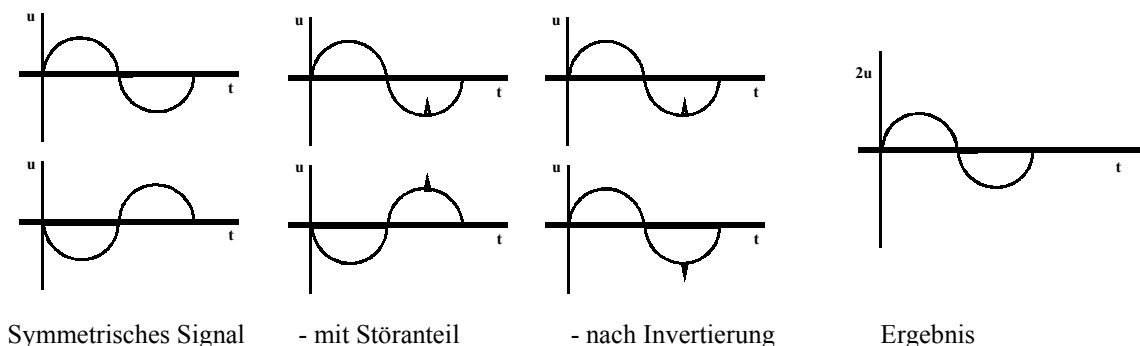
- Rückwirkungsfreies Zusammenmischen mehrerer Signale
- Pegelbeeinflussung (Vorverstärkung/ Dämpfung/ Dynamik- Gestaltung)
- Klanggestaltung (mittels diverser Filter/ Regelverstärker)
- Ausspielzuordnung (PAN, Routing, AUX, etc.)
- u.v.m. (pultabhängige, individuelle Funktionen)

Symmetrische Kabelführung

In der professionellen Tontechnik wird mit symmetrischer Kabelführung gearbeitet, da diese vor allem eine höhere Sicherheit gegen Störeinflüsse bietet.

Prinzip

Bei der Symmetrischen Kabelführung wird das Nutzsignal „zweimal“ übertragen. Zum einen in Normallage, zum anderen invertiert. Im Eingangs- (OP-) Verstärker des Mischpultes wird der invertierte Teil rückinvertiert und zum Signal in Normallage addiert. Ist auf dem Kabelweg ein Störimpuls aufgetreten, so löscht sich dieser bei der Addition aus, während sich die Nutzanteile aufsummieren.



Steckverbindungen

An dieser Stelle sollen einige Standard- Steckverbindungen und deren Verwendungsmöglichkeiten aufgeführt werden.



Chinch

Einpolig, geschirmte Verbindung für Line- Signale (z.B. CD, Tape etc).
Vorwiegende Verwendung im semiprofessionellen- und consumer- Bereich.



Klinke (3,5 mm o. 6,3 mm)

Ein- o. zweipolig, geschirmte Verbindung zum Führen von symmetrischen u. asymmetrischen Line- Signalen; ggf. auch für Lautsprecheranschluss.



XLR

Dreipolige, verriegelbare Verbindung zur Führung von symmetrischen Signalen (z.B. Mikrofon), sowie Verwendung zum Lautsprecheranschluss.

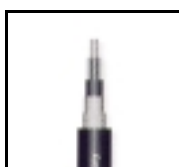


Speakon

Zwei- o. vierpolige, verriegelbare Lautsprechersteckverbindung (auch in größerer Ausführung üblich)

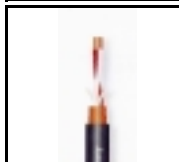
Kabeltypen

Bei jedem Geräteanschluss durch eine Steckverbindung ist darauf zu achten, dass das verwendete Kabel dem gewünschten Zweck entspricht (Bsp.: Mikrofon- Kabel sind aufgrund ihres Leiterquerschnitts nicht zur Lautsprecherverkabelung geeignet).



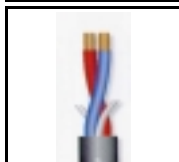
Instrumentenkabel

Einpolig, geschirmtes Audiokabel; Leiterquerschnitt: ca. 0,2 bis 0,5 mm²;
Außendurchmesser: ca. 5 bis 7 mm



Mikrofonkabel

Zweipolig, geschirmtes NF- Kabel; Leiterquerschnitt: 2* (ca. 0,2 bis 0,5 mm²); Außendurchmesser: ca. 5 bis 7 mm.



