

UNIVERSITÄT WIEN  
Institut für Musikwissenschaft

# Verschiedene Technologien der Aufnahmeverfahren und Mikrofone in der Aufnahmepraxis

vorgelegt im Rahmen des Proseminars  
Neue Medien und Musiktechnologien

im Sommersemester 2013  
Nummer der LV: 160104

Lehrveranstaltungsleiterin: Ass. -Prof. Dr. Emil Lubej

von

**Thomas Raber**

Matrikelnummer: 1209824

Studienkennzahl: 033 636

e-mail: [privat@thomas-raber.com](mailto:privat@thomas-raber.com)

Wien, 29.7.2013

# Inhaltsverzeichnis

1. Einführung.....	3
2. Unterschiedliche Technologien.....	3
2.1. Analoge Audiotechnik.....	3
2.1.1. Prinzip.....	3
2.1.2. analoge Speicherverfahren.....	4
2.1.2.1. Magnettonverfahren.....	4
2.1.2.1.1. Allgemeines.....	4
2.1.2.1.2. Geräte in der Praxis.....	4
2.1.2.2. Nadeltonverfahren.....	5
2.1.2.2.1. Allgemeines.....	5
2.1.2.2.2. technische Hintergründe.....	5
2.1.2.3. Lichttonverfahren.....	6
2.2. Digitale Audiotechnik.....	6
2.2.1. technischer Hintergrund.....	7
2.2.2. Wandlung.....	7
3. Mikrofone in der Aufnahmepraxis.....	8
3.1. Allgemeines.....	8
3.2. Stereophonie.....	8
3.2.1. Intensitätsstereophonie.....	8
3.1.1.2. Laufzeitstereophonie.....	8
3.1.2. Verschiedene Stereoverfahren.....	8
3.1.2.1. AB-Verfahren.....	9
3.1.2.2. XY-Verfahren.....	9
3.1.2.3. Blumlein-Verfahren.....	9
3.1.2.4. ORTF-Verfahren.....	10
3.1.2.5. MS-Verfahren.....	10
3.3. Instrumentenmikrofonierung.....	10
3.3.1. Gesang/Stimme.....	11
3.3.2. Schlagzeug.....	11
3.3.2.1. Bassdrum.....	11
3.3.2.2. Snare.....	11
3.3.2.3. HiHat.....	12
3.3.2.4. Toms.....	12
3.3.2.5. Overhead/Becken.....	12
3.3.3. Gitarre.....	12
3.3.3.1. E-Gitarre/Bass.....	12
3.3.3.2. akustische Gitarre.....	12
3.3.4. Klavier.....	13
3.3.5. Streicher.....	13
3.3.5.1. Geige.....	13
3.3.5.2. Cello.....	13
3.3.6. Blasinstrumente.....	13
3.3.6.1. Blechblasinstrumente.....	13
3.3.6.2. Holzblasinstrumente.....	13
3.3.7. Orchester.....	14
4. Resümee.....	14
5. Quellennachweis.....	14

# 1. Einführung

Zu Beginn möchte ich den Bereich der Aufnahmeverfahren, den ich mir für diese Arbeit vorgenommen habe, etwas einkreisen bzw. näher definieren. Dazu muss ich mir zunächst die Frage stellen, was „Aufnehmen“ im Bereich der Medien und Musiktechnologien eigentlich meint.

Aufnehmen meint grundsätzlich, dass ein optisches und/oder akustisches Ereignis auf einem Medium fixiert (gespeichert, aufgenommen) wird. Dies geschieht im Regelfall, um es zu einem späteren Zeitpunkt wiedergeben zu können. Der von Edouard-Léon Scott de Martinville im Jahre 1857 patentierte „Autophonograph“ beschränkte sich zwar noch darauf, akustische Ereignisse als Wellenkurven aufzuzeichnen, die nicht zur Wiedergabe gedacht waren<sup>1</sup>, dies war aber nur der Beginn der Forschung nach Möglichkeiten, akustische Ereignisse auf einem Medium zu speichern.

Ich möchte mich in meiner Abhandlung der Aufnahmeverfahren speziell dem Audiobereich widmen.

## 2. Unterschiedliche Technologien

Jede Übertragung oder Speicherung von Schallwellen erfordert die Einschaltung eines Zwischenträgers der ursprünglichen Schallinformation, mit Hilfe dessen der Schall transportiert werden kann. Dieser Zwischenträger kann grundsätzlich nach zwei Prinzipien arbeiten: analog oder digital.<sup>2</sup> Daher werde ich diese beiden Prinzipien einmal näher betrachten.

### 2.1. Analoge Audiotechnik

Schallsignale als eine Form, mechanische Energie in elektrische Energie zu wandeln, dann zu bearbeiten und schließlich zu speichern, war lange Zeit nur mit analoger Technik möglich. „Analog“ heißt diese Technik deshalb, weil alle beteiligten Formen von Energie einander ähnliche oder vergleichbare zeitliche Verläufe haben. Der Verlauf beispielsweise, den die Auslenkung der Luftmoleküle innerhalb einer Schallwelle aufweist, spiegelt sich im Amplitudenverlauf der elektrischen Spannung am Ausgang eines Mikrofons wider.<sup>3</sup>

#### 2.1.1. Prinzip

„Das Prinzip der analogen Audiotechnik besteht darin, durch Schallwandler die Schwingungen der Luftmoleküle in elektrische Schwingungen umzuwandeln, sie dann über eine elektrische Leitung zum Ort der Wiedergabe bzw. des Aufnahmemediums zu übertragen und durch einen weiteren Schallwandler wieder als Schallwellen hörbar zu machen.“<sup>4</sup> In der Regel dient ein Mikrofon als Schallwandler, dessen Membran durch Schallwellen zum Schwingen angeregt wird. So wird die Schallenergie in elektrische Energie umwandelt. Dieser Vorgang kann natürlich, wie im vorigen Zitat angedeutet, auch umgekehrt werden, indem eine elektrische Spannung die Membran zum Schwingen anregt und dadurch wieder Luftschwingungen erzeugt werden (Lautsprecher, Kopfhörer).

---

<sup>1</sup> Greg Milner, *Perfecting Sound Forever. The Story of Recorded Music*, London: Granta Books, 2009.

