

Synästhetische Effekte als Unterstützung bei der relativen musikalischen Gehörbildung

Entwicklung einer Unterrichtsmethode mittels des
Design-Based Research Verfahren

Diplomarbeit

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades
Dipl.-Ing. für technisch-wissenschaftliche Berufe

am Masterstudiengang Digitale Medientechnologien an der
Fachhochschule St. Pölten, Masterklasse Audio Design

von:

Thomas Böck, Bsc.

dm161503

Betreuer/in und Erstbegutachter/in: Mag. Christoph Gruber
Zweitbegutachter/in: Dr. Christian Freisleiben-Teutscher

Wien, 08.09.2018

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass

- ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

- ich dieses Thema bisher weder im Inland noch im Ausland einem Begutachter/einer Begutachterin zur Beurteilung oder in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Diese Arbeit stimmt mit der vom Begutachter bzw. der Begutachterin beurteilten Arbeit überein.

Wien, 08.09.2018

.....

Ort, Datum

Unterschrift

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird eine Methode zum Unterrichten von relativer musikalischer Gehörbildung mit Hilfe von Farben, die mit Tonintervallen in Verbindung gebracht werden, vorgestellt. Als Inspiration für diese Herangehensweise dienten Berichte von Synästheten und Synästhetinnen, die absolute Tonhöheninformation mit Farben in Verbindung bringen. Durch die Umlegung dieses Zusammenhanges auf Tonbeziehungen und damit weg von absoluten Tonhöhenbezügen hin zu Relativen sollten auch Personen, die keine synästhetischen Bezüge dieser Art herstellen, von der Aktivierung mehrerer Sinnesreize profitieren können.

Um die Methode zu erarbeiten wurde ein Farbsystem aufgestellt, das sowohl für das in der Arbeit beschriebene Experiment eine logische Zuordnung erlaubte als auch - mit Ausblick auf eine Weiterentwicklung des Unterrichts - für andere Übungen der klassischen Gehörbildung. Diese Farbzuordnung wurde in ein Programm eingepflegt, das für den Unterricht entwickelt wurde. Anhand der Richtlinien des Design-Based Research Verfahrens zur Entwicklung von Unterrichtsmethoden wurden sieben Probanden und Probandinnen ohne nennenswerte musikalische Vorkenntnisse zu je drei Unterrichtseinheiten eingeladen, in denen das entwickelte System erprobt wurde.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigten nicht nur schnellen Fortschritt und hohe Motivation unter den Versuchspersonen, sondern auch große Akzeptanz ihrerseits für die entwickelte Methode. Die Farbzuordnungen wurden gut angenommen und, wenngleich zu wenig Unterrichtszeit durchgeführt wurde um tatsächlich von einer Einprägung sprechen zu können, erwiesen sich als eine logische Erweiterung für die Probanden und Probandinnen.

Diese Beobachtungen geben Anlass für das Aufgreifen der vorgeschlagenen Methode in einer langfristigen Lehrstudie entsprechenden Umfangs, um eine Beweisführung der Effektivität dieser Zusammenhänge für den Lernerfolg aufstellen zu können.

Abstract

A method for teaching relative musical hearing with the aid of colors that are being linked with musical intervals is proposed in this study. The author drew inspiration for this approach from people who are experiencing both perfect pitch and tone-color synaesthesia. By changing these correlations from absolute pitch references to relative ones, it is hypothesized that non-synaesthetes can benefit from making connections using multiple senses to correctly identify musical sounds.

To test this hypothesis, a system that links every musical interval to a specific color was developed. Although not evaluated in this study, thoughts on how the system could adapt to other common exercises in musical ear training are given. A training software was developed that recognizes MIDI input and colors the screen according to the musical interval that is being played. In adherence with guidelines given by the *Design-Based Research* process, seven subjects with little to no musical precognition were invited to do three thirty-minute long sessions of ear-training each.

Results do not only show that subjects were making fast progress while maintaining a high level of participation but also that they were able to adapt quickly to the proposed color system.

Due to the limitations in time invested, no definite conclusions can be made regarding the effectivity of the proposed method, but the results observed among the study group still give rise to an evaluation in a long-term study with an appropriate number of test subjects.

Inhaltsverzeichnis

Synästhetische Effekte als Unterstützung bei der relativen musikalischen Gehörbildung	I
Ehrenwörtliche Erklärung	II
Kurzfassung	III
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	3
2.1 Synästhesie	3
2.1.1 Entwicklung von Synästhesie	4
2.1.2 Synästhetische Auslöser	6
2.1.3 Synästhetisch hervorgerufene Koppelungen	6
2.1.4 Neurale Modelle für die Erklärung des Phänomens Synästhesie	8
2.1.5 Vorbewusst oder kognitiv?	13
2.1.6 Synästhesie erlernen?	14
2.1.7 Synästhesie oder Multimodale Wahrnehmung?	16
2.2 Design-Based Research	18
2.2.1 Definition	18
2.2.2 Ablauf	22
2.3 Lern- und Unterrichtsstrategien in der musikalischen Gehörbildung	25
2.3.1 Lernvorgänge, -strategien und -typen	25
2.3.2 Lernstrategien in der Musik- und Instrumentalpädagogik	27
2.3.3 Lernstrategien in der musikalischen Gehörbildung	28
3 METHODIK	33
3.1 Entwicklung des Farbsystems	33
3.1.1 Absolute Tonhöhe oder relative Beziehungen?	33
3.1.2 Systeme zur Farbkodierung von Tonintervallen	34
3.1.3 Finden einer konkreten Farbzuoordnung im Sättigungs-System	41
3.2 Auswahl der Versuchspersonen	49
3.2.1 Kurzbeschreibung der Probanden:	49
3.3 Aufbau des Übungsprogrammes	51
3.4 Ablauf der Versuchseinheiten	53
3.4.1 Planung der ersten Versuchseinheit	53
	V

4	DURCHFÜHRUNG	55
4.1	Erster Versuchsdurchgang	55
4.2	Zweiter Versuchsdurchgang	59
4.3	Dritter Versuchsdurchgang	64
5	Diskussion	68
5.1	Studiendauer und Farbsystem als Hilfestellung	69
5.2	Ablauf der Unterrichtseinheiten und Konzentrationsspanne	70
5.3	Lernfortschritt der Versuchsgruppe	70
5.4	Wahl des Farbsystems	71
6	Ausblick	73
6.1	Tonartspezifisches Training	73
6.2	Akkorde	73
6.3	Tonsprünge über der Reichweite einer Oktave	74
6.4	Skalen	75
6.5	Notenschrift	76
6.6	Übungsmodus	76
7	Fazit	77
8	Literaturverzeichnis	79
	Abbildungsverzeichnis	83
	Tabellenverzeichnis	84
	Anhang	85
A.	Notation der Übungsdurchgänge	85
B.	MaxMSP-Patch	103

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung einer Lehrmethode für relative musikalische Gehörbildung mit Hilfe einer visuellen Komponente, namentlich der Verbindung von Tonintervallen mit Farben.

Es ist allgemein bekannt, dass Personen mit absolutem Gehör auffallend oft synästhetisch empfinden, also Tonhöhen- oder -arten in ihrem Kopf mit der Repräsentation von Farben verbinden. (Paulesu et al., 1995) Inspiriert von diesem Phänomen wird die These verfolgt, dass auch bei nicht synästhetisch empfindenden Personen schnellere und effektivere Lernfortschritte in der Gehörbildung erzielt werden können, wenn vergleichbare Bezüge erlernt werden. Dieser Ansatz ist aus diversen Büchern zur musikalischen Vorbildung bekannt, in denen Farben als Ersatz für Notennamen angewandt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Farbzuzuordnung entwickelt, die jedem musikalischen Intervall, auch tonartspezifisch, eine Farbe zuteilt. Der Fokus verschiebt sich dabei von der Kodierung absoluter Tonhöhen auf die Verbindung relativer Tonhöhenbezüge mit Farben, da diese für die Gehörbildung von Menschen ohne absolutem Gehör als viel wichtiger angesehen werden. Dieses System wurde in ein eigens dafür entwickeltes Programm eingebettet, das MIDI-Input erkennt und diesen nicht nur hörbar wiedergibt, sondern auch die mit dem erkannten Klang korrespondierende Farbe anzeigt.

Im Rahmen der Arbeit wird eine Methode für die Gestaltung des Unterrichts mit Hilfe dieses Systems vorgeschlagen. Die Entwicklung dieses Modus folgt den Richtlinien von Design-Based Research, einem vergleichsweise jungen Ansatz auf dem Gebiet der Bildungsforschung, der auf iterativen Zyklen der Vorgänge Forschen, Evaluieren und Verbessern beruht. (The Design-Based Research Collective, 2003)

Es wurde eine Studie mit sieben Probanden und Probandinnen mit keiner bis nur sehr geringer musikalischer Vorbildung abgehalten, die im Einzelunterricht mit dem System vertraut gemacht wurden. Drei Durchgänge wurden abgehalten und die Methode dabei von Mal zu Mal um das Feedback der jeweils vorherigen Einheit verbessert.

Die Entwicklung der Methode, die sich daraus ergibt, ist das erklärte Ziel dieser Arbeit. An Hand des durchgeführten Experiments soll nicht der Beweis dafür geführt werden, dass die vorgeschlagene Methode gegenüber klassischem Gehörbildungsunterricht wesentliche Vorteile bringt oder dass sich das Farbsystem im Gedächtnis so weit manifestieren kann, dass es zu Vorteilen kommt. Um solche Schlüsse ziehen zu können, müsste eine bedeutend breiter angelegte Studie mit einer höheren Anzahl an Probanden und Probandinnen und längerer Dauer durchgeführt werden, die auf den Ergebnissen dieser Arbeit aufbauen könnte.

Nichtsdestotrotz werden die Entwicklungen der Probanden und Probandinnen in dieser kurzen Versuchsdauer aus verschiedenen Gründen als bemerkenswert angesehen, sowohl im Sinne ihrer Leistungen und Entwicklungen, als auch bezüglich der beträchtlich hohen Motivation, die für den Unterricht an den Tag gelegt wurde. Da es sich bei Gehörbildung oft um ein eher unbeliebtes Fach unter Musikschülern- und studenten handelt, werden diese Erfolgserlebnisse als wichtig angesehen.

In den Kapiteln Methodik und Ausblick werden weitere Einsatzmöglichkeiten für das vorgestellte Farbsystem beschrieben. Diese reichen von Varianten für Gehörbildung mit Hilfe von Akkorden und Skalen sowie Melodiediktaten bis hin zu neuen Möglichkeiten für die Vereinfachung von Blattspiel durch Umsetzen des Farbsystems auf Notenschrift. Es wird vermutet, dass wenn sich die vorgestellte Zuordnung im Kopf eines Schülers oder einer Schülerin einprägen kann, großes Potenzial für die Anwendung dessen in der gesamten weiteren musikalischen Ausbildung und Laufbahn der Person besteht. Da auf einem sehr allgemeinen Level der Harmonielehre angesetzt wird, lassen sich in beinahe jeder musikalischen Tätigkeit Anwendungsgebiete dafür finden.

2 Grundlagen

2.1 Synästhesie

Synästhesie ist ein selten auftretender Effekt in der Wahrnehmung, bei dem zwei Sinne miteinander gekoppelt sind. Erreicht ein Sinnesreiz seinen „primären“ Rezeptor (bspw. Lichtstrahl – Auge, Schallwelle – Ohr), löst das Gehirn des Synästheten bzw. der Synästhletin nicht nur in diesem Bereich eine Reaktion aus, sondern auch in einem oder mehreren gekoppelten Sinneszentren. Dieser Effekt tritt automatisch auf und ist nicht steuerbar. Es gibt eine sehr hohe Vielzahl an verschiedenen Kopplungen, da dieser Effekt sehr individuell auftritt – es ist zwar bewiesen, dass Synästhesie oft genetisch weitergegeben wird, die Ausprägung des Phänomens kann jedoch völlig verschieden sein, sogar unter eineiigen Zwillingen. (Hancock 2006)

Der am häufigsten auftretende synästhetische Effekt ist die Verbindung von Farben mit anderen Sinneswahrnehmungen, eine Aktivierung von Geschmacks- oder Gerucherscheinungen passiert vergleichsweise seltener. (Hänggi et al., 2008)

Meistens tritt dieser Effekt nur in eine Richtung auf – ein Klang kann in der Wahrnehmung des Synästheten beispielsweise einen Farbeindruck erzeugen, das bedeutet jedoch nicht, dass die gesehene Farbe auch einen Klangeindruck auslöst bzw. auslösen muss. Üblicherweise gibt es für jeden „induzierten“ Sinneseindruck nur genau einen Auslöser. (Mills, 1999)

Nicht alle Ausprägungen synästhetischer Effekte verbinden verschiedene Sinne – ein bekanntes und vergleichsweise oft auftretendes Phänomen ist beispielsweise auch die Kopplung von Buchstaben und Farben, also zwei Eindrücke aus dem visuellen Bereich. (Grossenbacher & Lovelace, 2001)

Bei Mary Collins findet sich ein besonders ausgeprägtes Beispiel von visuell geprägter synästhetischer Wahrnehmung. Eine beschriebene Person verbindet beinahe jeden Sinneseindruck mit Farben:

„Example: the consonant B.

Look of B is blue (because of liquid roundness of loops making the letter)

Sound of B is white (due to vowel e, which is white)

Idea of B is blue (is associated with the name Betty and a childhood experience).“ (Collins, 1928, S. 15)

Aus diesem Beispiel ist abzulesen: synästhetische Kopplung kann nicht nur durch Sinnesreize ausgelöst werden, sondern auch durch den Gedanken an einen Eindruck alleine. Peter G. Grossenbacher und Christopher T. Lovelace unterscheiden daher zwischen *synesthetic perception* („Synästhetische Wahrnehmung“) und *synesthetic conception* („Synästhetische Vorstellung“). (Grossenbacher & Lovelace, 2001)

2.1.1 Entwicklung von Synästhesie

Aktuell gibt es drei bekannte Arten der Entstehung synästhetischer Effekte.

Die vermeintlich häufigste ist eine Ausprägung von Beginn der Kindheit an, die Besonderheiten in der Wahrnehmung scheinen angeboren zu sein. Wie es dazu kommt, ist nach wie vor nicht schlüssig aufgeklärt, eine genetische Veranlagung konnte allerdings aufgezeigt werden. Die geschätzte Zahl synästhetisch veranlagter Personen variiert zwar unter verschiedenen Studien, hat sich aber etwa auf den Bereich von 1:2000 eingependelt, dabei lässt sich außerdem eine deutliche Geschlechterverteilung erkennen: bei Frauen ist die Wahrscheinlichkeit der Ausprägung einer Synästhesie sechs mal so hoch als bei Männern. (Baron-Cohen et al., 1996)

Es besteht die generelle Vermutung, dass jedes Neugeborene grundsätzlich synästhetisch wahrnimmt. Es wird davon ausgegangen, dass die sensorische Verarbeitung im frühkindlichen Gehirn sehr chaotisch abläuft. Neurale Verbindungen sind sehr stark und daher löst jeder Sinnesreiz Reaktionen in allen Sinneszentren aus. Mit der fortschreitenden Entwicklung der Sinne emanzipieren

sich diese jedoch zunehmend von einander, die neuronalen Verbindungen werden weniger allumfassend und bilden kleinere, spezifische Netzwerke. Das geschieht zum größten Teil innerhalb der ersten sechs Monate im Leben des Menschen, der Entwicklungsprozess zieht sich allerdings noch bis über das zehnte Lebensjahr hinaus. (Maurer & Mondloch, 2005)

Gestützt wird die Vermutung einer Synästhesie bei Neugeborenen außerdem dadurch, dass in erwachsenen Synästheten und Synästhетinnen besonders starke Verbindungen zwischen Gehirnzentren („hyper-connections“) gefunden werden konnten. (Rouw & Scholte, 2007)

Außerdem ist nachgewiesen, dass Synästhesie unter Kindern häufiger vorkommt als bei Erwachsenen und auch kleine Altersunterschiede bereits eindeutig nachvollziehbare Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens des Phänomens ausmachen können. So wurde in einer Studie zwischen zwei Gruppen von Sechs- und Siebenjährigen entdeckt, dass die jüngere Gruppe zweieinhalb Mal so viele synästhetisch wahrnehmende Kinder enthielt. (Simner et al., 2008)

In selteneren Fällen kann synästhetische Wahrnehmung auch erst zu einem späteren Zeitpunkt im Leben einsetzen. Normalerweise tritt dies durch äußere Einflüsse auf das Gehirn – Unfälle, Gehirnschäden, Deafferenzierung¹ - ein. Bei einer auf diese Art ausgelösten Synästhesie sind keine Fälle von synästhetischer Vorstellung bekannt, lediglich Reaktionen auf Sinnesreize wurden beobachtet. (Baron-Cohen et al., 1996)

Letztlich besteht die Möglichkeit der temporären Induktion von synästhetischen Effekten durch Medikamente, chemische Stoffe oder Drogen. Auch hier sind ausschließlich Fälle von Reaktionen auf Sinnesreize bekannt, eine Vorstellung alleine scheint nicht auszureichen, um den Effekt hervor zu rufen. Pharmakologisch induzierte Synästhesie kann Ausprägungen annehmen, die unter *natürlich* entwickelten Synästheten und Synästhетinnen nicht bekannt sind. (Simpson & McKellar, 1955)

¹ Unterbrechung des neuronalen Signaltransports vom Körper zum Gehirn

2.1.2 Synästhetische Auslöser

Die häufigsten Auslöser synästhetischer Effekte sind entweder linguistische oder musikalische Eindrücke. (Paulesu et al., 1995) Beide dieser Reize sind mit der Übertragung von Information behaftet, wodurch Vermutungen über die kognitiven Prozesse im Gehirn angestellt werden können, die bei einer synästhetischen Wahrnehmung passieren. So kann man bei zwei gängigen Phänomenen, nämlich der Verbindung eines Buchstaben mit einer Farbe bzw. der Verbindung eines Lautes (bzw. eines ausgesprochenen Buchstabens) mit einer Farbe beobachten, dass der Auslöser nicht die Erscheinung des Buchstabens ist, sondern die Bedeutung, die er überträgt. Denn in den meisten Fällen berichten Synästheten und Synästhetinnen, dass die Schriftart oder Groß-/ und Kleinschreibung eines Buchstabens nicht wichtig ist, sondern dessen Bedeutung. Gleichermäßen ist es für den klanglichen Auslöser nebensächlich, was für eine Stimme – männlich, weiblich, kratzig, sanft, laut, leise – den Buchstaben ausspricht, lediglich die übertragene Information zählt für den Vorgang der Auslösung. (Grossenbacher & Lovelace, 2001)

Dabei darf auch nicht außer Acht gelassen werden, dass (normalerweise nur bei natürlich entwickelten) Synästheten und Synästhetinnen die Vorstellung eines Auslösers allein oft reicht, um eine Induktion zu erzeugen. Auch wenn kein Sinnesreiz an den Rezeptoren ankommt, scheint die Erzeugung des mentalen Bildes zur Aktivierung zu führen. Das könnte darauf zurückgeführt werden, dass beispielsweise bildliche Vorstellung erwiesenermaßen den visuellen Cortex, der sich im Occipitallappen des menschlichen Gehirns befindet und die wichtigste Rolle bei der visuellen Wahrnehmung einnimmt, aktiviert. (D'Esposito et al., 1997)

2.1.3 Synästhetisch hervorgerufene Koppelungen

Obwohl es, wie bereits diskutiert, Typen synästhetischer Kopplung gibt, die häufiger auftreten als andere (beispielsweise tritt die Beziehung von Ton zu Farbe oder Buchstabe zu Farbe häufiger auf als Geschmack zu Form), gibt es nur selten völlig übereinstimmende Muster von Verbindungen – selbst innerhalb von Familien. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich übereinstimmende Sätze an Auslösern finden, ist dabei vergleichsweise höher; erst an der Schnittstelle von Auslöser zu Ausgelöstem wird der Effekt zunehmend personalisiert. (Baron-Cohen et al., 1996)

Das bedeutet: auch wenn es eine Vielzahl an Synästheten und Synästhetinnen gibt, die beispielsweise jedem Buchstaben des Alphabets oder jeder Tonhöhe

bzw. jedem Notennamen eine Farbe zuordnen können, sind die resultierenden Ergebnisse nur sehr selten für zwei Personen (oder gar eine Gruppe) übereinstimmend.

Diese Tatsache zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass synästhetische Kopplungen meistens sehr konkret und spezifisch für jenen Menschen sind, in dessen Gehirn sie erzeugt werden. Das wurde unter anderem in einer Studie belegt, in der Synästheten mit Buchstaben-Farben-Kopplung gegen eine Kontrollgruppe aus nicht synästhetisch veranlagten Personen mit vergleichbaren Eigenschaften hinsichtlich Alter, Geschlecht, IQ etc. getestet wurden. Beide Gruppen wurden angehalten, einer Liste aus 130 Wörtern, Phrasen und Sätzen, die vorgelesen wurden, jeweils eine Farbe zuzuteilen.

Die Gruppe der Synästheten wurde nicht darüber informiert, dass es in der Zukunft eine Wiederholung des Tests geben würde, die Kontrollgruppe wurde darüber informiert, dass sie innerhalb einer Woche den Test wiederholen müssten (und die selben Farben nennen sollten, sofern möglich). Die Kontrollgruppe konnte nach einer Woche 37,6% der Farbzusweisungen noch einmal korrekt wiedergeben, während die Gruppe der Synästheten nach einem Jahr auf eine Rate übereinstimmender Zuweisungen von 92,3% kam.

Interessanterweise entdeckten die Forscher der selben Studie ein scheinbar auftretendes Muster in der Farbkodierung von Buchstaben. Sie berichten, dass unter den Vokalen „i“, „o“ und „u“ eine Übereinstimmung von 88,9% in ihrer Kontrollgruppe gefunden werden konnte. (Baron-Cohen et al., 1993) Die beschriebenen Verbindungen gehen einher mit Ergebnissen anderer Forscher. (Cytowic, 2002; Galton, 2001)

Allerdings sei erwähnt, dass die „Reichweite“ an Übereinstimmung, wenn auch für diese Vokale die Bedeutsamkeit einer so hohen (und über viele Jahre und Forschungsprojekte hinweg konsistenten) Ähnlichkeit der Beschreibungen für sich spricht, breit gehalten ist. Laut dem Forscherteam heißt es:

„Thus, eight out of nine subjects reported that 'u' was in the yellow to light brown range, 'i' was in the white to pale-grey range, and 'o' was white.“ (Baron-Cohen et al., 1993, S. 422)

Da man sich in Erinnerung behalten sollte, dass es um die Farbkodierung von Buchstaben geht, werden beispielsweise in der englischen Sprache sechszwanzig Farben benötigt. Dabei ist „yellow to light brown range“ – „die Spanne von Gelb bis Hellbraun“ – schon relativ weit definiert und die Annahme daher sicher nicht problemlos, dass die empfundene Farbe tatsächlich unter allen

Probanden und Probandinnen gleich war. Anders jedoch die eindeutige Zuordnung des Vokales „o“ zu einem reinen Weiß.

Das Erscheinungsbild einer synästhetisch hervorgerufenen Kopplung ist üblicherweise sehr einfach – es werden keine komplexen Erscheinungen hervorgerufen. Bei einer visuellen Erscheinung handelt es sich daher üblicherweise eher um eine Farbe oder eine räumliche Organisation in einfacher Anordnung als um ein komplexes Bild wie beispielsweise das eines menschlichen Körpers oder Gesichts. (Cytowic, 2002)

2.1.4 Neurale Modelle für die Erklärung des Phänomens Synästhesie

Gemäß Peter Grossenbacher und Christopher Lovelace deutet dies darauf hin, dass synästhetische Induktion nicht zwingend in den primären sensorischen Kortexarealen geschieht, jedoch zumindest in deren Umgebung bzw. diese wenigstens teilweise aktiviert sein können. (Grossenbacher & Lovelace, 2001)

Die primären sensorischen Kortexareale werden unterschieden in das visuelle, auditorische und somatosensorische Kortexareal. Reize werden von den Sinnesorganen über den Thalamus in diese Zentren weitergeleitet. Jedem primären sensorischen Kortexareal ist ein sekundäres sensorisches Areal zugeordnet, in dem teils aus einzelnen, teils aus Kombinationen von Reizen komplexere Verarbeitung passiert. (Gruber, 2004)

In einer bereits zuvor erwähnten Studie eines Forscherteams um Eraldo Paulesu wurden mit Hilfe einer Positronen-Emissions-Tomographie (PET) die Gehirnaktivitäten von sechs Synästheten, die gesprochene Wörter mit Farben verbinden, mit denen einer Kontrollgruppe aus sechs nicht synästhetisch empfindenden Personen verglichen. Die Versuchsgruppe wies erhöhte Aktivität in verschiedenen Zentren auf, die mit höherer Verarbeitung in Verbindung gebracht werden und eher den sekundären sensorischen Arealen zugeordnet sind. Die Studie zieht daraus den Schluss, dass die Induktion nicht in den frühen Abschnitten der sensorischen Reizverarbeitung entsteht, sondern in späteren, höhergeordneten Strukturen. (Paulesu et al., 1995)

Weitere mögliche Hinweise für die neurale Basis synästhetischer Induktion werden in der Beschreibung des räumlichen Auftretens der Kopplungen gesehen. Unter Synästheten, die bei der visuellen Wahrnehmung von Buchstaben eine Induktion von Farbe erfahren, gibt es verschiedene Aussagen über deren räumliche Organisation. Manche beschreiben das Phänomen als einen sichtbaren, einfarbigen Bildschirm, der innerhalb ihrer Reichweite, nicht jedoch innerhalb des Buchstabens erscheint. Andere nehmen den gesehenen Buchstaben farbig wahr, es gibt jedoch auch die wiederkehrende Aussage, die Farbe erscheine vor dem geistigen Auge. (Grossenbacher & Lovelace, 2001)

Die Ergebnisse der PET Studie des Forschungsteams um Eraldo Paulesu werden zudem unterstrichen durch einen weiteren Versuch, in dem ereigniskorrelierte Potentiale (EKP) gemessen wurden. Dabei handelt es sich um kleine Spannungsschwankungen, die im Gehirn bei der Wahrnehmung eines Reizes gemessen werden können bzw. aus dem Elektroenzephalogramm herausgelesen werden können.

Eine Versuchsgruppe aus siebzehn Synästheten und Synästhetinnen mit einer Induktion von Farbe beim Sehen eines Buchstabens wurde gegen eine ebenfalls siebzehnköpfige Kontrollgruppe getestet. Es zeigte sich, dass es ungefähr zweihundert Millisekunden nach der Wahrnehmung eines Reizes zu Unterschieden in den fließenden elektrischen Potentialen in den Gehirnen der Versuchs- und Kontrollgruppe kommt. Die Gruppe der Synästheten und Synästhetinnen wies eine mehrere hundert Millisekunden andauernde, verstärkte Positivität vor allem in frontalen Bereichen des Gehirns – wie beispielsweise den zuvor erwähnten primären und sekundären sensorischen Kortextarealen – auf. Dadurch zeigte sich, dass sowohl örtliche als auch zeitliche Parameter aus der PET-Studie von 1995 übereinstimmen. (Schiltz, 1999)

Die Theorie, dass Synästhesie eine neurale Basis hat, wird des Weiteren dadurch unterstützt, dass die hervorgerufenen Effekte unfreiwillig auftreten und für die betroffene Person nicht oder nur schwer ignorierbar sind. Eine Einzelstudie, die an einer Person durchgeführt wurde, die gesehene Zahlen mit Farben in Verbindung bringt, untersuchte diese Eigenschaft. Es wurde erkannt, dass die Versuchsperson beim Benennen von (für sie) inkongruent eingefärbten Zahlen im Vergleich zu inkongruent gefärbten Wörtern Schwierigkeiten hatte und sich mit der Aufgabe vergleichsweise schwerer tat als eine Kontrollgruppe.

