

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Fakultät Elektrotechnik, Medien und Informatik

Studiengang Medienproduktion und Medientechnik (MT)



Bachelorarbeit

von

Simon L a m c h e

Eine Hörspielproduktion mit der Blumlein- und
Kunstkopftechnik im Vergleich

A radio play comparing Blumlein and
Dummy Head Recording

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Fakultät Elektrotechnik, Medien und Informatik

Studiengang Medienproduktion und Medientechnik (MT)



Bachelorarbeit

von

Simon Lamche

Eine Hörspielproduktion mit der Blumlein- und
Kunstkopftechnik im Vergleich

A radio play comparing Blumlein and
Dummy Head Recording

Erstbetreuer:

Prof. Maximilian Kock

Zweitbetreuer:

Prof. Dr. Michael Thiermeyer

Bearbeitungszeitraum:

21.11.17 bis 20.04.18

Fakultät Elektrotechnik, Medien und Informatik

Bachelorarbeit Zusammenfassung

Studentin/Student (Name, Vorname): Lamche, Simon

Studiengang: Medienproduktion und Medientechnik (MT)

Aufgabensteller, Professor: Prof. Maximilian Kock

Durchgeführt in (Firma/Behörde/Hochschule): Ostbayerische Technische
Hochschule Amberg-Weiden

Betreuer in Firma/Behörde: Prof. Maximilian Kock

Ausgabedatum: 21.11.17

Abgabedatum: 20.04.18

Titel:

Eine Hörspielproduktion mit der Blumlein- und Kunstkopftechnik im Vergleich

A radio play comparing Blumlein and Dummy Head Recording

Zusammenfassung:

Ein selbst erstelltes Hörspiel wird in einem größeren Raum gleichzeitig mit der Blumlein- und der Kunstkopftechnik für die Kopfhörerwiedergabe produziert. Anschließend wird untersucht, welche der beiden Aufnahmetechniken sich dramaturgisch in der auditiven Umsetzung überzeugender darstellt.

Schlüsselwörter:

Hörspielproduktion, Kunstkopftechnik, Blumleintechnik, Binaurales Hören,
Räumliches Hören, Kopfhörerwiedergabe, Probandenbefragungen, Vergleich

Fakultät Elektrotechnik, Medien und Informatik

Bestätigung gemäß § 12 APO

Name und Vorname der Studentin/des Studenten: Lamche, Simon

Studiengang: Studiengang Medienproduktion und Medientechnik (MT)

Ich bestätige, dass ich die Bachelorarbeit mit dem Titel:

Eine Hörspielproduktion mit der Blumlein- und Kunstkopftechnik im Vergleich

selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Datum: 20.04.18

Unterschrift: *S. Lamche*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Grundlagen.....	2
2.1	Binaurales Hören und Wahrnehmung der Räumlichkeit.....	3
2.2	Darstellung der Räumlichkeit in Stereoaufnahmen.....	8
2.3	Wiedergabe über Stereo-Kopfhörer	10
3	Räumliche Stereoaufnahmetechniken	12
3.1	Blumleintechnik	13
3.2	Kunstkopftechnik.....	15
4	Hörspielproduktion für Kopfhörer	17
4.1	Entwicklung des Hörspiels.....	17
4.2	Produktion.....	20
4.3	Postproduktion.....	25
5	Hörspielproduktion für Kopfhörer im Praxistest.....	32
5.1	Probandenbefragungen mit Hörversuchen	32
6	Auswertung	36
6.1	Auswertung der Probandenbefragungen	36
6.2	Schlussfolgerungen	42
7	Fazit und Ausblick	47
8	Anhang	49
8.1	Literaturverzeichnis	50
8.2	Abbildungsverzeichnis	56
8.3	Glossar.....	57
8.4	Hörspieldrehbuch	60
8.5	Fragebogen	67

1 Einleitung

Egal ob im Zug, beim Sport oder einfach draußen unterwegs: Die mobile Nutzung von Audioangeboten im Internet wächst. Die Prognose steigt weiter. In der jüngeren Generation zwischen 14 Jahren und 29 Jahren ist es besonders beliebt, von unterwegs auf Online-Audiokane über mobile Geräte zuzugreifen. [BVDW 2017].

Verständlich, denn eine Umfrage in Deutschland ergab, dass im Jahr 2017 knapp 40 Prozent der Bevölkerung ab 14 Jahren täglich oder fast täglich zu Fuß unterwegs war. [VuMA 2018] Ein zunehmend mobiler Lebensstil bringt in der Tat mit sich, dass selbst Medien, die anfangs überwiegend von zu Hause konsumiert wurden, nun immer öfter unterwegs genutzt werden. Die mobile Nutzung von Radio oder Audioportalen im Internet hat beispielsweise Potential für die Zukunft [Radiozentrale 2013].

Lässt man diesen Trend auf sich wirken, so stellt sich die Frage, welches Wiedergabemedium für das Hören auditiver Inhalte unterwegs wohl praktikabel ist. Sei es für das Smartphone oder ein anderes mobiles Gerät – Kopfhörer bieten dem Hörenden unterwegs viele Vorteile: Mit vergleichsweise geringem Aufwand kann nicht nur eine hohe Qualität und Lautstärke gewährleistet werden, sondern auch eine weitgehend abgeschirmte Abhörsituation von störenden Umweltgeräuschen [Dickreiter et al. 2014, S. 211].

In Folge der oben beschriebenen Prognosen erscheint es naheliegend, künftig bewusst mehr Audioinhalte für die Kopfhörerwiedergabe zu produzieren. Doch welche Besonderheiten ergeben sich durch diese Prämisse für den individuellen Höreindruck der Konsumenten?

Diese Arbeit befasst sich mit der Produktion eines selbst erstellten Hörspiels für die Kopfhörerwiedergabe mit der Blumlein- und Kunstkopftechnik im Vergleich. Insbesondere soll untersucht werden, welche der beiden Techniken sich in der auditiven Umsetzung dramaturgisch überzeugender darstellt. Anfangs werden die Grundlagen des „Räumlichen Hörens“ erläutert, einige Besonderheiten bei Kopfhörerwiedergaben dargelegt und jeweils eine stereofone und binaurale Aufnahmetechnik detailliert vorgestellt. Im praktischen Teil der Arbeit stehen Ausführungen zur Hörspielproduktion mit der Blumlein- und Kunstkopftechnik sowie der Durchführung und Auswertung der Probandenbefragungen im Vordergrund. Als Motivation ist der eindrucksvolle räumliche Effekt der Kunstkopftechnik bei Kopfhörerwiedergabe sowie die Wirkungsweise zu überprüfen, wie sich eine mit der Blumleintechnik produzierte Stereoaufnahme für die Wiedergabe über Kopfhörer verhält.

2 Grundlagen

Zu Beginn werden einige wichtige Erkenntnisse aus dem Bereich der Akustik und Psychoakustik herangezogen, um die Grundlagen des räumlichen Hörens zu veranschaulichen. Anschließend werden diese auf die Tontechnik übertragen, indem daraus abgeleitete Stereofonie-Arten beschrieben werden. Am Ende dieses Kapitels stehen Besonderheiten, die sich durch die Wiedergabe von Stereoaufnahmen über Kopfhörer ergeben.

Unter dem Begriff „Räumliches Hören“ sind insbesondere das Richtungs- und Entfernungs hören sowie die Empfindung räumlicher Tiefe in geschlossenen oder halbgeschlossenen Räumen zusammengefasst [Görne 2015, S. 125 ff.]. Ferner umfasst das räumliche Hören die Empfindung, mit der Schallquelle in einem Raum zu sein, der größer ist als die Schallquelle selbst [Dickreiter et al. 2014, S. 31 f.]. Die Auswertung des gehörten Schalls findet über Pegel- und Laufzeitunterschiede sowie durch spektrale Klangfärbungen statt [Raffaseder 2002, S. 110 ff.]. In geschlossenen oder halbgeschlossenen Räumen gibt im Speziellen der Diffus schall Aufschluss über die räumlichen Eigenschaften [Görne 1994, S. 22 ff.].

Bereits 1931 formulierte der britische Elektroingenieur Alan Dower Blumlein einen wichtigen Zusammenhang des räumlichen Hörens, der sich hervorragend als Einstiegspunkt zur Bearbeitung des Themengebiets eignete:

„Human ability to determine the direction from which sound arrives is due to binaural hearing, the brain being able to detect differences between sounds received by the two ears from the same source and thus to determine angular directions from which various sounds arrive.“ [Blumlein 1931, S. 32]

Demnach wird die Richtung eines Schalls für den Rezipienten hörbar, indem das Gehirn Unterschiede zwischen den Signalen interpretiert, die es von beiden Ohren erhält. Infolgedessen kommt dem binauralen Hören (mit beiden Ohren) eine besondere Bedeutung zu. In den folgenden Abschnitten werden die oben genannten Komponenten der räumlichen Wahrnehmung und die Besonderheit des binauralen Hörens ausführlicher beschrieben.

2.1 Binaurales Hören und Wahrnehmung der Räumlichkeit

Zunächst wird das menschliche Hörorgan mit Außenohr, Mittelohr und Innenohr betrachtet. Im Außenohr dringen Longitudinalwellen durch die Ohrmuschel in den Gehörgang ein, an dessen Ende das Trommelfell in Schwingungen versetzt wird und zusammen mit den Gehörknöchelchen in der Paukenhöhle wie ein Druckempfänger wirkt. Die Schwingungen werden auf eine lymphähnliche Flüssigkeit im Mittelohr übertragen. Für den Ausgleich der Schallwellenimpedanzen von Innenohr und Luft sind die drei Gehörknöchelchen Hammer, Amboss und Steigbügel verantwortlich. Gleichzeitig dienen sie als zwanzigfacher Verstärker, um die enorme Reflexion der Schallenergie im Wechsel von Luft zu Flüssigkeit sowie den Trägheitsunterschied beider Medien entsprechend zu kompensieren. Für den nötigen Druckausgleich verbindet die Ohrtrumpete die Paukenhöhle mit dem Rachenraum. Im Innenohr befindet sich die Cochlea. Das schneckenförmige Hörorgan wird von der Reissner-schen- und Basilarmembran in drei Gänge geteilt, die mit verschiedenen stark konzentrierten Lymphen gefüllt sind. Dazwischen sind tausende Haarzellen angesiedelt. Durch sie erfolgt die Umwandlung der übertragenen Schallsignale in Nervenimpulse, die durch den angrenzenden Hörnerv zum Gehirn transportiert und dort weiterverarbeitet werden [Betz et al. 2001, S. 537 ff.].

Je stärker ein akustischer Reiz, der auf das Ohr trifft, ausgelöst wird, desto lauter wird der Ohrschall zunächst wahrgenommen. Jedoch reagiert das Ohr, bedingt durch Resonanzenschaften des Gehörgangs, auf unterschiedliche Frequenzen verschieden stark. Zwischen 2 Kilohertz und 4 Kilohertz ist es am sensibelsten. Während die Empfindlichkeit für Frequenzen tiefer als 500 Hertz vergleichsweise sachte abnimmt, fällt sie über 10 Kilohertz sehr schnell. Die wahrgenommene Lautstärke hängt somit auch von der Frequenz des Schalls ab [Raffaseder 2002, S. 89 f.]. Zwei Schallsignale, die den gleichen Schalldruckpegel aufweisen, können folglich trotzdem verschieden laut empfunden werden. Die sogenannten „Kurven gleicher Lautheit“ können bei Webers (1994) auf Seite 101 eingesehen werden.

Die empfundene Lautstärke wird Lautheit genannt. Je größer der Frequenzbereich ist, auf den sich die Energie des Ohrschalls ausbreitet, desto höher fällt die wahrgenommene Lautstärke aus. Interessant ist, dass nicht nur die Bandbreite allein eine Rolle spielt, sondern dabei auch die Signale beider Ohren berücksichtigt werden. Ein Hörereignis mit nur einem Ohr (monotisch) müsste zwischen 6 Dezibel und 10 Dezibel lauter sein als eine Beschallung beider Ohren mit demselben Signal (diotisch), um gleich laut wie das binaurale Hörereignis empfunden zu werden [Weinzierl et al. 2008, S. 59 ff.]. Erhalten beide Ohren unterschiedliche Signale, so spricht man von dichotisch [Dicksreiter et al. 2014, S. 349]. Die Lautheit ist weiterhin abhängig von der Dauer des Schallereignisses. Während längere Schallereignisse

konstanter Schallintensität mit der Zeit wieder als leiser empfunden werden (Adaptionseffekt), benötigt ein kurzer Schall bis zu 0,5 Sekunden um seine Lautheit vollständig aufzubauen. Ein lautes Schallereignis kann außerdem ein leises verdecken (Maskierungseffekt), je dichter ihre Frequenzen zusammenliegen oder je kürzer sie aufeinander folgen [Raffaseder 2002, S. 93 ff.].

Mit Eintritt in den Gehörgang ergeben sich für den Schall bestimmte Interferenzen, die von der Position der Schallquelle, Kopfhaltung und den Resonanzeigenschaften des Außenohrs abhängig sind. Die resultierende Änderung wird über die sog. Head-Related Transfer Function (HRTF) beschrieben und z.B. in einem Raum ohne Reflexionen über ein Mikrofon im Ohrkanal gemessen [Weinzierl et al. 2008, S.90]. Die spezifischen Außenohr-Übertragungsfunktionen sind für linkes und rechtes Ohr sowie von Mensch zu Mensch verschieden. Mittels spezieller Software ist es möglich, solche Übertragungsfunktionen aufgrund einer Vielzahl von gespeicherten Messergebnissen näherungsweise nachzubilden [Sengpielaudio HRTF]. Der Unterschied beider Ohrrsignale ist für das binaurale Hören von großer Bedeutung und wird durch Division linker und rechter HRTFs als interaurale Außenohr-Übertragungsfrequenz ausgedrückt [Weinzierl et al. 2008, S.91 f.]. Head-Related Transfer Functions wirken in ihrer Abhängigkeit zur Richtung wie hochfrequente Kammfilter und üben mit Pegelunterschieden von bis zu 20 Dezibel einen großen Einfluss auf das räumliche Hören in den Ebenen des kopfbezogenen Polarkoordinatensystems aus [Görne 2015, S.111 u. S.113]. Es besteht aus der Frontalebene, Horizontalebene und der Medianebene. Um dort die Position der Schallquelle zu markieren, werden die Polarkoordinaten hinsichtlich der Entfernung und des Azimut- und Elevation-Winkels abgebildet [Weinzierl et al. 2008, S.90].

Durch die Zuordnung von Korrelationsfunktionen der Hörereignissektoren beider Ohren ergeben sich einige binaurale Effekte, wie z.B. die deutliche Verfärbung des Raumklangs, wenn man sich beim Hören ein Ohr zuhalten würde. Ähnliche Auswirkungen sind für die Halligkeit eines Raums zu beobachten, die sich durch binaurales Hören reduziert [Weinzierl et al. 2008, S.113]. Der sog. Cocktail-Party-Effekt zeigt, dass durch die Signalbestandteile beider Ohren störende Geräusche leichter ausgeblendet werden können, um sich auf relevante Schallereignisse zu fokussieren [Theile 1980, S. 57 f.].

Als Ohrabstand werden in der Literatur Werte zwischen ca. 17 Zentimeter und 20 Zentimeter angeführt [Dickreiter et al. 2014, S.129; Webers 1994, S. 119]. Ein akustischer Reiz, der mit einem Azimut von 0 Grad auf den Kopf trifft, kann direkt frontal geortet werden. Folglich erreicht der Schall dort beide Ohren gleichzeitig. Befindet sich die Schallquelle jedoch seitlich zum Kopf, trifft der Schall zuerst auf das zugewandte Ohr. Das andere Ohr erreicht

er erst nach einem Umweg von maximal 21 Zentimeter, in Abhängigkeit des Kopfdurchmessers, Abstand der Ohren und des Einfallswinkels.

Mittels Division durch die Schallgeschwindigkeit errechnet sich so eine größtmögliche interaurale Laufzeitdifferenz von 0,61 Millisekunden. Bei diesem Wert kommt es schließlich zur gänzlichen Seitwärtsortung [Blauert 1974, S. 113 ff.].

Der kleinste wahrnehmbare Wert für die Richtungsänderung einer Schallquelle beträgt ca. 0,01 Millisekunden Laufzeitunterschied oder 1 Grad Einfallswinkel. Allerdings kann die Ortung fehlerhaft sein, wenn die Periodendauer einer harmonischen Schwingung kleiner als die jeweilige interaurale Laufzeitdifferenz ist. Quasistationäre Signale ab einer Frequenz von etwa 1,6 Kilohertz können z.B. fälschlicherweise frontal geortet werden, wenn sie in einem Winkel kleiner 90 Grad auf den Kopf treffen [Görne 2015, S.126 f.]. Bereits 1906 zeigte der Physiker Lord Rayleigh mit seinen Experimenten auf, dass es beim binauralen Hören teils zu Fehlortungen in der Medianebene kommen kann [Brech 2015 S. 88 ff.]. Als Begründung ist anzuführen, dass ein schräg einfallender Schall von rechts hinten die gleichen interauralen Unterschiede hervorruft, wie einer von schräg rechts vorne [Webers 1994, S 122]. Es ist also vorteilhaft, dass zur Richtungsbestimmung nicht nur Unterschiede in der Laufzeit, sondern auch interaurale Pegeldifferenzen eine Rolle spielen. Trifft eine ebene Welle seitlich auf den Kopf, so wird sie je nach ihrer Wellenlänge reflektiert oder um den Kopf gebeugt. Am abgewandten Ohr wird ein Schallschatten gebildet, der leiser wahrgenommen wird als der Druckstau auf der gegenüberliegenden Seite [Görne 2015 S. 127]. Die Seitwärtsortung über Pegelunterschiede funktioniert über den kompletten Hörfrequenzbereich [Weinzierl et al. 2008, S. 96]. Bei sehr tiefen Frequenzen wird die Lokalisation jedoch schlechter:

„Technisch wird meist angenommen, dass reine Töne von weniger als 100 Hz nicht mehr ortbar sind (...) Dabei wird aber das Gehör unterschätzt: Ein Subwoofer, der unterhalb von 100 Hz Schall abstrahlt, ist sehr wohl ortbar, wenn auch nicht besonders gut.“ [Görne 2015, S.127]

Es resultiert daraus dennoch eine Abhängigkeit der räumlichen Wahrnehmung von Schall in Bezug auf hohe und tiefe Frequenzen. Besonders hochfrequente Anteile über 5 Kilohertz können durch Bündelung an den Ohrmuscheln richtungsabhängig intensiviert oder gedämpft werden [Raffaseder 2002, S. 113]. Aufgrund solcher Klangverfärbungen wird bei natürlichen Signalen, die den Hörenden bekannt sind, eine Differenzierung zwischen vorne und hinten initiiert. Synthetische Klänge hingegen können erhebliche Fehlortungen erzeugen [Görne 1994 S. 33]. Aus dem sogenannten Elevations-Effekt ist abzuleiten, dass nur

eingeschränkt zwischen oben und unten durch die Auswertung der im Gehörgang am markantesten erscheinenden Frequenzbänder des Ohrschalls unterschieden werden kann [Weinzierl 2008, S.95]. Die korrekte Lokalisation des Schalls wird grundsätzlich durch geringe Kopfbewegungen sowie die visuelle Information der Augen unterstützt [Görne 2015, S.126]. Klangfärbungen tragen insbesondere auch zum Entfernungshören bei. Durch größere Beugbarkeit hochfrequenter Anteile nehmen diese mit steigender Entfernung ab [Webers 1994 S. 123]. Der Mensch verfügt zur Empfindung von Distanz über einen akustischen Horizont von lediglich 15 Meter. Eine Schätzung von weiter entfernten Schallereignissen im Freifeld beruht auf Erfahrungen und Hilfe der Augen [Weinzierl et al. 2008, S.99]. Weit entfernte Schallereignisse klingen frequenzabhängig dumpf und leise. In geschlossenen Räumen hingegen wird die Entfernung auditiv aus Nachhallstrukturen erschlossen, die sich aus den Reflexionen von Decke und Wänden in Bezug auf das direkte Signal ergeben [Görne 1994, S. 33].