<sup>2</sup> Hubert Henle, *das Tonstudio Handbuch. Praktische Einführung in die professionelle Aufnahmetechnik*, München: GC Carstensen 2001, S. 61.

<sup>3</sup> Henle 2001, S. 301.

<sup>4</sup> Henle 2001, S. 61.

Diese elektrischen Schwingungen können dann nicht nur über einen Verstärker verstärkt und über einen Lautsprecher direkt wiedergegeben werden, sondern natürlich auch analog zwischengespeichert und mittels diverser Effektgeräte auf vielfältige Weise klanglich und in der Dynamik bearbeitet werden. Dies stellt den prinzipiellen Aufbau einer analogen Übertragungskette eines Tonstudios dar.

## 2.1.2. analoge Speicherverfahren

Ganz allgemein kann man sagen, dass die analoge Schallspeicherung darauf beruht, dass elektrische Energie in Form einer anderen analogen Energieform gespeichert wird. Hierbei kann man 3 Varianten unterscheiden, auf die ich nun etwas näher eingehen möchte:

### 2.1.2.1. Magnettonverfahren

#### 2.1.2.1.1. Allgemeines

Grundsätzlich können auf einem Magnetband oder auf einer Magnetscheibe natürlich auch digitale Informationen gespeichert werden, was zu Beginn der digitalen Ära auch üblich war (DAT, Minidisc, Disketten und dergleichen). Bei der analogen Aufnahmetechnik werden allerdings ausschließlich Magnetbänder verwendet, auf die ich mich nun konzentrieren möchte.

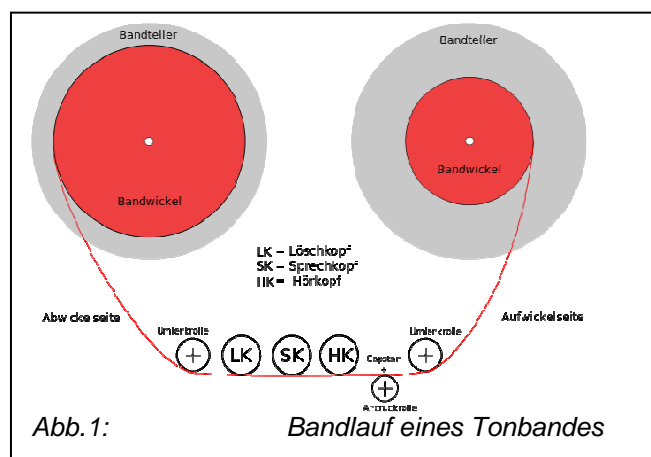
„Grundlage des Magnettonverfahrens ist das Induktionsgesetz. Es besagt, dass ein stromdurchflossener Leiter in seiner Umgebung ein magnetisches Feld erzeugt. Bringt man einen magnetisierbaren Stoff in die Nähe des Leiters, richten sich die Moleküle dieses Stoffes entsprechend den magnetischen Feldlinien aus, er wird ebenfalls magnetisiert. Diese Magnetisierung bleibt auch nach dem Abschalten des Stroms, der das magnetische Feld erzeugt hat, teilweise vorhanden und kann umgekehrt in einem Leiter wieder eine elektrische Spannung induzieren.“<sup>5</sup>

Ein modernes Magnetband besteht aus 4 Schichten. Trägermaterial ist Polyester oder PVC. Darauf werden feinste Partikel aus Eisenoxid oder Chromdioxid als Magnetschicht aufgebracht. Diese Partikel sind vergleichbar mit kleinen Stabmagneten, die zunächst noch zufällig ausgerichtet sind. Erst durch das magnetische Feld des Aufnahmeknopfes werden diese Partikel ausgerichtet, das Magnetband wird also magnetisiert. Über dieser Magnetschicht des Tonbandes liegt dann noch eine dünne, sehr glatte Oberflächenschicht, die für einen guten Kontakt zwischen Tonband und Tonköpfen sorgt. Auf der Rückseite des Bandes ist eine antistatische Beschichtung, die vor allem die Wickeleigenschaft des Bandes verbessern soll.

#### 2.1.2.1.2. Geräte in der Praxis

Grundsätzlich haben Tonbandaufnahmegeräte einen Löschkopf, einen Aufnahmekopf (Sprechkopf) und einen Wiedergabekopf (Hörkopf), die hintereinander angeordnet sind. Bei jeder Aufnahme wird zuvor auch der Löschkopf aktiv (siehe Abb. 1). Bei den handelsüblichen

Kassettenrecordern können 2 Spuren des Tonbandes gleichzeitig (linker und rechter



<sup>5</sup> Henle 2001, S. 302.

Kanal einer Stereoaufnahme) abgenommen bzw. aufgenommen werden. Wenn man bedenkt, dass eine handelsübliche Kompaktkassette auch umgedreht werden kann, also eine 2. Seite hat, ergibt sich daraus, dass sich auf solchen Tonbändern 4 Einzelspuren befinden.

Analoge Mehrspurbänder und die dazugehörigen Mehrspurmaschinen verfügen allerdings bis zu 32 Spuren, die gemeinsam, aber auch einzeln angesteuert werden können. Das gängige professionelle Format sind 24 Spuren auf einem 2 Zoll-Band. „Jede Spur einer Mehrkanalmaschine kann einzeln in den Aufnahmestatus geschaltet werden. Dafür gibt es pro Spur einen Safe/Ready-Schalter, der die Aufnahme für eine Spur freigibt. Tatsächlich erfolgt die Aufnahme der so freigegebenen Spuren aber erst, wenn [...] die Aufnahme- und Wiedergabetaste gemeinsam betätigt werden. Eine Spur lässt sich auch in den Aufnahmemodus schalten, während das Band läuft.“<sup>6</sup> Dadurch lässt sich das sogenannte Overdub-Verfahren durchführen.

Neben dem Aufnahme- und Wiedergabestatus gibt es bei Mehrspurmaschinen den Sync-Status, der beim Playbackverfahren notwendig ist. Dabei hört ein Musiker während der Aufnahme seines Instruments die bereits bespielten Spuren der Mehrspurmaschine. Würden diese Spuren über den Wiedergabekopf abgespielt, wären die neue Aufnahme und die vorhandenen Spuren nicht synchron, da zwischen Aufnahme- und Wiedergabekopf ein gewisser Abstand besteht. Daher wird bei Sync-Status der Aufnahmekopf auch als Wiedergabekopf geschaltet, damit Aufnahme und Wiedergabe synchron sind.