Dabei wurde auch die Eindirektionalität synästhetischer Effekte aufgezeigt: Die Versuchsperson hatte nämlich keine Schwierigkeit damit, die Zahl zu nennen, die (für ihr Empfinden) inkongruent eingefärbt war – einzig die Benennung der Farbe

war problematisch. Außerdem wurde aufgezeigt, dass das aktive Unterdrücken einer synästhetisch induzierten Farbe zu einer Art von negativem Priming² führt, da Inkongruenzen sich in der Studie auch noch auf das nächste Versuchspaar auswirkten. (Odgaard et al., 1999)

Ob es für das Phänomen „Synästhesie“ einen neuronalen Ursprung gibt und wenn ja, wie dieser aussieht, konnte bis heute noch nicht eindeutig festgestellt werden. Peter Grossenbacher und Christopher Lovelace begründen ihre Vermutung für die Existenz einer neuronalen Basis darauf, dass die konkrete Ausprägung synästhetischer Effekte zwar sehr individuell und spezifisch ist, es jedoch auch viele Ähnlichkeiten auf einer allgemeineren Ebene gibt:

„Other aspects are more widely shared, such as the general forms of synesthesia, their constituent inducer sets, the sensory quality of their concurrents, the consistency and specificity of concurrents, and the rapid and automatic induction of these concurrents.“ (Grossenbacher & Lovelace, 2001, S. 38)

Diese Ähnlichkeiten im Auftreten synästhetischer Erscheinungen führt sie zu dem Schluss, dass es eine einzige neurokognitive Erklärung geben könnte, die alle Formen und Ausprägungen des Phänomens erklären kann.

Die Verarbeitung sensorischer Reize im menschlichen Gehirn basiert grundsätzlich auf mehreren, parallel zueinander arbeitenden Systemen, die Reize in hierarchischer Ordnung verarbeiten und ihre Ergebnisse an andere Systeme versenden. So wird die neuronale Projektion jedes Systems mit neuem sensorischen Input abgeglichen, wodurch ein immer genaueres und detailreicheres Bild in der menschlichen Wahrnehmung entsteht. (Felleman & Van Essen, 1991)

² „Priming ist die Beeinflussung der Verarbeitung eines Reizes dadurch, dass ein vorangegangener Reiz implizite Gedächtnisinhalte aktiviert hat.“ (Stangl, 2018)

Grossenbacher und Lovelace schlagen einen strukturellen Rahmen für eine mögliche Erklärung einer neuronalen Basis von synästhetischer Kopplung vor. Synästhetische Induktion ist gemäß ihrer Theorie ein Prozess neuronalen Austausches, der durch die Aktivität der sensorischen Verarbeitung des auslösenden Reizes gestartet wird und letztlich zu der Erzeugung eines mentalen Bildes führt. Sie gehen davon aus, dass es zu einer solchen kreuzmodalen Induktion entweder durch die Aktivierung von direkten Verbindungen zwischen den einzelnen Stadien der Repräsentation eines ankommenden Reizes im Gehirn kommt, oder durch den Feedback-Prozess in sensorischer Verarbeitung, der zuvor beschrieben wurde.

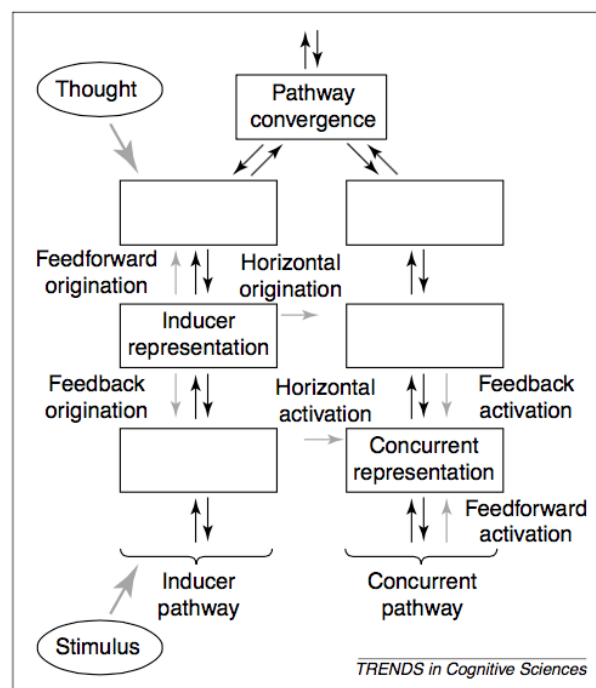


Abbildung 1: Ein Modell synästhetischer Kopplung nach Grossenbacher und Lovelace (2001, S.39)

Bei dem Versuch, ein Zentrum oder eine Stufe in der sensorischen Verarbeitung zu finden, die als Hauptauslöser von synästhetischen Kopplungen bezeichnet werden könnte, muss man sich also gemäß Grossenbacher und Lovelace auf die Suche nach einer Instanz machen, die polysensorisch arbeitet und das Feedback einer synästhetischen Induktion empfangen kann. Es werden keine eindeutigen Vermutungen angestellt, jedoch deutet für die beiden Forscher viel in dessen Funktionsweise auf den Sulcus Temporalis Superior, bekannt für seine Fähigkeit, polysensorisch zu arbeiten und üblicherweise oft in Verbindung gebracht mit sozialer Intelligenz und Wahrnehmung. (Grossenbacher & Lovelace, 2001; Hein & Knight, 2008)

Es existieren auch andere neurokognitive Modelle die versuchen, eine Erklärung für das Phänomen Synästhesie zu bieten. Bei Ramachandran und Hubbard etwa findet sich die Beschreibung eines *local cross-activation* Modells. Dieses basiert auf der Feststellung, dass das Zentrum V4 – Farbwahrnehmung – und das Zentrum für die visuelle Erkennung von Buchstaben topographisch sehr nah beieinander im selben Areal, dem Gyrus Fusiformis, liegen. Ihre These besagt daher, dass das Potenzial für Neuronen bestünde, sich untereinander auszutauschen, was zu dem Effekt einer Synästhesie führen könnte.

Dazu könnte es laut den Forschern durch Fehler bzw. genetischen Mutationen kommen, die den Vorgang des *Axonal Pruning*, also dem bereits zuvor beschriebenen Abbau neuronaler Verbindungen im Verlauf der Kindheit, beeinflussen und teilweise verhindern. (Ramachandran & Hubbard, 2001; Ramachandran & Hubbard, 2005)

Dies würde, gegeben der geographischen Nähe im Gehirn, eine plausible Erklärung für Buchstaben-Farben-Synästhesie bieten. Bedenkt man andere Ausprägungen synästhetischer Erscheinungen, kann die Theorie jedoch in Frage gestellt werden.

Ein weiteres Modell, das auf *cross-activation* aufbaut und andere Studien jedoch zu widerlegen scheint, stammt von Rich et al. aus dem Jahr 2006. Sie führten einen Versuch durch, in dem die Vorstellung von Farben mit synästhetischen Induktoren im fMRT³ gegenverglichen wurden.

Dabei konnte festgestellt werden, dass synästhetisch induzierte Farben (bei Buchstaben-Farben-Synästhesie) mit am fMRT ablesbarer Aktivität im linken medialen gyrus lingualis verbunden sind. Dieses Gebiet wird mit dem Abrufen von Farbinformationen assoziiert. Dabei wurde keine außergewöhnliche Aktivierung im Areal V4 wie bei Nunn et al. und anderen Studien festgestellt. (Nunn u. a., 2002; Rich u. a., 2006) Gemäß Hochel und Milán könnte dies jedoch an der individuellen Ausprägung des Phänomens Synästhesie liegen und es wäre relevant zu überprüfen, ob die beschriebenen Versuchspersonen von Rich et al. gemäß eigener Beschreibung *projector* oder *associator*⁴-Synästheten waren. (Hochel & Milán, 2008)

³ funktionelle Magnetresonanztomographie

⁴ *Projector* bzw. *Associator* gibt Auskunft über die Art des Eindrucks, den ein Synästhet erfährt. Darauf wird in Kapitel 2.1.6 genau eingegangen.

2.1.5 Vorbewusst oder kognitiv?

Ein weiterer nicht völlig schlüssig aufgeklärter Aspekt von Synästhesie ist, ob eine Kopplung stets Vorbewusst, oder erst auf kognitiver Ebene auftritt. Wie in vielen dieser Streitpunkte gibt es auf beiden Seiten phänomenologische Beobachtungen, die als Beweise angesehen werden können.

Für ein Vorbewusstes Auftreten einer synästhetischen Kopplung spricht beispielsweise eine Studie von Ramachandran und Hubbard aus dem Jahr 2001, in der Buchstaben-Farben-Synästheten und -Synästhetinnen vor einen altbekannten visuellen Test gestellt wurden. (Ramachandran & Hubbard, 2001) Dabei handelt es sich um den sogenannten „Crowding“-Effekt.

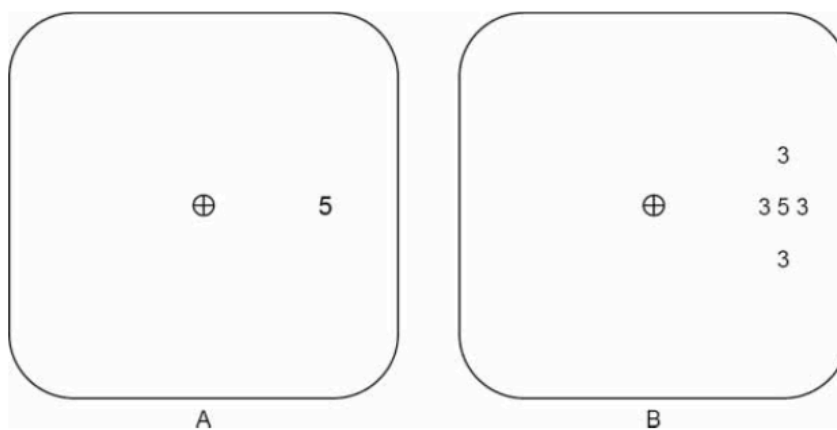


Abbildung 2: Crowding-Effekt nach Hochel und Milán (2008, S. 104)

Fokussiert man den Blick im Bild A auf das Kreuz in der Mitte der Form, erkennt man aus dem Augenwinkel die Zahl 5 am rechten Rand, ohne den Blick abwenden zu müssen. Ist die Zahl von anderen Zahlen umgeben, wie in Bild B, ist es nicht möglich, die in der Mitte stehende Zahl zu erkennen. Es wurde beobachtet, dass sich dies ändert, wenn die in Frage stehende Zahl eingefärbt ist und sich dadurch aus der Masse hervorhebt. (Kooi et al., 1994)

Ähnliches wurde bei der Versuchsgruppe der Synästheten und Synästhetinnen beobachtet. Gemäß ihren Aussagen konnten sie die gesuchte Zahl aus der Menge herauslösen, da sie in ihrer Wahrnehmung durch den Farbunterschied herausstach. (V S Ramachandran & Hubbard, 2001)

Ein widersprüchliches Beispiel dazu findet sich bei Mattingley, Rich, Yelland und Bradshaw aus dem Jahr 2001, in deren Studie fünfzehn Synästheten und Synästhетinnen vor verschiedene Priming-Tests gestellt wurden. In einem dieser Tests wurde der Versuchsgruppe in einer sehr kurzen Dauer zwischen 28 und 56 ms ein Buchstabe gezeigt, der danach sofort durch eine Farbfläche ersetzt wurde. In einer derart kurzen Zeit ist es unmöglich, den Buchstaben bewusst wahr zu nehmen. Die Versuchsgruppe wurde angehalten, die Farbe der Fläche anzugeben, die ihnen gezeigt wurde.

Wäre es zur Induktion einer Farbwahrnehmung gekommen, hätten die Versuchspersonen gemäß des Priming-Effekts eine schnellere Reaktion als Nicht-Synästheten bzw. -Synästhетinnen aufweisen müssen, wenn die Farbfläche und die durch den Buchstaben in ihrem Kopf induzierte Farbe den identen Farbton hatten. Dies konnte allerdings nicht gemessen werden. In einem Kontrolltest, bei dem keine Farbflächen nach dem Ablauf der 28 bzw. 56 Millisekunden gezeigt wurden, sondern Buchstaben, wiesen alle Versuchspersonen den klassischen Priming-Effekt auf. Handelte es sich sowohl in der kurzen als auch der langen Anzeige um den selben Buchstaben, konnten sie diesen messbar schneller benennen.

Dies weist gemäß der Studie darauf hin, dass es keine vorbereusste, synästhetische Induktion gegeben haben kann. (Mattingley et al., 2001)

2.1.6 Synästhesie erlernen?

Wie bereits zuvor festgestellt wurde, können synästhetische Kopplungen nicht erlernt werden. Es finden sich jedoch zahlreiche Versuche, eine Verbindung von zwei Stimuli, die dem Phänomen einer Synästhesie ähneln, durch Konditionierung herzustellen.

In einer Studie von Nunn et al. wurde nicht nur ein solcher Versuch überprüft, sondern auch eine andere, wichtige Entdeckung gemacht. Durch fMRT-Analyse von zwölf Synästheten und Synästhетinnen wurde aufgezeigt, dass die Gehirnareale V4 und V8, die in festem Bezug zur Wahrnehmung von Farben stehen, bei der Wahrnehmung ihres jeweiligen Induktors (im konkreten Fall gesprochene Wörter) erhöhte Aktivität zeigen. Gleichzeitig konnte keine erhöhte Aktivität in den visuellen Zentren V1 und V2 festgestellt werden, was die

Forscher zu der Annahme führte, dass die frühen Phasen visueller Verarbeitung im Gehirn nicht zwingend an der Entstehung einer visuellen Synästhesie beteiligt sein müssen. (Nunn et al., 2002)

Des Weiteren wurde in der Studie des Teams um J. A. Nunn eine Kontrollgruppe aus zehn Personen ohne synästhetische Veranlagung geprüft, deren Gehirne in den Zentren V4 und V8 beim Hören der Induktor-Wörter, wie erwartet, keine erhöhte Aktivität zeigte. Interessant dabei ist jedoch, dass die Kontrollgruppe im Vorhinein auf die Verbindung der gegenständlichen Wörter mit Farben hintrainiert wurde. Sie lernten in einem Computerprogramm acht Kombinationen aus Wörtern zu Farben, die Kombinationen entsprachen dabei den Beschreibungen der Versuchsgruppe aus Synästheten und Synästhetinnen. Die Kontrollgruppe musste sich die Verbindungen einprägen und diese auswendig lernen und fehlerfrei wiedergeben können, bevor die fMRT-Tests durchgeführt wurden. Wie bereits erwähnt, konnte trotz dieses Trainings und des Bewusstseins keine erhöhte Aktivität in den relevanten Gehirnzentren festgestellt werden. (Nunn et al., 2002)

Die bereits zuvor erwähnte Studie von Rouw und Scholte aus dem Jahr 2007 über *hyper-connections* im Gehirn von Synästheten und Synästhetinnen ist auch für dieses Thema relevant. Ihre Erkenntnisse führen sie zu Vermutungen über physiologische Hintergründe für die Unterscheidung von synästhetischen Ausprägungen, die *associator* und *projector* genannt werden. Ein *projector* gibt an, eine Farbe, Form oder andere induzierte visuelle Erscheinungen im Blickfeld wahrnehmen zu können, während *associators* die Kopplung eher vor ihrem „geistigen Auge“ wahrnehmen, und eher ein Gefühl beschreiben als einen Sinnesreiz.

Wie bereits erwähnt, stellten die Forscher mittels Diffusion-Weighted Magnetic Response Imaging (auch Diffusion Tensor Imaging, kurz DTI, eine Methode, die sich vor allem eignet, um Gewebe zu analysieren) unter Synästheten und Synästhetinnen eine erhöhte Verschaltung von weißer Substanz in bestimmten Gehirnarealen fest. Im Zuge dessen wurde außerdem festgestellt, dass besonders hohe Ergebnisse des DTI im Cortex Temporalis Inferior, assoziiert mit der Erkennung visueller Eigenschaften wie Farbe, Muster und Form, in direktem Zusammenhang mit *projector*-Synästheten standen. (Rouw & Scholte, 2007)

Kritik an der Annahme der Notwendigkeit struktureller Veränderungen des Gehirns zur Ausprägung einer Synästhesie findet sich beispielsweise bei den bereits zuvor in dieser Arbeit zitierten Peter Grossenbacher und Christopher Lovelace, die argumentieren, dass mit Hilfe von halluzinogenen Drogen auch im

strukturell unauffälligen Gehirn synästhetische Effekte erzeugt werden können. (Grossenbacher & Lovelace, 2001)

Ob der durch chemische Substanzen induzierte Effekt tatsächlich dem Phänomen Synästhesie entspricht, bleibt jedoch fraglich, nicht zuletzt, da es schwer nachweisbar ist. Kritik dazu findet sich beispielsweise bei Ramachandran und Hubbard. (Ramachandran & Hubbard, 2005)

Eine Brücke zwischen den verschiedenen Theorien über die Herkunft und Entstehung synästhetischer Effekte schlägt das *Reentrant Processing Model* („Bidirektionale Verarbeitung“). Hierbei wird die Annahme getroffen, dass an den visuellen Verarbeitungszentren im Gehirn Information sowohl vorwärts, also *bottom-up*, als auch rückwärts, *top-down*, vorbei läuft. Sieht beispielsweise ein/e Buchstaben-Farben-Synästhet oder -Synästhetin einen Auslöser, also einen Buchstaben, wird ein vom Sinnesorgan geprägter Reiz erst in *low-level processing* verarbeitet; hierbei handelt es sich um die Erkennung grober, visueller Eigenschaften. Im Gyrus Fusiformis werden Eigenschaften der erkannten Form ausgewertet, bevor im Gyrus Fusiformis Anterior die Bedeutung des Gesehenen abgefragt wird. Im Gehirn des *projector*-Synästheten bzw. der *projector*-Synästhetin bildet sich eine Art „Feedbackschleife“, da nun sowohl von *low-level*-Seite, also von den Sinnesreizen, als auch von *high level*-Seite, also der Bedeutung des Gesehenen her, Information an das Farbzentrum V4 geschickt wird. (Smilek et al., 2001)

2.1.7 Synästhesie oder Multimodale Wahrnehmung?

Richard Cytowic, einer der führenden Forscher am Gebiet der Synästhesie, stellte fünf Merkmale zusammen, die der Qualifizierung einer Synästhesie verhelfen sollen. Diese lauten:

1. It is involuntary and automatic
2. It is consistent and generic
3. It is spatially extended
4. It is memorable
5. It is affect-laden (Cytowic, 2002, S. 288)

Ziel dieser Kriterien ist der Versuch, eine klare Linie zu definieren, die das Phänomen Synästhesie von alltäglicher, multimodaler Wahrnehmung abtrennt.

Die eher vorsichtig gehaltene Formulierung ist jedoch hierbei sowohl Lösung als auch Problem, denn für viele sind diese Eigenschaften nicht klar genug festlegbar, um eine wissenschaftliche Unterscheidung untermauern zu können. (Cretien, 2008)

Die verschiedenen Arten synästhetischer oder synästhetisch anmutender Erscheinungen – neuronale Modelle, entwicklungspsychologische Ansätze unter Betrachtung des kulturellen Kontextes, Erfahrungsberichte chemisch induzierter Effekte und weitere – unter einer vereinheitlichenden Erklärung zu betrachten, fällt der Wissenschaft bis heute schwer. Vielmehr wird versucht, ein System zu finden, in dem jede dieser Theorien ihren Beitrag darin leistet, einzelne Aspekte einer anderen zu erklären oder diese zumindest zu unterstützen. (Smilek & Dixon, 2008; Ward, 2008)

2.2 Design-Based Research

2.2.1 Definition

2.2.1.1 *Der Design-Begriff*

Aus verschiedenen Ansätzen, den Begriff Design zu definieren, lässt sich die Gemeinsamkeit herauslesen, dass beim Designprozess eine Harmonie aus gestalterischem Anspruch und funktioneller Anwendbarkeit gefunden werden muss.

Cobb (2001) beschrieb vier Schritte, wie ein solcher Prozess gestartet werden kann:

„The development of cognitive theory.

The derivation of principles for design from the cognitive theory.

The translation of the principle into concrete designs.

The assessment of the designs to test whether they work as anticipated.“ (Cobb, 2001, S. 456)

Zuerst wird eine Theorie aufgestellt, wie eine beliebige Aufgabe zu bewerkstelligen sein könnte. Danach werden grundsätzliche Herangehensweisen, wie man eine Lösungsmethode gestalten könnte, aufgestellt. Aus diesen Herangehensweisen wird eine konkrete, anwendbare Methode geschaffen, die dann in der Praxis auf Verwendbarkeit überprüft wird.

Cobb selbst beschreibt unmittelbar im Anschluss an die Vorstellung dieser Arbeitsabläufe, dass er es für fragwürdig erachte, ob sie in der realen Welt der Forschung jemals in dieser strikten Abfolge durchgeführt werden würden. Jedoch hält er daran fest, dass dies eine ideale Abfolge sei, um ein sinnvolles Design für einen Prozess zu erarbeiten. (Cobb, 2001)

In einer Zusammenfassung verschiedener Forschungsberichte von Edelson (2002) liest man von einer anderen, strukturell freieren Methode als der von Cobb Vorgeschlagenen. Hierbei wird ein Prozess vorgestellt, in dem Design

schon bei der Entwicklung einer Theorie ins Spiel kommt und nicht erst, wie bei Cobb, zu dessen funktioneller Überprüfung. Dazu fängt man mit mehreren, generell gehaltenen Hypothesen an, die den Gestaltungsprozess umschreiben sollen, ohne zu sehr ins Detail zu gehen. Sollten sich an irgendeinem Zeitpunkt der Entwicklung neue Ergebnisse oder Beobachtungen auftun, die zu den formulierten Hypothesen im Widerspruch stehen, soll nicht davor gescheut werden, diese zu verwerfen oder zu modifizieren. Durch wiederholte Durchführung, Analyse und Verbesserung soll ein optimales Design für den zu entwickelnden Prozess gefunden werden. Dies kann als die Basis des Verfahrens *Design-Based Research* gesehen werden.

„Through a parallel and retrospective process of reflection upon the design and its outcomes, the design researchers elaborate upon their initial hypotheses and principles, refining, adding, and discarding – gradually knitting together a coherent theory that reflects their understanding of the design experience.“ (Edelson, 2002, S. 106)

2.2.1.2 Unterschied zwischen klassischem Design und Design-Based Research

Der Unterschied zwischen Design-Based Research, also der Anwendung von Design in der Entwicklung von Theorien in der Forschung, und dem „klassischen“ Designprozess liegt also, gemäß Edelson, in vier Eigenschaften, welche die Wissenschaftlichkeit des Prozesses unterstreichen:

- *Research driven*: Wie in der klassischen Forschung sollte sich der Designer bzw. die Designerin stets der bereits geleisteten, akademischen Vorarbeit auf seinem oder ihrem Gebiet bewusst sein. Nun wurde zuvor erwähnt, dass viele anfangs aufgestellte Hypothesen im Prozess wieder verworfen werden – kein in der Forschung üblicher Modus –, das sollte jedoch nicht bedeuten, dass sich der Designer bzw. die Designerin sämtliche Methodik unbegründet ausdenkt. Er oder sie sollte, wann immer möglich, auf geleistete Forschungsarbeit zurückgreifen, sich darüber bewusst sein, wann und vor allem warum er oder sie von bekannten Ergebnissen abweicht und falls er oder sie Entscheidungen aus Intuition trifft, diese begründen können und erwähnen.
- *Systematic documentation*: Gründliche Dokumentation aller Umstände und Entscheidungen gilt in der klassischen Forschung als

Selbstverständlichkeit, wird jedoch in der Gestaltung von Lehrmethoden oft vernachlässigt, indem am Ende einzig die Methode vorgestellt wird, ohne deren Entstehung dokumentiert zu haben. Die *Geheimnisse*, die im klassischen Design-Prozess oft die Wirkung des Endprodukts ausmachen, sind im wissenschaftlichen Design-Prozess klar und deutlich offen zu legen.

- *Formative evaluation*: Um Unzulänglichkeiten in allen Phasen des Design-Prozesses – von der Problemanalyse über dessen Lösungsweg und den Gestaltungsprozess, der dazu führte – zu erkennen, sollte der Fortschritt und die Methode ständig evaluiert werden. Die Kette aus Design, Feedback und Überarbeitung sollte nahezu andauernd angewandt werden, um das Übersehen von Fehlern auszuschließen.
- *Generalization*: Diese kommt üblicherweise mit dem Abschluss eines wissenschaftlichen Designprozesses. Hierbei soll der Designer bzw. die Designerin seinen oder ihren Fokus von dem konkreten, oft sehr spezifischen Projekt weg hin auf einen größeren Kontext legen. Die Beobachtungen und Erkenntnisse aus dem detaillierten Einzelfall sollen Denkanstöße dafür bilden, gebietsübergreifende Herangehensweisen und Theorien zu entwickeln. (Edelson, 2002)

2.2.1.3 Zielsetzung des Design-Based Research-Verfahrens

Es ist weder Ziel noch Ursprung von Design-Based Research, durch eine bestimmte, festgelegte Methodologie ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Die Methode rückt eigentlich beinahe gänzlich in den Hintergrund, da sich die Strategie vielmehr durch ihren Anspruch definiert, und dieser lautet, nachhaltige Innovation zu erschaffen. Auf Bildungswissenschaften bezogen bedeutet dies, sich von dem Gedanken weg zu bewegen, eine Lehrmethode anhand der oft engmaschigen Vorschriften traditioneller Experimentalforschung zu entwickeln. Da das Lernen ein sehr komplexer Vorgang ist, wird erhofft, durch das bereits zuvor erläuterte Zusammenspiel aus Design, Evaluation und Revision effektivere Methoden erarbeiten zu können. (Reinmann, 2015)

2.2.1.4 Spezifische Merkmale des Design-Based Research-Verfahrens

Bei Reinmann (2015) findet sich eine Zusammenstellung der Interpretationen mehrerer Autoren über die vier spezifischen Merkmale des Design-Based Research. Diese sind der Stellenwert des Designs, die Zielsetzung, das

forschungsstrategische und –methodische Vorgehen und die die Methode begründende Motivation.

- *Der Stellenwert des Designs:* Wie bereits zuvor erwähnt, findet im Design-Based Research der Gestaltungsprozess nicht, wie gehabt, erst in der Evaluation eines Konzepts seine Bedeutung, sondern bereits in der Formulierung von Theorien und Hypothesen und, in Konsequenz, in allen weiteren Teilbereichen. Die Zusammenarbeit mit Versuchspersonen ist durch die hohe Abhängigkeit von ständigem Feedback nahezu impliziert.
- *Zielsetzung:* Wie in Punkt 2.2.1.3 erläutert wurde, ist es das erklärte Ziel des Design-Based Research Verfahrens, neue, nachhaltig innovative Methoden und Zugänge zur Prozessoptimierung unter ständiger Beachtung wissenschaftlicher Arbeitsmethoden zu erschaffen.
- *Forschungsstrategisches und -methodisches Vorgehen:* Durch das Loslösen von einer strikt vorgeschriebenen Methodologie kann Design-Based Research sowohl für Grundlagenforschung, als auch für angewandte Forschung oder deskriptiv-narrative Forschung angewandt werden. Der Prozess ist sowohl vorrausschauend als auch reflektierend, da Hypothesen zwar – wie in der klassischen Forschung – auf Grund von geleisteter akademischer Vorarbeit aufgestellt werden, diese jedoch im Laufe des Prozesses wiederholt in Frage gestellt und überprüft, sowie gegebenenfalls geändert werden.
- *Motivation:* Die zu Grunde liegende Motivation hinter der Anwendung von Design-Based Research ist *out-of-the-box-thinking*, also außerhalb der gegebenen Richtlinien denkend zu arbeiten, um Innovationen zu erschaffen. Diese neuen Denk- und Herangehensweisen sollen, vor allem in Bezug auf Bildungswissenschaften, neue Wege aufzeigen, um Unterricht effektiver zu gestalten und das Potenzial zu nutzen, das in zum Teil signifikant hohem Zeitaufwand, der in Unterricht gesteckt wird, vorhanden ist. (Reinmann, 2015)

2.2.1.5 Abgrenzung von Design-Based Research gegenüber anderen Forschungsansätzen

Wie bereits im Kapitel der spezifischen Merkmale des Design-Based Research Verfahrens erwähnt, gibt es einige klare Abgrenzungsmerkmale dieses Forschungsansatzes gegenüber *bewährten* Methoden wie etwa der Experimental- oder Evaluationsforschung. Dabei geht es maßgeblich um die Ansicht, was eine Intervention ausmacht und welchen Zweck sie erfüllen soll.