Lautsprecherkabel

Zwei- bis achtpoliges, ungeschirmtes Kabel; Einzelleiterquerschnitt: ca. 1,5 bis 6,0 mm²; Außendurchmesser: ca. 6 bis 20 mm



Multipair- Kabel

4 bis 32 geschirmte Adernpaare; Einzelleiterquerschnitt: ca. 0,15 bis 0,25 mm²; Außendurchmesser: bis ca. 40 mm.

Aufbau eines Kanalzuges

Am Beispiel dieses Mono- Kanalzuges sollen die wichtigsten Funktionen des Signalweges verdeutlicht werden, wie man sie so, oder in ähnlicher Form an jedem analogen Pult findet.



Input- Sektion:

Mit dem Gain/ Trim- Regler wird das anliegende Signal auf den Arbeitspegel des Pultes angehoben oder abgeschwächt. Der Pegel kann durch Drücken der Taste PFL oder SOLO am Level- Meter (meist in der Mastersektion) kontrolliert werden. Meist in Verbindung mit PAD- Schalter (Pegelabsenkung) und ggf. PHASE- Reverse- Schalter.

Aux- Sektion

Als Aux- (-illary) Wege bezeichnet man die zusätzlichen Ausspielwege eines Pultes. Mit ihnen ist es möglich einen separaten Mix zu erstellen (Kopfhörermix, Monitormix etc.) oder ein Effektgerät zu speisen. Man unterscheidet zwei Funktionsweisen:

- PRE- Fader: hier wird das Signal **vor** dem Fader „abgezweigt“, d.h. es ist ein von den Kanal- Fadern völlig unabhängiger Mix möglich (z.B.: Monitor- Livemix für einzelne Musiker)
- POST- Fader: hier wird das Signal für den Aux -Weg **nach** dem Kanal -Fader abgegriffen, d.h. das Mischungsverhältnis des Aux -Weges ändert sich proportional zur Stellung des Kanal- Fadern (z.B.: Send -Signal für Hallgerät).

EQ- Sektion

Die Equalizer -Sektion eines Kanalzuges ermöglicht es einem durch gezielten Einsatz von Filtern die klanglichen Eigenschaften des Signals zu beeinflussen. Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Filter, die unter dem Kapitel EQ näher erläutert werden.

Low Cut

Der LOW CUT -Schalter schneidet bildlich gesprochen die tiefen Frequenzen des Signals ab; d.h. er dämpft alle Signalanteile unterhalb einer bestimmten Grenzfrequenz (hier: 75 Hz) mit einer definierten Flankensteilheit (hier: 18 dB/Okt.) (geeignet um z.B. Trittschall, der über das Mikro- Stativ übertragen wird abzuschwächen).

Pan

Der PAN- (Panorama) Regler verteilt das Signal des Kanalzuges auf den linken-, bzw. rechten Master- Bus, d.h. hier lässt sich das Stereo- Bild des gewünschten Mixes einstellen.

Mute

Der MUTE - Schalter bewirkt eine Stummschaltung des Kanals. Bei einigen Pulten ist ein ON- Schalter an seiner Stelle, mit dem man den Kanalzug aktiviert.

Solo

Mit dem SOLO- Schalter lässt sich u.a. der Signalpegel kontrollieren. SOLO beinhaltet bereits die PAN- u. FADER- Einstellung, was bei PFL (pre- fader- listening) nicht der Fall ist.

Routing

Die Routing- Schalter verteilen das Signal unter Abhängigkeit des PAN- Reglers auf die angewählten Subgruppen oder den Master- Bus.

Fader

Der Kanal- Fader regelt den Signalanteil für den Mainmix oder die Subgruppen.

Klangregelung/ Equalizer

Die klangliche Gestaltung eines Signals oder Mixes kann auf diversen Wegen realisiert werden und unterschiedlichen Zielen dienen. Neben einigen Varianten stehen grundsätzlich zwei Gruppen von „Werkzeugen“ zur Verfügung:

1. Klangregelung im Kanalzug
2. Klangregelung in der Summe (Mix)

1. Klangregelung im Kanalzug

Mit der EQ- Sektion im Kanalzug eines Mischpultes können verschiedene Effekte auf das jeweils anliegende Signal erzielt werden:

- Herausfiltern störender oder unerwünschter Frequenzanteile
- Hervorheben charakteristischer, erwünschter Frequenzanteile
- Dämpfung von „feedbackgefährdeten“ Frequenzbereichen
- Klangliche Abstimmung auf ähnliche Signale (Stichwort: Verdeckung → „auf Lücke mischen“)
- Etc.