## **2.1.2.2. Nadeltonverfahren**

### **2.1.2.2.1. Allgemeines**

Wie schon 1857 beim Autophonographen von Edouard-Léon Scott de Martinville werden Schallereignisse als Wellenkurven in ein Medium gebracht. Im Unterschied zu Scotts Erfindung können diese dann aber z.B. bei der Schallplatte (oder Schallwalze u. dergl.) mittels einer Nadel wieder abgenommen, in elektrische Energie und schlussendlich wieder in Schall umgewandelt werden.

Bis 1948 waren alle Schallplatten 10 Zoll (25,4 cm) groß und wurden mit 78 Umdrehungen pro Minute abgespielt. Als Columbia Records 1948 die erste 12 Zoll (30,5 cm) Platte herausbrachte, die sich mit einer Geschwindigkeit von 33 1/3 RPM drehte, war der Zeitpunkt, an dem High-Fidelity tatsächlich ihren Anfang nahm. Die Stereo-Schallplatte wurde zwar erst 1957 erstmals eingeführt, doch Tatsache ist, dass das Verfahren, eine Platte für die Stereowiedergabe zu schneiden, bereits 1931 von dem berühmten Audio-Wissenschaftler Alan Blumlein vorgeschlagen worden war. Seine Technik, die als 45/45-System bekannt wurde, wurde 25 Jahre später von der Westrex Corporation wieder aufgegriffen und führte schließlich zur Einführung der Stereo-Schallplatte.<sup>7</sup>

### **2.1.2.2.2. technische Hintergründe**

Ein sogenannter „Schneidestichel“ aus Saphir wird von mehreren großen Treibspulen (den Schwingspulen dynamischer Lautsprecher verwandt) in Schwingung versetzt und diese Schwingungen „schneiden“ sich in die „Lackfolie“ (Lacquer), die im Anschluss an das Presswerk geschickt wird. Bei einer Stereo-Platte werden die beiden Kanäle durch die vertikale und die horizontale Schwingung unterschieden.

---

<sup>6</sup> Henle 2001, S. 311-312.

<sup>7</sup> Bobby Owinski, *Mastern wie die Profis. Das Handbuch für Toningenieur*, München: GC Carstensen 2008, S. 95-97.

Die entstandenen Rillen benötigen je nach Frequenzgang unterschiedlich viel Platz (man sagt „Land“). Tieffrequente Schwingungen benötigen mehr Platz als die höheren Frequenzen. Daraus ergibt sich eine maximale Laufzeit einer Schallplatte von ursprünglich etwa 10 Minuten pro Seite. Um diese zeitliche Einschränkung zu durchbrechen, entschied man sich für zwei Verfeinerungen. Zum einen führte die Recording Industry Association of America (RIAA) 1953 eine Equalization-Kurve ein, bei der die hohen Frequenzen im Bereich von 15kHz beim Schneiden um etwa 17 dB angehoben und die tiefen Frequenzen bei 50 Hz um 17 dB abgesenkt wurden. Die umgekehrte EQ-Kurve wird dann beim Abspielen angewandt. Dieses Verfahren ist als die RIAA-Kurve bekannt. Sie ist auch der Grund, warum ein Plattenspieler so schlecht klingt, wenn man ihn direkt an den Mic- oder Line-Eingang eines Mischpults anschließt. Aufgrund der überbetonten hohen Frequenzen und der verminderten Bässe klingt eine Schallplatte ohne RIAA-Entzerrungskurve dünn und blechern. Eine zweite Verfeinerung war die Einführung des variablen Rillenvorschubs, die es dem Mastering-Engineer erlaubte, die Anzahl der Rillen pro Zoll nach der Art des Programmmaterials zu variieren.<sup>8</sup> Das heißt, bei Audiomaterial mit weniger Bassanteilen können die Rillen enger liegen als bei sehr basslastigem Material. Diese beiden Entwicklungen verlängerten die Abspielzeit von etwa 10 Minuten auf die heutigen ungefähr 25 Minuten pro Seite.

### **2.1.2.3. Lichttonverfahren**

„Die Lichttontechnik – analog wie digital – [...]war] das gängige Verfahren zur Tonaufnahme und –wiedergabe beim 35mm-Kinofilm.[...] Bild und Ton befinden sich auf demselben Medium.[...] Weltweit als das analoge Tonformat für die Kinowiedergabe hat[te] sich das Dolby-Verfahren durchgesetzt und als Standard etabliert. Es benutzt zwei Tonspuren auf dem Film, auf die insgesamt vier Tonkanäle aufgezeichnet werden. Mit der Dolby-Matrix werden die vier Kanäle Links-Mitte-Rechts-Surround auf die beiden Lichttonkanäle Links-total (Lt) und Rechts-total (Rt) aufgezeichnet. Bei der Wiedergabe im Kino werden aus den beiden Tonspuren die vier Kanäle wieder dekodiert.“<sup>9</sup>

Bei der Aufnahme der Tonmischung für den Film wird ein sogenanntes Ton-Negativ entsprechend der Modulation belichtet und anschließend entwickelt. Damit kann dann ein Ton-Positiv für die Wiedergabe hergestellt werden.

Für die Wiedergabe leuchtet eine sogenannte Tonlampe auf die Lichttonspur. Durch die unterschiedliche Schwärzung der Tonspur fällt verschieden starkes Licht auf eine Fozelle, die hinter dem Film angebracht ist. Dies bewirkt eine Spannungsänderung entsprechen des unterschiedlichen Lichteinfalls. Diese Spannung wird dann verstärkt und kann über Lautsprecher wiedergegeben werden.

Durch die Digitalisierung der Kinos kommt das Lichttonverfahren in den modernen Kinos aber heute kaum noch zum Einsatz, da die mechanischen Projektoren durch digitale großteils ausgetauscht wurden.

## **2.2. Digitale Audiotechnik**

Digitale Speicherverfahren für Audiosignale haben die analoge Aufzeichnungstechnik fast völlig vom Markt verdrängt. Neuentwicklungen finden nur noch im Bereich der

---

<sup>8</sup> Owinski 2008, S. 96.