Nach Reinmann sollten diese im Design-Based Research-Ansatz holistisch⁵ sein, also „*Interaktionen zwischen Methode, Medien, Materialien, Lehrenden und Lernenden*“ darstellen. (Reinmann, 2015, S. 11) Demzufolge steht eine solche Intervention in unlösbarer Verbindung zu ihrem Kontext. Während sich in der klassischen Forschung die Attribute Neuheit, Nützlichkeit und Validität als Bewertungskriterien etabliert haben, misst sich das Design-Based Research Verfahren, oder die Ergebnisse dessen, bevorzugt an Neuheit, Nützlichkeit und nachhaltiger Innovation. Statt auf statistische Analysen zur Beweisführung zurückzugreifen, wird versucht, durch schlüssige Erklärung eine ausreichend starke Überzeugungsgrundlage zur Legitimation der Ergebnisse zu schaffen. Dabei soll, wie zuvor bei Edelson (2002) in der Abgrenzung zwischen klassischem Design und Design-Based Research unter dem Punkt *Generalization* aufgeführt, stets die Brücke vom Detail in die Gesamtheit geschlagen werden, also das im Einzelfall erlernte Wissen dazu genutzt werden, fachgebietsübergreifende Theorien aufzustellen. Dies stellt ein Abgrenzungskriterium gegenüber klassischer Evaluationsforschung, die sich üblicherweise auf einen konkreten Fall bezieht und diesen behandelt, dar. (Edelson, 2002; Reinmann, 2015)

2.2.2 Ablauf

Wie in Kapitel 2.2.1 erarbeitet wurde, folgt Design-Based Research dem Prinzip, dass eine Problemstellung beschrieben wird, durch Analyse des Forschungsstandes und innovative Ideen Lösungswege erarbeitet werden und diese in einer praktischen Umsetzung erprobt und evaluiert werden. Die Ergebnisse dieses Vorganges fließen dann erneut in die Entwicklung des Prozesses ein, wodurch dieser modifiziert und abermals evaluiert wird. Dieser Kreislauf wird in einer nicht bestimmten Anzahl an Wiederholungen durchgespielt, bis ein Ergebnis feststeht.

⁵ „*Holismus bedeutet die Ganzheits- und Zweckbetrachtung des biologischen Lebens. [...] Holistisch [...] bedeutet, dass alles miteinander verbunden ist und dass es [...] nichts gibt, was unabhängig vom Ganzen existiert.*“ (Schwager 2018)

2.2.2.1 McKenney und Reeves: a generic model for educational design research

A generic model for EDR

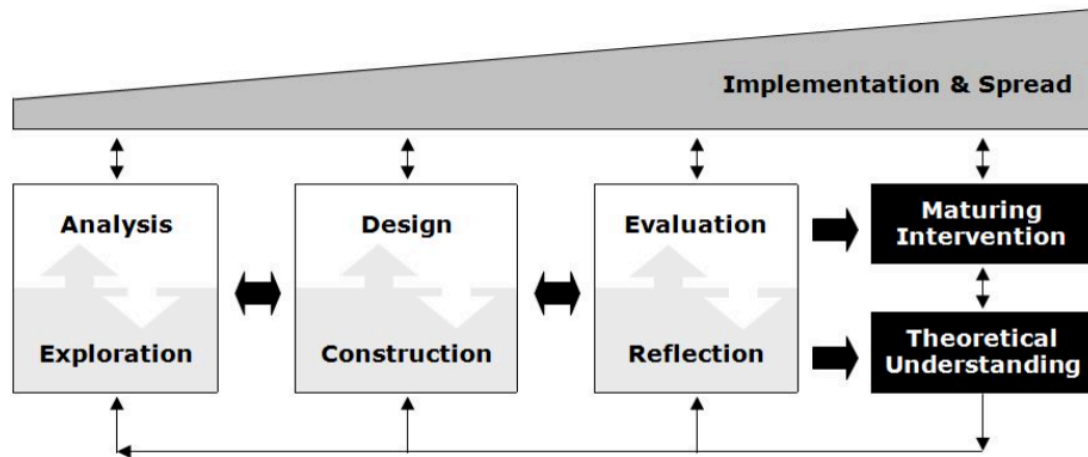


Abbildung 3: Modell für Education-Design-Research nach Mckenney (2013, o.S.)

Im oben abgebildeten Modell von Susan McKenney und Thomas C. Reeves sieht man, selbst wenn die Abbildung zuerst wie eine lineare Zeitabfolge anmuten mag, dass alle Phasen der Entstehung einer Intervention in Wechselwirkung miteinander stehen. Diese Phasen sind Analyse und Forschung, Design und Erstellung eines Prozesses sowie Evaluation und Reflektion. Sie führen gemeinsam zum Ergebnis einer Intervention, die immer weiter reift und zu einem erhöhten theoretischen Verständnis des formulierten Problems führt. Auch diese beiden Ergebnisse stehen in Wechselwirkung nicht nur zueinander, sondern auch zu jeder der drei Phasen. Parallel dazu verläuft ein im Laufe des Entstehens der Intervention an Bedeutsamkeit stets zunehmender Prozess der praktischen Umsetzung sowie des Testens der erarbeiteten Methode und der Verbreitung des Erlernten, wie zuvor erwähnt, vom Einzelfall auf generalisierende Theorien. (McKenney, 2013)

2.2.2.2 Euler: Sechsstufiges Modell zum Design Research

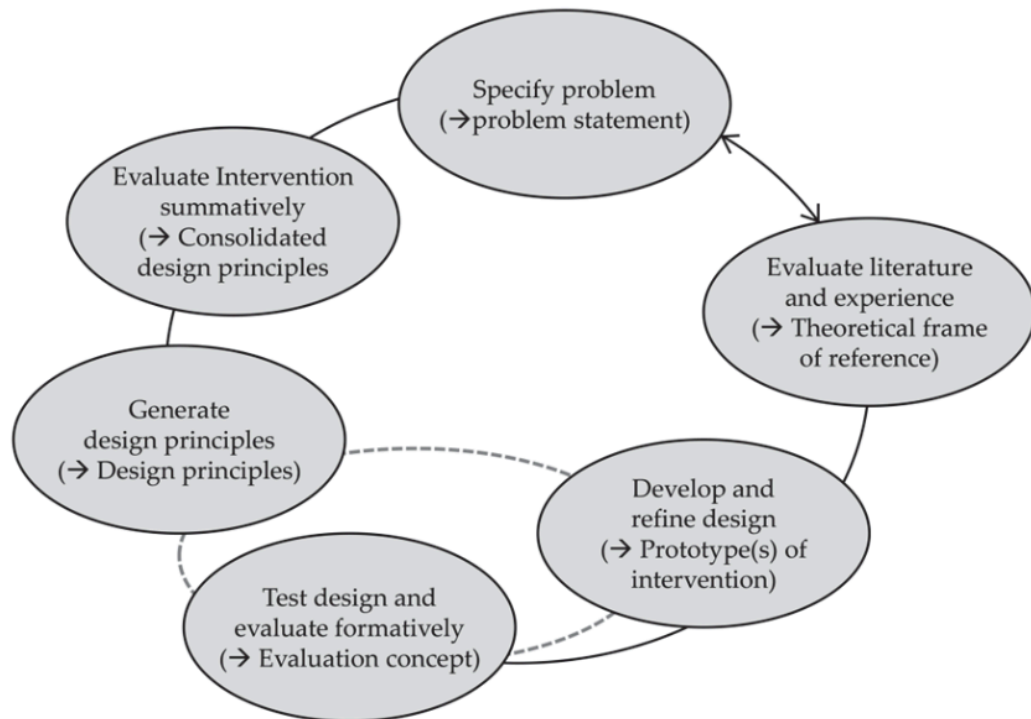


Abbildung 4: Sechsstufiges Modell zum Design-Research-Prozess nach Euler (2014, S. 20)

Eine auf den ersten Blick anschaulichere Darstellung des zyklischen Arbeitsablaufes findet sich bei Euler (2014). Hier beginnt der Kreislauf, wie gehabt, mit dem Erkennen und Formulieren einer Problemstellung, danach wird Literatur und Forschung ausgewertet, um einen Rahmen an Vorwissen zu erarbeiten, auf den sich gestalterische Ansätze berufen können. Ein Design wird entwickelt und gegebenenfalls anhand von Prototypen veranschaulicht. Im nächsten Schritt wird die entstandene Methode getestet und evaluiert. Im Erfolgsfall werden Prinzipien aufgestellt, die über den konkreten Einzelfall hinaus Gültigkeit finden können. Von der Entwicklung des Designs bis zu diesem Punkt existiert ein eigener, kleiner Kreislauf, da innerhalb dieser Phasen der Großteil des Entwicklungsprozesses der Methode erfolgt. Ist die Methode erarbeitet, kann sie, als Summe vieler einzelner Design-Entscheidungen, noch einmal als Gesamtmaßnahme evaluiert werden. Bemerkenswert im Modell von Euler ist, dass in jeder Phase explizit auf die Beziehung und Ähnlichkeit zu verwandten Vorgängen in der *klassischen* Forschung verwiesen wird. (Euler, 2014)

2.3 Lern- und Unterrichtsstrategien in der musikalischen Gehörbildung

2.3.1 Lernvorgänge, -strategien und -typen

Das Fundament jedes erfolgreichen Lernvorganges wird gemäß Forschungskreisen auf drei Säulen aufgebaut: Wissen, Motivation und effizienten Lernstrategien. Diese Aspekte sind stark miteinander verbunden, denn: bleibt einer aus, kann dieses Fehlen durch die anderen beiden Faktoren allein kaum wieder aufgeholt werden. (Alexander, 2003)

Wissen und Motivation sprechen zum größten Teil für sich, was eine „effiziente Lernstrategie“ dagegen konstituiert, bleibt vergleichsweise offen. Bei Chamot (2004) findet sich die Definition, Lernstrategien seien die Gesamtheit aus Gedanken und Aktionen, die im Lernprozess verarbeitet bzw. ausgeführt werden, um ein spezifisches Ziel zu erreichen. (Chamot, 2004)

Effektive Lernstrategien zu erarbeiten, also Sätze aus Gedanken und Aktionen, die sinnvoll zu einem bestimmten Ziel führen, zu finden, liegt wiederum in der Hand des Lehrenden und kann ein sehr wichtiges Mittel am Weg zum Erreichen eines Lernzieles sein. Nach Weinstein und Mayer (1983) sollte guter Unterricht dem oder der Lernenden nicht nur beim Lernen an sich, sondern auch beim Erinnern, Denken und der Erhaltung der eigenen Motivation helfen. (Weinstein & Mayer, 1983)

Eine in der Forschung generell akzeptierte Tatsache ist, dass selbstreguliertes Lernen eine wichtige Rolle in der Entwicklung darstellt. Selbstregulierte Lernstrategien definieren sich nach Pintrich als:

„an active, constructive process whereby learners set goals for their learning and then attempt to monitor, regulate, and control their cognition, motivation, and behavior, guided and constrained by their goals and the contextual features in the environment. These self-

regulatory activities can mediate the relationships between individuals and the context, and their overall achievement.“ (Pintrich, 2000, S. 453)

Eine ausführliche Zusammenfassung mehrerer Aspekte selbstregulierter Lernstrategien in Bezug auf das Erlernen von Sprachen findet sich beispielsweise bei Chamot (2004). Es zeigt sich, dass „gute“ Lerner und Lernerinnen, also Lernende, die rasche Fortschritte erzielen, mehr verschiedene Lernstrategien aktiv anwenden als langsame Lerner und Lernerinnen. Außerdem kann ein/e gute/r Lerner/in zielsicherer die effektivste Lernstrategie für sich selbst identifizieren und auswählen. (Chamot, 2004)

Um Lernende auf diesen Weg des selbst-organisierten Fortschritts zu bringen, sollten daher auch Lehrende dahingehend arbeiten, Lernstrategien zu unterrichten und dabei zu unterstützen, den eigenen gedanklichen Prozess analytisch zu betrachten. Eine Studie aus dem Bereich des Erlernens von Leseverständnis unterstreicht dies. (Kletzien, 1992)

Das Wissen über verschiedene Lernstrategien und die Fähigkeit, bewusst zwischen diesen wählen zu können, wird als einer der wichtigsten, bestimmenden Faktoren darüber eingeschätzt, wie schnell eine Person Fortschritte beim Erlernen neuer Dinge macht und in weiterer Folge, wie erfolgreich sie im beruflichen oder akademischen Leben sein wird. (Siegler, 2016)

Ein wichtiger Faktor für die richtige Wahl der anzuwendenden Lernstrategie ist, dass die gestellte Aufgabe von dem oder der Lernenden klar verstanden wird. Gibt es Unsicherheit (oder, in Konsequenz dessen, sogar Gleichgültigkeit) darüber, worum es in der konkret gestellten Aufgabe überhaupt geht, kann davon ausgegangen werden, dass das Resultat des Lernprozesses nicht optimal sein wird. Ist einem Schüler oder einer Schülerin in der Gehörbildung etwa nicht klar, ob er oder sie sich einen gehörten Klang einprägen oder akkurat aufschreiben können soll, wird dies die Auswahl der Lernstrategie des Schülers oder der Schülerin – möglicherweise im negativen Sinne – beeinflussen. (Blix, 2013)

Auch der Lerntyp eines Schülers bzw. einer Schülerin spielt bei der Auswahl von Lernstrategien eine entscheidende Rolle. Sowohl Lehrer und Lehrerinnen als auch Schüler und Schülerinnen sollten sich stets darüber im Klaren sein, dass eine Vielzahl an soziologischen, physischen, psychologischen und

umweltbedingten Einflüssen existieren, die sich auf das individuelle Lernverhalten eines Lernenden auswirken können. Die Unterscheidung zwischen auditivem, visuellem, haptischem und kognitivem Lerntyp bildet nur eine von vielen Klassifikationen, die bedacht werden sollten. (Kazu, 2009)

2.3.2 Lernstrategien in der Musik- und Instrumentalpädagogik

Da musikalische Entwicklung schwer in Zahlen und Fakten messbar ist und weniger konkrete Ziele geschaffen werden können als beispielsweise in mathematischen Disziplinen (kann ein korrekter Lösungsweg gefunden werden oder nicht?), fällt es schwer, über die Effektivität von Lernstrategien an Hand klarer Ergebnisse zu forschen. Dennoch gibt es eine nennenswerte Reichweite an Studien, die sich diesem Thema widmen.

McPherson (2005) führte eine dreijährige Studie durch, in der Kinder im Alter zwischen sieben bis neun Jahren beim Erlernen eines Instrumentes beobachtet wurden. Durch Leistungsüberprüfungen wie das Aufführen erlernter Stücke, Spielen nach Gehör, Spielen vom Blatt und Ähnliches sowie Gespräche mit den Eltern der Kinder am Schuljahresende, um die Übungsgewohnheiten der Kinder zu erheben, wurde versucht, Schlüsse auf die Lernstrategien der Kinder und deren Erfolgsquote zu schließen. Der Versuch ergab, dass Kinder, die in einem musikalischen Sinne geeignete Lernstrategien anwandten, bedeutend schneller Fortschritte erzielten als Kinder, die mit geringer ausgeprägter Systematik an das Erlernen des Instrumentes herangingen. Viele Schüler, die keine geeigneten Strategien anwandten, legten das Instrument bereits nach kurzer Zeit beiseite.

Dies führt McPherson zu dem Schluss, dass musikalische Entwicklung von viel mehr Faktoren abhängt als lediglich daran, wie gut bzw. fehlerfrei ein Schüler oder eine Schülerin ein bestimmtes, gelerntes Stück wiedergeben kann. (McPherson, 2005)

Geeignete musikalische Lernstrategien werden beispielhaft in der Studie benannt. Zu jeder der verschiedenen Aufgaben werden mehrere Strategien für verschiedene Lerntypen – visuell, taktil, konzeptuell, musikalisch – aufgeführt, die aus den Beschreibungen von Kindern hervorgegangen sind. So gab es für das Nachspielen einer Melodie aus dem Gedächtnis beispielsweise folgende Herangehensweisen:

„I picture them (die Noten, Anm.) in my mind. I take a photograph and keep it in my mind. That's what my mum told me to do with phone numbers.“ (Visuelle Strategie)

„I was just going through it like this (then chants the rhythm of the melody while demonstrating how it would be fingered on the instrument“ (Taktile Strategie)

„I was singing it through while I was playing it on my instrument. Like this. (The child demonstrates mental rehearsal of the music by singing the melody out aloud while fingering it through on the instrument). I kept doing this over and over until you covered the music and asked me to play it back.“ (Musikalische Strategie) (McPherson, 2005, S. 22)

Um einen Schüler oder eine Schülerin auf einen solchen Weg des selbstregulierten Lernens zu führen, schlägt McPherson einige Strategien für Lehrende vor. So sollen sie ihre Schüler und Schülerinnen dazu auffordern, zu erklären, wie sie an eine Aufgabe herangehen, wie sie sich beim Erledigen dieser Aufgabe fühlen bzw. ob sie sich dazu in der Lage sähen, diese zu bewältigen. Fragen wie „Kannst du mir erklären, wie du das machst?“ oder „Kannst du mir das beibringen?“ tauschen die Rollen von Lehrperson und Lernendem und bringen den Schüler bzw. die Schülerin dazu, über seine oder ihre Methoden nachzudenken. Weiters wird empfohlen, den Schüler bzw. die Schülerin selbst bewerten zu lassen, ob seine/ihre aktuelle Lernmethode effektiv ist – und wenn nicht, nachfragen, warum sie es nicht ist bzw. was daran besser sein könnte. Letztlich wird vorgeschlagen, dem Schüler oder der Schülerin nicht zu sagen, was er/sie zu tun habe, sondern Information über die Aufgabe zu geben und dabei die Wahl des Lösungsweges (zumindest ein Stück weit) offen zu lassen: „Um das zu erreichen, muss (..) geschafft werden. Wie könnten wir das angehen?“ (McPherson, 2005)

2.3.3 Lernstrategien in der musikalischen Gehörbildung

Blix (2014) beschreibt, dass Schüler und Schülerinnen in der musikalischen Gehörbildung sich oft unbewusst davor verschließen, neue Lernstrategien aktiv anzuwenden, selbst wenn sie davon überzeugt sind, dass eine andere Strategie effektiver wäre. In einem unveröffentlichten, im Jahr 2012 von ihr durchgeführten Experiment wurde zehn Musikstudenten- und studentinnen ein kurzer Auszug aus einem Klavierstück mit der Aufgabe, diesen zu transkribieren, übermittelt. Sie

durften das Stück so oft sie wollten anhören, mussten die Noten niederschreiben und dabei darauf achten, welche Strategien sie beim Heraushören anwandten, welche davon funktionierten, welche nicht funktionierten und ob die Aufmerksamkeit darauf, *ob* ihre Strategien funktionierten, einen Einfluss auf die Auswahl der Herangehensweise hatte.

Die Studenten und Studentinnen hatten kurz vor der Studie einen Kurs über Lernstrategien besucht und darin unter anderem neue Zugänge zu Musikdiktaten diskutiert. Viele gaben nach der Fertigstellung der Aufgabe an, dass sie nicht der Meinung sind, dass ihre gewählten Strategien optimal waren und es als hilfreich ansahen, sich Gedanken über ihre Vorgehensweise zu machen. Dies deutet darauf hin, dass es nicht ausreicht, alternative Strategien zu kennen und zu bedenken, diese müssen auch aktiv angewandt werden, um sie zu verinnerlichen. (Blix, 2014)

2.3.3.1 Kognitive Strategien

Als kognitive Strategie bezeichnet man die Auseinandersetzung damit, auf welche Art man einen Lernprozess bewältigen will. Herangehensweisen dafür wären etwa Analyse, Vergleiche, Zusammenfassungen, Forschung oder Verbalisierung. Die Analyse musikalischer Struktur wird oft als die am häufigsten angewandte Strategie für die meisten Lernvorgänge in der Musikpädagogik angesehen. (McPherson, 2005)

In der Gehörbildung werden kognitive Strategien oft in der Analyse verschiedener Eigenschaften von Teilen eines Stückes gefunden – etwa Akkordgattungen, rhythmische Strukturen, Tonstufen oder musikalische Form. Es ist bekannt, dass das Suchen (und Finden) von bekannten Mustern (wie beispielsweise für eine Musikrichtung typische Akkordverbindungen oder Rhythmen) den kognitiven Prozess beschleunigt. Das Wissen über den musikalischen Kontext und dadurch entstehende Antizipation zeigt beispielsweise Auswirkungen auf die Schnelligkeit und Sicherheit im Blattspielen. (Wolf, 1976)

2.3.3.2 Auditive Strategien

Auditive Strategien behandeln das auf unterschiedliche Arten *zielgerichtete* Hören von Musik. Dabei kann der Fokus beispielsweise auf verschiedene Aspekte des gehörten Musikstücks – die Melodie, die Begleitung, die Instrumentation, etc. – gelegt werden, Herangehensweisen wie das wiederholte Hören des Musikstückes zur Einprägung zählen allerdings auch zu auditiven

Strategien. Blix (2014) zieht einen Vergleich zum Erlernen des Lesens, bei dem Kinder oft so lange laut vorlesen, bis sie ihre *innere Stimme* ausprägen. Das laute Singen könnte ihr zufolge ebenso als die Entwicklung der *inneren Stimme* oder, anders ausgedrückt, des *inneren Tonbewusstseins* sein. (Blix, 2014)

Der sogenannte Vorgang der Audiation verbindet auditive und kognitive Strategien. In diesem Prozess werden unter anderem beim Musikhören Muster, Themen oder Melodien erkannt und der Versuch angestellt, sie zu kategorisieren, um Vermutungen darüber aufstellen zu können, was als nächstes kommen könnte. Audiation geschieht jedoch auch ohne die notwendige Präsenz eines physikalischen Klanges, also bereits bei der Vorstellung von Musik. Eine klare mentale Repräsentation eines musikalischen Klanges kann als Voraussetzung für das Erkennen desselben Klanges durch das Hören allein beschrieben werden. (Mitchell, 2007)

2.3.3.3 *Metakognitive Strategien*

Metakognitives Lernen bezieht sich zu großen Teilen auf das bereits zuvor beschriebene selbstregulierte Lernen. Der Gedanke, ob die eigene Lernstrategie funktioniert, wenn ja, wie effektiv sie ist und ob es nicht noch andere Strategien gäbe, wird als metakognitive Denkweise bezeichnet. (Pintrich, 2000)

2.3.3.4 *Soziale Strategien*

Wie der Name bereits verrät, handelt es sich bei sozialen Strategien um die Suche nach positiver Auswirkung des gemeinschaftlichen Lernens auf den Lernprozess. Gemäß Blix (2014) kann es gerade in Gehörbildungsklassen von Bedeutung sein, dass Schüler und Schülerinnen nahe beieinander sitzen, um sich gegenseitig über Aufgaben austauschen zu können und sich gegebenenfalls zu helfen. Der oder die Lehrende sollte dieses Verhalten encouragieren. Mitschüler und Mitschülerinnen bzw. andere Lernende haben häufig unterschiedliche Herangehensweisen bei der Erklärung eines Problems oder eines Vorganges und können dadurch oft eine große Hilfe sein und sich – sowohl für den oder die in diesem Falle Lernenden wie auch den oder die Lehrende/n – positiv auf die Motivation auswirken. (Blix, 2014)

2.3.3.5 Gedächtnisstrategien

Gedächtnisstrategien behandeln die verschiedenen Arten, sich ein musikalisches Werk einzuprägen – eine, im Alltagsleben des Musikers bzw. der Musikerin, sehr häufig vorkommende Aufgabe, die dennoch vielen Probleme bereitet. Bei Hallam (1997) findet sich ein Experiment, in dem je eine Gruppe aus professionellen und Hobby-Musikern und -Musikerinnen über ihre jeweilige Herangehensweise beim Einprägen von Stücken befragt wurden. Die professionellen Musiker und Musikerinnen nutzten ihr Wissen über harmonische Bezüge, um sich die Stücke „verständlicher“ zu machen, wandten also eine kognitive Strategie an. Die Gruppe der Hobby-Musiker und -Musikerinnen dagegen gab an, ein Stück so lange zu wiederholen, bis es sich eingebrannt hätte und sich dabei weniger auf eine Analyse des musikalischen Werkes zu verlassen. (Hallam, 1997)

2.3.3.6 Kompensationsstrategien

Wenn das vorhandene Wissen nicht ausreicht oder nicht schnell genug darauf zugegriffen werden kann, kommt es oft zum Einsatz von Kompensationsstrategien: es wird beispielsweise schlicht geraten. Eine ähnliche Kompensation findet in der Gehörbildung statt, wenn das mentale Harmoniebewusstsein noch nicht gut genug funktioniert oder weit genug ausgebildet ist. Häufig wird dann ein Instrument zur Hilfe genommen oder sich statt einer Melodie beispielsweise ein Fingersatz am Instrument eingeprägt. Auch wenn diese Strategien den Anschein erheben, dem Lernfortschritt nicht dienlich zu sein, argumentieren Thompson und Lehman etwa, dass ein Maß an (qualifiziertem) Raten und (durch Wissen gesteuertem) Zufall ein wichtiges Element in musikalischen Disziplinen wie Blattspiel und Improvisation sei und den Lernfortschritt in diesen Aufgaben beschleunige. (Thompson & Lehmann, 2004)

2.3.3.7 Affektive Strategien

Da Gehörbildung ein oftmals ungeliebter Teil der musikalischen Ausbildung ist, werden gerade auf diesem Gebiet häufig affektive Strategien angewandt. Dabei geht es um den Aufbau von Selbstbewusstsein, welches eine entscheidende Rolle in der (Meta-) kognitiven Anteilnahme eines Schülers oder einer Schülerin an seinem bzw. ihrem eigenen Lernprozess spielt. Die eigene Gefühlswelt

(hinsichtlich etwa Aufführungs- oder Prüfungsangst beziehungsweise dem Vertrauen in die eigene Musikalität) im Griff zu haben kann als wichtiger Schritt am Weg zu einem effektiven Lernprozess angesehen werden. Ein effektiver Umgang mit affektiven Strategien kann sogar so weit gehen, sich selbst bis zu einem gewissen Grad zu manipulieren, in dem etwa als Übungsmaterial für Gehörbildung Musik benutzt wird, die der/die Schüler/in mit positiven Assoziationen verbindet. (Blix, 2014)

3 METHODIK

Im folgenden Abschnitt werden einige Gedanken zur Entwicklung einer Unterrichtsmethode für relative musikalische Gehörbildung mit Hilfe farbkodierter Tonintervalle beschrieben. Um diese zu erstellen, wurde erst ein Farbsystem erarbeitet. Dieses wurde in ein Programm eingepflegt, das auf MIDI-Input reagiert, ein eingegebenes Tonintervall erkennt, es verklanglicht und die entsprechende Farbe ausgibt. Zur Überprüfung des Unterrichtsmodus wurde eine Gruppe aus sieben Probanden und Probandinnen geladen, die jeweils drei Unterrichtseinheiten á dreißig Minuten absolvierten und sich durch ihr Feedback an der Entwicklung der Unterrichtsmethode beteiligten.

3.1 Entwicklung des Farbsystems

Beim Versuch, einen logischen Konnex zwischen Tonintervallen und Farben herzustellen, spielt das System und die Zuordnung der Farben naturgemäß eine entscheidende Rolle. Im Folgenden werden Überlegungen zu verschiedenen Systemen und Herangehensweisen diesbezüglich vorgestellt.