Zur Umsetzung der Gestaltung stehen verschiedene Ausführungsformen zur Verfügung:



- | | |
|-----------------------|--|
| Festfrequenzen: | Hier hat man die Möglichkeit den Frequenzgang um eine definierte Frequenz (Center- Frequenz) mit fester Bandbreite zu beeinflussen („Glocken- oder bell- Filter“; oft für MID- Bereich); oder ab einer bestimmten Grenzfrequenz („Kuhschwanz- oder shelving- Filter; oft für HI- und LOW- Bereich) |
| Semiparametrisch: | Hier kann man den Frequenzgang um eine „frei“- wählbare Frequenz mit fester Bandbreite beeinflussen (häufig mehrfach pro Kanalzug; vorwiegend im MID- Bereich) |
| (Voll-) Parametrisch: | Hier kann man den Frequenzgang um eine „frei“- wählbare Frequenz mit variabler- oder schaltbarer Bandbreite beeinflussen (vorwiegend hochwertige Pulte; vorwiegend MID- Bereich) |
| Low- Cut: | Der Low- Cut oder Hi- Pass- Schalter bietet die Möglichkeit unerwünschte tieffrequente Signalanteile mit meist hoher Flankensteilheit „abzuschneiden“; bei aufwendiger Ausführung auch durchstimmbare (Grenzfrequenz ist wählbar). |

2. Klangregelung in der Summe

Mit dieser Art der Klang- Gestaltung nimmt man Einfluss auf den gesamten Mix (oder einzelne Gruppen). Häufigste Anwendungsgebiete sind:



- Anpassung an raumakustische Gegebenheiten
- Gestaltung des Gesamt- Klangeindruckes
- Dämpfung von „feedbackgefährdeten“ Frequenzbereichen
- Differenziertere Klanggestaltung einzelner Instrumentengruppen (Subgruppen)
- Ausgleich von Übertragungsschwachstellen der P.A.
- Anpassung an Wahrnehmungsverhalten („Kurven gleicher Lautheit“)

Als verbreitetste Ausführungsform findet man in diesen Bereichen sog. „Graphische Equalizer“ (ggf. + Analyser):

Oktavband- EQ: Bei dieser Art eines Equalizers wird das Summensignal als Ganzes beeinflusst. Man hat die Möglichkeit mit (meist 10) Schieberegler, die für Frequenzen im Abstand einer Oktave stehen, den Frequenzgang bereichsweise zu beeinflussen, wobei die Bandbreite um die jeweiligen Frequenzen fest ist.

Terzband- EQ: Die Funktionsweise entspricht der des Oktavband- EQs; jedoch stehen hier Frequenzen im Abstand einer Terz zur Verfügung (meist 31 Stück).

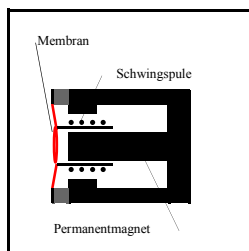
Mikrofon– Technik

In der Tontechnik gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Mikrofone für verschiedenste Anwendungen; im Folgenden sollen einige wichtige Unterscheidungsmerkmale erläutert werden.

1. Mikrofontypen

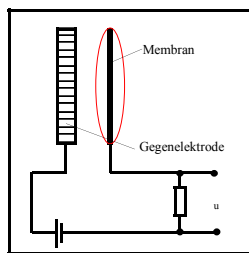
Ein Mikrofon hat grundsätzlich die Aufgabe eine Schallwandlung durchzuführen; d.h. Schallwellen werden zunächst in mechanische Schwingungen, und danach in eine Wechselspannung gewandelt. Für diesen Wandlungsvorgang gibt es einige z.T. sehr unterschiedliche Verfahren; hier seien zwei davon näher erläutert:

- Elektrodynamischer Wandler (dynamisches Mikrofon)
- Elektrostatischer Wandler (Kondensatormikrofon)