<sup>9</sup> Henle 2001, S. 317-318.

digitalen Schallspeicherung statt. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts wurde noch darüber diskutiert, welche Speichersysteme sich wohl durchsetzen werden. Die Speicherkapazitäten der Computerfestplatten haben sich im letzten Jahrzehnt aber derart rasant entwickelt, dass sich diese Diskussion nun erübrigt hat.

### **2.2.1. technischer Hintergrund**

Das wesentliche Merkmal der digitalen Audiotechnik ist, dass es keinen Parameter gibt, der sich entsprechend des ursprünglichen Schalldruckverlaufs ändert. Das vorhandene Signal wird vielmehr in eine Folge binärer Informationen umgewandelt und lässt sich somit speziell entwickelten Datenverarbeitungsverfahren übertragen oder speichern. Allerdings steht vor jeder Wandlung eines Signals in eine digitale Information immer eine analoge Wandlung des Schalls in eine analoge elektrische Spannung. Die digitale Audiotechnik kann gegenüber der Analogtechnik den entscheidenden Vorteil für sich in Anspruch nehmen, dass Übertragungen oder Aufnahmen ohne jegliche Störungen wie Verzerrungen oder Rauschen seitens des Übertragungs- oder Aufnahmemediums möglich sind.<sup>10</sup>

### **2.2.2. Wandlung**

Am Beginn der digitalen Übertragungskette steht ein Analog/Digital-Wandler (A/D-Wandler). Die Amplitude eines Signals wird hier in kurzen Zeitabständen gemessen und als absoluter Zahlenwert festgehalten. Die Speicherung der ermittelten Amplitude erfolgt als binäre Zahl. Die Rückwandlung erfolgt mit einem Digital/Analog-Wandler (D/A-Wandler).

Bei der Digitalisierung eines analogen Signals ist die Samplingrate von Bedeutung. Dabei wird die Amplitude eines Signals in bestimmten Intervallen gemessen und gespeichert. Dadurch bleibt natürlich immer der Anteil zwischen den Messpunkten unberücksichtigt. Durch eine genügend häufige Abtastung kann man jedoch erreichen, dass das Signal sehr gut reproduziert werden kann. Auf der anderen Seite bedeutet eine zu häufige Abtastung eine zu hohe Informationsdichte, die für eine ausreichend genaue Erfassung gar nicht notwendig ist und zudem einen höheren Rechenaufwand bei der weiteren Verarbeitung erfordert. Die Anzahl der Samples, die pro Sekunde erfasst werden, gibt man als Sampling-Frequenz (Sample Rate) an.<sup>11</sup> Das Nyquist-Theorem besagt, dass die Samplingrate mindestens doppelt so hoch sein sollte wie die höchste Frequenz, die der Konsument hören kann. Wenn man nun davon ausgeht, dass ein junger Mensch mit gesundem Hörvermögen bis zu 20 kHz wahrnehmen kann, bedeutet dies eine Samplingrate von 40 kHz. Da es bei Frequenzen oberhalb der halben Sampling-Frequenz zu sogenannten „Aliasing-Fehlern“ kommen kann, müssen diese mittels steiflankigem Tiefpassfilter vor dem A/D-Wandler eliminiert werden. Da so ein Filter nicht beliebig steil sein kann und außerdem in der Übergangsfrequenz zu Phasenänderungen führen kann, wählte man als Samplingfrequenz einen Mindeststandard von 41,1kHz (bei CDs) bzw. 48 kHz (im Filmbereich).

In der Praxis wird heutzutage im professionellen Bereich mit Oversampling gearbeitet. Der Mindeststandard wird z.B. auf 96 kHz verdoppelt. Dies bedeutet natürlich eine erhebliche Qualitätsverbesserung, allerdings vervielfacht sich dabei

---

<sup>10</sup> Henle 2001, S. 71.

<sup>11</sup> Henle 2001, S. 73.

natürlich die Datenmenge enorm. Das ist auch der Grund, warum vor allem im Semi-Professionellen Bereich nach wie vor mit 41,1 kHz bzw. 48 kHz gearbeitet wird.

### **3. Mikrofone in der Aufnahmepraxis**

#### **3.1. Allgemeines**

Als man begann, Schallereignisse auf irgendeine Weise aufzunehmen, geschah dies in mono, also mit nur einem Mikrofon. Zu Beginn gab es auch nur Mono-Abspielgeräte. Als 1957 erstmals die Stereo-Schallplatte eingeführt wurde<sup>12</sup>, wurden Stereoaufnahmeverfahren relevant, wobei zu bedenken ist, dass die Abspielgeräte der Konsumenten in den meisten Fällen weiterhin mono waren. Daher musste man bereits bei der Aufnahme darauf achten, dass es bei einer Summierung der beiden Kanäle zu keinen Phasenauslöschungen kam.

#### **3.2. Stereophonie**

Grundsätzlich kann man sagen, dass bei Stereophonie 2 getrennte Kanäle existieren, die jeweils von einem separierten Lautsprecher wiedergegeben werden. Dadurch kann das räumliche Hören, das der Mensch durch seine 2 Ohren auf natürliche Weise ja auch hat, nachempfunden werden. Welche Parameter dabei entscheidend sind, möchte ich nun darstellen.

##### **3.2.1. Intensitätsstereophonie**

Schallereignisse erscheinen auf der Seite, von der sie kommen, lauter. Genau genommen nimmt die Lautstärke bei der abgewandten Seite umso mehr ab, je höher die Frequenz ist. Bässe werden also gleich laut empfunden, Höhen wird man kaum wahrnehmen. Unser Gehör ist im Bereich um 4 kHz besonders empfindlich (Spracherkennung), dieser Bereich wird also subjektiv als lauter empfunden als Bässe. Wenn also genau dieser Frequenzbereich wegfällt, wird es als dumpfer und leiser empfunden. „Schallwellen mit Frequenzen kleiner als 1600 Hz beugen sich ganz oder teilweise um den Kopf herum, wodurch die Intensitätsunterschiede zu tieferen Frequenzen hin abnehmen.“<sup>13</sup>

##### **4.2.2. Laufzeitstereophonie**

Schallereignisse müssen zu den beiden Ohren (bzw. Mikrofonen) unterschiedlich lange Wege zurücklegen (siehe Abb. 2). Dadurch kommt es zu einem zeitlichen Versatz, zu einer Phasenverschiebung. Wenn also z.B. ein Instrument weiter links ist, treffen die Schallwellen zuerst auf dem linken Ohr (bzw. Mikrofon) auf. Wenn beide Kanäle separat wiedergegeben werden, wie das in der heutigen Zeit der Regelfall ist, stellt sich das Schallereignis besonders räumlich dar. Zu einem Problem kann es allerdings werden, wenn die beiden Kanäle zu einem Monosignal summiert werden, wie dies früher alltäglich war, weil es durch die unterschiedliche Phasenlage in manchen Frequenzbereichen Phasenauslöschungen kommen kann. Daher wird schon bei der Aufnahme auf die Monokompatibilität geachtet.