3.1.1 Absolute Tonhöhe oder relative Beziehungen?

Wie bereits zuvor erwähnt, ist es nicht Ziel der in der vorliegenden Arbeit entwickelten Methode, die Möglichkeit der Entwicklung oder Ausbildung absoluter Tonhöhenbezüge zu behandeln. Das erklärte Ziel ist es, das relative musikalische Gehör zu schulen. In diesem Sinne wurde davon abgesehen, konkrete Tonhöhen mit Farben zu kodieren, wie es beispielsweise in vielen Büchern in der musikalischen Vorbildung, oft als Hilfsmittel beziehungsweise als Ersatz für Notenschrift, getan wird. Stattdessen wurde die Entscheidung getroffen, ein System für die Verbindung von Farben mit Tonintervallen aufzustellen, da diese (zwar nicht als die Alleinige, aber auch) als eine grundlegende Basis für die Ausbildung eines relativen musikalischen Gehörs betrachtet werden können.

3.1.2 Systeme zur Farbkodierung von Tonintervallen

Da sich die in dieser Arbeit vorgestellte Unterrichtsmethode an einem Anfänger-Niveau orientiert, wurde der Fokus auf Tonintervalle innerhalb einer Oktave gelegt. Gedanken zur Weiterentwicklung des Systems für fortgeschrittene Schüler und Schülerinnen finden sich vereinzelt auf den folgenden Seiten und in dem Kapitel „Ausblick“.

3.1.2.1 Komplementärfarben und Goethe-Farbkreis

Zwei Denkanstöße für die Entwicklung eines Farbsystems kamen durch den Komplementärfarbkreis sowie durch den Farbkreis aus der Farbenlehre von Johann Wolfgang von Goethe.

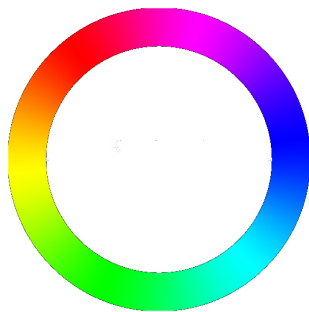


Abbildung 5: Komplementärfarbkreis⁶

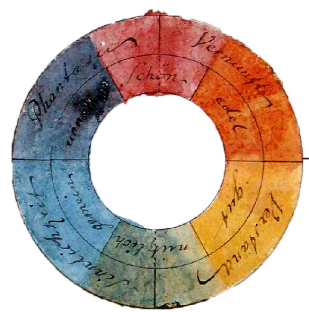


Abbildung 6: Farbkreis nach Goethe⁷

Ziel des Systems ist es, eine Zuordnung zu erhalten, die möglichst klare Kontraste zwischen den zwölf Intervallen einer Oktave bietet, um die Unterscheidung so eindeutig wie möglich zu machen. Mit Hilfe der beiden oben

⁶ Abgerufen von <https://www.celeste-fotobuch.at/blog/fototipps/fotografietipp-die-drei-farben-regel/>, letzter Aufruf am 25.08.2018

⁷ Abgerufen von https://www.medienwerkstatt-online.de/lws_wissen/vorlagen/showcard.php?id=6112&edit=0, letzter Aufruf am 25.08.2018

abgebildeten Farbkreise wurden so erste Versuche unternommen, um Zuordnungen zu finden.

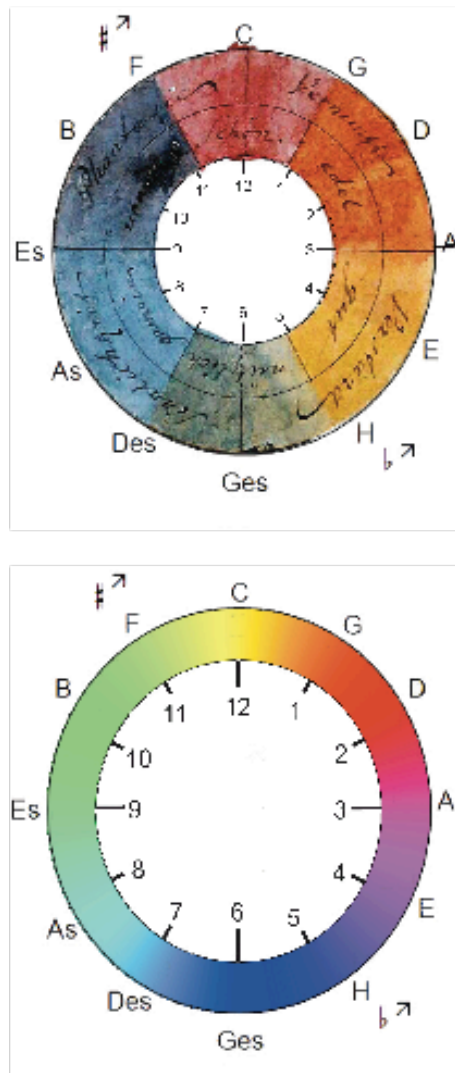


Abbildung 7: Farbkreise, Quintenzirkel, Uhrenblatt

In Abbildung 7 wurde über beide Farbkreise außerhalb der Quintenzirkel und innerhalb das Ziffernblatt einer Uhr, das die zwölf Intervalle innerhalb einer Oktav symbolisieren soll, gelegt. Schnell wird hierbei klar: Während der Goethe-Farbkreis mit sechs klar unterscheidbaren Farben ohnehin zu wenig Optionen für zwölf Tonstufen bietet, wären die Unterschiede am Komplementärfarbkreis zwischen benachbarten Intervallen so gering, dass sie kaum erkennbar wären. Vor allem zwischen den Intervallen ± 4 , 5 und 6 sowie ± 8 und 9 fiel eine Unterscheidung besonders schwer.

1 - Prim	Orange
2 – kl. Sekund	Rot
3 – kl. Terz	Rosa
4 – gr. Terz	Violett
5 - Quart	Ultramarinblau / dunkles Violett
6 – verm. Quint	Dunkelblau
7 - Quint	Hellblau
8 – kl. Sext	Türkis, Stich bläulich
9 – gr. Sext	Türkis, Stich grünlich
10 – kl. Septim	Hellgrün
11 – gr. Septim	Gelbliches Grün
12 - Oktav	Gelb

Tabelle 1: Farbsystem anhand des Komplementärfarbkreises

Als problematisch wird hierbei angesehen, dass vor allem nah benachbarte Intervalle eigentlich am eindeutigsten unterscheidbar sein sollten, da die Wahrscheinlichkeit der Verwechslung zwischen beispielsweise kleiner und großer Terz naturgemäß größer ist als zwischen weit voneinander entfernten Intervallen wie der großen Sekund und der Oktav.

Zur Erweiterung des Spektrums wurde daraufhin die Entscheidung getroffen, Schwarz und Weiß als weitere Farben zu integrieren. Dadurch erweitert sich der ausschöpfbare Kontrast des Komplementärfarbkreises und der Goethe-Kreis wächst von sechs verschiedenen Farben auf acht heran.

3.1.2.3 Überlegungen zur Systematik

Bei der Entwicklung des Farbsystems wurden verschiedene Zugänge in Betracht gezogen. Das Hauptziel des Systems sollte es sein, eine Zuordnung zu finden, in der vor allem nah benachbarte Tonintervalle klar und deutlich voneinander unterscheidbar sind. Generell sollte jedoch auch für nicht benachbarte Intervalle keine Verwechslungsgefahr durch zu ähnliche Farbtöne bestehen.

Ein vor allem in der weiterführenden Arbeit mit fortgeschrittenen Versuchspersonen entscheidender Faktor ist außerdem der Umgang mit enharmonischer Verwechslung. Das Farbsystem sollte in der Lage sein, einen plausiblen, nachvollziehbaren Faden zu bieten, an dem sich der Schüler bzw. die Schülerin orientieren kann.

3.1.2.4 12-Farben-System

Zu Beginn wurde die Möglichkeit behandelt, jedem Intervall einen eigenen, völlig voneinander unabhängigen Farbton zuzuweisen. Dabei wurde jedoch schnell klar, dass zwölf klar voneinander unterscheidbare Farben selbst unter Einbezug von Schwarz und Weiß nicht nur schwer festzulegen sind, sondern auch schwer einpräglich, solange keinem logischen System gefolgt wird. Ton-Farben-Synästheten und -Synästhetinnen beschreiben ihre Erfahrungen zwar üblicherweise so (hierbei sind auch, wie zuvor in dieser Arbeit erwähnt, die Unterschiede zwischen Farben oft durch Beschreibungen kaum ausmachbar), jedoch sollte bedacht werden, dass ihr Erlebnis nicht angelernt, sondern eine vorhandene *Selbstverständlichkeit* für sie darstellt. Aus diesen Gründen wurde versucht, in der Entwicklung des Farbsystems vielmehr eine Logik zu finden, welcher die Schüler und Schülerinnen folgen können.

3.1.2.5 Mischfarben-System

Eine Überlegung war es, für die acht Stammtöne ein Farbsystem festzulegen und Zwischentöne in Mischfarben der sie umgebenden Stammtöne zu färben. Dies würde bedeuten, dass für die Intervalle (in Halbtonschritten) +/- 0, 2, 4, 5, 7, 9, 11, 12 Zuweisungen erstellt werden, und die Intervalle +/- 1, 3, 6, 8, 10 in Mischfarben der sie umgebenden Tonsprünge gefärbt werden.

Würde man demnach für die reine Quart (+/- 5) die Farbe Rot und für die reine Quint (+/- 7) die Farbe Blau festlegen, hätte die übermäßige Quart bzw. verminderte Quint (+/- 6) die Mischfarbe Violett. Bereits aus dieser Beschreibung geht hervor, dass dieses System einen sehr eleganten Zugang zu dem Problem der enharmonischen Verwechslung bietet, denn egal, von welcher Richtung aus die Intervallsprünge betrachtet werden, der Zwischenton ist immer in der richtigen Mischfarbe vorhanden.

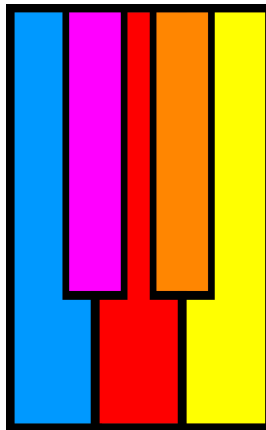


Abbildung 8: Mischfarben-System

Beim Versuch, eine Zuordnung zu finden, tat sich jedoch schnell das Problem auf, dass die Farbmischung zwar bei einigen Primärfarben gut funktioniert (bspw. Rot + Blau = Lila, Gelb + Rot = Orange,..), aber in vielen Fällen auch weniger eindeutig sein kann (bspw. Rot + Grün). Außerdem werden durch die entstehenden Mischfarben Möglichkeiten für „Stammton-Farben“ verloren: erhält man durch die Mischung von Rot und Blau die Farbe Violett, fällt diese (und der Unterscheidbarkeit halber auch ähnliche Farben wie dunkles Rosa) als Auswahlmöglichkeit für einen Stammton weg. Ähnliche Probleme ergeben sich beispielsweise bei Cyan (limitiert helle Blautöne) oder Orange und vielen weiteren Farben.

Der große Vorteil dieses Systems bestünde wie erwähnt darin, dass es eine Logik in der Auswahl gäbe, an der sich der Schüler bzw. die Schülerin orientieren kann.

Bei genauerer Betrachtung stellt sich jedoch die Frage, ob die farbliche Vereinigung eines Zwischentons, die dazu führen würde, dass zwei zwar gleich klingende, aber unterschiedliche benannte Intervalle mit der selben Farbe

verknüpft werden würden – eigentlich mehr ein Paradebeispiel *für* enharmonische Verwechslung als ein Mittel dagegen –, für den Lerneffekt förderlich wäre. Im weiterführenden Unterricht, beispielsweise bei einem Melodiediktat mit Tonartbezug, wird es als wichtig für ein Gehörbildungstool angesehen, eine enharmonisch eindeutige Zuordnung bieten zu können. Mit dem Mischfarben-System wäre es allerdings nicht möglich, zwischen einem verminderten oder übermäßigen Klang an Hand der Farbgebung zu unterscheiden.

In Zuge dessen wurde die Überlegung angestellt, die Mischfarben schraffiert darzustellen, um die Möglichkeit beider Varianten aufzuzeigen. Auch dieser Ansatz bietet jedoch keine eindeutige Zuordnung, wodurch auch diese Herangehensweise letztlich außer Acht gelassen wurde.

3.1.2.6 Helligkeits/Sättigungs-System

In dem Gedanken, Intervall-*Familien* zu erschaffen, wurde das System entwickelt, das letzten Endes als Basis für die entwickelte Methode diente. Die Farbgebung verläuft zu Beginn ähnlich wie beim Mischfarben-System, da für die Stammtöne, also Intervalle +/- 2, 4, 5, 7, 9, 11 und 12 Farben festgelegt werden. Bleibt man gedanklich nun etwa in einer Dur-Tonart, werden alle kleinen und verminderten Intervalle dabei in der selben Farbe gefärbt wie ihre großen bzw. reinen Namensverwandten, jedoch in einem dunkleren Ton, gleichermaßen werden alle übermäßigen Intervalle in einem blassen, helleren, pastelligen Ton gefärbt. Das bedeutet: geht man davon aus, die große Terz wäre strahlend blau und die reine Quint wäre strahlend grün gefärbt, wäre die kleine Terz in einem dunklen blau und die übermäßige Quint in einem blassen, pastelligen Grünton gefärbt.

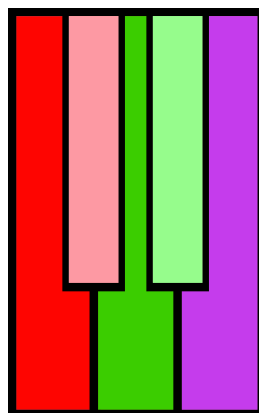


Abbildung 9: Sättigungssystem, groß/übermäßig

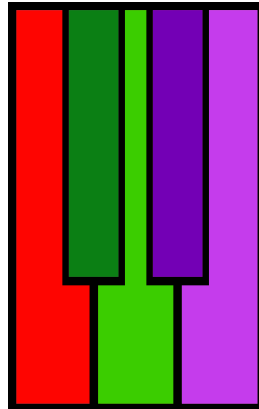


Abbildung 10: Sättigungssystem, klein/vermindert

Wie bereits erwähnt, soll durch dieses System ein gestärktes Bewusstsein für eine Intervall-„Familie“ hergestellt werden. Geht man von einem Quartklang aus, soll sich das Bewusstsein (bspw.) „Rot“ einprägen. Ist das gelungen, wird genauer zwischen „vollem“ (rein), „dunklem“ (vermindert) oder „blassem“ (übermäßig) Rot unterschieden.

Die Vorteile dieses Systems werden vor allem darin gesehen, dass es zwar viele verschiedene Farbtöne gibt, diese jedoch gleichzeitig klar unterscheidbar bleiben. Durch den Unterschied in der Farbsättigung anstatt dem Farbton soll die Einprägsamkeit maßgeblich unterstützt werden. Durch den grundsätzlich identen Farbton soll eine Verbindung zwischen allen Intervallgattungen (rein, groß, klein, vermindert, übermäßig) hergestellt werden, wobei der Unterschied zwischen diesen dennoch klar erkennbar bleibt.

Auch für weiterführenden Unterricht zeigt dieses Farbsystem großes Potenzial zur Erweiterung, denn wenn ein Tonartbezug in das Übungsprogramm eingepflegt werden kann, wäre das System für jegliche Modulationen geeignet. Die Idee bleibt dabei die Selbe: ist ein Tonsprung aus einem Harmoniebezug heraus beispielsweise eher als übermäßige Quint anzusehen als eine kleine Sext, kann die „Familienfarbe“ Quint beibehalten werden und das übermäßige Intervall dementsprechend im Farbton verändert werden.

3.1.3 Finden einer konkreten Farbzuzuordnung im Sättigungs-System

Um eine einprägsame und kontrastreiche Farbzuzuordnung herzustellen, die auch nicht zuletzt in ästhetischem Sinne den Schüler bzw. die Schülerin zum Lernen motiviert, wurde als Basis der Goethe-Farbkreis herangezogen. Erweitert man diesen, wie bereits zuvor erwähnt, um Schwarz und Weiß, erhält man acht Farbstufen. Im Sinne des klareren Kontrastes wurde die Entscheidung getroffen, sich auf einen Blauton zu beschränken und dafür Violett als achte Farbe einzugliedern. Um benachbarte Intervall-Familien möglichst unterschiedlich zu färben, wurde für die Intervalle $\pm 2, 4, 5, 7, 9$ und 11 daher eine Zuordnung gewählt, in der man sich am Goethe-Kreis abwechselnd um zwei bzw. drei Felder weiter bewegt. Für die Prim und die Oktav wurden die Farben Weiß und Schwarz festgelegt. Somit erhält man folgende Zuordnung:

Prim	
Sekund	
Terz	
Quart	
Quint	
Sext	
Septim	
Oktav	

Tabelle 2: Zuordnung der großen und reinen Intervalle

Fügt man die Zwischentöne hinzu, sieht das resultierende Farbsystem, das als Versuchsbasis benutzt wird, folgendermaßen aus:

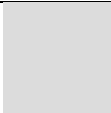
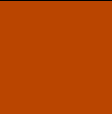
	Vermindert	Klein	Rein	Groß	Übermäßig
Prim					
Sekund					
Terz					
Quart					
Quint					
Sext					
Septim					
Oktav					

Tabelle 3: Farbsystem

Hierbei fallen zwei Schwierigkeiten auf, denn zum einen wird vor allem in den Intervallen Sekund, Terz, Sext und Septim durch die vier nötigen Zustände die farbliche Abstufung schon relativ gering, zum Anderen tritt in der Prim und Oktav insofern eine Unregelmäßigkeit auf, als dass die übermäßige Prim eigentlich dunkler ist als die reine Prim sowie die verminderte Oktave heller ist als die Reine. Da es sich bei allen eben erwähnten Intervallen definitiv um in der Praxis selten vorkommende Ausnahmen handelt, wurde die Priorität in diesen Fällen auf die reinen, großen und kleinen Intervalle gelegt. So sollten vor allem die großen bzw. kleinen Sekunden, Terzen, Sexten und Septimen klar voneinander unterscheidbar sein und aus einer rein logisch motivierten Entscheidung heraus wurde befunden, dass die reine Prim und Oktav mit den aussagekräftigen Farbtönen reines Weiß bzw. Schwarz bedacht werden sollten.

Tonsprünge über einer Oktave werden in dem im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Experiment nicht evaluiert, sollten aber grundsätzlich in den selben Farben gekennzeichnet sein wie die entsprechenden Intervalle innerhalb der selben Oktave. Demzufolge sollten beispielsweise None und Sekunde beide mit der Familienfarbe „Orange“ verbunden werden.

Um die Eindeutigkeit zu erhalten, können verschiedene Systeme angewandt werden, entweder eine Schraffierung in Schwarz und der entsprechenden Intervallfarbe oder etwa ein schwarzer Balken, wobei hierbei darauf geachtet werden muss, dass die Darstellung sich klar von der eines Akkordes (s. unten) abhebt. Um das zu gewährleisten, könnte beispielsweise das Größenverhältnis angepasst werden, also statt gleichmäßiger Aufteilung des Bildschirms beispielsweise ein Verhältnis von 1:5 dargestellt werden. Ein System dafür könnte in einem vergleichbaren Experiment in einer weiterführenden Studie evaluiert werden, sobald die Ergebnisse dieser Arbeit vorliegen. Eine Visualisierung findet sich im Kapitel „Ausblick“.

3.1.3.1 Weitere Überlegungen zur Anwendbarkeit des Farbsystems

Wie bereits zuvor diskutiert wurde, bietet das Sättigungs-System einen sehr logischen Zugang zur eindeutigen Unterscheidung von Intervallen. Im Folgenden werden einige Gedanken zur Anwendbarkeit des Systems bei anderen klassischen Gehörbildungsaufgaben gefasst.

3.1.3.2 Skalen

Die Anwendbarkeit des Farbsystems für das Trainieren von Skalen wird als sehr hoch eingeschätzt. Die ionische Skala bestünde lediglich aus vollen Farben, jede andere Kirchentonart (oder etwaige andere westliche Skala) wäre durch eine oder mehrere in der Helligkeit alternierte Farben gekennzeichnet. So würde die Mixolydische Skala, die sich von der Ionischen lediglich durch die um einen Halbton erniedrigte siebente Stufe unterscheidet, durch die Farbe dunkelgelb gekennzeichnet sein, die dorische Skala beispielsweise durch ein dunkles Blau für die kleine Terz und dunkles Gelb für die kleine Septim. Die lokrische Skala als „Extrembeispiel“ wäre durch dunkles Orange für die verminderte Sekund, dunkles Blau für die kleine Terz, dunkles Grün für die verminderte Quint, dunkles Lila für die kleine Sext sowie dunkles Gelb für die kleine Septim gekennzeichnet.

Stellt man sich einen Übungsmodus vor, in dem die Skala durchgespielt wird und parallel dazu die Farbe der „Tonstufe“, also dem Intervall von der aktuell gespielten Stufe zum Grundton angezeigt wird, könnte ein geeigneter Modus geschaffen werden, um mit dieser Art von Gehörtraining zu beginnen. Alternativ dazu könnte auch jeder einzelne Tonsprung angezeigt werden und somit nur zwischen Halb- und Ganztonschritten unterschieden werden.

3.1.3.3 Akkorde

Die beiden im letzten Kapitel vorgestellten Modi lassen sich auch auf Gehörübungen für Akkorde übertragen. Hierbei könnte man beim Spielen von beispielsweise vierstimmigen Akkorden entweder stets die Spannung zum Grundton anzeigen lassen (C-Maj7 in Grundstellung: volles Blau, volles Grün, volles Gelb), oder den Tonsprung von Stufe zu Stufe (C-Maj7 in Grundstellung: volles Blau, dunkles Blau, volles Blau). Beide Modi ergeben für den Schüler Sinn, die Spannung zum Grundton erinnert eher an Intervalltraining, jedoch könnte auf diese Art eine gute Überleitung zum Einstieg ins Akkordtraining gegeben werden. Der Modus von Stufe zu Stufe betont die harmonische Schichtung im Akkordaufbau und wird darüber hinaus vor allem bei Akkordumkehrungen interessant.

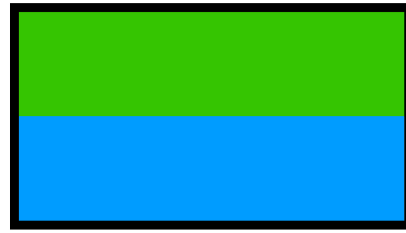


Abbildung 11: Akkorddarstellung, Durdreiklang

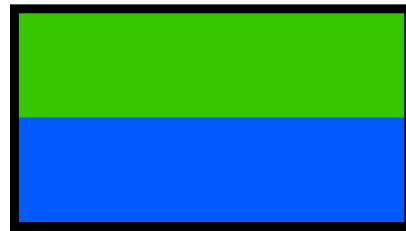


Abbildung 12: Akkorddarstellung, Molldreiklang

In den Abbildungen 11 und 12 sieht man mögliche Darstellungsweisen für dreistimmige Dur- und Moll-Akkorde in Grundstellung. Auf der linken Seite sieht man jeweils die Schichtung von Akkordton zu Akkordton, auf der rechten Seite die Spannung vom Akkordton zum Grundton. Die Anordnung ist in diesem Fall, inspiriert von der Notendarstellung, vertikal gewählt. Eine horizontale Darstellung (s. Abbildung 13 und 14, unten) könnte beispielsweise an die Klaviatur erinnern, für die weitere Diskussion wird allerdings die vertikale Darstellungsvariante gewählt.

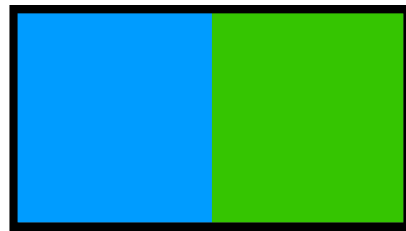
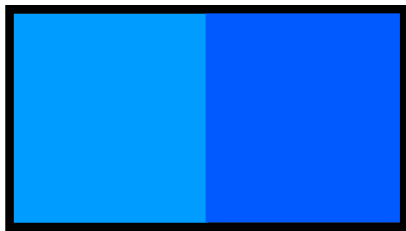


Abbildung 13: Akkorddarstellung, Durdreiklang horizontal

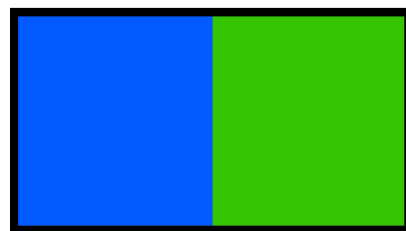
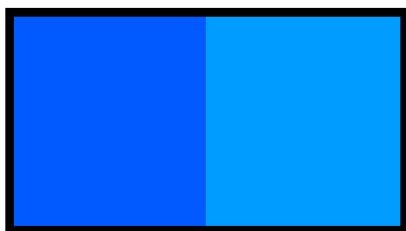


Abbildung 14: Akkorddarstellung, Molldreiklang horizontal

Erweitert man das Schema auf vierstimmige Akkorde, könnten diese etwa so aussehen:

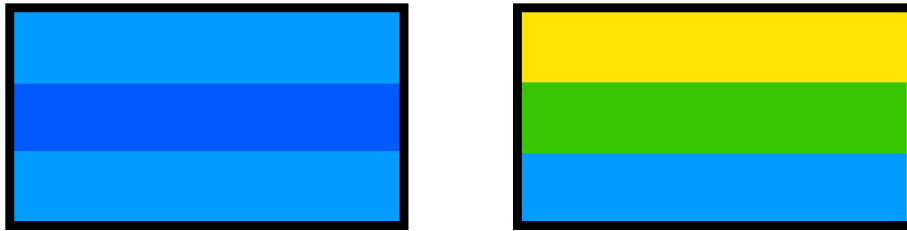


Abbildung 15: Akkorddarstellung, Maj7-Vierklang

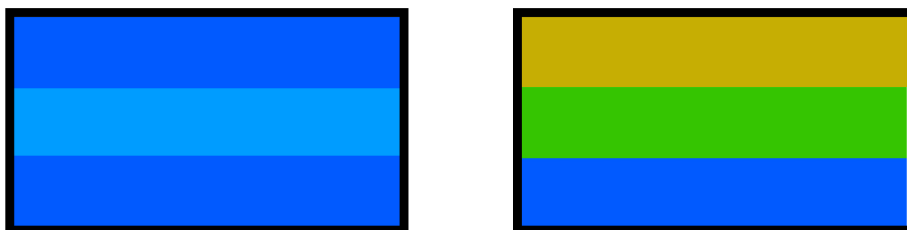


Abbildung 16: Akkorddarstellung, Min7-Vierklang

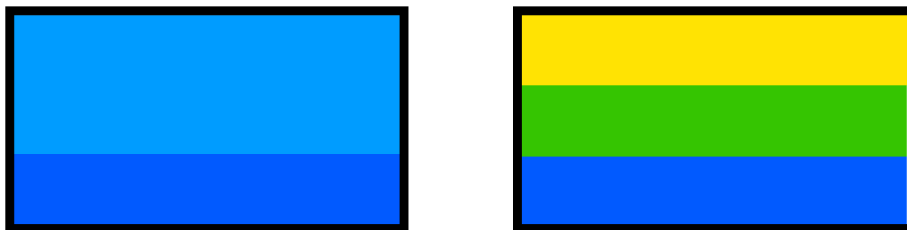


Abbildung 17: Akkorddarstellung, mMaj7-Vierklang

Die Möglichkeit, durch diese Darstellung auch komplizierte Akkorde schnell erkennbar zu visualisieren, wird als sehr wertvoll eingeschätzt. Vor allem in der Darstellungsform in Relation zum Grundton wirkt der Akkordaufbau sehr übersichtlich. Auf Grund der Anlehnung dieser Darstellung an die Notenschrift wurde in Abbildung 18 der Versuch unternommen, das Farbschema auf das Notenbild zu übertragen. Eine ausführliche Diskussion der weiteren Möglichkeiten, die sich durch diese Visualisierungsarten ergeben, findet sich im Kapitel „Ausblick“.