Elektrodynamischer Wandler

Bei diesem Wandlungsprinzip trifft die Schallwelle auf die Membran und regt diese zum Schwingen an. An der Membran ist die Schwingspule befestigt, die sich im Magnetfeld eines Permanentmagneten bewegt. Durch die Bewegung der Spule im Magnetfeld wird ein Strom induziert, dessen zeitliche Änderung entsprechend die Charakteristik der auftreffenden Schallwelle repräsentiert. (Typisches Beispiel für diesen Mikrofontyp: Shure SM 58)



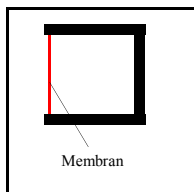
Elektrostatischer Wandler

Dieser Wandlertyp stellt praktisch einen Kondensator mit variabler Kapazität dar; d.h. die bewegliche Membran fungiert als Elektrode, gegenüber einer festen Gegenelektrode. Aus der Kapazitätsänderung über der Zeit folgt eine entsprechenden Wechselspannung, die dann die gewünschte Information enthält. Diese Mikrofontypen benötigen eine Vorspannung (Batterie oder Phantomspeisung: phantom power +48V).

2. Bauformen & Richtcharakteristik

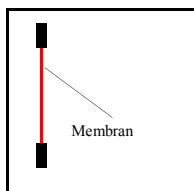
Ein weiteres Kriterium, das die Eigenschaften eines Mikrofons kennzeichnet ist seine Bauform, die wiederum direkten Einfluss auf dessen Richtcharakteristik hat. Mit dem Begriff Richtcharakteristik bezeichnet man die räumlich verteilte Empfindlichkeit eines Mikrofons. Auch hier seien zwei Beispiele näher erläutert:

- Druckempfänger
- Druckgradientenempfänger/ Schallschnelleempfänger



Druckempfänger

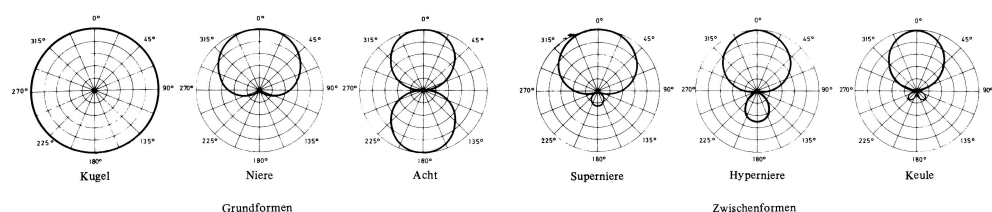
Hier bewegt sich die Membran gegenüber einem geschlossenen Gehäuse (Volumen). Dadurch nimmt sie Schalldruckunterschiede (insbesondere für tiefere Frequenzen) aus allen Richtungen gleich gut auf. Die Folge ist eine kugelförmige Richtcharakteristik.



Druckgradienten- o. Schallschnelleempfänger

Bei dieser Bauart reagiert die Membran auf die (Momentan-) Geschwindigkeitsänderungen der Luftteilchen. Da dies nur in einer Richtung senkrecht zur Membranfläche möglich ist ergibt sich als typische Richtcharakteristik eine Achterform.

Durch die Verwendung von sog. Laufzeitgliedern (bei Druckgradientenempfängern) können unterschiedliche Richtcharakteristika erzeugt werden:



Live– Checkliste

Natürlich kann man mit einer kleinen Checkliste nie alle Anforderungen eines Live– Events abdecken, zudem hat jeder eine andere Herangehensweise und auch jede Anlage ist anders; sie kann jedoch ggf. hilfreich um sich eine eigene Systematik zu erstellen.