---

<sup>12</sup> Owinski 2008, S. 95.

<sup>13</sup> Andreas Ederhof, *das Mikrofonhandbuch. Optimaler Einsatz im Studio und auf der Bühne*, München: GC Carstensen 2006, S. 175.

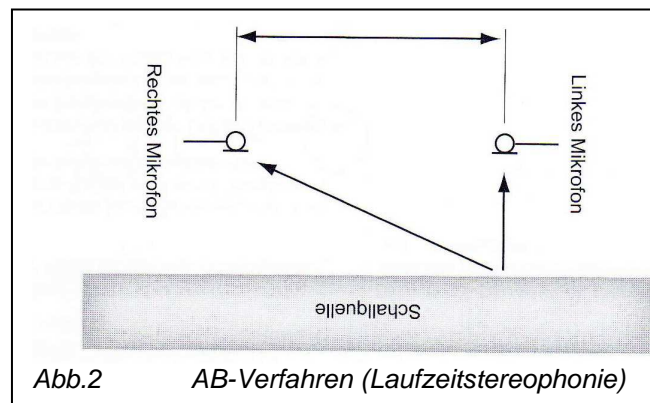


### 3.2.3. Verschiedene Stereoverfahren

In folgenden Abschnitten beziehe ich mich auf Andreas Ederhof.<sup>14</sup>

#### 3.2.3.1. AB-Verfahren

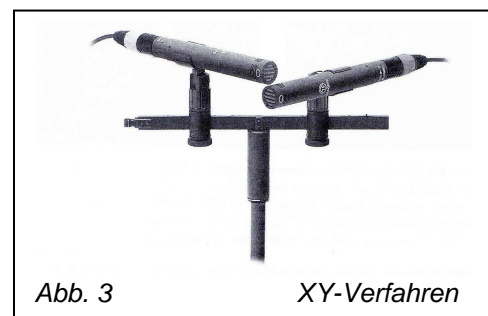
Bei dieser Technik werden 2 Mikrofone parallel zueinander im Abstand von 20 cm (klein AB) bis zu 1,5m (groß AB) aufgestellt. Je weiter der Abstand ist, desto tiefer und mächtiger stellt sich der Raum dar. Die genaue Ortbarkeit der Schallquelle wird dabei allerdings immer diffuser und die Monokompatibilität nimmt immer mehr ab. Da mit einem



Laufzeitverfahren zwei unterschiedliche Reflexionsmuster aufgenommen werden, entstehen Phasenunterschiede zwischen dem rechten und linken Kanal. Diese Phasenunterschiede erzeugen im Gehör, ähnlich wie beim Hören natürlicher Schallquellen, einen räumlichen Eindruck und ein lebendiges Klangbild. Aus diesen Gründen kommt das Laufzeitverfahren besonders bei Aufnahmen von Chor- und Orchestermusik in Räumen zum Einsatz, die für solche Musik akustisch abgestimmt sind. Je nachdem, welche Schallanteile man bei der Aufnahme berücksichtigt bzw. ausgeschlossen haben möchte, entscheidet man sich für die Richtcharakteristik der Mikrofone. Von Niere bis Kugel ist hier alles möglich.

#### 3.2.3.2. XY-Verfahren

Man verwendet hier 2 (Super)Nierenmikrofone, deren Kapseln genau übereinander angeordnet werden. Die Mikrofone werden mit ca. 90° auf die jeweils gegenüberliegende Seite ausgerichtet. Das heißt, das linke Mikrofon erfasst die rechte Seite und umgekehrt (siehe Abb. 3). Bei diesem Verfahren gibt es keine Laufzeitunterschiede und somit werden auch alle etwaigen Phasenprobleme bei einer



Summierung zum Monosignal ausgeschlossen. Es handelt sich hierbei ausschließlich um eine Intensitätsstereophonie, bei der es zu einer sehr guten Panoramaortung kommt, allerdings ist die Raumabbildung beim XY-Verfahren durch die fehlenden Laufzeitunterschiede nicht so gegeben wie z.B. beim AB-Verfahren. Das Stereobild wirkt hier also etwas „unspektakulärer“.

#### 3.2.3.3. Blumlein-Verfahren

Bei diesem Verfahren ist die Anordnung die Gleiche wie beim XY-Verfahren, allerdings werden hier Mikrofone mit einer Achtercharakteristik verwendet, deren 0° Einsprechrichtung zum Schallereignis hin ausgerichtet ist. Dabei kommt es zu einem transparenten, natürlichen Klang und einer guten Höhenabbildung und dies eignet sich gut für kleine Ensembles mit Obertonreichen Instrumenten. Problematisch wird

<sup>14</sup> Ederhof 2006, S. 191-230.

es jedoch, wenn im Aufnahmeraum starke Seiten- oder Rückwandreflexionen auftreten. Da Achtermikrofone von hinten genauso empfindlich sind wie von vorn, wird dieser reflektierte Schall phasengedreht auf der Stereobasis wiedergegeben. Dadurch entsteht ein indifferentes, diffuses Stereobild. Darum sollte das Blumlein-Verfahren nur in akustisch optimalen Räumen verwendet werden.

### 3.2.3.4. ORTF-Verfahren

ORTF ist eine Abkürzung für „Office de Radiodiffusion et Television Francaise“. Dieses Verfahren wurde von Toningenieuren der französischen Rundfunkgesellschaft entwickelt und zählt heute zu den beliebtesten Stereo-Aufnahmeverfahren. Es wird hier im Grunde der Kopf eines Menschen imitiert, denn der Abstand und die Ausrichtung der Kapseln ist den menschlichen Ohren nachempfunden.