Der Nachhall ist in geschlossenen Räumen die markanteste Differenz im Gegensatz zur Ausbreitung von Schall im Freifeld. Durch den Raum wird der Klang des Schallereignisses verändert [Görne 1994, S. 22]. Es wirken auf den Hörenden sowohl der Direktschall der Schallquelle ein, als auch die verschiedenen Reflexionen des Raums, welche unter dem Begriff Diffusschall bzw. Hall zusammengefasst werden [Dickreiter 2003, S. 6]. Die ersten Reflexionen, die den Hörenden innerhalb von ca. 100 Millisekunden erreichen, sind besonders wichtig für die räumliche Wahrnehmung. Das Initial Time Delay Gap (ITDG) gibt den zeitlichen Abstand zwischen direktem Schall und ersten Reflexionen von Wand oder Decke an. Je größer das ITDG, desto größer wird der Raum empfunden. Ein Raum mit starken ersten Reflexionen von der Seite klingt breit und hoch, während der Eindruck eines engen und niedrigen Raums durch ausgeprägte erste Reflexionen von der Decke erzeugt wird [Görne 2015, S. 88]. Der Pegelabstand zwischen direktem und diffusen Schall wird Hallabstand genannt [Dickreiter 2003, S. 26]. Der Diffusschallpegel bleibt unabhängig von seiner Entfernung zur Schallquelle gleich. Da der Pegel des Direktschalls jedoch mit ansteigender Distanz sinkt, kann in geschlossenen Räumen die Entfernung zur Schallquelle geschätzt werden [Dickreiter et al. 2014, S. 133]. Fällt der ITDG, so erhöht sich die subjektive Entfernung [Görne 2015, S. 88]. Im sogenannten Hallradius weisen Direkt- und Diffusschall den gleichen Schalldruckpegel auf. Während innerhalb des Hallradius der direkte richtungsweisende Schall dominiert, überwiegt der Raumschall außerhalb ohne Richtungsinformation [Dickreiter et al. 2014, S. 40]. Ein Schall kann also nur dann korrekt seiner Entfernung und Richtung zugeordnet werden, wenn den Hörenden genügend Direktschall erreicht [Dickreiter 2003 S. 13]. Laut des Präzedenzeffekts wird eine Schallquelle immer in derjenigen Richtung geortet, aus

der die erste Wellenfront beim Hörenden eintrifft (Gesetz der ersten Wellenfront) [Görne 2015 S. 128]. Sobald die erste Wellenfront an einer Wand reflektiert wird, ergibt sich eine Reflexion erster Ordnung. Wird der reflektierte Schall wiederum reflektiert, spricht man im Allgemeinen von Reflexionen höherer Ordnung. So wird der Direktschall mit dem Diffus-schall überlagert und verteilt sich ohne einheitliche Richtung immer weiter im Raum, bis dieser eingeschwungen ist [Görne 1994 S.24]. Liegt die Zeit der Verzögerung zwischen Primärschall und den weiteren Wellenfronten über der Echoschwelle, so werden die Reflexionen erster und höherer Ordnung als separates Hörereignis interpretiert und folglich als Echo wahrgenommen. Das Auftreten von Echos und der Präzedenzeffekt spielt insbesondere bei Mehrschallquellsituationen eine wichtige Rolle. Eine solche Situation tritt entweder bei mehreren separaten Schallquellen auf, aber auch dann, wenn zu einer Schallquelle eine Spiegelschallquelle existiert. Dazu zählen i.d.R. die Reflexionen in geschlossenen Räumen. [Weinzierl et al. 2008, S.100 ff]. Wenn der Schall direkt senkrecht auf eine reflektierende Fläche trifft, dann kommt es zu einer Überlagerung mit der reflektierten Welle. Dies hat, bedingt durch die Phasenlage, entweder eine Erhöhung oder Minderung der Amplitude zur Folge [Webers 1994, S. 64].

Impulshaltiger und breitbandiger Schall begünstigt den Aufbau eines gleichmäßig über den Raum verteilten Diffusfelds. Dazu zählen z.B. Rauschen, Musik und Sprache. Anhaltende Sinustöne und stationäres Rauschen fördern hingegen eher das Auftreten stehender Wellen, auch in Räumen mit schiefwinkeligen Wänden [Dickreiter et al. 2014, S. 30]. Bei gut reflektierenden und parallelen Wänden kommt dieser Effekt jedoch besonders intensiv zur Geltung [Webers 1994, S. 64]. Beträgt der Abstand zweier reflektierender Flächen genau ein ganzzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge des Signals, so entsteht dort durch Interferenz eine Resonanz, die zwischen den betreffenden Wellen keine Änderung mehr aufweist. Stehende Wellen, die auch als Eigenresonanzen des Raums bezeichnet werden, sind besonders im Tieftonbereich störend. Für Mitten und Höhen liegen die Raumresonanzen bereits so eng zusammen, dass sie keine wahrnehmbare Störung des Klangs erzeugen [Görne 1994 S. 26 f.]. Durch den Einsatz zusätzlicher Reflektoren, Diffusoren oder Absorber kann der Raum hinsichtlich kritischer Reflexionen, störender Echos oder ungünstiger Nachhallzeiten optimiert werden [Görne 2015, S. 90].

Der Raumklang ist das Resultat des Zusammenwirkens von Raumgröße, Beschaffenheit der Oberflächen und die Anordnung der Wände auf ein reflektiertes Schallereignis [Görne 1994, S. 28]. Eine natürliche Dämpfung des Schalls durch Menschen im Raum, die dem Schall seine Energie entziehen, sowie der Einfluss der herrschenden klimatischen Bedingungen

kommen grundsätzlich hinzu. Mit steigender Temperatur nimmt die Dämpfung mittlerer Frequenzen beispielsweise ab – wenn auch nur gering. In klimatisierten Räumen ist dies jedoch nicht von Bedeutung [Dickreiter 2003 S. 10, 13].

Die Auswirkungen raumakustischer Faktoren wie die Nachhallzeit des Raumschalls können objektiv durch Messverfahren ermittelt werden. Für eine räumliche Wirkung ist allerdings auch die subjektive Bewertung des Hörereignisses von großer Bedeutung. Diese erfolgt einerseits mithilfe hörakustischer Begrifflichkeiten, wie z.B. Durchsichtigkeit und Hörsamkeit, aber auch über den selbst empfundenen Raumeindruck, der bei einem Hörereignis in teilweise oder komplett geschlossenen Räumen entsteht. Die Bewertung gliedert sich dabei zum einen in die Empfindung räumlicher Breite und Tiefe und zum anderen in Aussagen über die Halligkeit eines Raums. Des Weiteren ist das Gefühl von Bedeutung, mit der Schallquelle in einem Raum zu sein, der größer ist als die Schallquelle selbst. Daraus entsteht eine akustische Wahrnehmung der Räumlichkeit [Dickreiter et al. 2014, S.31 f.].

2.2 Darstellung der Räumlichkeit in Stereoaufnahmen

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie mithilfe der Erkenntnisse über die räumliche Wahrnehmung von Schallereignissen eine Darstellung der Räumlichkeit in stereofonen Tonaufnahmen erzielt wird. Wichtige Vertreter der daraus resultierenden Stereo-Mikrofonverfahren werden in Kapitel 3 näher beschrieben. Im Rahmen dieser Arbeit sind mit dem Begriff Stereofonie stets die zweikanaligen Stereotechniken gemeint.

Zunächst sollte jedoch beachtet werden, dass Stereosysteme im Allgemeinen eine Mehrschallquellsituation darstellen. Das Hörereignis bei der Wiedergabe gleicht also nicht dem Schallereignis während der Aufnahme, sondern es kommt zur Bildung einer Phantomschallquelle. Zwei kohärente Audiosignale bilden bei Wiedergabe über ein Lautsprecherpaar das Hörereignis mittig zwischen beiden Lautsprechern [Görne 2015, S. 129]. Das Ergebnis ist eine Summenlokalisierung des Ohrschilds, der bei Lautsprecherwiedergabe im linken und rechten Ohr jeweils einen Teil von beiden Schallquellen enthält [Weinzierl et al. 2008, S.101]. In Abschnitt 2.1 wurde bereits erläutert, dass zur Richtungsortung von Schall die Unterschiede der Pegel und Laufzeiten von Schallereignissen eine wichtige Rolle spielen, je nachdem welches Ohr vom Schall mit höherem Pegel bzw. zeitlich früher erreicht wird. Daraus leiten sich die Intensitäts- und Laufzeitstereofonie ab.

Um eine Phantomschallquelle im Klangbild links oder rechts zu erzeugen, bedient sich die Intensitätsstereofonie der Pegelunterschiede zwischen beiden Kanälen. Für eine maximale Positionierung auf linker oder rechter Seite sind bis zu 20 Dezibel Pegeldifferenz nötig [Raffaseder 2002, S. 170]. Die Pegelunterschiede ergeben sich bei Frequenzen ab ca. 1 Kilohertz. Für das Gehör ist dieser empfindliche Bereich maßgebend für die Bestimmung der Richtung. Die Pegeldifferenzstereofonie zeichnet sich so durch eine sehr gute Richtungsabbildung aus und kann aufgrund der Phasengleichheit beider Kanäle monokompatibel aufsummiert und wiedergegeben werden [Görne 1994 S. 102]. Durch die Panoramaeinstellung (z.B. in einer DAW) können auf Basis der Intensitätsstereofonie weiterhin Monosignale im Stereobild positioniert werden [Raffaseder 2002, S. 171]. Das entsprechende Panning wird unter Berücksichtigung der Panoramaregler-Kennlinien eingestellt. Digitale Systeme erlauben alternativ auch die Realisierung des Pannings über unterschiedliche Laufzeiten [Görne 2015, S. 346]. Bei der Laufzeitstereofonie wird die Position im Klangbild nur durch Laufzeitunterschiede gebildet. Ob ein Hörereignis links oder rechts abgebildet wird, hängt davon ab, auf welcher Seite der Schall zuerst eintrifft. Für Frequenzen tiefer als 500 Hertz werden dabei auch Phasenunterschiede zwischen den Ohren berücksichtigt, die den räumlichen Eindruck der Aufnahme begünstigen [Görne 1994, S. 114].

Eine vollständige Seitwärtsortung der Phantomschallquelle wird bei Laufzeitunterschieden von etwa 1,8 Millisekunden erreicht. Die Laufzeitstereofonie stellt dabei zwar die räumliche Tiefe gut dar, jedoch ist die Ortung von Schallereignissen im Stereobild schlechter als bei der Pegelstereofonie [Smyrek 2016, S. 183]. Die Monokompatibilität der Laufzeitstereofonie ist aufgrund der Phasenunterschiede eingeschränkt – es sind spezielle Mischungen notwendig, um unerwünschte Klangverfärbungen zu vermeiden [Görne 1994, S. 114].

Aus Abschnitt 2.1 ist bekannt, dass das Gehirn sowohl Laufzeit- als auch Pegeldifferenzen auswertet, um ein Hörereignis zu bilden. Die Äquivalenzstereofonie strebt an, dieses Verhalten zumindest näherungsweise nachzubilden [Friedrich 2008, S. 249 f.]. Auf die Besonderheit, dass einige gemischte Aufnahmetechniken – in Entsprechung zum natürlichen Hören – zusätzlich Klangänderungen berücksichtigen, ist zu einem späteren Zeitpunkt einzugehen. Grundsätzlich werden in der Äquivalenzstereofonie die Vorteile der Intensitäts- und Laufzeitstereofonie kombiniert [Raffaseder 2002, S. 173]. Einen gleichwertigen Eindruck der beiden Ansätze erzielen dabei 60 Mikrosekunde Laufzeitdifferenz und 1 Dezibel Pegelunterschied, die sich summiert auf die Positionierung der Phantomschallquelle auswirken. Als Ergebnis wird einerseits eine gute Richtungsabbildung erzielt und andererseits die räumliche Tiefe eindrücklich dargestellt [Dickreiter 2003, S. 146].

Bis zu diesem Punkt sind alle aufgeführten Stereofonie-Arten raumbezogen und für die Lautsprecherwiedergabe gedacht. Sie erhalten insbesondere die akustischen Gegebenheiten

des Aufnahmeraums, aber nicht die Verhältnisse, die direkt an den Ohren des Hörenden herrschen. Diese Anforderung erfüllt wiederum die kopfbezogene Stereofonie [Görne 1994 S. 35]. Sie ist besonders für die Kopfhörerwiedergabe prädestiniert, weil nicht nur Pegel- und Laufzeitdifferenzen, sondern auch die oben genannten Klangänderungen berücksichtigt werden, die sich aufgrund der HRTFs an den beiden Ohren ergeben [Görne 2015, S. 131]. Da auch zusätzlich die Schallbeugungseffekte der räumlich getrennten Ohren eine Rolle spielen, spricht man auch von Trennkörperstereofonie [Raffaseder 2002, S. 172].

2.3 Wiedergabe über Stereo-Kopfhörer

Im Folgenden wird zunächst der Kopfhörer als Wiedergabemedium näher beschrieben und auf Besonderheiten hingewiesen, die sich für das Abspielen stereofoner Aufnahmen über Kopfhörer ergeben. Diese sind insbesondere im praktischen Teil dieser Arbeit zu beachten. Die elektroakustischen Wandler eines Kopfhörers werden direkt an den Ohren positioniert. Daraus ergibt sich zum einen, dass jedes Ohr nur das Signal eines der Kleinlautsprecher erhält. Zum anderen sind Einflüsse des Wiedergaberaums weitgehend irrelevant. Über Kopfhörer können hohe Dynamiken ideal gehört werden und es entsteht ein äußerst intimes Hörempfinden [Dickreiter et al. 2014, S. 212, S.349].

Kopfhörer werden danach differenziert, in welchem Maß Schall von außen durch sie an das Ohr gelangt. Diesbezüglich wird zwischen offenen und geschlossenen Kopfhörern unterschieden [Friedrich 2008, S. 121]. Die Kleinlautsprecher offener Kopfhörer befinden sich entweder direkt auf den Ohrmuscheln oder werden durch schalldurchlässige Ohrkissen in einem festgelegten Abstand zu den Ohren positioniert. Schall von außerhalb wird erst im Bereich über 5 Kilohertz bedämpft. Geschlossene Kopfhörer hingegen liegen mit kalottenförmigen Hörmuscheln vollkommen über den Ohren und schließen mit einem Dichtungsband am Kopfbein ab. Die Dämmung der Schall-Immission wird so von ca. 5 Dezibel bei 100 Hertz auf 40 Dezibel bei 10 Kilohertz gesteigert. Während bei offenen Kopfhörern das Andrücken der Wandler an die Ohrmuscheln eine stärkere Tieftonwiedergabe hervorruft, wird der akustische Kurzschluss bei geschlossenen Systemen vermieden [Dickreiter et al. 2014, S. 212]. Die Zwischenform aus offenem und geschlossenem Kopfhörer wird als halboffener Kopfhörer bezeichnet. Sogenannte In-Ear-Kopfhörer stellen eine weitere Unterart dar. Oft werden sie auch nur Ohrhörer genannt, da die Schallwandler direkt im Gehörgang platziert werden. Für die professionelle Anwendung sind diese meist individuell in Otoplastiken eingearbeitet [Friesecke 2014, S. 460 ff.].

Weisen Kopfhörer bei der Wiedergabe eines frontal aufgezeichneten Schalls die entsprechenden Klangfärbungen auf, die sich an den Ohrmuscheln in einer natürlichen Hörsituation ergeben, werden sie als freifeldentzerrt bezeichnet. Eine Entzerrung für das Diffusfeld berücksichtigt wiederum auch andere Einfallswinkel der Schallquelle, wodurch ein natürliches Hörereignis über Kopfhörer auch für seitwärts einfallenden Schall entsteht [Rausch 2007 S. 6 ff.].

Kopfbezügliche Stereoaufnahmen, die z.B. mit einem Kunstkopf erstellt wurden, werden mittels Kopfhörer annähernd so wiedergegeben, wie es dem binauralen Hören der Wirklichkeit entspricht [Dickreiter 2003, S. 158]. Zwar werden über Kopfhörer einige Komponenten der auditiven Wahrnehmung wie z.B. die raumbedingten Reflexionen bei der Wiedergabe umgangen, jedoch sind die entsprechenden Informationen der Außenohrübertragungsfunktionen bereits im kopfbezüglichen Stereosignal berücksichtigt [Beilharz 2008, S. 16]. Anders verhält es sich, wenn raumbezogene Aufnahmen über Kopfhörer wiedergegeben werden. In diesem Fall tritt eine Im-Kopf-Lokalisation (IKL) auf. Da sich das Stereobild aufgrund des Fehlens der oben genannten Faktoren nur zwischen dem linken und rechten Ohr bildet, werden die Orte der Schallquellen direkt innerhalb des Kopfes lokalisiert. Durch die IKL kann es zu einem Druck auf den Ohren kommen, der bei längerem Hören durchaus als unangenehm empfunden wird. Der Druck kann beispielsweise ausgeglichen werden, indem der raumbezogenen Aufnahme nachträglich standardisierte HRTFs auferlegt werden. Das Auftreten der IKL kann dadurch aber nicht umgangen werden [Görne 2015, S. 130 f.].

Weiterhin ist zu beachten, dass Kopfbewegungen während der Kopfhörerwiedergabe keine Änderung des Hörereignisses zur Folge haben. Die Phantomschallquellen wandern entsprechend der Drehung mit – ein maßgeblicher Unterschied zum natürlichen Hören [Webers 1994, S. 175].

3 Räumliche Stereoaufnahmetechniken

Dieses Kapitel greift gängige Hauptmikrofonsysteme auf, die auf der Intensitäts- und Laufzeitstereofonie, einer Mischung aus beiden oder auf der Trennkörperstereofonie bzw. dem kopfbezogenen Ansatz beruhen. (vgl. Abschnitt 2.2) Im Speziellen werden in den Abschnitten 3.1 und 3.2 zwei weitere wichtige Vertreter näher erläutert, die sich durch gute räumliche Darstellung auszeichnen.

Die für Pegeldifferenzstereofonie am meisten praktizierte Technik ist die XY-Aufstellung, bei der die Kapseln zweier zueinander verdrehten Mikrofone horizontal betrachtet am gleichen Ort positioniert werden. Oft spricht man deshalb auch von Koinzidenzstereofonie. Der Schall trifft dabei zeitgleich an beiden Mikrofonen mit z.B. Nierencharakteristik ein, wodurch das Stereobild allein durch Pegeldifferenzen entsteht [Wuttke Stereogrundlagen]. Für XY-Mikrofonierung sind Öffnungswinkel von 90 Grad (mit einem Aufnahmebereich von 180 Grad) oder 120 Grad (mit einem Aufnahmebereich von 120 Grad) gängig [Raffaseder 2002, S. 170].

In der Laufzeitstereofonie kommt die AB-Aufstellung zum Einsatz. Hier werden zwei Mikrofone parallel aufgestellt – üblicherweise im Abstand von ca. 30 Zentimeter bis 60 Zentimeter, bei letzterem mit einem Aufnahmebereich von 118 Grad. Das Stereobild wird rein durch Laufzeit- und Phasenunterschiede gebildet [SchöneTöne Aufnahme]. Bei AB-Mikrofonierung werden meist Mikrofone mit Kugelcharakteristik verwendet, da diese den Schall aus allen Richtungen gleichmäßig aufnehmen und darüber hinaus tieffrequente Anteile besser übertragen [Smyrek 2016, S. 182]. Ein Vertreter der Äquivalenzstereofonie ist die ORTF-Aufstellung. Zwei Kleinmembranmikrofone mit Nierencharakteristik werden im Abstand von 17 Zentimeter in einem Winkel von 110 Grad voneinander weggedreht. Auf diese Weise werden bei der Stereobildung sowohl Pegeldifferenzen als auch Laufzeitunterschiede berücksichtigt. Für die ORTF-Mikrofonierung ergibt sich ein Aufnahmebereich von 96 Grad [Sengpielaudio ORTF].

Als Beispiel für die Trennkörperstereofonie kann das OSS-Verfahren angeführt werden. Difusfeldentzerrte Druckempfänger werden durch eine mit Schaumstoff beklebte Holzscheibe von 30 Zentimeter Durchmesser getrennt, die nach ihrem Erfinder als Jecklin-Scheibe bezeichnet wird. Bei klassischer OSS-Mikrofonierung beträgt der Öffnungswinkel zwischen den Mikrofonen 60 Grad [Friedrich 2008, S. 251].

Die angeführten Stereotechniken können noch um zahlreiche weitere Verfahren ergänzt werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus jedoch auf dem Blumleinverfahren und der Kunstkopftechnik. Sie werden im Folgenden näher beschrieben.

3.1 Blumleintechnik

Am 29. Juni 1903 erblickte Alan Dower Blumlein in London das Licht der Welt. Sein Vater war Bergbauingenieur und stammte ursprünglich aus dem deutschen Teil des Elsass. Im Jahre 1871 wanderte er nach England aus, um dem deutsch-französischen Krieg zu entkommen [Alexander 2013]. Alan D. Blumlein erlangte 1923 seinen College-Abschluss und war ab 1929 als Elektroingenieur bei der Columbia Graphophone Company tätig [Clayden Blumlein HP]. Als er sich Anfang 1931 zusammen mit seiner Frau einen Film im Kino ansah, ärgerte er sich darüber, dass die Stimmen der Schauspieler oft nicht mit ihrer Position auf der Leinwand zusammenpassten. Noch im selben Jahr reagierte er darauf mit der Entwicklung eines Patents (British Patent Specification 394,325), das 70 Ansprüche an die Stereofonie umfasst – inklusive einer speziellen Mikrofonaufstellung, die noch heute weltweit als Blumleintechnik Beachtung findet [Trenholm 2015].