• **Aufbau**

1. Darauf achten, dass die Mikros hinter einer gedachten „Nulllinie“ hinter der P.A. (Beschallungslinie) stehen um Rückkopplungen zu vermeiden;
2. Bei Verkabelung über Multicore und Submulticores auf eine systematische Belegung achten (ggf. Liste anfertigen) um später den Durchblick zu behalten;
3. Darauf achten, dass die Mikros immer näher an der Signalquelle stehen als an einem eventuell vorhandenen Monitor (Feedbackgefahr);
4. Mikros mit geeigneter Richtcharakteristik auswählen;

• **P.A.– Check**

1. Mit einer CD, die man gut kennt und die einen „ausgewogenen“ Klang hat, die Beschallungsanlage in der Konzertlautstärke checken;
2. Durch den Raum gehen und kontrollieren, ob die Beschallung in den relevanten Bereichen gleichmäßig ist; ggf. Boxen drehen (Abstrahl– Charakteristik der Lautsprechersysteme beachten);
3. Am Graphic EQ (ggf. auch an der Aktivweiche) die P.A. an die Raumakustik anpassen; !!Achtung: ein Raum mit Publikum klingt in der Regel wieder anders;
4. Monitorwege checken !! CD– Signal auch auf die Monitore schicken und Aussteuerung sowie Klang kontrollieren (ggf. am Monitor- Graphic EQ anpassen);

• **Pult**

1. Die Kanalbelegung am Pult übersichtlich beschriften;
2. Dynamikprozessoren stecken (Kompressoren, Gates);
3. Phantom– power, wo benötigt einschalten;
4. Die Auxwege für die jeweiligen Zwecke zuordnen (welcher Auxweg am Pult wird welcher Monitor auf der Bühne oder speist welches Hallgerät) !! Beschriftung;
5. Vor dem eigentlichen Soundcheck die Musiker auf der Bühne spielen lassen; die Musiker sollten ihre Amps so aufstellen, dass sie sich selbst bereits gut hören und die Amps nicht direkt ins Publikum abstrahlen;
6. Vor dem Soundcheck die Subgruppenzuweisung (z.B. Schlagzeug) am Pult vornehmen (Routingknöpfe drücken und Gruppenfader auf Mix L/R routen und auf Faderstellung „0“ schieben);
7. Systematisch einen Kanal nach dem anderen checken;

• **Soundcheck**

1. Signal mit Gain/ Trim (ggf. PAD– Absenkung) auf Pult- Arbeitspegel bringen (PFL drücken und am Level– Meter kontrollieren; !! Bei Kontrolle über SOLO: Kanalfader auf „0“ und PAN auf Mittel– Stellung);
2. Am EQ den Klang korrigieren und/ oder ggf. Feedback– Frequenzbereiche dämpfen; !!! Ggf. auch nochmals das Mikro neu positionieren (z.T. besser als am EQ zu drehen);
3. Über Insert eingeschliffene Dynamikprozessoren (Gate, Kompressor) abstimmen;
4. Über Post– Fader– Aux– Wege Signal nach Bedarf zum Hallgerät schicken („unterwegs“, d.h. z.B. am Aux– Send– Master via AFL den Pegel auf Übersteuern überprüfen); und das zurückkommende Hallsignal über Aux– Returns oder Kanalzüge dazumischen (!! auch hier Einpegeln nicht vergessen);
5. Wenn alle Kanäle gecheckt sind, über die Fader langsam einen Mix erstellen und am EQ ggf. nachregeln und typische Klangcharakteristika einzelner Instrumente herausheben um „auf Lücke“ mischen zu können (!!Verdeckung);

• **Monitor– Mix**

1. Über die vorher zugewiesenen und gecheckten Monitorwege die einzelnen Mixes erstellen;
2. !! Immer etwas Headroom zur Rückkopplungsgrenze lassen (ggf. nochmals am Monitor EQ nachregeln);
3. Es ist hilfreich ein Talkback– Mikro anzuschließen, mit dem man Dich nur auf der Bühne (über die Auxwege) hört, um sich mit den Musikern besser verständigen zu können;

• **Beim Konzert**

1. Immer wieder die Pegel kontrollieren, den EQ und die Dynamics anpassen und mal in die Kanäle Reinhören.

Praktischer Teil

Hier ist Platz für eigene Notizen und Erfahrungswerte, die bei der praktischen Arbeit hilfreich sind:

Anschluss des Mikrofons:

Pultfunktionen:

Pultfunktionen/ Routing:

Sonstiges:

Literatur- Tips

Diese Literaturangaben sollen lediglich Beispiele für einige verbreitete „Standardwerke“ sein:

- Handbuch der Tonstudioteknik; Band 1; Michael Dickreiter; Saur- Verlag
- Handbuch der Tonstudioteknik; Johannes Webers; Franzis- Verlag
- Das Tonstudio Handbuch; Hubert Henle; GC Carstensen Verlag