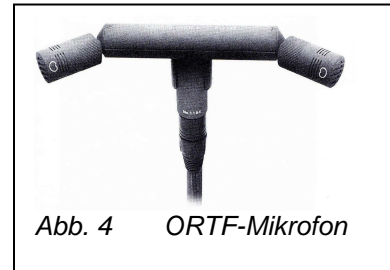


Abb. 4 ORTF-Mikrofon

### 3.2.3.5. MS-Verfahren

Vor allem im Filmbereich wird das MS-Verfahren verwendet, da sich hier die Stereobreite im Nachhinein regeln lässt. Man benötigt dazu ein Nierenmikrofon für die Mitte (M) und ein Achtermikrofon für die Seitensignale (S). Die Kapseln der beiden Mikros werden genau übereinander angeordnet (siehe Abb. 5). Das Mittensignal wird auf einen Kanal gelegt. Die Seitensignale vom Achtermikrofon werden auf 2 weitere Kanäle gesplittet, wobei dieses Signal auf einem der beiden Kanäle phasengedreht wird. Im Panorama wird +S auf hart links und -S auf hart rechts gelegt (siehe Abb. 6). Das Mittensignal verteilt sich gleichmäßig auf beide Panoramaseiten. Daraus ergibt sich, dass sich der linke Kanal aus M+S zusammensetzt, der rechte Kanal aus M-S. Je mehr ich die beiden Seitenkanäle dazumische, umso breiter wird das Stereobild. Diese nachträgliche Bearbeitungsmöglichkeit kann im Filmbereich sehr wichtig sein, wenn es einen Wechsel zwischen Sprache und Naturgeräuschen gibt, da der gesprochene Text in der Mitte (Leinwand) klar ortbar sein soll, die Naturgeräusche aber durchaus in die Breite gehen können.

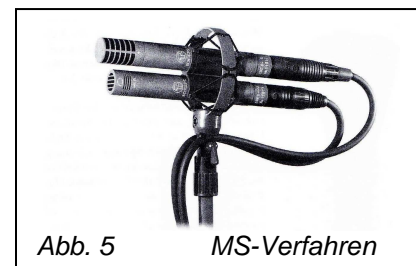


Abb. 5 MS-Verfahren

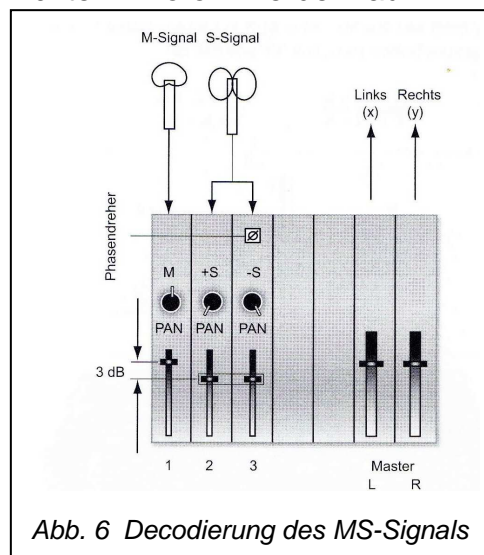


Abb. 6 Decodierung des MS-Signals

Dies sind die gängigsten Stereoaufnahmeverfahren. Es gibt natürlich unter anderem auch noch die Surroundtechnik, da dies aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, sei diese an dieser Stelle nur kurz erwähnt.

### **3.3. Instrumentenmikrofonierung**

Im Popmusikbereich führt man Aufnahmen meist im Overdubverfahren durch. Signale werden dabei auf getrennten Spuren aufgenommen, wobei die Mikrofonierung in der Regel sehr nah am Instrument stattfindet, um nicht zu viele Raumanteile ins Signal zu bekommen bzw. um beim gleichzeitigen Einspielen mehrerer Instrumente ein Übersprechen zu minimieren. Raumanteile können durch zusätzliche Raummikrofone auf einer eigenen Spur aufgenommen und bei Bedarf später dazugemischt werden.

Der Aufnahmetechniker muss über die akustischen Eigenschaften der Instrumente gut bescheid wissen, damit er die dafür geeigneten Mikrofone auswählen kann und diese dann auch so aufstellt, dass die aufzunehmenden Schallereignisse so naturgetreu wie möglich in der Aufnahme abgebildet werden.

Im folgenden Abschnitt beziehe ich mich wieder auf Andreas Ederhof.<sup>15</sup>

#### **3.3.1. Gesang/Stimme**

Meist wird hierfür ein Großmembran –Kondensatormikrofon (Nierencharakteristik) eingesetzt. Sehr wichtig ist ein sogenannter Poppschutz, der die Popplaute vom Mikrofon abhält. Ein wirksamer Poppschutz besteht aus einem gazebespannten Schirm, der an einem biegsamen Schwanenhals am Mikrofonstativ befestigt wird. Auf einen Schaumstoff -Poppschutz sollte man im Studio verzichten, denn der Einsatz von Schaumstoff führt zu einer nicht unerheblichen Höhenbedämpfung.

Man sollte auch noch darauf achten, dass hinter dem Mikrofon keine parallelen reflektierenden Flächen (Studioscheibe, Notenpult) sind, da es durch die Reflexion zu Phasenauslöschungen kommen kann. Aus diesem Grund sind Studioscheiben in der Regel auch leicht geneigt und das Notenpult mit Löchern versehen oder mit Filz bedeckt.

#### **3.3.2. Schlagzeug**

Das Schlagzeug besteht eigentlich aus mehreren Einzelinstrumenten, die möglichst nah abgenommen werden. Zusätzlich wird dann über die Overheadmikrofone der Gesamtklang beigemischt. Um ein Übersprechen der Einzelmikrofone zu minimieren, verwendet man ausschließlich Mikrofone mit Nierencharakteristik und öffnet diese mit einem Gate oder Expander nur dann, wenn die jeweilige Trommel angeschlagen wird. Beim Einstellen der Parameter ist viel Fingerspitzengefühl nötig, um nicht die Anschläge bzw. die Ausklingphasen abzuschneiden.