Zwei Mikrofone mit Achtercharakteristik werden in einem Öffnungswinkel von 90 Grad miteinander gekreuzt. Daraus ergeben sich für vorne und hinten gleichgroße Aufnahmebereiche, die rückwärtig jedoch phasengedreht bzw. gespiegelt aufgezeichnet werden [Smyrek 2016 S. 183].

Die Blumleintechnik zählt zu den ältesten Stereoaufnahmetechniken. Sie gehört zwar den Koinzidenzverfahren an, kann aber gegenüber der klassischen XY-Mikrofonierung mit einer sehr guten räumlichen Darstellung punkten. Im Vergleich ist die Aufnahme jedoch oft schwach im Bass. Durch die phasengedrehten Anteile kann die Breite der Stereobasis wiederum erhöht werden. Wichtig bei der Aufstellung ist, dass beide positiven Membranseiten der Mikrofone nach vorne ausgerichtet sind, da es sonst zu unerwünschten Klangfärbungen kommt [Görne 1994. S. 112].



Abbildung 1: Blumleinaufstellung mit zwei gekreuzten Achtermikrofonen (AKG C 414)

In Abschnitt 2.2 wurde angeführt, dass Koinzidenzverfahren nur Pegeldifferenzen berücksichtigen. Sie sind deshalb zwar gut für die Richtungslokalisierung geeignet, bieten aber eine relativ schlechte räumliche Auflösung. Die Begründung, warum letztere bei der Blumlein-technik besser zur Geltung kommt, liegt in der Wahl von Achtermikrofonen. Ausgehend von einer XY-Mikrofonierung mit zwei Nieren wird die Hälfte der diffusen Signalanteile im Grunde als Mono-Signal übertragen, da sich die Nierencharakteristik gleichermaßen aus Kugel und Achter zusammensetzt. Deshalb überlagern die beiden Druckkomponenten der Mikrofone. Da dieser Faktor bei der Achtercharakteristik fehlt, wird eine bessere räumliche Wirkung erzielt [Wuttke Stereo-Theorien].

Betrachtet man nun die nach vorne gerichteten Membrane, so ist die Membran des linken Kanals im zweiten Quadrant nach -45 Grad ausgerichtet und die des rechten Kanals im ersten Quadrant nach +45 Grad. Aufgrund der Richtcharakteristik ergibt sich für diese Winkel die höchste Empfindlichkeit der Mikrofone, wobei idealerweise kein Schall auf das jeweils andere Mikrofon überspricht. Schallereignisse von vorne werden von beiden Mikrofonen gleichmäßig mit niedrigerer Empfindlichkeit aufgenommen. Durch die Pegelunterschiede bezüglich der Membranseiten wird somit das Stereobild gewonnen. Dabei stimmen die

Differenzen im Pegel nur bei Kopfhörerwiedergabe exakt mit denen der Aufnahme überein. Grundsätzlich entsprechen die richtungsbedingten Pegelunterschiede aber im Bereich zwischen -45 Grad und +45 Grad annähernd denen des natürlichen Hörens [Weinzierl et al. 2008, S. 107 f.]. Die gerade beschriebenen Wirkungsweisen der Haupt einsprechrichtung gelten als Folgerung der Richtcharakteristik in gleicher Weise für die rückwärtigen Membranseiten, jedoch mit der bereits erwähnten Phasendrehung.

3.2 Kunstkopftechnik

Bei diesem kopfbezogenen Aufnahmeverfahren werden in ein Kopfmodell, das in seinen Proportionen dem menschlichen Kopf nachempfunden ist, zwei Mikrofone eingesetzt. Sie befinden sich im Kunstkopf demnach im Gehörgang an der Stelle der menschlichen Trommelfelle. Bei Kopfhörerwiedergabe überzeugen Kunstkopfaufnahmen besonders durch Außer-Kopf-Lokalisation [Friedrich 2008, S. 252] und einem bemerkenswert natürlichen Höreindruck – nicht nur für die Ortung aus allen Richtungen, sondern auch für die räumliche Tiefe und die Umgebungseigenschaften [Dickreiter, 2003 S. 158]. Ein erheblicher Nachteil der Kunstkopftechnik ist, dass Schall direkt von vorne und hinten oft nicht eindeutig unterschieden werden kann, da dieser teils die gleichen interauralen Laufzeitunterschiede erzeugt [Weinzierl et al. 2008, S. 589]. Eine mögliche Begründung für das Manko folgt aus der in Kapitel 2.1 beschriebenen Weise der Ortung von Schallereignissen. Dem Kunstkopf fehlt der visuelle Eindruck der Augen, der beim natürlichen Hören normalerweise den empfundenen Höreindruck bestätigt.

Weiterhin sind die unterstützenden Peilbewegungen des Kopfes zur korrekten Lokalisation von Schallereignissen beim Kunstkopfverfahren nicht berücksichtigt.

Der Kunstkopf ist in seiner Bauform nah an einen menschlichen Kopf angeglichen. In diesem Zusammenhang sind vor allem die originalgetreue Nachbildung der Ohrmuscheln und des Ohrkanals zu erwähnen. Dadurch erfolgt eine Annäherung an die natürlichen Klangfarbungen bzw. Richtungsabhängigkeiten des menschlichen Hörens [Webers 1994, S. 216]. In den Ohren des Kunstkopfes sind jeweils Druckempfänger verbaut. Aufgrund der vollständigen Trennung der Mikrofone kann die Kunstkopftechnik der Trennkörperstereofonie zugeordnet werden [Görne 1994, S. 128] und im Sinne des „beidohrigen Hörens“ auch der Binauraltechnik [Smyrek 2016, S. 187]. Der Einsatz von Druckempfängern ist dabei eine logische Konsequenz aus den Funktionsweisen des menschlichen Gehörs. Das Trommelfell funktioniert zusammen mit der Paukenhöhle und den Gehörknöchelchen selbst wie ein Druckempfänger (vgl. Abschnitt 2.1).



Abbildung 2: *Kunstkopf KU 100 von Neumann*

Ein Prototyp des Kunstkopfs wurde erstmals öffentlich von General Electric im Jahr 1933 auf der zweiten Weltausstellung in Chicago präsentiert. Er trug den Namen Oscar und überzeugte bereits durch eine akkurate Ortbarkeit von Schallereignissen über Kopfhörer [Hoffmann 2004]. Nachdem die Kunstkopftechnik in Deutschland durch Ralf Kürer, Georg Plenge und Henning Wilkens weiterentwickelt wurde [Bülow 2013], erzielte sie 1973 ihren großen Durchbruch auf der 29. internationalen Funkausstellung in Berlin [Thalheim 2016]. Am 3. September 1973 feierte dann das erste im deutschen Rundfunk ausgestrahlte Kunstkopfhörspiel „Demolition“ Premiere. Der Science-Fiction-Krimi nach dem Roman „The Demolished Man“ von Alfred Bester sollte die Wirkungsweise der Kunstkopftechnik verdeutlichen und das mit einem sensationellen Erfolg [Bülow 2013; Ellgaard 2010]. Professionelle Kunstkopf-Modelle wurden in den darauffolgenden Jahrzehnten zum Beispiel von der Firma Georg Neumann hergestellt [Green Sonic Kunstkopf].

4 Hörspielproduktion für Kopfhörer

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Entwicklung, Produktion und Postproduktion eines selbst erstellten Hörspiels mit der Blumlein- und Kunstkopftechnik. Aus den Abschnitten 3.1 und 3.2 sind die theoretischen Funktionsweisen der beiden Aufnahmetechniken bereits bekannt. Im Folgenden stehen Überlegungen im Vordergrund, die für die praktische Arbeit mit der Blumlein- und Kunstkopfstereofonie von Bedeutung waren.

4.1 Entwicklung des Hörspiels

Um den Anforderungen beider Aufnahmeverfahren gerecht zu werden, stellte sich zu Beginn der praktischen Arbeit die Frage nach einem geeigneten inhaltlichen Format. Da im Besonderen mit der Kunstkopfstereofonie bereits große Erfolge in Hörspielproduktionen erzielt wurden (vgl. Abschnitt 3.2), lag der Schluss nahe, mit dieser Technik selbst ein Hörspiel für die Kopfhörerwiedergabe zu produzieren. Im Hinblick auf die Erkenntnisse der räumlichen Wahrnehmung (vgl. Abschnitt 2.1) und den akustischen Besonderheiten, die sich für die Kopfhörerwiedergabe ergeben (vgl. Abschnitt 2.3), entstand der Anreiz das Hörspiel zusätzlich zum Kunstkopf gleichzeitig auch mit der Blumleintechnik aufzuzeichnen.

Im Allgemeinen ist das Hörspiel eine rein akustische Kunstform, die ihren Ursprung vor allem in der Aufbereitung von Theaterstücken für das Radio hat. Es werden neben dem traditionellen Hörspiel auch Begriffe des neuen Hörspiels wie Originalton und Kunstkopftechnik verwendet. [Brockhaus 1989, S. 256].

Der Begriff Originalton (O-Ton) meint die Audioaufnahme direkt vor Ort und wird oft in Verbindung mit Radio-Journalismus gebraucht [Hooffacker 2016].

Die Arbeit mit O-Ton-Material eignet sich besonders gut, um die Aufnahmen so realistisch wie möglich zu halten. Freilich war das entwickelte Hörspiel fiktiv und als solches auch dem literarischen klassischen Hörspiel verbunden.

Die Grundsatzentscheidung, das Hörspiel wie eine gespielte Szene zu entwickeln und diese bei der Aufnahme entsprechend mit Schauspielern umzusetzen, macht das Hörspiel im Rahmen dieser Arbeit zu einem O-Ton-Hörspiel. Im Wesentlichen wurde das Drehbuch während der Produktion mehrmals durchgespielt und der Originalton aufgezeichnet.

Damit das Vorhaben im Ganzen gelingen konnte, war es notwendig, die charakteristischen Merkmale der Blumlein- und Kunstkopftechnik bereits in der Dramaturgie des Hörspiels zu berücksichtigen. Begleitend zur Entwicklungsphase des Drehbuchs wurde deshalb mit dem Aufnahme-Equipment experimentiert, um sich mit den Besonderheiten der Technik

vertraut zu machen. Zum Einsatz kamen ein Kunstkopf (KU 100) der Firma Neumann und zwei Mikrofone (C 414) der Firma AKG.¹ Für einen einführenden Versuchsaufbau wurde der Kunstkopf in einem Wohnraum aufgestellt und die Mikrofone dicht davor platziert. Eine anfangs gewählte Stereoschiene ergab jedoch für die Blumleinanordnung einen falschen Öffnungswinkel zwischen den Mikrofonen. Als Alternative wurden beide Mikrofone einzeln auf Stativen zueinander im 90° Winkel überkreuzt. Dieser Versuchsaufbau diente dazu, beginnend vorne im Uhrzeigersinn mehrmals um den Kunstkopf bzw. die Blumleinaufstellung herumzugehen und jeweils seitlich, vorne und hinten Sprechproben aufzuzeichnen. Des Weiteren wurde mit verschiedenen Geräuschen experimentiert, z.B.: Tür schließen, Stuhl verschieben und mit einem Trinkglas am Tisch hantieren.

Durch diese Versuche wurden die Besonderheiten der Aufnahmetechniken vor Augen geführt. Während die Ergebnisse der Kunstkopfaufnahmen auf Anhieb überzeugten und im Ganzen das theoretische Wissen bestätigten konnten, mussten für die Blumleinaufstellung erst einige Denkmuster ausgelotet werden. Dazu zählte der oben angeführte falsche Öffnungswinkel aufgrund der statischen Stereoschiene, aber auch die grundlegend falsche Annahme, dass zwischen den phasenrichtigen und phasengedrehten Anteilen stets eine eindeutige Trennung besteht. In den Versuchen wurde ermittelt, dass diese vorder- und rückseitigen Anteile nur dann eindeutig getrennt waren, wenn während der Aufnahme explizit nur vorderhalb und hinterhalb der Mikrofone agiert wurde. Findet jedoch ein seitliches Schallereignis statt, so überspricht der Schall auch auf die Gegenphasen des jeweils anderen Mikrofons. Dies bringt im Stereobild erhebliche Kammfiltereffekte mit sich, da rückwärtige Anteile seitenverkehrt dargestellt sind und sich mit den phasenrichtigen Signalen überlagern. Speziell überprüft wurden bei der Blumleintechnik also die Auswirkungen phasengedrehter Signalanteile der rückwärtigen Membranseiten. Die Hörereignisse hinterhalb wurden wie vermutet seitenverkehrt dargestellt, jedoch führte ein seitliches Einsprechen nicht zur gänzlichen Seitwärtsortung. Diese wurde nur beim direkten Sprechen in einer der vorderseitigen Membrane erzielt. Der Wechsel zwischen vorne und hinten innerhalb einer Sinneinheit führte unausweichlich zu einem Phasensprung. Auf diesen erheblichen Nachteil ist in Kapitel 6 und 7 vertieft einzugehen. In einem weiteren Versuch wurde eine der positiven Membranseiten in Blumleinaufstellung bewusst nach hinten gerichtet und die Gegenmembran entsprechend nach vorne. Das Ergebnis hatte, wie zu erwarten, unerwünschte Klangfärbungen zur Folge. Für die Kunstkopfaufnahmen ergab sich beim Versuch, seitlich nah am Kopf eingesprochene Aufnahmen zu lokalisieren, tatsächlich eine Ortung direkt am

¹ Auf nähere Details zum Aufnahme-Equipment wird in Abschnitt 4.2 hingewiesen.

linken und rechten Ohr. Besonders eindrücklich gelang dies für geflüsterte Aufnahmen. Die aus den Versuchen gewonnenen Erkenntnisse flossen maßgeblich in die Entwicklung des Hörspiels ein. Des Weiteren sollten die Mikrofone in der Hörspielproduktion, anders als oben beschrieben, nicht voreinander aufgestellt werden, sondern besser dicht übereinander. So lassen sich Interferenzen zwischen den Schallsignalen vermeiden. Die Mikrofone befinden sich, in der für das Richtungshören besonders wichtigen Horizontalebene, am selben Ort.

Wie in Kapitel 3 beschrieben zeichnen sich sowohl die Kunstkopftechnik also auch das Blumleinverfahren durch eine gute Darstellung der Räumlichkeit aus. Um den gewünschten Effekt in der Produktion zu begünstigen, empfahl sich für die Aufnahme ein Ort, der der Handlung realistisch entsprach. So wurde als Aufnahmeraum ein Hörsaal der Ostbayerischen Technischen Hochschule in Amberg gewählt, der durch akustische Optimierung eine gute Sprachverständlichkeit aufweist. Da ein natürlich klingender Raum explizit erwünscht war, wurde auf weitere akustische Maßnahmen verzichtet. Ein als Tonstudio aufwändig optimierter oder gar schalltoter Raum schien für die angestrebte Art von Aufnahme ungeeignet, weil dort praktisch keine natürliche Räumlichkeit vorhanden gewesen wäre. Die Grundsatzentscheidung das Hörspiel als O-Ton-Produktion umzusetzen sollte die Vorteile der Aufnahmetechniken zusätzlich unterstreichen. In Folge des Aufnahmeraums bot sich inhaltlich eine Schulszene im Klassenzimmer an. Schultypische Gegenstände wie Tische, Stühle und Tafel waren im ausgewählten Hörsaal bereits vorhanden. Somit eignete er sich wunderbar als „Klassenzimmer“ für das Hörspiel.

Es entstand eine Schulszene, in der die Schüler einen unangekündigten Englischtest schreiben sollen. Zwei Schülerinnen bemerken das Fehlen eines Mitschülers und beschließen den Beginn des Tests solange hinauszögern, bis der fehlende Schüler Chris eintrifft.

Durch die Ausgestaltung des Drehbuchs mittels Dialoge, typischer Geräusche, und Bewegung sollte im Hinblick auf die räumlichen Vorteile der Aufnahmetechniken das Stereobild des Hörspiels voll ausgeschöpft werden. Das entwickelte Hörspieldrehbuch kann im Anhang eingesehen werden.

4.2 Produktion

Im Folgenden stehen die produktionstechnischen Aspekte des Hörspiels im Vordergrund: Zunächst ist es elementar, das eingesetzte Equipment näher zu betrachten. Für die Audioaufnahmen kamen dieselben Mikrofone zum Einsatz wie bereits während der Testaufnahmen zur Entwicklung des Hörspieldrehbuchs: ein Kunstkopf vom Typ KU 100 der Georg Neumann GmbH sowie zwei C 414 Mikrofone der AKG Acoustics GmbH.

Der KU 100 repräsentiert bereits die dritte Generation von Neumann-Kunstköpfen und konnte gegenüber seinen Vorgängern noch präziser an das natürliche Hören angenähert werden. Er wird deshalb häufig zur Aufnahme von Hörspielen und für Bühnendarbietungen eingesetzt. Dieser Kunstkopf besitzt einen auf linear, 40 Hertz oder 150 Hertz schaltbaren Hochpassfilter sowie die Möglichkeit, die Empfindlichkeit der Mikrofone um 10 Dezibel zu dämpfen. Die jeweils am Ende des Ohrkanals verbauten Druckempfänger vom Typ KM83 [Weinzierl et al. 2008, S. 587] sind diffusfeldentzerrt und übertragen den kompletten hörbaren Frequenzbereich von 20 Hertz bis 20 Kilohertz. Die Abmessungen des KU 100 wurden dem menschlichen Kopf nachempfunden und speziell hinsichtlich einer korrekten Ohrkoordination konstruiert [Neumann KU 100].

In den vorausgegangenen Testaufnahmen hatte der Kunstkopf keinen störenden Trittschall aufgezeichnet. Mit der linearen Stellung für den schaltbaren Hochpassfilter war damit ein möglichst natürliches Aufnahmegergebnis zu erwarten. Auf eine Dämpfung der Empfindlichkeit wurde während der Hörspieldrehbuchaufnahmen verzichtet.

Die C 414 B-ULS Doppelmembran-Mikrofone arbeiten nach dem Druckgradientenprinzip und können so flexibel auf verschiedene Richtcharakteristiken eingestellt werden. Zur Reduzierung von Trittschall können Hochpassfilter mit Grenzfrequenzen von 75 Hertz oder 150 Hertz gewählt werden, deren Bassabschwächung etwa 12 Dezibel pro Oktave beträgt. Eine Dämpfung der generellen Aufnahme-Empfindlichkeit ist um 10 Dezibel oder 20 Dezibel möglich. Die Mikrofone vom Typ C 414 übertragen den kompletten Hörfrequenzbereich und erzielen einen Dynamikumfang von ca. 125 Dezibel [AKG C 414].

Schon während der vorbereitenden Tests fiel auf, dass diese Mikrofone im Vergleich zum verwendeten Kunstkopf viel unerwünschten Trittschall aufgezeichnet hatten. Für die Hörspieldrehbuchaufnahmen wurde der Hochpassfilter auf 75 Hertz gesetzt, da störende Schallanteile unterhalb von 80 Hertz zu vermuten waren.² Die Aufnahme-Empfindlichkeit wurde nicht

² Auf die Auswirkung dieser Entscheidung ist zu einem späteren Zeitpunkt genauer einzugehen.

heruntergesetzt. Um das Blumleinverfahren anwenden zu können, mussten die Mikrofone freilich noch auf Achtercharakteristik eingestellt werden. Die Mikrofone waren in einem Öffnungswinkel von 90 Grad zu kreuzen. Die jeweils positiven Membranseiten mussten dabei stets nach vorne zeigen.



Abbildung 3: Blumleinanordnung mit 90 Grad Öffnungswinkel

Die Signalführung erfolgte sowohl für die beschriebenen Mikrofone als auch für den Kunstkopf symmetrisch über hochwertige XLR-Kabel. Eine ausreichende Stromversorgung wurde durch 48 Volt Phantomspeisung sichergestellt. Die Aufnahmen erfolgten mittels eines Apple MacBook Pro mit einem Logic Pro X System. Zur Vorverstärkung der Signale und als digitale Schnittstelle überzeugte das Fireface UFX Audiointerface der RME Audio AG. Zum Abhören der Signale bzw. Testhören der Rohaufnahmen kam ein hochwertiger AKG K 271 Studio-Kopfhörer zum Einsatz. Er zeichnet sich durch seine geschlossene Bauform und hinsichtlich seiner natürlichen Klangwiedergabe aus [AKG K 271]. Dieser wurde im Weiteren auch für die Postproduktion herangezogen und während der Hörversuche im Rahmen der Probandenbefragungen verwendet.



Abbildung 4: Regiebereich mit Aufnahme-Equipment

Die Hörspielaufnahmen fanden an zwei Produktionstagen an der Ostbayerischen Technischen Hochschule in Amberg statt. Der erste Tag diente vorrangig der technischen und dramaturgischen Vorbereitung des Aufnahmerraums und Equipments. Weiterhin wurden Testaufnahmen angefertigt, um die geplanten Positionen und Routen der Charaktere im Hörspiel speziell auf den Raum abzustimmen. Ziel war es, die räumlichen Möglichkeiten effizient zur klanglichen Gestaltung des Hörspiels zu nutzen und dabei die Besonderheiten der Blumlein- und Kunstkopftechnik auszuloten.