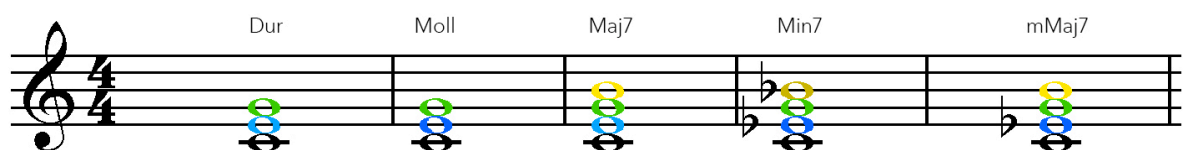


Abbildung 18: Notenschrift mit Farbsystem

Eine noch zu erforschende Frage stellt die Repräsentation des Grundtons in Akkorden dar. Alle bisher gezeigten Visualisierungen lassen diesen aus, da sich das Farbsystem lediglich auf Tonsprünge bezieht. In der Akkorddarstellung könnte jedoch leicht vermutet werden, dass jede Farbe für einen Akkordton steht, und nicht für die Spannung eines Akkordtons zum Grundton. Nach dieser Logik gäbe es in den oben gezeigten Visualisierungen keinen Grundton im Akkord.

Auf der einen Seite kann argumentiert werden, dass an dem vorgestellten System ohnehin kein Aspekt im Vorhinein *bekannt* ist und diese Form der Darstellung – also ohne Grundton – vom Schüler oder der Schülerin akzeptiert bzw. erlernt werden *muss*. Die andere Möglichkeit wäre es, auch den Grundton zu visualisieren.

Eine wichtige Entscheidungsgrundlage für diese Problematik ergibt sich durch Akkordumkehrungen. Geht man davon aus, man würde den Akkordgrundton visualisieren – etwa in der Farbe des „Pausenbildschirmes“ der Software, die in einem späteren Kapitel erklärt wird –, wäre der Bildschirm bei einem Durakkord in Grundstellung dreigeteilt, das unterste Drittel wäre Grau (wie der Pausenbildschirm, Neutral), in der Mitte ein hellblauer Streifen (große Terz) und oben ein grüner Streifen (Quint).

Bei der Umkehrung dieses Akkordes stellt sich nun die Frage, wie sich das Farbschema dahingehend anpassen sollte. Für das folgende Beispiel wird angenommen, dass man sich in einem C-Dur Kontext befindet.

Ist der Grundton nicht visualisiert, wäre der Bildschirm zweigeteilt – in der ersten Umkehrung wäre die untere Hälfte demnach dunkelblau (kleine Terz von E zu G), die obere Hälfte dunkelviolett (kleine Sext von E zu C) – bedingt dadurch, dass der Grundton C bleibt. Würde man denselben Klang hören, und etwa E als Grundton annehmen, hätte man eine kleine Terz zwischen E und G – soweit richtig –, aber anstatt der kleinen Sext eine übermäßige Quint zwischen E und C, es ergäbe sich ein Em#5-Akkord mit einem anderen Farbschema. An einem späteren Punkt dieser Arbeit wird jedoch die Möglichkeit diskutiert, dem Übungsprogramm einen Tonartbezug vorgeben zu können, um solche Verwechslungen auszuschließen.

Stellt man sich nun vor, der Grundton wäre im eben gegebenen Beispiel grau visualisiert, wäre er in Grundstellung ganz unten, in der ersten Umkehrung ganz oben und in der zweiten Umkehrung in der Mitte. Diese Darstellungsart wäre in dem in dieser Arbeit aufgestellten System insofern alleingestellt, als dass durch die Farbe des Grundtons keine Tonspannung dargestellt wird, sondern eine *Position* bzw. *Funktion* direkt neben den anderen *Tonspannungen*. Der Proband sähe daher im Falle der zweiten Umkehrung etwa von unten nach oben „*Die Spannung reine Quart zwischen erstem und zweitem Ton, die Funktion Grundton in der Mitte und die Spannung große Sext zwischen erstem und drittem Ton*“.

Visualisiert man den Grundton hingegen gar nicht, ist zwar dessen Position weniger offensichtlich dargestellt, dafür jedoch der Aufbau der Darstellung eindeutiger, da man ausschließlich Tonsprünge sieht.

Welche dieser beiden Herangehensweisen für Anfänger und Anfängerinnen zugänglicher ist, könnte in einer zukünftigen, vergleichbar aufgebauten Studie ergründet werden.

3.2 Auswahl der Versuchspersonen

Zur Durchführung des Versuches wurden sieben Personen eingeladen. Das wichtigste Kriterium für die Auswahl war, ob die Person synästhetische Bezüge jeglicher Art herstellt, da dies als Ausschlussgrund gegolten hätte. Das Alter der Probanden und Probandinnen lag zwischen 23 bis 28 Jahren, die Gruppe der sieben Versuchssubjekte teilte sich auf vier weibliche und drei männliche Personen auf.

Das Niveau musikalischer Vorbildung unterschied sich leicht zwischen den Versuchspersonen, jedoch gab es niemanden, der mit Harmonielehre oder Notenschrift konkret vertraut war. Zwei der Probandinnen haben keinerlei angewandte musikalische Vorerfahrung, die restlichen fünf gaben an, einmal versucht zu haben, ein Instrument zu erlernen, dabei jedoch nie in Berührung mit Theorie oder Noten gekommen zu sein und inzwischen nicht mehr musikalisch in irgendeiner Weise, außer als KonsumentInnen, aktiv seien.

Keiner der Probanden und Probandinnen hat in seinem bzw. ihrem beruflichen Umfeld aktiv mit Musik zu tun und auch sonst keinen persönlich nahen Bezug zu aktiver musikalischer Betätigung abseits des Konsums. Ihre Vorbildung, wenn auch unterschiedlich, wird daher als relativ ähnlich eingeschätzt. Die ProbandInnen wurden im Vorhinein nur sehr spärlich darüber informiert, worum es in dem Versuch gehen wird. Einzig die Information, dass es sich um ein musikalisches Gehörtraining mit Hilfe von anderen Sinnesreizen handeln würde, wurde gegeben.

3.2.1 Kurzbeschreibung der Probanden:

F. ist 26 Jahre alt, männlich und aktuell in einem Master-Studiengang eines technischen Fachgebietes. Er beschäftigt sich intensiv mit Musik als Konsument und produzierte früher selbst elektronische Musik, ohne je musikalische Grundlagen oder ein Instrument erlernt zu haben.

E. ist 28 Jahre alt, weiblich, berufstätig und Absolventin eines Master-Studienganges eines ökologisch-technischen Fachgebiets. Sie konsumiert aktiv

und gerne Musik, hat jedoch nie ernsthaft den Versuch ergriffen, ein Instrument zu lernen und keine Vorbildung in musikalischen Grundlagen.

K. ist 23 Jahre alt, weiblich, berufstätig und aktuell in einem Master-Studiengang eines ökonomischen Fachgebietes. Musik konsumiert sie hauptsächlich durch das Radio oder vorgefertigte Playlists auf Streaming-Kanälen, auch sie versuchte nie ernsthaft, ein Instrument zu erlernen.

P. ist 28 Jahre alt, männlich, berufstätig und aktuell in einem Bachelor-Studiengang eines naturwissenschaftlichen Fachgebietes. Er lernte früher im Selbststudium das Instrument E-Bass, erlernte in Zuge dessen aber nur sehr wenige harmonische Grundlagen und spielte größtenteils nach Griffstabellen. Er hörte vor mehreren Jahren auf, das Instrument aktiv zu spielen bzw. zu erlernen.

B. ist 25 Jahre alt, weiblich und aktuell in einem Master-Studiengang eines technischen Fachgebietes. Sie lernte im Selbststudium das Instrument Klavier und versuchte dabei, auch harmonische Zusammenhänge verstehen zu lernen, hörte jedoch schon vor mehreren Jahren mit dem regelmäßigen Üben auf und spielt inzwischen nur noch selten.

L. ist 24 Jahre alt, männlich, berufstätig und Absolvent eines Bachelor-Studienganges im Bereich Informatik. Er lernte in der Schulzeit das Instrument Schlagzeug, erlernte dabei jedoch keinen Bezug zu harmonischen Grundlagen und beschäftigte sich nur mit rhythmischer Notenschrift. Er hörte noch in der Schulzeit auf, das Instrument aktiv zu erlernen.

D. ist 25 Jahre alt, weiblich und aktuell in einem Master-Studiengang eines gestalterisch-technischen Fachbereiches. Sie lernte in der Schulzeit für einige Monate das Instrument Gitarre, konzentrierte sich dabei jedoch nie auf Noten oder Harmoniebezüge.

3.3 Aufbau des Übungsprogrammes

Die Software, mit deren Hilfe der Versuch durchgeführt wurde, wurde in MaxMSP entwickelt. Sie erkennt eingehende MIDI-Noten, ermittelt den Tonabstand zwischen zwei innerhalb eines definierten Zeitintervalls hintereinander gespielten Noten und färbt den Bildschirm entsprechend der für das Tonintervall eingestellten Farbe ein. Zwischen Tonpaaren schaltet die Software von selbst auf einen grauen Hintergrund um. Die Noten werden durch ein im Programm geladenes VST-Instrument hörbar gemacht und in MaxMSP an den Audio-Output gesendet.

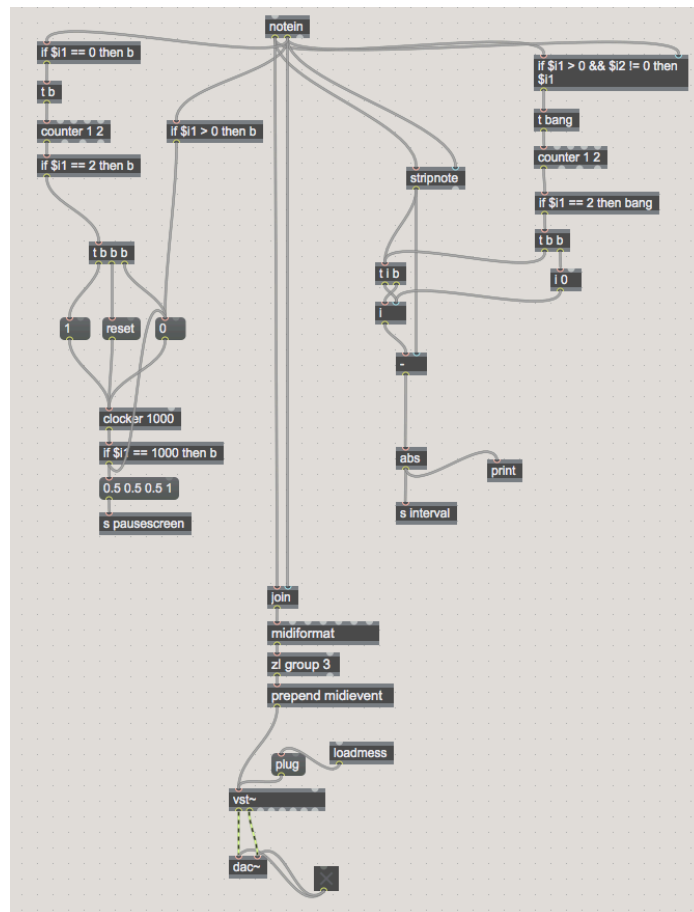


Abbildung 19: MaxMSP-Patch (s. Anhang B)

In Abbildung 19 sieht man das Herzstück des Übungsprogrammes. Im rechten Abschnitt wird das gespielte Intervall ermittelt. Dies erfolgt mittels einer

Subtraktion der Pitch-Werte (in MIDI-Norm, daher Werte von 0 bis 127) zweier gespielter Noten. Damit sich die Subtraktion nach einem Tonpaar wieder zurücksetzt, zählt ein Counter die ankommenden Note On-Befehle mit und sendet einen Reset-Befehl an die Berechnung, wenn zwei Noten gespielt wurden. Ohne diese Maßnahme würde die erste Note des zweiten Tonpaares mit der zweiten Note des ersten Tonpaares verglichen werden und somit zu Verwirrung führen.

Im linken Ast der Abbildung 19 sieht man den Aufbau der Reset-Funktion für den grauen „Pausenbildschirm“. Ein Note-Off Befehl sendet einen Reset-Befehl an den Counter und startet ihn danach, wodurch er für einen einstellbaren Zeitraum (im Beispiel 1000 Millisekunden lang) hinauf zählt und, sobald er diesen erreicht, den Bildschirm grau einfärbt. Ein Note-On Befehl stoppt den Counter lediglich. Dadurch können in einem angenehmen Tempo (bspw. Viertelnoten auf einem Tempo von 120 BPM) Intervalle gespielt werden, durch das Gedrückt-halten des Zieltones kann die Bildschirmfarbe beliebig lange aufrechterhalten werden und erst durch den Note Off-Befehl der Pausenbildschirm aktiviert werden. Da die Zeitspanne des Counters einstellbar ist, könnten auch langsamere Tempi gespielt werden, ohne Gefahr zu laufen, dass sich bereits zwischen den beiden gespielten Noten der Bildschirm wieder grau einfärbt.

Der mittlere Ast auf der Abbildung 19 ist für die Wiedergabe der Noten auf Audio-Ebene verantwortlich. Hierbei wird aus der Midi-Information des notein-Objektes eine Liste erstellt (join), diese in midiformat in eine komplette MIDI-Nachricht umgewandelt und mittels den Objekten `zl group` und `prepend so` formatiert, damit das `vst`-Objekt diese korrekt interpretieren kann. Im `vst`-Objekt ist zudem das VST-Instrument geladen, welches die ankommende Midi-Information in Klänge umwandelt.

Für den Versuchsaufbau wurde das Instrument Addictive Keys der Firma XLN Audio benutzt, in dem ein durch Samples abgebildetes E-Piano der Marke „Fender Rhodes“ geladen war. Die Entscheidung fiel auf dieses E-Piano, da sein Klang sehr sinusartig ist und die Töne wenig Geräuschcharakter haben. Der Anschlag des Tones ist zwar leicht glockig und, um den Vergleich zu einem akustischen Instrument zu ziehen, vorsichtig mit dem der Celesta oder Marimba zu vergleichen, jedoch klingt das E-Piano vor allem am Anschlag bedeutend dumpfer. Durch diese eher obertonarme, sinusoidale Klangcharakteristik sollte der Fokus so gut wie möglich vom Instrument abgelenkt werden.

3.4 Ablauf der Versuchseinheiten

Es wurden drei Versuchseinheiten im Abstand von jeweils maximal zwei Wochen zwischen den Einheiten im Einzelunterricht abgehalten. Jede Einheit bestand aus dreißig Minuten reiner Übungszeit sowie einigen daran anschließenden Minuten Feedback-Gespräch gemäß der zuvor in dieser Arbeit behandelten Richtlinien des Design-Based Research-Verfahrens.

Da keine besonderen akustischen Begebenheiten für die Durchführung des Versuches erforderlich waren, wurde davon abgesehen, einen eigens dafür vorgesehenen Studioraum zu benutzen. Bei allen Versuchsdurchgängen wurden breitbandige, moderne Studiomonitore zur Audio-Wiedergabe benutzt, die alle gespielten Töne in gleichmäßiger Lautstärke und Klangqualität reproduzieren können. Die Abhörlautstärke am Übungsplatz wurde bei allen Versuchsdurchgängen auf rund 75 dBA gemittelt.

Die Versuchspersonen saßen vor einem Bildschirm, der nichts außer dem Übungsprogramm zeigte. Sie wurden dazu angehalten, den Bildschirm anzusehen und während dem Versuch nicht etwa die Augen zu schließen, um sich mehr auf das Hören zu konzentrieren. Da vor allem zu Beginn des Versuches, bei dem man noch nicht alle Intervalle kennen lernte, die Farben schnell wie „Schummeln“, also wie eine unerlaubte Hilfestellung wirkten, wurden die Probanden und Probandinnen ganz besonders darauf hingewiesen, sich nicht davon irritieren zu lassen. Zu dem Versuch, das gespielte Intervall durch Hören zu identifizieren, wurde zwar ermutigt, dennoch sollte die dazugehörige Farbe dabei gesehen und auch bewusst wahrgenommen werden.

3.4.1 Planung der ersten Versuchseinheit

Die erste Versuchseinheit beginnt mit einer Erklärung des Versuches, dessen Ablauf und des Ziels. Da es sich, wie bereits zuvor erwähnt, bei allen ProbandInnen um Anfänger und Anfängerinnen auf dem Gebiet von Musik und Harmonielehre handelt, wird ein sehr langsamer Einstieg geboten.

Die ersten Schritte werden demnach mit Intervalltraining mit wenigen, „einfachen“ Intervallen gemacht. Zu Beginn werden lediglich Primen und Oktaven gespielt,

um mit dem System vertraut zu werden. Nach einer bestimmten Anzahl von vorgespielten Intervallen werden Quinten und, gegebenenfalls bei schnellem Vorankommen, auch große Terzen hinzugefügt. Die Tonreichweite wird in der ersten Einheit vier Oktaven (großes c bis c'') nicht überschreiten. Für den Anfang werden lediglich aufsteigende Intervalle verwendet. Die beiden Töne werden stets nacheinander und nicht gleichzeitig angespielt. Die Wiederholung eines Intervalles ist möglich.

Das Tempo, in dem die Intervalle vorgespielt werden, wird sich naturgemäß an dem Probanden bzw. der Probandin richten, jedoch wird versucht, eine möglichst einheitliche Geschwindigkeit unter allen Versuchspersonen zu erreichen. Die Reihenfolge der Intervalle ist vordefiniert (siehe Anhang 1). Wichtig ist, mit allen Versuchspersonen auf einem ähnlichen Stand des Fortschrittes zu verbleiben, um die Lernergebnisse in Bezug auf die bewusste Verbindung zu den erlernten Farben überprüfen zu können.

Die ProbandInnen werden bereits in der ersten Versuchseinheit nach kurzer Zeit dazu ermutigt, die gehörten Intervalle mitzusingen bzw. zu summen, da vermutet wird, dass der Lernfortschritt dadurch weiter unterstützt wird.

Den ProbandInnen werden im Rahmen des gegenständlichen Versuchs nur sehr grundlegende Erklärungen der Harmonielehre gegeben. Auch wenn ausführlicher Theorieunterricht in einem langfristig angelegten Lehrplan auf jeden Fall von Bedeutung wäre, beschränkt sich der Versuchsaufbau dieser Arbeit zum größten Teil auf das Hören der Klänge. Die Versuchspersonen lernen die Namen der Intervalle und deren Reihenfolge in Verbindung mit dem gehörten Klang, auf die konkrete Funktion des Intervalls in einer Tonleiter wird nur überblicksweise eingegangen.

Der konkrete Unterrichtsmodus sieht also so aus, dass vom Durchführenden des Versuches, der hinter dem Probanden bzw. der Probandin sitzt, Tonintervalle auf einem Keyboard gespielt werden. Der/die Proband/in sieht die Klaviatur nicht, sondern lediglich vor ihm/ihr den Bildschirm, der sich dem abgespielten Intervall gemäß einfärbt. Die Versuchsperson benennt das Intervall, das er oder sie hört.

4 DURCHFÜHRUNG

4.1 Erster Versuchsdurchgang

Der erste Versuchsdurchgang wurde innerhalb des Zeitraumes einer Woche mit allen ProbandInnen abgehalten. Die Einheiten begannen jeweils mit einer kurzen Erklärung des Versuchsaufbaus, in der darüber informiert wurde, dass es bei dem Versuch konkret um das Erlernen relativen musikalischen Hörens geht und in welchem Modus das Training begonnen wird, also mit Intervalltraining. Die ProbandInnen wurden darauf hingewiesen, ihre Augen stets offen zu halten und auf den Bildschirm zu richten, auch wenn sie sich eher auf das Hören konzentrieren. Es wurde erklärt, dass Intervallpaare stets aus zwei gehörten Tönen bestehen, das Intervall dann benannt werden soll und, bei Bedarf, eine Wiederholung möglich ist. Sollte ein falsches Intervall genannt werden, würde die Antwort vom Durchführenden des Versuches korrigiert werden.

Anschließend wurden die ersten beiden Intervalle vorgestellt, die gelernt wurden, nämlich die reine Prim und die reine Oktav. Die beiden Paare wurden kurz vorgespielt und erklärt, sowie der Zusammenhang mit den jeweils dargestellten Farben aufgezeigt. Nach dieser kurzen Einführung wurden 40 Tonpaare vorgespielt, davon jeweils zwanzig Oktav- und zwanzig Primpaare. Die genaue Abfolge der Paare ist in Anhang 1 einsehbar.

Danach wurde ein drittes Intervall, die reine Quint, vorgestellt. Auch dieses wurde in Verbindung mit den beiden bereits gelernten Intervallen vorgespielt und erklärt sowie auf den Farbzusammenhang hingewiesen. Wiederum wurden vierzig Tonpaare vorgespielt, davon dreizehn Primen, dreizehn Oktaven und vierzehn Quinten.

Da selbst die musikalisch unerfahreneren ProbandInnen hierbei schnell sicher wurden, wurde entgegen der Erwartung für die erste Lehreinheit noch ein viertes Intervall, die große Terz, vorgestellt. Wiederum wurde das Intervall im Kontext

der bereits bekannten Paare vorgespielt und erklärt. Da die Möglichkeiten umfangreicher wurden und die Aufgabe damit erschwert, wurde von vierzig auf insgesamt sechzig gehörte Tonpaare aufgestockt, davon zehn Primen, vierzehn Oktaven und jeweils achtzehn reine Quinten und große Terzen.

Hierbei wurde merkbar, dass sich die unerfahreneren ProbandInnen immer mehr auf die gesehenen Farben verließen, während die Personen mit mehr musikalischer Vorbildung zunehmend die „Herausforderung“ suchten und es so wirkte, als ob sie versuchten, die Farbe noch so weit wie möglich auszublenden, um nur durch Hören zu einer richtigen Antwort zu gelangen. Es wurde jedoch genau darauf geachtet und hingewiesen, dass sie die Augen nicht verschließen und den Bildschirm im Blick behalten sollten.

Da nach dem vierten vorgestellten Intervall noch genügend Zeit blieb, aber die Entscheidung getroffen wurde, mit weiteren Intervallen bis zur nächsten Einheit zu warten, da die ProbandInnen mit langsamerem Fortschritt vielleicht dadurch überfordert gewesen wären, wurde ein weiterer, neuer Zugang zum schnelleren Lernen ausprobiert. Dabei wurden die Versuchspersonen dazu angehalten, die gehörten Tonpaare mitzusingen. Um dies zu ermöglichen, wurde das Tonmaterial auf eine angenehme Reichweite innerhalb der Stimmlage der jeweiligen Versuchsperson beschränkt.

Da keine der Versuchspersonen angab, je gesungen zu haben, wurde damit gerechnet, dass dabei auf große Vorsicht und wenig Wohlwollen gestoßen werden würde. Ganz im Gegensatz dazu sagte niemand bereits von vornherein, dass ihm oder ihr das Vorsingen unangenehm wäre und er/sie dies daher lieber unterlassen würde.

Zu Beginn wurde geübt, einen gehörten Ton nachzusingen – auf Grund der verschiedenen Vorbildungsniveaus dauerte dies auch merkbar unterschiedlich lange, während eine der sieben Versuchspersonen sofort und völlig problemlos alle Töne fand und nachsingen konnte, brauchten die meisten mehrere Anläufe, das Vorsingen durch den Durchführenden und weitere Anleitungen, um den richtigen Ton zu finden. Vielen fiel dabei erstmals auf, wie es klingt, den richtigen Ton zu singen bzw. dass in der Nähe des richtigen Tones Schwebungen entstehen und man sich anhand dieser zum richtigen Ton *leiten* lassen kann.

Sobald das Nachsingen der gehörten Einzeltöne (annähernd) problemlos funktionierte, wurden die ersten Tonpaare, wiederum in den Intervallen Prim, große Terz, Quint und Oktav, geübt und nachgesungen. Schon während dieser Übung fiel auf, dass sich die ProbandInnen schnell mit der Unterscheidung leichter taten, viele gaben an, dass dies an dem „Weg“ läge, den sie mit der Stimme zurücklegen müssten und dass dadurch beispielsweise der Unterschied zwischen Terz und Quint für sie eindeutiger wurde als durch das alleinige Hören.

Nach einigen Minuten in diesem Modus (auf Grund der unterschiedlichen Stimmlagen wurde keine Notenfolge im Vorhinein festgelegt) wurde wieder auf den vorherigen Modus ohne Nachsingen gewechselt. Obwohl das nicht vom Durchführenden vorgeschlagen wurde, merkte man, dass mehrere Versuchspersonen die gehörten Töne von selbst in eine für sie angenehme Stimmlage oktavierten, leise mitsummten und das in ihre Entscheidung einbezogen. Generell wurde der Eindruck gewonnen, dass nach dem Übungsdurchgang mit Gesang die Antworten zwar nicht auffallend schneller, aber dafür mit mehr Sicherheit gegeben wurden.

Als besonderen Test und einen „Sprung ins kalte Wasser“ wurde während des letzten Übungsblocks, in dem eigentlich nur noch gehört wurde, nach einigen Übungsbeispielen eine Note (in der jeweils angenehmen Stimmlage des Probanden bzw. der Probandinnen) gespielt und die Versuchsperson gefragt, ob sie eine große Terz auf diesen Ton singen könne. Dies funktionierte bei fünf von sieben ProbandInnen auf den ersten Versuch und im zweiten Anlauf auch bei den restlichen beiden Personen. Unabhängig davon waren alle Versuchspersonen sehr davon überrascht, dass ihnen das überhaupt möglich war, da sie eigentlich ausnahmslos alle in die erste Unterrichtseinheit gingen, ohne wirklich zu wissen, was „Intervalle“ wie eine „große Terz“ oder „Quint“ genau sind. In den nach dem Versuch abgehaltenen Feedback-Gesprächen beschrieb jeder diesen Moment für sich als sehr überraschend und einen besonderen Motivationsschub.

Die Feedback-Gespräche verliefen sehr positiv, es gab überwiegend keine konkrete Kritik an der Methodik, aber es wurden einige wertvolle Informationen und Vorschläge, vor allem für die Vorbereitung, gegeben. So gaben zwei ProbandInnen an, dass sie, vor allem in die ersten Runden, mit einer gewissen Skepsis gegangen waren und „Fallen“ erwarteten, wie beispielsweise nicht korrespondierende Farb-Ton-Paare als Überprüfung, ob sie tatsächlich aktiv zuhören würden. Da dies ablenkend wirkt, sollte also vor der ersten

Versuchsrunde klar gestellt werden, dass es tatsächlich ausschließlich um Übung geht und es keine Fallen, Ausnahmen oder ähnliches gibt.

Ein Proband erwähnte, dass unbedingt darauf geachtet werden sollte, dass es im Blickfeld der Versuchsperson keine anderen, farbigen Reize geben sollte als den Bildschirm. Auch dies wurde zuvor nicht bedacht und stach besonders hervor, da der gesamte Übungsplatz in Grauabstufungen gehalten ist und lediglich ein Notizbuch mit strahlend rotem Einband am Tisch lag, das auf ihn sehr ablenkend wirkte. Auch diese Information wird in den künftigen Versuchsaufbau mit aufgenommen.

Eine Probandin merkte an, dass sie den Verdacht hatte, dass es einen nicht zufälligen Zusammenhang zwischen Terz und Türkis gegeben hätte. Da sie etwas Ähnliches jedoch in keinem anderen Intervall wiederfand, verwarf sie den Gedanken während dem Versuchsdurchgang wieder und ließ sich, laut eigener Angabe, nicht weiter davon ablenken. Da auch kein/e andere/r Proband/in diesen Zusammenhang aufstellte, wird davon ausgegangen, dass es deswegen keiner Änderung des Farbsystems bedarf.

Keine der Versuchspersonen erwähnte etwaige Kritik bezüglich des Unterrichtsmodus an sich, eine der beiden Personen mit sehr wenig musikalischer Vorbildung sagte, dass es für sie gegen Ende des ersten Durchganges schon sehr schnell voran ging, es aber noch im Rahmen war – noch schnelleres Vorgehen wäre, laut ihr, jedoch zu viel gewesen. Mehrere ProbandInnen gaben an, dass sie sich die Farbassoziation zwar gemerkt hätten, diese aber sicher noch nicht „eingebrannt“ war. Dass dies nach dem ersten Versuchsdurchgang von dreißig Minuten nicht passieren würde, wurde jedoch von keinem der Beteiligten erwartet.