##### **3.3.2.1 Bassdrum**

Hierfür gibt es einige Mikrofontypen, die speziell für diesen Frequenzbereich und Schalldruck ausgelegt sind. Die Kesselfrequenz liegt meistens in einem Bereich von 50 – 200 Hz. Das ist der Bereich, der für den „Bauch“ des Klanges zuständig ist. Zwischen 1 bis 4 kHz liegt die Anschlagfrequenz des Schlegels, der sogenannte Kick oder Punch. Je näher das Mikrofon in den Kessel an die Anschlagstelle geführt wird, desto mehr „Kick“ ist zu hören. Je weiter ich das Mikrofon von der Anschlagstelle entferne, desto basslastiger wird der Klang. Je nach Musikrichtung wird man sich für eine bestimmte Ausrichtung entscheiden.

##### **3.3.2.2. Snare**

Die Mikrofonierung wird manchmal mit nur einem, meist aber mit 2 dynamischen Nierenmikrofonen durchgeführt. Das erste Mikrofon wird schräg an das Schlagfell

---

<sup>15</sup> Ederhof 2006, S. 245-309.

herangeführt und so ausgerichtet, dass es nicht in die Richtung anderer Trommeln zeigt. Wenn man den typischen Snareklang, der durch die am Resonanzfell liegenden „Schnarrseiten“ entsteht, besonders betonen will, muss man ein zweites Mikrofon von unten zu den Schnarrseiten führen. Zu beachten ist in diesem Fall, dass man die Phase dieses Mikrofones umkehren muss, da dieses ja in umgekehrter Phase zum oberen Mikrofon liegt. Dieses Mikrofon kann nun nach Bedarf beigemischt werden.

### **3.3.2.3. HiHat**

HiHat-Becken können einen sehr obertonreichen Klang mit Frequenzen bis zu 20 kHz und darüber hinaus erzeugen. Deshalb sollte das HiHat mit einem Kondensatormikrofon abgenommen werden. Beachten sollte man vor allem, dass die Ausrichtung des Mikrofones nicht gegen den HiHat-Spalt zeigt, da hier der Luftschwall zwischen den beiden HiHat-Becken austritt und Windgeräusche beim Schließen erzeugt werden. Obwohl bei entsprechender Ausrichtung der Overhead-Mikrofone in der Regel genügend HiHat-Signal vorhanden ist, wird das Instrument bei Studioaufnahmen meistens separat abgenommen. So lassen sich Pegel und Klangfarbe besser kontrollieren.

### **3.3.2.4. Toms**

Der Grundtonbereich von der Standtom bis hin zur kleinsten Hängetom reicht von ca. 70 Hz bis 120 Hz, die Anschlaggeräusche haben einen Frequenzumfang bis ca. 7 kHz. Ähnlich wie bei der Snare werden dynamische Nierenmikrofone wenige Zentimeter über dem Schlagfell positioniert und schräg auf das Fell gerichtet.

### **3.3.2.5. Overhead/Becken**

In der Regel werden Kondensatormikrofone als Stereopaar in ca. 2 bis 2,5 Meter Höhe aufgebaut. Dabei fallen ihnen drei Aufgaben zu:

- Die wichtigste Funktion ist die Abnahme der Becken, deren obertonreicher Klang bis 20 kHz und höher reichen kann.
- Die zweite wichtige Aufgabe ist die panoramakorrekte Aufnahme des gesamten Drumsets. Die Overheads sollen ein zusammenhängendes Gesamtbild des Drumsets liefern und die Matrix für die Panoramaeinordnung der Einzelsignale bilden. Man kann hier zwischen den verschiedenen Stereoverfahren wählen.
- Die dritte Funktion ist die Aufnahme eines gewissen Raumanteils, der für einen natürlichen und lebendigen Gesamtklang des Schlagzeuges sorgt.

## **3.3.3. Gitarre**

### **3.3.3.1. E-Gitarre/Bass**

E-Gitarren können auf zwei Arten aufgenommen werden:

- Ein meist dynamisches Mikrofon wird ganz nahe an den Lautsprecher des Gitarrenverstärkers geführt. Je Näher die Ausrichtung zum Membranmittelpunkt (Kalotte) erfolgt, desto obertonreicher ist der Klang. Am Membranrand ist ein basslastiger, höhenarmer Sound. In der Regel wird man einen Mittelweg wählen. Durch die nahe Positionierung erzeugt der Nahbesprechungseffekt einen „fetteren“ Sound.
- Zusätzlich wird die E-Gitarre oft über eine DI-Box direkt ins Mischpult geführt. So erhält man sich ein neutrales Signal, das zu einem späteren Zeitpunkt gegebenenfalls durch Re-Amping durch andere Gitarrenverstärker erneut aufgenommen werden kann, ohne diese erneut einspielen zu müssen.

### **3.3.3.2. Akustische Gitarre**

Der Grundtonbereich erstreckt sich von ca. 82 bis 1174 Hz (E bis d4). Die Obertöne erreichen je nach Spielweise 10 bis 12 kHz. Um die Obertöne natürlich und unverfälscht aufnehmen zu können, wird die Akustikgitarre im Studio üblicherweise mit Kondensatormikrofonen abgenommen. Wenn das Mikrofon direkt auf das Schallloch zielt, ist das Klangbild relativ basslastig. Bei einer Ausrichtung auf den Hals wird der Klang wesentlich obertonreicher. Die Griffgeräusche werden dann allerdings deutlich hörbar, was je nach Musikstil mehr oder weniger erwünscht ist.

Piezo- Tonabnehmer geben den Obertonbereich nicht so natürlich wieder wie Kondensatormikrofone. Aus diesem Grund sollte man, auch wenn die Gitarre so ein Tonabnehmersystem hat, im Studio bei der Aufnahme stets ein Kondensatormikrofon verwenden.

### **3.3.4. Klavier**

Der Flügel erscheint in den meisten Produktionen mit einem räumlich ausgedehnten Klangbild. Folglich wird das Instrument praktisch immer Stereo aufgenommen. Dazu richtet man mindestens zwei Mikrofone so auf den Flügel aus, dass der Klang mit einem gewissen Raumanteil zusammen aufgezeichnet wird. Die tiefen Frequenzen strahlen nahezu kugelförmig ab, je höher die Frequenzen werden, umso gerichteter strahlen diese vom Pianisten aus gesehen nach rechts (aus dem geöffneten Deckel) ab. Will man einen eher perkussiven/brillanten Klang (Pop/Rock), geht man mit den Mikros nahe zu den Saiten. Je näher die Mikros bei der Klaviermechanik sind, desto perkussiver wird es.