Um die gewünschten Effekte zu erzielen, war die Hörspielproduktion jedoch an eine zusätzliche Anforderung geknüpft. Alle Dialoge und Geräusche mussten im selben Raum produziert und aufgenommen werden. Nachträgliches Einfügen von Geräuschen und Dialogen aus anderen Umgebungen hätten für den Hörenden insbesondere der Kunstkopfaufnahmen einen unnatürlichen Höreindruck zur Folge. Einerseits würden bei externen Audiokomponenten die HRTFs nicht berücksichtigt, sofern diese nicht alle mit einem Kunstkopf aufgenommen wurden. Andererseits führen monofon aufgezeichnete Stimmen und Geräusche zur Im-Kopf-Lokalisation.

Aufnahmen, die mittels Verfahren der Lautsprecherstereofonie produziert wurden, erzielen bei der Kopfhörerwiedergabe den gleichen IKL-Effekt (vgl. Abschnitt 2.3). Umgekehrt erzeugt kopfbezügliches Audiomaterial in einer raumbezüglichen Aufnahme einen ähnlich irritierenden Höreindruck. Fremdmaterial im Allgemeinen, das nachträglich in die Aufnahme integriert wird, hätte für beide Aufnahmen eine fatale Verfälschung des Raumeindrucks zur Folge, da die entsprechenden Bedingungen des Aufnahmerraums fehlen. Da in dieser Arbeit ein natürlicher Raumklang ausdrücklich erwünscht war, wurde infolgedessen die Produktion der Dialoge und Geräusche sorgfältig geplant und am Hauptaufnahmetag aufwendig umgesetzt. Audiomaterial, das nicht innerhalb des „Klassenzimmers“ produziert werden konnte, wurde im Voraus aufbereitet und während der Aufnahme an den entsprechenden Stellen abgespielt und zusammen mit den live gespielten Inhalten aufgezeichnet. Dieses Vorgehen wurde für den Schulgong, das Handyklingeln und insbesondere für die Listening-CD praktiziert. Der Offtext wurde entsprechend vorher aufgezeichnet und während der Aufnahme realistisch mittels CD-Player abgespielt.

Das Drehbuch wurde für die Aufnahme in kleinere Sinnabschnitte unterteilt und von Schauspielern mehrfach hintereinander live eingespielt. Der Kunstkopf und die Mikrofone in Blumleinlaufstellung wurden mittig zentral im „Klassenzimmer“ positioniert.



Abbildung 5: Aufnahmeraum während der Hörspielproduktion

Die unten stehende Skizze zeigt exemplarisch, wie die Inhalte des Drehbuchs auf den Aufnahmeraum übertragen und durch das Spielen der Szene zum Leben erweckt wurden. In der abgebildeten Ablaufskizze wird die Stelle im Hörspiel aufgezeigt, als Nina im Gespräch mit Herrn Neumeier darum bittet, ein Fenster öffnen zu dürfen. Sie geht von ihrem Platz zum Fenster und öffnet dieses. Anschließend geht sie an ihrem Mitschüler Tobi vorbei. Dabei wirft sie absichtlich Tobis Stifte auf den Boden, um mehr Zeit zu gewinnen. Nina bekommt von Tobi etwas zu trinken angeboten. Nachdem sie einen großzügigen Schluck aus der Flasche genommen hat, geht sie zurück auf ihren Platz.

Zusätzlich zum Hörspiel wurden während der Produktion auch weitere Geräusche und Situationen aufgezeichnet, um sie in der Postproduktion als Atmo zu verwenden.

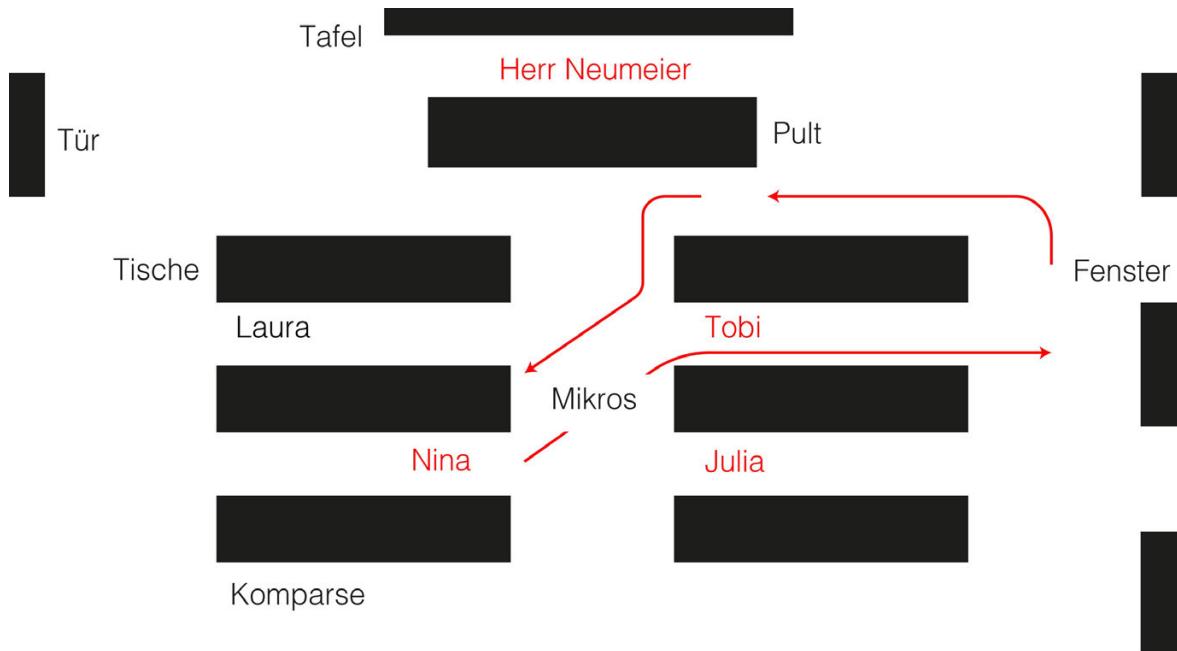


Abbildung 6: Skizze zur Visualisierung der Umsetzung des Drehbuchs

4.3 Postproduktion

Dieser Teilabschnitt befasst sich mit dem Schnitt und der Nachbearbeitung des produzierten Tonmaterials. Es sei in diesem Zusammenhang ausdrücklich auf das Bestreben hingewiesen, die Wirkungsweisen der verwendeten Aufnahmetechniken im Hörspiel möglichst unverfälscht darzustellen. In Hinblick auf den Vergleich zwischen der Blumlein- und Kunstkopfversion des Hörspiels wurde im Rahmen der durchgeführten Postproduktion weitgehend auf eine destruktive Bearbeitung der einzelnen Audiofiles verzichtet. Lediglich essenzielle Stellen, die ohne Korrekturen einen störenden Einfluss auf die dramaturgische Umsetzung des Hörspiels ausgeübt hätten, wurden entsprechend angepasst. In Kapitel 7 sind einige weiterführende Aspekte beschrieben, die im Rahmen dieser Arbeit nicht vorrangig behandelt wurden, aber hinsichtlich einer weitreichenderen Postproduktion beachtet werden sollten.

Nun sind die zentralen Arbeitsschritte zur Postproduktion des Hörspiels „Die Zeit läuft“ vorzustellen. Zur Verwendung kam dabei ausschließlich Material, das tatsächlich während des Recordings im Aufnahmeraum aufgezeichnet wurde (vgl. Abschnitt 4.2).

Die Postproduktion begann mit dem sorgfältigen Hören des gesamten Audiomaterials und dem Vergleich der vorhandenen Produktionsnotizen hinsichtlich der besten Takes. Auf dieser Grundlage konnte anschließend der Rohschnitt erstellt werden. Dazu wurde ein separates Logic Pro X Projekt erstellt, das bezüglich der Projekteinstellungen an die Werte des Aufnahmeprojekts angeglichen wurde. Die Projektdatei der Produktion sollte im Weiteren als Materialarchiv dienen, da dort alle zur Verfügung stehenden Audiodateien bereits vor sortiert und abrufbar waren. Im neu erstellten Projekt wurden zunächst vier Audiospuren angelegt. Wenn im weiteren Verlauf dieses Kapitels von Spuren gesprochen wird, sind jeweils zwei Audiospuren für die Blumlein- und Kunstkopfaufnahmen gemeint. Die synchrone Bearbeitung von je vier Audiospuren pro Take (jeweils zwei linke und rechte Kanäle) war im Allgemeinen notwendig, damit die Hörspielversionen am Ende den gleichen Schnitt aufwiesen und so besser hinsichtlich ihrer Unterschiede in der Aufnahmetechnik verglichen werden konnten. Zur besseren optischen Trennung wurden neu angelegte Spuren mit Kunstkopfaufnahmen gelb markiert und Spuren mit Blumleinaufnahmen erhielten eine blaue Markierung. Das aufgezeichnete Material lag bereits in Stereo vor. Deshalb war für eine korrekte Wiedergabe sicherzustellen, dass die jeweils linken und rechten Spuren der Aufnahmeverfahren mittels Panoramaeinstellung vollständig in den entsprechenden Kanal gedreht und die Blumlein- und Kunstkopfversionen getrennt gehört wurden.

Eine Vermischung der Techniken hätte aufgrund der raum- und kopfbezüglichen Methode erhebliche Verfälschungen des Klangs und der Raumwirkung mit sich gebracht, die es in jedem Fall zu vermeiden galt.

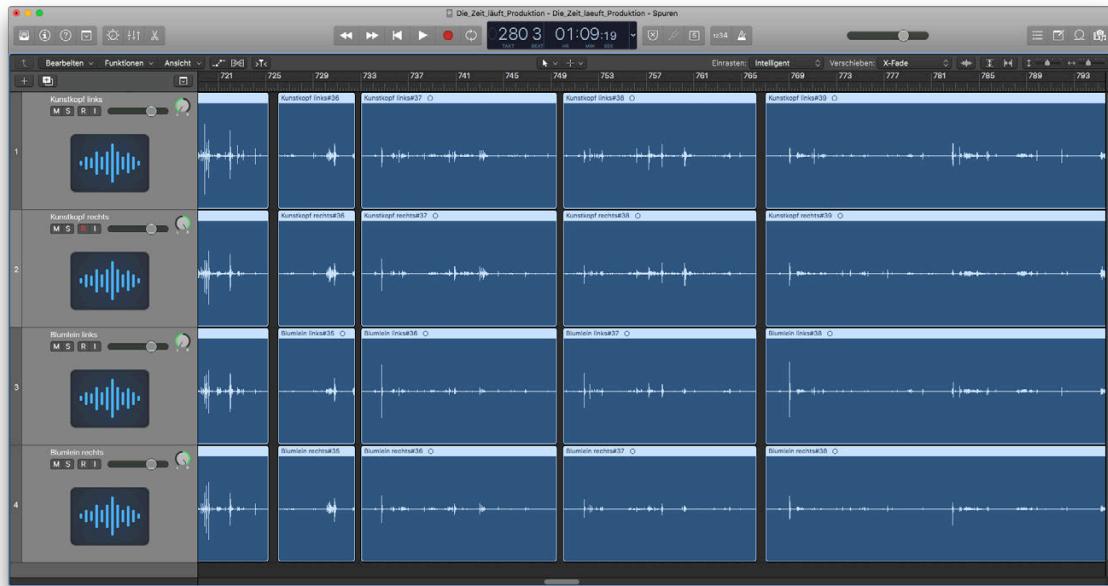


Abbildung 7: Apple Logic Pro X Projektdatei der Produktion als Aufnahmearchiv

Die besten Takes der verschiedenen Aufnahmen wurden nacheinander in die vier Hauptspuren eingefügt und an geeigneten Stellen durch Crossfades so ineinander überblendet, dass die Schnitte dabei unhörbar wurden. Zur Auswahl der Takes wurde vorrangig die dramaturgische Umsetzung berücksichtigt. Der Rohschnitt wies somit bereits die vollständige Handlung des Hörspiels auf. Eine weitere schrittweise Verfeinerung brachte das Ersetzen von ausgewählten Stellen des Hörspiels durch alternative Takes. Es war darauf zu achten, jeweils die gleichen Takes für beide Versionen als Referenz heranzuziehen. Die beiden Hörspielvarianten wurden stets im Wechsel gehört, um problematische Stellen gleichmäßig in den verschiedenen Aufnahmen identifizieren zu können. Anpassungen in der Blumleinversion hatten unweigerlich die gleichen Änderungen für die Kunstkopfaufnahmen zur Folge und umgekehrt. Für die ersetzen Dateien wurden jeweils eigene Spuren angelegt. Die dort platzierten Aufnahmen wurden anschließend entsprechend ein- und ausgefaded, um hörbare Schnitte zu vermeiden. Im Besonderen dort, wo Geräusche störend mit Dialogen überlagert waren, wurden gezielt Teile anderer Takes verwendet. Auf diese Weise gelang es Maskierungseffekte zu reduzieren und die Sprachverständlichkeit zu erhöhen.

In einigen Fällen stieß diese Vorgehensweise jedoch an ihre Grenzen. Insbesondere Dialoge waren innerhalb eines Sinnabschnitts relativ schwer durch andere Takes zu ersetzen. So kam es in Ausnahmefällen dazu, dass nur ein bestimmter Take für die Verwendung im Hörspiel in Frage kam, der jedoch während des Dialogs durch störende Geräusche überlagert wurde. Exemplarisch für diesen Fall wird nun ein Vorgehen zur Entfernung partiell auftretender Störgeräusche beschrieben.

Zunächst müssen die betreffenden Audiodateien lokalisiert und extrahiert werden. Betrachtet man im Anschluss die Dateien in der spektralen Ansicht des Programms Adobe Audition, so besteht dort die Möglichkeit einer auditiven Bereichsreparatur, ähnlich der Retusche in einer Bildbearbeitungs-Software. Es sei an dieser Stelle aber darauf hingewiesen, dass die Entfernung bei periodischen Signalen (z.B. ein sinusförmiger Pfeifton) am besten funktioniert, da dort der betroffene Frequenzbereich klar begrenzt ist. Für Störgeräusche mit breitem Spektrum können zumindest die eindeutigsten Frequenzen „retuschiert“ werden. Entsprechend der Abbildungen wurde der Bereichsreparaturpinsel gewählt und damit die relevanten Stellen im Spektrogramm markiert. Das Audiobearbeitungsprogramm Adobe Audition berechnet daraufhin automatisch die besagte Bereichsreparatur. Nach entsprechender Durchführung für alle vier Audiodateien mussten die bearbeiteten Dateien abgespeichert und wieder nach Logic Pro X importiert und abschließend noch durch die aufbereiteten Dateien ersetzt werden.

Wie oben bereits aufgeführt war bei der Bereichsreparatur in diesem Fall nicht mit einer vollständigen Entfernung aller Bestandteile der störenden Geräusche zu rechnen, da die betroffenen Trägerfrequenzen auch erwünschte Signalinformationen enthielten, die nicht zu entfernen waren. Jedoch wurden die übrigen Anteile des Störsignals durch den gezielten Einsatz von Atmo maskiert und entsprechend reduziert.



Abbildung 8: Bereichsreparatur in Adobe Audition CC18, Audiodatei bei Cursor unbearbeitet

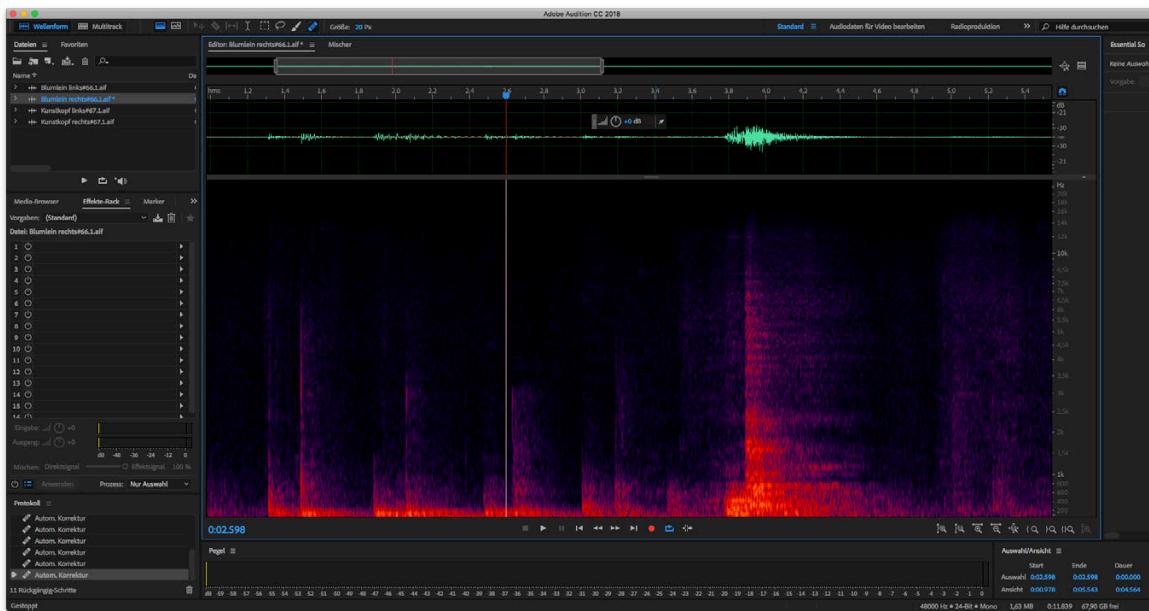


Abbildung 9: Bereichsreparatur in Adobe Audition CC18, Audiodatei bei Cursor bearbeitet