Das effektiv umsetzbare Feedback zur ersten Versuchsrunde betraf daher zum größten Teil die Vorbereitung auf den Versuch, wodurch für die zweite Runde keine maßgeblichen Veränderungen am Modus vorgenommen wurden. Die Planung des ersten Durchganges, vor allem der einführenden Beschreibung, wurde jedoch um die neuen Erkenntnisse erweitert.

4.2 Zweiter Versuchsdurchgang

Plan für den zweiten Versuchsdurchgang war es, die im ersten Durchgang gelernten Intervalle zu wiederholen und bis zu drei neue Intervalle vorzustellen. Um das harmonische Verständnis dessen, was gelernt wird, zu erweitern, fiel die Entscheidung, dass die große Sekund und die reine Quart als erstes eingeführt werden würden und, falls danach noch Zeit bleibt, die große Septim. Es zeigte sich im Versuchsdurchgang, dass für mehr als zwei neue Intervalle nicht einmal bei den ProbandInnen mit mehr Vorerfahrung genug Zeit geblieben wäre.

Die Entscheidung zu Gunsten von Sekund und Quart wurde getroffen, um den ProbandInnen die Verbindung des Intervalltrainings zu *angewandter* Harmonielehre verständlicher zu machen und ihnen ein Verständnis dafür zu geben, warum das Intervalltraining eine so wichtige Grundlage bildet. Durch die Vervollständigung der Durtonleiter-Stufen bis zur Quint sollte daher ein Weg für die Versuchspersonen gefunden werden, sich durch diesen bekannten Klang (der aufsteigenden Durtonleiter, respektive von Kinderliedern wie „Alle meine Entchen“) ein Verständnis für die Notenabstände und Tonsprünge bilden zu können, ohne die Notation zwingend zu kennen beziehungsweise zu verstehen.

Durch die (physikalische) Nähe der vorgestellten Intervalle wurde davon ausgegangen, dass die Unterscheidung den ProbandInnen schwerer fallen würde als wenn beispielsweise statt der reinen Quart die große Septim ausgewählt worden wäre. Dennoch wurde im Sinne der Entwicklung der Lehrmethode der beschriebene Weg gewählt, da es für die Studie von größerem Interesse ist, zu beobachten, wie sich das harmonische Verständnis und die Eigenständigkeit des Schülers bzw. der Schülerin im Verlaufe des Unterrichts entwickeln würden.

Sieben Versuchsrunden wurden, unter denselben Bedingungen wie im ersten Durchgang, abgehalten. Die anfängliche Erklärung des Modus musste nicht wiederholt werden, da die ProbandInnen über die Entwicklung der Methode Bescheid wussten, wurde ihnen lediglich gesagt, dass sich gegenüber der ersten Runde für sie nichts verändert habe. Es wurde nochmal ausdrücklich erwähnt, dass ihr Blick aktiv am Bildschirm bleiben solle und die Augen nicht verschlossen werden sollen. Außerdem wurde wiederholt, dass die Anzeige mit dem Gehörten ausnahmslos immer zusammenpasst und es keine „Fallen“ oder Ähnliches gibt.

Die Unterrichtseinheit begann jeweils mit einer kurzen Wiederholung der letzten Aufgabe des ersten Durchganges, Identifizieren der Intervalle Prim, große Terz, Quint und Oktav mit Hilfe der damit verbundenen Farben. Dies bereitete keinem/r der ProbandInnen Probleme, wenn auch merkbar war (und von einer Person angegeben wurde), dass vor allem die ProbandInnen mit weniger Vorkenntnissen sich nach wie vor sehr auf die Farbanzeige verließen. Wie im letzten Versuchsdurchgang wurden sechzig Intervalle, aufgeteilt in zehn Primen, vierzehn Oktaven und je achtzehn große Terzen und reine Quinten, vorgespielt.

Nach diesem Einstiegsblock wurde das erste neue Intervall, die reine Quart, vorgestellt. Wie gehabt wurde dieses vorgespielt, in Relation zu den anderen bekannten Intervallen gesetzt, erklärt, dass es zwischen großer Terz und Quint läge und versucht, einen Bezug zu diesem Klang aus der echten Welt zu finden. Da im Fall der reinen Quart durch das Folgetonhorn der Polizei (auch Martinshorn) ein an sich sehr bekannter Klang existiert, wurden die ProbandInnen gefragt, ob ihnen ein Beispiel einfiele. Niemand nannte von selbst das Folgetonhorn und erst, als die zwei Töne im Rhythmus des Warnsignals gespielt wurden, fiel es den ProbandInnen auf. Erstmalig jedoch fanden zwei ProbandInnen von selbst andere Referenzen für den Klang des Intervalles, einerseits die ersten zwei Töne der Melodie von „Amazing Grace“, andererseits den Beginn von Mozarts „Eine kleine Nachtmusik“.

Nach der Einführung wurde das Training im selben Modus mit der Unterstützung durch Farben fortgeführt. Es wurden achtzig Tonpaare vorgespielt, davon 5 Primen, 15 Oktaven und je 20 große Terzen, reine Quarten und reine Quinten. Nachdem dieses Programm abgeschlossen war und, wie gehabt, sich durch die Farben als kein großes Problem herausstellte, wurde wieder eine kleinere Anzahl von dreißig Paaren in einer angenehmen Tonlage ausgewählt, die von den ProbandInnen mitgesungen wurden.

Hierbei fiel schnell auf, dass die bereits aus der ersten Übungseinheit bekannten Intervalle bedeutend sicherer gesungen werden konnten – auch ohne Vorspielen des zweiten Tons – als die Quart. Gründe dafür werden sowohl in der Übung gesehen, als auch in der Lage des Intervalls zwischen den beiden bereits bekannten Klängen der Terz und Quint. Auffällig war, dass der Proband, der die Anfangstöne von „Amazing Grace“ erkannte, keinerlei Probleme mit dem Erkennen oder Nachsingen bzw. freiem Singen der Quart hatte und dabei sofort sicherer war als nach wie vor bei Terzen und Quinten.

Mit der steigenden Anzahl der Intervalle wurde während des Versuchs bemerkbar, dass sich die ProbandInnen immer mehr konzentrieren mussten und es gegen Ende eines Übungsblocks mit Benennen der Intervalle für sie allmählich anstrengender wurde. Die vielen Blöcke, in denen mitgesungen wurde, dienten daher nicht nur dem harmonischen Verständnis (das Nachsingen wurde am Ende des Durchganges wiederum von allen ProbandInnen als sehr effektiv beschrieben), sondern auch der Abwechslung und zum Loslösen aus dem „Trott“, der sich durch die Wiederholung ergab.

Nach dieser Übung wurde die große Sekund vorgestellt. Dabei wurde der Klang des Intervalles und dessen Position zwischen Prim und Terz erklärt, als auch das Ergebnis, dass mit diesem Sprung die ersten fünf Stufen der Durtonleiter abgedeckt waren und sehr übersichtsmäßig aufgezeigt, wie diese aufgebaut ist.

Wie gehabt wurden zuerst Tonpaare vorgespielt, hierbei wurden wiederum achtzig Intervalle, davon fünf Primen, zehn Oktaven, je sechzehn Quarten, Quinten und große Terzen und siebzehn große Sekunden, ausgewählt. Auch in dieser Runde war bemerkbar, dass gegen Ende hin die Konzentration nachließ. Es war auffällig, dass die Sekund meistens ohne Schwierigkeiten und vergleichsweise schnell erkannt wurde, mehr Zeit zum Nachdenken benötigte – trotz der farblichen Hilfestellung – die Unterscheidung von Quart, Terz und Quint. Nach diesen achtzig Paarungen wurde der Übungsmodus wieder auf die Variante „Mitsingen“ gewechselt.

In diesem Durchgang wurden erneut dreißig Paare vorgespielt, danach wurde ein neuer Modus ausprobiert, in dem kleine Melodien nachgesungen wurden, um auf der Seite des theoretischen Verständnisses nachzuhelfen. Dazu wurde zuerst eine Tonfolge von zwei großen Sekunden auf und ab, also (alle folgenden Beispiele in C-Dur, die Tonart variierte im Versuch je nach Stimmlage) C-D-E-D-C, vorgespielt und gemeinsam nachgesungen. Dann wurde erklärt, dass man diese Melodie auf zwei Arten analysieren könne, nämlich als zwei aufeinander gestapelte Sekunden, oder mit Bezug zum Grundton als eine große Sekund und eine große Terz. Um das zu verdeutlichen, wurde die Melodie wiederholt, dabei jedoch der Grundton zwischen jeder Stufe gesungen, also C-D-C-E-C-D-C.

Danach wurde diese Melodie langsam um weitere Stufen erhöht und auf dieselbe Art analysiert. Zunächst wurde die Quint hinzugefügt, also C-D-E-G-E-D-C und danach die Quart. Beim aufsteigenden Singen der Melodie C-D-E-F-G fiel den ProbandInnen auf, dass es sich um die Durtonleiter handelte (bzw. um das Kinderlied „Alle meine Entchen“). Als diese nachgesungen werden konnte, wurde

versucht, die ProbandInnen mit der ausschließlichen Vorgabe eines Grundtons Tonleitern singen zu lassen. Gemäß der Vorbildung funktionierte dies einmal schneller, einmal langsamer, aber nach wenigen Versuchen fanden auch die unsichereren, unerfahreneren Versuchspersonen die richtigen Stufen.

An diesem Punkt wurde erklärt, dass sie dieses Wissen benutzen könnten, um die bereits bekannten Intervalle zu erkennen, wenn sie diese an Hand des Hörens allein nicht identifizieren könnten, indem sie sich die Tonleiter – laut oder leise, im Kopf – vorsingen. Um das zu verdeutlichen, wurde erstmals der Fokus von den Farben am Bildschirm weggenommen und versucht, einige Intervalle blind zu benennen.

Wie erwartet fiel den meisten ProbandInnen dies zunächst schwer, auch wenn sich einige (wie erwartet die Personen mit größerer Vorbildung) bereits, trotz einiger Fehler, recht sicher fühlten. Als viel Wichtiger wurde jedoch angesehen, dass sowohl die schnelleren, als auch die langsameren Lerner mit Hilfe des Vorsingens der Tonleiter, zumindest mit Hilfe und Anleitung des Versuchsdurchführenden, an das richtige Intervall herantasten konnten und dabei von sich aus angaben, durch diese Methode viel mehr als zuvor den „Sinn“ des Intervalltrainings zu verstehen und dadurch eine viel bessere Vorstellung der Harmoniebezüge gewonnen zu haben. Mit dieser Übung wurde der zweite Versuchsdurchgang beendet.

Aus den Feedback-Sessions ging nach der zweiten Runde fast einstimmig hervor, dass in den langen Blöcken mit achtzig Tonpaaren die Konzentration schwer aufrecht zu erhalten ist. Das wird als deutlicher Hinweis darauf gewertet, die einzelnen Übungsrunden kürzer zu halten. Die Versuchspersonen waren sich gleichzeitig jedoch einig, dass die Wechsel im Modus – Hören / Singen / Erklären – dabei geholfen hätten, diesen „Tunnelblick“, der während den langen Übungsdurchgängen aufgebaut wurde, wieder abzulegen.

Abgesehen davon gab es nach der zweiten Runde keine Einwände bzw. Kritik an der Methodik, auch das Tempo wurde, trotz der langen Durchgänge und schwer aufrecht zu erhaltenden Konzentration, nicht als zu schnell bewertet. Mehrere ProbandInnen gaben jedoch an, dass es nicht noch schneller, wie beispielsweise durch das Einführen eines weiteren Intervalls, hätte gehen dürfen.

Die Maßnahme des Mitsingens wurde auch in der zweiten Runde mit sehr viel Wohlwollen aufgenommen und in der Feedback-Runde als besonders hilfreich hervorgehoben. Auch die Verknüpfung zu bekannten Melodien und Kinderliedern wurde positiv erwähnt. Bei einem Probanden fiel auf, dass er im „blinden“ Versuchsdurchgang ein Intervall, das er hörte, mehrmals falsch nachsang, dann aber das gesungene Intervall richtig benannte. Das passierte oft etwa bei Quarten und Terzen, hörte er eine Quart, sang er oft eine große Terz und benannte das Intervall auch als solche.

Erstmals gab es in der zweiten Feedback-Runde einen Kommentar über die Farbwahl, da ein Proband angab, dass das strahlende Rot der Quart zwischen dem mittelblauen Ton der großen Terz und dem strahlenden Grün der reinen Quint für ihn überraschend und unintuitiv gewesen wäre. Er meinte, er hätte sich einen, in mitten dieser Farben, *harmonischeren* Farbton erwartet. Auf die Frage hin, welche Farbe er beispielsweise gewählt hätte, überlegte er zwischen Türkis (die Mischfarbe der beiden umliegenden Intervalle) und Gelb (wodurch Grün zur Mischfarbe werden würde), sagte dann jedoch aus eigenen Stücken, dass er auch diese beiden Farben suboptimal fände und dass der große Kontrast vielleicht der Unterscheidung dienen könnte (der ursprüngliche Grund für die Wahl des strahlend roten Farbtons).

Auf die Frage nach der Wirkung der Farben im Generellen antworten die ProbandInnen wieder sehr einheitlich. Alle gaben an, dass sie glaubten, dass sich die Farben auf Dauer einprägen würden, dass es jedoch noch zu früh wäre, um diesen Effekt bei sich selbst festzustellen. Eine Versuchsperson, die im Vorfeld wenig musikalische Vorerfahrung hatte, gab an, dass die Farben für sie schon jetzt intuitiver seien als die Namen der Intervalle, die sie ebenfalls erst lernen musste. Selbstverständlich heißt das nicht, dass die beiden Reize bereits fest miteinander verbunden sind, jedoch berichtete sie, zu glauben, dass sich die Farbassoziationen schneller festigen würden als die Namen.

Auffallend bei zwei der schnellsten Lerner in der Versuchsgruppe war, wie sich ihre Stärken unterschieden. Während eine Probandin beim Nachsingen der Intervalle stets sehr sicher war und harmonische Zusammenhänge sehr schnell nachvollziehen konnte, hatte sie beim blinden Benennen von Intervallen – ohne die Tonleiter zu singen – noch einige Schwierigkeiten. Auf der anderen Seite fiel dem anderen Probanden, der einen sehr schnellen Lernfortschritt aufwies, das Nachsingen teilweise eher schwer, die Intonation war ungenau und er brauchte oft mehrere Anläufe für eine Tonfolge, dafür machte er am Ende der zweiten Einheit kaum Fehler beim blinden Erkennen der vorgespielten Intervalle. Er gab

an, die Tonleiter in seinem Kopf zu singen und so auf das richtige Intervall zu kommen – machte dies jedoch in einer für diesen Stand des Unterrichts beeindruckenden Geschwindigkeit.

Eine Probandin gab an, dass sie großes Potenzial in der Methode sähe und sich das System wie „Lernen mit Karteikarten“ anfühle. Sie sagte, dass das System prädestiniert sei für etwa eine Übungs-App für unterwegs und dass sie diese, wenn es sie gäbe, sicher aktiv benutzen würde.

4.3 Dritter Versuchsdurchgang

Im dritten Versuchsdurchgang wurde vor allem auf das Feedback bezüglich der Konzentrationsspanne Rücksicht genommen und die einzelnen Versuchsrunden wieder gekürzt. Es wurde versucht, mehr Abwechslung in die Einheit zu bringen, damit sich nicht erneut der beschriebene „Tunnelblick“ einstellen würde.

Obwohl es dem logischen Aufbau entsprochen hätte, die Stammtöne weiter abzuarbeiten und die große Sext und Septim vorzustellen, wurde auf Grund des Zieles der gegenständlichen Forschung – die Methode zu überprüfen – die Entscheidung getroffen, diese vorerst weg zu lassen und stattdessen die kleine Terz und kleine Sekund vorzustellen.

Dies hat vor allem den Grund, dass das erarbeitete Farbsystem – veränderte Helligkeit eines Farbtons zur Identifizierung als *Intervallfamilie* – bisher noch nicht evaluiert wurde. Da das als essenziell angesehen wird, wurde in Kauf genommen, dass die dritte Einheit nicht nur im Schwierigkeitsgrad einen großen Schritt für die ProbandInnen macht, sondern auch, dass die vorgestellten neuen Aufgaben nicht der erwarteten Reihenfolge des Unterrichts entsprechen.

Zu Beginn der Übungseinheiten wurde, wie auch in der zweiten Versuchsrunde, zuerst ein kurzer Wiederholungsdurchgang (vierzig Paare) des bereits Gelernten durchgeführt.

Als erste Neuerung wurde die kleine Terz vorgestellt. Dabei wurde den ProbandInnen erklärt, dass diese auch zur Terzfamilie gehöre, aber einen Halbtonschritt unter der bereits bekannten großen Terz (und einen Halbtonschritt über der großen Sekund) liege. Außerdem wurde das Thema Dur/Moll kurz angeschnitten, jedoch nur oberflächlich erklärt und im Hörvergleich präsentiert. Es wurde aufgezeigt, dass diese „Familienzugehörigkeit“ auch in der Farbe erkennbar sei, da die kleine Terz durch einen dunkleren Blauton als die große visualisiert wurde. Nach der anfänglichen Erklärung wurden fünfzig Tonpaare vorgespielt, davon zwei Primen, drei Oktaven und je neun kleine und große Terzen, große Sekunden, reine Quarten und reine Quinten.

Nach diesem Durchgang wurde wieder auf einen Modus mit Nachsingen gewechselt. Dabei wurde an die Melodie erinnert, die im zweiten Durchgang gesungen wurde – zwei große Sekunden aufeinander geschichtet, also (in C-Dur) C-D-E-D-C. Diese wurde wiederholt und dann mit der kleinen Terz, also C-D-Eb-D-C, vorgespielt und nachgesungen. Diese beiden Melodien wurden von mehreren Grundtönen ausgehend mitgesungen. Wenn das selbstständig möglich war, wurde nur noch der Grundton vorgegeben und der Rest der beiden Melodien durch die Versuchsperson ergänzt. Vor allem für die ProbandInnen, die mit Nachsingen von Anfang an größere Schwierigkeiten hatten, stellte dies noch eine große Herausforderung dar, man konnte allerdings das Bewusstsein für die Tonsprünge erkennen – auch wenn die Intonation zum Teil unsicher war.

Anhand dieser Aufgabe wurde dann das zweite neue Intervall, die kleine Sekund, vorgestellt, da es ein Teil der soeben durchgeführten Übung war. Den ProbandInnen wurde aufgezeigt, dass der Unterschied zwischen den beiden Melodien in Dur und Moll der Abstand vom zweiten zum dritten Ton war und dass dieser in der Moll-Melodie eine kleine Sekund, also einen Halbtonschritt, betrug. Es wurde der Vergleich zur großen Sekund gezeigt und erklärt, dass es sich bei der kleinen Sekund um das kleinste Intervall handelt, das in der westlichen Harmonielehre üblicherweise behandelt wird.

Nach der Erklärung wurde ein etwas längerer Versuchsdurchgang mit sechzig Tonpaaren durchgeführt, davon jeweils neun kleine und große Sekunden, kleine und große Terzen, Quarten und Quinten, vier Oktaven und zwei Primen.

Danach wurde noch ein kurzer Durchgang mit Nachsingen angehängt. Dieser war aus Zeitgründen kürzer gehalten und fokussierte sich vor allem auf kleine und große Sekund sowie kleine und große Terz.

Als abschließende Übung wurde noch einmal mit allen ProbandInnen versucht, Intervalle blind zu erkennen. Sie wurden dazu angehalten, keine vorschnellen Vermutungen abzugeben, wenn sie sich unsicher waren, sondern zu versuchen, sich selbst anhand der Tonleiter zur richtigen Antwort hin zu leiten. Je nach Geschwindigkeit des Probanden wurden verschieden viele Intervalle abgeprüft.

Bei dieser Aufgabenstellung, die für die Dauer und den Stand des Unterrichts auf jeden Fall als ambitioniert bezeichnet werden kann, kam es erwartungsgemäß zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen.

Die ProbandInnen, die sich bereits in den ersten beiden Versuchsrunden als relativ schnelle Lerner herauskristallisierten, konnten mit Hilfe des Vorsingens der Tonleitern und (sehr zurückhaltender) Anleitung des Versuchsdurchführenden den Durchgang beinahe fehlerfrei bewältigen. Dabei fiel auf, dass oft aus dem ersten Klangeindruck heraus nicht das richtige Intervall genannt wurde, aber durch das mehrmalige Hören und Analysieren mit Hilfe einer Skala das richtige Ergebnis gefunden werden konnte.

Für die Versuchspersonen mit weniger musikalischer Vorbildung, die auch im restlichen Versuchsverlauf generell mehr Zeit für verschiedene Aufgaben und zum Verständnis benötigten, war die letzte Aufgabe naturgemäß sehr schwierig. Richtige Einschätzungen ohne die Hilfe der Skalen gab es nur wenige, jedoch wird es als wichtiger angesehen, dass auch die langsameren Lerner und Lernerinnen mit Hilfe der Tonleitern zu richtigen Ergebnissen kommen konnten, auch wenn mehr Anleitung und Hilfe durch das Klavier nötig war als bei den schnelleren LernerInnen. Große Schwierigkeiten bereitete den meisten der unerfahreneren ProbandInnen die kleine Terz, da sie normalerweise die Dur-Skala hinauf sangen und Probleme dabei hatten, den darin nicht vorkommenden Ton einzuordnen. Die kleine Sekund dagegen bereitete weniger Probleme, vermutlich, da schon nach dem zweiten Ton der Dur-Skala (also der großen Sekund) auffiel, dass die kleine Sekund dazwischen liegen müsse.

Aus den finalen Feedback-Runden ging hervor, dass durch das (blinde) selbstständige Finden der richtigen Intervalle anhand von Skalen das harmonische Verständnis der ProbandInnen stark profitierte. Viele gaben an, dass sich durch die letzte Übung ihr Bezug zu den Intervallklängen noch einmal merkbar verändert hatte.

Auf die Frage der Wirkung der Farben hin gaben mehrere ProbandInnen an, dass sie innerhalb der kurzen Versuchsdauer bei sich selbst große Veränderungen in der Steuerung ihrer Aufmerksamkeit merkten. Sie erklärten, dass sie sich teilweise dabei ertappten, weniger auf das Gehörte zu achten und nur gemäß der angezeigten Farbe zu antworten. Viele berichteten dieses Verhalten vor allem im zweiten Übungsdurchgang. Wie vorher bereits beschrieben wird als möglicher Hauptgrund dafür die zu lange Dauer der Durchgänge vermutet, da von einem ähnlichen Verhalten weder im ersten noch im letzten Durchgang berichtet wurde.

Im letzten Versuchsdurchgang beschrieben mehrere Personen, dass sie versucht hätten, sich wieder mehr auf das Gehörte zu konzentrieren. Ein Proband (Teil der schnelleren Lerner) merkte an, dass er den visuellen Part im Laufe des Versuchs eher als zu vereinfachend empfand. Er meinte zwar, dass durch die frühen Erfolgserlebnisse die Motivation von Anfang an hoch war, er sich jedoch später darüber Gedanken machte, ob die Übungszeit mit den, durch die Farbe gegebenen, angezeigten *Lösungen* nicht weniger Lernfortschritt bringe als das Üben ohne Farbbezug. Auf diesen Punkt wird in der Diskussion genauer eingegangen.

Auffällig war zudem, dass drei ProbandInnen angaben, dass der dunklere Farbton für ein kleines Intervall für sie unintuitiv wirkte, da sie eine hellere, pastellige Farbe erwartet hätten. Eine mögliche Erklärung dafür wird darin gesehen, dass eine Pastellfarbe *fast* einem „vollen“ Farbton entspricht, aber eben auch nicht ganz. Eine Probandin aus dieser Gruppe gab jedoch auch an, dass selbst wenn sie eine andere Farbe erwartet hätte, sie dies für irrelevant halte, da sie sich ohnehin innerhalb weniger Versuchsrunden die Farbe – respektive das Farbsystem – einprägen würde, mit dem sie konfrontiert wird.

5 Diskussion

An erster Stelle soll noch einmal erwähnt sein, dass es nicht Ziel der vorliegenden Studie war, eine Beweisführung für einen schnelleren Lernfortschritt in der relativen musikalischen Gehörbildung mit Hilfe synästhetischer Effekte zu bieten, sondern eine mögliche Lehrmethode für einen solchen Modus vorzuschlagen. Es wurde in dem Bewusstsein gearbeitet, dass der gegenständliche Versuch unter ganz anderen Bedingungen, mit mehr ProbandInnen und bedeutend höherer Dauer hätte ablaufen müssen, um Aussagen über die Effektivität der Unterrichtsmethode treffen zu können. Alle Beobachtungen und Vermutungen, die im Folgenden aufgestellt werden, sind also in dem Bewusstsein gefasst, dass der Modus des Experiments dem einer langjährigen Studie nicht entsprach und sind daher auch als eben solche Vermutungen über mögliche Entwicklungen in einer entsprechenden Lernstudie anzusehen.

Aus dem zusammengefassten Feedback der ProbandInnen und dem persönlichen Eindruck des Versuchsdurchführenden lässt sich der Schluss ziehen, dass der vorgeschlagene Unterrichtsmodus eine gute Basis für eine langfristig angelegte Lernstudie bietet. Trotz der erhöhten Geschwindigkeit, mit der auf Grund des Zeitfaktors von lediglich drei Einheiten gearbeitet wurde, konnte die Versuchsgruppe mithalten und, obwohl sie zum Teil ohne musikalische Vorbildung in die Studie eintraten, große Fortschritte bei sich selbst beobachten. Dabei wird es auch als ein großer Erfolg angesehen, dass die ProbandInnen eine sehr hohe Motivation zeigten und in jeder Einheit von ihrem Fortschritt beeindruckt wirkten, was als wichtiger Aspekt im ansonsten bei Musikschülern oft unbeliebten Gehörbildungsunterricht angesehen wird.

Im Folgenden soll auf einige Aspekte, die während der Durchführung der Studie aufgefallen sind, eingegangen werden:

5.1 Studiendauer und Farbsystem als Hilfestellung

Der allgemeine Konsens in der Versuchsgruppe war, dass durch den/die Schüler/in selbst gewissermaßen ein *Spagat* in der Lenkung ihrer Aufmerksamkeit geschlagen werden musste, nämlich zwischen dem Gehörten und Gesehenen. Es wurde berichtet, dass man sich manchmal dabei „ertappte“, sich eher auf die Farben – die stets die richtige Antwort verraten – zu konzentrieren, als auf das Gehörte. In der letzten Einheit gab einer der schnelleren Lerner an, er hätte die Sorge, dass er mit Hilfe der Farben langsamere Lernfortschritte machen würde, weil er sich nicht ausschließlich auf das Gehörte konzentrieren würde.

Alle eben erwähnten Aussagen müssen von einer anderen Perspektive aus betrachtet werden, bedenkt man, wie ein realistischer Unterrichtsmodus ablaufen würde. Stellt man sich einen mehrjährigen Lehrplan vor, der vielleicht schon im Kindesalter beginnt, verändern sich viele Parameter.

So gab beispielsweise fast jede/r in der Versuchsgruppe an, dass sich die Farben langsam einprägen würden, jedoch noch nicht das Gefühl aufkam, diese wären mental völlig gefestigt – was nach lediglich drei Lehreinheiten zu je dreißig Minuten als selbstverständlich angesehen wird. Im Verlauf des Versuchs fühlte sich der Unterricht für die ProbandInnen also immer mehr an wie eine Prüfung, zum einen wegen der Durchgänge mit Gesang und vor allem wegen der „blinden“ Durchgänge. Als diese Herausforderung ein Mal bewältigt wurde, schien auch im weiteren Training mit Hilfe der gesehenen Farben der Anspruch zu bestehen, nur an Hand des Hörens die Intervalle identifizieren zu können – da dies ein größeres Erfolgserlebnis für die Versuchspersonen selbst darstellte.