### **3.3.5. Streicher**

#### **3.3.5.1. Geige**

Der Grundtonumfang einer Geige erstreckt sich von 196 bis 1300Hz (g bis e3), der Obertonbereich bis ca. 10 kHz. Die Sägezahnschwingung der Streichinstrumente zeichnet sich durch einen sehr hohen Obertonanteil aus. Daher sollte man auf jeden Fall ein gutes Kondensatormikrofon verwenden. Frequenzen bis 500 Hz werden kugelförmig abgestrahlt. Frequenzen oberhalb 1000 Hz werden stark gebündelt von der Geigendecke aus senkrecht nach oben abgestrahlt. Das Mikrofon sollte also hoch über der Geige aufgestellt werden.

#### **3.3.5.2. Cello**

Ein Mikrofon sollte hier aus einer Entfernung von ca. 0,5 bis 1 Meter auf eines der F-Löcher gerichtet sein. Da der Frequenzbereich um 800 Hz jedoch nach rechts hinten abgestrahlt wird, benötigt man an dieser Position ein zweites Mikrofon.

### **3.3.6. Blasinstrumente**

#### **3.3.6.1. Blechblasinstrumente**

Je höher der Frequenzbereich ist, desto gerichteter strahlen diese vom Schalltrichter nach vorne ab. Durch den hohen Schalldruckpegel wird man hier ein dynamisches Mikrofon verwenden und dieses zum Schalltrichter hin ausrichten.

#### **3.3.6.2. Holzblasinstrumente**

Hier ist das Abstrahlverhalten etwas komplexer:

Tiefe Frequenzen werden kugelförmig abgestrahlt. Die mittleren Frequenzen (die weichen Klanganteile) werden aus den Klappen nach oben abgestrahlt. Aus dem Trichter strahlen die brillanten Klanganteile (die höheren Frequenzen) nach vorne ab. Man wird bei der Abnahme von Klarinette, Saxophon und Querflöte daher mindestens 2 Mikrofone positionieren: Eines in Richtung Schalltrichter, das zweite Mikro wird von oben in Richtung Klappen ausgerichtet.

### **3.3.7. Orchester**

Bei einem Orchester wird man zusätzlich zur Stereoabnahme des Gesamtklanges für jede Instrumentengruppe (oder ev. für Einzelinstrumente) sogenannte Stützmikrofone einsetzen, die bei Bedarf dem Gesamtklang beigemischt werden können. Zu beachten ist hier aber wieder die unterschiedliche Phasenlage, die dann natürlich ausgeglichen werden muss.

## **4. Resümee**

Vielfach werden von Laien die notwendigen Kompetenzen im Bereich der Aufnahmetechnik nicht wahrgenommen oder unterschätzt. Wie wichtig zum Beispiel das Wissen um das Frequenz- und Schwingungsverhalten verschiedener Instrumente, die man aufnehmen möchte, ist und wie man damit umgehen kann, ist Außenstehenden oft nicht bewusst.

Die Aufnahme beginnt immer bei der Schallquelle und den Mikrofonen. Wenn hier schon kapitale Fehler passieren, kann man diese in der weiteren Bearbeitungskette eigentlich nicht mehr ausmerzen. Dabei ist es belanglos, ob sich der Aufnahmeprozess auf analoger, oder digitaler Ebene befindet. Das abzubildende Schallereignis ist immer Analog und Mikrofone arbeiten ebenfalls immer analog (ausgenommen, man verwendet elektronische Instrumente – hier entfällt allerdings ohnehin die Mikrofonierung).

## **5. Quellennachweis**

### **5.1. Literatur**

Ederhof, Andreas, *das Mikrofonbuch. Optimaler Einsatz im Studio und auf der Bühne*, München: GC Carstensen 2006 (2.Auflage).

Henle, Hubert, *das Tonstudio Handbuch. Praktische Einführung in die professionelle Aufnahmetechnik*, München: GC Carstensen 2001 (5. Auflage).

Mallmann, Thomas und Hannes Thomas, *Mikrofonaufnahmen: Genial einfach. Band-Recording in Projekt- und Homestudio*, in: Sound & Recording, 04/13 (2013), S. 20-29.

Milner, Greg, *Perfecting Sound Forever. The Story of Recorded Music*, London: Granta Books, 2009.

Owinski, Bobby, *Mastern wie die Profis. Das Handbuch für Toningenieure*, München: GC Carstensen 2009.

## 5.2. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Bandlauf eines Tonbandes, aus Wikipedia, [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bandlauf\\_Tonband.svg&filetimestamp=20080820212501](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bandlauf_Tonband.svg&filetimestamp=20080820212501) , letzter Zugriff: 5.4.2013.

Abb. 2: AB-Verfahren (Laufzeitstereophonie), aus: Ederhof, Andreas, *Das Mikrofonbuch. Optimaler Einsatz im Studio und auf der Bühne*, München: GC Carstenden 2006 (2.Auflage), S. 200.

Abb. 3: XY-Verfahren, aus: Ederhof, Andreas, *Das Mikrofonbuch. Optimaler Einsatz im Studio und auf der Bühne*, München: GC Carstenden 2006 (2.Auflage), S. 184.

Abb. 4: ORTF-Mikrofon, aus: Ederhof, Andreas, *Das Mikrofonbuch. Optimaler Einsatz im Studio und auf der Bühne*, München: GC Carstenden 2006 (2.Auflage), S.209.

Abb. 5: MS-Verfahren, aus: Ederhof, Andreas, *Das Mikrofonbuch. Optimaler Einsatz im Studio und auf der Bühne*, München: GC Carstenden 2006 (2.Auflage), S. 196.

Abb. 6: Decodierung des MS-Signals, aus: Ederhof, Andreas, *Das Mikrofonbuch. Optimaler Einsatz im Studio und auf der Bühne*, München: GC Carstenden 2006 (2.Auflage), S. 194.