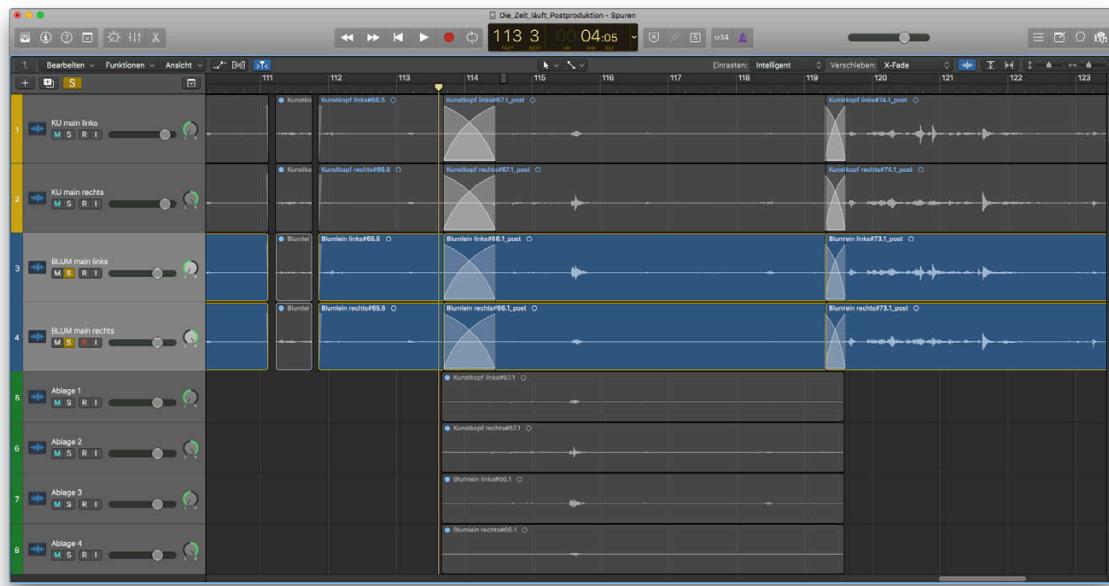


Abbildung 10: Ersetzen der bearbeiteten Dateien in Apple Logic Pro X

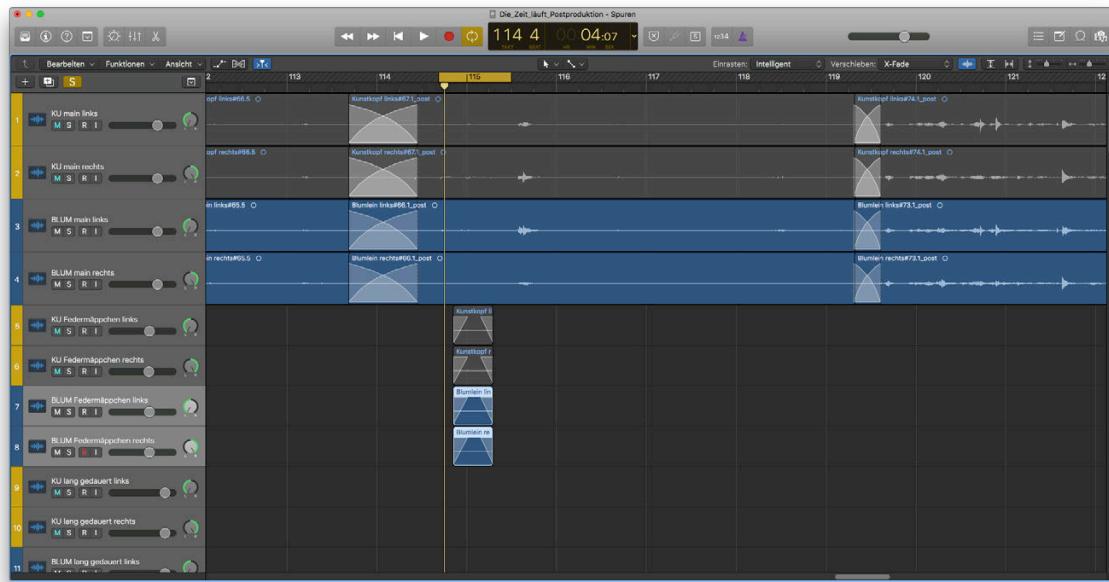


Abbildung 11: Überlagern störender Geräusche mit Atmo in Apple Logic Pro X

Um Fades und Cuts zu kaschieren, empfiehlt sich im Allgemeinen in die entsprechenden Übergangsbereiche eine gesonderte Atmo zu integrieren. Diesbezüglich hatte sich das Vorgehen bewährt, die Atmo-Spuren bereits vor den zu verbergenden Übergängen einzufadern und erst einige Zeit nach dem jeweiligen Cut wieder langsam auszufadern. Somit konnten fließende Wechsel zwischen den Spuren stattfinden, ohne dass sie künstlich arrangiert wirkten. Das Arrangement ergab ein einheitliches Klangbild, das sowohl für die Blumlein- als auch für die Kunstkopfaufnahmen eine Zusammenhänge Szene generierte. Um den Workflow mit über 100 Einzelspuren zu erleichtern, waren diese je nach Zugehörigkeit einer Subgruppe für die jeweilige Hörspielversion innerhalb der DAW zugeordnet. Durch „Solo schalten“ des jeweiligen BUS-Kanals wurde entsprechend die Blumlein- oder Kunstkopfaufnahme zum Abhören ausgewählt. Im Stereo-Out-Kanal war auf eine strikte Trennung der Versionen zu achten, da dort alle Spuren zu einem Master-Signal zusammengeführt wurden. Nachdem der finale Schnitt fertiggestellt war, konnten die einzelnen Spuren gemischt und in ihren Lautstärken miteinander abgestimmt werden. Ausgewählte Geräusche wie das Öffnen des Fensters oder das Herunterstoßen der Stifte wurden durch Aufnahmen anderer Takes gedoppelt, um sie eindeutiger hervorzuheben. Im Speziellen die Dialoge der Schülerinnen Nina und Julia sowie das Gespräch zwischen dem Lehrer Herrn Neumeier und dem anfangs fehlenden Schüler Chris wurden durch Lautstärkenautomation weiter im Pegel angehoben. Dadurch sollte die Sprachverständlichkeit in den Schlüsselsequenzen des Hörspiels gesteigert werden. Die Angleichung der Lautstärken zwischen den einzelnen Takes und Spuren erfolgte weitgehend in Abhängigkeit der jeweils anderen Hörspielversion. An speziellen Stellen musste jedoch mit unterschiedlichen Mischungsverhältnissen gearbeitet werden, da aufnahmebedingt einige Hintergrundgeräusche unterschiedlich schwer ins Gewicht fielen. Immer aber war zu gewährleisten, dass sich die Blumlein- und Kunstkopfaufnahmen im finalen Mix so weit wie möglich nur durch die Art der Aufnahmetechnik unterschieden. Für das Mastering wurde jeweils ein Limiter in den BUS-Kanal der Subgruppe integriert und durch diesen die Gesamtlautheit für beide Hörspielversionen auf jeweils -30,4 Lautheitseinheiten eingestellt. Um keinen mindernden Einfluss auf die Dynamik der Aufnahmen zu nehmen, war es wichtig, auf eine Limiter-Kompressionsrate von 1:1 zu achten.

Die Signale sollten also bis zum gewählten Höchstpegel unkomprimiert weitergeleitet werden und ab -3 Dezibel keine höheren Pegel mehr annehmen. Abschließend konnten die Hörspiele exportiert und abgespeichert werden. Für den finalen Mixdown der jeweiligen Version wurde die entsprechende Subgruppe „Solo geschaltet“.

Zusammenfassend wurden im Rahmen der Postproduktion zwei Hörspielversionen erstellt, die den gleichen Schnitt aufweisen und in ihrer Mischung weitgehend aneinander angeglichen wurden. Somit unterschieden sie sich quasi nur durch die verwendete Aufnahmetechnik. Während der Postproduktion wurde bis auf wenige Ausnahmen nicht-destructiv gearbeitet und ausschließlich Audiomaterial verwendet, das aus der Produktion im „Klassenzimmer“ stammt. Das Hörspiel „Die Zeit läuft“ eignet folglich gut für einen Vergleich der Blumlein- und Kunstkopftechnik. Mit diesem befassen sich die folgenden Kapitel. Die entsprechenden Hörspielversionen liegen der Arbeit auf dem Datenträger bei.



Abbildung 12: Hörspiel Mixer-Fenster in Apple Logic Pro X, Subgruppe für Kunstkopf solo

5 Hörspielproduktion für Kopfhörer im Praxistest

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die produzierten Hörspielversionen hinsichtlich ihrer dramaturgisch auditiven Umsetzung in Bezug auf die Wiedergabe über Kopfhörer untersucht. Der Praxistest beider Hörspielversionen wurde durch Probandenbefragungen mit Hörversuchen durchgeführt. Dafür wurde ein Fragebogen entwickelt, der als Instrument für die Befragungen diente. Er bot den Probanden die Möglichkeit, sich je nach dem eigenen Höreindruck zu positionieren. Zum einen wurden verschiedene Pole gegenübergestellt, an die sich die Befragten entsprechend des individuellen Höreindrucks annähern sollten. Des Weiteren wurde den Probanden durch beispielhafte Skizzen die Möglichkeit geschaffen, ihrem Höreindruck zufolge bestimmte Positionen im Klangbild zu markieren.

Weiterhin beinhaltet der Fragebogen verschiedene Aussagen, zu denen der Zustimmungsgrad auf einer mehrstufigen Skala angegeben werden sollte. Diesbezüglich wurde in Betracht gezogen hierfür ausschließlich eine geradstufige Skala anzubieten. Da der zu bewertende Höreindruck für jeden Probanden jedoch individuell verschieden ausfallen kann und die Bewertung der Räumlichkeit ein erhebliches Maß an Subjektivität voraussetzt, wurde von dieser Überlegung abgesehen. Durch ungerade Abstufungen besteht zudem die Möglichkeit, sich entsprechend des eigenen Höreindrucks auch neutral einordnen zu können. Weiterhin wurde für die Teilaufgaben 2/4 bis 4/4. die Möglichkeit geschaffen, den eigenen Höreindruck in Form frei formulierter Antworten zu ergänzen. Die Befragung erfolgte für jeweils eine der beiden Hörspielversionen. Da der Fragebogen hinsichtlich seines Aufbaus für beide Versionen gleich gehalten wurde, konnte durch die jeweilige Position auf den Skalen eine Tendenz bezüglich des Vergleichs der Aufnahmetechniken abgeleitet werden. Der entwickelte Fragebogen kann im Anhang dieser Arbeit eingesehen werden.

5.1 Probandenbefragungen mit Hörversuchen

Bevor die Befragungen zum Vergleich der Blumlein- und Kunstkopftechnik anhand des selbst erstellten Hörspiels „Die Zeit läuft“ stattfinden konnten, waren einige organisatorische Überlegungen durchzuführen:

Durch die Hörversuche sollte getestet werden, welche der beiden Techniken sich in der auditiven Umsetzung für die Kopfhörerwiedergabe überzeugender darstellt. Anfangs lag somit der Schluss nahe, den Probanden nacheinander beide Versionen des Hörspiels vorzuspielen und diese miteinander vergleichen zu lassen. Für diesen Ansatz sprach die Möglichkeit, die Befragten direkt auf die Unterschiede beider Versionen eingehen zu lassen und aufgrund deren Angaben zu bestimmen, welche der beiden Techniken sich überzeugender darstellt.

Ein gravierender Nachteil ist, dass die beiden Hörspielversionen grundsätzlich den gleichen Inhalt übermitteln, da die Aufnahmen in derselben Situation jeweils gleichzeitig für beide Techniken angefertigt wurden. Sie unterscheiden sich nur durch die Aufnahmetechnik, eben um einen aussagekräftigen Vergleich zu ermöglichen. Dies führt jedoch unweigerlich dazu, dass die Hörenden das Hörspiel bei der zweiten Variante bereits kennen und dazu sensibilisiert sind, bewusst auf Unterschiede zu achten. Zumal die Aufnahmen tatsächlich eindrückliche Unterschiede aufweisen.

Je nachdem, welche Version des Hörspiels den Probanden während der Befragung zuerst vorgespielt wird, würden bestimmte Details in den Vordergrund gerückt, die den Gesamteindruck im Hinblick auf die jeweils andere Version überdecken.

Darüber hinaus müssen die in Abschnitt 2.3 genannten Besonderheiten beachtet werden, die sich durch die Kopfhörerwiedergabe ergeben. Insbesondere die Im-Kopf-Lokalisation spielt hierfür eine wichtige Rolle, da die Blumleintechnik als Koinzidenzverfahren zur Intensitäts- und somit zur „Lautsprecherstereofonie“ zählt. Folglich findet die auditive Darbietung im Bereich zwischen den Ohren statt, während sich das Klangbild des Kunstkopfs um die Ohren herum erstreckt. Außerdem wird bei kopfbezogenen Aufnahmen durch die Einbeziehung der Außenohrübertragungsfunktionen der mögliche Druck auf den Ohren vermieden. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass im direkten Vergleich die Kunstkopfaufnahme unbewusst von vornherein als angenehmer und überzeugender bewertet werden würde. Vom Ansatz, den Probanden beide Versionen vorzuspielen, wurde nicht zuletzt wegen des hohen Aufwands der einzelnen Befragung Abstand genommen. Um für alle Teilnehmer/innen gleiche Bedingungen zu schaffen, wurde der Hörversuch als Präsenztest angesetzt. Das bedeutet, dass die Befragungen nicht online stattfinden sollten, sondern als persönlicher Befragungstermin mit jeweils demselben Equipment.

Bei einer einfachen Länge des Hörspiels von 4,5 Minuten ergibt sich für jeden Probanden ein Zeitaufwand von mindestens 20 Minuten: Nach einer kurzen Einführung und dem ersten Anhören erfolgt ein zweiter Hörvorgang, um eine differenzierte und angemessene Bearbeitung der komplexen Aufgaben zu gewährleisten. Für die Bearbeitung des Fragebogens wurden rund 10 Minuten veranschlagt. Würde man nun auch noch die zweite Version des Hörspiels unter gleichen Bedingungen einbeziehen, müssten weitere 20 Minuten dazugerechnet werden. Ferner hätten die Probanden dann pro Hörspielversion einen Fragebogen zu bearbeiten. Andernfalls hätte der Fragebogen bereits vergleichende Fragestellungen berücksichtigen müssen, die einen erheblichen Einfluss auf die Komplexität der Befragung ausübt hätten. Dies übersteigt den Rahmen eines Präsenztests.

Aufgrund der genannten Argumente wurde für die Probandenbefragung das A/B-Testing mit 40 Teilnehmer/innen festgelegt – 20 Probanden pro Version. Bei diesem Testverfahren erhalten beide Gruppen den gleichen Inhalt in zwei unterschiedlich aufbereiteten Darstellungsweisen, um später zu überprüfen welche von beiden sich besser eignet.

Übertragen auf die Hörspielsituation konnte das A/B-Testing ideal umgesetzt werden. In der Befragung wurde Gruppe A die Kunstkopfaufnahme vorgespielt, während Gruppe B die Blumleinaufnahme hörte.



Abbildung 13: Probandenbefragung mit Hörversuch und Fragebogen

Zu Beginn der einzelnen Befragungen wurde den Probanden jeweils mitgeteilt, dass sie nun ein selbst erstelltes Hörspiel über den Kopfhörer hören werden und in diesem Zusammenhang ihr Höreindruck von Bedeutung sei: Wie wird das Hörspiel über den Kopfhörer wahrgenommen? Um für alle Teilnehmer/innen gleiche Bedingungen zu schaffen, bekamen sie für die Befragung denselben AKG K 271 Studio-Kopfhörer und hörten das Hörspiel mit gleicher Lautstärke. Im Anschluss an das erstmalige Hören erhielten die Probanden den Fragebogen mit der Bitte, sich mit den Fragestellungen vertraut zu machen.

Danach hörten sie dieselbe Version des Hörspiels erneut. Während des zweiten Durchgangs und/oder danach hatten die Probanden Gelegenheit den Fragebogen entsprechend ihres Hörempfindens zu bearbeiten. Alle Befragten wurden im Vorfeld darüber aufgeklärt, dass es bei der Beantwortung der Fragen nicht um richtig oder falsch gehe, sondern ausdrücklich um den jeweiligen individuellen Höreindruck. Um welche Version des Hörspiels es sich bei den einzelnen Hörversuchen handelte, wurde den Probanden nicht mitgeteilt. Sie erfuhren lediglich durch eine entsprechende Formulierung auf den Fragebögen, dass der Hörversuch im Rahmen einer Bachelorarbeit zum Vergleich der Blumlein- und Kunstkopftechnik für die Wiedergabe über Kopfhörer stattfand und die zentralen Ergebnisse der Probandenbefragung in der Arbeit vorgestellt werden sollen.

Ein Großteil der Teilnehmer/innen bezog nach Fertigstellung der Befragung nochmals mit eigenen Worten Stellung zum Hörversuch. Dieses Feedback wird zusammen mit den Ergebnissen der Befragungen in Abschnitt 6.1 vorgestellt.

6 Auswertung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Auswertung der Probandenbefragungen. In Abschnitt 6.2 sind entsprechende Schlussfolgerungen zu ziehen.

6.1 Auswertung der Probandenbefragungen

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 40 Probanden durch einen Hörversuch zu ihrem Höreindruck des Hörspiels „Die Zeit läuft“ befragt. An den Befragungen nahmen 17 männliche und 23 weibliche Probanden im Alter von 7 Jahren bis 56 Jahren teil. Für die Durchführung der Befragungen waren die Probanden jeweils zwei gleichgroßen Gruppen zugeordnet. Gruppe A wurde zum Kunstkopfhörspiel und Gruppe B zur Blumleinversion befragt. Der zu bearbeitende Fragebogen war für beide Gruppen jeweils gleich gestaltet. Ausgewertet wurden die Fragebögen mittels Microsoft Excel.

Da die bearbeiteten Fragebögen in Papierform vorlagen, mussten die Angaben in eine entsprechende Excel-Tabelle übertragen werden. Dafür wurden die verschiedenen Antwortmöglichkeiten jeweils in Ziffern kodiert und Freitextantworten separat notiert. Die Angaben wurden im Anschluss hinsichtlich ihrer Häufigkeit ausgewertet und die Ergebnisse für beide Hörspielversionen gegenübergestellt.

Abbildung 14: Auswertung der Fragebögen in Microsoft Excel 2016 für Mac

In Teilaufgabe 1/4 wurden je zwei Aussagen zum Höreindruck gegenübergestellt. Die Probanden sollten sich jeweils einem der Pole auf einer sechsstufigen Skala annähern.

Für die Gegenüberstellung der Pole „Ich höre durch ein Fenster in den Raum“ (Stufe 1) und „Ich befindet mich direkt im Raum“ (Stufe 6) näherten sich alle Probanden der Gruppe A dem zweiten Pol auf Stufe 5 und 6 an. Die Befragten der Gruppe B ordneten sich ebenfalls überwiegend diesen Stufen zu. Lediglich zwei Befragte positionierten sich weiter im Mittelfeld zwischen den Polen. Weiterhin standen sich „Ich empfinde mich als Teil der Handlung.“ auf Stufe 1 und „Ich empfinde mich als Zuhörer/in“ auf Stufe 6 gegenüber. Rund drei Viertel der Befragten in Gruppe A und B empfanden sich eher als Teil der Handlung. Jeweils 2 Probanden empfanden sich in der jeweiligen Version des Hörspiels vollkommen als zuhörend. Für die Gegenüberstellung der Pole „Ich höre die Szene aus Distanz“ (Stufe 1) und „Ich höre die Szene hautnah“ (Stufe 6) ordneten sich 14 der Befragten in Gruppe A auf Stufe 6 ein. Die restlichen Probanden wählten Stufe 5. Insgesamt 15 der Befragten von Gruppe B gaben ebenfalls an, die Szene hautnah auf Stufe 6 oder 5 wahrzunehmen. Keiner der insgesamt 40 Probanden in Gruppe A und B hörte die Szene aus Distanz.

In Teilaufgabe 2/4 waren in einer Skizze diejenigen Positionen zu markieren, an denen die betreffenden Personen im Hörspiel geortet wurden. Nachfolgendes Diagramm zeigt die Ergebnisse auf die Frage, wo der Lehrer im Hörspiel am meisten wahrgenommen wurde:

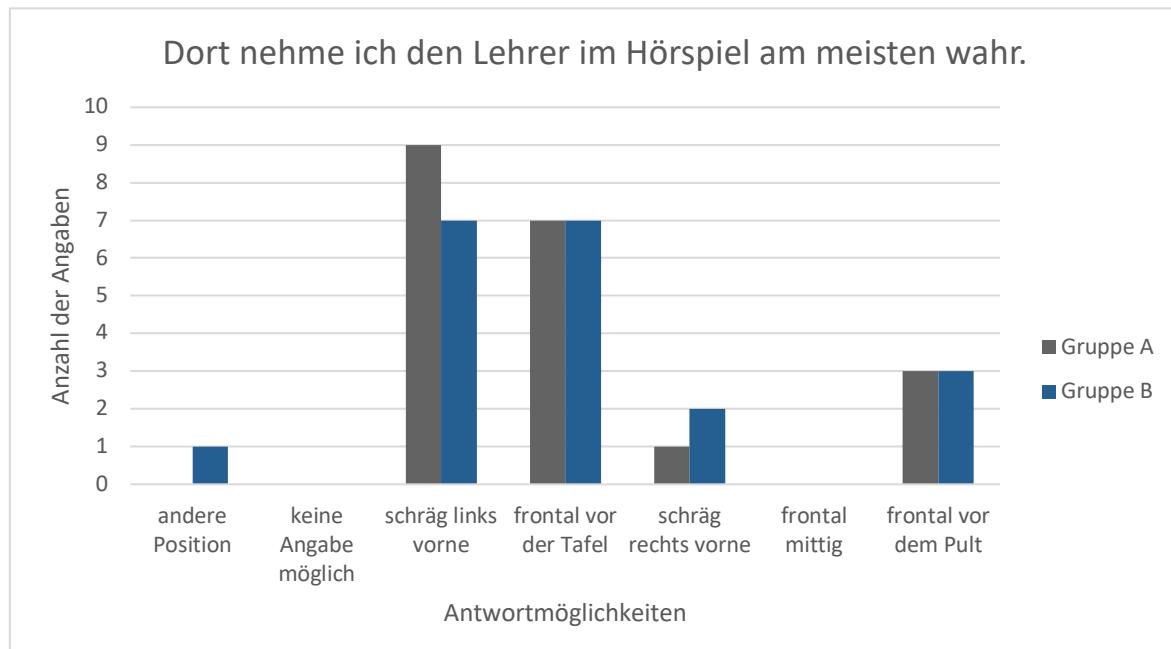


Abbildung 15: Visualisierung der Ergebnisse zu Aufgabe 2/4, Lehrer

Die Auswertung zeigt, dass der Lehrer meistens schräg links vorne (9 Angaben aus Gruppe A und 7 Angaben aus Gruppe B) oder frontal vor der Tafel (jeweils 7 Angaben) geortet wurde. Für die Frage, wo der anfangs fehlende Schüler Chris am Ende des Hörspiels auf seinem Platz sitzt und sich unterhält, waren bedingt durch die Aufnahmetechnik unterschiedliche Antworten beider Gruppen zu erwarten.