Nun wurde dieser erste Versuch, blind zwischen sechs Intervallen zu unterscheiden, nach nicht einmal einer Stunde Unterrichtszeit abgehalten. Es versteht sich von selbst, dass in einer langjährig angelegten Studie, vor allem mit Kindern und in musikalischer Erstausbildung, viel mehr Zeit vergehen würde, bis es zu einer solchen Überprüfung käme. An diesem Zeitpunkt wären die Farben möglicherweise mental schon viel stärker mit den dazugehörigen Klängen verbunden, wodurch sich ein ganz anderes Bewusstsein für diese bilden könnte und die gesehene Farbe immer weniger als *Lösung* gesehen werden würde, sondern als zusätzlicher Reiz. Der Umkehrschluss wäre, dass auch ein

Bewusstsein für den Klang bestehen müsste, wenn die Farbe gesehen wird und dieser beispielsweise auf einen vorgegebenen Grundton gesungen werden kann.

5.2 Ablauf der Unterrichtseinheiten und Konzentrationsspanne

Als besonders wichtig wird angesehen, was nach der zweiten Versuchseinheit berichtet wurde: die einzelnen Übungsdurchgänge innerhalb einer Unterrichtseinheit sollten kurz gehalten werden. Erfahrungsgemäß zeigte sich, dass fünfzig bis sechzig Paare gut durchgehalten werden, überschreitet man diese Grenze jedoch, alle ProbandInnen schnell über Probleme mit dem Aufrechterhalten ihrer Konzentration berichteten.

Als ein wichtiger Punkt zum Vermeiden dieser Konzentrationsschwierigkeiten und des „Tunnelblicks“, von dem berichtet wurde, stellte sich im Verlauf des Versuchs die Abwechslung verschiedener Modi heraus. Durch Pausen zwischen den Hördurchgängen, in denen entweder gesungen wurde oder kleine theoretische Erklärungen gegeben wurden, konnten sich die ProbandInnen wieder gut erholen. Der Modus des Mitsingens erwies sich auch abseits seiner Rolle als Ablenkung als sehr wertvoll, da ausnahmslos alle Versuchspersonen angaben, davon sehr stark profitiert zu haben, da es durch die Verbindung mit der eigenen Stimme noch viel leichter geworden wäre, die Tonabstände nachvollziehen zu können.

5.3 Lernfortschritt der Versuchsgruppe

Unter Berücksichtigung dessen, was einleitend in diesem Kapitel gesagt wurde, soll trotzdem erwähnt werden, dass die Fortschritte, die im Verlauf dieser Studie bei den Versuchspersonen beobachtet werden konnten, durchaus bemerkenswert sind. Selbstverständlich muss aber bedacht werden, dass auch in einem klassischen Gehörbildungsmodus (ohne die Verwendung von Farben) womöglich sehr ähnliche Ergebnisse hätten erzielt werden können.

Als große Chance dieses Modus wird es nichtsdestotrotz angesehen, dass die ausgewählte Gruppe an musikalisch nicht aktiven Personen Freude und hohe Motivation an der Teilnahme am Unterricht finden konnte. Wie zuvor erwähnt, ist Gehörbildung ein bei Musikstudenten oder –schülern oft unbeliebtes Fach, da vor allem zu Beginn Erfolge zum Teil lange auf sich warten lassen. Durch die vorgeschlagene Methode werden die Lösungen jedoch von Beginn an vorgegeben, wodurch das Erfolgserlebnis des korrekten Identifizierens eines Intervalls zwar abgeschwächt wird, aber doch spürbar besteht. Überprüft man den Lernfortschritt an Hand einzelner Aufgaben (beispielsweise das Finden und Singen der Terz auf einen vorgegebenen Grundton in der ersten Einheit, das Singen der Tonleitern in der zweiten und das blinde Identifizieren von Intervallen in der dritten Einheit), ist das Erfolgserlebnis noch umso größer.

5.4 Wahl des Farbsystems

Das erarbeitete Farbsystem erwies sich durchwegs als gut geeignet und wurde von den ProbandInnen kaum in Frage gestellt. Es gab einige Anmerkungen, wie beispielsweise, dass das Rot der reinen Quart inmitten der großen Terz (blau) und Quint (grün) unerwartet gewesen sei sowie, dass für verminderte und kleine Intervalle eher eine pastellige Farbe erwartet worden wäre, als ein dunklerer Farbton.

In Bezug auf diese beiden Kommentare kam seitens der Versuchspersonen jedoch die Vermutung auf, dass das zwar ihre erste Intuition gewesen sei, aber auf Dauer gesehen nebensächlich. Sie gaben an, dass dieses Selbstverständnis nicht stark genug sei, um die *Akzeptanz* des Systems zu verhindern oder den Lernfortschritt zu beeinflussen oder – in anderen Worten, dass sie sich garantiert das Farbsystem einprägen würden, das sie erlernen.

Mögliche Gründe für diese Intuition werden im ersten Beispiel (Auswahl der roten Farbe für die Quart) auch weniger in einem ästhetischen Zusammenhang gesehen, als in dem unterbewusst ablaufenden Versuch, eine Systematik zu erkennen. In diesem Beispiel wird es, wie zuvor erwähnt, sogar als positiv angesehen, wenn diese Erwartung durchbrochen wird, da vermutet wird, dass dies beim Einprägen des Farbtons und der Unterscheidung von seinen Nachbarn eher hilfreich ist, als hinderlich.

Ebenso wird das System der kleinen/verminderten und großen/übermäßigen Intervalle weiterhin als sinnvoll erachtet. Da aus Zeitgründen keine übermäßigen Intervalle im Unterricht vorgezeigt wurden, fehlte auch der Gegenpol für die dunkleren, kleinen Intervalle und somit die Aufklärung, wie es zu dieser Entscheidung kam. Es wird vermutet, dass dieses System von Schülern und Schülerinnen problemlos angenommen wird, wenn sie es nachvollziehen können.

6 Ausblick

Die soeben aufgezeigten Ergebnisse sollten Anlass dazu geben, eine Lernstudie dieser Art in einem entsprechend langfristigen Zeitraum aufzubauen und durchzuführen. Auch wenn alle Ergebnisse und Schlüsse mit großer Vorsicht betrachtet werden, wird großes Potenzial in der Methode gesehen, um einen neuen Zugang zum Gehörbildungsunterricht zu bieten.

Es gibt eine große Vielzahl an Möglichkeiten zur Weiterentwicklung nicht nur des Programmes, sondern auch der gesamten Methodik. Auf einige dieser Möglichkeiten soll im Folgenden kurz eingegangen werden.

6.1 Tonartspezifisches Training

Durch das erarbeitete Farbsystem besteht die Möglichkeit, nicht nur innerhalb einer Tonart die richtigen Farb-Intervall-Zuordnungen zu erhalten, sondern auch durch das eindeutig aufgebaute Farbsystem bei Tonart-Modulationen keine enharmonisch verwechselten Interpretationen hinnehmen zu müssen. Dazu wäre weitere Entwicklungsarbeit an der Lernsoftware nötig, es wird jedoch als eine der großen Chancen der Methode angesehen, sich auf diese Weise auch bei komplizierten Melodiediktaten als nennenswerte Unterstützung zu erweisen.

6.2 Akkorde

Wie bereits zuvor aufgezeigt, lässt sich das gegenständliche Farbsystem sehr ansehnlich für die schnelle Identifikation von Akkorden verwenden. Auch hierbei

sind durch das Farbsystem die Grundsätze vorgegeben und bis auf einige ausbleibende Fragen läge eine Realisierung nur an der Weiterentwicklung der Software. Offene Fragen wie die Visualisierung des Grundtones und ähnliche könnten entweder in einer zukünftigen, vergleichbaren Studie evaluiert werden oder in einem tatsächlichen Unterrichtsmodus. Empfehlungen des Autors können im Kapitel *Methodik* gefunden werden.

6.3 Tonsprünge über der Reichweite einer Oktave

Wie im Kapitel über die Entwicklung des Farbsystems kurz angeschnitten wurde, wurden auch größere Intervalle als +/- zwölf Halbtonschritte bedacht, wenn auch im praktischen Teil nicht evaluiert. Da die Einführung weiterer Farben als nicht zielführend angesehen wird und um die Intervallfamilien weiter zu stärken, wird ein System empfohlen, dass sich auf die selben Farben bezieht, die auch für die entsprechenden Intervalle innerhalb einer Oktav benutzt werden. So sollte der Farbzusammenhang der großen None auf jeden Fall gleich (oder sehr ähnlich) dem der großen Sekunde sein, wobei es als wichtig angesehen wird, dass der Oktavsprung auch visuell eindeutig wird. Ansätze dafür lägen beispielsweise in der Teilung des Bildschirmes in Schwarz (Oktav) und der jeweiligen Farbe des Intervalls, wobei es dabei zu keiner Verwechslungsgefahr mit der Darstellung eines Akkordes kommen darf. Einfache Lösungsansätze dafür wären beispielsweise ein verändertes Teilungsverhältnis (etwa 1:5, wobei ein Teil Schwarz und fünf Teile der konkreten Intervallfarbe entsprechen würden).



Abbildung 20: Mögliche Darstellungsformen der großen None

Auch in diesem Punkt bedarf es der Weiterentwicklung der Lernsoftware sowie Gedanken bezüglich der Systematik und gegebenenfalls eine mit dieser Studie vergleichbare Evaluation.

6.4 Skalen

Skalen sind ein weiterer, wichtiger Modus für die Gehörbildung. Gedanken darüber wurden bereits im Kapitel *Methodik* geäußert.

In Abbildung 21 sieht man eine mögliche Darstellung für Skalen, in der alle Skalentöne horizontal aufgereiht angezeigt werden, auch hier ohne den Grundton.

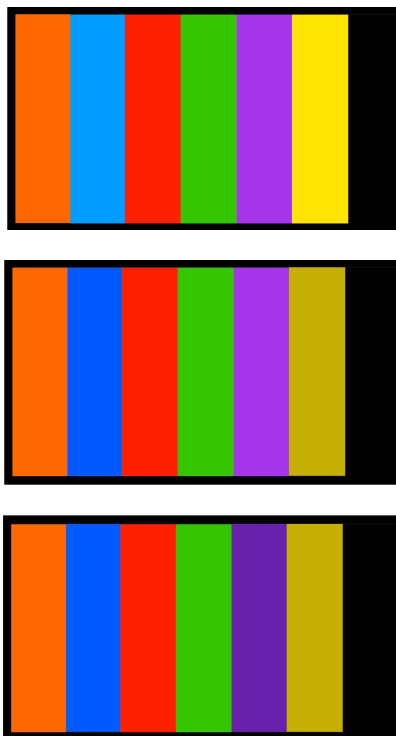


Abbildung 21: Mögliche Darstellungen für Skalen (von oben nach unten: Ionisch, Dorisch, Äolisch)

6.5 Notenschrift

Der Aspekt der Notenschrift wurde in dieser Arbeit, bis auf eine Visualisierung im Kapitel der Methodik, kaum behandelt. Es wurde beschrieben, dass davon abgesehen wurde, Notenschrift im Übungsdurchgang zu präsentieren, um vor einer „Reizüberflutung“ zu schützen – an diesem Gedanken wird festgehalten. Interessant wird die Notation eher an dem Zeitpunkt, in dem die Farben vom Lernenden verinnerlicht wurden. Wie in Abbildung 18 dargestellt, lassen sich nämlich auch komplizierte Akkorde durch das Farbschema sehr übersichtlich darstellen.

Die Möglichkeit, die erlernten Farbbezüge immer wieder in neuen Zusammenhängen einsetzen zu können, sei es in der Notation oder möglicherweise in instrumentenspezifischen Griff tabellen, wird als ein weiterer Vorteil angesehen, der für einen frühen Start des Unterrichts mit dieser Methode in der musikalischen Ausbildung sprechen könnte. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich durch die grundlegende Wichtigkeit relativer Tonbeziehungen für jeden Schritt in der musikalischen Ausbildung immer wieder neue Anwendungsgebiete finden lassen können.

6.6 Übungsmodus

In diesem Ausblick wird viel über den Einsatz der Methode in einem Unterrichtsmodell beschrieben, jedoch stellt dieses nicht die einzige Möglichkeit dar, auf diese Art zu trainieren. Die Methode eignet sich, wie auch eine Probandin während des Versuches anmerkte, hervorragend zum Selbsttraining, wenn Tonabfolgen vom Programm vorgespielt werden, dabei die korrespondierende Farbe angezeigt wird und der Nutzer wie in einem Karteikartensystem antwortet und ein Feedback über seine Antwort erhält. In diesem Modus könnten Stand Alone-Software oder auch mobile Apps entwickelt werden, um das selbstständige Lernen zu ermöglichen. Diese Methode würde sich vor allem an solche Personen richten, die aus eigenem Antrieb ihr musikalisches Gehör verbessern möchten. Es sei jedoch gesagt, dass das größte Potenzial der Methode darin gesehen wird, Unterricht dieser Art unter Anleitung eines Lehrers oder einer Lehrerin in einem sehr jungen Alter zu beginnen.

7 Fazit

In der gegenständlichen Arbeit wurde eine Methode zum Unterrichten des relativen musikalischen Hörens mit Hilfe von visuellen Reizen beschrieben. Es wurde Grundlagenforschung auf den Gebieten der Synästhesie, der Inspirationsquelle dieser Idee, des Design-Based Research Verfahrens als methodischer Grundlage des später durchgeführten Versuches sowie aktueller Lernstrategien am musikalischen Bereich, speziell in der Gehörbildung, durchgeführt. Anhand dieser Informationen wurde eine Methodik um ein Farbsystem aufgestellt, mit dessen Hilfe Tonintervalle tonartspezifisch eindeutig verbunden werden können. Es wurde eine Software entwickelt, die MIDI-Input erkennt, wiedergibt und die richtige Farbe anzeigt, wenn das korrespondierende Intervall eingegeben wird.

Sieben ProbandInnen wurden in drei Versuchseinheiten zu je dreißig Minuten im Einzelunterricht getestet, um die Methode zu entwickeln. Dabei wurde nach jeder Einheit Feedback eingeholt, um die Methode nach und nach zu verbessern.

Der Fortschritt, der bei den ProbandInnen im Verlauf des Unterrichts zu erkennen war, ist bemerkenswert. Vielmehr noch sollte jedoch herausgestellt werden, dass es durch den Modus, in dem der Unterricht abgehalten wurde, nicht nur zu schnellen Ergebnissen kam, sondern auch vor allem die Motivation und Freude der ProbandInnen am Unterricht auffällig war. Dies wird hoch eingeschätzt, da Gehörbildung bei vielen Musikschülern und –studenten als ein eher ungeliebtes Fach gilt. Es konnte eine Methodik erarbeitet werden, die Rücksicht auf die Konzentrationsspanne und Aufmerksamkeit der Schüler nimmt und verschiedene Herangehensweisen dazu verwendet, den Unterricht spannend zu halten, Konzentrationslücken zu verhindern und zeitgleich durch die verschiedenen Strategien mehrere Wege bietet, wie sich die Schüler die Klänge einprägen können.

Das vorgeschlagene Farbsystem eignet sich über die praktisch evaluierten Aufgabenbereiche hinaus auch für weitere Übungen und Einsatzgebiete wie das Erkennen und Verstehen von Akkorden und Skalen oder die Bewältigung anspruchsvoller Melodiediktate. Da auf einem derart elementaren Level der Harmonielehre angesetzt wird, lässt sich das Farbsystem, wenn es mental

verinnerlicht wurde, auf allen Gebieten der weiteren musikalischen Ausbildung anwenden und es kann sehr stark davon profitiert werden. Ein Beispiel für mögliche Vereinfachungen in der Notenschrift wurde gegeben.

In dem Bewusstsein, dass drei Unterrichtseinheiten nicht für eine Beweisführung genügen, die besagt, dass die vorgeschlagene Methode klar messbare Vorteile gegenüber klassischen Herangehensweisen an Gehörbildungsunterricht bietet, kann dennoch auf Grund dieser Erkenntnisse gesagt werden, dass eine Überprüfung mit einer entsprechend angelegten Studie wertvoll wäre. Diese verlangt nach einer entsprechend hohen Anzahl an ProbandInnen und einer langfristigen, ein- bis mehrjährigen Zeitspanne des Versuchsablaufes.

Der Autor ist der Überzeugung dass je früher in der musikalischen Ausbildung dieser Unterrichtsmodus gestartet wird, die Wahrscheinlichkeit dafür wächst, dass sich die Zusammenhänge von Farbe und Intervallklang mental einprägen und festigen. Gleichzeitig wird angenommen, dass der Profit durch den Aufbau dieser Verbindung immer größer wird, je früher in der musikalischen Laufbahn eines Schülers er gemacht wird, da sich jede weitere Erfahrung (beispielsweise beim Erlernen eines Instrumentes) darauf beziehen könnte.

8 Literaturverzeichnis

- Alexander, P. A. (2003). The Development of Expertise: The Journey From Acclimation to Proficiency. In: *Educational Researcher*, 32(8), 10–14.
- Baron-Cohen, S., Burt, L., Smith-Laittan, F., Harrison, J., & Bolton, P. (1996). Synaesthesia: Prevalence and Familiarity. In: *Perception*, 25(9), 1073–1079.
- Baron-Cohen, S., Harrison, J., Goldstein, L. H., & Wyke, M. (1993). Coloured Speech Perception: Is Synaesthesia what Happens when Modularity Breaks Down? In: *Perception*, 22(4), 419–426.
- Blix, H. S. (2014). Learning strategies in ear training. In: *Aural Perspectives. On Musical Learning and Practice in Higher Music Education* 1(10), 97–115.
- Chamot, A. U. (2004). Issues in Language Learning Strategy Research and Teaching. In: *Electronic Journal of Foreign Language Teaching*, 1(1), 14–26.
- Cobb, P. (2001). Supporting the improvement of learning and teaching in social and institutional context. In: *Cognition and Instruction: Twenty-five Years of Progress* (S. 455-478). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Collins, M. (1928). A Case Of Synaesthesia. In: *Journal of General Psychology*, 12–27. Abgerufen von <http://hstrial-tridenttechnical.homestead.com/Collins1929.pdf>, letzter Aufruf am 12.07.2018
- Cretien, V. C. (2008). The Hidden Sense: Synaesthesia in Art and Science. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Cytowic, R. E. (2002). Synesthesia: a union of the senses (2. Aufl.). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- D'Esposito, M., Detre, J., Aguirre, G., Stallcup, M., Alsop, D., Tippet, L. & Farah, M. (1997). A functional MRI study of mental image generation. In: *Neuropsychologia*, 35(5), 725–730.
- Edelson, D. C. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. In: *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105–121.
- Euler, D. (2014). Design Research - A Paradigm under Development. In: *Design Based Research* (S. 15–44). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Felleman, D. J., & Van Essen, D. C. (1991). Distributed Hierarchical Processing in the Primate Cerebral Cortex. In: *Cerebral Cortex*, 1(1), 1–47.

- Frank L. Kooi, Tripathy, S. P., Toet, A., & Levi, D. M. (1994). The effect of similarity and duration on spatial interaction in peripheral vision. In: *Spatial Vision*, 8(2), 255–279.
- Galton, F. (2001). *Inquiries Into Human Faculty And Its Development* (1. Elektronische Auflage). Abgerufen von www.galton.org/books/human-faculty/text/human-faculty.pdf, letzter Zugriff am 18.08.2018
- Grossenbacher, P. G., & Lovelace, C. T. (2001). Mechanisms of synesthesia: cognitive and physiological constraints. In: *Trends in Cognitive Sciences*, 5(1), 36–41.
- Gruber, W. (2004). Die Großhirnrinde. Vorlesung, Universität Wien. Abgerufen von http://brain.exp.univie.ac.at/y_vorlesung_wsss0304.htm, Letzter Zugriff am 23.07.2018
- Hallam, S. (1997). The development of memorisation strategies in musicians: implications for education. In: *British Journal of Music Education*, 14(1), 87–97.
- Hänggi, J., Beeli, G., Oechslin, M. S., & Jäncke, L. (2008). The multiple synaesthete E.S. — Neuroanatomical basis of interval-taste and tone-colour synaesthesia. In: *NeuroImage*, 43(2), 192–203.
- Hein, G., & Knight, R. T. (2008). Superior Temporal Sulcus—It's My Area: Or Is It? In: *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(12), 2125–2136.
- Hochel, M., & Milán, E. G. (2008). Synaesthesia: The existing state of affairs. In: *Cognitive Neuropsychology*, 25(1), 93–117.
- Kazu, I. Y. (2009). The Effect of Learning Styles on Education and the Teaching Process. In: *Journal of Social Sciences*, 5(2), 85–94.
- Kletzien, S. B. (1992). Proficient and Less Proficient Comprehenders' Strategy use for Different Top-Level Structures. In: *Journal of Reading Behavior*, 24(2), 191–215.
- Mattingley, J. B., Rich, A. N., Yelland, G., & Bradshaw, J. L. (2001). Unconscious priming eliminates automatic binding of colour and alphanumeric form in synaesthesia. In: *Nature*, 410, 580–582.
- Maurer, D., & Mondloch, C. J. (2005). Neonatal Synesthesia: A Reevaluation. In: *Synesthesia: Perspectives From Cognitive Neuroscience* (S. 193–213). Oxford: Oxford University Press.
- McKenney, S. (2013). *How to Conduct Educational Design Research?* Vorlesung, Open University, Limburg, Niederlande. Abgerufen von <https://dspace.ou.nl/bitstream/1820/5030/1/MasterclassMcKenney.pdf>, Letzter Aufruf am 08.08.2018
- McPherson, G. E. (2005). From child to musician: skill development during the beginning stages of learning an instrument. In: *Psychology of Music*, 33(1), 5–35.
- Mills, C. B. (1999). Digit Synaesthesia: A case study using a stroop-type test. In: *Cognitive Neuropsychology*, 16(2), 181–191.

- Mitchell, C. A. (2007). *Audiation and the Study of Singing* (Dissertation). Florida State University, Florida.
- Nunn, J. A., Gregory, L. J., Brammer, M., Williams, S. C. R., Parslow, D. M., Morgan, M. J., Gray, J. A. (2002). Functional magnetic resonance imaging of synesthesia: activation of V4/V8 by spoken words. In: *Nature Neuroscience*, 5(4), 371–375.
- Odgaard, E. C., Flowers, J. H., & Bradman, H. L. (1999). An Investigation of the Cognitive and Perceptual Dynamics of a Colour–Digit Synaesthete. In: *Perception*, 28(5), 651–664.
- Paulesu, E., Harrison, J., Baron-Cohen, S., Watson, J. D. G., Goldstein, L., Heather, J., Frith, C. D. (1995). The physiology of coloured hearing. In: *Brain*, 118, 661–676.
- Pintrich, P. R. (2000). The Role of Goal Orientation in Self-Regulated Learning. In: *Handbook of Self-Regulation* (S. 451–502). Amsterdam: Elsevier.
- Ramachandran, V S, & Hubbard, E. M. (2001). Synaesthesia — A Window Into Perception, Thought and Language. In: *Journal of Consciousness Studies*, 8(12), 3–34.
- Ramachandran, Vilayanur S., & Hubbard, E. M. (2005). Hearing Colors, Tasting Shapes. In: *Scientific American Mind*, 16(3), 16–23.
- Reinmann, G. (2015). Reader zum Thema entwicklungsorientierte Bildungsforschung. Abgerufen von https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2018/06/Reader_DBR_Juni2018.pdf, letzter Zugriff am 23.08.2018
- Rich, A. N., Williams, M. A., Puce, A., Syngienotis, A., Howard, M. A., McGlone, F., & Mattingley, J. B. (2006). Neural correlates of imagined and synaesthetic colours. In: *Neuropsychologia*, 44(14), 2918–2925.
- Rouw, R., & Scholte, H. (2007). Increased structural connectivity in grapheme-color synesthesia. In: *Nature & Neuroscience*, 10(6), 792–797.
- Schiltz, K. (1999). Neurophysiological Aspects of Synesthetic Experience. In: *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 11, 8.
- Schwager, E. (2018). Die holistische Betrachtung des Menschen. Abgerufen von <http://hbdm.ch/index.php/philosophie.html>, letzter Aufruf am 23.08.2018
- Siegler, R. S. (2016). How Does Change Occur? In: *Scientists making a difference: One hundred eminent behavioral and brain scientists talk about their most important contributions*. (S. 223–227). New York: Cambridge University Press.
- Simner, J., Creed, H., Harrold, J., & Foulkes, L. (2008). Early Detection of Markers for Synesthesia in Childhood Populations. In: *Brain*, 132, 57–64.
- Simpson, L., & McKellar, P. (1955). Types of Synaesthesia. In: *Journal of Mental Science*, 101(422), 141–147.
- Smilek, D., & Dixon, M. J. (2008). Two complementary perspectives on synaesthesia. In: *Trends in Cognitive Sciences*, 12(10), 364–366.

- Smilek, D., Dixon, M. J., Cudahy, C., & Merikle, P. M. (2001). Synaesthetic Photisms Influence Visual Perception. In: *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(7), 930–936.
- Stangl, W. (2018). Priming (Bahnung). Abgerufen von <http://lexikon.stangl.eu/1378/priming/>, letzter Aufruf am 25.08.2018
- The Design-Based Research Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. In: *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- Thompson, S., & Lehmann, A. (2004). Strategies for sight-reading and improvising music. In: *Musical Excellence* (S. 143–159). Oxford: Oxford University Press.
- Ward, J. (2008). *The Frog Who Croaked Blue: Synesthesia and the mixing of the senses* (1. Aufl.). Abingdon, Vereinigtes Königreich: Routledge.
- Weinstein, C. E., & Mayer, R. E. (1983). The Teaching of Learning Strategies. In: *Innovation Abstracts*, 5(32), 3–4.
- Wolf, T. (1976). A cognitive model of musical sight-reading. In: *Journal of Psycholinguistic Research*, 5(2), 143–171.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ein Modell synästhetischer Kopplung nach Grossenbacher und Lovelace	11
Abbildung 2: Crowding-Effekt nach Hochel und Milán	13
Abbildung 3: Modell für Education-Design-Research nach Mckenney	23
Abbildung 4: Sechphasiges Modell zum Design-Research-Prozess nach Euler	24
Abbildung 5: Komplementärfarbkreis	34
Abbildung 6: Farbkreis nach Goethe	34
Abbildung 7: Farbkreise, Quintenzirkel, Uhrenblatt	35
Abbildung 8: Mischfarben-System	38
Abbildung 9: Sättigungssystem, groß/übermäßig	39
Abbildung 10: Sättigungssystem, klein/vermindert	40
Abbildung 11: Akkorddarstellung, Durddreiklang	45
Abbildung 12: Akkorddarstellung, Molldreiklang	45
Abbildung 13: Akkorddarstellung, Durddreiklang horizontal	45
Abbildung 14: Akkorddarstellung, Molldreiklang horizontal	45
Abbildung 15: Akkorddarstellung, Maj7-Vierklang	46
Abbildung 16: Akkorddarstellung, Min7-Vierklang	46
Abbildung 17: Akkorddarstellung, mMaj7-Vierklang	46
Abbildung 18: Notenschrift mit Farbsystem	46
Abbildung 19: MaxMSP-Patch	51
Abbildung 20: Mögliche Darstellungsformen der großen None	74
Abbildung 21: Mögliche Darstellungen für Skalen	75

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Farbsystem anhand des Komplementärfarbkreises</i>	34
<i>Tabelle 2: Zuordnung der großen und reinen Intervalle</i>	39
<i>Tabelle 3: Farbsystem</i>	40

Anhang

A. Notation der Übungsdurchgänge

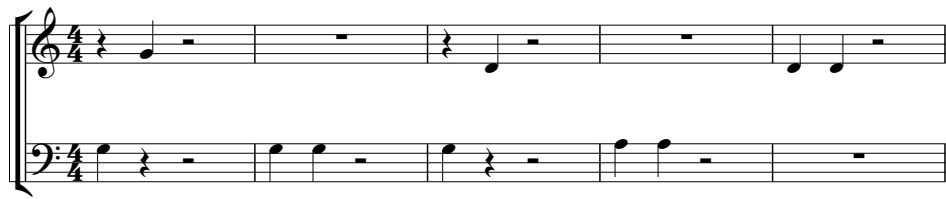
Durchgang 1, Teil 1



37

37

Durchgang 1, Teil 2



29

29

36

Musical notation for measures 36 and 37. Measure 36 features a treble clef staff with notes G4, A4, B4, C5, D5, E5, F#5, and G5, followed by rests. The bass clef staff has rests. Measure 37 continues the melody in the treble staff with notes A5, B5, C6, D6, E6, F#6, and G6, while the bass staff remains at rest.