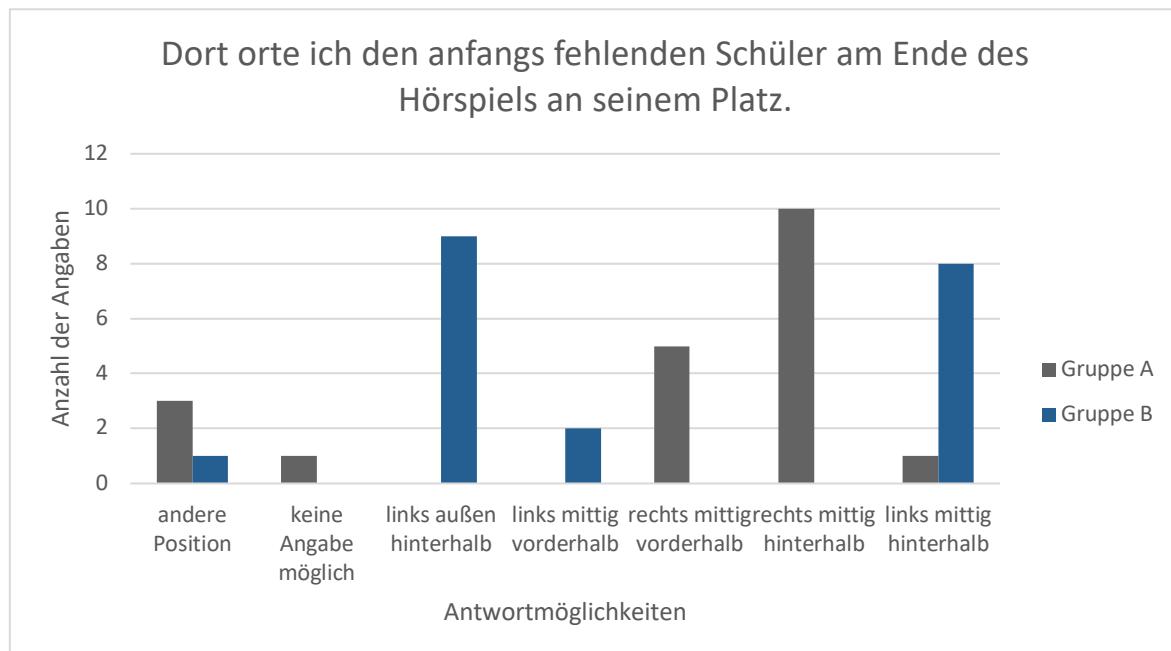


Abbildung 16: Visualisierung der Ergebnisse zu Aufgabe 2/4, Chris

Während die Hälfte der Gruppe A Chris rechts mittig hinterhalb der eigenen Position im Klangbild lokalisierte, gaben 9 Probanden aus Gruppe B an, Chris links außen und hinterhalb der eigenen Position wahrgenommen zu haben. Ferner orteten 8 Befragte der Gruppe B Chris links mittig hinterhalb.

Die Frage nach der eigenen Position im Klangbild des Hörspiels beantworteten drei Viertel aller Probanden mit einer zentralen Position in der Mitte. Gelegentlich wurde mittig vorne oder hinten als Position gewählt.

Die Befragten wurden dazu instruiert in Teilaufgabe 3/4 auf einer fünfstufigen Skala zu beurteilen wie sehr die nachfolgenden Aussagen über den individuellen Höreindruck zutreffend waren. Die Aussage „Ich empfinde die akustische Situation als realistisch“ traf auf 12 Probanden der Gruppe A und auf 8 Probanden der Gruppe B zu. Für etwa ein Drittel der in

Gruppe A befragten Teilnehmer/innen traf die Aussage eher zu. In Gruppe B gab knapp die Hälfte an, die akustische Situation eher realistisch zu finden.

Das folgende Diagramm zeigt auf, wie zutreffend die Aussage „Ich bekomme durch das Hören eine räumliche Vorstellung des Aufnahmeraums.“ für die Befragten war:

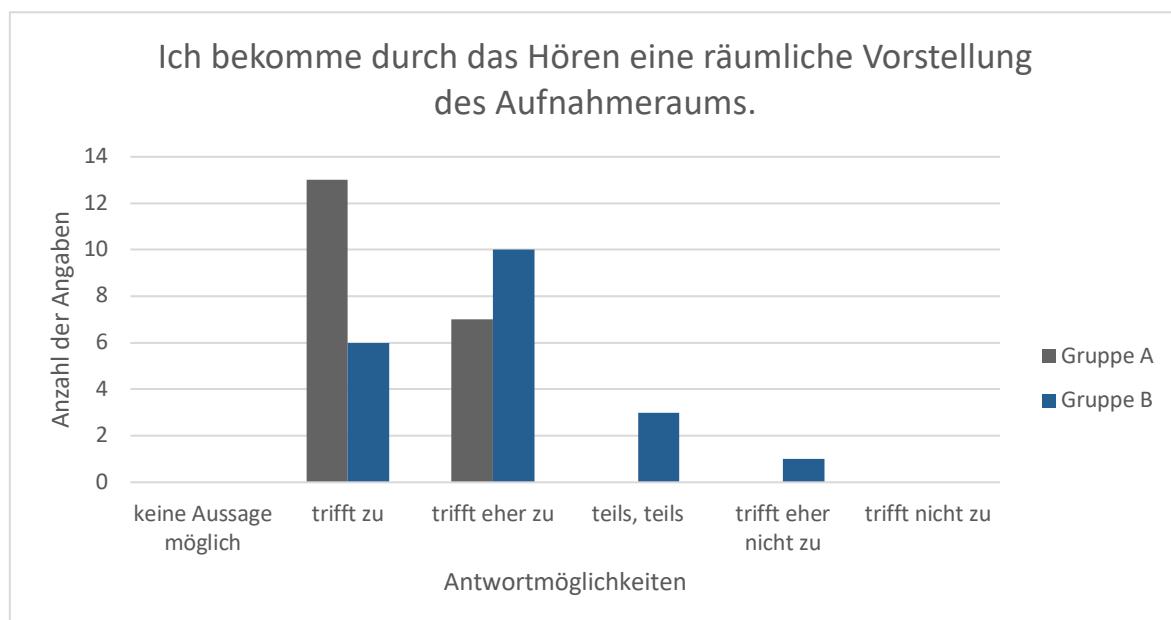


Abbildung 17: Visualisierung der Ergebnisse zu Aufgabe 3/4, räumliche Vorstellung

Auf etwa zwei Drittel der Probanden in Gruppe A traf diese Aussage zu. Die Hälfte der Gruppe B bekam beim Hören eher eine räumliche Vorstellung des Aufnahmeraums.

18 Befragte der Gruppe A gaben an, das Hörspiel als klanglich angenehm zu empfinden oder, dass diese Aussage eher zutreffend war. In Gruppe B hingegen antworteten 13 Probanden mit diesen Zustimmungsgraden. Insgesamt hatten 6 Probanden in Gruppe B einen gemischten Höreindruck bezüglich dieser Fragestellung.

Abschließend erhielten die Probanden Multiple-Choice-Fragen hinsichtlich ihres Höreindrucks. Die Frage „Wo sitzen die zwei Schülerinnen (Nina und Julia) als sie am Anfang des Hörspiels das Fehlen von Chris bemerken“ wurde von 15 Probanden in der Gruppe A und von 13 Befragten der Gruppe B mit „Nina und Julia sitzen an getrennten Tischen, in meiner Nähe“ eindeutig beantwortet.

Dem folgenden Diagramm können die Antworten entnommen werden, wie der anfangs fehlende Schüler (Chris) dem jeweiligen Höreindruck entsprechend am Ende des Hörspiels auf seinen Platz gelangt.

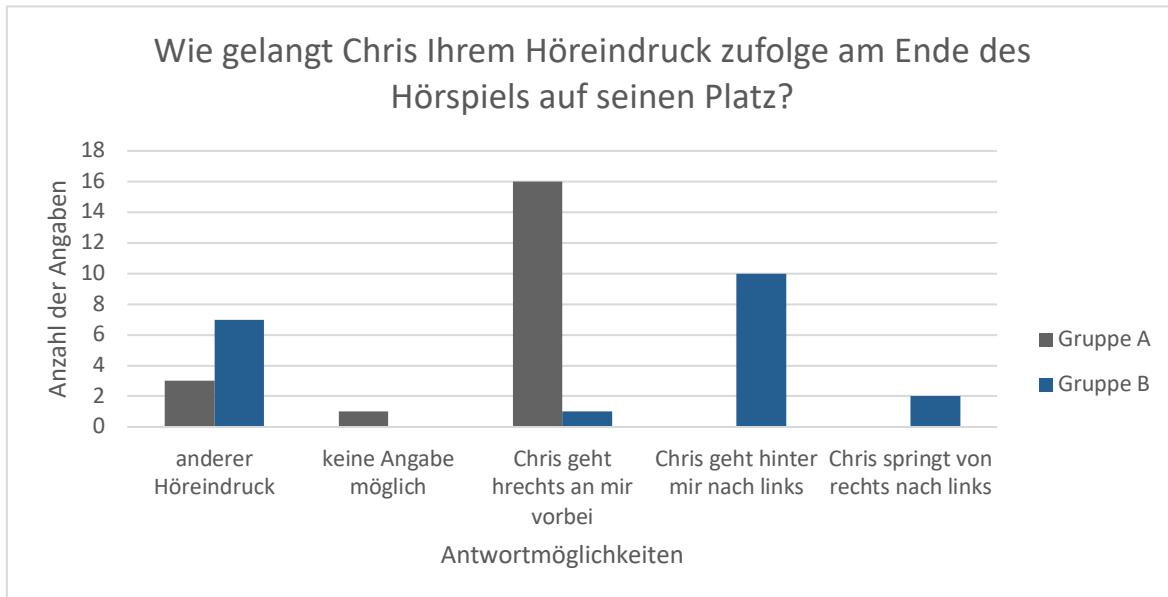


Abbildung 18: Visualisierung der Ergebnisse zu Aufgabe 4/4: Chris

Für diese Frage waren technisch bedingt verschiedene Antworten der Gruppen zu erwarten. Während 16 Befragte der Gruppe A angaben, dass Chris rechts an ihnen vorbei ging, lief Chris für die Hälfte der Befragten in Gruppe B hinter der eigenen Position nach links. Zwei Probanden der Gruppe B gaben an „Chris springt von rechts nach links“. Die Möglichkeit, einen anderen Höreindruck zu äußern, wurde in Gruppe B von 7 Probanden genutzt.

Ein Großteil der Probanden gab nach Fertigstellung der Befragung nochmals mit eigenen Worten Feedback zum individuellen Höreindruck. Neben positiven Feedbacks bezüglich der kurzweiligen und realitätsnahen Umsetzung des Hörspiels gaben einige Teilnehmer/innen der Befragung an, dass die Umgebungsgeräusche teils zu überspitzt dargestellt wurden und an einigen Stellen zu sehr im Vordergrund standen. Tatsächlich nahmen beide Techniken die Geräusche im Raum äußerst empfindlich auf. Da während der Aufnahme explizit auf eine kontinuierliche Geräuschkulisse durch Stifte klappern und Papier rascheln geachtet wurde, resultiert nun im Klangbild an einigen Stellen eine etwas überzeichnete Darstellung der Nebengeräusche. Die Auswertung der Fragebögen ergab jedoch, dass in beiden Hörspielversionen sowohl die Dialoge meist deutlich gehört wurden oder diese Aussage zumindest eher zutreffend war.

Somit waren die Geräusche im Ganzen nicht störend für das dramaturgische Verständnis des Hörspiels. Für künftige Produktionen wird auf eine ausgewogenere Darstellung der Geräusche geachtet. Ein bewusst leises Schallereignis mit reduzierten oder keinen Hintergrundgeräuschen könnte diesbezüglich weiter für Ausgleich sorgen.

Bei einigen Probandenterminen kam es zu Rückfragen bezüglich missverständlicher Formulierungen im Fragebogen. Beispielsweise war die Frage in Teilaufgabe 4/4, wie Nina und Julia zueinander sitzen als sie das Fehlen von Chris bemerken, für manche Befragten schwierig zu beantworten, da in den angebotenen Alternativen sowohl „in meiner Nähe oder weiter entfernt“ als auch „am selben oder an getrennten Tischen“ aufgelistet wurde. Es entstand in diesem Fall eine Mehrdeutigkeit der Frage – zumal die Begriffe „nah“ und „fern“ relative Angaben sind, die im Vorfeld nicht genau definiert wurden. Gedacht war die Frage als Indikator für die Stereobreite der Aufnahmen. Im direkten Vergleich sind Nina und Julia in der Kunstkopfproduktion deutlich weiter links und rechts positioniert als es bei der Blumlein-aufnahme der Fall ist. Ein Grund hierfür ist die Tatsache, dass aufgrund der Positionierung der Mikrofone für die Dialoge zwischen Nina und Julia in der Aufnahme mit Blumleintechnik auch immer Signalanteile der Gegenphase des jeweils anderen Mikrofons mit aufgenommen wurden, die durch Kammfiltereffekte die Position im Klangbild verfälschen.

So entstand der Höreindruck, als wären die Schülerinnen dichter zusammen, während sie in der Kunstkopfaufnahme eindeutig an unterschiedlichen Positionen lokalisiert wurden.

In diesem Fall erzielte der Kunstkopf eine realitätsnähtere Darstellung, da die Mikrofone in Wirklichkeit zwischen den beiden Schülerinnen aufgestellt waren. Die Positionen von Nina und Julia waren also deutlich verschieden.

6.2 Schlussfolgerungen

Betrachtet man die vorliegenden Ergebnisse genauer, fallen viele offensichtliche Gemeinsamkeiten der angegebenen Höreindrücke auf: Sowohl das Kunstkopfhörspiel als auch das Hörspiel mit Blumleintechnik erzeugten bei der Kopfhörerwiedergabe für die Probanden niemals den Eindruck, dass durch ein Fenster in den Raum gehört wurde. Fast alle Befragten näherten sich für die jeweils gehörte Version der Aussage an, sich direkt im Raum zu befinden. Auch die eindeutigen Angaben bezüglich der eigenen Position im Klangbild des Hörspiels bestätigen eine gute räumliche Darstellung der Blumlein- und Kunstkopftechnik. Da ein Großteil der Probanden angab, sich im Klangbild mittig und zentral wahrzunehmen, muss beim Hören für beide Versionen der Höreindruck entstanden sein, dass die gehörten Stimmen und Geräusche aus verschiedenen Richtungen im Raum kamen. Die Hörereignisse bildeten sich also nicht nur vorderhalb der angegebenen Positionen im Klangbild sondern insbesondere auch seitlich und hinterhalb. Auf insgesamt 16 Probanden der Gruppe A und 14 Probanden der Gruppe B traf die Aussage „Ich ordne die Geräusche selten an einer bestimmten Position im Klangbild“ nicht oder eher nicht zu. Meist war es also in beiden Versionen möglich konkrete Angaben zur Lokalisation von gehörten Geräuschen zu machen. Für das getestete Hörspiel zeichnete sich jedoch ab, dass die individuellen Höreindrücke für das Kunstkopfhörspiel tendenziell dynamischer waren. Für über die Hälfte der in Gruppe A befragten Probanden traf die Aussage „Ich nehme den Unterschied zwischen leise und laut im Klangbild selten deutlich wahr“ nicht zu. In Gruppe B waren es nur 6 Befragte, die sich für diese Antwort entschieden. Für die Angaben der Gruppe B zu dieser Aussage ergab sich eine relativ breite Verteilung auf der Skala. Im Ganzen zeigte die Auswertung der Fragebögen beider Versionen, dass über drei Viertel aller Befragten sich durch das Hören gut in die Geschichte des Hörspiels hineinversetzen konnten. Daraus resultiert, dass die Hörspielproduktion im Allgemeinen für beide Aufnahmetechniken dramaturgisch überzeugend war.

Den Gemeinsamkeiten der ausgewerteten Höreindrücke bezüglich des Hörspiels in Blumlein- und Kunstkopfstereofonie stehen jedoch erhebliche Unterschiede gegenüber. Die offensichtlichsten Differenzen ergeben sich durch die für die Hörspielproduktion gewählten Aufnahmetechniken. Während der zu Beginn fehlende Schüler (Chris) am Ende des Hörspiels für die Befragten der Gruppe A eindeutig auf der rechten Seite saß, nahmen die Probanden der Gruppe B Chris bei den entsprechenden Stellen im Hörspiel auf der linken Seite war. Dieser eindrückliche Unterschied beruht auf der Tatsache, dass der Schüler während der Aufnahme rechts hinterhalb der Mikrofone saß. Für die Kunstkopfaufnahme wird bei den meisten Probanden das Hörereignis tatsächlich an dieser Stelle gebildet.

In Gruppe A gab jedoch ein Viertel der Befragten an, Chris zwar auf der rechten Seite, aber vorderhalb der eigenen Position im Klangbild wahrzunehmen. An dieser Stelle wird die große Schwäche des Kunstkopfverfahrens deutlich: Es kann dabei nicht immer korrekt zwischen vorne und hinten unterschieden werden. Wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, ist dies unter anderem darauf zurückzuführen, dass die im Rahmen der vorliegenden Arbeit praktizierte Kunstkopftechnik keine Änderungen der Hörereignisse berücksichtigt, die beim Hören stets durch Kopfbewegungen entstehen würden.

Des Weiteren folgt aus den theoretischen Ausführungen dieser Arbeit, dass die visuelle Information der Augen normalerweise die Lokalität eines Hörereignisses hinsichtlich des Schallereignisses bestätigen würde. Die zentralen Ergebnisse der Probandenbefragungen machen deutlich, dass die Ortung ohne diese Möglichkeiten tatsächlich teilweise irrt. Aus den technischen Besonderheiten des Blumleinverfahrens ergibt sich für rückwärtige Schallereignisse eine Spiegelung im Klangbild (vgl. Abschnitt 3.1). Eindrücklich nachgewiesen wurde diese Eigenheit durch den oben genannten Fall, dass Chris für die Befragten der Gruppe B eindeutig auf der linken Seite saß, obwohl es in Wirklichkeit spiegelbildlich war.

Als interessante Beobachtung ist anzuführen, dass auch in Gruppe B die individuellen Höreindrücke im Detail unterschiedliche Lokalisationen erzeugten: 9 Probanden der Gruppe B orteten Chris auf seinem Platz links außen hinterhalb der eigenen Position im Klangbild. 8 weitere Probanden der Gruppe B gaben jedoch an, Chris entsprechend der Fragestellung links hinterhalb, aber weiter in der Mitte wahrzunehmen. Letzteres entsprach, abgesehen von der Phasendrehung des Signals, eher der Realität.

Aus vorausgehenden Aufnahmever suchen war der Umstand bekannt, dass es für seitlich eintreffenden Schall in der Blumleinaufstellung zu einem Übersprechen der vorder- und rückseitigen Membrane des jeweils anderen Mikrofons kommt. Aus den Ergebnissen der Befragungen kann gefolgert werden, dass die unterschiedlichen Höreindrücke über Chris Position im Stereobild eine Folge der Kammfiltereffekte sein müssen, die durch besagtes Übersprechen der Mikrofone entstehen. Diesbezüglich gab ein Viertel der Befragten aus Gruppe B an, die Schülerinnen Nina und Julia säßen anfangs am selben Tisch direkt nebeneinander. In Gruppe A gaben 15 von 20 Probanden „Nina und Julia sitzen an getrennten Tischen, in meiner Nähe“ an. Während der Aufnahme befand sich der Kunstkopf sowie die Blumleinaufstellung genau zwischen den Tischen der zwei Schülerinnen. Die Verfälschung des Stereobilds der Blumleinaufnahmen ist infolgedessen ebenfalls auf das Übersprechen der unterschiedlichen Membranseiten der Mikrofone zurückzuführen.

Der größte Nachteil, wenn bei der Aufnahme dieser Übergangsbereich zwischen vorne und hinten nicht vollständig ausgespart wird, ist der Phasensprung. Er tritt bei Durchqueren dieses Bereichs zwangsläufig auf. Das Hörereignis springt somit schlagartig auf die andere Seite. Im Hörspiel „Die Zeit läuft“ tritt dieser Fall ein, als Chris nach dem Gespräch mit dem Lehrer auf seinen Platz geht. Er läuft von links vorne rechts an den Mikrofonen vorbei nach hinten und setzt sich rechts hinterhalb der Mikrofonaufstellung.

Der realitätsnahe Höreindruck „Chris geht rechts an mir vorbei“ entstand überwiegend für Gruppe A. Zu geringen Abweichungen kam es, bedingt durch den jeweiligen eigenen Höreindruck. Daraus ergibt sich eine Abhängigkeit beider Angaben. Die Aussagen der Befragten aus Gruppe B waren weitaus weniger eindeutig auszuwerten. Während 10 Probanden angaben „Chris geht hinter mir nach links“ und 2 Befragte den technisch bedingten Phasensprung tatsächlich mit „Chris springt von rechts nach links“ bewerteten, formulierten 7 Probanden einen anderen Höreindruck, der nicht in die angebotenen Alternativen eingeordnet werden konnte. Beispielsweise schilderten Probanden der Gruppe B folgende Höreindrücke: „Chris ging vor mir von links nach rechts, hinter mich und hinter mir von rechts nach links auf seinen Platz.“ und „Chris geht rechts an mir vorbei, dann nach links hinter mich“. Gemeint war damit offenbar ein ähnliches Empfinden zu „Chris geht hinter mir nach links“. Jedoch schien der Höreindruck dafür zu komplex zu sein. Was Befragte der Gruppe B durch ihre Formulierungen umschrieben, war die praktische Auswirkung des besagten Phasensprungs für rückwärtige Signalanteile. Zusätzliche Verzerrungen durch das oben beschriebene Übersprechen der Mikrofone kamen erschwerend hinzu. Da nur 2 Probanden dies als „Sprung“ formulierten und ein Großteil eher zu „Chris geht hinter mir nach links“ tendierte, folgt im Rahmen dieser Arbeit: Zum einen, dass die Eigenheit des Phasensprungs bei der Blumleintechnik zwar auffallend ist und keinen eindeutigen Höreindruck hervorruft, jedoch in diesem Sinn nicht zwangsläufig als surreal aufgefasst wird. Es ist zum anderen schlussfolgernd davon auszugehen, dass auch die geringe Entfernung zu den Mikrofonen einen erheblichen Einfluss auf dieses Ergebnis hatte. Ein größerer Abstand zur Blumleinaufstellung hätte womöglich eine fatalere Wirkung erzielt.