Durchgang 1, Teil 3

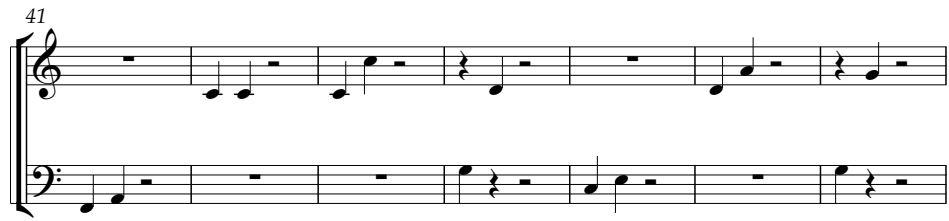
6

13

20

27

34



Durchgang 2, Teil 1 (Wiederholung)

6

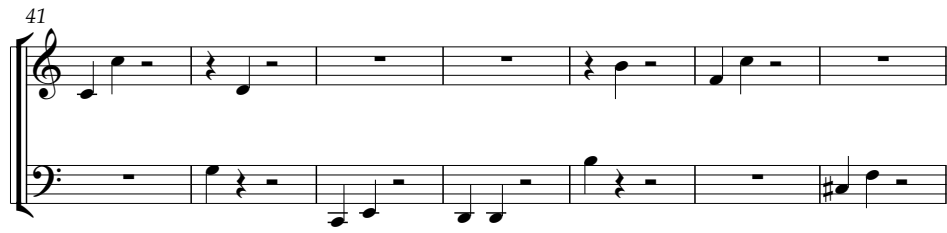
13

20

27

34

The musical score is written for two staves (treble and bass clef) in 4/4 time. It consists of six systems of music, each starting with a measure number (6, 13, 20, 27, 34). The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and accidentals (sharps and flats). The score is presented in a clean, black-and-white format.



Durchgang 2, Teil 2

5

13

20

27

34

41

48

55

62

69

76

Durchgang 2, Teil 3

The musical score is written in 4/4 time and consists of six systems, each with a treble and bass staff. The key signature has one flat (B-flat). Measure numbers 4, 11, 18, 25, and 32 are indicated at the start of their respective systems. The melody in the treble staff is mostly whole and half notes, with some rests. The bass staff provides a harmonic accompaniment with eighth and quarter notes, including some chromatic movement.

4

11

18

25

32

39

46

53

60

67

74

This musical score is for a piano piece, spanning measures 39 to 74. It is written in a key with one flat (B-flat) and a 4/4 time signature. The score is presented in a grand staff format, with a treble clef on the upper staff and a bass clef on the lower staff. The music is characterized by a steady, rhythmic accompaniment in the bass, often using eighth and sixteenth notes, while the treble staff features more melodic lines with occasional rests. Measure numbers 39, 46, 53, 60, 67, and 74 are indicated at the beginning of their respective systems. The piece concludes with a double bar line at the end of measure 74.

Durchgang 3, Teil 1 (Wiederholung)

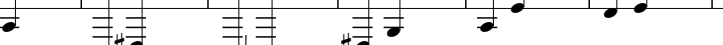
The image shows a musical score for the song "The Rose Tree". It consists of two staves: a treble staff and a bass staff, both in 4/4 time. The treble staff contains five measures of whole rests. The bass staff contains five measures of music. The first measure starts with a double bar line and a key signature change to one sharp (F#), indicated by a sharp sign on the F line. The notes in the bass staff are: G2 (half note), A2 (quarter note), B2 (quarter note), C3 (half note), and D3 (half note). The notes are written on the lines and spaces of the bass staff: G on the first line, A on the first space, B on the second line, C on the first space, and D on the second line.

Musical notation for measures 6-7 of "The Rose Tree". The key signature has one sharp (F#). Measure 6 shows a treble staff with rests and a bass staff with notes G2, A2, B2, C3, D3, E3, F#3, G3. Measure 7 continues with rests in the treble and notes G3, F#3, E3, D3, C3, B2, A2, G2 in the bass.

14

Musical notation for measures 14 through 16. Measure 14 has a whole rest in both staves. Measure 15 has a half note G#4 in the treble and a half note F#3 in the bass. Measure 16 has a half note A4 in the treble and a half note E3 in the bass.

21



Measures 21-27. The treble staff contains whole rests. The bass staff contains a sequence of eighth and sixteenth notes, including accidentals (sharps and flats).



Durchgang 3, Teil 2

4/4

4

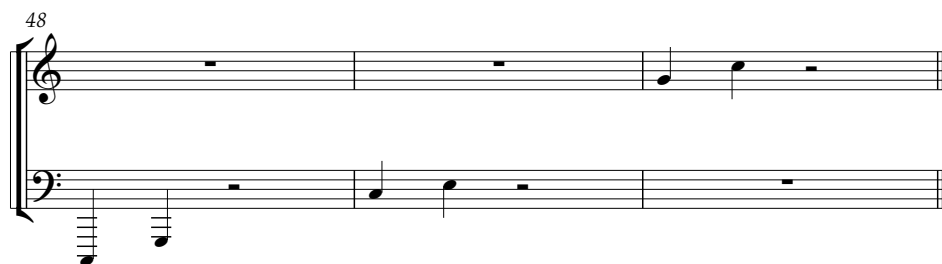
11

18

26

34

The musical score is written for piano (left hand, bass clef) and violin (right hand, treble clef) in 4/4 time. The key signature has one flat (B-flat). The score is divided into six systems, each with a measure number (4, 11, 18, 26, 34) indicating the start of a new section. The piano part features a steady eighth-note accompaniment in the right hand, while the violin part plays a melodic line in the left hand. The melody consists of eighth and quarter notes, with some rests. The score ends at measure 34.



Durchgang 3, Teil 3

The musical score is written for two staves, Treble and Bass, in 4/4 time. It consists of six systems of music, each starting with a measure number in the left margin. The notation includes various note values (quarter, eighth, and sixteenth notes), rests, and accidentals (sharps, flats, and naturals). The key signature is one flat (B-flat). The score is as follows:

- System 1:** Treble staff has two whole rests. Bass staff has a quarter note G2, a quarter note A2, a whole rest, a quarter note G2, and a quarter note A2 with a sharp sign.
- System 2:** Treble staff has five whole rests followed by a quarter rest and a quarter note G4. Bass staff has a sequence of eighth notes: G2, A2, Bb2, A2, G2, F2, E2, D2, C2, Bb1, A1, G1, F1, E1, D1, C1, Bb0, A0, G0, F0, E0, D0, C0, Bb-1, A-1, G-1, F-1, E-1, D-1, C-1, Bb-2, A-2, G-2, F-2, E-2, D-2, C-2, Bb-3, A-3, G-3, F-3, E-3, D-3, C-3, Bb-4, A-4, G-4, F-4, E-4, D-4, C-4, Bb-5, A-5, G-5, F-5, E-5, D-5, C-5, Bb-6, A-6, G-6, F-6, E-6, D-6, C-6, Bb-7, A-7, G-7, F-7, E-7, D-7, C-7, Bb-8, A-8, G-8, F-8, E-8, D-8, C-8, Bb-9, A-9, G-9, F-9, E-9, D-9, C-9, Bb-10, A-10, G-10, F-10, E-10, D-10, C-10, Bb-11, A-11, G-11, F-11, E-11, D-11, C-11, Bb-12, A-12, G-12, F-12, E-12, D-12, C-12, Bb-13, A-13, G-13, F-13, E-13, D-13, C-13, Bb-14, A-14, G-14, F-14, E-14, D-14, C-14, Bb-15, A-15, G-15, F-15, E-15, D-15, C-15, Bb-16, A-16, G-16, F-16, E-16, D-16, C-16, Bb-17, A-17, G-17, F-17, E-17, D-17, C-17, Bb-18, A-18, G-18, F-18, E-18, D-18, C-18, Bb-19, A-19, G-19, F-19, E-19, D-19, C-19, Bb-20, A-20, G-20, F-20, E-20, D-20, C-20, Bb-21, A-21, G-21, F-21, E-21, D-21, C-21, Bb-22, A-22, G-22, F-22, E-22, D-22, C-22, Bb-23, A-23, G-23, F-23, E-23, D-23, C-23, Bb-24, A-24, G-24, F-24, E-24, D-24, C-24, Bb-25, A-25, G-25, F-25, E-25, D-25, C-25, Bb-26, A-26, G-26, F-26, E-26, D-26, C-26, Bb-27, A-27, G-27, F-27, E-27, D-27, C-27, Bb-28, A-28, G-28, F-28, E-28, D-28, C-28, Bb-29, A-29, G-29, F-29, E-29, D-29, C-29, Bb-30, A-30, G-30, F-30, E-30, D-30, C-30, Bb-31, A-31, G-31, F-31, E-31, D-31, C-31, Bb-32, A-32, G-32, F-32, E-32, D-32, C-32, Bb-33, A-33, G-33, F-33, E-33, D-33, C-33, Bb-34, A-34, G-34, F-34, E-34, D-34, C-34, Bb-35, A-35, G-35, F-35, E-35, D-35, C-35, Bb-36, A-36, G-36, F-36, E-36, D-36, C-36, Bb-37, A-37, G-37, F-37, E-37, D-37, C-37, Bb-38, A-38, G-38, F-38, E-38, D-38, C-38, Bb-39, A-39, G-39, F-39, E-39, D-39, C-39, Bb-40, A-40, G-40, F-40, E-40, D-40, C-40, Bb-41, A-41, G-41, F-41, E-41, D-41, C-41, Bb-42, A-42, G-42, F-42, E-42, D-42, C-42, Bb-43, A-43, G-43, F-43, E-43, D-43, C-43, Bb-44, A-44, G-44, F-44, E-44, D-44, C-44, Bb-45, A-45, G-45, F-45, E-45, D-45, C-45, Bb-46, A-46, G-46, F-46, E-46, D-46, C-46, Bb-47, A-47, G-47, F-47, E-47, D-47, C-47, Bb-48, A-48, G-48, F-48, E-48, D-48, C-48, Bb-49, A-49, G-49, F-49, E-49, D-49, C-49, Bb-50, A-50, G-50, F-50, E-50, D-50, C-50, Bb-51, A-51, G-51, F-51, E-51, D-51, C-51, Bb-52, A-52, G-52, F-52, E-52, D-52, C-52, Bb-53, A-53, G-53, F-53, E-53, D-53, C-53, Bb-54, A-54, G-54, F-54, E-54, D-54, C-54, Bb-55, A-55, G-55, F-55, E-55, D-55, C-55, Bb-56, A-56, G-56, F-56, E-56, D-56, C-56, Bb-57, A-57, G-57, F-57, E-57, D-57, C-57, Bb-58, A-58, G-58, F-58, E-58, D-58, C-58, Bb-59, A-59, G-59, F-59, E-59, D-59, C-59, Bb-60, A-60, G-60, F-60, E-60, D-60, C-60, Bb-61, A-61, G-61, F-61, E-61, D-61, C-61, Bb-62, A-62, G-62, F-62, E-62, D-62, C-62, Bb-63, A-63, G-63, F-63, E-63, D-63, C-63, Bb-64, A-64, G-64, F-64, E-64, D-64, C-64, Bb-65, A-65, G-65, F-65, E-65, D-65, C-65, Bb-66, A-66, G-66, F-66, E-66, D-66, C-66, Bb-67, A-67, G-67, F-67, E-67, D-67, C-67, Bb-68, A-68, G-68, F-68, E-68, D-68, C-68, Bb-69, A-69, G-69, F-69, E-69, D-69, C-69, Bb-70, A-70, G-70, F-70, E-70, D-70, C-70, Bb-71, A-71, G-71, F-71, E-71, D-71, C-71, Bb-72, A-72, G-72, F-72, E-72, D-72, C-72, Bb-73, A-73, G-73, F-73, E-73, D-73, C-73, Bb-74, A-74, G-74, F-74, E-74, D-74, C-74, Bb-75, A-75, G-75, F-75, E-75, D-75, C-75, Bb-76, A-76, G-76, F-76, E-76, D-76, C-76, Bb-77, A-77, G-77, F-77, E-77, D-77, C-77, Bb-78, A-78, G-78, F-78, E-78, D-78, C-78, Bb-79, A-79, G-79, F-79, E-79, D-79, C-79, Bb-80, A-80, G-80, F-80, E-80, D-80, C-80, Bb-81, A-81, G-81, F-81, E-81, D-81, C-81, Bb-82, A-82, G-82, F-82, E-82, D-82, C-82, Bb-83, A-83, G-83, F-83, E-83, D-83, C-83, Bb-84, A-84, G-84, F-84, E-84, D-84, C-84, Bb-85, A-85, G-85, F-85, E-85, D-85, C-85, Bb-86, A-86, G-86, F-86, E-86, D-86, C-86, Bb-87, A-87, G-87, F-87, E-87, D-87, C-87, Bb-88, A-88, G-88, F-88, E-88, D-88, C-88, Bb-89, A-89, G-89, F-89, E-89, D-89, C-89, Bb-90, A-90, G-90, F-90, E-90, D-90, C-90, Bb-91, A-91, G-91, F-91, E-91, D-91, C-91, Bb-92, A-92, G-92, F-92, E-92, D-92, C-92, Bb-93, A-93, G-93, F-93, E-93, D-93, C-93, Bb-94, A-94, G-94, F-94, E-94, D-94, C-94, Bb-95, A-95, G-95, F-95, E-95, D-95, C-95, Bb-96, A-96, G-96, F-96, E-96, D-96, C-96, Bb-97, A-97, G-97, F-97, E-97, D-97, C-97, Bb-98, A-98, G-98, F-98, E-98, D-98, C-98, Bb-99, A-99, G-99, F-99, E-99, D-99, C-99, Bb-100, A-100, G-100, F-100, E-100, D-100, C-100, Bb-101, A-101, G-101, F-101, E-101, D-101, C-101, Bb-102, A-102, G-102, F-102, E-102, D-102, C-102, Bb-103, A-103, G-103, F-103, E-103, D-103, C-103, Bb-104, A-104, G-104, F-104, E-104, D-104, C-104, Bb-105, A-105, G-105, F-105, E-105, D-105, C-105, Bb-106, A-106, G-106, F-106, E-106, D-106, C-106, Bb-107, A-107, G-107, F-107, E-107, D-107, C-107, Bb-108, A-108, G-108, F-108, E-108, D-108, C-108, Bb-109, A-109, G-109, F-109, E-109, D-109, C-109, Bb-110, A-110, G-110, F-110, E-110, D-110, C-110, Bb-111, A-111, G-111, F-111, E-111, D-111, C-111, Bb-112, A-112, G-112, F-112, E-112, D-112, C-112, Bb-113, A-113, G-113, F-113, E-113, D-113, C-113, Bb-114, A-114, G-114, F-114, E-114, D-114, C-114, Bb-115, A-115, G-115, F-115, E-115, D-115, C-115, Bb-116, A-116, G-116, F-116, E-116, D-116, C-116, Bb-117, A-117, G-117, F-117, E-117, D-117, C-117, Bb-118, A-118, G-118, F-118, E-118, D-118, C-118, Bb-119, A-119, G-119, F-119, E-119, D-119, C-119, Bb-120, A-120, G-120, F-120, E-120, D-120, C-120, Bb-121, A-121, G-121, F-121, E-121, D-121, C-121, Bb-122, A-122, G-122, F-122, E-122, D-122, C-122, Bb-123, A-123, G-123, F-123, E-123, D-123, C-123, Bb-124, A-124, G-124, F-124, E-124, D-124, C-124, Bb-125, A-125, G-125, F-125, E-125, D-125, C-125, Bb-126, A-126, G-126, F-126, E-126, D-126, C-126, Bb-127, A-127, G-127, F-127, E-127, D-127, C-127, Bb-128, A-128, G-128, F-128, E-128, D-128, C-128, Bb-129, A-129, G-129, F-129, E-129, D-129, C-129, Bb-130, A-130, G-130, F-130, E-130, D-130, C-130, Bb-131, A-131, G-131, F-131, E-131, D-131, C-131, Bb-132, A-132, G-132, F-132, E-132, D-132, C-132, Bb-133, A-133, G-133, F-133, E-133, D-133, C-133, Bb-134, A-134, G-134, F-134, E-134, D-134, C-134, Bb-135, A-135, G-135, F-135, E-135, D-135, C-135, Bb-136, A-136, G-136, F-136, E-136, D-136, C-136, Bb-137, A-137, G-137, F-137, E-137, D-137, C-137, Bb-138, A-138, G-138, F-138, E-138, D-138, C-138, Bb-139, A-139, G-139, F-139, E-139, D-139, C-139, Bb-140, A-140, G-140, F-140, E-140, D-140, C-140, Bb-141, A-141, G-141, F-141, E-141, D-141, C-141, Bb-142, A-142, G-142, F-142, E-142, D-142, C-142, Bb-143, A-143, G-143, F-143, E-143, D-143, C-143, Bb-144, A-144, G-144, F-144, E-144, D-144, C-144, Bb-145, A-145, G-145, F-145, E-145, D-145, C-145, Bb-146, A-146, G-146, F-146, E-146, D-146, C-146, Bb-147, A-147, G-147, F-147, E-147, D-147, C-147, Bb-148, A-148, G-148, F-148, E-148, D-148, C-148, Bb-149, A-149, G-149, F-149, E-149, D-149, C-149, Bb-150, A-150, G-150, F-150, E-150, D-150, C-150, Bb-151, A-151, G-151, F-151, E-151, D-151, C-151, Bb-152, A-152, G-152, F-152, E-152, D-152, C-152, Bb-153, A-153, G-153, F-153, E-153, D-153, C-153, Bb-154, A-154, G-154, F-154, E-154, D-154, C-154, Bb-155, A-155, G-155, F-155, E-155, D-155, C-155, Bb-156, A-156, G-156, F-156, E-156, D-156, C-156, Bb-157, A-157, G-157, F-157, E-157, D-157, C-157, Bb-158, A-158, G-158, F-158, E-158, D-158, C-158, Bb-159, A-159, G-159, F-159, E-159, D-159, C-159, Bb-160, A-160, G-160, F-160, E-160, D-160, C-160, Bb-161, A-161, G-161, F-161, E-161, D-161, C-161, Bb-162, A-162, G-162, F-162, E-162, D-162, C-162, Bb-163, A-163, G-163, F-163, E-163, D-163, C-163, Bb-164, A-164, G-164, F-164, E-164, D-164, C-164, Bb-165, A-165, G-165, F-165, E-165, D-165, C-165, Bb-166, A-166, G-166, F-166, E-166, D-166, C-166, Bb-167, A-167, G-167, F-167, E-167, D-167, C-167, Bb-168, A-168, G-168, F-168, E-168, D-168, C-168, Bb-169, A-169, G-169, F-169, E-169, D-169, C-169, Bb-170, A-170, G-170, F-170, E-170, D-170, C-170, Bb-171, A-171, G-171, F-171, E-171, D-171, C-171, Bb-172, A-172, G-172, F-172, E-172, D-172, C-172, Bb-173, A-173, G-173, F-173, E-173, D-173, C-173, Bb-174, A-174, G-174, F-174, E-174, D-174, C-174, Bb-175, A-175, G-175, F-175, E-175, D-175, C-175, Bb-176, A-176, G-176, F-176, E-176, D-176, C-176, Bb-177, A-177, G-177, F-177, E-177, D-177, C-177, Bb-178, A-178, G-178, F-178, E-178, D-178, C-178, Bb-179, A-179, G-179, F-179, E-179, D-179, C-179, Bb-180, A-180, G-180, F-180, E-180, D-180, C-180, Bb-181, A-181, G-181, F-181, E-181, D-181, C-181, Bb-182, A-182, G-182, F-182, E-182, D-182, C-182, Bb-183, A-183, G-183, F-183, E-183, D-183, C-183, Bb-184, A-184, G-184, F-184, E-184, D-184, C-184, Bb-185, A-185, G-185, F-185, E-185, D-185, C-185, Bb-186, A-186, G-186, F-186, E-186, D-186, C-186, Bb-187, A-187, G-187, F-187, E-187, D-187, C-187, Bb-188, A-188, G-188, F-188, E-188, D-188, C-188, Bb-189, A-189, G-189, F-189, E-189, D-189, C-189, Bb-190, A-190, G-190, F-190, E-190, D-190, C-190, Bb-191, A-191, G-191, F-191, E-191, D-191, C-191, Bb-192, A-192, G-192, F-192, E-192, D-192, C-192, Bb-193, A-193, G-193, F-193, E-193, D-193, C-193, Bb-194, A-194, G-194, F-194, E-194, D-194, C-194, Bb-195, A-195, G-195, F-195, E-195, D-195, C-195, Bb-196, A-196, G-196, F-196, E-196, D-196, C-196, Bb-197, A-197, G-197, F-197, E-197, D-197, C-197, Bb-198, A-198, G-198, F-198, E-198, D-198, C-198, Bb-199, A-199, G-199, F-199, E-199, D-199, C-199, Bb-200, A-200, G-200, F-200, E-200, D-200, C-200, Bb-201, A-201, G-201, F-201, E-201, D-201, C-201, Bb-202, A-202, G-202, F-202, E-202, D-202, C-202, Bb-203, A-203, G-203, F-203, E-203, D-203, C-203, Bb-204, A-204, G-204, F-204, E-204, D-204, C-204, Bb-205, A-205, G-205, F-205, E-205, D-205, C-205, Bb-206, A-206, G-206, F-206, E-206, D-206, C-206, Bb-207, A-207, G-207, F-207, E-207, D-207, C-207, Bb-208, A-208, G-208, F-208, E-208, D-208, C-208, Bb-209, A-209, G-209, F-209, E-209, D-209, C-209, Bb-210, A-210, G-210, F-210, E-210, D-210, C-210, Bb-211, A-211, G-211, F-211, E-211, D-211, C-211, Bb-212, A-212, G-212, F-212, E-212, D-212, C-212, Bb-213, A-213, G-213, F-213, E-213, D-213, C-213, Bb-214, A-214, G-214, F-214, E-214, D-214, C-214, Bb-215, A-215, G-215, F-215, E-215, D-215, C-215, Bb-216, A-216, G-216, F-216, E-216, D-216, C-216, Bb-217, A-217, G-217, F-217, E-217, D-217, C-217, Bb-218, A-218, G-218, F-218, E-218, D-218, C-218, Bb-219, A-219, G-219, F-219, E-219, D-219, C-219, Bb-220, A-220, G-220, F-220, E-220, D-220, C-220, Bb-221, A-221, G-221, F-221, E-221, D-221, C-221, Bb-222, A-222, G-222, F-222, E-222, D-222, C-222, Bb-223, A-223, G-223, F-223, E-223, D-223, C-223, Bb-224, A-224, G-224, F-224, E-224, D-224, C-224, Bb-225, A-225, G-225, F-225, E-225, D-225, C-225, Bb-226, A-226, G-226, F-226, E-226, D-226, C-226, Bb-227, A-227, G-227, F-227, E-227, D-227, C-227, Bb-228, A-228, G-228, F-228, E-228, D-228, C-228, Bb-229, A-229, G-229, F-229, E-229, D-229, C-229, Bb-230, A-230, G-230, F-230, E-230, D-230, C-230, Bb-231, A-231, G-231, F-231, E-231, D-231, C-231, Bb-232, A-232, G-232, F-232, E-232, D-232, C-232, Bb-233, A-233, G-233, F-233, E-233, D-233, C-233, Bb-234, A-234, G-234, F-234, E-234, D-234, C-234, Bb-235, A-235, G-235, F-235, E-235, D-235, C-235, Bb-236, A-236, G-236, F-236, E-236, D-236, C-236, Bb-237, A-237, G-237, F-237, E-237, D-237, C-237, Bb-238, A-238, G-238, F-238, E-238, D-238, C-238, Bb-239, A-239, G-239, F-239, E-239, D-239, C-239, Bb-240, A-240, G-240, F-240, E-240, D-240, C-240, Bb-241, A-241, G-241, F-241, E-241, D-241, C-241, Bb-242, A-242, G-242, F-242, E-242, D-242, C-242, Bb-243, A-243, G-243, F-243, E-243, D-243, C-243, Bb-244, A-244, G-244, F-244, E-244, D-244, C-244, Bb-245, A-245, G-245, F-245, E-245, D-245, C-245, Bb-246, A-246, G-246, F-246, E-246, D-246, C-246, Bb-247, A-247, G-247, F-247, E-247, D-247, C-247, Bb-248, A-248, G-248, F-248, E-248, D-248, C-248, Bb-249, A-249, G-249, F-249, E-249, D-249, C-249, Bb-250, A-250, G-250, F-250, E-250, D-250, C-250, Bb-251, A-251, G-251, F-251, E-251, D-251, C-251, Bb-252, A-252, G-252, F-252, E-252, D-252, C-252, Bb-253, A-253, G-253, F-253, E-253, D-253, C-253, Bb-254, A-254, G-254, F-254, E-254, D-254, C-254, Bb-255, A-255, G-255, F-255, E-255, D-255, C-255, Bb-256, A-256, G-256, F-256, E-256, D-256, C-256, Bb-257, A-257, G-257, F-257, E-257, D-257, C-257, Bb-258, A-258, G-258, F-258, E-258, D-258, C-258, Bb-259, A-259, G-259, F-259, E-259, D-259, C-259, Bb-260, A-260, G-260, F-260, E-260, D-260, C-260, Bb-261, A-261, G-261, F-261, E-261, D-261, C-261, Bb-262, A-262, G-262, F-262, E-262, D-262, C-262, Bb-263, A-263, G-263, F-263, E-263, D-263, C-263, Bb-264, A-264, G-264, F-264, E-264, D-264, C-264, Bb-265, A-265, G-265, F-265, E-265, D-265, C-265, Bb-266, A-266, G-266, F-266, E-266, D-266, C-266, Bb-267, A-267, G-267, F-267, E-267, D-267, C-267, Bb-268, A-268, G-268, F-268, E-268, D-268, C-268, Bb-269, A-269, G-269, F-269, E-269, D-269, C-269, Bb-270, A-270, G-270, F-270, E-270, D-270, C-270, Bb-271, A-271, G-271, F-271, E-271, D-271, C-271, Bb-272, A-272, G-272, F-272, E-272, D-272, C-272, Bb-273, A-273, G-273, F-273, E-273, D-273, C-273, Bb-274, A-274, G-274, F-274, E-274, D-274, C-274, Bb-275, A-275, G-275, F-275, E-275, D-275, C-275, Bb-276, A-276, G-276, F-276, E-276, D-276, C-276, Bb-277, A-277, G-277, F-277, E-277, D-277, C-277, Bb-278, A-278, G-278, F-278, E-278, D-278, C-278, Bb-279, A-279, G-279, F-279, E-279, D-279, C-279, Bb-280, A-280, G-280, F-280, E-280, D-280, C-280, Bb-281, A-281, G-281, F-281, E-281, D-281, C-281, Bb-282, A-282, G-282, F-282, E-282, D-282, C-282, Bb-283, A-283, G-283, F-283, E-283, D-283, C-283, Bb-284, A-284, G-284, F-284, E-284, D-284, C-284, Bb-285, A-285, G-285, F-285, E-285, D-285, C-285, Bb-286, A-286, G-286, F-286, E-286, D-286, C-286, Bb-287, A-287, G-287, F-287, E-287, D-287, C-287, Bb-288, A-288, G-288, F-288, E-288, D-288, C-288, Bb-289, A-289, G-289, F-289, E-289, D-289, C-289, Bb-290, A-290, G-290, F-290, E-290, D-290, C-290, Bb-291, A-291, G-291, F-291, E-291, D-291, C-291, Bb-292, A-292, G-292, F-292, E-292, D-292, C-292, Bb-293, A-293, G-293, F-293, E-293, D-293, C-293, Bb-294, A-294, G-294, F-294, E-294, D-294, C-294, Bb-295, A-295, G-295, F-295, E-295, D-295, C-295, Bb-296, A-296, G-296, F-296, E-296, D-296, C-296, Bb-297, A-297, G-297, F-297, E-297, D-297, C-297, Bb-298, A-298, G-298

[illegible]

52

53

54

55

56

57

58

B. MaxMSP-Patch (vergrößerte Ansicht)