Im Rahmen der Schlussfolgerungen ist insbesondere noch darauf einzugehen, ob das Hörspiel als klanglich angenehm empfunden wurde. Die Auswertung der Fragebögen ergab, dass die Kunstkopfversion als deutlich angenehmer bewertet wurde. Die Gründe, warum das Hörspiel in Blumlein stereofonie über den Kopfhörer als weniger angenehm empfunden wurde, sind folgerichtig in den Besonderheiten bezüglich der Kopfhörerwiedergabe zu suchen. Die Kunstkopfaufnahmen berücksichtigen, anders als Blumleinaufnahmen, die in Kapitel 2.1 vorgestellten Außenohrübertragungsfunktionen des natürlichen Hörens.

Des Weiteren muss die Im-Kopf-Lokalisation berücksichtigt werden, die sich für raumbezügliche Stereoaufnahmen durch die Kopfhörerwiedergabe ergibt. Durch das Fehlen der HRTFs in der Blumleinversion konnte es in Bezug auf die vorgestellten Besonderheiten zusätzlich zu Druck auf den Ohren kommen. Als weiterer möglicher Grund, warum die Blumleinaufnahmen unangenehmer im Klang empfunden wurden, ist der relativ große Anteil an Trittschall. Dieser wurde durch die Mikrofone aufgezeichnet, obwohl während der Aufnahme entsprechende Hochpassfilter zum Einsatz kamen.

Aus Kapitel 3.1 ist bekannt, dass Blumleinaufnahmen oft vergleichsweise schwache Bassanteile aufweisen. Dies konnte in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden. Die Ursachen dafür sind in der technischen Funktionsweise der verwendeten Mikrofone zu vermuten, die eine entsprechende Bassanhebung zur Folge hatte [AKG C 414].

Schlussfolgernd ist festzuhalten: Das Kunstkopfhörspiel überzeugte besonders durch die realitätsnahe Darstellung der Räumlichkeit. Sie wurde meist klanglich angenehm empfunden. Beide Aufnahmeverfahren wiesen hinsichtlich der Ortbarkeit unterschiedliche Höreindrücke der Probanden auf. Insbesondere auf die Frage, wo der Lehrer (Herr Neumeier) im Hörspiel meistens geortet wird, gaben die Probanden beider Gruppen uneindeutige Antworten. Tendenziell wurde der Lehrer oft schräg links vorne geortet. Jeweils 3 Befragte beider Gruppen lokalisierten Herrn Neumeier meist frontal vor dem Pult und je 7 Probanden frontal vor der Tafel. Letzteres entsprach am ehesten der Realität. Da jedoch nur knapp die Hälfte aller Befragten diese Position angab wird abgeleitet, dass insbesondere die Schätzung der Entfernung zur Schallquelle in beiden Versionen relativ schwer war. Eine eineindeutige Ortung des Lehrers war deshalb nicht möglich, da sich dieser während der Aufnahmen entsprechend der Handlung bewegte. Es sollte damit überprüft werden, welche der beiden Techniken im Speziellen in der „Vorne-Ortung“ überzeugt.

Aufgrund der Erfahrung, dass bei der Kunstkopftechnik oft die Unterscheidung zwischen vorne und hinten schwierig war, wird für diesen Fall der Blumleinaufnahme der Vorzug gewährt. Grundsätzlich ergab die Befragung aber ähnliche Ergebnisse für beide Varianten.

Insgesamt überzeugen sowohl das Blumleinverfahren als auch die Kunstkopftechnik mit einer guten räumlichen Darstellung und sind hinsichtlich dramaturgischer Aspekte beide für Hörspielproduktionen geeignet. Da die Produktion explizit für die Wiedergabe über Kopfhörer stattfand und die Kunstkopfstereofonie diesbezüglich die angenehmeren Hörbedingungen schafft, geht sie als Favorit des Vergleichs hervor.

Es ist zu beachten, dass die Blumleintechnik im Allgemeinen der raumbezogenen Stereofonie zuzuordnen ist, während die Kunstkopftechnik kopfbezogen arbeitet. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass sich die Besonderheiten der Kopfhörerwiedergabe im Rahmen der Hörversuche für die Blumleinenaufnahme nicht in einer übermäßig störenden Weise äußerten. Wenn die Eigenheiten entsprechend berücksichtigt werden, kann im Rahmen dieser Arbeit durchaus eine Empfehlung für die Blumleintechnik ausgesprochen werden. Es entsteht deshalb aber ein erheblicher Aufwand in der Nachbearbeitung, der für die Kunstkopfproduktion wesentlich geringer ausfällt.

Besteht also schlussfolgernd die Möglichkeit, insbesondere Aufnahmen in Kunstkopfstereofonie anzufertigen, sind diese – bestätigt durch die vorliegende Arbeit – für Wiedergaben über Kopfhörer prädestiniert. Speziell die eindrucksvolle Außer-Kopf-Lokalisation lässt Kunstkopfaufnahmen bemerkenswert räumlich wirken. Gestützt auf die Ergebnisse der Auswertung entsteht durch die Kunstkopftechnik ein „echteres“ Hörerlebnis, das sich in der auditiven Umsetzung knapp überzeugender darstellt, als die Aufnahmen mittels Blumleinenaufstellung unter Berücksichtigung der Besonderheiten bei der Kopfhörerwiedergabe.

7 Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Grundlagen des „Räumlichen Hörens“ dargelegt und zwei Stereoaufnahmetechniken vorgestellt, die sich durch eine gute räumliche Wiedergabe auszeichnen. Im praktischen Teil wurde ein Hörspiel für die Kopfhörerwiedergabe entwickelt und gleichzeitig mit der Blumlein- und Kunstkopftechnik aufgezeichnet. Anhand derer wurde ein Vergleich beider Techniken initiiert, der durch Probandenbefragungen mit Hörversuchen erhoben wurde. Abschließend fand die Auswertung und Bewertung der Fragebögen statt. Rückblickend auf die Hörspielproduktion konnte die praktische Arbeit mit beiden Techniken intensiviert werden. Insbesondere die Erkenntnisse über das „räumliche“ und „binaurale“ Hören waren für die Realisierung der Produktion dienlich. Die Besonderheiten der Kopfhörerwiedergabe von kopfbezogenen und raumbezogenen Stereoaufnahmen wurden anhand der Hörspielproduktion und der Probandentest nachvollzogen und im Rahmen dieser Arbeit gegenübergestellt und bewertet.

Hinsichtlich der Postproduktion ergaben sich einige weiterführende Aspekte, die zum Zweck des Vergleichs beider Techniken, nicht berücksichtigt wurden. Für eine professionelle Verwertung der Produktion, die über den Rahmen eines solchen Vergleichs hinausgeht, müssen vorrangig die Blumleinaufnahmen unter Berücksichtigung ihrer Eigenheiten weiter optimiert werden. Der während der Produktion eingesetzte Hochpassfilter zur Vermeidung von Trittschallauflaufzeichnung bei 75 Hertz war offenbar nicht ausreichend um störende tieffrequente Schallanteile zu entfernen. Besonders störend fiel dies auf, als im Hörspiel Tische und Stühle verrutscht wurden bzw. sich der Schall aus Bewegungen auf die Stative der Mikrofone übertrug. In einer weiterführenden Postproduktion muss dafür Sorge getragen werden, die störenden Anteile durch den Einsatz weiterer Filter zu entfernen.

Die Probandenbefragungen ergaben, dass oftmals Geräusche zu präsent waren. Für die weitere Nachbearbeitung beider Hörspielversionen empfiehlt es sich deshalb an einigen Stellen dezidiert Hintergrundgeräusche zu reduzieren. Infolgedessen sollte auch die Mischung nochmals angepasst werden. Da es sich um Produktionen in Stereohauptanordnung handelt und die Aufnahmen somit als Stereospuren vorliegen, ist die Freiheit in der Postproduktion beschränkt. Jedoch wurden diese Möglichkeiten in der Postproduktion im Rahmen der vorliegenden Arbeit bewusst nicht vollkommen ausgeschöpft. Das Hauptaugenmerk lag auf dem Vergleich der Aufnahmetechniken. Damit war sicherzustellen, dass die jeweiligen Besonderheiten nicht durch die manipulativen Möglichkeiten der Postproduktion eliminiert wurden. Zur Unterstützung der jeweiligen Effekte diente die grundlegende Entscheidung das Hörspiel unter realen Bedingungen ähnlich einer Bühnendarbietung einzuspielen.

Der durch die Blumleinaufstellung resultierende Phasensprung im Wechsel zwischen vorne und hinten wurde in den Probandenbefragungen im Ganzen nicht als surreal wahrgenommen. Doch zumindest erzeugte er einen uneindeutigen Höreindruck, den es hinsichtlich einer weiteren Verwendung dieser Aufnahmen zu vermeiden gilt. Als Lösungsvorschlag ist anzuführen, dass die phasengedrehten Komponenten der Aufnahme in der Postproduktion erneut gespiegelt werden können, um den Sprung zu vermeiden. Dies müsste schon während der Aufnahmen berücksichtigt werden und führt zu einem hohen planerischen Aufwand. Alternativ könnte in Betracht gezogen werden, nicht die technisch bedingten „Fehler“ entsprechend der Phasenlage zu invertieren, sondern die eigentlich phasenrichtigen Aufnahmen hinsichtlich ihrer Phasenlage zu spiegeln. Da dies den Rahmen der Arbeit übersteigt, handelt es sich bei diesem Vorgehen lediglich um einen Vorschlag, der aus der vorliegenden Arbeit abgeleitet wird. Er kann für weiterführende Diskussionen zum Thema herangezogen werden und ist hinsichtlich seiner Korrektheit bei Bedarf in einem anderen Rahmen zu untersuchen. Weiterhin wird angeregt schon zu Beginn der Produktion zu überprüfen, ob sich bei Einsatz der Blumleintechnik störende Phasensprünge nicht schon während der Aufnahme umgehen lassen. So kann die Komplexität sowie der Gesamtaufwand deutlich reduziert werden. Durch die nachträgliche Integration standardisierter HRTFs kann die Blumleinaufnahme bis zu einem gewissen Grad weiter für die Kopfhörerwiedergabe optimiert werden. Bei korrekter Anwendung ändert sich der Klang der Aufnahme nicht, jedoch kann der Druck auf den Ohren vermieden werden. Dies ist besonders für lange Produktionen empfehlenswert. Die Besonderheit der Im-Kopf-Lokalisation raumbezogener Stereoaufnahmen bleibt davon unberührt.

Im Rahmen dieser Arbeit waren Stärken und Schwächen beider Aufnahmetechniken gleichermaßen erwünscht, um einen möglichst unverfälschten Vergleich durchführen zu können. Hinsichtlich dieser Vorgabe wurde die Arbeit zielführend entwickelt, ausgewertet und entsprechend beschrieben.

Rückblickend bleibt vor allem die praktische Arbeit mit der Kunstkopftechnik im Gedächtnis, die eindrucksvoll die Möglichkeiten der Binauraltechnik aufzeigte.

Insbesondere für die zu Beginn dieser Arbeit vorgestellte Prämisse, Audioinhalte künftig bewusster für die Kopfhörerwiedergabe zu produzieren, ist die Kunstkopftechnik favorisiert.

8 Anhang

Abschließend sei allen Unterstützern gedankt, die zur Realisierung dieser Arbeit beitrugen. Ein besonderer Dank geht diesbezüglich an alle Schauspieler/innen und logistischen Helfer für die gute Zusammenarbeit, ohne die eine Produktion in diesem Rahmen nicht möglich gewesen wäre. Den Betreuern dieser Arbeit sei explizit für die gute fachliche Diskussion zum Thema gedankt. Des Weiteren geht ein ausdrücklicher Dank an alle Probanden für ihre Teilnahme an den in dieser Arbeit durchgeführten Befragungen.

Auf den folgenden Seiten können das Literatur- und Abbildungsverzeichnis, das Glossar und das Hörspieldrehbuch sowie der Fragebogen eingesehen werden.

8.1 Literaturverzeichnis

- AKG C 414:** AKG Acoustics; C 414 B-ULS B-TLII; Betriebsanleitung; Wien; Manualslib: Manuals Search Engine; <https://www.manualslib.com/manual/362174/Akg-C-414-B-Tls.html>; (Abgerufen am 18.04.18)
- AKG K 271:** AKG, Genial Universal: Professioneller Studio Kopfhörer; <http://pro.akg.com/de/p/k271mkii>
(Abgerufen am 18.04.18)
- Alexander 2013:** Robert Alexander; The Inventor of Stereo: The life and works of Alan Dower Blumlein; CRC Press; Burlington; 2013;
<https://books.google.de/books?id=lkp5AgAAQBAJ&hl=de>
(Abgerufen am 8.12.17)
- Beilharz 2008:** Roman Beilharz; Hören ohne Raum; 2008;
http://www.uvasonar.de/wordpress/wp-content/media/PDF_MPC08-4_Kopfhörervergleich1.pdf
(Abgerufen am 18.04.18)
- Betz et al. 2001:** Klaus D. Mörike, Eberhard Betz, Walter Mergenthaler: Biologie des Menschen; 15.Auflage; im Quelle und Meyer Verlag GmbH und Co.; Wiebelsheim; 2001;
- Blauert 1974:** Jens Blauert; Räumliches Hören; 1. Auflage; Bestandteil der Kompletausgabe; S. Hirzel Verlag; Stuttgart; 2014
- Blumlein 1931:** Alan Dower Blumlein; Improvements in and relating to Sound-transmission, Sound-recording and Sound-reproducing Systems.; British Patent Specification 394, 325; 1931;
<http://decoy.iki.fi/dsound/ambisonic/motherlode/source/British%20patent%20specification%20394325%20Blumlein%201933.pdf>
(Abgerufen am 18.12.17)

- Brech 2015:** Martha Brech; Der hörbare Raum; transcript Verlag; Bielefeld; 2015;
https://books.google.de/books?id=psKyCwAAQBAJ&hl=de&source=gbs_slider_cls_metadata_7_mylibrary
(Abgerufen am 18.04.18)
- Brockhaus 1989:** Brockhaus-Enzyklopädie in 24 Bänden; Band 10 HERR – IS; F.A. Brockhaus GmbH; 19. Auflage; Mannheim; 1989;
- Bülow 2013:** Ralf Bülow; Vor 40 Jahren: Ein Kunstkopf für binaurale Stereophonie; heise online; 2013;
<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Vor-40-Jahren-Ein-Kunstkopf-fuer-binaurale-Stereophonie-1946286.html>;
(Abgerufen am 18.04.18)
- BVDW 2017:** Sabrina Sallach (Hrsg.); Bundesverband Digitale Wirtschaft e.V.; Webradiomonitor 2017;
http://webradiomonitor.de/wp-content/uploads/2017/09/S111_SaS_Audio_Audio-kills-the-Videostar-Trends-und-Fakten-zum-MarketingBooster-Online-Audio_FINAL.pdf; (Abgerufen am 17.04.18)
- Clayden Blumlein HP:** David Clayden; The Alan Blumlein Homepage;
http://www.alanturing.net/turing_archive/pages/blumlein/;
(Abgerufen am 18.04.18)
- Dickreiter 2003:** Michael Dickreiter: Mikrofonaufnahmetechnik; 3. Auflage; S. Hirzel Verlag; Stuttgart; 2003
- Dickreiter et al. 2014:** Michael Dickreiter, Volker Dittel, Wolfgang Hoeg, Martin Wöhr (Hrsg.): Handbuch der Tonstudientechnik Band 1; 8. Auflage; Walter de Gruyter GmbH; Berlin, Boston; 2014

- Ellgaard 2010:** Holger Ellgaard; Demolition Sci-Fi Krimi Hörspiel Klassiker; Krimikiosk; 2010;
<https://krimikiosk.blogspot.de/2010/07/demolition-sci-fi-krimi-horspiel.html>;
(Abgerufen am 18.04.18)
- Friedrich 2008:** Hans Jörg Friedrich; Tontechnik für Mediengestalter; 1. Auflage; Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg; 2008
- Friesecke 2014:** Andreas Friesecke; Die Audio-Enzyklopädie; 2. Auflage; Walter de Gruyter GmbH; Berlin, Boston; 2014
<https://books.google.de/books?id=iqboBQAAQBAJ&hl=de>;
(Abgerufen am 06.04.18)
- Görne 1994:** Thomas Görne; Mikrofone in Theorie und Praxis; 1. Auflage; Elektor-Verlag; Aachen; 1994
- Görne 2015:** Thomas Görne; Tontechnik; 4. aktualisierte Auflage; Carl Hanser Verlag; München; 2015
- Green Sonic Kunstkopf:** Friends Of Green Sonic; Der Kunstkopf; Musikproduktion & Label;
<https://www.green-sonic.com/pantofonie-kunstkopf.html>;
(Abgerufen am 18.04.18)
- Hoffmann 2004:** Frank Hoffmann; Encyclopedia of Recorded Sound; Routledge; New York, London; 2004;
<https://books.google.de/books?id=-FOSAgAAQBAJ&hl=de>;
(Abgerufen am 09.04.18)
- Hooffacker 2016:** Gabriele Hooffacker; O-Ton; Journalistik, Das Wörterbuch der Journalistik; 2016;
<http://journalistik.de/o-ton/>;
(Abgerufen am 16.04.18)

- Neumann KU 100:** Georg Neumann GmbH; KU 100 Betriebsanleitung; Berlin; Manualslib: Manuals Search Engine; <https://www.manualslib.com/manual/110720/Neumann-Berlin-Dummy-Head-Ku-100.html>; (Abgerufen am 18.04.18)
- Radiozentrale 2013:** Studie TNS Emnid; Medien to go – was unterwegs ankommt; Radiozentrale GmbH, 2013 (vgl. Quelle auf Datenträger)
- Raffaseder 2002:** Hannes Raffaseder: Audiodesign; Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag; München, Wien; 2002
- Rausch 2007:** Jacqueline Rausch; Aufnahme- und Wiedergabesysteme akustischer Signale und Entzerrungsmechanismen bei Kopfhörern; GRIN Verlag; München; <http://www.grin.com/document/300691>; (Abgerufen am 06.04.18)
- Sengpielaudio HRTF:** Eberhard Sengpiel; Kopfbezogene Übertragungsfunktion HRTF; UdK Berlin; <http://www.sengpielaudio.com/KopfbezogeneUebertragungsfunktionHRTF.pdf>; (Abgerufen am 05.02.18)
- Sengpielaudio ORTF:** Eberhard Sengpiel; Das Stereo-Mikrofonsystem ORTF; UdK Berlin; <http://www.sengpielaudio.com/KopfbezogeneUebertragungsfunktionHRTF.pdf>; (Abgerufen am 06.04.18)
- SchöneTöne Aufnahme:** Till Bollmann: Schöne Töne, die Aufnahme; <http://www.schonetone.com/aufnahme.html>; (Abgerufen am 10.04.18)
- Smyrek 2016:** Volker Smyrek: Tontechnik für Veranstaltungstechniker in Ausbildung und Praxis; 3. Auflage; S. Hirzel Verlag; Stuttgart; 2016

- Thalheim 2016:** Matthias Thalheim; Kunstkopf-Stereophonie und Hörspiel; e-publi; Berlin; 2016
<https://books.google.de/books?id=65L3PeYsixIC>;
(Abgerufen am 09.04.18)
- Theile 1980:** Günther Theile; Über die Lokalisation im überlagerten Schallfeld; Dissertation; TU Berlin; 1980;
http://hauptmikrofon.de/theile/1980-1_Diss._Theile_deutsch.pdf;
(Abgerufen am 06.04.18)
- Trenholm 2015:** Richard Trenholm; The fascinating story of the man who invented stereo; cnet SCI-Tech; 2015;
<https://www.cnet.com/news/meet-alan-blumlein-the-man-who-invented-stereo/>;
(Abgerufen am 18.12.17)
- VuMA 2018:** Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse (n.d.); Bevölkerung in Deutschland nach der Häufigkeit des zu Fuß Unterwegsseins von 2014 bis 2017; Statista – Das Statistik-Portal; <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/247381/umfrage/umfrage-in-deutschland-zur-haeufigkeit-des-zufussgehens/>;
(Abgerufen am 16.04.18)
- Webers 1994:** Johannes Webers: Handbuch der Tonstudientechnik; 6. Auflage; Franzis-Verlag GmbH; Poing; 1994
- Weinzierl et al. 2008:** Stefan Weinzierl (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik; 1. Auflage; Springer Verlag; Berlin, Heidelberg; 2008

Wuttke Stereogrundlagen: Jörg Wuttke;
Grundlagen von Mikrofonen und Stereoaufnahmen;
<http://www.ingwu.de/mikrofontechnik/mikrofonaufsaetze/15-01-grundlagen-von-mikrofonen-und-stereo-aufnahmen.html>;
(Abgerufen am 06.04.18)

Wuttke Stereo-Theorien: Jörg Wuttke;
Betrachtung der Theorien stereofoner Aufnahmetechnik;
<http://www.ingwu.de/mikrofontechnik/mikrofonaufsaetze/16-02-betrachtung-der-theorien-stereofoner-aufnahmetechnik.html>;
(Abgerufen am 06.04.18)

8.2 Abbildungsverzeichnis

Blumleinaufstellung mit zwei gekreuzten Achtermikrofonen (AKG C 414).....	14
Kunstkopf KU 100 von Neumann	16
Blumleinanordnung mit 90 Grad Öffnungswinkel	21
Regiebereich mit Aufnahme-Equipment	22
Aufnahmeraum während der Hörspielproduktion.....	23
Skizze zur Visualisierung der Umsetzung des Drehbuchs.....	24
Apple Logic Pro X Projektdatei der Produktion als Aufnahmearchiv	26
Bereichsreparatur in Adobe Audition CC18, Audiodatei bei Cursor unbearbeitet.....	28
Bereichsreparatur in Adobe Audition CC18, Audiodatei bei Cursor bearbeitet	28
Ersetzen der bearbeiteten Dateien in Apple Logic Pro X.....	29
Überlagern störender Geräusche mit Atmo in Apple Logic Pro X.....	29
Hörspiel Mixer-Fenster in Apple Logic Pro X, Subgruppe für Kunstkopf solo	31
Probandenbefragung mit Hörversuch und Fragebogen.....	34
Auswertung der Fragebögen in Microsoft Excel 2016 für Mac	36
Visualisierung der Ergebnisse zu Aufgabe 2/4, Lehrer	37
Visualisierung der Ergebnisse zu Aufgabe 2/4, Chris	38
Visualisierung der Ergebnisse zu Aufgabe 3/4, räumliche Vorstellung	39
Visualisierung der Ergebnisse zu Aufgabe 4/4: Chris	40

8.3 Glossar

Atmo:	Geräusche zur Erzeugung einer Grundstimmung, Verstärken des typischen Raumeindrucks. [Friedrich 2008, S. 89 f.]
Binaurales Hören:	Hören mit zwei Ohren, Differenzen beider Ohrsignale zur räumlichen Wahrnehmung von Schall. [Görne 2015, S. 126]
Blumleintechnik:	Stereoaufnahmetechnik mit zwei gekreuzten Achtermikrofonen im Winkel von 90 Grad. [Smyrek 2016, S. 183]
ca.:	circa
Crossfade:	komplexer Überblendungsvorgang, unhörbare Schnitte durch gleichzeitiges Ein- bzw. Ausfaden [Friedrich 2008, S. 295]
DAW:	Digitale Audio Workstation, umfassendes Audiowerkzeug für Aufnahme, Bearbeitung u. Mischung [Friedrich 2008, S. 295]
Diffusschall:	Gesamtheit der verschiedenen Reflexionen in einem Raum, auch als Raumschall oder Hall bekannt [Dickreiter 2003, S. 6]
Direktschall:	unmittelbarer Signalanteil einer Schallquelle, wird ohne vorherige Reflexionen gehört. [Dickreiter 2003, S. 6]
Durchsichtigkeit:	subjektive Unterscheidung aufeinanderfolgender Schallereignisse hinsichtlich ihrer Klarheit [Dickreiter et al. 2014, S. 32]
Erste Reflexionen:	Reflexionen, die innerhalb der ersten 100 Millisekunden auf ein Schallereignis folgen, insbesondere wichtig für die räumliche Wahrnehmung. [Görne 2015, S. 88]
Hauptmikrofonie:	Stereoanordnung ohne zusätzliche Stützmikrofone, Mikrofonaufstellung zur Aufzeichnung von Panoramaeigenschaften. [Friedrich 2008, S. 241]

Hochpassfilter:	Eliminieren aller Frequenzen, die unterhalb einer einstellbaren Grenzfrequenz liegen. [Raffaseder 2002, S. 48]
Hörereignis:	subjektives Abbild der Schallquelle, beim natürlichen Hören meist gleich mit einem Schallereignis [Görne 2015, S. 129]
Hörsamkeit:	subjektives Maß für die Eignung eines Raums für bestimmte akustische Darbietungen [Dickreiter et al. 2014, S. 32]
HRTF:	Head-Related Transfer Function, spezifische Außenohrübertragungsfunktion zum Ausdruck von Resonanzenschaften des Außenohrs [Weinzierl et al. 2008, S.90].
i.d.R.:	in der Regel
IKL:	Im-Kopf-Lokalisation, Hörereignisbildung zwischen dem linken und rechten Ohr. [Görne 2015, S. 130 f.]
Interferenz:	Überlagerung von Schwingungen, aber gegenseitige Auslöschung bei 180 Grad Phasendifferenz [Smyrek 2016, S. 9]
Kammfiltereffekt:	Erhöhung o. Abschwächung von Frequenzbereichen abhängig von Phasendifferenzen, negative Auswirkung auf den Klang [Raffaseder 2002, S. 177 f.]
Kopfbezogenes Stereo:	Reproduktion des stereofonen Klangbilds direkt an den Ohren durch Wiedergabe über Kopfhörer. [Dickreiter 2003, S. 124]
Kunstkopftechnik:	binaurale Stereoaufnahmetechnik [Smyrek 2016, S. 187], Kopfmodell mit Mikrofonen an der Stelle der menschlichen Trommelfelle [Friedrich 2008, S. 252]
Limiter:	Begrenzer hinsichtlich des Spitzenpegels eines Audiosignals, Verstärkung des Endsignals [Weinzierl et al., S. 464, 730]

Mixdown:	Mischung und klangliche Optimierung von Mehrspuraufnahmen, Überführen in Zielformat [Friedrich 2008, S. 263]
o.:	oder
Panning:	Panoramaregelung, Positionierung einzelner Signale im Stereobild durch Pegelunterschiede [Raffaseder 2002, S. 191]
Phantomschallquelle:	eingebildeter Hörort für ein Hörereignis, in der Mitte zwischen zwei Lautsprechern [Dickreiter 2003, S. 118]
Präzedenzeffekt:	Ortung einer Schallquelle in Richtung der als erstes beim Hörenden eintreffenden Wellenfront [Görne 2015 S. 128].
Raumbezogenes Stereo:	Reproduktion des stereofonen Klangbilds im Wiedergaberaum über Lautsprecher [Dickreiter 2003, S. 124]
Räumliches Hören:	Richtungs- und Entfernungshören, Empfindung räumlicher Tiefe [Görne 2015, S. 125 ff.], Empfindung mit Schallquellen in einem Raum zu sein [Dickreiter et al. 2014, S. 31 f.]
sog.:	sogenannt
u.:	und
vgl.:	vergleiche
z.B.:	zum Beispiel

8.4 Hörspieldrehbuch

DIE ZEIT LÄUFT –
EIN O-TON-HÖRSPIEL
von
Simon Lamche

Simon Lamche
Ziegelgasse 29
92224 Amberg
0151/74113886
simon.lamche@gmail.com

Alle Rechte beim Autor

SCENE 1.INT. SCHULE – KLASSENZIMMER – MORGENS.FADE-IN.

STÜHLE VERSCHIEBEN. TASCHEN
ABSTELLEN. REISSVERSCHLÜSSE ÖFFNEN.
SCHREIBSACHEN AUSPACKEN. SMALL-TALK.
PAPIERRASCHELN.
SCHULGONG.

HERR NEUMEIER: Bitte Tische auseinander. Wir schreiben einen unangekündigten Englisch-Test.

TISCHE VERSCHIEBEN. MURREN UND
WIDERWILLEN VERSCHIEDENER SCHÜLER.
VEREINZELTE VIEL-GLÜCK-RUFE.

JULIA: (CLOSE. LOW) Mann fuck, ich hab nichts gelernt!

NINA: (CLOSE. LOW) Ja, bei 'ner Streberin wie dir ist das ja egal, aber Chris steht in Englisch eh schon auf der Kippe.

JULIA: (CLOSE. LOW) Warte, wo ist Chris eigentlich?

HERR NEUMEIER: Ruhe bitte! Und alle auf die Plätze.

NINA: (CLOSE. LOW) Weiß nicht, vielleicht verpennt?

JULIA: (CLOSE. LOW) Ja, das sieht ihm ähnlich.

NINA: (CLOSE. LOW) Wir müssen die Ex auf jeden Fall rauszögern, bis er da ist.

JULIA: (CLOSE. LOW) Ja und wie?

NINA: (CLOSE. LOW) Keine Ahnung. Sag irgendwas!

JULIA: (CLOSE. LOW) Warum ich? War doch deine Idee.

NINA: (CLOSE. LOW. IRONISCH) Na gut, aber im Improvisieren war ich ja schon immer die Königin.

JULIA: (CLOSE. LOW) Jetzt mach schon!

NINA: (FINGERSCHNIPSEN) Ähm Herr Neumeier, ich hab voll Kopfschmerzen. Darf ich bitte ein Fenster aufmachen?

HERR NEUMEIER: Ja, natürlich.

STUHL ZURÜCKSCHIEBEN. SCHRITTE VON
NINA RICHTUNG FENSTER. HINTERGRUND-
GESPRÄCHE EINIGER SCHÜLER. FENSTER
ÖFFNEN. SCHRITTE ZURÜCK. DUMPFER
STOSS GEGEN TISCH. BLOCK UND STIFTE
FALLEN AUF DEN BODEN.

TOBIAS: (HIGH) Hey, pass doch auf!

NINA: Oh Mann, sorry. Scheiß Kopfschmerzen.

BLOCK UND STIFTE WERDEN VON NINA
AUFGESAMMELT UND ZURÜCKGELEGT.

TOBIAS: Passt schon. Willst 'nen Schluck trinken?

NINA: Ja, Danke.

TRINKGERÄUSCHE. SCHRITTE VON NINA
ZURÜCK AUF IHREN PLATZ. HINTERGRUND-
GESPRÄCHE VON WEITEREN SCHÜLERN.
FINGERSCHNIPSEN VON LAURA.

HERR NEUMEIER: Ja, was ist denn?

LAURA: Es ist zu laut. So kann ich mich nicht konzentrieren.

HERR NEUMEIER: Okay, dann mach das Fenster eben wieder zu.

STUHL UND SCHRITTE VON LAURA. FENSTER
SCHLIESSEN. SCHRITTE ZURÜCK. SCHRITTE
VON HERRN NEUMEIER DURCH DIE REIHEN
UND VERTEILUNG VON AUFGABENBLÄTTERN.

Gut, dann könnt ihr jetzt euren Namen eintragen und das heutige Datum, damit wir nicht so viel Zeit verlieren.

SCHREIBGERÄUSCHE. HANDYKLINGELN.

(GENERVT) Muss ich euch jedes Mal erinnern, dass die Handys ausgeschalten werden müssen? (PAUSE)

GETUSCHEL DER SCHÜLER.

(HERR NEUMEIER/CONT'D OVER)

HERR NEUMEIER: (CONT'D) Wessen Handy war das?

JULIA: Meins. Ich wollt's grad ausmachen.

NINA: (TOP) Meins ist auch noch an.

HERR NEUMEIER: Dann macht jetzt bitte die Handys aus.

JULIA: (TOP) Sollen wir das Handy dann auch nach vorne bringen? Also in anderen Schulen wird das so gemacht.

HERR NEUMEIER: Na schön, die Handys nach vorne. Aber bitte schnell!

ALLE SCHÜHLER STEHEN VERSETZT AUF.
STÜHLE ZURÜCKSCHIEBEN UND SCHRITTE
RICHTUNG PULT. GESPRÄCHE. HANDYS AM
PULT ABLEGEN. SCHRITTE ZURÜCK. WIEDER
STÜHLE VERSCHIEBEN. FINGERSCHNIPSEN
VON NINA.

Ja, Nina?

NINA: Wie lange haben wir Zeit?

HERR NEUMEIER: Zwanzig Minuten, so wie immer.

NINA: Könnten Sie das bitte an die Tafel schreiben?

HERR NEUMEIER: Ja, davon läuft die Zeit aber auch nicht langsamer.

SCHREIBGERÄUSCHE MIT KREIDE AN TAFEL.
TÜR ÖFFNET/SCHLIESST. SCHRITTE VON
CHRIS VON DER TÜR ZUM PULT.

NINA: (CLOSE. LOW) Echt jetzt?

JULIA: (CLOSE, LOW) Nicht sein Ernst?

ABSTELLGERÄUSCH AM PULT.

CHRIS: Hallo Herr Neumeier, hier ist der CD-Player.

HERR NEUMEIER: Das hat jetzt aber ganz schön lang gedauert.

CHRIS: Ja, der Player war kaputt. Ich musste vom Hausmeister einen neuen holen.

HERR NEUMEIER: Danke, Chris. Du kannst dich setzen.

CHRIS SETZT SICH AUF DEN FREIEN PLATZ.

(ZUR KLASSE) Gut, nachdem jetzt alle da sind, können wir ja mit der Listening-Aufgabe anfangen.

MURREN DER SCHÜHLER. HERR NEUMEIER
STECKT CD-PLAYER AN UND LEGT DIE CD EIN.

NINA: (ZU CHRIS) Du hättest ja echt mal schreiben können!

JULIA: (ZU CHRIS) Wir dachten, du hast verpennt.

CHRIS: (ZU NINA UND JULIA) Heute ausnahmsweise mal nicht.

JULIA: (GENERVT) Da hätte ich ja jetzt noch voll lernen können.

CHRIS: (ZU JULIA) Chill mal. Du hast doch eh voll den Plan von Englisch.

HERR NEUMEIER: (VOM PULT ZUR KLASSE) Viel Erfolg! Die Zeit läuft.

HERR NEUMEIER STARTET DIE CD.
ABSPIELGERÄUSCHE, DIE SCHÜLER
BEGINNEN NOTIZEN ZU MACHEN.

OFFSPRECHERIN: (D) Listening comprehension. Exercise five. Please listen carefully to the following conversation and answer the given questions on your sheet. You will hear the conversation twice.

FADE-OUT.

END.

8.5 Fragebogen

Probandenbefragung

im Rahmen der Bachelorarbeit von Simon Lamche

Aufgabenstellung

Sie hören das selbst erstellte Hörspiel „Die Zeit läuft“ zweimal über Kopfhörer. Bitte beschreiben Sie im Anschluss anhand der folgenden Teilaufgaben, wie Sie das Hörspiel akustisch wahrgenommen haben.

Vielen Dank, dass Sie sich ca. 20 Minuten für die Teilnahme an dieser Probandenbefragung Zeit nehmen.

Teilaufgabe 1/4

Zu Beginn werden jeweils zwei Aussagen gegenübergestellt. Nähern Sie sich auf der Skala der Aussage an, die Ihren Höreindruck am besten widerspiegelt. Bitte kreuzen Sie pro Zeile eine Position an.

Ich höre durch ein Fenster in den Raum. Ich befinde mich direkt im Raum.

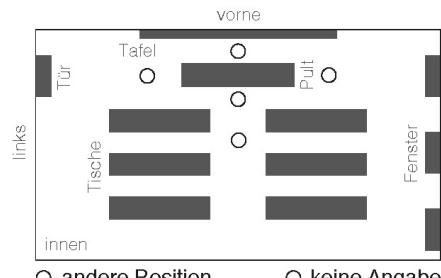
Ich empfinde mich als Teil der Handlung. Ich empfinde mich als Zuhörer/in.

Ich höre die Szene aus Distanz. Ich höre die Szene hautnah.

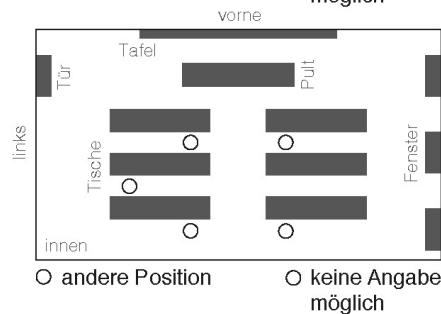
Teilaufgabe 2/4

Im Folgenden sehen Sie beispielhafte Skizzen des Aufnahmeraums. Markieren Sie die Stelle im Raum, an der Sie die betreffenden Personen im Hörspiel geortet haben. Wählen Sie bitte je einen Kreis. Wenn eine „andere Position“ ausgewählt wurde, zeichnen Sie diese bitte mit einem X in die Skizze ein.

Dort nehme ich den Lehrer (Herr Neumeier) im Hörspiel am meisten wahr:



Dort orte ich den anfangs fehlenden Schüler (Chris) am Ende des Hörspiels, als er auf seinem Platz sitzt und sich unterhält.



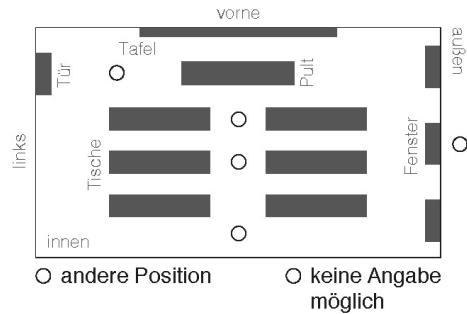
Bitte führen Sie die Teilaufgabe auf der nächsten Seite fort.

Seite 1 von 3

Teilaufgabe 2/4 – Fortsetzung

Bitte gehen Sie bei der Bearbeitung so vor, wie bei Teilaufgabe 2/4 auf der vorherigen Seite.

Dort nehme ich mich selbst im Klangbild des Hörspiels wahr:

**Teilaufgabe 3/4**

Die folgende Matrix beinhaltet einige Aussagen über mögliche Höreindrücke. Geben Sie auf der Skala an, wie sehr die Aussagen auf Sie zutreffen. Bitte kreuzen Sie pro Zeile nur einen Zustimmungsgrad an.

	trifft zu zu	trifft eher zu	teils, teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	keine Angabe möglich
Ich höre die Dialoge im Hörspiel meist deutlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich orte die Geräusche selten an einer bestimmten Position im Klangbild.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich empfinde die akustische Situation als realistisch.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich bekomme durch das Hören eine räumliche Vorstellung des Aufnahmeraums.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich versetze mich durch das Hören gut in die Geschichte des Hörspiels hinein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich empfinde das Hörspiel als klanglich angenehm.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich nehme den Unterschied zwischen leise und laut im Klangbild selten deutlich wahr.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bitte fahren Sie mit der nächsten Teilaufgabe auf der folgenden Seite fort.

Seite 2 von 3

Teilaufgabe 4/4

Abschließend erhalten Sie zwei weitere Multiple-Choice-Fragen zu Ihrem Höreindruck. Bitte wählen Sie pro Frage eine der angebotenen Alternativen. Wenn Sie „Ich habe einen anderen Höreindruck“ ankreuzen, vermerken Sie diesen bitte kurz auf der dafür vorgesehenen Zeile.

Wie sitzen die zwei Schülerinnen (Nina und Julia) Ihrem Höreindruck zufolge, als sie am Anfang des Hörspiels das Fehlen ihres Mitschülers (Chris) bemerken?

- Nina und Julia sitzen am selben Tisch direkt nebeneinander.
- Nina und Julia sitzen an getrennten Tischen, in meiner Nähe.
- Nina und Julia sitzen an getrennten Tischen, weiter entfernt.
- Ich habe einen anderen Höreindruck: _____.
- keine Angabe möglich

Wie gelangt der anfangs fehlende Schüler (Chris) Ihrem Höreindruck zufolge am Ende des Hörspiels auf seinen Platz?

- Chris geht rechts an mir vorbei.
- Chris geht hinter mir nach links.
- Chris springt von rechts nach links.
- Ich habe einen anderen Höreindruck: _____.
- keine Angabe möglich

Fertigstellung

Ich freue mich, dass Sie an der Probandenbefragung zum Hörspiel „Die Zeit läuft“ teilgenommen haben.

Für meine Bachelorarbeit produzierte ich ein selbst erstelltes Hörspiel gleichzeitig mit der Blumlein- und Kunstkopftechnik für die Kopfhörerwiedergabe. Nun wird untersucht, welche der beiden Techniken sich in der auditiven Umsetzung überzeugender darstellt. Sie hörten eine der beiden Versionen des Hörspiels.

Die Auswertung der Probandenbefragung erfolgt anonym, ohne Rückschluss auf Ihre Person. Alle Daten werden ausschließlich im Rahmen meiner Bachelorarbeit verwendet und nicht an Dritte weitergegeben. Nach der Auswertung werden die zentralen Ergebnisse in der Bachelorarbeit vorgestellt.

Um die Aussagekraft zu erhöhen, bitte ich Sie für die statistische Auswertung noch um folgende Angaben:

Ihr Alter: _____

Ihr Geschlecht: _____

Kontakt für Rückfragen: E-Mail: simon.lamche@gmail.com | Mobil: 0151 74113886

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Seite 3 von 3